

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO ESQUEMA APP No. 002 de 2017



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA DOBLE CALZADA PAMPLONA-  
CÚCUTA, UF 2 SECTOR PAMPLONA – PAMPLONITA

Capítulo 5.1. Caracterización del Área de Influencia – Medio Abiótico

## **CORREDOR 4G PAMPLONA - CÚCUTA**

### **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA DOBLE CALZADA PAMPLONA- CÚCUTA, UF 2 SECTOR PAMPLONA – PAMPLONITA**

#### **CAPITULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – MEDIO ABIÓTICO**

##### **TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>	<b>1</b>
<b>5.1 MEDIO ABIÓTICO</b>	<b>1</b>
<b>5.1.1 Geología</b>	<b>1</b>
<b>5.1.1.1 Aspectos conceptuales.</b>	<b>1</b>
5.1.1.1.1 Recopilación y Análisis de Información Secundaria	1
5.1.1.1.2 Fotointerpretación	1
5.1.1.1.3 Etapa de Campo	2
5.1.1.1.4 Informe y Mapas anexos	2
<b>5.1.1.2 Geología Regional</b>	<b>2</b>
5.1.1.2.1 Marco Tectónico Regional	2
5.1.1.2.2 Unidades Estratigráficas	3
5.1.1.2.3 Geología Estructural	10
<b>5.1.1.3 Área de Influencia</b>	<b>13</b>
5.1.1.3.1 Fotointerpretación	13
5.1.1.3.2 Unidades Geológicas	17
5.1.1.3.3 Geología estructural local	32
5.1.1.3.4 Descripción geológica por zonas homogéneas	34
5.1.1.3.5 Perfiles Geológicos Ilustrativos	35
<b>5.1.1 Geomorfología</b>	<b>41</b>
<b>5.1.1.1 Aspectos conceptuales</b>	<b>41</b>
5.1.1.1.1 Recopilación y Análisis de Información Secundaria	42
5.1.1.1.2 Interpretación de imágenes aéreas	42
5.1.1.1.3 Trabajo de campo	42
5.1.1.1.4 Informe y Mapas anexos	42
<b>5.1.1.2 Área de Influencia</b>	<b>42</b>
5.1.1.2.1 Morfometría	44
5.1.1.2.2 Morfogénesis	45
5.1.1.2.3 Unidades Geomorfológicas	47
5.1.1.2.4 Morfodinámica	53
5.1.1.2.5 Descripción geomorfológica del corredor vial	72
5.1.1.2.6 Conclusiones	73
<b>5.1.2 Paisaje</b>	<b>74</b>
5.1.2.1 Unidades de paisaje local	74
5.1.2.2 Descripción del proyecto frente al componente paisajístico	74
5.1.2.3 Unidades geomorfológicas	75
5.1.2.4 Unidades de cobertura de la tierra	75
5.1.2.5 Determinación de las unidades de paisaje	76
5.1.2.5.1 Subsistema Agropecuario en Crestones Mcr-Cap	79



5.1.2.5.2	Subsistema Bosques y vegetación natural en Crestones Mcr-Nbv	80
5.1.2.5.3	Subsistema Agropecuario en Valle coluvio aluvial Mva-Cap	80
5.1.2.5.4	Subsistema Agropecuario en Crestas Mct-Cap	80
5.1.2.5.5	Unidades de paisaje en el área de intervención	81
5.1.2.6	Evaluación y análisis del paisaje	82
5.1.2.7	Calidad visual del paisaje	82
5.1.2.7.1	Calidad visual alta	85
5.1.2.7.2	Calidad visual media	86
5.1.2.7.3	Calidad visual en el área de intervención	86
5.1.2.8	Capacidad de absorción o fragilidad visual	87
5.1.2.8.1	Capacidad de absorción en el área de intervención	90
5.1.2.9	Análisis de visibilidad	91
5.1.2.10	Sitios de interés paisajístico	93
5.1.2.11	Percepción de las comunidades como referente de su entorno físico en términos culturales	93
5.1.4	Suelos y uso de la tierra	94
5.1.4.1	Descripción de las unidades cartográficas de suelo y sus componentes taxonómicos	95
5.1.4.2	Suelos del paisaje de Montaña	96
5.1.4.2.1	Grupo Indiferenciado Lithic Ustorthents, Ustic Humitropepts y Afloramientos Rocosos – MME	96
5.1.4.2.2	Consociación Ustic Dystropepts – MMK	99
5.1.4.2.3	Consociación Typic Haplustolls – MRK	99
5.1.4.2.4	Consociación Fluventic Eutropepts - MRI	99
5.1.4.2.5	Unidades cartográficas de suelos en el área de intervención	100
5.1.4.3	Capacidad de uso del suelo	100
5.1.4.3.1	Capacidad de uso del suelo en el área de intervención	103
5.1.4.4	Uso actual del suelo	104
5.1.4.4.1	Ganadería – Pastoreo extensivo (PEX)	106
5.1.4.4.2	Agroforestal	107
5.1.4.4.3	Forestal	107
5.1.4.4.4	Conservación	108
5.1.4.4.5	Uso actual del suelo en el área de intervención	108
5.1.4.5	Conflicto de uso del suelo	109
5.1.4.5.1	Tierras sin conflictos de uso o uso adecuado (A)	110
5.1.4.5.2	Conflictos por subutilización (S)	110
5.1.4.5.3	Conflictos por sobreutilización (O)	111
5.1.4.5.4	Conflictos de uso del suelo en el AI	112
5.1.4.5.5	Conflictos de uso del suelo en el área de intervención	113
5.1.5	Hidrología	114
5.1.5.1	Introducción	115
5.1.5.2	Fuentes de información	115
5.1.5.3	Caracterización hidrológica del área de influencia	118
5.1.5.3.1	Sistemas lénticos y lóticos del área de influencia	118
5.1.5.3.2	Identificación de zonas de recarga	130
5.1.5.3.3	Clasificación de cuencas metodología IDEAM	131
5.1.5.3.4	Descripción y localización de la red hidrográfica	134
5.1.5.3.5	Patrones de drenaje – Régimen hidrológico – Caudales característicos.	136

5.1.5.3.6	Análisis de precipitación	140
5.1.5.3.7	Precipitación máxima en 24 horas	140
5.1.5.3.8	Caudales Máximos	141
5.1.5.3.9	Caudales medios	148
5.1.5.3.10	Balance Hídrico	148
5.1.5.3.11	Caudales mínimos	155
5.1.5.3.12	Identificación de dinámica fluvial	158
5.1.6	Calidad del Agua	159
5.1.6.1	Cuerpos de Agua Continentales	159
5.1.6.1.1	Caracterización fisicoquímica y Bacteriológica del agua	159
5.1.6.1.2	Índices de calidad ambiental del agua	203
5.1.7	Usos del agua	221
5.1.7.1	Usos Actuales y Proyectos	221
5.1.7.2	Inventario de usos y usuarios del agua	224
5.1.7.2.1	Captaciones	226
5.1.7.2.2	Vertimientos	228
5.1.7.3	Usos y Usuarios del recursos hídrico según registros de CORPONOR	235
5.1.7.4	Demanda actual de las fuentes a intervenir	236
5.1.7.5	Conflictos por uso	237
5.1.7.5.1	Análisis de frecuencia de caudales mínimos	237
5.1.7.6	Índices de calidad ambiental del agua	244
5.1.7.6.1	Índice de Uso del Agua (IUA)	244
5.1.7.6.2	Índice de regulación Hídrica (IRH)	249
5.1.7.6.3	Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento	250
5.1.8	Hidrogeología	255
5.1.8.1	Objetivo	255
5.1.8.2	Objetivos Específicos	255
5.1.8.3	Metodología	255
5.1.8.3.1	Área de Influencia Preliminar (Área Estudio)	257
5.1.8.4	Marco Teórico	260
5.1.8.4.1	Definiciones Hidrogeología	260
5.1.8.4.2	Clasificación unidades hidrogeológicas	262
5.1.8.4.3	Pasos para la clasificación de puntos hidrogeológicos	264
5.1.8.4.4	Clasificación de los puntos hidrogeológicos	264
5.1.8.5	Geología de referencia	270
5.1.8.6	Inventario y clasificación de puntos hidrogeológicos	270
5.1.8.6.1	Resultados de campo	271
5.1.8.7	Tomografías de Resistividad Eléctrica	305
5.1.8.7.1	Marco teórico	306
5.1.8.7.2	Localización de las líneas de geoeléctrica continua	309
5.1.8.7.3	Metodología de estudio	314
5.1.8.7.4	Interpretación de la línea geoeléctrica continua 1	317
5.1.8.7.5	Interpretación de la línea geoeléctrica continua 2	319
5.1.8.7.6	Interpretación de la línea geoeléctrica continua 4	321
5.1.8.7.7	Interpretación de la línea geoeléctrica continua 5	323
5.1.8.8	Pruebas hidráulicas	325
5.1.8.9	Caracterización Hidrogeoquímica del Agua	330
5.1.8.9.1	Selección Puntos Muestreo	331

5.1.8.9.2	Resultados	331
5.1.8.9.3	Clasificación Hidrogeoquímica	352
5.1.8.10	Modelo Hidrogeológico Conceptual	359
5.1.8.10.1	Unidades Hidrogeológicas	359
5.1.8.10.2	Dinámica del flujo de agua subsuperficial y subterránea	363
5.1.8.10.3	Principales zonas de recarga y descarga	368
5.1.8.10.4	Dirección preferencial del flujo subterráneo	368
5.1.8.11	Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la contaminación	369
5.1.8.11.1	Metodología GOD	370
5.1.8.11.2	Grado Confinamiento Hidráulico (G)	372
5.1.8.11.3	Ocurrencia del Sustrato Suprayacente (O)	374
5.1.8.11.4	Distancia al Nivel de Agua Subterránea (D)	377
5.1.8.11.5	Clasificación de la Vulnerabilidad	379
5.1.8.12	Afectación Potencial y Medidas	381
5.1.8.13	Identificación de Puntos de Agua que Requieren Medidas	388
5.1.8.14	Determinación de la Red de Monitoreo	400
5.1.8.14.1	Criterios de Selección de Puntos para la Red de Monitoreo	400
5.1.8.14.2	Puntos de agua seleccionados para integrar la red de monitoreo propuesta	402
5.1.8.14.3	Frecuencia de las mediciones	406
5.1.9	Geotecnia	408
5.1.9.1	Modelación de Variables	410
5.1.9.1.1	Litología (SL)	410
5.1.9.1.2	Geomorfología (SG)	412
5.1.9.1.3	Hidrogeología (SH)	415
5.1.9.1.4	Cobertura de la tierra (SC)	418
5.1.9.1.5	Densidad de drenajes (SD)	423
5.1.9.1.6	Densidad de Fallas Geológicas (SF)	425
5.1.9.1.7	Pendientes del Terreno (SP)	426
5.1.9.1.8	Morfodinámica (SE)	428
5.1.9.2	Susceptibilidad General del Terreno (ST)	432
5.1.9.3	Factores detonantes	433
5.1.9.3.1	Precipitación (FP)	433
5.1.9.3.2	Sismicidad (FS)	441
5.1.9.4	Amenaza geotécnica del terreno (ZG)	446
5.1.9.5	Descripción geotécnica del corredor vial	450
5.1.9.6	Conclusiones	452
5.1.10	Atmósfera	454
5.1.10.1	Meteorología	454
5.1.10.1.1	Temperatura	454
5.1.10.1.2	Presión atmosférica	456
5.1.10.1.3	Precipitación	457
5.1.10.1.4	Humedad relativa	459
5.1.10.1.5	Viento	460
5.1.10.1.6	Radiación solar (Brillo solar)	462
5.1.10.1.7	Nubosidad	463
5.1.10.1.8	Evaporación	464
5.1.10.1.9	Zonificación climática	464

5.1.10.2	Identificación de fuentes de emisiones	466
5.1.10.2.1	Fuentes Fijas	466
5.1.10.2.1.1	Fuente fijas puntuales	466
5.1.10.2.1.2	Fuentes fijas dispersas	470
5.1.10.2.2	Fuentes móviles	478
5.1.10.2.3	Potenciales receptores	478
5.1.10.3	Calidad del Aire	479
5.1.10.3.1	Inventario de fuentes generadoras de emisiones atmosféricas	479
5.1.10.3.2	Análisis y evaluación de la calidad de aire	479
5.1.10.4	Ruido	494
5.1.10.4.1	Identificación de fuentes generadoras de ruido	495
5.1.10.4.2	Monitoreo de Generación de Ruido	497



## **CORREDOR 4G PAMPLONA - CÚCUTA**

### **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA DOBLE CALZADA PAMPLONA- CÚCUTA, UF 2 SECTOR PAMPLONA – PAMPLONITA**

#### **CAPITULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – MEDIO ABIÓTICO**

##### **ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 5.1 Información geológica recopilada	1
Tabla 5.2 Unidades litológicas dentro del área de influencia de la UF2	18
Tabla 5.3 Datos estructurales dentro del área de influencia de la UF2	33
Tabla 5.4 Unidades Geomorfológicas en el área de influencia de la UF2	43
Tabla 5.5 Atributos de las geoformas y algunos rangos utilizados con propósitos de análisis edafológicos	44
Tabla 5.6 Tipos de procesos denudativos identificados en la Unidad Funcional 2	54
Tabla 5.7 Sitios estabilizados con obras de contención entre el K49+050 y el K50+000	59
Tabla 5.8 Sitios estabilizados con obras de contención entre el K50+000 y el K51+000	60
Tabla 5.9. Sitio estabilizado con obras de contención entre el K51+000 y el K52+000	65
Tabla 5.10. Sitios estabilizados con obras de contención entre el K53+000 y el K53+800	67
Tabla 5.11. Sitio estabilizado con obras de contención entre el K56+120 y el K56+160	72
Tabla 5.12 Agrupación de unidades geomorfológicas	75
Tabla 5.13 Agrupación de coberturas de la tierra	76
Tabla 5.14 unidades de paisaje en el AI	77
Tabla 5.15 Unidades de paisaje en el área de intervención	81
Tabla 5.16 Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje (BLM, 1980)	82
Tabla 5.17 Clases utilizadas para evaluar la calidad visual y puntaje	84
Tabla 5.18 Promedio de evaluación de la calidad visual de las unidades de paisaje en el AI	84
Tabla 5.19 Distribución de la calidad visual en el AI	84
Tabla 5.20 Calidad visual del paisaje en el área de intervención	87
Tabla 5.21 Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual CAV	87
Tabla 5.22 Escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción visual del paisaje	88
Tabla 5.23 Promedio de evaluación de la capacidad de absorción de las unidades de paisaje	88
Tabla 5.24 Capacidad de absorción en el AI	89
Tabla 5.25 Capacidad de absorción en el área de intervención	91
Tabla 5.26 Clasificación de visibilidad en el AI y área de intervención	93
Tabla 5.27 Ubicación de puntos de muestreo de suelos	95
Tabla 5.28 Leyenda de unidades cartográficas de suelos asociados al AI	97
Tabla 5.29 Unidades cartográficas de suelos en el área de intervención	100
Tabla 5.30 Capacidad de uso del suelo en el AI	102
Tabla 5.31 Capacidad de uso del suelo en el área de intervención	104
Tabla 5.32 Uso actual del suelo en el AI	105

Tabla 5.33 Uso actual del suelo en el área de intervención	109
Tabla 5.34 Matriz de determinación de conflicto de uso del suelo	112
Tabla 5.35 Conflicto de uso del suelo en el AI	112
Tabla 5.36 Conflicto de uso del suelo en el área de intervención	113
Tabla 5.37 Estaciones hidrometeorológicas utilizadas en el análisis Hidrológico asociado a la zona en estudio.	116
Tabla 5.38 Cuerpos lóticos identificados a lo largo de la unidad funcional 2	120
Tabla 5.39 Sistemas lénticos identificados en la unidad funcional 2	130
Tabla 5.40 Clasificación de cuencas UF2 IDEAM	132
Tabla 5.41 Parámetros morfométricos de cuencas	138
Tabla 5.42 Precipitación máxima en 24 horas	141
Tabla 5.43 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia estación Iser Pamplona	142
Tabla 5.44 Caudales máximos estimados en drenajes permanentes y sitios de cruce.	146
Tabla 5.45 Caudales máximos y periodos de retorno asociados a la estación La Donjuana	146
Tabla 5.46 Balance hídrico mensual Unidad Funcional 2.	149
Tabla 5.47 Volúmenes de exceso en el área de influencia de la unidad funcional 2	150
Tabla 5.48 Balance hídrico particular para cada cuenca menor asociada a la Unidad Funcional 2	151
Tabla 5.49 Caudales medios multianuales estimados en drenajes permanentes y puntos de cruce	154
Tabla 5.50 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno	155
Tabla 5.51 Caudales mínimos en cauces permanentes y puntos de cruce para diferentes periodos de retorno	157
Tabla 5.52 Características de los Puntos de Muestreo de Agua, Fuentes Superficiales	161
Tabla 5.53 Metodologías de Análisis	162
Tabla 5.54 Descripción de los puntos de monitoreo	164
Tabla 5.55 Criterios de calidad de agua por parámetros in Situ para diversos usos.	171
Tabla 5.56 Resultados de Parámetros In Situ	172
Tabla 5.57 Escala de mineralización en agua de acuerdo a la conductividad	174
Tabla 5.58 escala de OD y su relación con la calidad del agua	174
Tabla 5.59 Escala de pH y su relación con la calidad del agua	176
Tabla 5.60 Codificación y nomenclatura de los puntos de muestreo analizados	179
Tabla 5.61 Estándares de calidad de agua para parámetros físicos-químicos en laboratorio de acuerdo diversos usos del agua	180
Tabla 5.62 Resultados de parámetros físico-químicos puntos de monitoreo 1 a 9	182
Tabla 5.63 Resultados de parámetros físico-químicos puntos de monitoreo 10 a 20	184
Tabla 5.64 Escala de Mineralización en Agua de acuerdo a la Alcalinidad	186
Tabla 5.65 Clasificación de la Dureza por $\text{CaCO}_3$ en el Agua (OMS)	190
Tabla 5.66 Escala de clasificación de la calidad de agua, con base en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	192
Tabla 5.67 Escala de clasificación de calidad de agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO)	192
Tabla 5.68 Criterios de calidad de agua por coliformes para diversos usos	199
Tabla 5.69 Resultados de parámetros microbiológicos	200
Tabla 5.70 Clasificación del Agua según el Índice de Langelier	204
Tabla 5.71 Índice de Saturación o de Langelier – ISL en los cuerpos de agua monitoreados	205
Tabla 5.72 Capacidad buffer en cuerpos de agua superficial analizados	208

Tabla 5.73 Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas	209
Tabla 5.74 Calificación de la Calidad del Agua según los valores que tome el ICA	210
Tabla 5.75 Resultados – índice de calidad del agua	211
Tabla 5.76 Categorías y Rangos del IACAL	213
Tabla 5.77 Índice de Calidad del Agua en los cuerpos de agua monitoreados	213
Tabla 5.78 Clasificación de índices de contaminación	215
Tabla 5.79 Clasificación ICOTRO	219
Tabla 5.80 Clasificación de Usos del agua para los tramos 6 y 7 de la cuenca Río Pamplonita, que hacen parte de la UF2	222
Tabla 5.81 Objetivos de calidad, parámetros físico-químicos y microbiológicos	223
Tabla 5.82 Inventario de Usos del agua	225
Tabla 5.83 Inventario de captaciones	227
Tabla 5.84 Resultados de parámetros físico-químicos en los puntos de monitoreo de la UF2	229
Tabla 5.85 Inventario de vertimientos	230
Tabla 5.86 Concesiones de agua otorgadas por CORPONOR	235
Tabla 5.87 Demanda hídrica sectorial, Cuenca del río Pamplonita	237
Tabla 5.88 Caudales mínimos mensuales probables para cada periodo de retorno	238
Tabla 5.89 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje enero	239
Tabla 5.90 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje febrero	240
Tabla 5.91 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje junio	240
Tabla 5.92 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje julio	241
Tabla 5.93 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje agosto	242
Tabla 5.94 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje diciembre	243
Tabla 5.95 Categoría y descriptos del IUA	245
Tabla 5.96 rangos y Categorías índice de uso de agua	246
Tabla 5.97 Clasificación del IUA en la subzona hidrográfica del río Pamplonita	246
Tabla 5.98 Valores y categorías del IUA para la subcuenca o tramos 6 y 7 del río Pamplonita	247
Tabla 5.99 Categoría y descriptos del IRH	249
Tabla 5.100 Clasificación del IRH en el área de estudio	249
Tabla 5.101 Valores y categorías del IRH para la subcuenca o tramos del río Pamplonita	250
Tabla 5.102 Relación para categorizar el IVH, ENA 2010	251
Tabla 5.103 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico IVH, ENA 2014	252
Tabla 5.104 Valores y categorías del IVH en la subzona hidrográfica del río Pamplonita. ENA 2010	252
Tabla 5.105 Valores y categorías del IVH para la subcuencas o tramos del río Pamplonita que se ubican en el área de influencia de la UF2	252
Tabla 5.106 Puntos Hidrogeológicos Identificados	273
Tabla 5.107 Puntos Naturales	275
Tabla 5.108 Puntos Antrópicos	277
Tabla 5.109 Puntos Naturales – Registro de Visita	278

Tabla 5.110 Puntos Subsuperficiales – Registro de Visita	282
Tabla 5.111 Puntos Antrópicos – Registro de Visita	292
Tabla 5.112 Clasificación de manantiales de acuerdo con su caudal	297
Tabla 5.113 Datos generales de las cuatro líneas de prospección geoelectrica.	310
Tabla 5.114 Puntos Muestreo Hidrogeoquímica	331
Tabla 5.115 Metodologías de análisis	332
Tabla 5.116 Parámetros hidrogeoquímicos medidos en los puntos de agua seleccionados de la UF2, de acuerdo con la resolución 751 de marzo del 2015.	334
Tabla 5.117 Clasificación de la Dureza por CaCO <sub>3</sub> en el Agua (OMS)	340
Tabla 5.118 Escala de clasificación de la calidad de agua, con base en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	341
Tabla 5.119 Escala de clasificación de calidad de agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO)	341
Tabla 5.120 Resultados de parámetros microbiológicos	351
Tabla 5.121 Tabla de Unidades Hidrogeológicas	361
Tabla 5.122 Definición práctica de clases de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos	370
Tabla 5.123 Vulnerabilidad de unidades hidrogeológicas según grado de confinamiento.	372
Tabla 5.124 Vulnerabilidad de unidades hidrogeológicas según sustrato suprayacente.	375
Tabla 5.125 Vulnerabilidad de unidades hidrogeológicas por distancia al nivel del agua subterránea.	377
Tabla 5.126 Caudales de puntos inventariados.	381
Tabla 5.127 Distancia de los puntos hidrogeológicos al área de diseño.	383
Tabla 5.128 Puntos que no requerirán medida de manejo.	388
Tabla 5.129 Resumen de tipos de impactos.	389
Tabla 5.130 Tipos de impacto por punto.	390
Tabla 5.131 Medidas de protección, mitigación y compensación por punto.	398
Tabla 5.132 Tipo de punto de control y mediciones relacionadas con el monitoreo tipo A de los puntos de agua seleccionados	402
Tabla 5.133 Puntos de agua subsuperficial y subterránea que integran la red de monitoreo.	403
Tabla 5.134 Puntos de agua superficiales que integran la red de monitoreo.	404
Tabla 5.135 Parámetros del monitoreo tipo B según las especificaciones de la Tabla 5 de la Resolución N. 0751 del 2015.	405
Tabla 5.136 Frecuencia de medición red de monitoreo UF2	406
Tabla 5-137 Categoría y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables	410
Tabla 5-138 Valores de susceptibilidad por litología	411
Tabla 5-139 Valores de susceptibilidad por geomorfología	412
Tabla 5-140 Valores de susceptibilidad por hidrogeología	417
Tabla 5-141 Valores de susceptibilidad por cobertura de la tierra	420
Tabla 5-142 Valores de susceptibilidad por densidad de drenajes	423
Tabla 5-143 Ponderación de fallas según su tipo	425
Tabla 5-144 Valores de susceptibilidad por densidad de fallas	425
Tabla 5-145 Valores de susceptibilidad por pendientes	426
Tabla 5-146 Susceptibilidad de procesos morfodinámicos	430
Tabla 5-147 Intervalos para categorizar la susceptibilidad general del terreno	432
Tabla 5-148 Valor mensual por agua en exceso	435
Tabla 5-149 Valoración del parámetro precipitación	435



Tabla 5-150 Precipitación media mensual por cuencas de la UF2	436
Tabla 5-151 – Evapotranspiración media mensual por cuencas de la UF2	437
Tabla 5-152 – Susceptibilidad por precipitación en la UF 2	439
Tabla 5-153 Intervalos de categorías de sismicidad	445
Tabla 5-154 Categorías para la zonificación geotécnica	446
Tabla 5-155 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica	450
Tabla 5.156 Años de registro de temperatura de estaciones IDEAM	454
Tabla 5.157 Estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio de precipitación	457
Tabla 5.158 Valores de precipitación total media mensual multianual (mm)	457
Tabla 5.159 Estaciones meteorológicas utilizadas para análisis de humedad relativa	459
Tabla 5.160 Velocidad del viento media mensual multianual (m/s)	461
Tabla 5.161 Inventario general de fuentes de emisión UF2	467
Tabla 5.162 Descripción de fuentes lineales de emisión.	473
Tabla 5.163 Potenciales receptores en el área de influencia de la UF 2	478
Tabla 5.164 Generalidades estaciones de muestreo – Estación 1	481
Tabla 5.165 Generalidades estaciones de muestreo – Estación 2	481
Tabla 5.166 Generalidades estaciones de muestreo - Estación 3	482
Tabla 5.167 Equipos utilizados durante el muestreo de calidad aire	484
Tabla 5.168 Rangos del ICA de acuerdo con el color asignado y calificación.	491
Tabla 5.169 Índices de calidad de Aire acumulados para SO <sub>2</sub> en los puntos evaluados	491
Tabla 5.170 Índices de calidad de Aire acumulados para PM10 en los puntos evaluados	492
Tabla 5.171 Inventario fuentes de emisión de ruido	496
Tabla 5.172 Puntos de medición de ruido ambiental	498
Tabla 5.173 Datos generales de la medición. Parámetros del estudio	499
Tabla 5.174 Equipos utilizados para la medición	500
Tabla 5.175 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dBA	501
Tabla 5.176 Principales variables meteorológicas – Monitoreo de Ruido	502
Tabla 5.177 Presión atmosférica en puntos de monitoreo de ruido	503
Tabla 5.178 Resultados corregidos horario diurno día hábil	503
Tabla 5.179 Descripción de puntos de monitoreo de ruido	504
Tabla 5.180 Resultados corregidos horario nocturno día hábil	510
Tabla 5.181 Resultados corregidos horario diurno día no hábil	513
Tabla 5.182 Resultados corregidos horario nocturno día no hábil	516

## **CORREDOR 4G PAMPLONA - CÚCUTA**

### **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA DOBLE CALZADA PAMPLONA- CÚCUTA, UF 2 SECTOR PAMPLONA - PAMPLONITA**

#### **CAPITULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – MEDIO ABIÓTICO**

##### **ÍNDICE DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
Figura 5.1 Ubicación del área de estudio dentro de la Cuenca de la Cordillera Oriental	3
Figura 5.2 Geología Regional. Plancha 110-Pamplona	5
Figura 5.3 Columna estratigráfica generalizada de la cuenca de la Cordillera Oriental	10
Figura 5.4 Sistema Regional de fallas Pamplona-Chitagá (28)	11
Figura 5.5 Sistema de fallas Pamplona-Chitagá sobre el área de influencia de la UF2	13
Figura 5.6 Estudio fotogeológico del tramo de Pamplona a Cúcuta, sector Pamplona-Pamplonita (I).	14
Figura 5.7 Estudio fotogeológico del tramo de Pamplona a Cúcuta, sector Pamplona-Pamplonita (II).	15
Figura 5.8 Estudio fotogeológico del tramo de Pamplona a Cúcuta, sector Pamplona-Pamplonita (III).	16
Figura 5.9 Estudio fotogeológico del tramo de Pamplona a Cúcuta, sector Pamplona-Pamplonita (IV).	17
Figura 5.10 Localización de Perfiles Geológicos sobre AI de la UF2	36
Figura 5.11. Perfil Geológico A-A°	37
Figura 5.12. Perfil Geológico B-B°	38
Figura 5.13. Perfil Geológico C-C°	39
Figura 5.14. Perfil Geológico D-D°	40
Figura 5.15 Morfodinámica tramo K49+050 – K52+000	56
Figura 5.16 Morfodinámica tramo K49+050 – K50+000	57
Figura 5.17 Morfodinámica tramo K50+000 – K51+000	60
Figura 5.18 Morfodinámica tramo K51+000 – K52+000	62
Figura 5.19 Morfodinámica tramo K52+000 – K53+800	64
Figura 5.20 Morfodinámica tramo K52+000 – K53+000	65
Figura 5.21 Morfodinámica tramo K53+000 – K53+800	66
Figura 5.22 Morfodinámica tramo K53+800 – K56+240	68
Figura 5.23 Morfodinámica tramo K53+800 – K54+750	69
Figura 5.24 Morfodinámica tramo K55+000 – K57+560	71
Figura 5.25 Distribución espacial de las unidades de paisaje en el AI	78
Figura 5.26 Distribución porcentual de las unidades de paisaje en el AI	79
Figura 5.27 Distribución espacial de la calidad visual del paisaje en el AI	85
Figura 5.28 Distribución espacial de la capacidad de absorción del paisaje en el AI	90
Figura 5.29 Análisis de visibilidad en el AI	92
Figura 5.30 Unidades cartográficas de suelo en el AI	98
Figura 5.31 Capacidad de uso del suelo en el AI	103
Figura 5.32 Uso actual del suelo en el AI	106
Figura 5.33 Conflicto de uso del suelo en el AI	114
Figura 5.34 Estaciones hidrometeorológicas	117
Figura 5.35 Red hidrográfica unidad funcional 2	119
Figura 5.36 Zonas de recarga hídrica Unidad Funcional 2	131

Figura 5.37 Red hidrográfica de la zona de estudio	135
Figura 5.38 Distribución Gumbel, precipitación máxima en 24 Horas	141
Figura 5.39 Curvas IDF	142
Figura 5.40 Hietogramas de precipitación para diferentes periodos de retorno	144
Figura 5.41 Hidrograma Unitario Adimensional del U.S.S.C.S.	145
Figura 5.42 Distribución Gumbel para caudales máximos estación La Donjuana	147
Figura 5.43 Caudales máximos mensuales Estación La Donjuana sobre el rio pamplonita	148
Figura 5.44 Balance hídrico mensual	150
Figura 5.45 Caudales medios mensuales Estación La Donjuana sobre el rio pamplonita	155
Figura 5.46 Ajuste de caudales mínimos mediante distribución de Gumbel	156
Figura 5.47 Curva de frecuencia de caudales mínimos	156
Figura 5.48 Curva adimensional de caudales	157
Figura 5.49 Ubicación cartográfica de los puntos de monitoreo de calidad del agua	160
Figura 5.50 Valores de Conductividad y Sólidos Disueltos Totales	173
Figura 5.51 Valores de Oxígeno Disuelto	175
Figura 5.52 Valores de pH	176
Figura 5.53 Valores de sólidos sedimentables	177
Figura 5.54 Valores de Temperatura	178
Figura 5.55 Valores de Acidez y alcalinidad	188
Figura 5.56 Valores de Turbiedad y SST	189
Figura 5.57 Valores de Color	190
Figura 5.58 Valores de Dureza cálcica y Dureza Total	191
Figura 5.59 Valores de DBO <sub>5</sub> y DQO	194
Figura 5.60 Valores de Fósforo Total	195
Figura 5.61 Valores de nitrógeno Total	196
Figura 5.62 Valores de grasa y aceites	197
Figura 5.63 Valores de fenoles totales	198
Figura 5.64 Valores coliformes totales y coliformes fecales	203
Figura 5.65 Resultados – Índice de Calidad del Agua	210
Figura 5.66 Esquema para obtener las estimaciones de las cargas contaminantes	212
Figura 5.67 Ubicación cartográfica del IACAL para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2, año medio y año seco	214
Figura 5.68 Clasificación ICOMI – Índice de contaminación por mineralización.	216
Figura 5.69 Clasificación ICOSUS – Índice de contaminación por sólidos suspendidos	217
Figura 5.70 Clasificación ICOMO- Índice de contaminación por materia orgánica	219
Figura 5.71 Clasificación ICOPH	221
Figura 5.72 Ubicación cartográfica de las captaciones identificadas en las fuentes hídricas que serán interceptadas	226
Figura 5.73 Ubicación cartográfica de los vertimientos identificadas en las fuentes hídricas que serán interceptadas	234
Figura 5.74 Curvas adimensionales de caudales mínimos para cada periodo de retorno y mes de estiaje	238
Figura 5.75 Ubicación cartográfica del IUA para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2, año medio	247
Figura 5.76 Ubicación cartográfica del IUA para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2, año seco	248
Figura 5.77 Ubicación cartográfica del IRH para la subcuenca o tramos del río Pamplonita	

ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2	250
Figura 5.78 Ubicación cartográfica del IVH para la subcuenca o tramos del río Pamplonita	
ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2, Año Medio	253
Figura 5.79 Ubicación cartográfica del IVH para la subcuenca o tramos del río Pamplonita	
ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2, Año Seco	254
Figura 5.80 Área de Estudio para Hidrogeología	259
Figura 5.81 Esquema de un acuífero colgado (Fetter, 1980).	261
Figura 5.82 Acuífero libre, confinado o de nivel freático (Fetter, 1980)	261
Figura 5.83 Estratigrafía en un sistema acuífero (Fetter 1980)	262
Figura 5.84 Esquema de colores para representación hidrogeológica – IAH (1995)	263
Figura 5.85 Ejemplo colores para representación hidrogeológica – IAH (1995)	263
Figura 5.86 Ocurrencia de manantiales a causa de variables geológicas	266
Figura 5.87 Tipos de manantiales	267
Figura 5.88 Resurgencia	267
Figura 5.89 Interflujo (SEEP en la imagen)	268
Figura 5.90 Clasificación puntos de agua subterránea	269
Figura 5.91 Puntos de Agua Inventariados – UF2	296
Figura 5.92 Valores de caudal de los puntos de agua	298
Figura 5.93 Distribución de la conductividad específica en puntos de agua	300
Figura 5.94 Distribución de los STD en puntos de agua	300
Figura 5.95 Distribución de la Temperatura y cota de surgencia de los puntos de agua	302
Figura 5.96 Distribución de la conductividad y cota de surgencia de los puntos de agua	303
Figura 5.97 Distribución de los caudales y cota de surgencia de los puntos de agua.	304
Figura 5.98 Equipo Supersting R8IP para adquisición de la prospección geoeléctrica	306
Figura 5.99 Tomografías de Resistividad Eléctrica 1	311
Figura 5.100 Tomografías de Resistividad Eléctrica 2 y 5	312
Figura 5.101 Tomografía de Resistividad Eléctrica 4	313
Figura 5.102 Adquisición de datos línea de geoeléctrica continua (Tomografía 1).	314
Figura 5.103 Adquisición de datos línea de geoeléctrica continua (Tomografía 2).	315
Figura 5.104 Adquisición de datos línea de geoeléctrica continua (Tomografía 4).	315
Figura 5.105 Tendido de cable de línea de geoeléctrica continua (Tomografía 5).	316
Figura 5.106 Esquema de la Ejecución Automática en Campo de la Prospección Geoeléctrica Continua.	316
Figura 5.107 Levantamiento topográfico de las líneas de Geoelectrica Continua (Tomografía 5).	317
Figura 5.108 Interpretación del Perfil de Geoeléctrica Continua 1.	318
Figura 5.109 Interpretación del Perfil de Geoeléctrica Continua 2	320
Figura 5.110 Interpretación del Perfil de Geoeléctrica Continua 4	322
Figura 5.111 Interpretación del Perfil de Geoeléctrica Continua 5	324
Figura 5.112 Metodología procesamiento datos Pruebas Slug	327
Figura 5.113 Prueba slug realizada	328
Figura 5.114 Prueba Slug realizada: introducción de la sonda	328
Figura 5.115 Datos Prueba Slug Perforación 60 – Dato crudos	329
Figura 5.116 Interpretación Prueba Slug	330
Figura 5.117 Valores de Acidez y alcalinidad	337
Figura 5.118 Valores de Turbiedad y SST	338
Figura 5.119 Valores de Color	339
Figura 5.120 Valores de Dureza cálcica y Dureza Total	340
Figura 5.121 Valores de DBO5 y DQO	342



Figura 5.122 Valores de Fósforo Total y Orto fosfatos	343
Figura 5.123 Valores de nitratos y nitritos	345
Figura 5.124 Valores de sulfatos	346
Figura 5.125 Valores de Calcio	347
Figura 5.126 Valores de Cloruros	348
Figura 5.127 Valores de grasa y aceites	349
Figura 5.128 Valores coliformes totales y coliformes fecales	352
Figura 5.129 Clasificación química de los tipos de agua en el diagrama de Piper	354
Figura 5.130 Diagrama de Piper para las ocho fuentes de agua analizadas	355
Figura 5.131 Diagrama de Shoeller para las ocho fuentes de agua analizada	355
Figura 5.132 Gráficos de correlación entre los iones Na <sup>+</sup> y Cl <sup>-</sup> expresados en meq/l.	356
Figura 5.133 Correlación entre los iones Ca <sup>2+</sup> +Mg versus SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> +HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en meq/l.	357
Figura 5.134 Diagramas de Stiff para las ocho fuentes analizadas	358
Figura 5.135 Índice de saturación (saturation Index) para los ocho puntos de agua analizados considerando seis minerales de referencia.	359
Figura 5.136 Sólidos disueltos totales SDT en el área de estudio.	364
Figura 5.137 Zonas de captura o de influencia para varios caudales y K de 0.1m/d.	365
Figura 5.138 Zonas de captura o de influencia para varios caudales y K de 0.01m/d.	366
Figura 5.139 Esquema descriptivo del flujo subsuperficial en la zonade la UF2.	367
Figura 5.140 Metodología GOD, desarrollada por Foster (1987) – Modificada Min.Ambiente (2010)	371
Figura 5.141 Distribución geográfica de valores del Parámetro G.	374
Figura 5.142 Distribución geográfica de valores del Parámetro O.	376
Figura 5.143 Distribución geográfica de valores del Parámetro D.	378
Figura 5.144 Distribución geográfica de la vulnerabilidad intrínseca.	380
Figura 5.145 Áreas donde se consideran medidas de manejo.	382
Figura 5.146 Tanque para la protección de afloramientos de agua	385
Figura 5.147 Corte en un punto de agua asociado a flujo subsuperficial.	386
Figura 5.148 Tanque de concreto en el cual se almacenará el agua del punto de agua.	387
Figura 5.149 Modelo de cerramiento	393
Figura 5.150 Modelo de zanja perimetral.	393
Figura 5.151 Vista esquemática de medidas básicas de protección.	394
Figura 5.152. Medida de manejo para punto de agua con cruce de vía en tubería.	396
Figura 5-153 Diagrama metodológico para la obtención de la zonificación geotécnica	409
Figura 5-154 Susceptibilidad por litología	411
Figura 5-155 Mapa de susceptibilidad por litología	414
Figura 5-156 Susceptibilidad por Geomorfología	415
Figura 5-157 Mapa de susceptibilidad por geomorfología	416
Figura 5-158 Susceptibilidad por hidrogeología	418
Figura 5-159 Mapa de susceptibilidad por hidrogeología	419
Figura 5-160 Susceptibilidad por cobertura de la tierra	421
Figura 5-161 Mapa de susceptibilidad por cobertura de la tierra	422
Figura 5-162 Susceptibilidad por densidad de drenajes	423
Figura 5-163 Mapa de susceptibilidad por densidad de drenajes	424
Figura 5-164 Susceptibilidad por densidad fallas Geológicas	426
Figura 5-165 Mapa de susceptibilidad por densidad de fallas	427
Figura 5-166 Susceptibilidad por Pendientes del Terreno	428
Figura 5-167 Mapa de susceptibilidad por pendientes del Terreno	429

Figura 5-168 Susceptibilidad por Morfodinámica	430
Figura 5-169 Mapa de susceptibilidad por Morfodinámica	431
Figura 5-170 Susceptibilidad general del terreno	433
Figura 5-171 Mapa de Susceptibilidad General del Terreno	434
Figura 5-172 Factor detonante por Precipitación	441
Figura 5-173 Factor detonante por precipitación	443
Figura 5-174 Sistema Regional de fallas Pamplona-Chitagá (28)	444
Figura 5-175. Mapa de Sismicidad Histórica entre Bucaramanga y Cúcuta	445
Figura 5-176 Mapa de factor detonante por sismicidad	447
Figura 5-177 Distribución de amenaza geotécnica	448
Figura 5-178 Mapa amenaza geotecnica	449
Figura 5.179 Temperatura máxima, media y mínima Unidad Funcional 2	455
Figura 5.180 Isotermas para el área de estudio	456
Figura 5.181 Precipitación media mensual multianual (mm)	458
Figura 5.182 Distribución espacial de precipitación en el área de estudio	459
Figura 5.183 Humedad relativa mensual multianual (%)	460
Figura 5.184 Velocidad media multianual unidad funcional 2	461
Figura 5.185 Rosa de vientos estación Iser Pamplona	462
Figura 5.186 valores multianuales de brillo solar	463
Figura 5.187 Nubosidad en unidad funcional 2	463
Figura 5.188 Evaporación multianual unidad funcional 2	464
Figura 5.189 Zonificación climatológica de la zona de estudio	465
Figura 5.190 Puntos de muestreo de calidad de aire	484
Figura 5.191 Valores medios diarios de PM-10 en estaciones 1,2 y 3	486
Figura 5.192 Valores medios diarios de NO <sub>2</sub> en estaciones 1,2 y 3	487
Figura 5.193 Valores medios diarios de SO <sub>2</sub> en estaciones 1,2 y 3	488
Figura 5.194 Medias horarias diarias de CO Estación 1	489
Figura 5.195 Medias horarias diarias de CO Estación 2	490
Figura 5.196 Medias horarias diarias de CO Estación 3	490
Figura 5.197 Índice de calidad de aire (ICA) SO <sub>2</sub> estación 1,2 y 3	492
Figura 5.198 Índice de calidad de aire (ICA) PM-10 estación 1,2 y 3	493
Figura 5.199 Comparación estados excepcionales PM-10, estaciones 1,2 y 3	493
Figura 5.200 Comparación estados excepcionales SO <sub>2</sub> , estaciones 1,2 y 3	494
Figura 5.201 Localización de los puntos de medición de ruido ambiental UF2	499
Figura 5.202 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental diurno día hábil. Sector C vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales	507
Figura 5.203 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental diurno día hábil. Sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	508
Figura 5.204 Mapa de isófonas horario diurno día hábil	509
Figura 5.205 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental nocturno día hábil. Sector C vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales	511
Figura 5.206 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental nocturno día hábil sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	511
Figura 5.207 Mapa de isófonas horario nocturno día hábil	512
Figura 5.208 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental diurno día no hábil - Sector C vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales	514
Figura 5.209 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental diurno día no hábil - Sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	514
Figura 5.210 Mapa de Isófonas Horario diurno día no hábil	515

Figura 5.211 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental nocturno día no hábil - Sector C vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales	517
Figura 5.212 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental nocturno día no hábil - Sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	517
Figura 5.213 Mapa de isófonas horario nocturno día no hábil	518

## **CORREDOR 4G PAMPLONA - CÚCUTA**

### **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA DOBLE CALZADA PAMPLONA-CÚCUTA, UF 2 SECTOR PAMPLONA - PAMPLONITA**

#### **CAPITULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – MEDIO ABIÓTICO**

##### **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

	<b>Pág.</b>
Fotografía 5-1 Afloramiento de la formación Girón, areniscas conglomeráticas cuarzosas de color pardo rojizo, ubicado en el extremo nororiental del AI de la UF2, con coordenadas X 1.161.387, Y 1.313.827. A y B) Afloramiento altamente fracturado. C) Muestra de mano de roca conglomeráticas de color pardo rojizo	19
Fotografía 5-2 Afloramiento de la Formación Aguardiente donde se evidencian capas de lodolitas y areniscas con material orgánico y estratificación inclinada, altamente meteorizado, sobre el eje de vía actual, con coordenadas X 1.159.287, Y 1.307.775. A) Afloramiento con vista en dirección de Cúcuta a Pamplona. B) Estratificación inclinada	20
Fotografía 5-3 Afloramiento de la formación Aguardiente donde se evidencian capas de lodolitas y areniscas con estratificación inclinada, ligeramente meteorizado, cerca al contacto con la formación Girón, con coordenadas X 1.161.078, Y 1.313.409.	21
Fotografía 5-4 pequeño afloramiento de la formación Capacho compuesto de calizas fosilíferas y lutitas de color gris, ubicado en las coordenadas X 1.159.778 Y 1.308.186	21
Fotografía 5-5 Afloramiento de la formación La Luna con estratificación delgada y altamente meteorizado, compuesto de lutitas, lodolitas calcáreas grises y calizas, ubicado en las coordenadas X 1.160.218, Y 1.308.542	22
Fotografía 5-6 Afloramiento de la formación La Luna con estratificación delgada, meteorizado, compuesto de lutitas, lodolitas calcáreas grises y calizas, ubicado en las coordenadas X 1.160.149, Y 1.308.929.	22
Fotografía 5-7 Afloramiento de la formación La Luna altamente meteorizado, compuesto de lutitas, lodolitas calcáreas grises y calizas, ubicado en las coordenadas X 1.161.239, Y 1.311.370	23
Fotografía 5-8 Afloramiento de la unidad geológica Colón-Mito Juan, observándose un pequeño pliegue local, ubicado en las coordenadas: X 1.160.856, Y 1.309.875, compuesto de limolitas y lutitas gris oscuro a pardo	23
Fotografía 5-9 Depósito Coluvial aledaño al eje de vía proyectado. Coordenadas: X 1.159.590, Y 1.308.410.	25
Fotografía 5-10 Depósito Coluvial atravesando al eje de vía proyectado. Abscisa K55+700-K55+500 aproximadamente. Coordenadas: X 1.160.017, Y 1.307.946	25
Fotografía 5-11 Depósito Coluvial sobre la vía actual. Coordenadas: X 1.160.062, Y 1.308.642	26
Fotografía 5-12 Depósito Coluvial sobre la vía actual. Coordenadas: X 1.160.368, Y 1.309.306.	27
Fotografía 5-13 Depósito Coluvio aluvial sobre la vía actual. Coordenadas: X 1.160.984, Y 1.310.108	28
Fotografía 5-14 Depósito coluvio aluvial sobre la vía actual y atravesado por el eje de vía proyectado. Abscisa K52+500-K52+100 aproximadamente. Coordenadas: X	



1.161.233, Y 1.310.815	29
Fotografía 5-15 Depósito Coluvial sobre la vía actual, atravesado por el eje de vía proyectada. Abscisa K50+200-K49+700 aproximadamente. Coordenadas: X 1.160.993, Y 1.312.807	30
Fotografía 5-16 Depósito Coluvial sobre vía actual, atravesado por eje de vía UF2 Abscisa K49+600-K49+300 aproximadamente. Coordenadas: X 1.160.741, Y 1.313.352	31
Fotografía 5-17 Depósito aluvial en la margen del río Pamplonita. Coordenadas: X 1.160.645, Y 1.313.497	32
Fotografía 5-18 Lleno antrópico ubicado dentro del área de influencia de la UF2	32
Fotografía 5-19 Relieve de laderas Estructurales denudativas en rocas sedimentarias dentro del área de influencia. Coordenadas: X 1.159.909, Y 1.307.880	46
Fotografía 5-20 Laderas Onduladas (SDlo) en montañas Estructurales denudativas. Se evidencian cárcavas específicamente dentro de los polígonos negros, y pisadas de pata de ganado. Coordenadas: X 1.160.537, Y 1.309.404	48
Fotografía 5-21 Laderas estructurales (SDle) en montañas estructurales denudativas. Coordenadas: X 1.161.094, Y 1.310.418	49
Fotografía 5-22 Lomo denudado bajo de longitud larga (SDldebl) en montañas estructurales denudativas. Coordenadas: X 1.159.573, Y 1.309.500	50
Fotografía 5-23 Espinazos en montañas estructurales (Se). Coordenadas: X 1.160.233, Y 1.308.482	51
Fotografía 5-24 Terraza de Acumulación (Fta) dentro del área de influencia de la UF2. Coordenadas: X 1160645, Y 1313497	52
Fotografía 5-25 Planos y campos de llenos antrópicos (Ar) dentro del área de influencia de la UF2	53
Fotografía 5-26 Proceso de remoción estabilizado con obras de contención en el K49+350 (PR 79+130)	58
Fotografía 5-27 Proceso de remoción activo en margen derecha del río Pamplonita, cerca del K49+380.	58
Fotografía 5-28 – Proceso de remoción activo en el K51+550	63
Fotografía 5-29 – Proceso de remoción activo en el K51+180	63
Fotografía 5-30 – Proceso de remoción activo en K53+420	67
Fotografía 5-31 Proceso de remoción activo en el K53+360	67
Fotografía 5-32 – Deslizamiento menor activo en el K54+700	70
Fotografía 5-33 – Deslizamiento menor activo en el K54+540	70
Fotografía 5-34 Deslizamiento activo en el K55+830	71
Fotografía 5-35 – Deslizamiento estabilizado en el K56+110	71
Fotografía 5-36: Restaurantes curva de los adioses. Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1159820,29 NORTE: 1308085,33	469
Fotografía 5-37 Fábrica de bocadillos "El Principe". Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1159770,00 NORTE: 1308078,01	469
Fotografía 5-38 Fábrica de elaboración de ladrillos. Vereda El Naranjo, Pamplona. ESTE: 1160223,04 NORTE: 1309146,00	470
Fotografía 5-39 Estación de servicio "Coomulpinort". Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1159796,68 NORTE: 1308126,66	471
Fotografía 5-40 Parqueadero de vehículos. Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1159848,95 NORTE: 1308124,22	471
Fotografía 5-41 Mina de carbón "Los Naranjos". Vereda El Naranjo, Pamplona. ESTE: 1161132,87 NORTE: 1311248,94	472
Fotografía 5-42 Chimeneas típicas en las viviendas y leña como combustible	475

Fotografía 5-43 Estufas de leña en las viviendas	475
Fotografía 5-44 Centro poblado nucleado, curva de los adioses. Vereda Alcaparral, Pamplona ESTE: 1159814,94 NORTE: 1308081,76	476
Fotografía 5-45 Centro poblado disperso. Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1160018,46 NORTE: 1308022,84	476
Fotografía 5-46 Centro poblado disperso. Vereda El Naranjo, Pamplona. ESTE: 1160831,23 NORTE: 1309841,75	476
Fotografía 5-47 Centro educativo rural Chíchira. Sede escolar El Naranjo. Vereda el Naranjo, Pamplona. ESTE: 1160741 NORTE: 1309768	477
Fotografía 5-48 Centro poblado disperso. Vereda el Naranjo, Pamplona. ESTE: 1161198 NORTE: 1310539	477
Fotografía 5-49 Centro poblado disperso. Vereda La Hojancha, Pamplonita. ESTE: 1160593 NORTE: 1313523	477
Fotografía 5-50 Fuentes móviles sobre la vía existente Pamplona-Cúcuta	478
Fotografía 5-51 Centro poblado nucleado, curva de los adioses. Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1.159.814 NORTE: 1.308.081	495
Fotografía 5-52 Centro educativo rural Chichirá. Sede escolar El Naranjo. ESTE: 1.160.741 NORTE: 1.309.768	497
Fotografía 5-53 Tráfico vehicular sobre vía existente Pamplona-Cúcuta	497

## 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

### 5.1 MEDIO ABIÓTICO

#### 5.1.1 Geología

##### 5.1.1.1 Aspectos conceptuales.

El análisis de las características litológicas y estructurales del terreno sobre el cual se pretende desarrollar este proyecto, es necesario para prever problemas de estabilidad y erosión, que puedan afectar no solo el proyecto y su vida útil, sino también terrenos aledaños, infraestructura y población cercana. Este documento cumple con los requerimientos de los términos de referencia establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en resolución 751 de 2015, “Términos de Referencia para la elaboración del EIA, requerido para el trámite de licencia ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos”, y para ello se ha llevado la metodología que se explica a continuación.

En la caracterización del componente geología, se describen las condiciones físicas del entorno regional y local del área de influencia desde el punto de vista de su composición litológica, rasgos estructurales, identificación y descripción de zonas de amenazas naturales: sísmica, volcánica, por erosión y movimientos en masa. Para dicha caracterización fue necesario ejecutar lo siguiente:

##### 5.1.1.1.1 Recopilación y Análisis de Información Secundaria

Se realizó la revisión y el análisis de la información geológica en diferentes entidades, como el Servicio Geológico Colombiano (SGC); y otros estudios geológicos y geotécnicos realizados en el área del proyecto y zonas aledañas, relacionados en la Tabla 5.1

Tabla 5.1 Información geológica recopilada

DOCUMENTO	AUTOR	FECHA
Plancha 110, Pamplona. Escala 1:100.000	SGC	versión digital 2010
Memoria del cuadrángulo H-13 Pamplona, Plancha 110-Pamplona-Colombia	SGC	1973
Consultoría especializada para la Estructuración Integral del corredor vial Pamplona-Cúcuta. Informe de Geología, Geotecnia y Suelos	Consorcio Estructuración Vial (Cev)	Agosto de 2016
Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Pamplonita en Departamento del Norte de Santander. Caracterización y Diagnóstico.	CORPONOR	2014

##### 5.1.1.1.2 Fotointerpretación

Se hizo la consulta de la cartografía geológica regional de las planchas 1:100.000 del SGC con una cobertura del 100% del área de estudio. Tomando como base las imágenes de

google earth, las imágenes de baseMap del Sistema de Información Geográfica (licencia de ArcGIS 10.3) y la ortofoto que se tenía del área (la cual abarcó 150 m aproximadamente a cada lado del eje de vía proyectado y toda la longitud de la UF2), se obtuvo la cartografía geológica y estructural preliminar utilizada para la visita de campo.

#### **5.1.1.1.3 Etapa de Campo**

Se verificó la cartografía geológica y geomorfológica, con el fin de complementar la caracterización litológica, estratigráfica, estructural y las condiciones de inestabilidad y susceptibilidad a movimientos en masa del terreno así como la identificación de obras de geotecnia ya ejecutadas.

#### **5.1.1.1.4 Informe y Mapas anexos**

Complementando la información secundaria con el trabajo de campo se realizó la caracterización litológica y estratigráfica del área de influencia. Se presentó una caracterización detallada, a escala 1:10.000, plasmando toda la información con su respectivo análisis geológico y estructural, de acuerdo a la resolución 751 de 2015, “Términos de Referencia para la elaboración del EIA, requerido para el trámite de licencia ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos”

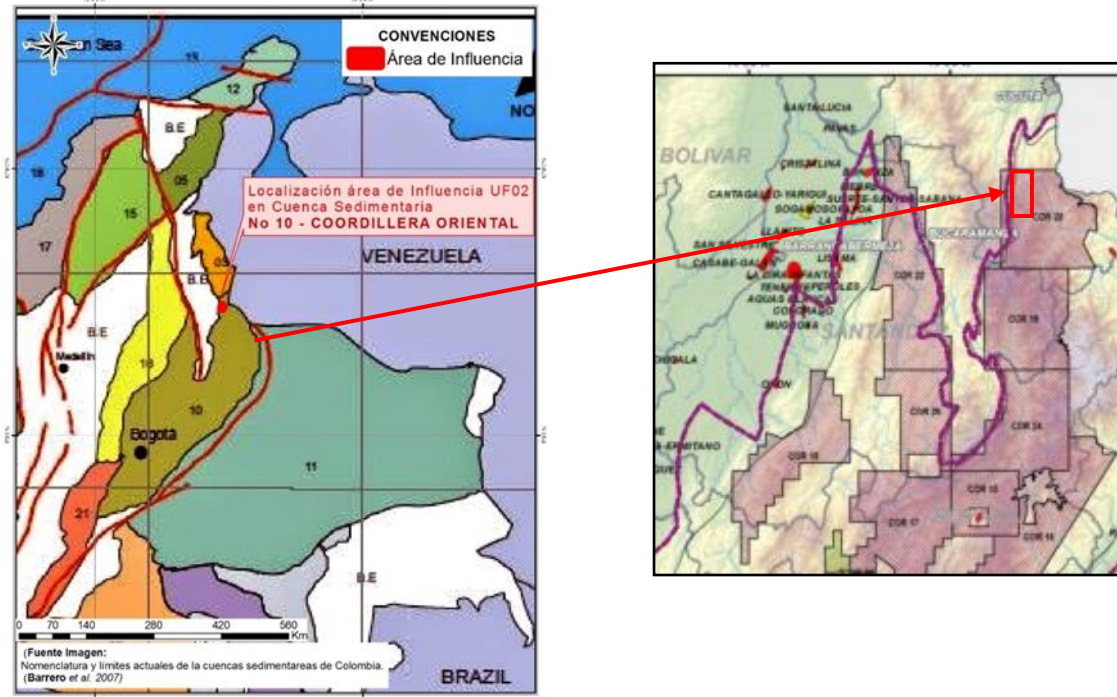
### **5.1.1.2 Geología Regional**

#### **5.1.1.2.1 Marco Tectónico Regional**

Como se observa en la Figura 5.1, tectónicamente, el área de estudio se encuentra sobre la cuenca de la Cordillera Oriental, la cual está en cercanías al límite oriental de una miniplaca tectónica, dinámicamente compleja, denominada Bloque Andes del Norte o Bloque Norandino, el cual está en un punto tripe de contacto bajo la influencia de los límites de las placas del Caribe y la Suramericana (SGC, 2011). La evolución tectónica de esta área durante el Mesozoico y Cenozoico registra una compleja y dinámica historia de evolución, asociada a un proceso de colisión y subducción oblicua a lo largo de fallas de desplazamiento lateral y escala regional, entre el borde sur de la placa Caribe y el extremo noroeste de la placa de Suramérica. Este límite entre las placas está representado por una amplia y difusa zona de activa deformación.

En la Figura 5.1 se ilustra la división de provincias tectonoestratigráficas, teniendo que el área de estudio hace parte del cinturón orogénico de la cuenca de la Cordillera Oriental. La Cordillera Oriental (COR.) de Colombia es un cinturón orogénico bivergente cuya fase principal de levantamiento ocurrió después del Mioceno medio, mediante la reactivación e inversión tectónica de fallas normales de antiguas cuencas extensionales del Jurásico Superior y Cretácico Inferior. Estas cadenas montañosas están constituidas por un basamento precámbrico y paleozoico, con presencia local de plutones granitoides mesozoicos. Este basamento está suprayacido, por capas rojas mesozoicas y sedimentos marinos cretácicos y clásticos terciarios de espesor variable (Figura 5.3).

**Figura 5.1 Ubicación del área de estudio dentro de la Cuenca de la Cordillera Oriental**



Fuente: (ANH, 2012)

#### 5.1.1.2.2 Unidades Estratigráficas

Se describen a continuación de la más antigua a más reciente las unidades geológicas en el área de estudio:

- Formación Bocas (Trb). Triásico

Está constituida por una alternancia de lodolitas de color gris claro a amarillo, areniscas de grano fino a conglomeráticas, amarillentas, con lodolitas calcáreas, gris verdosas, lodolitas grises a gris verdosas, conglomerados gris verdosos con guijos de cuarzo y lodolitas grises, fosilíferas. Hacia el sur de Chinácota, esta unidad litológicamente presenta intercalaciones de areniscas de grano muy fino de color rojizo con areniscas cuarzosas de grano medio, grises, limolitas grises, areniscas de coloración verdosa y areniscas conglomeráticas de color amarillo compuestas por cuarzo y plagioclasas; la forma de los granos es subesférica a angular.

En el área de estudio no se puede medir su espesor ni su relación estratigráfica con otras unidades ya que se encuentra en contacto fallado con rocas del Jurásico (en el caso del área de influencia de la UF con la formación Girón) y Cretácico por el occidente, y con rocas del Grupo Uribe por el este.

Con base en la litología podría interpretarse que esta unidad se depositó en un ambiente de planicie aluvial en un clima árido o semiárido (SGC, 1973).



Como se evidencia en la Figura 5.2, esta unidad se encuentra al este del área de influencia de la UF2 en contacto fallado con la formación Girón.

- Formación Girón (Jg). Jurásico Superior

Inicialmente fue usado para designar a un conjunto grueso de areniscas, conglomerados y limolitas color marrón rojizo, que están ampliamente expuestas al oeste de Bucaramanga y toman el nombre de la población de Girón (SGC, 1973).

La formación Girón aflora en la parte oriental de la plancha 110 sector del páramo de Cáchira, también al este de la falla de Gramalote la cual la pone en contacto con rocas cretácicas y paleógenas de la cuenca del Catatumbo (SGC, 1973). En el área de influencia de la UF2, la formación Girón se encuentra hacia el extremo nororiental (como se observa en la Figura 5.2), compuesta de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, micáceas, de color rojo a violeta, con intercalaciones de limolitas rojas, bastante fracturadas. Dentro del área de influencia también pueden encontrarse capas medias de arcillolitas, limolitas y conglomerados polimícticos, matriz soportados, con armazón compuesto por grava de regular selección y de forma angular. Las gravas son de cuarzo, feldespatos y líticos y la matriz es de arena de grano medio cuarzosa.

De acuerdo con (SGC, 1973) se observa en la formación Girón tipos de estratificación cruzada que indican corrientes fuertes y constantes, características de ríos trenzados. También se mencionan alternancia de ambientes de pantanos y ríos meándricos en una región al parecer paradeltaica. Hacia la parte superior de la formación las características de la unidad indican un ambiente marino somero.

Como se evidencia en la **Figura 5.2**, esta unidad se encuentra al Nororiente del área de influencia de la UF2 en contacto fallado con la formación Bocas.

- Formación Aguardiente (Kia). Cretácico Inferior

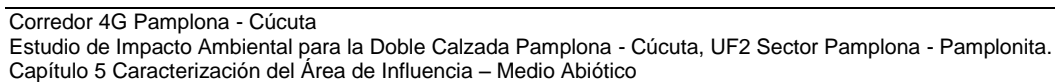
Su localidad tipo se encuentra en el cerro denominado Filo del Aguardiente, Norte de Santander. Dicha localidad se compone de más de 200 m de arenisca glauconítica y calcárea, de grano grueso, gris o verde claro, extremadamente duras y estratificación cruzada (Figura 5.3). Se encuentran capas delgadas de shale negro carbonáceos y micáceos (SGC, 1973).

Esta unidad aflora al oriente de la falla de las Mercedes, consta de areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, con algunos niveles conglomeráticos, glauconíticos, de color gris a gris verdoso, amarillenta y blanca, micácea, dura, con estratificación cruzada y algunas intercalaciones de láminas de lodolitas grises a oscuras, micáceas (SGC, 1973).

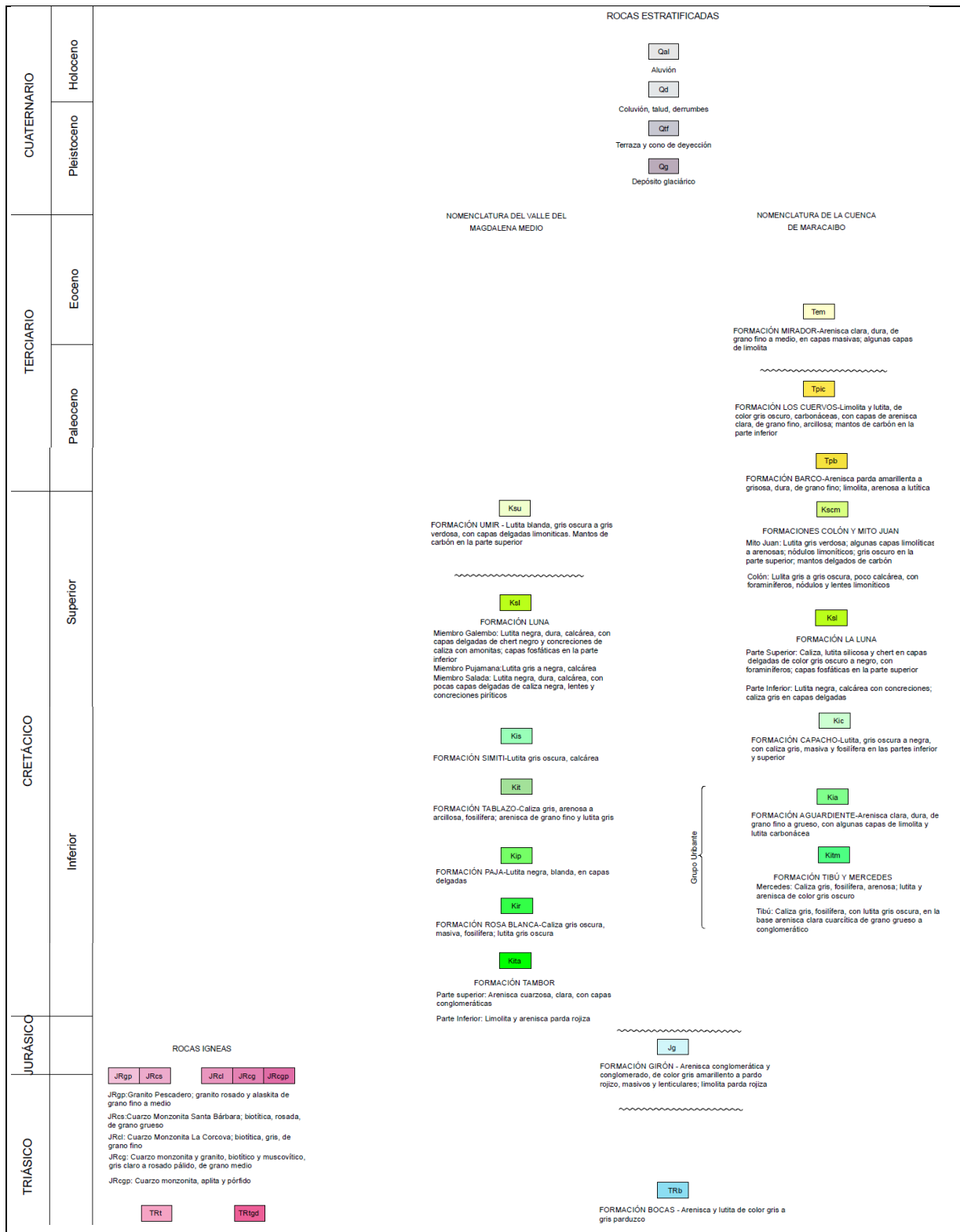
Según (SGC, 1973), la formación Aguardiente se depositó en un ambiente litoral de playas y lagunas, aunque también lo relacionan más con un frente deltaico.

Como se evidencia en la Figura 5.2, esta unidad se encuentra al este del área de influencia de la UF2.

## GEOLOGÍA REGIONAL - UNIDAD FUNCIONAL 2







JRgp JRcs  
JRcd JRcg JRcyp

JRgp: Granito Pescadero; granito rosado y alaskita de grano fino a medio  
JRcs: Cuarzo Monzonita Santa Bárbara; biotítica, rosada, de grano grueso  
JRcd: Cuarzo Monzonita La Corcova; biotítica, gris, de grano fino  
JRcg: Cuarzo monzonita y granito, biotítico y muscovítico, gris claro a rosado pálido, de grano medio  
JRcyp: Cuarzo monzonita, apilita y pórfido

TRt TRtd

Fuente: Modificado de: Plancha 110-Pamplona (SGC, 1973) .

- Formación Capacho (Kic). Cretácico Inferior

En general esta formación está compuesta de base a techo por shale negro en capas delgadas muy calcáreo y por calizas, shale gris oscuro no calcáreo con pocas intercalaciones de limolita y caliza gris arcillosa fosilífera y hacia el tope calizas masivas intercaladas con shale oscuro no calcáreo (SGC, 1973).

En la zona de estudio la formación Capacho se encuentra compuesta en la base por láminas de shales oscuros, micáceos, con algunos niveles de caliza arenosa, intercaladas con areniscas cuarzosas, de grano fino y calizas fosilíferas, en capas delgadas; la parte media se compone de areniscas cuarzosas, de grano fino, de color gris, micáceas y calizas grises, con intercalaciones de lodolitas grises, micáceas; hacia el techo se observan calizas grises, lumaquéllicas, en capas medianas y gruesas, con intercalaciones de láminas de lodolitas calcáreas, grises y areniscas de grano fino, amarillentas y grises, en capas medias.

La formación Capacho suprayace en forma concordante a la formación Aguardiente e infrayace también en contacto concordante a la formación La Luna.

De acuerdo con el (SGC, 1973) los sedimentos de esta unidad se depositaron en un ambiente marino de aguas tranquilas, evidenciado por la presencia de glauconita y pellets fosfatizados.

- Formación La Luna (Ksl). Cretácico Superior

Sucesión de calizas y lodolitas calcáreas, negras, fosilíferas con concreciones de calizas, aflorantes en la quebrada La Luna al NW de Perijá, Zulia (Venezuela).

Se introduce el término en Colombia en las estribaciones orientales de la serranía de Perijá, donde se compone de calizas carbonáceas y bituminosas, gris oscuras a negra, arenisca calcárea gris oscura de grano fino y lodolitas calcáreas, negras, fosilíferas con concreciones de caliza. Hacia el tope de la formación predomina chert y hacia la base calizas y shale con concreciones (SGC, 1973) (ver Figura 5.3).

Dicha litología incluye una mezcla variable de arcilla, carbonato y chert que resultan en shales silíceos a calcáreos, calizas arcillosas a silíceas y porcelanitas a chert puro (SGC, 1973)

Hacia el centro del área de influencia, se muestra una franja angosta de la formación La Luna, siguiendo el curso del río Pamplonita aproximadamente, tal y como se visualiza en la Figura 5.2.

- Formación Colón-Mito Juan (Kscm). Cretácico Superior-Terciario

A causa de semejanzas en la litología y en las características de meteorización, el límite entre estas dos formaciones no puede cartografiarse con certeza y por lo tanto se definen como una sola unidad.

La formación Colón toma su nombre de la ciudad de Colón y su sección tipo se ubica en el distrito de Ayacucho al norte esta población (SGC, 1973). La formación Mito Juan toma el nombre de la quebrada Mito Juan, sobre el flanco oriental del Domo Norte de Petrólea de la Concesión Barco (SGC, 1973)

En su sección tipo la formación Colón consiste casi totalmente de shale gris oscuro a negro, duro, localmente pirítico, conchoide e irregularmente fracturado. En el área de la Concesión Barco, la formación consta de shale gris a gris oscuro, ligeramente calcáreo, físil, foraminífero, con nódulos y lentes delgados de arcilla “ironstone” marrón. La formación Mito Juan en el área de la Concesión Barco consiste de shales gris verdosos, shales limosos a arenosos que aumentan hacia arriba a limolita y arenisca de grano muy fino cerca del tope (SGC, 1973).

Litológicamente, está constituida por capas medias a gruesas de lodolitas grises oscuras a negras, en algunos niveles calcáreas, micáceas, fosilíferas, piritosas, con laminación plano-paralela, presenta nódulos ferruginosos paralelos a la estratificación, y esporádicas capas delgadas de calizas grises a oscuras, lumaquélicas; en la parte superior se observan capas de lodolitas grises a oscuras intercaladas con areniscas de grano fino grises, con algunos lentes de carbón y restos de plantas (SGC, 1973).

Esta unidad se depositó en un ambiente marino que varía de nerítico (chert, foraminíferos bentónicos) a sublitoral (lamelibranquios). En la parte inferior de la secuencia; en la parte intermedia y superior baja, el ambiente de depositación es descrito como litoral (restos de plantas, de lamelibranquios, lentes y fragmentos de carbón), mientras en la parte superior alta que contiene los carbones y que correspondería a la formación Catatumbo, el autor lo relaciona con un ambiente deltaico (transicional) con una marcada influencia continental (SGC, 1973).

Como se observa en la Figura 5.2 dicha formación se encuentra atravesando el centro del área de influencia.

- Formación Barco (Tpb) - Paleoceno Inferior

Su nombre procede de la sección tipo localizada en el flanco este del anticlinal Petrólea en la sierra Barco, Norte de Santander. Esta formación, en su sección tipo, se compone principalmente de areniscas, limolitas y arcillolitas intercaladas entre sí; las areniscas generalmente son de color gris, de grano muy fino a medio, bien calibradas, con estratificación cruzada, en su mayoría son arcillosas y localmente contienen capas muy delgadas de mica y carbón. Las limolitas y arcillolitas habitualmente son de color gris en ocasiones micáceas y carbonáceas, localmente muestran esferulitas de siderita, es frecuente la presencia de arcillas ferruginosas las cuales forman pequeños nódulos y masas lenticulares (SGC, 1973)

Dentro del área de estudio la formación Barco es muy semejante en carácter al de la localidad tipo y es conforme con la subyacente formación Mito Juan.

Esta formación se compone de areniscas cuarzosas de color blanco, bien seleccionadas, micáceas, grises, amarillentas a blancas, de grano fino a medio, en capas tabulares de



hasta 2 m de espesor, con estratificación cruzada, intercaladas con capas delgadas de lodolitas grises claras a oscuras, micáceas con estratificación plano paralela; hacia el tope el espesor de las areniscas disminuye y el tamaño de grano se hace más fino, mientras las capas de lodolitas aumentan en espesor (Figura 5.3). También se observa hacia el techo en algunos sectores lentes de carbón.

El ambiente de depositación varía de fluvial a deltaico subcontinental (SGC, 1973).

Dentro del área de influencia de la UF2 esta unidad se observa hacia el suroriente, a manera de espinazo consecuencia del ambiente estructural de la zona, y delimitado por fallas que conforma el sistema de fallas Pamplona-Chitagá, tal y como se muestra en la Figura 5.2

- **Formación Los Cuervos (Tpic)-Paleoceno Superior**

La sección tipo de esta formación está en la quebrada Los Cuervos que confluye al río Catatumbo en la parte norte de la concesión Barco; allí es principalmente arcillolitas y shales con escasas capas de arenisca (SGC, 1973). Los Cuervos es principalmente arcillolita usualmente siderítica, parcialmente limosa, gris y gris verdosa, con escasas capas de arenisca arcillosa.

La formación aflora en el Sinclinal de Buenavista al oriente de la Falla de las Mercedes, donde se observan lodolitas grises, micáceas, con algunos niveles de shales carbonosos, con intercalaciones delgadas de areniscas de grano fino, lodosas, de color gris. La parte media presenta areniscas de grano fino, grises a amarillentas, intercaladas con lodolitas grises a oscuras y shales carbonosos, las capas de carbón se encuentran en la parte inferior y media de la formación con espesores que oscilan entre 0,12 m. y 1,55 m. Hacia el tope hay lodolitas grises, con algunos niveles de shales carbonosos con intercalaciones de areniscas de grano fino. En los alrededores del municipio de Durania, afloran arcillolitas y lodolitas grises, lodolitas grises carbonosas, capas delgadas y medias de arenisca arcillosa de grano fino y capas medias de carbón (SGC, 1973).

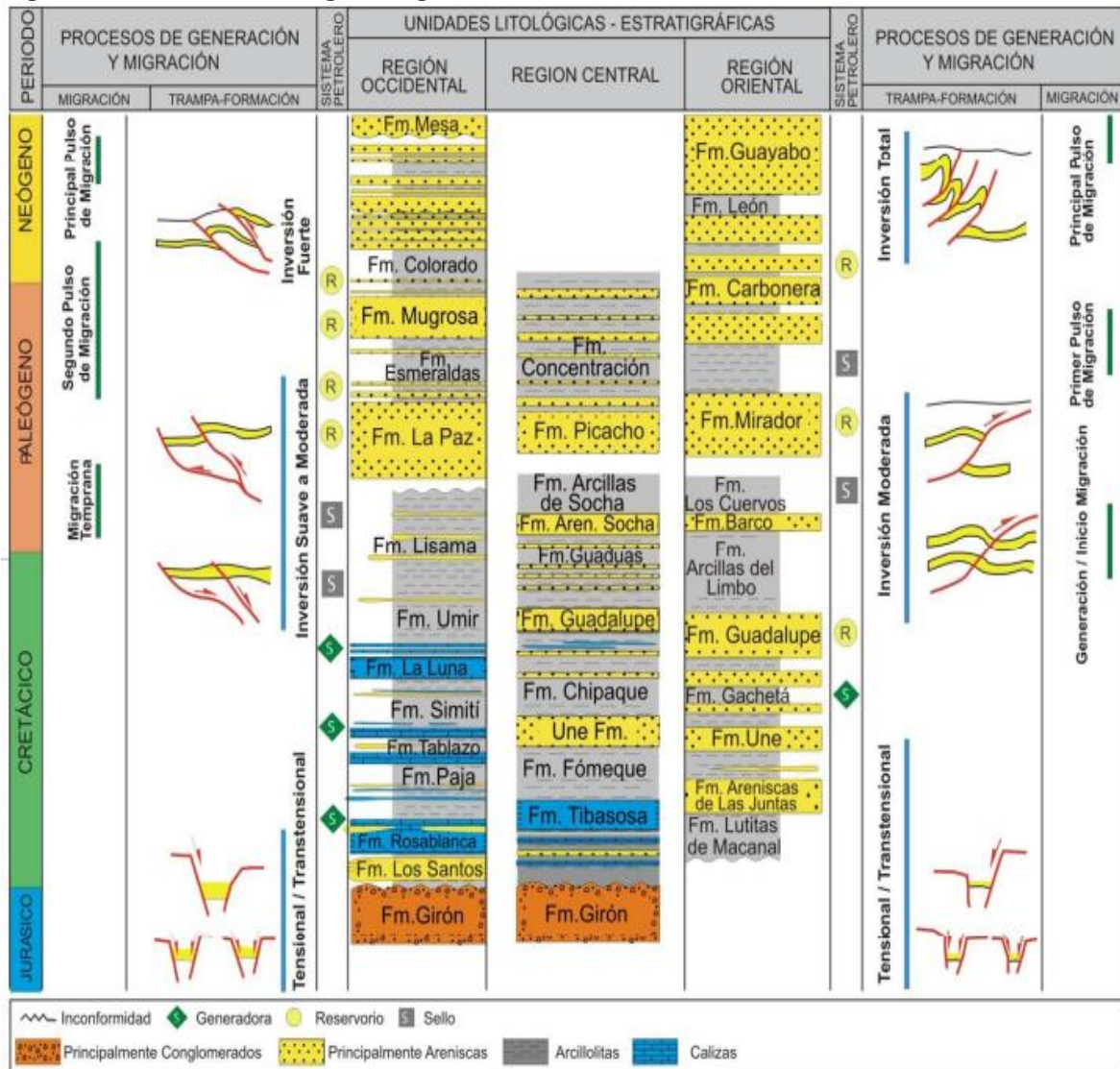
Los sedimentos de esta unidad se depositaron predominantemente en un ambiente transicional (deltaico), evidenciado por la presencia de mantos de carbón (SGC, 1973)

Esta unidad se encuentra suprayaciendo a la formación Barco (ver Figura 5.2 y Figura 5.3), hacia el norte del área de influencia, viéndose afectado por el mismo sistema de fallas Pamplona-Chitagá.

- **Depósitos Recientes**

En el área de estudio se observan depósitos sedimentarios recientes que cubren discordantemente a las rocas cretácicas principalmente (Figura 5.3). Dentro de estos depósitos se pueden diferenciar: los coluviales y derrubios asociados a fallas los cuales fueron agrupados como una sola unidad (Qc), estos son producto de la erosión presentando una morfología ondulada contrastando con las áreas montañosas y se componen por sedimentos tamaño bloque a arcilla de diferente composición, los depósitos aluviales (Qal) a lo largo de los valles de los ríos y quebradas, siendo los más evidentes los del río Pamplonita compuestos por bloques, gravas y arenas.

**Figura 5.3 Columna estratigráfica generalizada de la cuenca de la Cordillera Oriental**



Fuente: (ANH, 2012)

### 5.1.1.2.3 Geología Estructural

La tectónica del área de trabajo se encuentra afectada por la interacción de las placas tectónicas Nazca, Caribe y Suramérica. En esta zona se encuentran fallas inversas de cabalgamiento de dirección predominante N- S. El cabalgamiento se caracteriza por ser en bloques y pliegues en dirección NNE-SSW (SGC, 1973).

El área de influencia, ubicada en el departamento del Norte de Santander, corresponde a la provincia tectonoestratigráfica de dicho departamento, considerada subprovincia geológica de la cordillera oriental, y donde se encuentran rocas sedimentarias de edades desde el Jurásico hasta el Terciario-Paleoceno. En el borde este de dicho macizo predominan estructuras que en el tramo de vía continua hasta Cúcuta, pasando por los

municipios de Málaga y Pamplona y ocupa la mayor parte del área de trabajo.

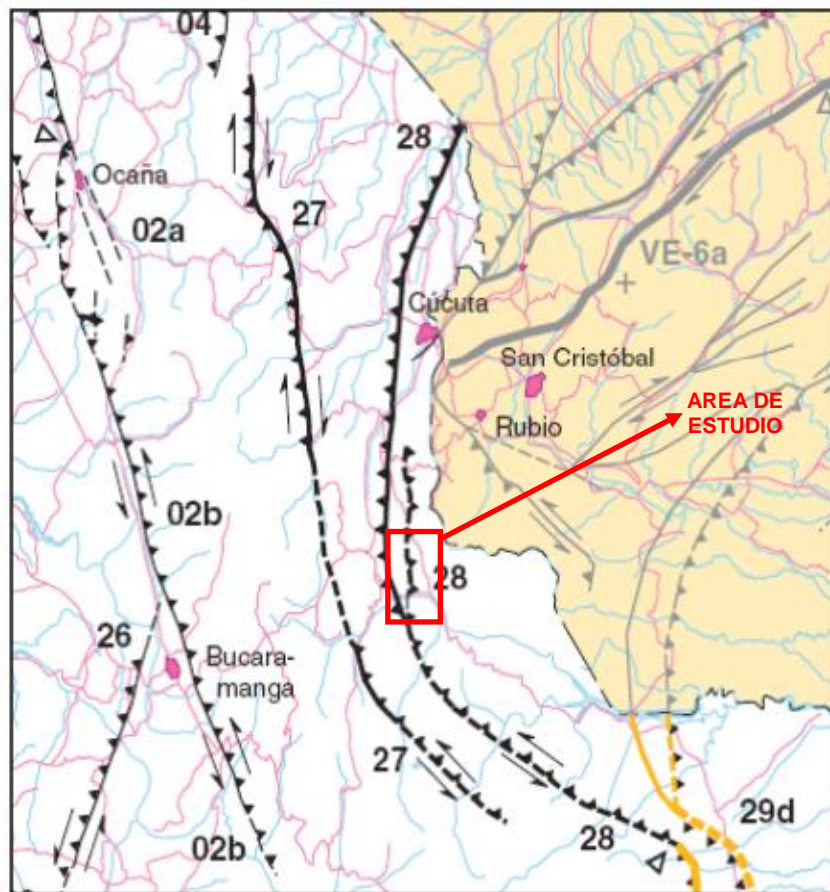
Las estructuras geológicas primarias son producto del sistema de fallas Pamplona - Chitagá y fallas satélites paralelas. Las estructuras geológicas secundarias corresponden a diaclasas por esfuerzos tectónicos y de descompresión que están dispuestos paralelamente a la topografía (CORSORCIO SAN SIMON, 2008).

A continuación se describe el principal sistema de fallas que afecta la zona

- Sistema de fallas Pamplona-Chitagá

Dicho sistema se extiende de forma paralela a la falla de Morronegro en cercanías a los municipios de Bochalema y Don Juana (Figura 5.4). En el área de estudio, pone en contacto rocas del Cretáceo y Terciario al oeste. Esta falla podría ser una extensión de la falla de Boconó en Venezuela. Su sentido de movimiento es sinistral (izquierda-lateral) y el trazo es marcado por escarpes prominentes continuos, cambios abruptos en la pendiente en ambos lados de la falla y alineación de cuchillas.

**Figura 5.4 Sistema Regional de fallas Pamplona-Chitagá (28)**



Fuente: Modificado del (SGC, 2011)

Es el sistema de fallas más grande y largo del flanco occidental del Macizo en el Norte de

Santander.

Al este y noreste de Pamplona el sinclinal de Pamplonita bordea dicho sistema por el oeste y fallas inversas están incluidas en el patrón altamente complejo de fallas de esta área.

El sistema de fallas Pamplona-Chitagá afecta el macizo rocoso para el tramo vial de la UF2, presentando alto fracturamiento y por ende generando deslizamientos de los materiales no consolidados en las zonas de pendiente alta. Este va en el mismo sentido del buzamiento y enmarca el río Pamplonita, afectando principalmente las unidades Cretácicas y en menor proporción las unidades Jurásicas, Paleozoicas y Terciarias, pues afloran en menor magnitud (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**).

Una de las estructuras del sistema, intersecta el corredor hacia el PR75 y otra discurre paralela y adyacente sobre el río Pamplonita a partir del PR76 hasta el final de la UF2 (falla del río Pamplonita la cual tiene alta incidencia sobre el corredor vial). Ver Figura 5.5 y Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**

- Sinclinal de Pamplonita

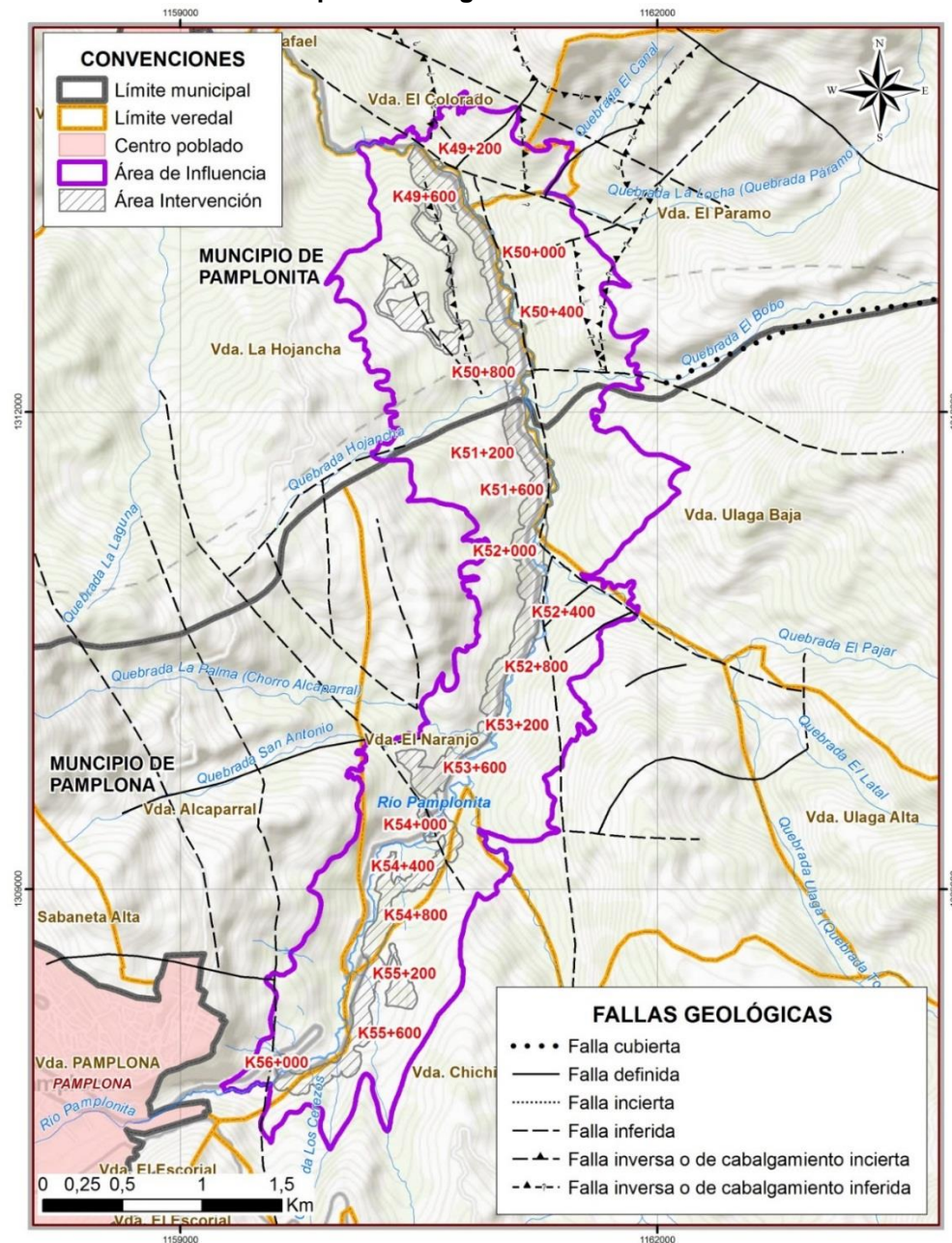
Este sinclinal, en la franja de rocas sedimentarias al oeste del sistema de fallas Pamplona-Chitagá, incluye rocas del Jurásico, Cretácico y Terciario hasta la formación Los Cuervos (Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**). A causa del fallamiento complejo, el eje no está claramente definido, con excepción de las rocas del terciario cerca de Pamplonita. Aunque las formaciones del cretácico están expuestas al este del eje, la mayoría se hallan claramente falladas y la posición de los estratos parecen indicar una estructura sin ninguna relación a la de dicho sinclinal.

La formación Aguardiente aflora a lo largo de gran parte del flanco oriental del área de influencia como un risco prominente con pequeños quiebres debido a fallas transversales en áreas aledañas de Pamplona. Fallas largas de rumbo cortan las secciones de shale negro de las formaciones suprayacentes a la formación La Luna, las cuales se reconocen en los desplazamientos y repeticiones resultantes de la formación La Luna (SGC, 1973).

En general, la geología estructural dentro del área de estudio de la UF2 tiene una orientación de Sur a Norte, al oeste del Río Pamplonita, poniendo en contacto formaciones del jurásico y cretácico con un vergencia al oeste (Figura 5.5).



**Figura 5.5 Sistema de fallas Pamplona-Chitagá sobre el área de influencia de la UF2**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

### 5.1.1.3 Área de Influencia

#### 5.1.1.3.1 Fotointerpretación

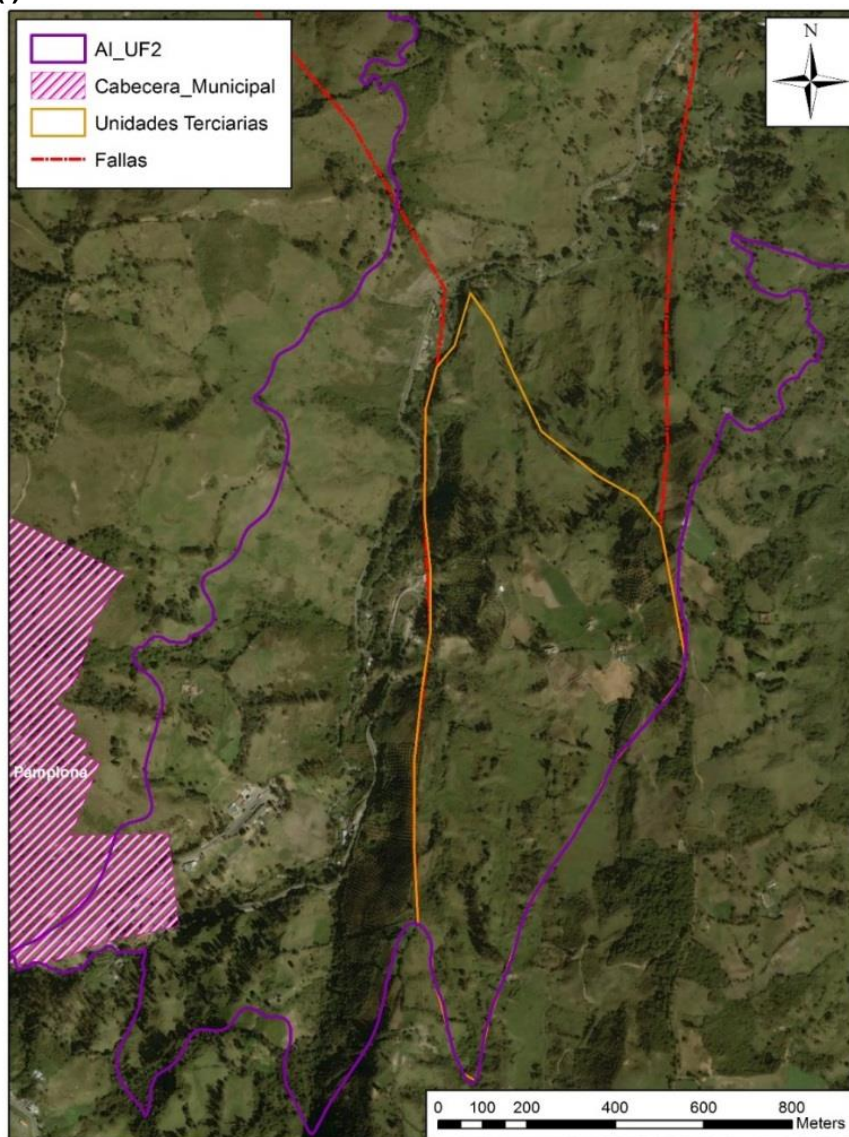
La fotointerpretación se ejecutó para reconocer la configuración geológica del subtramo de la UF2 Pamplona-Cúcuta, para reconocer los contactos, estructuras y depósitos no cartografiados a escala 1:100.000.



La imagen aérea (ortofoto) que se usó fue en formato digital tomada como información base y secundaria, también se usaron algunas imágenes de Google Earth y Basemap de arcGis 10.3, como herramientas que sirvió de apoyo, para la interpretación y luego la corroboración o corrección de esta información con labores de exploración.

En estas imágenes se definieron unidades sedimentarias que luego se cartografiaron con datos de campo, y donde se diferenciaron las unidades cretácicas de las terciarias, estas últimas resaltadas con una línea de color naranja y que es definida por dos fallas, como se puede ver en la Figura 5.6

**Figura 5.6 Estudio fotogeológico del tramo de Pamplona a Cúcuta, sector Pamplona-Pamplonita (I).**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

Hacia el norte del área de estudio, en dirección de Pamplona a Cúcuta, se logró diferenciar la unidad Jurásica y Triásica (Girón y Bocas respectivamente) de las unidades cretácicas como se observa en la Figura 5.7, separando con una línea de color rosa la formación Girón (Jg) y Bocas (Trb) de la formación Aguardiente (Kia).

**Figura 5.7 Estudio fotogeológico del tramo de Pamplona a Cúcuta, sector Pamplona-Pamplonita (II).**

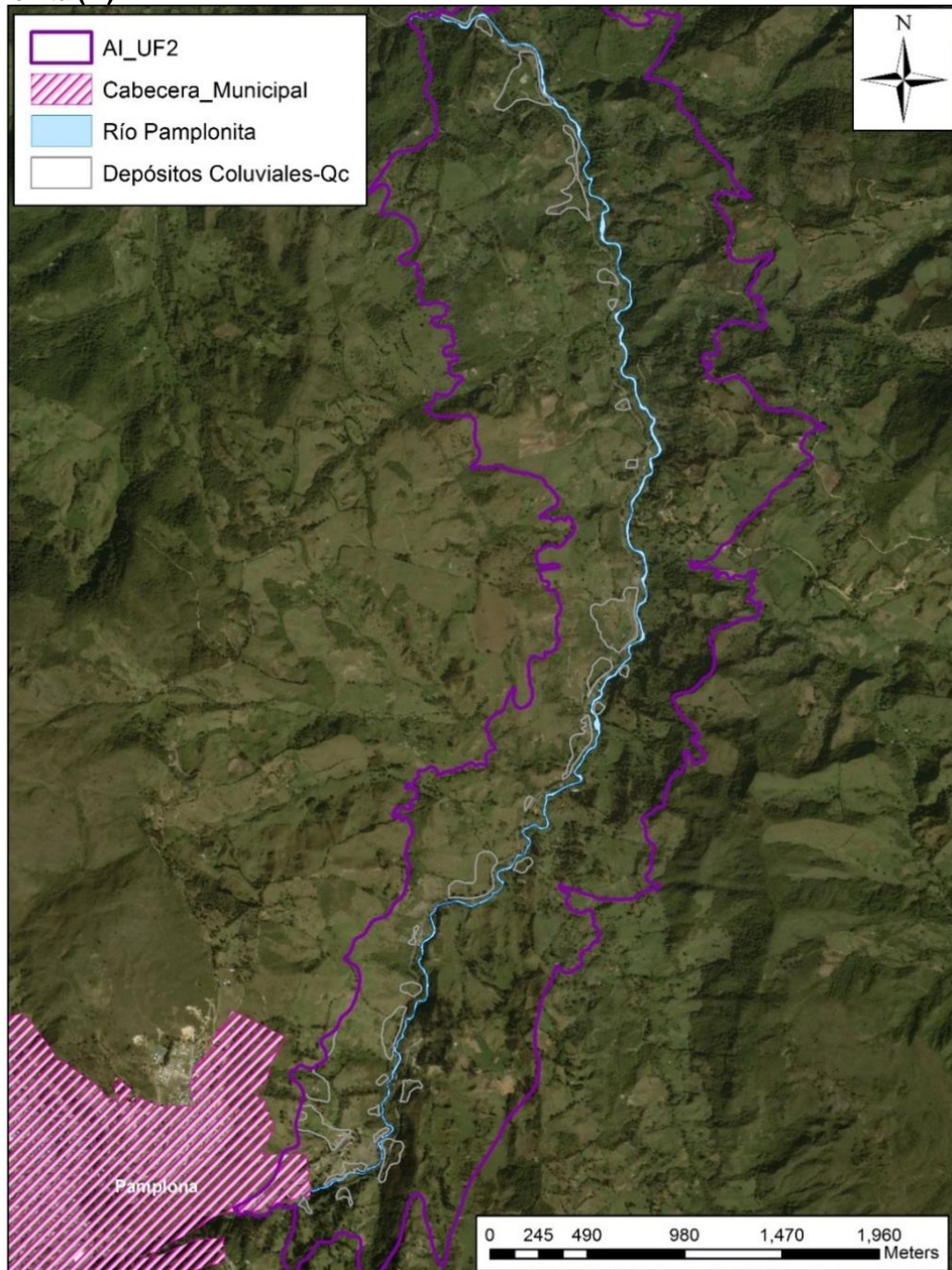


Fuente: Aecom-ConCol. 2017

Se evidenciaron además en las imágenes un gran número de depósitos recientes (coluviones) a lo largo de la vía existente y del río Pamplonita para esta unidad funcional, consecuencia de los procesos de remoción en masa (deslizamientos) presentes en la zona (ver Figura 5.8).



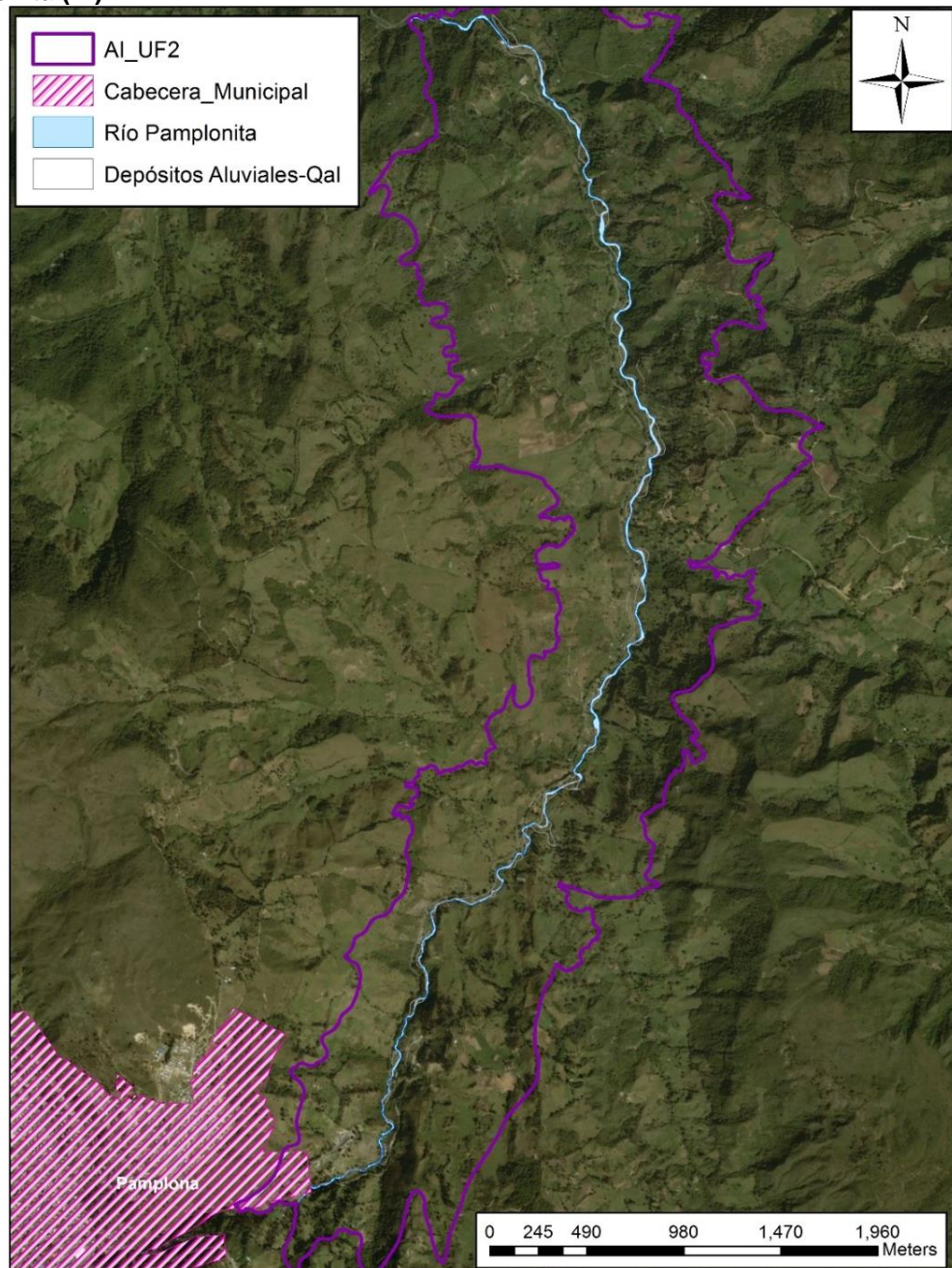
**Figura 5.8 Estudio fotogeológico del tramo de Pamplona a Cúcuta, sector Pamplona-Pamplonita (III).**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

En las diferentes imágenes (fotointerpretación) y en conjunto con las curvas de nivel a detalle del área, se evidenciaron unos depósitos recientes de tipo aluvial originados por el cauce del río Pamplonita y zonas aledañas (Figura 5.9)

**Figura 5.9 Estudio fotogeológico del tramo de Pamplona a Cúcuta, sector Pamplona-Pamplonita (IV).**

















Fuente: Aecom-ConCol. 2017

#### 5.1.1.3.2 Unidades Geológicas

Las unidades geológicas que afloran dentro del área de influencia, encontradas en campo se describen a continuación y se muestran en la Tabla 5.2 (ver Plano PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG del Anexo 1. Cartografía)



**Tabla 5.2 Unidades litológicas dentro del área de influencia de la UF2**

EDAD				SÍMB.	UNIDAD GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
EÓN	ERA	PERIODO	ÉPOCA			
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	 <b>Qant</b>	Depósitos Antrópicos	Se trata de depósitos mayoritariamente arcillo-limosos con algunas gravas y bloques de roca de composición variable (procedentes de la construcción de la vía) sobre suelos residuales que se sitúan a ambos lados de la vía existente. Sus espesores máximos reconocidos son del orden de 5 a 10 m.
				 <b>Qal</b>	Depósitos aluviales	Corresponde a material heterométrico, inconsolidado del lecho del río Pamplonita con delgados espesores de material granular arrastrado por la corriente
				 <b>Qc</b>	Depósitos coluviales	Depósitos producto de desprendimientos del terreno asociados al sistema complejo de fallas de la zona, en un relieve de montañas. Materiales sueltos de composición variable, de acuerdo al material parental; Depósitos de ladera de espesor variable, angulares, que incluye depósitos de talud, y depósitos de derrumbe. Característica general de plasticidad media, con gran cantidad de arenas y gravas, arenas arcillosas y mezcla de finos
		Pleistoceno		 <b>Qt</b>	Depósitos de Terraza	Sedimentos restringidos a zonas aledañas del río Pamplona, conformado por bloques, gravas, arenas y arcillas (heterométrico), muy consolidado, depositados formando diferentes espesores en periodos actuales
				 <b>Qft</b>	Depósitos Fluvio-torrenciales	Depósitos de gravas, cantos y bloques en matriz limo arcillosa, matriz soportados, de mediana a pobremente consolidado
				 <b>Qcd</b>	Depósitos Cono de Deyección	Mezcla de gravas, cantos y bloques decimétricos o métricos en matriz de fracción fina, matriz soportado. Posible presencia de nivel freático de carácter estacional.
	MESOZOICO	TERCIARIO	Paleoceno	 <b>Tpic</b>	Formación Los Cuervos	Limolita y lutita de color gris oscuro, carbonáceas, con capas de arenisca clara, de grano fino, arcillosa y generalmente con mantos de carbón en la parte inferior
				 <b>Tpb</b>	Formación Barco	Areniscas Cuarzosas de color blanco, micáceas, grises y amarillentas a blancas, de grano fino a medio, intercaladas con capas delgadas de lodolitas grises claras a oscuras
		CRETÁCICO	Superior	 <b>Kscm</b>	Formación Colon-Mito Juan	Campaniano-Maastrichtiano. Lutitas gris oscuro a verdoso fragmentadas, con capas de limolitas con meteorización moderada
				 <b>K2l</b>	Formación la Luna	Turoniano-Santoniano. Capas centimétricas de calizas y lutitas, con moderada meteorización, de color gris oscuro a claro para las calizas; y las lutitas de gris oscuro a negro, con presencia esporádica de nódulos calcáreos y algunas capas delgadas de chert.
			Inferior	 <b>Kic</b>	Formación Capacho	Albiano Superior-Turoniano. Compuesto principalmente de lutitas gris oscuro a negro con intercalaciones de calizas fosilíferas de color gris. El área de esta unidad aflorante en la UF1 se encuentra cubierta en gran mayoría por depósitos coluviales.
				 <b>Kia</b>	Formación Aguardiente	Albiano Inferior y Medio. Arenisca clara y dura (competente) con algunas capas de limolitas, y meteorización baja
		JURÁSICO		 <b>Jg</b>	Formación Jirón	Arenisca conglomerática y conglomero de color gris amarillento a pardo rojizo, masivos y lenticulares, limolita parda rojiza
		TRIÁSICO		 <b>Trb</b>	Formación Bocas	Alternancia de lodolitas de color gris claro a amarillo, areniscas de grano fino a conglomeráticas, amarillentas, con lodolitas calcáreas, gris verdosas, lodolitas grises a gris verdosas, conglomerados gris verdosos con guijos de cuarzo y lodolitas grises, fosilíferas.

Fuente: Aecom-ConCol. 2017.

Se describen a continuación, de la más antigua a la más nueva las unidades geológicas señaladas en la Tabla 5.2 y se caracteriza la geología (unidades litológicas, estructuras, etc) en el AI de la UF2. La información presentada obedece a observaciones de campo, con apoyo del trabajo integral del corredor vial y diseños de la Vía:



- Formación Bocas (Trb)-Triásico

Esta unidad se encuentra aflorando en parte del extremo Nororiental del área de Influencia (AI) de la UF2, ubicándose fuera del área de intervención de la misma unidad funcional (ver Plano PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG del Anexo 1. Cartografía), generando una morfología abrupta de alta montaña. La unidad sigue paralela al sistema de fallas de Pamplona-Chitagá, presentándose fracturada y en contacto fallado con la formación Girón (Jg) del Jurásico. Está compuesta en su mayoría por alternancia de lodolitas de color gris claro a gris verdosa calcáreas, y areniscas de grano fino y conglomeráticas amarillentas.

- Formación Girón (Jg)-Jurásico

Esta unidad se encuentra aflorando hacia el extremo nororiente del área de Influencia (AI) de la UF2, ubicándose fuera del área de intervención de la misma unidad funcional (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**), generando una morfología abrupta de alta montaña. La unidad sigue paralela al sistema de fallas de Pamplona-Chitagá y está altamente fracturada (tal y como se observa en la **Fotografía 5.1 A) y B)**.

**Fotografía 5-1 Afloramiento de la formación Girón, areniscas conglomeráticas cuarzosas de color pardo rojizo, ubicado en el extremo nororiental del AI de la UF2, con coordenadas X 1.161.387, Y 1.313.827. A y B) Afloramiento altamente fracturado. C) Muestra de mano de roca conglomeráticas de color pardo rojizo**



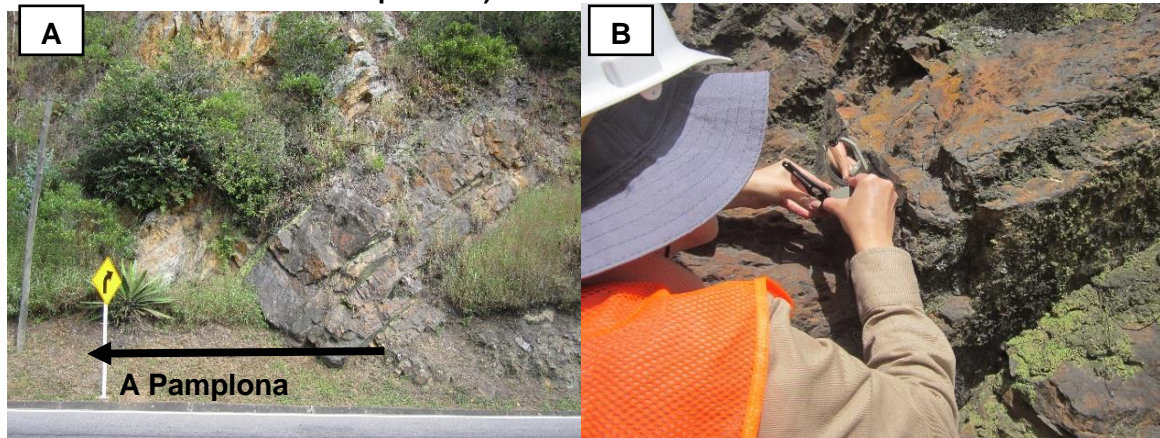
Fuente: Aecom-ConCol. 2017

La formación Girón están compuesta en su mayor parte por conglomerados matriz-soportados, siendo la matriz de arenita de cuarzo (con proporciones menores de plagioclasa y líticos) media, bien seleccionada, subredondeada; el armazón está compuesto por guijos y cantos subredondeados de arenita de cuarzo fino, con buena selección, subangular, de color violeta y en proporciones menores, guijos y cantos subredondeados de rocas ígneas y cuarzo lechoso (ver **Fotografía 5.1 C**).

- Formación Aguardiente (Kia)-Cretácico Inferior

Esta unidad aflora hacia la zona centro oriental del área de influencia, sin atravesar el área de intervención. En el sector sur y oriental del área de influencia de la UF2, se observó un afloramiento de la unidad Aguardiente (Fotografía 5-2 sector Sur del AI y Fotografía 5-3 Oriente del AI), con intercalaciones de arenisca de grano fino a grueso, lodolitas con material orgánico a limolita, con estratificación inclinada y con un cambio del buzamiento más adelante en dirección Pamplona a Cúcuta, con meteorización incipiente. A lo largo de toda la unidad geológica dentro del área de influencia, esta se encuentra cubierta por depósitos recientes (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**), (una de estas evidencias se muestra en la **Fotografía 5-2**). La meteorización es alta para las lodolitas y limolitas, y media para las capas mas competentes (areniscas).

**Fotografía 5-2 Afloramiento de la Formación Aguardiente donde se evidencian capas de lodolitas y areniscas con material orgánico y estratificación inclinada, altamente meteorizado, sobre el eje de vía actual, con coordenadas X 1.159.287, Y 1.307.775. A) Afloramiento con vista en dirección de Cúcuta a Pamplona. B) Estratificación inclinada**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017



**Fotografía 5-3 Afloramiento de la formación Aguardiente donde se evidencian capas de lodolitas y areniscas con estratificación inclinada, ligeramente meteorizado, cerca al contacto con la formación Girón, con coordenadas X 1.161.078, Y 1.313.409.**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

En esta unidad, el encargado del estudio de estructuración realizó tres (3) sondeos; en el cual se caracterizó la unidad con una litología de lutitas y areniscas altamente fracturadas (Consorcio Estructurador Vial (Cev), 2014).

- Formación Capacho (Kic)-Cretácico Inferior

Esta unidad aflora hacia el suroccidente y centro del área de influencia de la UF2, atravesando la vía proyectada desde la abscisa K56+800 hasta la abscisa K55+700, y desde la K51+500 hasta la K49+600 aproximadamente en dirección de Pamplona a Cúcuta. (Ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**), observándose afloramientos principalmente de lutitas con intercalaciones de calizas fosilíferas de color gris y altamente meteorizada (Fotografía 5-4), encontrándose cubierta en gran parte por depósitos coluviales (ver **Anexo 1. Cartografía**)

**Fotografía 5-4 pequeño afloramiento de la formación Capacho compuesto de calizas fosilíferas y lutitas de color gris, ubicado en las coordenadas X 1.159.778 Y 1.308.186**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

- Formación La Luna (Ksl)-Cretácico Superior

Se encuentra aflorando en la parte central del área de influencia, atravesando la vía proyectada desde la abscisa K55+700 hasta la abscisa K54+700 aproximadamente; y más adelante en dirección de Pamplona a Cúcuta desde la abscisa K52+500 hasta la abscisa K51+600 aproximadamente. En los tramos anteriormente mencionados, aflora la unidad cretácica La Luna con capas de calizas y lutitas, meteorizada y estratificación delgada, de color gris oscuro a claro para las calizas y las lutitas de gris oscuro a negro, para este sector con algunos nódulos calcáreos.

Para esta unidad geológica, el (Consorcio Estructurador Vial (Cev), 2014) realizó un (1) sondeo, con característica litológica general de lutitas fracturadas, arenisca, calizas y lodolitas calcáreas grises tableadas y altamente meteorizadas (**Anexo 5.1.1 Geología\_Geomorfología, A. Registros de Perforación**).

**Fotografía 5-5 Afloramiento de la formación La Luna con estratificación delgada y altamente meteorizado, compuesto de lutitas, lodolitas calcáreas grises y calizas, ubicado en las coordenadas X 1.160.218, Y 1.308.542**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

**Fotografía 5-6 Afloramiento de la formación La Luna con estratificación delgada, meteorizado, compuesto de lutitas, lodolitas calcáreas grises y calizas, ubicado en las coordenadas X 1.160.149, Y 1.308.929.**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017



**Fotografía 5-7 Afloramiento de la formación La Luna altamente meteorizado, compuesto de lutitas, lodolitas calcáreas grises y calizas, ubicado en las coordenadas X 1.161.239, Y 1.311.370**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

- Formación Colón-Mito Juan (Kscm)-Cretácico Superior

Se encuentra aflorando en el centro occidente del área de influencia de la UF2, atravesando el eje de vía proyectado (diseño actual) desde la abscisa k54+700 hasta la abscisa k52+600 aproximadamente (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**). En la parte del tramo vial proyectado de la UF2 se encontraron varios afloramientos de la unidad cretácica Colón-Mito Juan. Uno de ellos (al cual se pudo medir datos de rumbo y buzamiento) se observó compuesto de lutitas gris oscuro a verdoso, con capas de limos, de meteorización moderada (ver Fotografía 5-8). El (Consortio Estructurador Vial (Cev), 2014) hizo un (1) sondeo sobre esta unidad geológica aledaño a la vía actual (hacia el PR+72), y otro entre las abscisas K53+800 y K53+700 aproximadamente del eje de vía proyectado, con características litológicas en su mayoría de lutitas fragmentadas (**Anexo 5.1.1 Geología\_Geomorfología A. Registros de Perforación**).

**Fotografía 5-8 Afloramiento de la unidad geológica Colón-Mito Juan, observándose un pequeño pliegue local, ubicado en las coordenadas: X 1.160.856, Y 1.309.875, compuesto de limolitas y lutitas gris oscuro a pardo**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017



- Formación Barco (E1b)-Paleoceno Inferior-Medio

Aflora en la zona sur oriental del área de influencia entre dos fallas que hacen parte del sistema de fallas Pamplona-Chitagá, y hacia la parte noroccidental de la misma, sin atravesar el eje de vía proyectado (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**). Hacia esta zona se encuentra compuesta de arenisca de grano fino de color amarillento con intercalaciones de lodolita. Debido a su alta meteorización y la falta de presencia de afloramientos característicos de esta unidad geológica, no se pudo realizar toma de datos estructurales.

- Formación Los Cuervos (E1lc)-Paleoceno Superior

Esta unidad Terciaria, se logró evidenciar en una pequeña área hacia el extremo noroccidente de la UF2, suprayaciendo a la formación Barco en cercanías a la vía proyectada (diseño actual), compuesta de areniscas de grano fino de color blanco amarillento con óxidos de hierros, capas de material carbonoso, limos de color gris oscuro, altamente meteorizado.

- Depósitos Recientes

- *Depósitos Coluviales (Qc)*

Depósitos de ladera de dimensiones variables asociados a movimientos en masa antiguos y recientes. Estos depósitos se observan en gran proporción sobre las todas las unidades geológicas aflorantes en el área de Influencia de la UF2 (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**), cubriendo además áreas de ambiente denudacional y de alta influencia estructural del sistema de fallas Pamplona-Chitagá. Se componen generalmente de fragmentos de rocas angulares a subangulares que incluyen depósitos de talud y depósitos de deslizamientos.

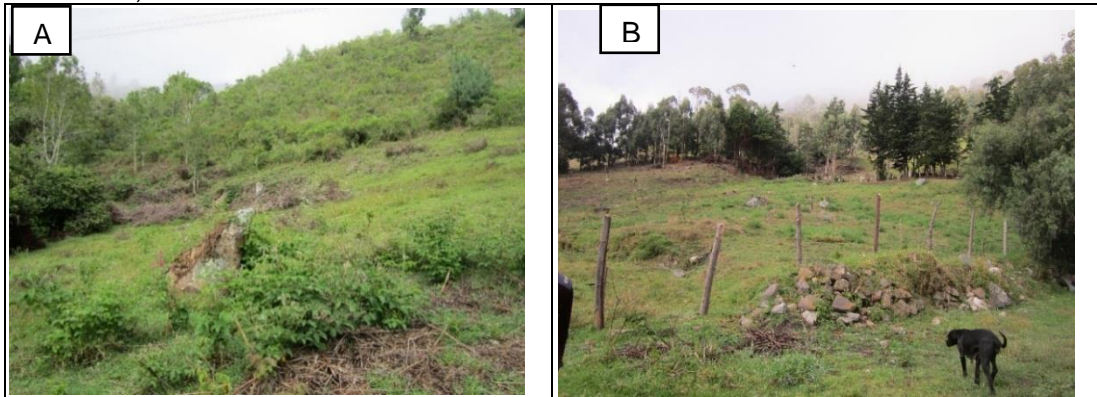
El encargado del diseño de estructuración vial realizó un (1) sondeo sobre esta unidad geológica, en cercanías de la vía existente (PR-74) con una profundidad de 21m consiguiendo gravas y bolos con algo de arenas y finos, suprayaciendo a este se encontraron lutitas meteorizadas (Consorcio Estructurador Vial (Cev), 2014) (**Anexo 5.1.1 Geología\_Geomorfología A. Registros de Perforación**)

A continuación se relacionan algunos de los depósitos recientes (coluviones) identificados en campo y otros que han requerido manejo geotécnico, sobre la vía actual y en alrededores de ella (atravesando la vía proyectada).

- ✓ Ubicado sobre la unidad geológica Coló-Mito Juan, hacia la parte media del área de influencia de la UF2

Se identifica depósito de ladera con una matriz en su mayoría arcillosa, de color pardo a gris, bloques matriz soportados, de diámetro variable 40-100 cm, subangulares, compuesto de areniscas y calizas, moderadamente meteorizadas (**Fotografía 5-9**)

Fotografía 5-9 Depósito Coluvial aledaño al eje de vía proyectado. Coordenadas: X 1.159.590, Y 1.308.410.

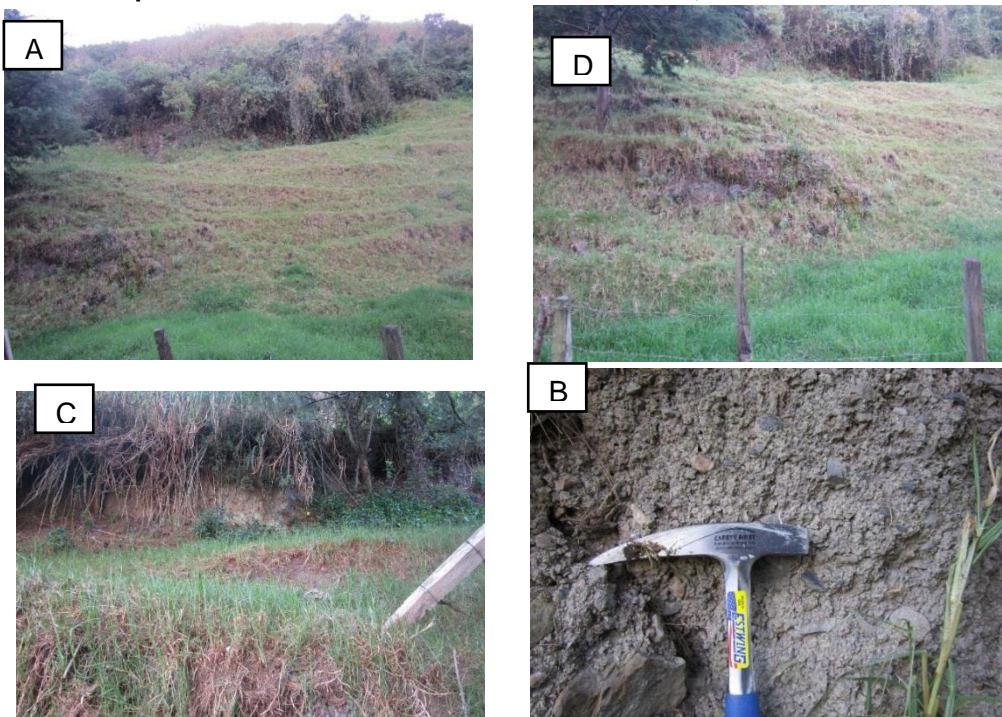


Fuente: Aecom-ConCol. 2017

- ✓ Ubicado sobre la unidad geológica La Luna, atravesando la vía proyectada (De la abscisa K55+600 a la abscisa K55+500 aproximadamente)

Se identifica depósito de ladera con una matriz en su mayoría arcillo limosa, de color pardo a gris, clastos de diámetro promedio 2-6 cm, angulares, compuesto de lutitas y limolitas, altamente meteorizadas matriz soportados. Como se puede ver en la Fotografía 5-10 A, este depósito es el resultado de movimientos en masa tipo reptación en la ladera.

**Fotografía 5-10 Depósito Coluvial atravesando al eje de vía proyectado. Abscisa K55+700-K55+500 aproximadamente. Coordenadas: X 1.160.017, Y 1.307.946**



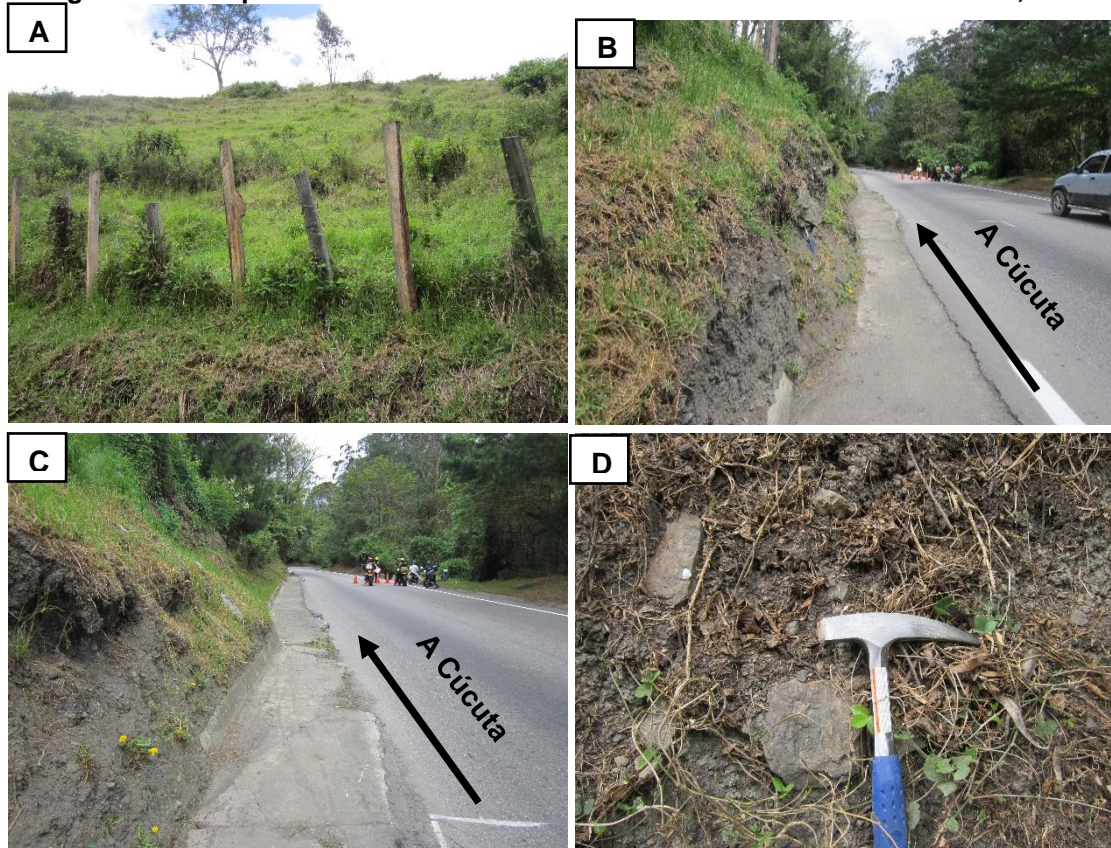


Fuente: Aecom-ConCol. 2017

✓ Ubicado sobre la unidad geológica Capacho, sobre la vía actual

Se identifica depósito de ladera con una matriz en su mayoría limo arcilloso, de color gris, con clastos de diámetro promedio 5-15 cm, subangulares, compuesto de limolitas y areniscas, altamente meteorizadas matriz soportada. Como se puede ver en la Fotografía 5-11 D). Este depósito es el resultado de un gran deslizamiento activo a lo largo del talud, a causa del desconfinamiento generado por el corte de la vía existente, presencia de agua y por las características del material que conforman el talud, que en este caso es en su mayoría material fino (limo arcilloso).

**Fotografía 5-11 Depósito Coluvial sobre la vía actual. Coordenadas: X 1.160.062, Y 1.308.642**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

✓ Ubicado sobre la unidad geológica Colón-Mito Juan, sobre la vía actual

Se identifica depósito de ladera con una matriz en su mayoría limo arcilloso, de color gris, con clastos de diámetro muy variable, subangulares, compuesto de limolitas y areniscas, matriz soportada y altamente meteorizadas. Como se puede ver en la Fotografía 5-12 este depósito es el resultado de un gran deslizamiento activo a lo largo del talud, a causa del desconfinamiento generado por el corte de la vía existente, presencia de agua y por las características del material que conforman el talud, que en este caso es en su mayoría material fino (limo arcilloso).



**Fotografía 5-12 Depósito Coluvial sobre la vía actual. Coordenadas: X 1.160.368, Y 1.309.306.**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

- ✓ Ubicado sobre la unidad geológica Colón-Mito Juan, sobre la vía actual y aledaño a la vía proyectada.

Se identifica depósito coluvio aluvial con una matriz en su mayoría arcillosa, de color pardo a gris, con cantos de diámetro muy variable (clastos desde pocos centímetros hasta bloques de 1,5 m) subredondeados, compuesto de areniscas, limolitas y lutitas, matriz soportados y altamente meteorizados. Como se puede ver en la Fotografía 5-13 este depósito es el resultado de un gran deslizamiento activo a lo largo del talud, a causa del desconfinamiento generado por el corte de la vía existente y por las características del material que conforman el talud, que en este caso es en su mayoría material fino (arcilloso); por ser cantos tan redondeados también el río tuvo acción debido a la socavación, dejando depósitos aluviales que formaron terrazas bajas de acumulación al pie de las laderas (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**).



**Fotografía 5-13 Depósito Coluvio aluvial sobre la vía actual. Coordenadas: X 1.160.984, Y 1.310.108**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

- ✓ Ubicado sobre la unidad geológica La Luna, sobre la vía actual y atravesado por la vía proyectada (Hacia la abscisa k52+200 aproximadamente)

Corresponde a un gran deslizamiento que ha sido estabilizado, ubicado en la vía actual. Se identifica depósito de coluvio aluvial con una matriz en su mayoría arcillosa, de color pardo a gris, con bloques de diámetro de 20-100 cm aproximadamente, subredondeados, compuesto de areniscas y limolitas matriz soportados. Como se puede ver en la Fotografía 5-14 este depósito es el resultado de un gran deslizamiento activo a lo largo del talud, a causa del desconfinamiento generado por el corte de la vía existente y por las características del material que conforman el talud, que en este caso es en su mayoría material fino (matriz arcillosa). Por ser cantos tan redondeados también el río tuvo acción debido a la socavación, dejando depósitos aluviales que formaron terrazas bajas de acumulación al pie de las laderas (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**).



**Fotografía 5-14 Depósito coluvio aluvial sobre la vía actual y atravesado por el eje de vía proyectado. Abscisa K52+500-K52+100 aproximadamente. Coordenadas: X 1.161.233, Y 1.310.815**



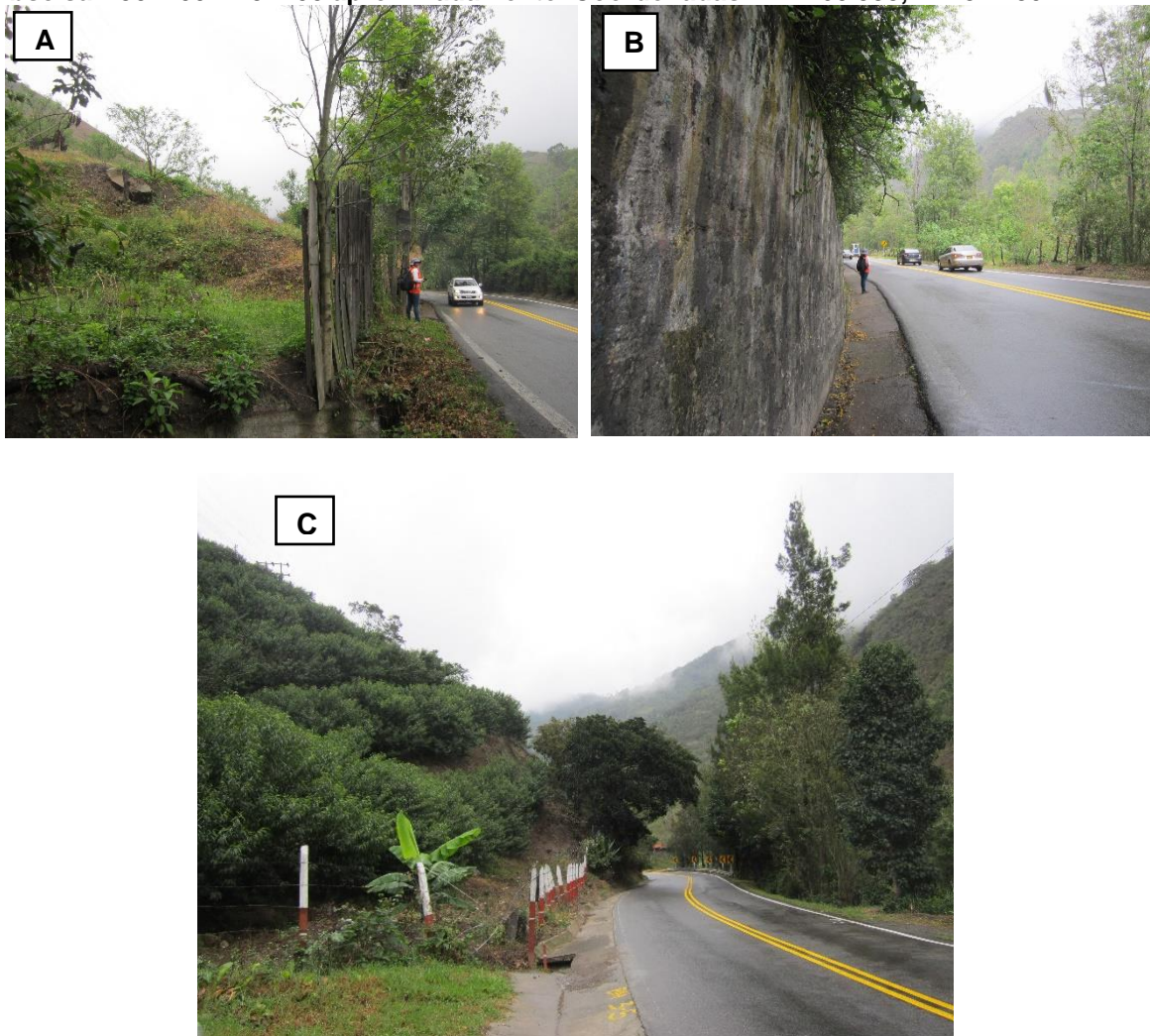
Fuente: Aecom-ConCol. 2017

- ✓ Ubicado sobre la unidad geológica Capacho, sobre la vía actual y atravesado por el eje de vía proyectada (Hacia la abscisa k50+100 aproximadamente)

Este depósito es producto de varios deslizamientos. Al inicio del coluvión en dirección de Pamplona hacia Cúcuta se presenta un deslizamiento grande que no se encuentra estabilizado (Fotografía 5-15 A). Más adelante dicho coluvión si se encuentra estabilizado en la vía actual (ver Fotografía 5-15 B) y siguiendo, en dirección de Pamplona a Cúcuta (hacia la abscisa k49+880) se presenta otro deslizamiento de menor magnitud sin estabilizar (ver Fotografía 5-15 C).

Se identifica como depósito de ladera con una matriz en su mayoría arcillosa, de color pardo a gris, con bloques de diámetro variable, subangulares, compuesto limolitas en su mayoría. Este depósito es el resultado de varios deslizamientos activos a lo largo del talud, a causa del desconfinamiento generado por el corte de la vía existente y por las características del material que conforman el talud, que en este caso es en su mayoría material fino (matriz arcillosa).

**Fotografía 5-15 Depósito Coluvial sobre la vía actual, atravesado por el eje de vía proyectada. Abscisa K50+200-K49+700 aproximadamente. Coordenadas: X 1.160.993, Y 1.312.807**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

- ✓ Ubicado sobre la unidad geológica Capacho, sobre la vía actual y atravesado por el eje de vía proyectada (Hacia la abscisa K49+300 aproximadamente)

Se identifica depósito de ladera con una matriz en su mayoría arcillosa, de color pardo a gris, con clastos decimétricos, subangulares compuesto de areniscas y calizas, matriz soportados. Como se puede ver en la Fotografía 5-16 este depósito es el resultado de un pequeño deslizamiento activo a lo largo del talud, a causa del desconfinamiento generado por el corte de la vía existente y por las características del material que conforman el talud, que en este caso es en su mayoría material fino (matriz arcillosa).



**Fotografía 5-16 Depósito Coluvial sobre vía actual, atravesado por eje de vía UF2 Abscisa K49+600-K49+300 aproximadamente. Coordenadas: X 1.160.741, Y 1.313.352**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

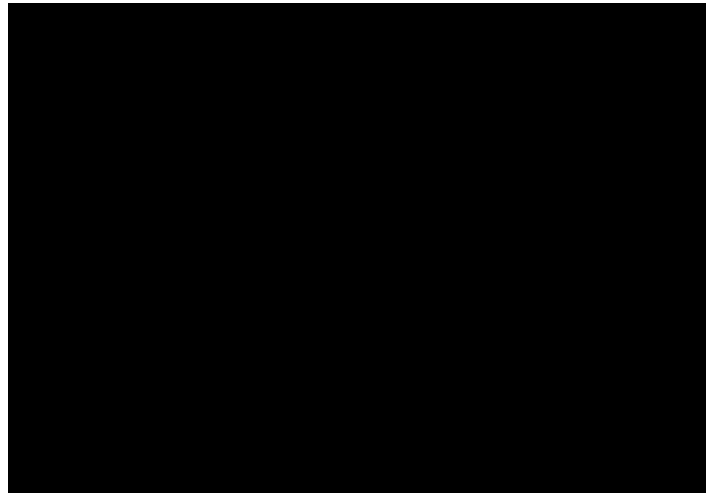
- *Depósitos Aluviales (Qal)*

Materiales depositados a ambas márgenes del río Pamplonita (Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**) con morfología suave, de cantos y guijos redondeados a subredondeados (Fotografía 5-17).

Para este tipo de depósito, el encargado del estudio de estructuración vial realizó un (1) sondeo, en la margen derecha del río Pamplonita (ver **Anexo 5.1.1 Geología \_Geomorfología A. Registros de Perforación**), con espesor de 21 m y en el cual el depósito se caracterizó como suelo fino de consistencia dura con algo de gravas, según los ensayos de campo y de laboratorio, se trató de un suelo granular de compactación compacto. Este depósito se caracterizó con una litología de gravas con bolos redondeados heterométricos, con arenas, arenas arcillosas limosas y gravas en finos arenosos (Consorcio Estructurador Vial (Cev), 2014).



**Fotografía 5-17 Depósito aluvial en la margen del río Pamplonita. Coordenadas: X 1.160.645, Y 1.313.497**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

- *Llenos Antrópicos (QII)*

Son materiales de composición heterométrica y dimensiones variables, dispuestos a media ladera, en terrenos de fuertes pendientes (25-50% hasta >75%), algunos de los cuales han evidenciado movimientos e inestabilidad geotécnica, por lo que han requerido intervención e implementación de obras de control y estabilidad. A continuación se relaciona el relleno presente dentro del área de Influencia de la UF-2, identificado en campo (Fotografía 5-18).

**Fotografía 5-18 Lleno antrópico ubicado dentro del área de influencia de la UF2**



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

### **5.1.1.3.3 Geología estructural local**

Dentro del área influencia de la UF2 se midieron datos estructurales (rumbo y buzamiento) de estratificación y discontinuidades en 9 afloramientos, tal y como se muestran en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Datos estructurales dentro del área de influencia de la UF2

No.	PUNTO GPS	COORDENADAS		DIP (BUZAMIENTO)	DIP DIR (AZIMUT)	RQD (%)	ESPACIAMIENTO ENTRE DISCONTINUIDADES (mm)	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES					AGUA SUBTERRÁNEA	ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES
		X	Y					Persistencia (m)	Apertura (mm)	Rugosidad	Relleno	Alteración		
1	404	1159285	1307781	54	3	90-100	200-600	>20	1-5 (Abierta)	Ligermente rugosa	Duro >5mm	Ligeramente meteorizada	Seco	
2				75	11									
(Estrat) 3				44	84									
4				41	75									
5				87	11									
6	416	1159698	1307842	66	170	90-100	60-200	>20	0,1-1 (Angosta)	Ligermente rugosa	Duro <5mm	Ligeramente meteorizada	Seco	
7				70	172									
8				80	125									
(Estrat) 9				35	10									
(Estrat) 10				33	255									
11	430	1160128	1308406	78	155	< 25	60-200	>20	1-5 (Abierta)	Ligermente rugosa	Blando <5mm	Altamente meteorizada	Seco	Favorable
12				65	72									Desfavorable
(Estrat) 13	483	1161168	1311045	64	280	< 25	< 60	>20	0,1-1 (Angosta)	Ligermente rugosa	Blando <5mm	Moderadamente meteorizada	Seco	Favorable
14				68	210									Favorable
15				52	239									Desfavorable
(Estrat) 16	232	1161079	1313403	33	312	< 25						Altamente meteorizada	Seco	
Estratificación	1	1161125.93	1313404.14	36	340									
Estratificación	2	1161507.93	1311977.34	41	355									
Estratificación	3	1161862.62	1311508.99	14	40									
Estratificación	4	1161695.46	1311381.91	19	5									

Fuente: Aecom-ConCol. 2017

De acuerdo con la tabla anterior, los puntos 404 (4, 2 y 1) y 232 fueron medidos sobre la formación Aguardiente con estratificación inclinada de 30 a 44° NE aproximadamente, de alta calidad (RQD) y ligeramente meteorizado y seco (sin presencia de agua). Dentro del afloramiento 404 se encontraron 4 familias de discontinuidades con características de buzamiento y condiciones mostradas en la Tabla 5.3

Los puntos 416 y 430 fue medido sobre capas de la formación Capacho, con un buzamiento de 35° NE y 33° SW respectivamente, ligeramente meteorizado y seco. Sobre estos se encontraron 2 y 3 familias de discontinuidades con características de buzamiento y condiciones mostradas en la Tabla 5.3, de muy baja calidad y fracturados.

El 483 fue medido sobre afloramiento de la formación La Luna con estratificación bastante inclinada, con capas altamente inclinadas buzando 64° NW, inclinación favorable a la excavación, con dos familias de discontinuidades espaciadas entre ellas menos de 60 mm, afloramiento de mala calidad y moderadamente meteorizado, consecuencia del sistema de fallas Pamplona-Chitagá (Tabla 5.3).

El punto 3 fue medido en afloramiento de la Formación Bocas con estratificación poco inclinada, 14° NW

#### **5.1.1.3.4 Descripción geológica por zonas homogéneas**

En dirección de Cúcuta a Pamplona se definieron las siguientes zonas homogéneas:

- Tramo del K49+050 al K51+500

Los materiales a intervenir corresponden a alternancia de calizas y lutitas de la formación Capacho (Kic), con presencia de suelos residuales arcilloarenosos con gravas y/o macizo completamente meteorizado con gravas angulosas frágiles infrayacidadas por lutitas y areniscas y a depósitos coluviales que han tenido lugar a partir de deslizamientos en la ladera, no consolidados, matriz soportados y de muy baja compactación (Tramos K49+140 a K49+800, K50+000 a K50+220, K50+300 a K50+500, K50+860 a K51+100, K51+200 a K51+500); También se presentan depósitos antrópicos conformados por gravas y cantos en matriz arcillolimsa (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía y Perfiles geológicos ilustrativos**).

- Tramo del K51+500 al K52+400

Los materiales por intervenir son macizos rocosos sedimentarios de estratificación centimétrica muy diaclasado, y suelos residuales de la formación La luna (Ksl) y de depósitos cuaternarios de tipo coluvial (Qc). Los materiales a intervenir con cortes y rellenos de la vía en la formación La Luna (Ksl) corresponden a rocas meteorizadas de tipo calizas fosilíferas y lutitas, y suelos residuales arcilloarenosos con gravas angulosas frágiles infrayacidadas por lutitas. Los materiales que conforman los depósitos coluviales (Qc) corresponden a suelos heterogéneos no consolidados y de muy baja compactación, conformados por lo general por gravas embebidas en matriz arcillosa, ocasionalmente con cantos, bloques variables contenidos de arena y limo; éstos se encuentran en los tramos K51+600 a K51+700, K51+800 a K51+900, K52+200 a K52+400) (ver Plano

**PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG del Anexo 1. Cartografía y Anexo 5.1.1 Geología\_Geomorfología B. Perfiles geológicos ilustrativos).**

- Tramo del K52+400 al K54+700

Entre el K52+400 y el K54+700 el corredor vial continúa paralelo al río Pamplonita interviniendo zonas con limolitas y lutitas de la formación Colón-Mito Juan (Kscm), dispuestos con estratificación inclinada y muy meteorizados, con desarrollo de suelos residuales granulares y cohesivos; y depósitos coluviales que han tenido lugar a partir de deslizamientos en la ladera, no consolidados, matrizsoportados y de muy baja compactación (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG del Anexo 1. Cartografía y Anexo 5.1.1 Geología\_Geomorfología B. Perfiles geológicos ilustrativos).**

- Tramo del K54+700 al K55+700

Entre el K54+700 y el K55+700 el corredor vial continúa paralelo al río Pamplonita por su vertiente oriental. En este sector la doble calzada intervendrá una ladera montañosa con macizo rocoso sedimentario de estratificación centimétrica muy diaclasado, y suelos residuales de la formación La luna (Ksl); además de depósitos aluviales adyacentes al río Pamplonita.

Los materiales de la formación La Luna (Ksl) a intervenir con cortes y rellenos de la vía corresponden a capas delgadas de calizas y lutitas, y suelos residuales arcilloarenosos con gravas. Los materiales que conforman los depósitos aluviales (Qal) corresponden a suelos granulares conformados por cantos, bloques, gravas y arenas. (ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG del Anexo 1. Cartografía y Anexo 5.1.1 Geología\_Geomorfología B. Perfiles geológicos ilustrativos).**

- Tramo del K55+700 al K56+900

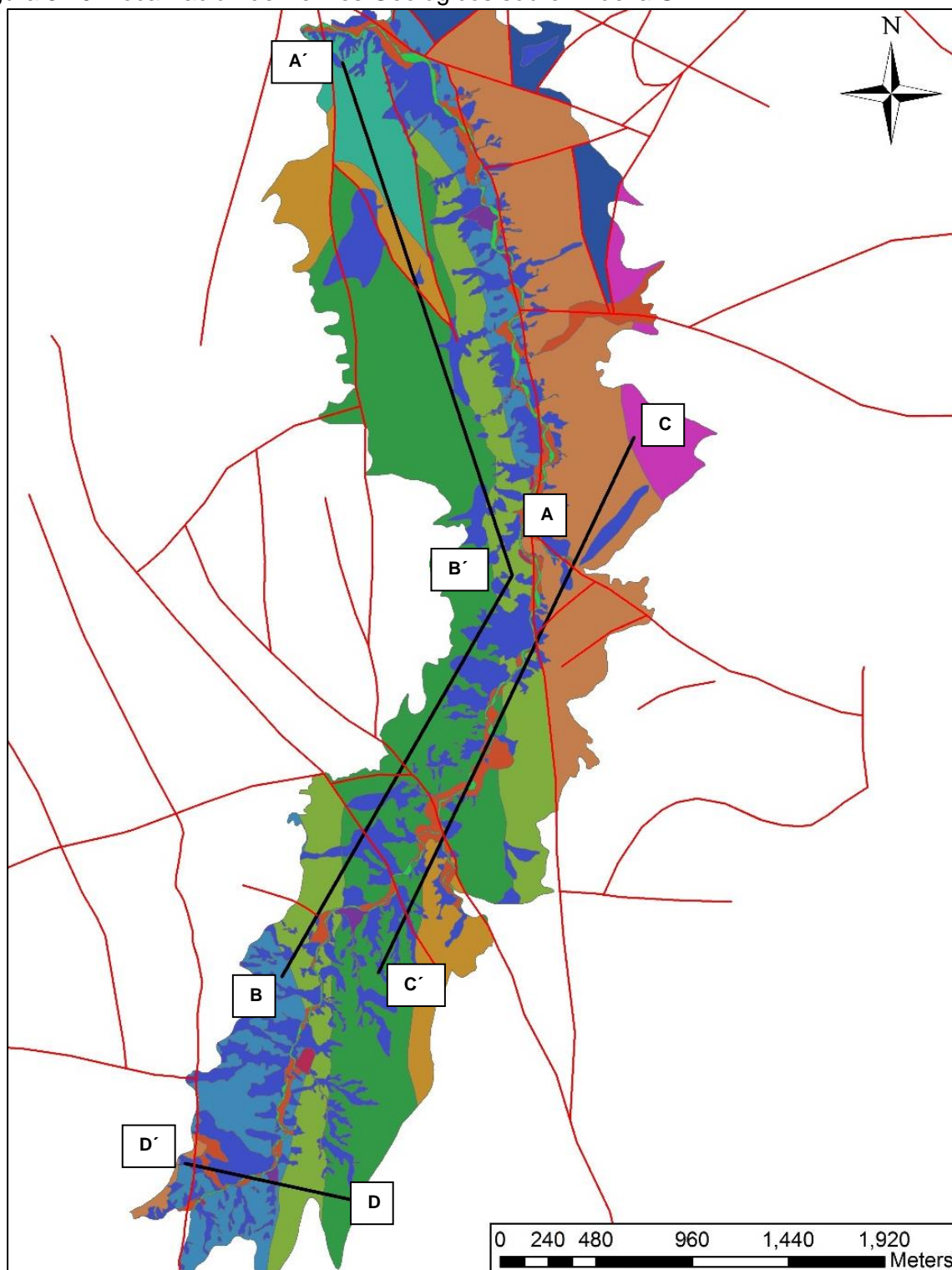
En este tramo el corredor continúa en sentido hacia el suroccidente por una zona de topografía ondulada. Los materiales a intervenir corresponden a calizas gris masivas con lutitas gris oscuro a negra de la formación Capacho (Kic) en las que se han desarrollado suelos residuales arcillosos que en presencia de humedad son propensos a deslizamientos de tipo rotacional y reptación. (Ver Plano **PAPM\_007\_EIA\_MA\_GR\_001\_SIG del Anexo 1. Cartografía y Anexo 5.1.1 Geología\_Geomorfología B. Perfiles geológicos ilustrativos).**

#### **5.1.1.3.5 Perfiles Geológicos Ilustrativos**

Se realizaron cuatro secciones abarcando todas las unidades geológicas a cada lado del trazado vial proyectado, como se muestran a continuación:

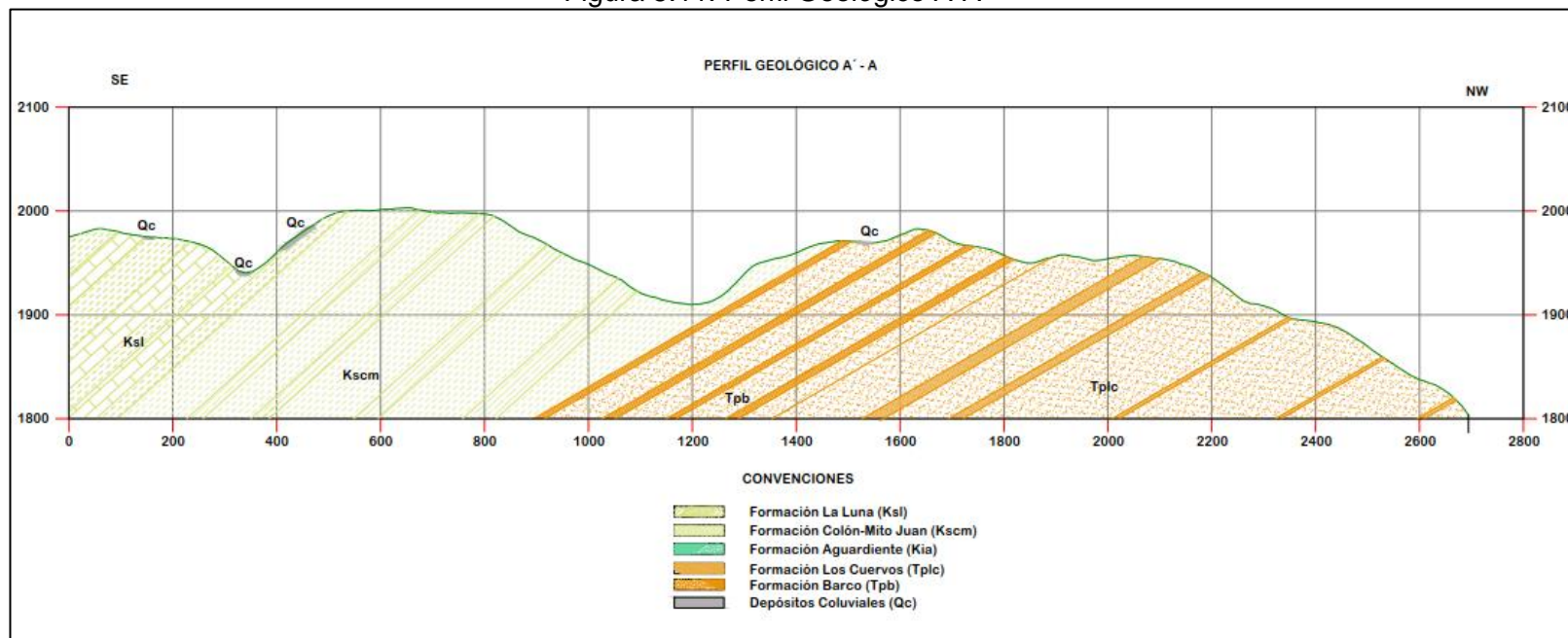


Figura 5.10 Localización de Perfiles Geológicos sobre AI de la UF2



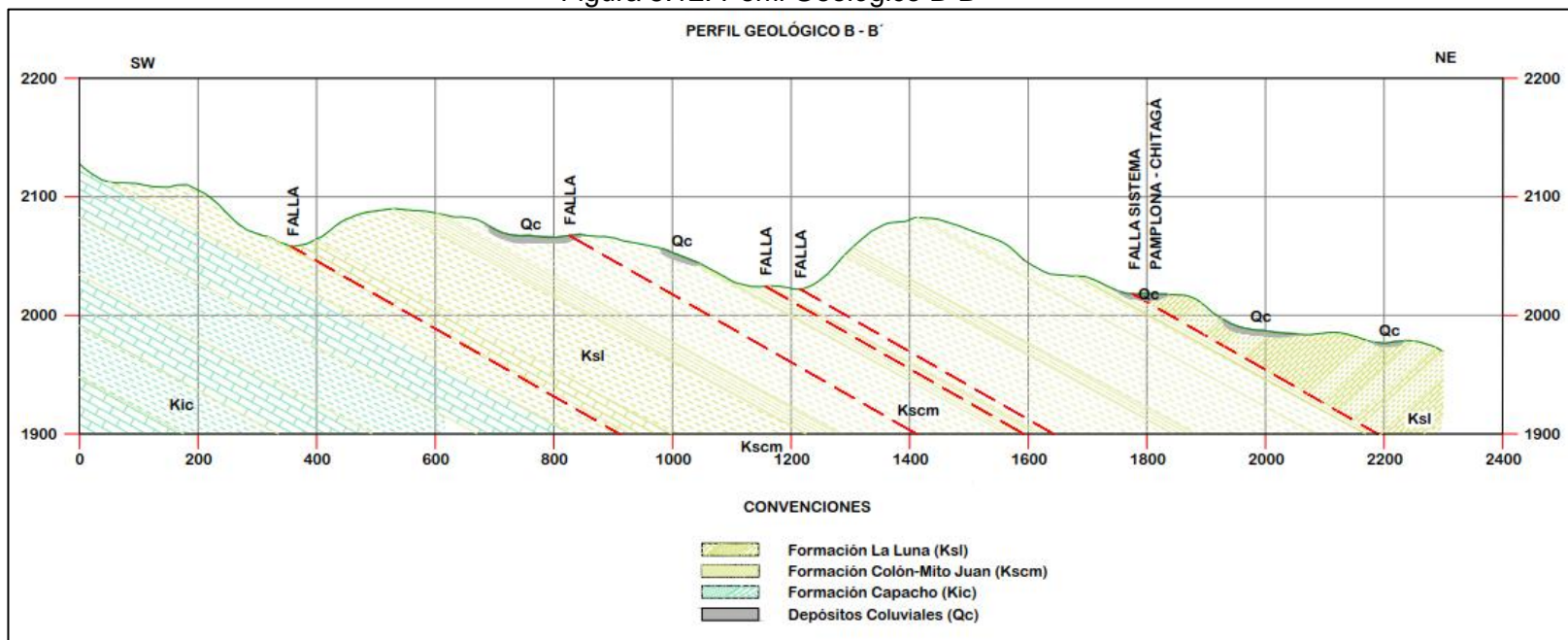
Fuente: Aecom-ConCol. 2017

Figura 5.11. Perfil Geológico A-A°



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

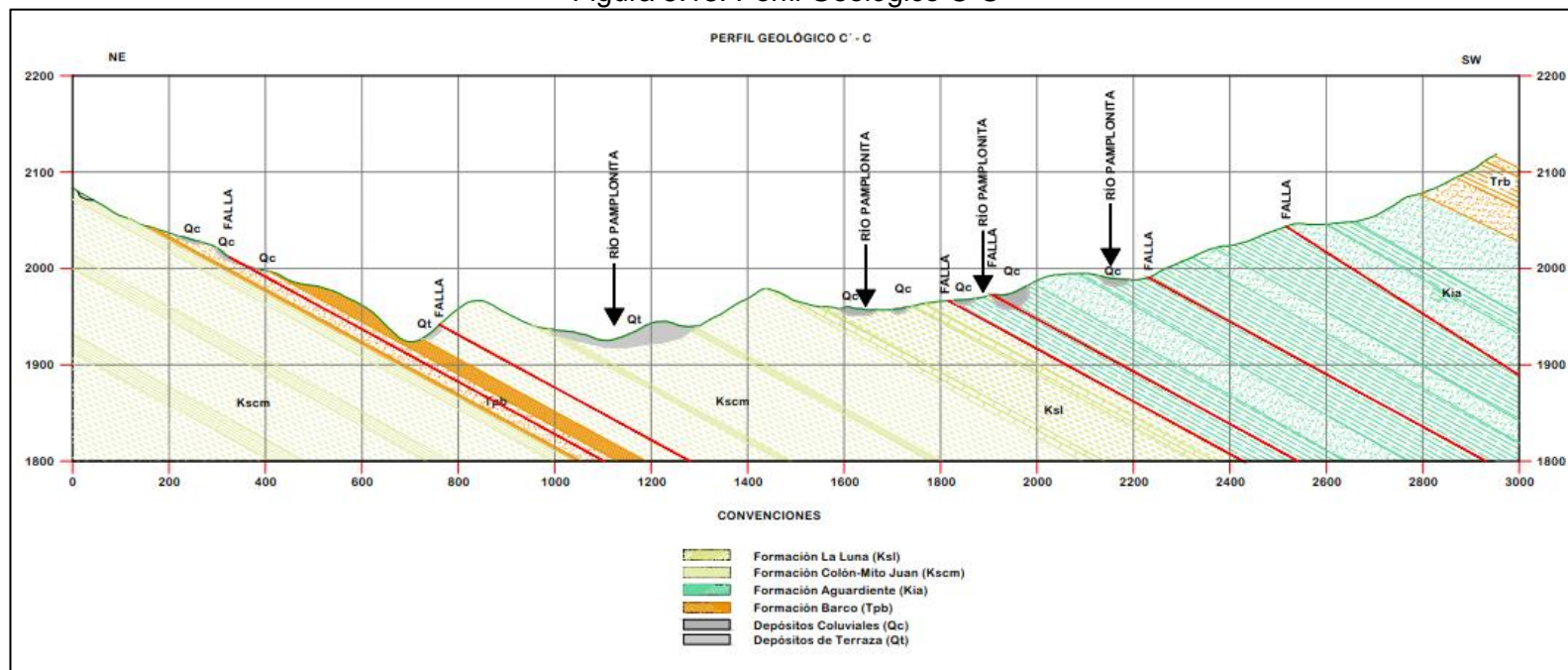
Figura 5.12. Perfil Geológico B-B°



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

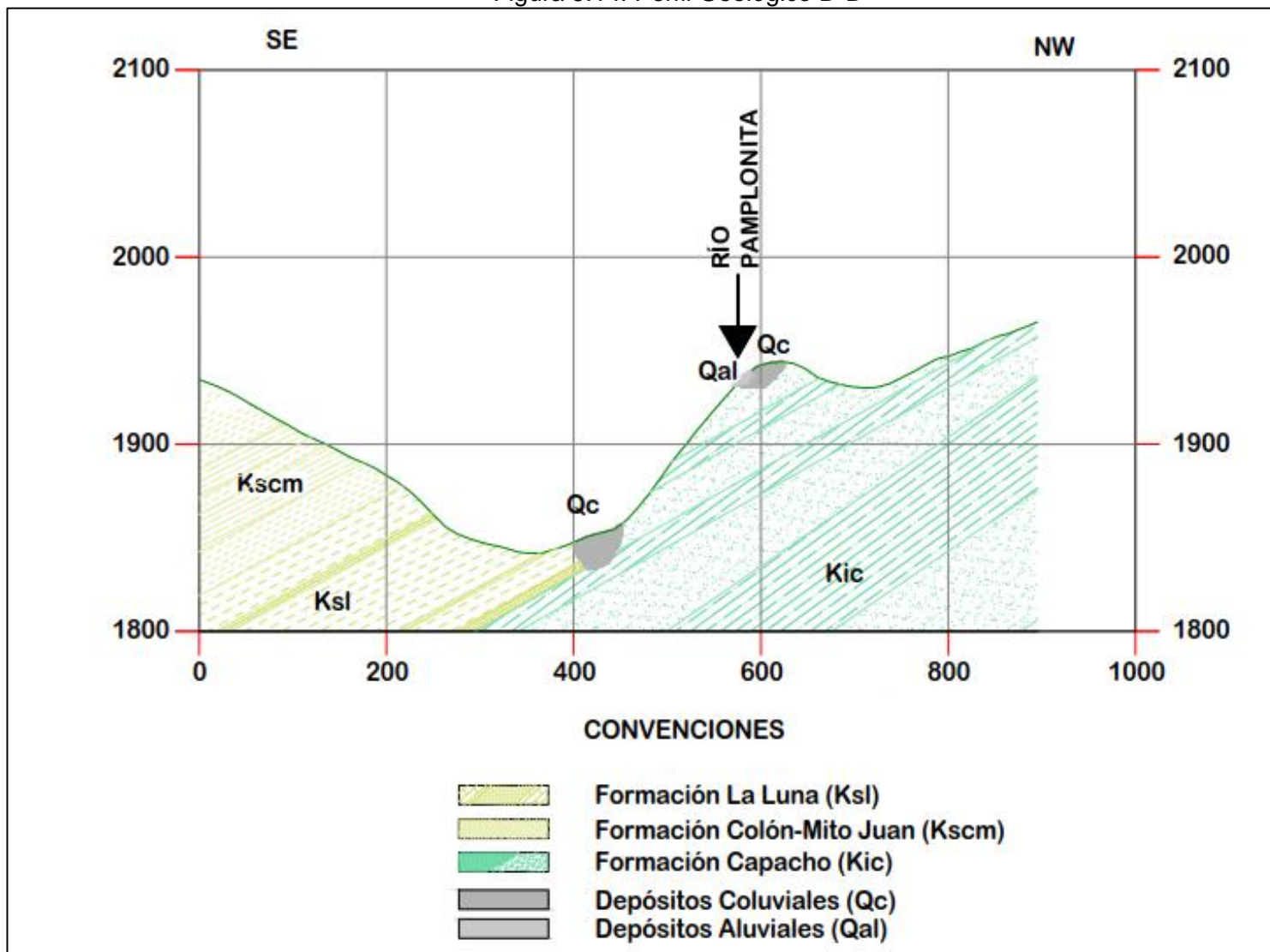


Figura 5.13. Perfil Geológico C-C°



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

Figura 5.14. Perfil Geológico D-D°



Fuente: Aecom-ConCol. 2017

## 5.1.1 Geomorfología

### 5.1.1.1 Aspectos conceptuales

De acuerdo con (SGC, 2012), la expresión morfológica del terreno depende de los tipos de materiales, la disposición estructural, los procesos naturales que interactúan de acuerdo con el ambiente o condiciones externas e internas dominantes y el tiempo de duración de los mismos (Gregori, 1978 en Kéller y Rockwell, 1984; Roberston, 1990, Carvajal, 2002). Lo anterior permite determinar la siguiente concepción geomorfológica:

Fotografía 5-20

**GEOFORMA/ PAISAJE =  $\Sigma$ FACTORES INTERNOS +  $\Sigma$ FACTORES EXTERNOS**

La interpretación de la geomorfología tiene por finalidad la descripción de las formas del terreno, y la explicación de su génesis (origen), evolución a través del tiempo geológico, la definición de la naturaleza de los materiales, la clasificación de los paisajes según el proceso o agente natural dominante, composición, edad y explicación de la magnitud de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores.

*“Al comprender cada uno de los elementos y procesos naturales que le dan origen al paisaje, es posible deducir o pronosticar el comportamiento del terreno con relación a diversos procesos naturales y antrópicos. De igual manera se puede lograr reconocer y deducir la resistencia de los materiales litológicos relacionados a los procesos y a las condiciones degradacionales y denudacionales. El análisis de las condiciones geomorfológicas conduce a:*

- a. Entender la influencia y control de las estructuras geológicas regionales sobre las geoformas (Ej.: escarpes y drenajes asociados).*
- b. La génesis de las geoformas, que reflejan la dinámica de los procesos naturales actuales: endógenos y exógenos (denudación, acumulación).*
- c. Relacionar la geometría de los terrenos (las formas de las laderas) a tipos de movimientos antiguos o activos de remoción en masa. En algunos casos permite deducir situaciones críticas o potenciales.*
- d. Establecer la magnitud de la dinámica de los procesos denudativos que están actuando sobre una geoforma en particular.*
- e. Las relaciones espaciales de las geoformas, debido a que determinan zonas homogéneas con características litológicas y geomecánicas similares”.*

Este documento cumple con los requerimientos de los términos de referencia establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en resolución 751 de 2015, “Términos de Referencia para la elaboración del EIA, requerido para el trámite de licencia ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos”, y para ello se ha llevado la metodología propuesta por (SGC, 2012), que se explica a continuación.

La propuesta metodológica de cartografía geomorfológica de (SGC, 2012) aplica los principios generales y métodos de análisis de los sistemas de clasificación y evaluación de terrenos P.U.C.E (provincia, patrón, unidad y componente de terreno), desarrollado con fines ingenieriles por Grant, (1967 y 1978 en Ferrero y García, 1987), Cortés (1989), y



Carvajal (2002, propuesta para INGEOMINAS).

El análisis geomorfológico utilizado en este proyecto es concordante con la jerarquización geomorfológica propuesta por Carvajal (2002). Las categorías utilizadas de mayor a menor son: zona geoestructural, provincia geomorfológica, región geomorfológica, unidades y subunidades geomorfológicas y componente geomorfológico. Para llevar a cabo la cartografía geomorfológica requerida, se cumplió lo siguiente:

#### **5.1.1.1.1 Recopilación y Análisis de Información Secundaria**

Consulta, evaluación y análisis de los estudios del medio físico por medio de los cuales se realizó la caracterización de las unidades geomorfológicas; esto correspondió a estudios de suelos de tipo general, en razón a la relación suelo-paisaje establecida en la prospección pedológica, la cual es desarrollada sobre unidades geomorfológicas identificadas, acordes con el sistema solicitado en los términos de referencia de Estudio de Impacto Ambiental para la construcción de carreteras y/o túneles (resolución 751 de 2015).

#### **5.1.1.1.2 Interpretación de imágenes aéreas**

A partir de ortofoto, imágenes de Google Earth y BaseMap de ArcGis 10.3 del área de estudio, se realizó fotointerpretación geomorfológica, que junto con el trabajo de campo, permitió mejorar el nivel de detalle de la cartografía (escala 1:10.000).

#### **5.1.1.1.3 Trabajo de campo**

Reconocimiento geomorfológico del área de influencia, donde se corroboraron y complementaron las características de las diferentes unidades geomorfológicas y procesos morfodinámicos en el área de influencia.
































#### **5.1.1.1.4 Informe y Mapas anexos**

Descripción de características morfológicas, morfométricas y morfodinámicas del área de influencia.

#### **5.1.1.2 Área de Influencia**

El área de influencia se localiza sobre la Cordillera Oriental, desde la parte alta en un relieve de montañas con alturas hasta 2200 msnm (más cercano a Pamplona), a ambos márgenes del río Pamplonita. El área de estudio (UF2) está conformada por la unidad geomorfológica de Montaña, que conforman la Cordillera Oriental, entre Pamplona y Patios. El plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía** presenta la distribución de las unidades geomorfológicas dentro de la UF2 y en la Tabla 5.4 se sintetiza la descripción de dichas unidades, su génesis y características morfográficas y morfodinámicas.

Tabla 5.4 Unidades Geomorfológicas en el área de influencia de la UF2

Z. GEOT.	PROV. GEOM.	REGION GEOM.	AMBIENTE MORFOGENETICO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD GEOMORFOLOGICA A	SÍMBOLO	R	G	B	DEFINICIÓN	SUBUNIDAD GEOMORFOLOGICA	SÍMBOLO	DEFINICIÓN
CORDILLERA CORDILLERA ORIENTAL MONTAÑA	ESTRUCTURAL DENUDATIVA (SD)			Incluye las geomorfomas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades. Esta expresión morfológica es combinada debido a la inclusión de geomorfomas estructurales a nivel regional (estado inicial del terreno), las cuales se han ido modelando a nivel local con la presencia de grandes cuerpos coluviales, de soliflucción y deslizamientos de tipo rotacional, generando así de esta manera geomorfomas de tipo denudacional.	Ladera Estructural		223	15	295	Son superficies en declive, de morfología irregular, definidas por planos preferentes (estratos o diaclasmientos) paralelos al sentido de la inclinación del terreno. De longitudes largas a extremadamente largas y con pendientes suavemente inclinadas o escarpadas. En esta geomorfoma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal, entre otros).	Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.
					Cono o Lóbulo de Deslizamiento Rotacional		Lóbulos con morfología alomada baja, de longitud corta, irregulares, localmente escalonados, muy inclinados a abruptos y lobulados en su parte distal. Su origen es relacionado a la acumulación de tierra y bloques.						
					Cono o Lóbulo de Deslizamiento Traslacional		Estructura en forma de cono o lóbulo, con morfología plana a suavemente ondulada. Su origen es relacionado al movimiento de rocas o tierra a lo largo de una superficie de falla más o menos planar. El movimiento es controlado por segmentos de debilidad asociados con planos de estratificación, zonas de alto fracturamiento o el contacto entre un plano rocoso y los detritos suprayacentes.						
					Cono de Talus		Lóbulo localizado en la base de un escarpes donde aflora la formación La Luna. Presenta un ápice angosto y en los cambios de la pendiente extremos redondeados, laderas de longitudes cortas a medias, convexas a cóncavas hacia la parte distal. Su origen está relacionado a procesos de acumulación mecánica de bloques y fragmentos angulares heterométricos que se desprendieron de la parte alta de dicho escarpe por actividad tectónica.						
					Terrazo o Berma de fallamiento		Escalón alargado en forma de terraza de morfología alomada o colmada, limitado por escapes de línea de falla de longitud muy corta de forma convexa e inclinación abrupta. Su origen está relacionado con el escalonamiento diferencial desarrollado por el proceso de fallamiento característico del área.						
					Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.						
					Cono o Lóbulo de Deslizamiento Rotacional		Lóbulos con morfología alomada baja, de longitud corta, irregulares, localmente escalonados, muy inclinados a abruptos y lobulados en su parte distal. Su origen es relacionado a la acumulación de tierra y bloques.						
					Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.						
					Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.						
					Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.						
					Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.						
					Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.						
	ESTRUCTURAL (S)		Incluye las geomorfomas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades.	Espinazo		229	73	222	Sierra simétrica elongada de cresta aguda a redondeada y morfología colmada o alomada, definida por la intercalación de estratos de unidades con diferente resistencia, dispuestos en ladera estructural en un patrón escalonado de laderas triangulares labrados por la erosión. Las geomorfomas son en general asimétricas y se presentan como un conjunto de cerros alineados y elongados afectados por erosión diferencial y por dirección acenuada.	Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.	
				Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.							
				Cono o Lóbulo de Deslizamiento Rotacional		Lóbulos con morfología alomada baja, de longitud corta, irregulares, localmente escalonados, muy inclinados a abruptos y lobulados en su parte distal. Su origen es relacionado a la acumulación de tierra y bloques.							
				Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.							
				Terrazo o Berma de fallamiento		Escalón alargado en forma de terraza de morfología alomada o colmada, limitado por escapes de línea de falla de longitud muy corta de forma convexa e inclinación abrupta. Su origen está relacionado con el escalonamiento diferencial desarrollado por el proceso de fallamiento característico del área.							
				Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.							
	FLUVIAL (F)		Incluye las geomorfomas que se originan por procesos de erosión de la corriente del río Pamplonita y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas adyacentes a dicha corriente, debido a la dinámica normal de las corrientes. De esta manera, es posible encontrar unidades aludiales al río y en el fondo del cauce, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando ésta corriente pierde su capacidad de arrastre	Exposición moderada de longitud Larga		224	69	233	Saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas sedimentarias y limitado por drenajes subparalelos. Tiene laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo está entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espón es mayor que 1000 m.	Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.	
				Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.							
				Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.							
				Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.							
				Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.							
				Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción		Lóbulos de morfología alomada baja, relacionados a procesos de transporte y deposición de materiales en las laderas. Están constituidos por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes de diferente composición, embebidos en matriz arenosa y de finos.							
	Terraza de Acumulación (Fta)				60	210	255	Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales, limitada por escapes de diferente altura a lo largo del cauce del río Pamplonita. Su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial. Estas terrazas pueden ser parte del cauce y están constituidos por gravas arenas, limos y arcillas, con disminución del tamaño a medida que se alejan del cauce del río.					
				Cauce Aluvial (Fca)		59	180	255	Canal de forma irregular excavado por erosión de la corriente estacional del río Pamplonita, dentro de macetas rocosas y sedimentos aluviales. Este cauce permea por grandes distancias dependiendo de factores de pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal. El cauce está restringido a valles estrechos en forma de V, relacionados al control estructural de fallas o diaclasis.				
				Cono de Deyección		216	245	255	Superficie en forma de cono, con una inclinación en planta de 5°-10° y decenas de metros de extensión. Se localiza en el punto donde los canales o quebradas llegan a zonas de valles amplios. Su depósito está constituido por arena, arcillas y grava, con espesores de materiales más gruesos hacia el ápice y más finos en la zona distal.				
	ANTRÓPICA (A)			Incluye las geomorfomas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y reducción de nuevas vías, que modifica la morfología natural del terreno.	Planos y Campos de Llanos Antropicos		170	20	30	Planos hechos artificialmente con material de relleno para acondicionar terrenos apropiados para la construcción de viviendas y otras estructuras. Son de gravas, bloques y arena bien compactados, y en algunos casos de escombros y desechos de construcción.			

Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

### 5.1.1.2.1 Morfometría

Se utilizó el mapa de pendientes del terreno que se encuentra en el plano **PAPM\_008\_EIA\_MA\_PT\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía** como unidad de referencia para el análisis cuantitativo de las geoformas, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

**Tabla 5.5 Atributos de las geoformas y algunos rangos utilizados con propósitos de análisis edafológicos**

Tipos de Relieve	
Tipo	Elevación (m)
Montañoso	>500
Colinado	200-499
Loma	50-200
Montículos	0-49

Índice de Contraste de Relieve	
Elevaciones (m)	Descripción
<29	Muy bajo
30-74	Bajo
75-149	Moderado
150-249	Alto
250-499	Muy alto
>500	Extremadamente Alto

Formas de ladera	Tipos de forma de ladera
Recta	Cóncava-divergente
Cóncava	Cóncava-convergente
Convexa	Convexa-divergente
Irregular	Convexa-convergente
Compleja	

Formas de Valle	Formas de cresta
Artesa	Aguda
Forman de V	Redondeada
Forma de U	Convexa amplia
	Convexa plana
	Plana
	Plana disectada

Índices de Inclinação de ladera	
Inclinación	Descripción
<5°	Plana o suavemente inclinada
6-10°	Inclinada
11-15°	Muy inclinada
16-20°	Abrupta
21-30°	Muy abrupta
31-45°	Escarpada
>45°	Muy escarpada

Longitud de ladera	
Longitud (m)	
<50	Muy corta
51-250	Corta
251-500	Moderada
501-1000	Larga
1001-2500	Muy larga
>2500	Extremadamente larga

Índice de frecuencia de drenaje	
Nº F/Km²	Cualificación
>40	Muy alta
21-40	Alta
11-20	Media
5-10	Baja
<5	Muy baja

Densidad de drenaje	
Rangos	Cualificación
<0.5 Km/Km2	Baja
0.51-1 Km/Km2	Moderada
>1 Km/Km2	Alta

Textura de drenaje		
Densidad	Frecuencia de drenaje	Textura de drenaje
Baja	Baja a muy baja	Gruesa
Moderada	Media	Mediana



Textura de drenaje		
Densidad	Frecuencia de drenaje	Textura de drenaje
Alta	Alta	Fina
Muy alta	Muy alta	Muy fina

Fuente: Carvajal, 2012.

De acuerdo con lo anterior, se tienen pendientes dentro del área  $< 5^\circ$  correspondientes a las zonas del cauce activo del río Pamplonita y áreas aledañas de terraza, lo que indica inclinaciones planas a suavemente inclinadas para esta zona (plano **PAPM\_008\_EIA\_MA\_PT\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**).

El resto del área de influencia de la UF2 presenta pendientes mayores a  $21^\circ$  que indica laderas muy abruptas a muy escarpadas, a excepción de los valles formados entre colinas que presentan pendientes menores, indicando laderas inclinadas a muy inclinadas (ver plano **PAPM\_008\_EIA\_MA\_PT\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**).

Cada uno de los atributos presentados en la Tabla 5.5 fue tomado en cuenta para la descripción de las geoformas y unidades geomorfológicas que a continuación se detallan:

#### 5.1.1.2.2 Morfogénesis

- Geoformas Estructurales Denudativas (SD)

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades. Esta expresión morfológica es combinada debido a la inclusión de geoformas estructurales a nivel regional (estado inicial del terreno), las cuales se han ido modelando a nivel local con la presencia de grandes cuerpos coluviales, de solifluxión y deslizamientos de tipo rotacional, generándose de esta manera geoformas de tipo denudacional

Para el área de influencia, este tipo de ambiente morfogenético corresponde a un relieve sobre rocas sedimentarias del Cretácico y Terciario. Desarrolla montañas de laderas largas a muy largas (800-1100m), escalonadas con presencia de cicatrices de antiguos deslizamientos. Los drenajes son profundos, con abundantes escarpes de deslizamientos antiguos tal y como se observa en la Fotografía 5-19

**Fotografía 5-19 Relieve de laderas Estructurales denudativas en rocas sedimentarias dentro del área de influencia. Coordenadas: X 1.159.909, Y 1.307.880**



Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

Las rocas sedimentarias desarrollan suelos residuales someros, sobre los cuales es común que se generen deslizamientos de medianas a grandes dimensiones, antiguos y recientes, que evidencian la alta susceptibilidad a movimientos en masa; las pendientes varían entre fuertemente inclinadas (12-25%) a moderadamente escarpadas (50-75%) y en menor proporción fuertemente escarpadas (75-100%). Son laderas irregulares, de cimas subangulares y angostas. Los drenajes se encuentran medianamente disectados, afectados en sus márgenes por movimientos en masa.

En la Unidad funcional 2, este tipo de ambientes se identifican hacia la margen occidental del río Pamplonita, como se observa en el plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**

- **Geoformas Estructurales (S)**

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y al fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades.

Se define como un paisaje de montañas (sierras y espinazos) que se desarrollan sobre rocas sedimentarias Cretácicas, Jurásicas y Triásicas las cuales se encuentran en contacto fallado y presentan una morfología de montañas altas, laderas largas, rectas, patrón de drenaje subparalelo y disectado, pendientes desde fuertemente inclinadas (12-25%) hasta altamente escarpadas (75-100%), cimas angostas y subangulares con presencia de cicatrices de deslizamiento.

En la Unidad funcional 2, este tipo de ambientes se identifican hacia toda la margen oriental del río Pamplonita, como se observa en el plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**

- **Geoformas Fluviales (F)**

Incluye las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

En el área de estudio estas geoformas están asociadas a lo largo del cauce del río Pamplonita como se puede ver en el plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**. El relieve de esta unidad geomorfológica es fuertemente inclinado (12-25%) a moderadamente inclinado (7-12%).

- **Geoformas Antrópicas (A)**

Incluye las geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda (como es el caso de la UF2), obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, que modifica la morfología natural del terreno.

En la Unidad funcional 2, este tipo de ambientes se identifican a lo largo de todo el tramo vial existente como se observa en el plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**

#### **5.1.1.2.3 Unidades Geomorfológicas**

- Correspondiente a ambientes Estructurales Denudacionales:

Esta unidad geomorfológica está conformada por laderas onduladas (**SDlo**), Laderas estructurales (**SDle**) y Lomos denudados bajos de longitud larga (**SDldebl**)

- i. **Laderas Onduladas (SDlo)**

Corresponde a superficies en declive de morfología alomada o colinada, pendientes inclinadas a escarpadas, con longitud variable. El patrón de drenaje subparelo, formadas sobre laderas de suelos residuales y depósitos coluviales. Presenta procesos de remoción intensos como deslizamientos y solifluxión, sobre materiales de suelo o roca (ver Fotografía 5-20).



**Fotografía 5-20 Laderas Onduladas (SDlo) en montañas Estructurales denudativas. Se evidencian cárcavas específicamente dentro de los polígonos negros, y pisadas de pata de ganado. Coordenadas: X 1.160.537, Y 1.309.404**



Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

## **ii. Laderas Estructurales (SDle)**

Son superficies en declive, de morfología irregular, definidas por planos preferentes (estratos o diaclasamiento) paralelos al sentido de la inclinación del terreno. De longitudes largas a extremadamente largas y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas. En esta geoforma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal, entre otros). (Fotografía 5-21).

**Fotografía 5-21 Laderas estructurales (SDIe) en montañas estructurales denudativas.**  
**Coordenadas: X 1.161.094, Y 1.310.418**



Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

**iii. Lomo denudado bajo de longitud larga (SDIdebl)**

Conjunto de lomos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo menor de 250 m y la longitud del eje principal es mayor que 1000 m; son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico



**Fotografía 5-22 Lomo denudado bajo de longitud larga (SDldebl) en montañas estructurales denudativas. Coordenadas: X 1.159.573, Y 1.309.500**



Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

- Correspondiente a ambientes estructurales:

Esta unidad está conformada por Espinazos (**Se**), Espolón moderado de longitud larga (**Sesml**) y Espolón faceteado (**Sefc**) (ver plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** en el **Anexo 1. Cartografía**)

#### i. **Espinazo (Se)**

En esta unidad funcional se representan como sierras elongada de cresta aguda a redondeada y morfología colinada o alomada, definida por la intercalación de estratos de unidades con diferente resistencia, dispuestos en ladera estructural en un patrón escalonado de lajas triangulares labrados por la escorrentía (Fotografía 5-23). Las geoformas son en general asimétricas y se presentan como un conjunto de cerros alineados y elongados afectados por erosión diferencial y por disección acentuada (ver plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** en el **Anexo 1. Cartografía**).



**Fotografía 5-23 Espinazos en montañas estructurales (Se). Coordenadas: X 1.160.233, Y 1.308.482**



Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

**ii. Espolón moderado de longitud larga (Sesml)**

Corresponde a salientes de morfología alomada, dispuestas perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas sedimentarias y limitado por drenajes subparalelos. Tiene laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo está entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón es mayor que 1000 m. (ver plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** en el **Anexo 1. Cartografía**).

**iii. Espolón faceteado (Sefc)**

Salientes que en conjunto conforman sierras colinadas con pendiente inclinada a abrupta. Su origen se relaciona al fallamiento que genera truncamiento a manera de facetas triangulares y a procesos de erosión diferencial en unidades de distinta resistencia., tal y como se observa en el plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**)

- Correspondiente a ambientes Fluviales (F)

Se encuentra la unidad geomorfológica correspondiente al cauce aluvial del río Pamplonita (**Fca**), Terraza de acumulación (**Fta**) y Cono de Deyección (**Fcdy**)

#### iv. Cauce Aluvial (Fca)

Es un cauce con un solo canal bien definido, de montaña, recto a ligeramente sinuoso, con una longitud aproximada de 17000 m dentro de la zona de influencia de la UF2. Dicho canal ha sido excavado por erosión de la corriente perenne del río Pamplonita dentro de macizos rocos. Estos cauces rectos se restringen a valles estrechos en forma de V, generalmente relacionados al control estructural de fallas o diaclasas.

#### v. Terraza de Acumulación (Fta)

Son superficies elongadas, planas a suavemente onduladas, modeladas sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce del río Pamplonita. Su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas pueden ser parte de cauces rectos (como es el caso del río Pamplonita para esta unidad funcional. Su depósito está constituido por gravas arenas, limos y arcillas, con disminución del tamaño a medida que se aleja del cauce del río (plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**). En el área de la UF2 se presentan como superficies elongadas, suavemente onduladas tal y como se observa en la Fotografía 5-24

**Fotografía 5-24 Terraza de Acumulación (Fta) dentro del área de influencia de la UF2.**  
**Coordenadas: X 1160645, Y 1313497**



Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

#### vi. Cono de Deyección (Fcdy)

Superficie en forma de cono, con una inclinación en planta de 5° - 10° y decenas de metros de extensión. Se localiza en el punto donde los canales o quebradas llegan a zonas de

valles amplios. Su depósito está constituido por arena, arcillas y grava, con espesores de materiales más gruesos hacia el ápice y más finos en la zona distal.

- Correspondiente a ambiente Antrópico (A)

Incluye las geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en el caso de la UF2 con el objetivo de realizar construcción de vivienda, que modifica la morfología natural del terreno **(Ar)**.

#### **vii. Planos y campos de Llenos Antrópicos (Ar)**

Para el área de estudio (UF2) esta unidad incluye el componente de planos y campos de llenos antrópicos (Ar) como se puede visualizar en el plano **PAPM\_010\_EIA\_MA\_GM\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**, este relleno es un plano hecho artificialmente con material de relleno para acondicionar el terreno en la construcción de viviendas y obras de ingeniería. En este caso son gravas, bloques y arena bien compactados, sin embargo comúnmente son escombros y desechos de construcción (Fotografía 5-25)

**Fotografía 5-25 Planos y campos de llenos antrópicos (Ar) dentro del área de influencia de la UF2**



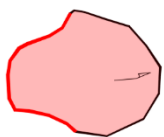
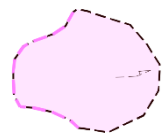
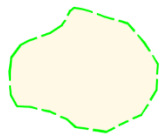

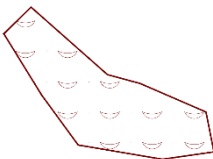

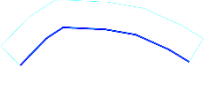
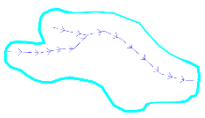
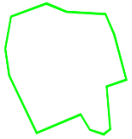
Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

#### **5.1.1.2.4 Morfodinámica**

El análisis multitemporal de procesos morfodinámicos del Área de Influencia de la Unidad Funciona 2 se realizó mediante la interpretación de fotografías aéreas del año 1990 (Fotos 9 a 13 del vuelo C2413 suministradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC), de imágenes Lidar de los años 2013 y 2017, de Google Earth del año 2017 y de Microsoft Bing Map; en las cuales se identificaron los procesos erosivos y de remoción en masa tipificados como se indica en la Tabla 5.6. Posteriormente se realizaron recorridos de campo que permitieron verificar y complementar lo interpretado en las imágenes del periodo 2013 a 2017.



**Tabla 5.6 Tipos de procesos denudativos identificados en la Unidad Funcional 2**

SÍMBOLO	NOMBRE	CONVENCIÓN	DESCRIPCIÓN
Dza	Deslizamiento activo		Proceso de remoción en masa activo consistente en deslizamiento rotacional o traslacional.
Dzi	Deslizamiento inactivo		Proceso de remoción en masa inactivo consistente en deslizamiento rotacional o traslacional
Dze	Deslizamiento estabilizado con obra de contención		Proceso de remoción en masa estabilizado con obras de contención como muros, pantallas, anclajes, etc.
Dsfc	Solifluxión en coladas		Desplazamiento que afecta a una masa arcillosa saturada sobre un basamento estable.
Dsfs	Solifluxión superficial (Pata de vaca"		Procesos de escalonamiento del terreno con afectación superficial del suelo por sobrepastoreo
Dcr	Desprendimiento de rocas		Proceso de remoción en masa tipo caída de rocas
Ders	Socavación lateral		Erosión fluvial que afecta la margen del drenaje.
Derc	Erosión en cárcavas		Hoya o concavidad formada en el terreno por la erosión de la corriente de agua
Anc	Cantera		Proceso denudativo antrópico por extracción de materiales de cantera para su uso en actividades de construcción

Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

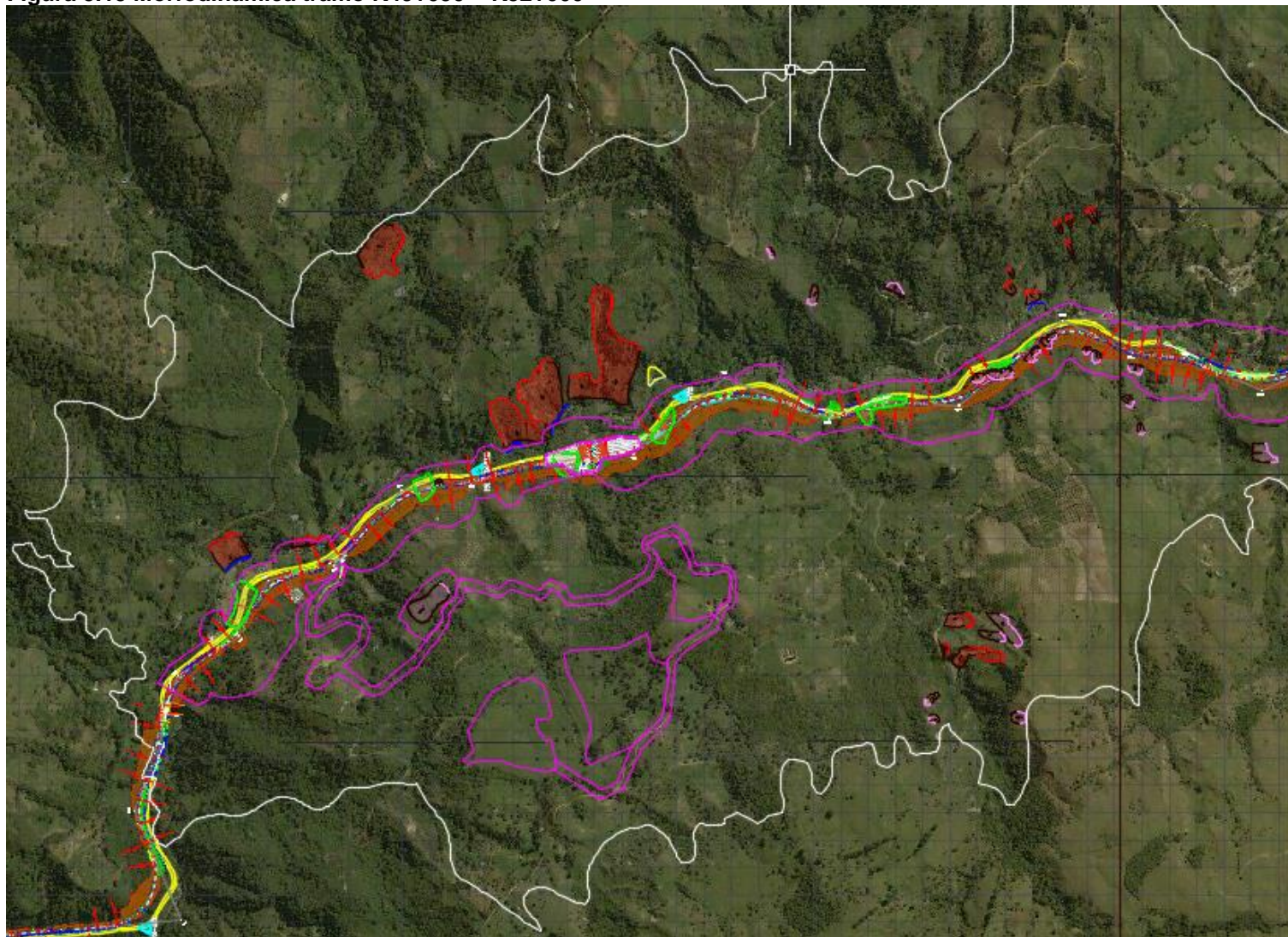
En el área de influencia de la Unidad Funcional 2 no se identificaron zonas con deslizamientos activos de grandes proporciones; los más grandes presentan menos de 2 ha y se encuentran por fuera del área de intervención. Al interior del área de influencia se identificaron 56 sitios con procesos de remoción activos, que incluyen deslizamientos rotacionales y traslacionales; 77 sitios con procesos de deslizamiento inactivo; 17 sitios de deslizamiento estabilizado mediante obras de contención; 3 sitios con erosión en cárcavas;

18 sitios con socavación lateral; 25 áreas afectadas con terracetas de solifluxión superficial “tipo pata de vaca” y 8 sitios con solifluxión en colada. Es importante resaltar que la doble calzada no intervendrá todos estos sitios; con las obras proyectadas se superponen parcialmente 3 deslizamientos menores activos, 29 deslizamientos menores inactivos, 9 deslizamientos estabilizados con obras de contención y 4 zonas con solifluxión en coladas. (ver plano **PAPM\_009\_EIA\_MA\_PM\_001\_SIG** del **Anexo 1. Cartografía**)

- Tramo K49+050 a K52+000

En la Figura 5.15 Morfodinámica tramo K49+050 – K52+000 se muestran los procesos morfodinámicos del tramo entre el K49+050 y el K52+000. En esta figura el área de Intervención está delimitada con línea de color magenta y contiene también la proyección de la vía en planta; con lo cual se pueden distinguir los procesos que se superponen con el área de intervención y con los cortes y rellenos de la vía; así como aquellos que se encuentran dentro del área de influencia pero que están alejados de las obras proyectadas para la construcción de la doble calzada.

**Figura 5.15 Morfodinámica tramo K49+050 – K52+000**

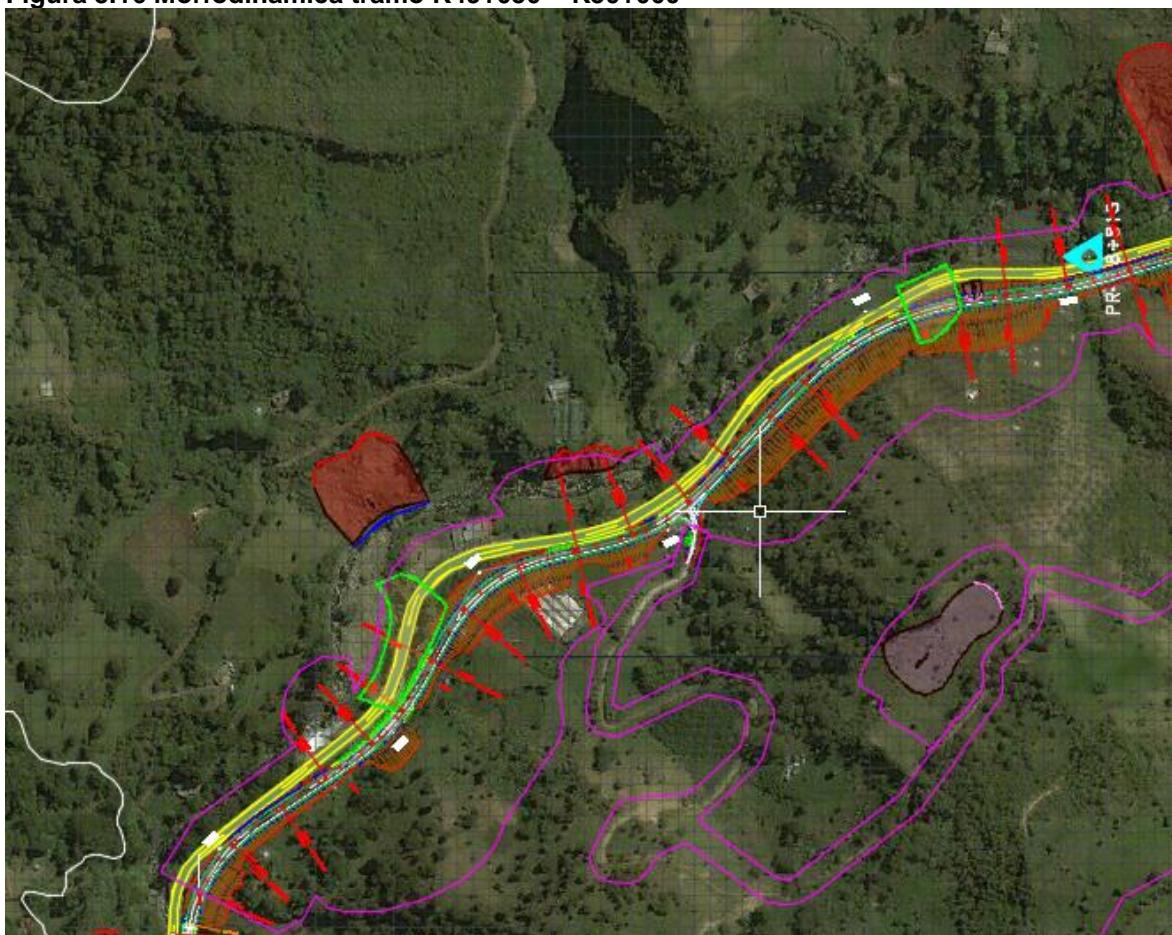


Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017. Dibujos sobre imagen BING DE Microsoft Corporation



En relación con el área de Intervención, entre el K49+050 y el K50+000 se encuentran dos procesos de remoción estabilizados con obras de contención (Figura 5.16 y Fotografía 5-26), que tienen lugar en zonas de ladera con coberturas vegetales dominadas por pastos, en suelos de depósito coluvial producto de la sedimentación originada en antiguos deslizamientos, compuestos por materiales finos que conforman una matriz que embebe gravas, cantos y bloques dispuestos de manera errática.

**Figura 5.16 Morfodinámica tramo K49+050 – K50+000**



Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017. Dibujos sobre imagen BING DE Microsoft Corporation

En la Fotografía 5-26 se muestra un Proceso de remoción activo ubicado en la margen derecha del río Pamplonita, por fuera del área de intervención.

**Fotografía 5-26 Proceso de remoción estabilizado con obras de contención en el K49+350 (PR 79+130)**



Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

**Fotografía 5-27 Proceso de remoción activo en margen derecha del río Pamplonita, cerca del K49+380.**







Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017

En la Tabla 5.7, se presenta la información de sitios estabilizados con obras de contención en el tramo entre el K49+050 y el K50+000.



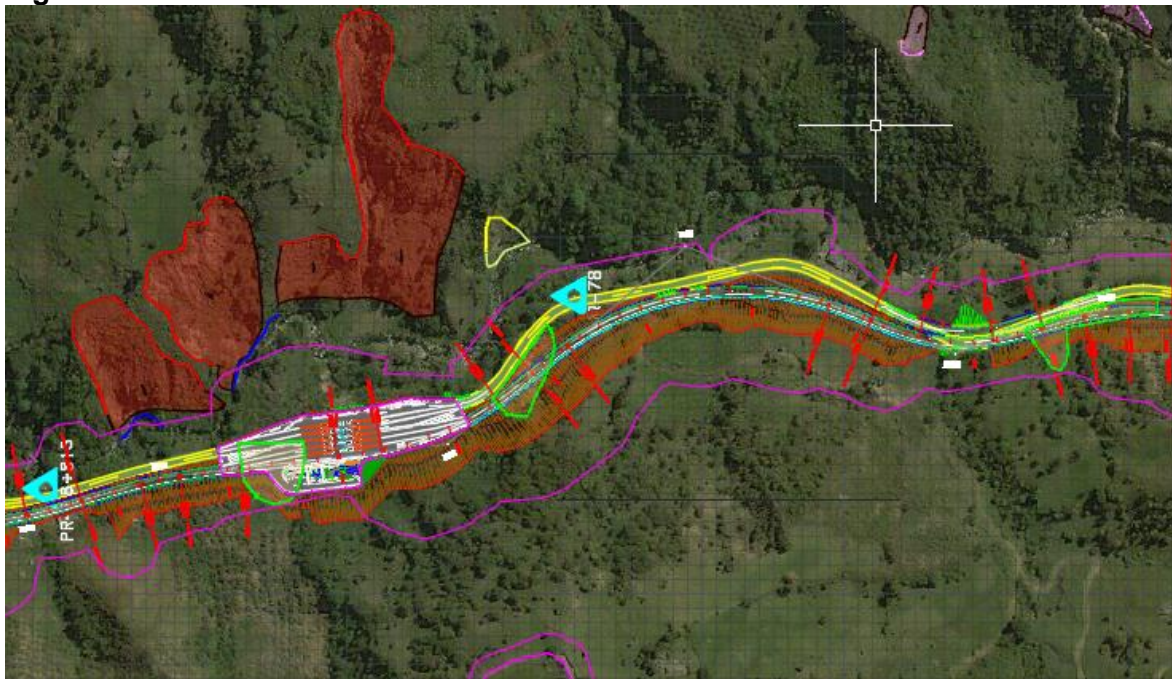
**Tabla 5.7 Sitios estabilizados con obras de contención entre el K49+050 y el K50+000**

Localización en Planta	Registro Fotográfico
	
<p>PR sector estabilizado: PR 79+130  Diseño UF2: K49+250 a K49+350  Tipo de obra existente: Anclajes activos, pantalla anclada y enrocado.  Afectación: El corte proyectado puede afectar los anclajes existentes.</p>	
	
<p>PR sector estabilizado: PR78+600  Diseño UF2: K49+795 a K49+835  Tipo de obra existente: Pantalla anclada  Afectación: No se afecta</p>	

En el tramo del K50+000 al K51+000, en el área de intervención se presentan tres deslizamientos estabilizados con obras de contención para la vía actual, ubicados en el K50+150; en el K50+400 y en el K50+900 (Figura 5.17). Estos deslizamientos estabilizados tienen lugar en zonas de ladera con coberturas vegetales dominadas por pastos; en materiales de cono de deyección y de depósito coluvial.





**Figura 5.17 Morfodinámica tramo K50+000 – K51+000**



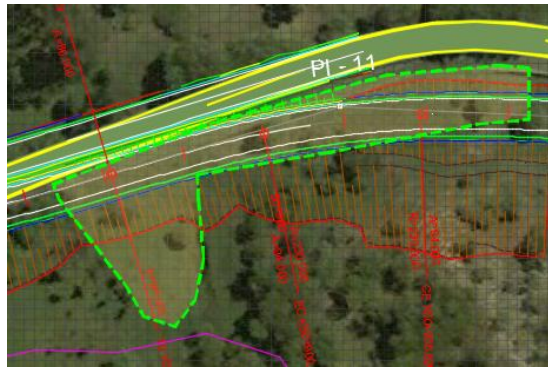



Fuente: AECOM-ConCol S.A. 2017. Dibujos sobre imagen BING DE Microsoft Corporation

En la Tabla 5.8 se detalla la información de sitios estabilizados con obras de contención en el tramo entre el K50+000 y el K51+000

**Tabla 5.8 Sitios estabilizados con obras de contención entre el K50+000 y el K51+000**

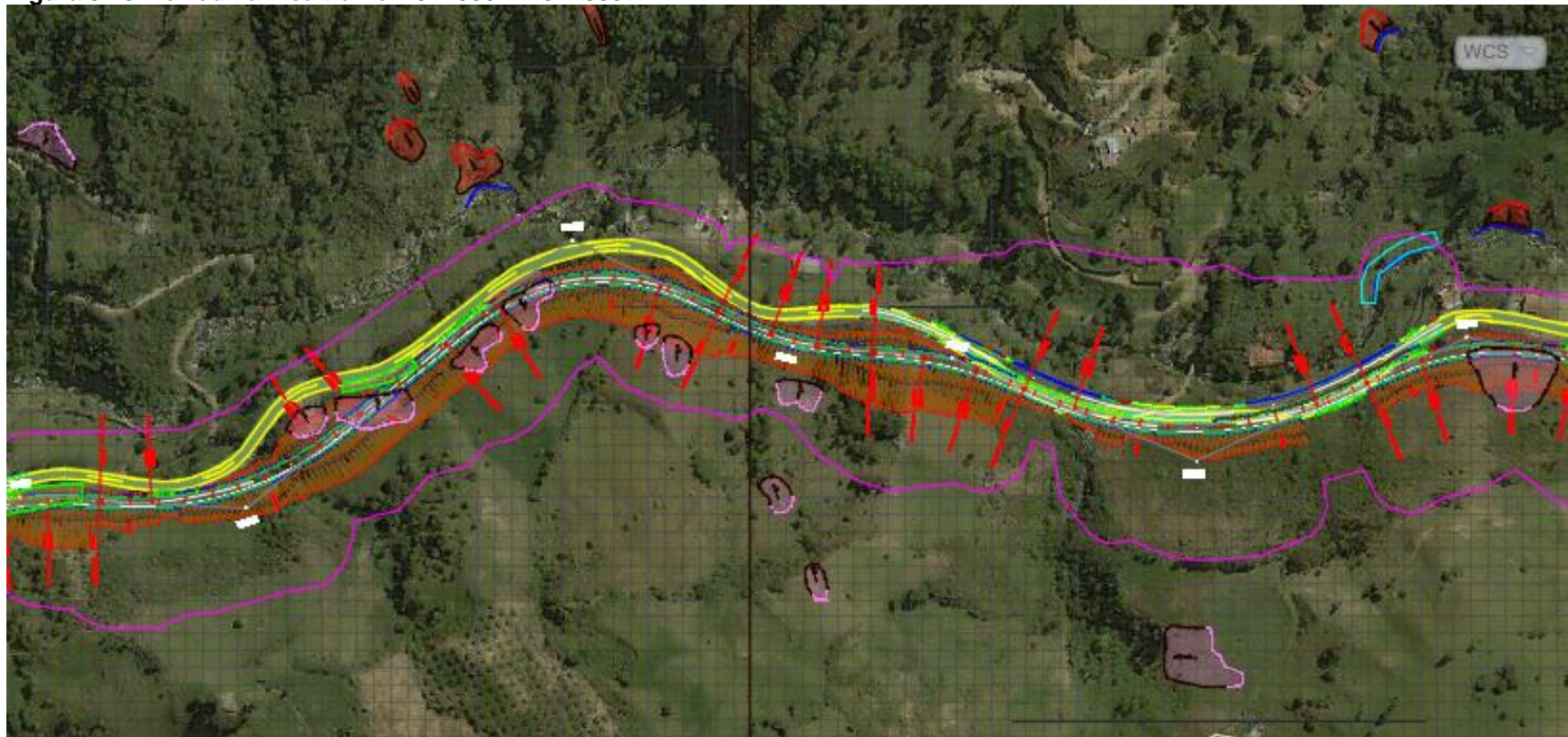
	
<p>PR sector estabilizado: PR78+270  Diseño UF2: K50+120 a K50+170  Tipo de obra existente: Muro en concreto reforzado parcialmente fallado  Afectación: No se afecta por la UF2, Rehabilitación proyectada en la UF6.</p>	

	
<p>PR sector estabilizado: PR78+000 Diseño UF2: K50+350 al K50+430          Tipo de obra existente: Revestimiento en concreto, con malla anclada.          Afectación: El corte proyectado afecta el revestimiento protector del talud.</p>	
	
<p>PR sector estabilizado: PR77+480 Diseño UF2: K50+840 a K51+000          Tipo de obra existente: Muro en concreto reforzado          Afectación: El corte se realizará sin afectar la obra.</p>	

En el tramo del K51+000 al K52+000 se presentan cuatro procesos de remoción inactivos; que serán intervenidos con cortes para la conformación de la doble calzada (Figura 5.18 Morfodinámica tramo K51+000 – K52+000 (Figura 5.18).



**Figura 5.18 Morfodinámica tramo K51+000 – K52+000**





El sector está dominado por materiales de litología sedimentaria, con suelos residuales arcilloarenosos con gravas y macizos de estratificación centimétrica muy diaclasados y meteorizados con gravas angulosas frágiles; suprayacidos por materiales de depósito coluvial con matriz fina embebiendo gravas.

La Fotografía 5-28 muestra el aspecto general del proceso de remoción inactivo del K51+550, con varios escarpes escalonados y lóbulo coluvial en la parte inferior, característicos de un deslizamiento rotacional. La Fotografía 5-29 muestra el aspecto general del proceso de remoción del K51+180, que si bien cuenta con estructura de contención en la parte interna de la vía actual, presenta escarpes que indican movimiento superficial del terreno en la ladera interna del corredor.

**Fotografía 5-28 – Proceso de remoción activo en el K51+550**



**Fotografía 5-29 – Proceso de remoción activo en el K51+180**

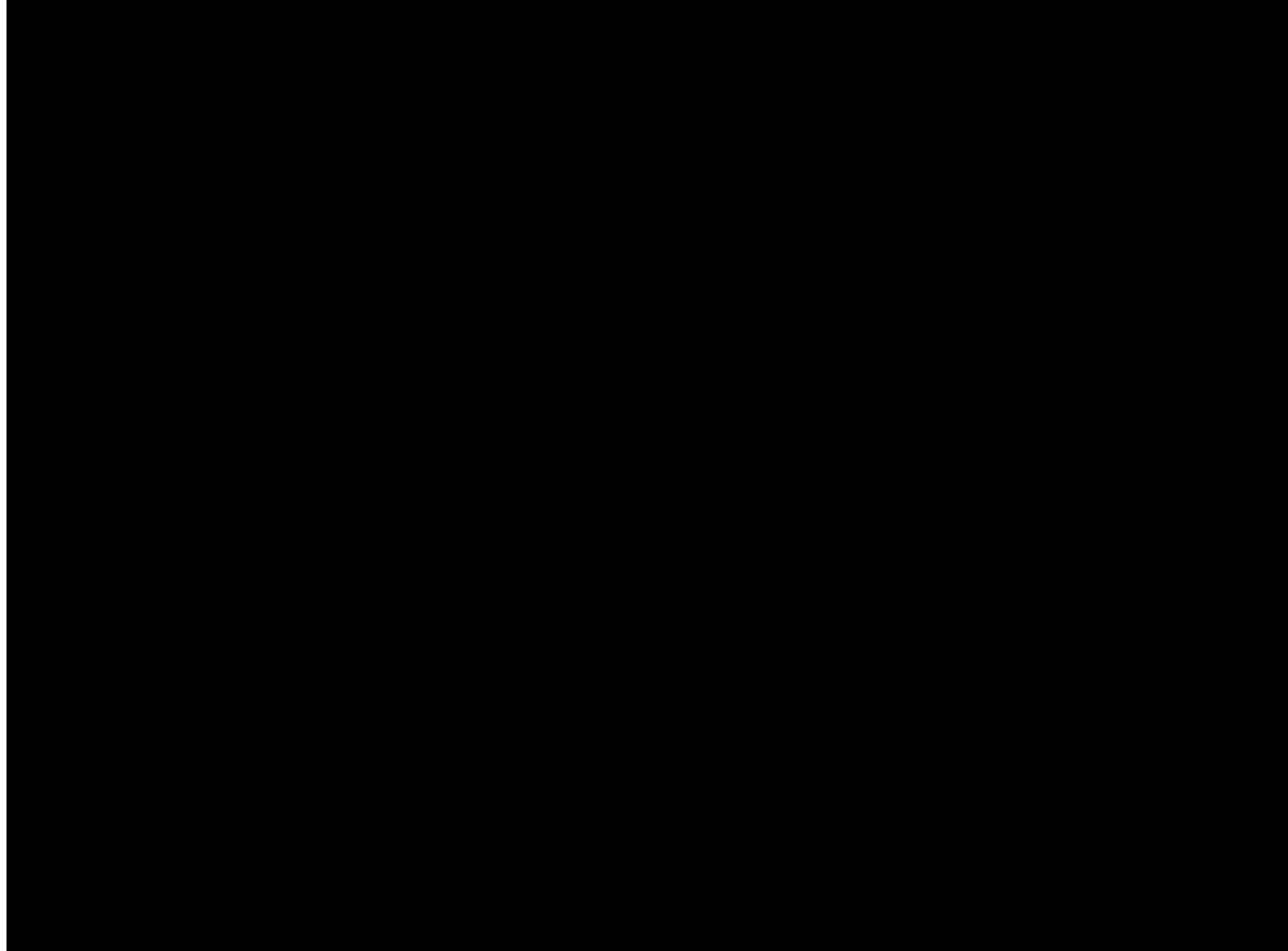


- Tramo K52+000 a K53+800

En la Figura 5.19 se muestran los procesos morfodinámicos del tramo entre el K52+000 y el K53+800; en esta figura se pueden distinguir los procesos que se encuentran o se superponen con el Área de Intervención del proyecto delimitada por la línea color magenta.

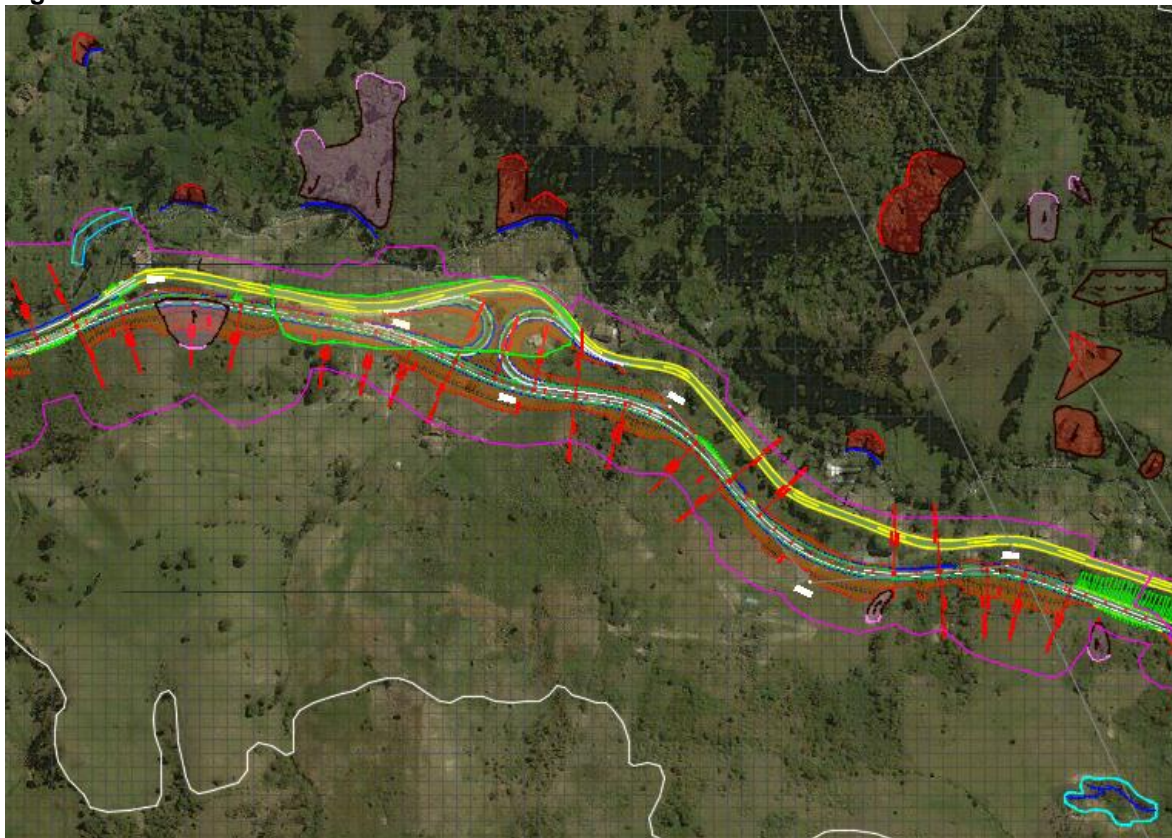
En el tramo del K52+000 al K53+000 se encuentran en el área de intervención un procesos de remoción inactivo y uno estabilizado con obras de contención, que tienen lugar en suelos de depósito coluvial. (Figura 5.20).

**Figura 5.19 Morfodinámica tramo K52+000 – K53+800**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018; Dibujo s sobre imagen BING DE Microsoft Corporation

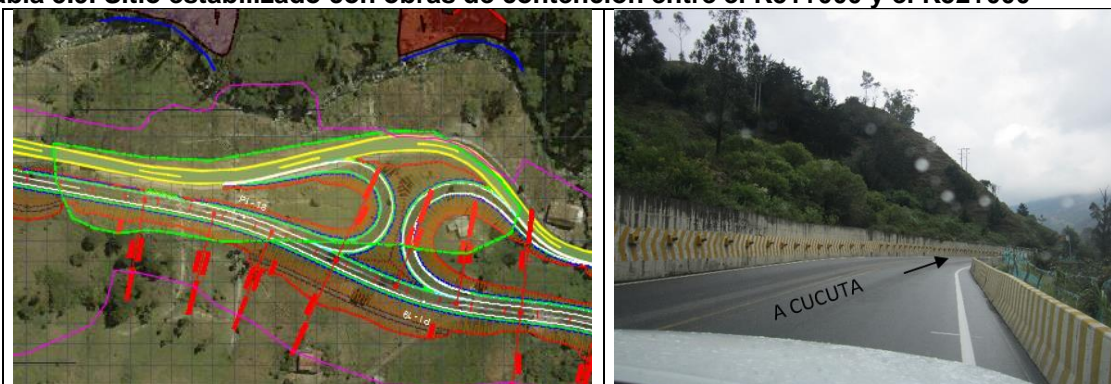
**Figura 5.20 Morfodinámica tramo K52+000 – K53+000**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018; Dibujos sobre imagen Microsoft Bing Map

En la Tabla 5.9 se detalla la información del sitio estabilizado con obras de contención en el tramo entre el K51+000 y el K52+000

**Tabla 5.9. Sitio estabilizado con obras de contención entre el K51+000 y el K52+000**



PR sector estabilizado: PR76+000

Diseño UF2: K52+170 al K52+400

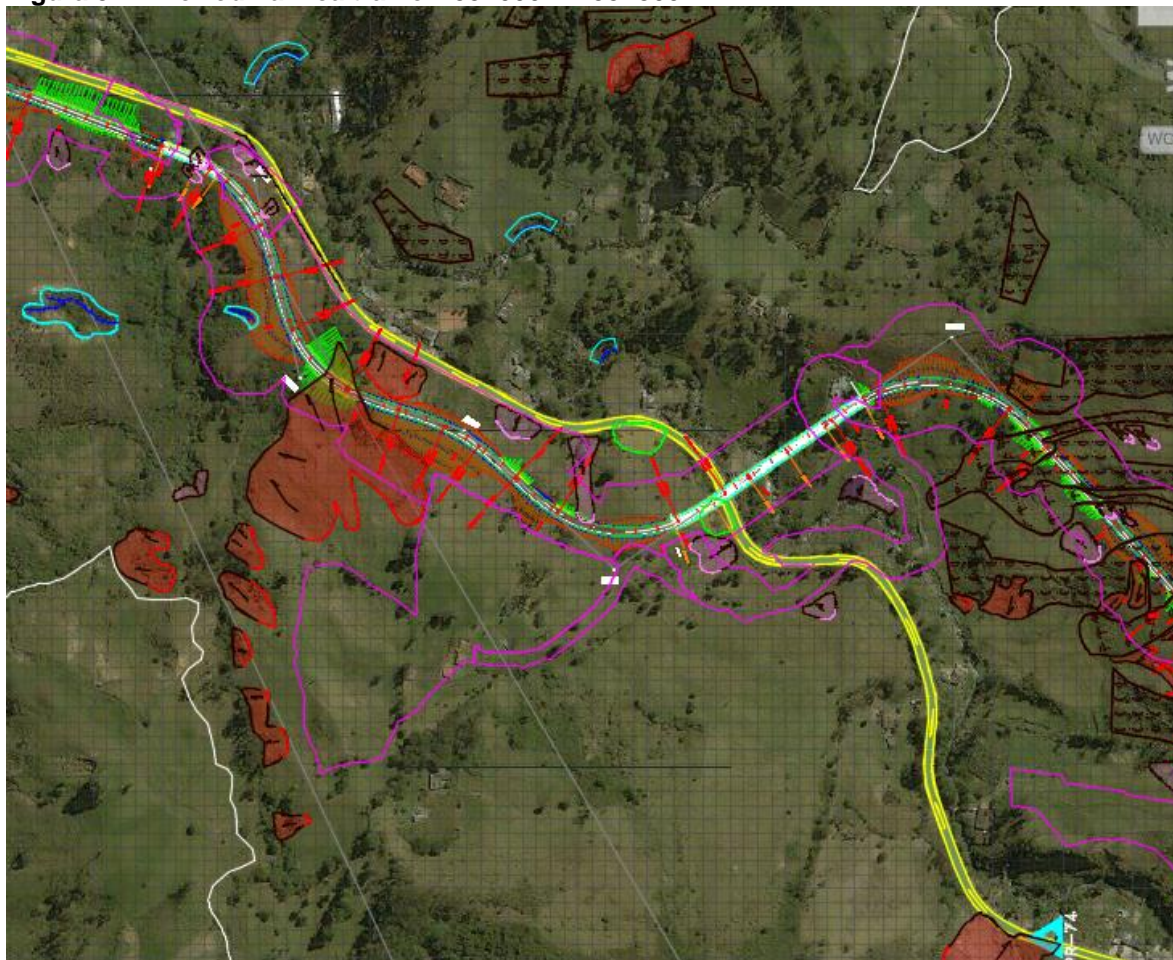
Tipo de obra existente: Muro de contención y pantalla con anclajes activos

Afectación: El corte proyectado intervendrá la obra existente. Se realizarán los análisis y diseños de estabilización respectivos.



En el tramo del K53+000 al K53+800 se presentan 10 procesos menores de remoción en masa tanto activos e inactivos como estabilizados con obras de contención que se superponen con el área de intervención; sin embargo, es de resaltar que la proyección de la vía se realiza por los sitios más favorables a la estabilidad evitando cruzar varios de los procesos de remoción y cruzando por la corona de otros, donde la afectación es mínima. En la práctica los cortes y rellenos para la conformación de la vía intervendrán un deslizamiento activo, tres procesos menores de remoción inactivos y 1 proceso estabilizado con obras de contención. Estos procesos tienen lugar principalmente en suelos delgados de depósito coluvial suprayaciendo suelos residuales arcilloarenosos con gravas de la formación Colón y Mito Juan (Figura 5.21).

**Figura 5.21 Morfodinámica tramo K53+000 – K53+800**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018; Dibujos sobre imagen Microsoft Bing Map

La Fotografía 5-30 y la Fotografía 5-31 ilustran los procesos de remoción de este sector, en particular se muestran deslizamientos rotacionales y lóbulos coluviales en el K53+420 y en el K53+360.

**Fotografía 5-30 – Proceso de remoción activo en K53+420**



**Fotografía 5-31 Proceso de remoción activo en el K53+360**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Tabla 5.10 se presenta la información del sitio estabilizado con obras de contención en el tramo entre el K53+720 y el K53+760

**Tabla 5.10. Sitios estabilizados con obras de contención entre el K53+000 y el K53+800**

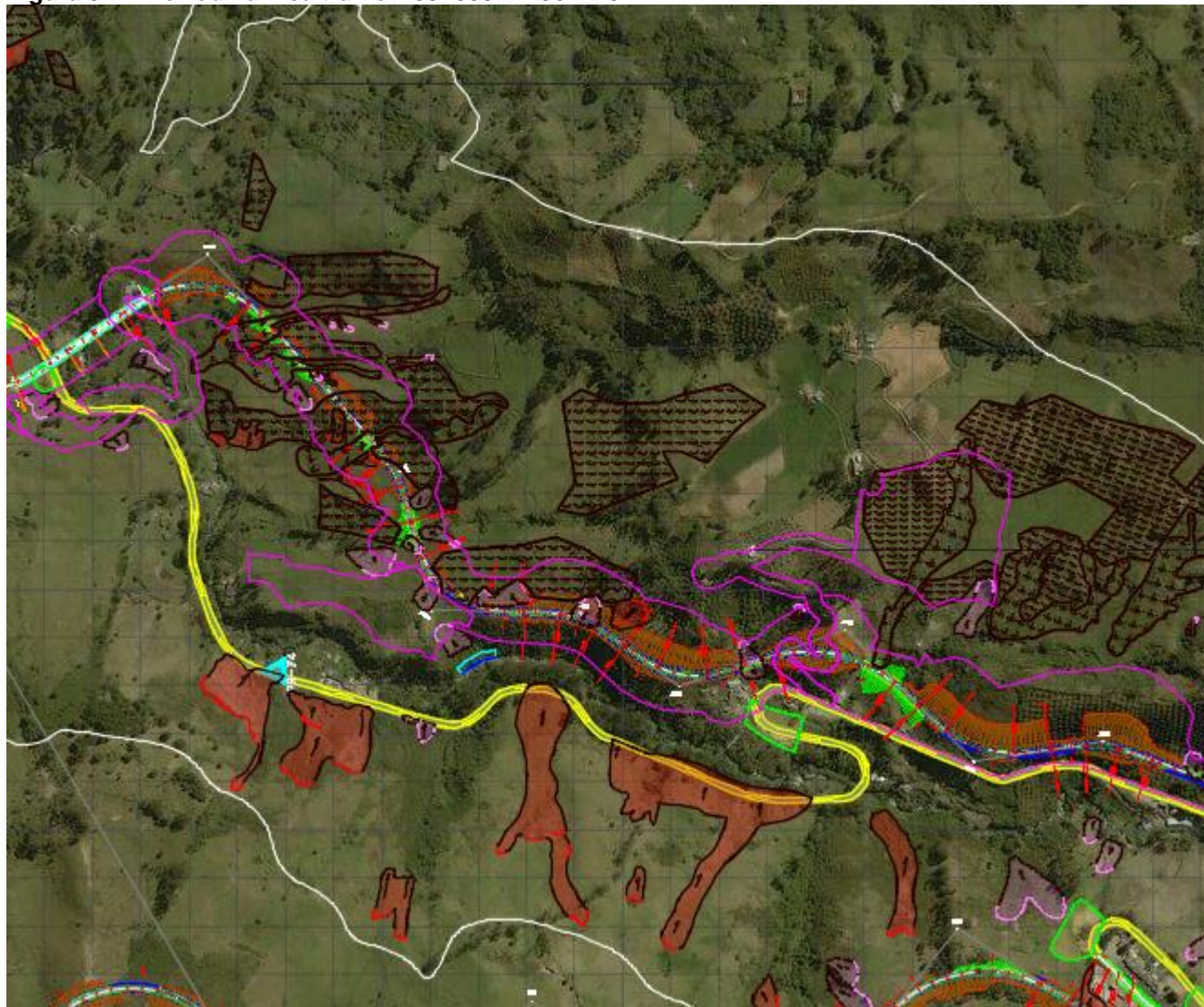
<p>PR sector estabilizado: PR74+580  Diseño UF2: K53+720 y el K53+760  Tipo de obra existente: Muro de contención en concreto reforzado  Afectación: El puente se construirá sin afectar la obra. El análisis geotécnico de la cimentación del puente considerará la obra existente.  Tipo de obra de contención a construir: No se consideran nuevas obras de contención.</p>	

- Tramo K53+800 a K56+240

En la Figura 5.22 se muestran los procesos morfodinámicos del tramo entre el K53+800 y el K56+240; en esta figura se pueden distinguir los procesos que se superponen con el Área de Intervención del proyecto delimitada por la línea color magenta.



**Figura 5.22 Morfodinámica tramo K53+800 – K56+240**

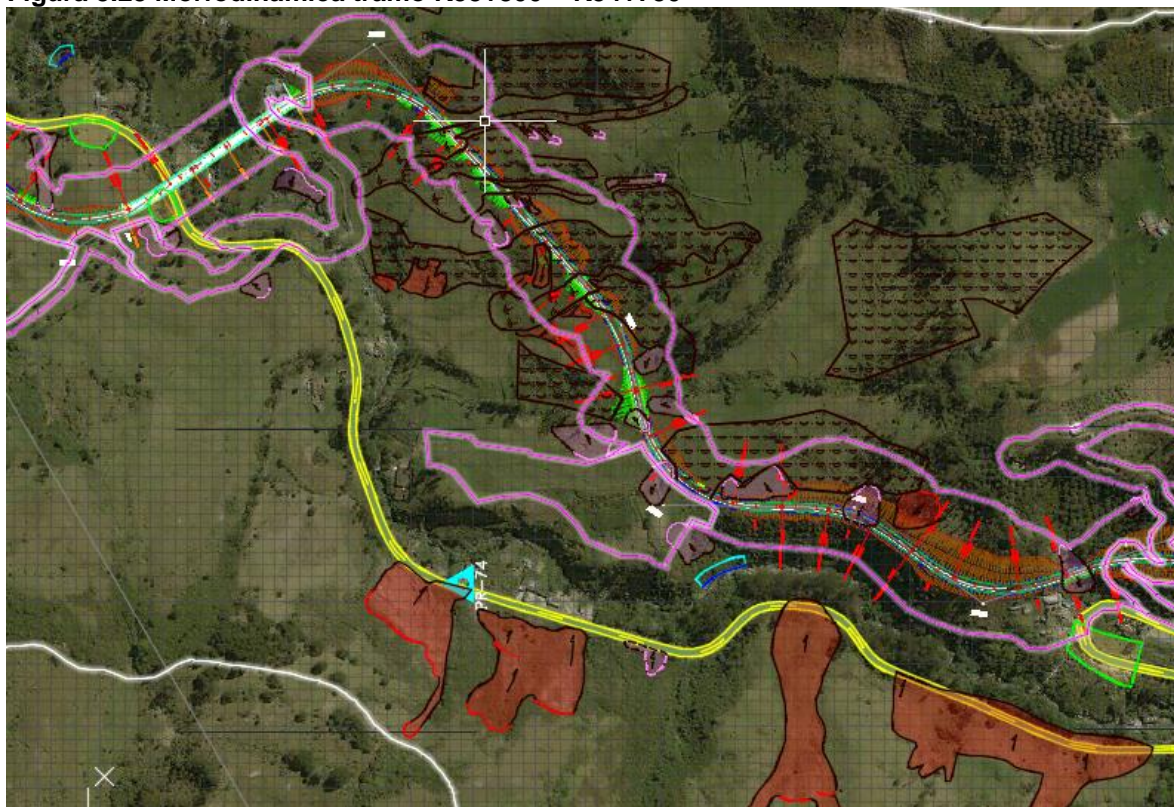


Fuente: AECOM - ConCol., 2018; Dibujo s sobre imagen BING DE Microsoft Corporation



El tramo del K53+800 al K54+750 el corredor avanza por una zona de topografía ondulada a colinada con lomos alargados en sentido norte sur en donde se presentan en las laderas pequeños movimientos con desprendimientos superficiales originados en terracetas por sobrepastoreo muy pronunciadas, y valles abiertos de suelos arcillosos húmedos con movimientos superficiales del terreno de tipo colada de solifluxión; movimientos que se ven favorecidos por la humedad del terreno, la falta de vegetación de tipo arbórea con raíces profundas y el sobrepastoreo por actividades de ganadería extensiva (Figura 5.23, Fotografía 5-32 y Fotografía 5-32). Los procesos de remoción tienen lugar en suelos residuales arcillosos de las formaciones Barco (E1b) y Colón y Mito Juan (Kscm).

**Figura 5.23 Morfodinámica tramo K53+800 – K54+750**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018; Dibujos sobre imagen Microsoft Bing Map

**Fotografía 5-32 – Deslizamiento menor activo en el K54+700**



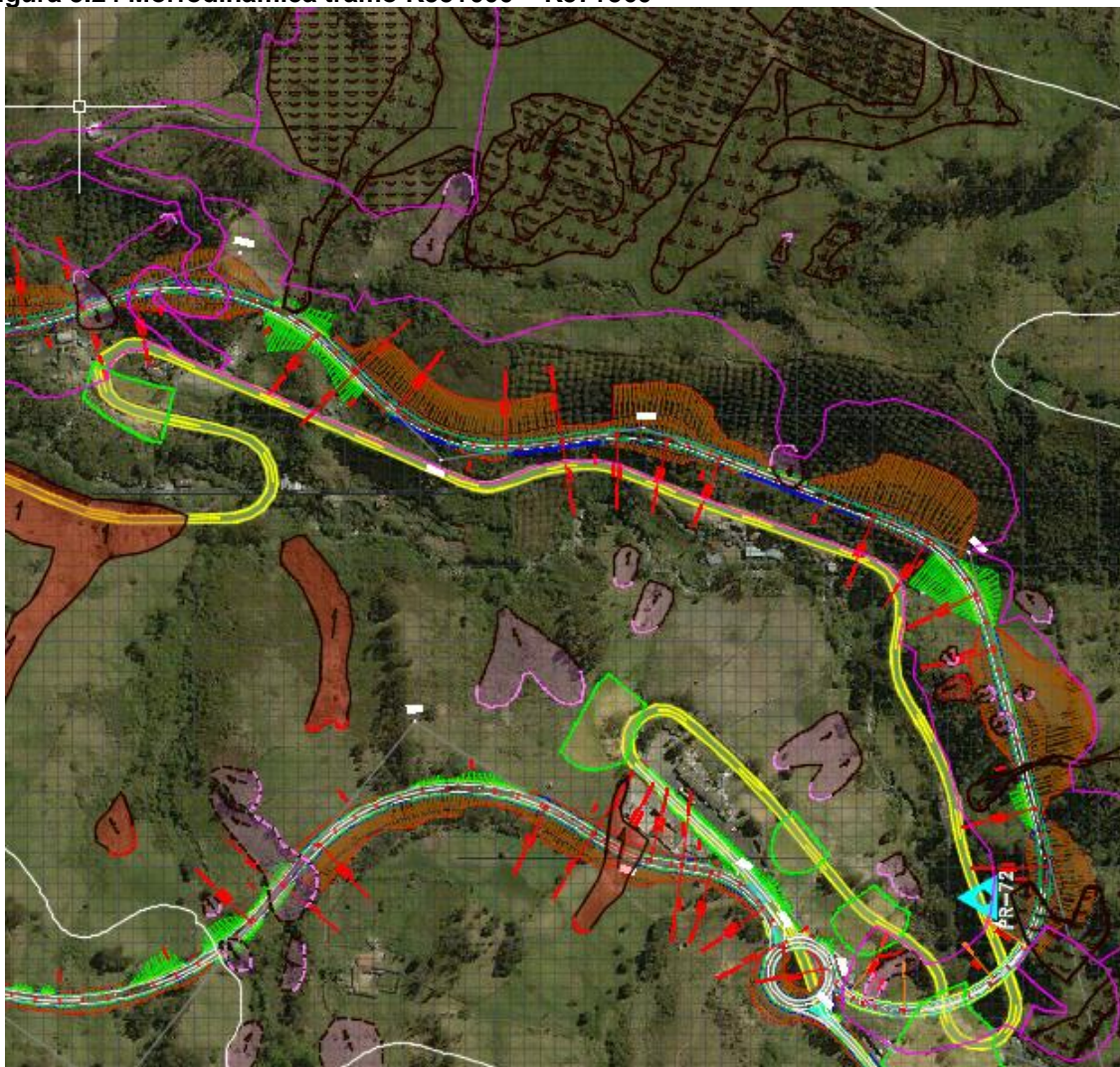
**Fotografía 5-33 – Deslizamiento menor activo en el K54+540**



En el tramo del K54+750 al K56+226 se presenta un deslizamiento activo que va a ser intervenido con cortes en el terreno para la conformación de la doble calzada; 5 deslizamientos menores inactivos y uno estabilizado con obras de contención tipo muros de concreto y anclajes activos (Figura 5.24). La Fotografía 5.34 ilustra un deslizamiento activo de tipo rotacional que será intervenido con cortes en el K55+830; la Fotografía 5.35 muestra un deslizamiento estabilizado con obras civiles en el K56+110.



**Figura 5.24 Morfodinámica tramo K55+000 – K57+560**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018; Dibujos sobre imagen Microsoft Bing Map

**Fotografía 5-34 Deslizamiento activo en el K55+830**



**Fotografía 5-35 – Deslizamiento estabilizado en el K56+110**





En la Tabla 5.11 se presenta la información del sitio estabilizados con obras de contención en el tramo entre el K56+120 y el K56+160

**Tabla 5.11. Sitio estabilizado con obras de contención entre el K56+120 y el K56+160**

	
<p>PR sector estabilizado: PR71+800  Diseño UF2: K56+120 y el K56+160  Tipo de obra existente: Anclajes activos, pantalla anclada y enrocado.  Afectación: El diseño de la cimentación tendrá en cuenta las obras de contención existentes. Se realizarán los análisis y diseños de estabilización respectivos.  Tipo de obra de contención a construir: No se consideran nuevas obras de contención.</p>	

#### 5.1.1.2.5 Descripción geomorfológica del corredor vial

- Tramo del K49+050 al K53+800

Entre el K49+050 y el K53+800 el corredor vial se proyecta paralelo al río Pamplonita interviniendo la parte inferior de la ladera estructural de una zona montañosa con expresión morfológica de origen estructural denudativo. A lo largo de todo este tramo la doble calzada intervendrá sectores de deslizamientos activos e inactivos (lóbulos de deslizamiento rotacional y de solifluxión), algunos estabilizados con obras de contención, generados por la pérdida de soporte en la base de la ladera como consecuencia de socavación lateral en la margen occidental del río Pamplonita que afecta suelos residuales. En el tramo del K50+350 al K50+430 la intervención tendrá lugar sobre macizo rocoso con talud protegido superficialmente con concreto lanzado reforzado con malla anclada a la roca y dispuesto además con sistema de drenaje tanto superficial como interno.

- Tramo del K53+800 al K56+100

Entre el K53+800 y el K56+100 el corredor vial continúa paralelo al río Pamplonita interviniendo la parte inferior de la ladera de espinales correspondientes a una zona montañosa estructural. La segunda calzada intervendrá en su mayoría zonas de lóbulos coluviales y de solifluxión y algunos rotacionales (zonas con procesos de remoción en masa con deslizamientos activos e inactivos), algunas estabilizadas actualmente con obras de contención construidas en los costados de la vía actual.

- Tramo del K56+100 al K56+900

Entre el K56+100 y el K56+900 el corredor vial continúa atraviesa toda una ladera estructural, cruzando mediante puente a la otra margen del río para continuar sobre dicha ladera. En este sector la doble calzada intervendrá una ladera estructural de ambiente estructural denudativo con cortes del terreno zonas inestables, atravesando una importante en el tramo del K56+500 al K56+800.

#### **5.1.1.2.6 Conclusiones**

- En el área de influencia de la Unidad Funcional 2 no se identificaron zonas con deslizamientos activos de grandes proporciones; los más grandes presentan menos de 2 ha y se encuentran por fuera del área de intervención. Al interior del área de influencia se identificaron 56 sitios con procesos de remoción activos, que incluyen deslizamientos rotacionales y traslacionales; 77 sitios con procesos de deslizamiento inactivo; 17 sitios de deslizamiento estabilizado mediante obras de contención; 3 sitios con erosión en cárcavas; 18 sitios con socavación lateral; 25 áreas afectadas con terracetas de soliflucción superficial “tipo pata de vaca” y 8 sitios con soliflucción en colada. Es importante resaltar que la doble calzada no intervendrá todos estos sitios; con las obras proyectadas se superponen parcialmente 3 deslizamientos menores activos, 29 deslizamientos menores inactivos, 9 deslizamientos estabilizados con obras de contención y 4 zonas con soliflucción en coladas.
- Entre el K49+050 y el K50+000, al interior del área de intervención se encuentran dos procesos de remoción estabilizados con obras de contención, que tienen lugar en zonas de ladera con coberturas vegetales dominadas por pastos, en suelos de depósito coluvial producto de la sedimentación originada en antiguos deslizamientos, compuestos por materiales finos que conforman una matriz que embebe gravas, cantos y bloques dispuestos de manera errática.
- En el tramo del K50+000 al K51+000, en el área de intervención se presentan tres deslizamientos estabilizados con obras de contención para la vía actual, ubicados en el K50+150; en el K50+400 y en el K50+900. Estos deslizamientos estabilizados tienen lugar en zonas de ladera con coberturas vegetales dominadas por pastos; en materiales de cono de deyección y de depósito coluvial.
- En el tramo del K51+000 al K52+000 se presentan cuatro procesos de remoción inactivos; que serán intervenidos con cortes para la conformación de la doble calzada. El sector está dominado por materiales de litología sedimentaria, con suelos residuales arcilloarenosos con gravas y macizos de estratificación centimétrica muy diaclasados y meteorizados con gravas angulosas frágiles; suprayacidos por materiales de depósito coluvial con matriz fina embebiendo gravas.
- En el tramo del K52+000 al K53+000 se encuentran en el área de intervención un procesos de remoción inactivos y uno estabilizado con obras de contención, que tienen lugar en suelos de depósito coluvial.

- vi. En el tramo del K53+000 al K53+800 se presentan 10 procesos menores de remoción en masa tanto activos e inactivos como estabilizados con obras de contención que se superponen con el área de intervención; sin embargo, es de resaltar que la proyección de la vía se realiza por los sitios más favorables a la estabilidad evitando cruzar varios de los procesos de remoción y cruzando por la corona de otros, donde la afectación es mínima. En la práctica los cortes y rellenos para la conformación de la vía intervendrán un deslizamiento activo, tres procesos menores de remoción inactivos y 1 proceso estabilizado con obras de contención. Estos procesos tienen lugar principalmente en suelos delgados de depósito coluvial suprayaciendo suelos residuales arcilloarenosos con gravas de la formación Colón y Mito Juan.
- vii. El tramo del K53+800 al K54+750 el corredor avanza por una zona de topografía ondulada a colinada con lomos alargados en sentido norte sur en donde se presentan en las laderas pequeños movimientos con desprendimientos superficiales originados en terracetas por sobrepastoreo muy pronunciadas, y valles abiertos de suelos arcillosos húmedos con movimientos superficiales del terreno de tipo colada de solifluxión; movimientos que se ven favorecidos por la humedad del terreno, la falta de vegetación de tipo arbórea con raíces profundas y el sobrepastoreo por actividades de ganadería extensiva. Los procesos de remoción tienen lugar en suelos residuales arcillosos de las formaciones Barco (E1b) y Colón y Mito Juan (Kscm).
- viii. En el tramo del K54+750 al K56+226 se presenta un deslizamiento activo que va a ser intervenido con cortes en el terreno para la conformación de la doble calzada; 5 deslizamientos menores inactivos y uno estabilizado con obras de contención tipo muros de concreto y anclajes activos.

### **5.1.2 Paisaje**

En la determinación del paisaje se establece una integralidad de la totalidad de los recursos naturales y la dinámica social que se desarrolló alrededor de los mismos, la que en su conjunto define la escena visual compuesta por la vegetación, el suelo, el agua, los diferentes desarrollos antrópicos, incluyendo entre ellos a la población. Con base en lo anterior se considera el análisis del paisaje como una expresión visual del medio lo que corresponde al conjunto de características del entorno en términos de los medios biótico, físico y antrópico, que sean perceptibles a la vista.

#### **5.1.2.1 Unidades de paisaje local**

Las unidades de paisajes sobre las cuales se realiza el análisis se sustentan en la conjunción de las unidades geomorfológicas (tipo de relieve) y las unidades de uso (cobertura), que lleva a establecer unidades de análisis altamente homogéneas que permiten desarrollar una evaluación del paisaje de tipo integral.

#### **5.1.2.2 Descripción del proyecto frente al componente paisajístico**

El paisaje del área de influencia se clasifica dentro de la segunda categoría definida por la UNESCO como “paisajes evolucionados orgánicamente”. Es decir que su forma y



apariciencia actual es resultado de la interacción de procesos sociales, económicos y político/administrativos junto con el ambiente natural (Rigol, 2004).

Dichos paisajes reflejan claramente su evolución al analizar la interacción entre sus sistemas naturales y antrópicos (también llamados culturales). En este sentido la caracterización del paisaje busca comprender la estructura, funcionamiento y evolución del paisaje, teniendo en cuenta dichos sistemas.

A partir de lo anterior, la construcción de la doble calzada Pamplona - Cúcuta, es un proyecto que modificará la estructura paisajística del área de influencia y las unidades identificadas en ellas, ya que por la naturaleza de las actividades incluidas en el proceso de construcción y desarrollo del proyecto, se modificará la geomorfología del terreno en las áreas puntuales por donde va a pasar la vía.

Este cambio en la estructura, en combinación con la alteración y eliminación de algunas de las coberturas existentes, propiciara que, al término de la realización del proyecto, el componente paisajístico cambie en una proporción importante, alterando tanto las unidades presentes, como las características de calidad del paisaje.

Del mismo modo, vale la pena anotar que, gracias a la dinámica propia del componente paisajístico, la cual incluye la percepción por parte de la comunidad, los procesos de alteración y modificación de la estructura paisajística, van a ser interiorizados, dando resultado la aceptación del paisaje resultante como algo propio del entorno en un futuro, a partir de su evolución.

### 5.1.2.3 Unidades geomorfológicas

Para la determinación de las unidades geomorfológicas, base física para el establecimiento de las unidades de paisaje, se realizó la agrupación de los tipos de relieve obtenidos en la caracterización geomorfológica, los cuales se agruparon por su alto nivel de similitud. En la Tabla 5.12 se presentan las categorías correspondientes a las unidades geomorfológicas agrupadas en términos de las diferentes categorías del sistema de clasificación, determinando las unidades de paisaje desde la perspectiva geomorfológica.

**Tabla 5.12 Agrupación de unidades geomorfológicas**

Paisaje	Tipo de relieve	Símbolo
Montaña	Crestas homoclinales abruptas	Mct
	Crestones homoclinales	Mcr
	Valle coluvio aluvial	Mva
Zonas antropizadas	Zonas antropizadas	ZA

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

### 5.1.2.4 Unidades de cobertura de la tierra

De acuerdo con el mapa de las coberturas vegetales, se realizó un análisis que permitió establecer grupos de cobertura y por consiguiente usos altamente similares a partir de los cuales se generan grupos para ser cruzados con la geomorfología. En la Tabla 5.13 se

presenta los diferentes usos y coberturas las cuales se agrupan en virtud de su similar funcionalidad y características. Cabe mencionar que para el caso de los bosques de galería y riparios se encuentran en los dos subsistemas naturales (bosques y vegetación natural, y cuerpos de agua y vegetación asociada), ya que estos se agruparon en función de sus características, tamaño y relación directa con el río Pamplonita.

**Tabla 5.13 Agrupación de coberturas de la tierra**

Sistema	Subsistema	Cobertura	Símbolo
Cultural	Agropecuario	Cítricos	Cap
		Maíz	
		Mosaico de cultivos	
		Mosaico de pastos con espacios naturales	
		Mosaico de pastos y cultivos	
		Otros cultivos permanentes arbustivos	
		Otros cultivos transitorios	
		Pastos arbolados	
		Pastos enmalezados	
		Pastos limpios	
	Infraestructura y transporte	Red vial	Cit
	Urbano	Construcciones Rurales	Cur
		Tejido urbano discontinuo	
		Zonas comerciales	
Natural	Bosques y vegetación natural	Arbustal denso alto	Nbv
		Bosque de galería y ripario	
		Bosque fragmentado con vegetación secundaria	
		Vegetación secundaria baja	
	Cuerpos de agua y vegetación asociada	Bosque de galería y ripario	Ncv
		Ríos (50 m)	

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.2.5 Determinación de las unidades de paisaje

La unidad de paisaje (landscape, landshaft, geosistema) se constituye en la unidad fundamental de análisis y se define como “una porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad, conformada por un conjunto complejo de sistemas producto de la actividad de las rocas, agua, aire, plantas, los animales y el hombre, que por su fisonomía es reconocible y diferenciable de otras vecinas (Zonneveld, 1979).

La geomorfología es la base de la determinación de las unidades de paisaje. Por su parte la cobertura vegetal se genera a partir de la metodología de Corine Land Cover (Ideam, 2010).

Como resultado del proceso de fusión entre la geomorfología y las coberturas vegetales identificadas, se establece nueve unidades de paisajes las cuales se presentan en la Tabla

5.14, donde igualmente se presenta su área y porcentaje. Adicionalmente en la Figura 5.25 y el plano PAPM\_012\_EIA\_MA\_PJ\_001\_SIG, se presenta la distribución de las unidades de paisaje del área de influencia (AI).

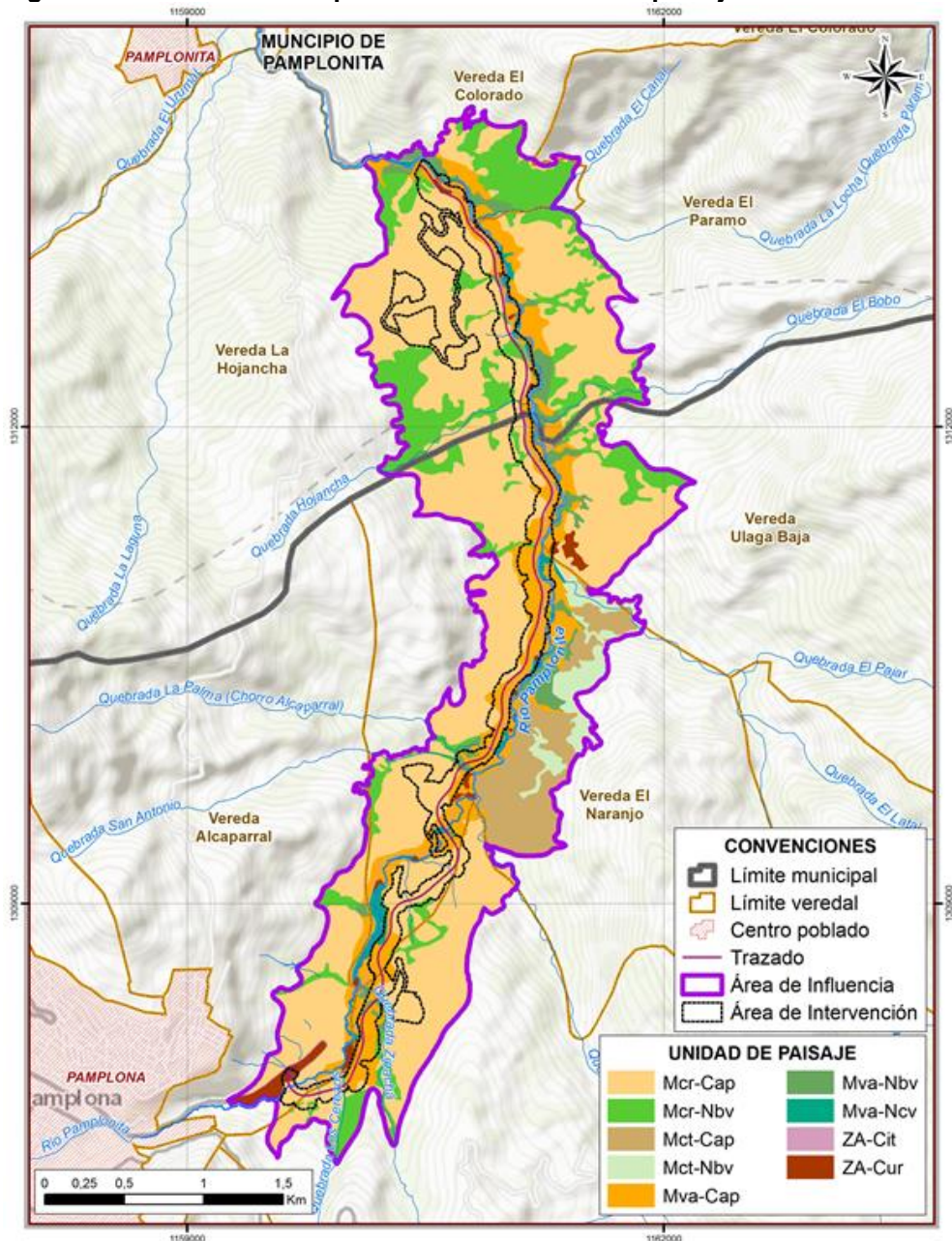
**Tabla 5.14 unidades de paisaje en el AI**

Paisaje	Tipo de relieve	Sistema	Subsistema	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Montaña	Crestas	Cultural	Agropecuario	Mct-Cap	44,95	6,03
		Natural	Bosques y vegetación natural	Mct-Nbv	20,95	2,81
	Crestones	Cultural	Agropecuario	Mcr-Cap	413,52	55,47
		Natural	Bosques y vegetación natural	Mcr-Nbv	117,90	15,81
	Valle coluvio aluvial	Cultural	Agropecuario	Mva-Cap	89,46	12,00
		Natural	Bosques y vegetación natural	Mva-Nbv	24,25	3,25
			Cuerpos de agua y vegetación asociada	Mva-Ncv	17,36	2,33
Zonas antropizadas		Cultural	Infraestructura y transporte	ZA-Cit	6,66	0,89
			Urbano	ZA-Cur	10,43	1,40
Total					745,47	100

Fuente: Aecom - ConCol, 2017



**Figura 5.25 Distribución espacial de las unidades de paisaje en el AI**



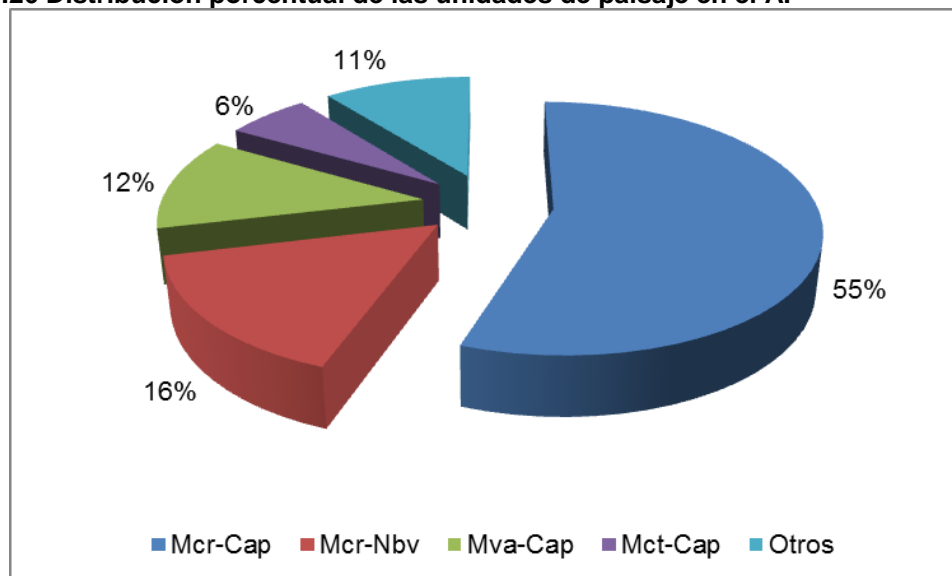
Fuente: Aecom - ConCol, 2017

Como se aprecia en la Figura 5.26, el 55 % del área de influencia está representada por la unidad Mcr-Cap, la cual corresponde al subsistema agropecuario ubicado en los crestones de las montañas. En importancia continua el paisaje del subsistema de bosques y vegetación natural en crestones Mcr-Nbv, el cual se distribuye en el 16 % del total del área.

En tercer lugar se presenta el subsistema agropecuario ubicado en valles Mva-Cap con una cobertura del 12 %, mientras que la unidad Mct-Cap, caracterizada por ser el subsistema agropecuario ubicado en crestas, representa el 6 % del AI.

Por último, con el 11 %, se reportan las unidades que presentan valores al 5 %, las cuales corresponden a sistemas naturales y culturales de zonas antropizadas y cuyos valores de distribución pueden apreciarse en la Tabla 5.14. A continuación, se presenta una descripción de las unidades de paisaje más representativas del AI.

**Figura 5.26 Distribución porcentual de las unidades de paisaje en el AI**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.2.5.1 Subsistema Agropecuario en Crestones Mcr-Cap

Este paisaje se caracteriza por presentar coberturas asociadas a usos agropecuarios en las que se encuentran mosaicos de cultivos, pastos, y espacios naturales, así como cultivos permanentes y transitorios, y praderas destinadas a la ganadería, las cuales se ubican en los crestones de las montañas y se pueden apreciar en la Fotografía 5.2 y Fotografía 5.2.

**Fotografía 5.1 Cultivo de tomate de árbol**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

**Fotografía 5.2 Cultivo de durazno**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017



#### **5.1.2.5.2 Subsistema Bosques y vegetación natural en Crestones Mcr-Nbv**

Como se presenta en la Fotografía 5.3, esta unidad de paisaje la compone el sistema asociado a bosques y vegetación natural, en donde se incluyen las coberturas de arbustales altos, bosques de galería y riparios, así como vegetación secundaria baja, ubicados en los crestones de las montañas.

**Fotografía 5.3 Vegetación secundaria en crestones**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### **5.1.2.5.3 Subsistema Agropecuario en Valle coluvio aluvial Mva-Cap**

Esta unidad se caracteriza por presentar mosaicos de pastos y cultivos y pastos con espacios naturales o sistemas productivos agrícolas como el caso del maíz, los cuales se distribuyen en el valle coluvio aluvial del río Pamplonita y se evidencia en la Fotografía 5.4 y la Fotografía 5.5.

**Fotografía 5.4 Mosaico de cultivos y pastos**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

**Fotografía 5.5 Cultivo de maíz**



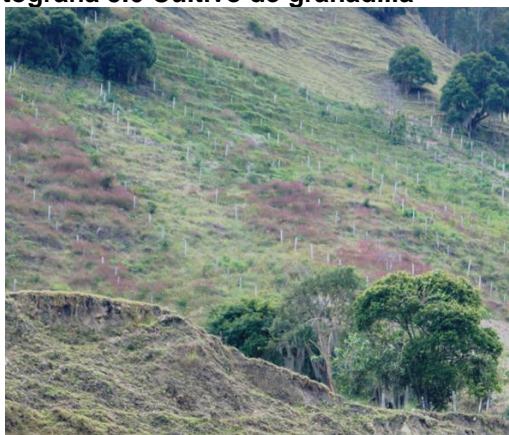
Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### **5.1.2.5.4 Subsistema Agropecuario en Crestas Mct-Cap**



Esta unidad que corresponde al subsistema agropecuario ubicado en las crestas de las montañas, se caracteriza por presentar sistemas productivos agrícolas como el cultivo de la granadilla (Fotografía 5.6) y producción ganadera con destinación lechera (Fotografía 5.7).

**Fotografía 5.6 Cultivo de granadilla**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

**Fotografía 5.7 Producción ganadera**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.2.5.5 Unidades de paisaje en el área de intervención

En la Tabla 5.15 se presentan la distribución porcentual de las unidades de paisaje presentes en el área de intervención, en la cual se evidencia que el 50 % de esta corresponde a la unidad Mcr –Cap. En segundo lugar, se reporta la unidad Mva-Cap con una cobertura del 35 %, mientras que las unidades Mcr-Nbv y Mva-Ncv reportan coberturas de 4 %, cada una de ellas. El 7 % restante se distribuye en tres unidades cuyo valor de cobertura no supera el 3 %, tal como se evidencia en la siguiente tabla.

**Tabla 5.15 Unidades de paisaje en el área de intervención**

Tipo de relieve	Subsistema	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Crestones	Agropecuario	Mcr-Cap	54,91	49,61
	Bosques y vegetación natural	Mcr-Nbv	4,79	4,33
Valle coluvio aluvial	Agropecuario	Mva-Cap	39,14	35,35
	Bosques y vegetación natural	Mva-Nbv	2,12	1,92
	Cuerpos de agua y vegetación asociada	Mva-Ncv	4,44	4,01
Zonas antropizadas	Infraestructura y transporte	ZA-Cit	3,32	3,00
	Urbano	ZA-Cur	1,96	1,77
<b>Total</b>			<b>110,70</b>	<b>100</b>

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

### 5.1.2.6 Evaluación y análisis del paisaje

Establecidas las unidades de paisaje se realiza sobre estas la calificación del paisaje desde su perspectiva visual y funcional lo que permite establecer la percepción de la totalidad de los elementos que lo integran o rodean, paisajes que son observados de forma diferente y particular por los observadores, según los aspectos relacionados con educación, cultura, estrato socio económico, origen, hábitos y edad, entre otros, lo que favorece la subjetividad del componente.

Los principales aspectos aplicados a la evaluación y el análisis del paisaje bajo la premisa de la percepción visual corresponden a los siguientes.

- i. **Calidad visual:** Se define cómo la presencia de valores estéticos en un medio, tales como, geoforma específica con la presencia de vegetación, cuerpos de agua, contraste de color, fondo escénico en la profundidad, rareza y actuación humana (BLM, 1980).
- ii. **Capacidad de absorción o fragilidad visual:** Mide el grado de deterioro que un paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones (Yeomans, 1986).
- iii. **Accesibilidad visual:** Se define como la facilidad con la que se puede observar un punto desde diferentes líneas de visualización (Steinitz, 1979).

Estos parámetros permiten clasificar de manera integral la visibilidad y singularidad paisajística de la zona. Cabe mencionar que el total de los resultados de la evaluación de la calidad paisajística se presentan en el Anexo 5.1.4 Suelo\_Paisaje, carpeta D - Evaluación de la calidad del paisaje, mientras que en el documento se presenta un consolidado de los mismos.

### 5.1.2.7 Calidad visual del paisaje

Para la evaluación de la calidad visual del paisaje se utilizó el método indirecto del Bureau of Land Management (BLM, 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Se asigna un puntaje a cada componente según los criterios de valoración y la suma total de los puntajes parciales determina la clase de calidad visual, por comparación con una escala de referencia. En la Tabla 5.16 se presenta los criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje.

**Tabla 5.16 Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje (BLM, 1980)**

COMPONENTE	CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN		
Geomorfología o Morfología	Relieve montañoso, marcado y prominente o bien releve de gran variedad superficial o muy erosionado, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
	5	3	1

COMPONENTE	CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN		
Fauna	Presencia de fauna permanente en el lugar, o especies llamativas, o alta riqueza de especies.	Presencia esporádica en el lugar, o especies poco vistosas, o baja riqueza de especies.	Ausencia de fauna de importancia paisajística.
	5	3	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación
	5	3	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje	Ausente o inapreciable
	5	3	0
Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
	5	3	1
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
	5	3	0
Singularidad o Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional	Característico o, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
	6	2	1
Actuación humana	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica
	3	1	0

Fuente: (BLM, 1980)

En la Tabla 5.17, se presentan las clases utilizadas para evaluar la calidad visual.



**Tabla 5.17 Clases utilizadas para evaluar la calidad visual y puntaje**

CLASE	DESCRIPCIÓN
<b>Clase A</b>	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes (puntaje del 19-39)
<b>Clase B</b>	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales ( puntaje del 12-18)
<b>Clase C</b>	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura. (puntaje de 0-11)

Fuente: (BLM, 1980)

Por su parte en la Tabla 5.18 se presentan el promedio de las calificaciones de calidad visual realizada para la totalidad de las unidades de paisaje identificadas en el AI.

**Tabla 5.18 Promedio de evaluación de la calidad visual de las unidades de paisaje en el AI**

UNIDAD DE PAISAJE	Mcr-Cap	Mcr-Nbv	Mva-Cap	Mct-Cap	Mva-Nbv	Mct-Nbv	ZA-Cur	Mva-Ncv	ZA-Cit
<b>GEOMORFOLOGÍA</b>	2	4	1	4	2	3	2	2	2
<b>FAUNA</b>	2	2	2	3	4	3	1	3	1
<b>VEGETACIÓN</b>	2	4	2	1	5	4	2	3	1
<b>AGUA</b>	3	4	2	2	5	2	2	5	3
<b>COLOR</b>	2	4	3	2	3	3	3	3	2
<b>FONDO ESCÉNICO</b>	4	3	2	2	3	4	3	3	3
<b>RAREZA</b>	1	3	1	2	3	5	4	3	2
<b>ACTUACIÓN HUMANA</b>	0	2	1	1	2	2	1	1	1
<b>TOTAL</b>	17	27	15	17	27	25	17	23	15
<b>CALIDAD VISUAL</b>	Clase B	Clase A	Clase B	Clase B	Clase A	Clase A	Clase B	Clase A	Clase B

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

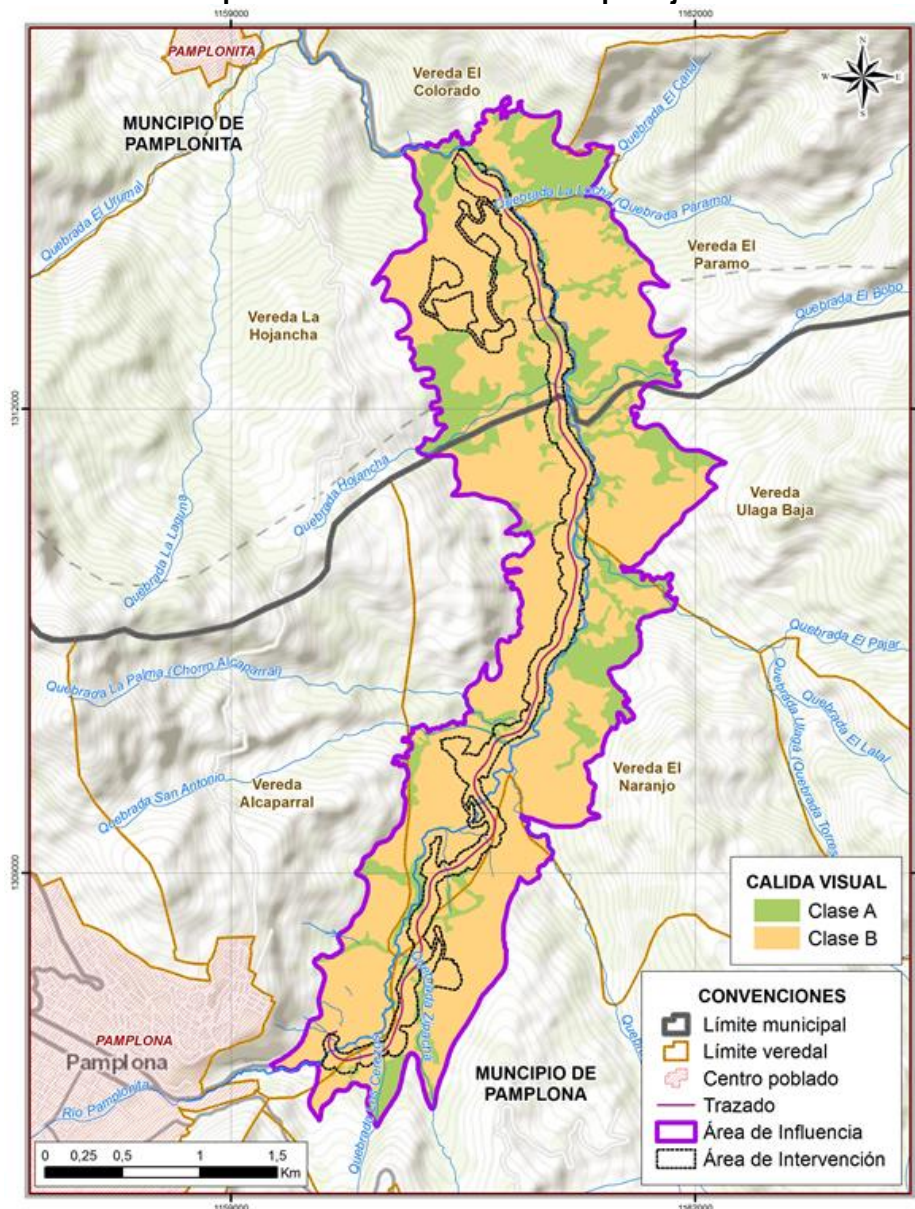
Como se presenta en la Tabla 5.19, el 80 % del área de influencia corresponde a áreas con calidad media, mientras el porcentaje restante se divide en áreas de calidad alta (20 %). Cabe resaltar que para el área de influencia, ninguna unidad se calificó con calidad visual baja. Así mismo en la Figura 5.27 se presenta la distribución espacial de la calificación de calidad.

**Tabla 5.19 Distribución de la calidad visual en el AI**

Categoría	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Áreas de Calidad Alta	Clase A	180,46	24,21
Áreas de calidad media	Clase B	565,01	75,79
Áreas de calidad baja	Clase C	-	-
<b>Total</b>		<b>745,47</b>	<b>100</b>

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

**Figura 5.27 Distribución espacial de la calidad visual del paisaje en el AI**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.2.7.1 Calidad visual alta

Las áreas de calidad alta están asociadas a los paisajes del sistema natural con los subsistemas de bosques y vegetación natural, y cuerpos de agua y vegetación asociada, distribuidos en los tipos de relieve de crestas, crestones y valles.

Esta calificación se debe a que estas unidades de paisaje presentan diversidad de vegetación, la cual genera contraste de formas, texturas y colores y que a su vez son hábitat de fauna, lo que aumenta el interés paisajístico. Combinado con esto, se relaciona la geoestructura de las unidades, ya que al ubicarse en un paisaje montañoso se potencia

el fondo escénico y permite que sobresalgan estas unidades al compararlas con las del sistema cultural, como se puede apreciar en la Fotografía 5.8 y Fotografía 5.9.

**Fotografía 5.8 Paisaje Mcr-Nbv**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

**Fotografía 5.9 Paisaje Mva-Ncv**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### **5.1.2.7.2 Calidad visual media**

Corresponde a las unidades de paisaje culturas, en las cuales como su nombre lo indica, han sido generadas a través de procesos de transformación del entorno natural por la actividad antrópica, lo que conlleva a pérdida de diversidad tanto de flora y fauna, lo que disminuye la percepción de calidad del paisaje.

En esta categoría se incluyen unidades de paisaje asociadas a la producción agropecuaria y áreas antropizadas como vivienda rural e infraestructura, las cuales se presentan en la Fotografía 5.10 y Fotografía 5.11.

**Fotografía 5.10 Paisaje Mcr-Cap**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

**Fotografía 5.11 Paisaje ZA-Cit**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### **5.1.2.7.3 Calidad visual en el área de intervención**



Para el área de intervención, en la Tabla 5.20 se presenta la distribución de las categorías de calidad visual identificadas, en las cuales y en concordancia con lo reportado para el AI, el mayor porcentaje de cobertura (90 %), corresponde a la clase B de la calidad visual, la cual, como se mencionó anteriormente corresponde a las unidades de paisaje del sistema cultural. En cuanto al porcentaje restante (10 %), corresponde a las unidades del sistema natural, las cuales se calificaron con una calidad visual alta.

**Tabla 5.20 Calidad visual del paisaje en el área de intervención**

Categoría	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Áreas de Calidad Alta	Clase A	11,36	10,26
Áreas de calidad media	Clase B	99,34	89,74
<b>Total</b>		<b>110,70</b>	<b>100</b>

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

### 5.1.2.8 Capacidad de absorción o fragilidad visual

De acuerdo con la metodología de Yeomans, (1986), se define la fragilidad como la susceptibilidad que tiene el paisaje al cambio, cuando se desarrolla un uso sobre él. Por su parte, la capacidad de absorción es la cualidad que tiene el paisaje para acoger acciones propuestas sin que se produzcan variaciones en su carácter visual.

Para determinar la fragilidad o la capacidad de absorción visual del paisaje, se asignaron puntajes a un conjunto de factores del paisaje considerados determinantes de estas propiedades.

Los puntajes obtenidos se ingresan a la fórmula que determina la capacidad de absorción visual del paisaje (CAV), la cual se presenta a continuación:

$$CAV = P * (E + R + D + C + V)$$

Dónde:

**P**= Pendiente

**E**= Erosionalidad

**R**= Potencial

**D**= Diversidad de la vegetación

**C**= Contraste de color

**V**= Actuación humana

En la Tabla 5.21, se presentan los factores, condiciones y sus puntajes nominales y numéricos, determinantes de su capacidad de absorción visual CAV.

**Tabla 5.21 Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual CAV**

FACTOR	CONDICIONES	PUNTAJES	NOMINAL NÚMÉRICO
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1
	Inclinación suave (25-55% pendiente)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25% de pendiente)	Alto	3
Estabilidad del suelo y	Restricción alta derivada de riesgos alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración	Bajo	1

FACTOR	CONDICIONES	PUNTAJES	NOMINAL NUMÉRICO
erosionabilidad (E)	potencial		
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Bajo	1
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1
	Coníferas, repoblaciones.	Moderado	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3
Actuación humana (C)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Bajo	1
Contrastes de color (V)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3

Fuente: (Yeomans, 1986)

En la Tabla 5.22 se presentan las categorías utilizadas para evaluar la capacidad de absorción visual del paisaje, asignándole una clase de acuerdo a la escala de referencia.

**Tabla 5.22 Escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción visual del paisaje**

Clase	Escala
Bajo	< 15
Moderado	15-30
Alto	> 30

Fuente: (Yeomans, 1986)

En la

Tabla 5.23 se presenta el promedio de la calificación de capacidad de absorción de la totalidad de las unidades de paisaje identificadas.

**Tabla 5.23 Promedio de evaluación de la capacidad de absorción de las unidades de paisaje**

UNIDAD DE PAISAJE	P	E	R	D	C	V	CAV	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN
<b>Mcr-Cap</b>	1	2	1	2	2	2	9	Bajo
<b>Mcr-Nbv</b>	1	2	2	3	1	2	10	Bajo

UNIDAD DE PAISAJE	P	E	R	D	C	V	CAV	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN
Mva-Cap	3	3	2	2	3	2	34	Alto
Mct-Cap	1	3	2	2	3	2	10	Bajo
Mva-Nbv	3	3	3	2	2	3	36	Alto
Mct-Nbv	1	2	3	3	2	2	11	Bajo
ZA-Cur	2	2	2	1	3	3	19	Medio
Mva-Ncv	3	3	3	3	2	2	35	Alto
ZA-Cit	3	2	2	1	3	1	22	Medio

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

En la Tabla 5.24 se presenta la distribución de áreas y porcentaje de la capacidad de absorción de las unidades de paisaje, mientras que en la Figura 5.28 se presenta la distribución espacial de esta categoría.

En estas se puede apreciar que el 80 % del AI presenta una capacidad de absorción baja, que está asociada a las unidades de paisaje ubicadas en pendientes pronunciadas, con problemas de estabilidad del suelo y erosión, así como baja a moderada actuación humana.

Esta capacidad de absorción baja conlleva a que las modificaciones que se realicen en estas unidades sean fácilmente perceptibles, pudiendo alterar no solo las características o componentes principales de la estructura paisajística, sino la percepción de calidad y la dinámica de interacción que presenta la comunidad con estas.

En segundo lugar, se reportan las unidades de paisaje con una capacidad de absorción alta, que le permite mantener sus características principales frente a cambios o alteraciones que se puedan presentar. Esto responde a que son unidades ubicadas en partes planas con un alto nivel de intervención humana, lo que permite que las modificaciones que se realicen al medio sean asimiladas rápidamente por la comunidad. Esta categoría corresponde al 18 % del AI.

En último lugar, se presentan las unidades con capacidad de absorción moderada, las cuales corresponden a las unidades del sistema cultural de zonas antropizadas y se distribuyen en el 2 % del AI.

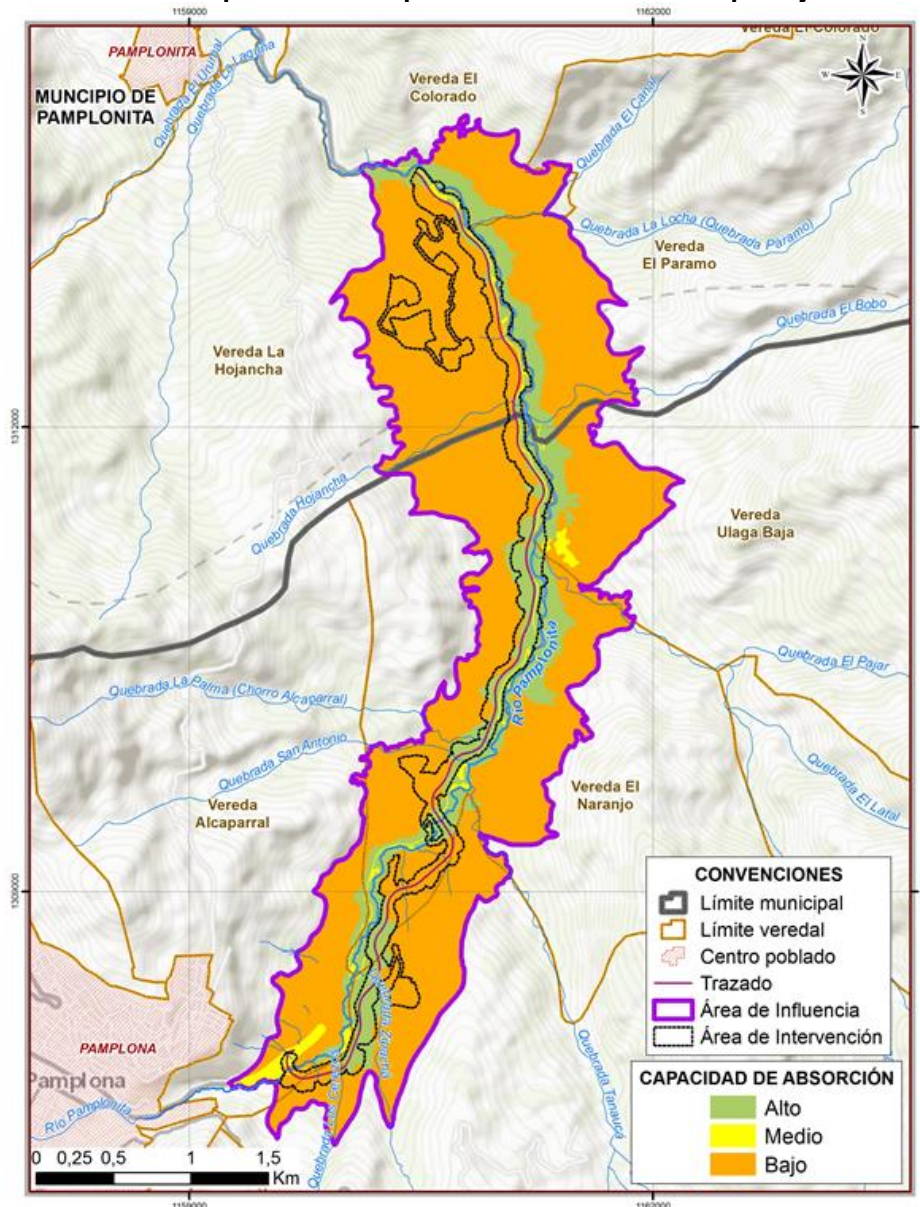
**Tabla 5.24 Capacidad de absorción en el AI**

Categoría	Interpretación	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Capacidad de Absorción Alta	> 30	A	131,08	17,58
Capacidad de Absorción Moderada	15-30	M	17,09	2,29
Capacidad de Absorción Baja	< 15	B	597,31	80,13
<b>Total</b>			<b>745,47</b>	<b>100</b>

Fuente: Aecom - ConCol, 2017



**Figura 5.28 Distribución espacial de la capacidad de absorción del paisaje en el AI**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.2.8.1 Capacidad de absorción en el área de intervención

En la Tabla 5.25 se presenta la distribución de las categorías de capacidad de absorción en el área de intervención, en la cual se evidencia que el 54 % del área de intervención presenta una capacidad de absorción alta, asociado a los paisajes ubicados en pendientes bajas. En segundo lugar, con un 41 % de distribución se reportan las unidades con capacidad de absorción alta, mientras que el restante 5 % corresponde a la categoría de absorción moderada.

**Tabla 5.25 Capacidad de absorción en el área de intervención**

Categoría	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Capacidad de Absorción Alta	A	59,71	53,94
Capacidad de Absorción Moderada	M	5,29	4,78
Capacidad de Absorción Baja	B	45,70	41,28
<b>Total</b>		<b>110,70</b>	<b>100</b>

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

### 5.1.2.9 Análisis de visibilidad

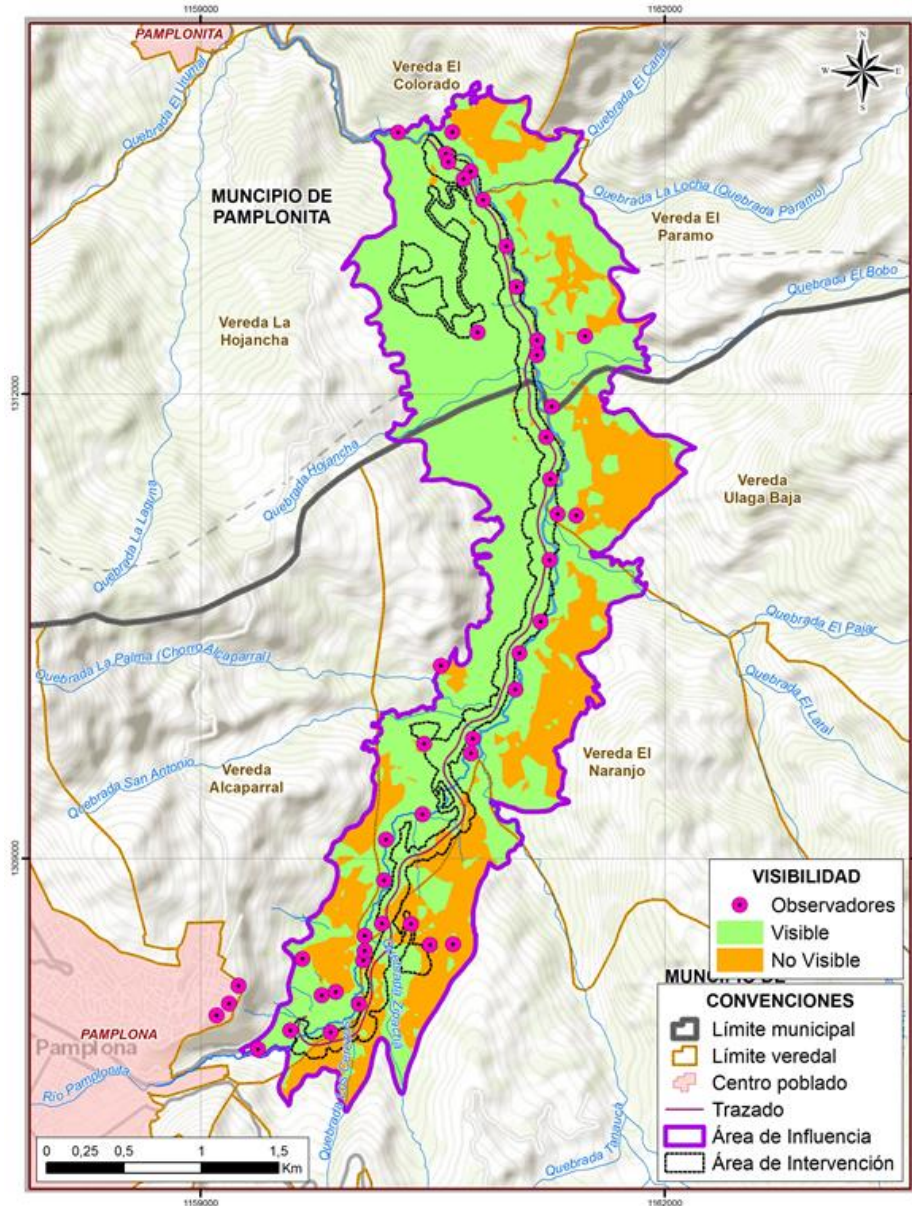
El análisis visual del paisaje tiene como objetivo determinar las áreas visibles desde cada punto o conjunto de puntos, simultáneamente o en (Otero, Varela, Mancebo, & Ezquerra, 2009). El análisis de visibilidad se realizó mediante el software Arc-gis 10.1, a través de la extensión Spatial Analyst y la orden Visibility. Para tal fin, se usó el modelo digital del Elevación (DEM por sus siglas en ingles), obtenido del satélite japonés Alos a través del sensor Palsar, además del conjunto de puntos desde los cuales se requiere realizar el cálculo de la visibilidad.

El procedimiento que realiza la herramienta Visibility, es ir a cada celda que forma la vía y empieza a “mirar” en todas las direcciones teniendo en cuenta la morfología del terreno y va determinando en cada celda si se ve o no. Este proceso se repite para todas las celdas que forman el eje vial, dando lugar al mapa representado en la Figura 5.29.

El impacto visual es el efecto que se produce en una comunidad a través de los cambios en la apariencia del paisaje mediante la intrusión de un elemento ajeno al mismo o discordante, la obstrucción de la visibilidad, o bien la mejora o disminución de la capacidad para apreciar el paisaje (Castelli, 2007).

Los principales elementos que identificar para realizar la evaluación de impacto visual son los potenciales receptores visuales u observadores y las posibles fuentes generadoras del impacto. La evaluación de la visibilidad concluirá con la determinación de áreas y/o elementos visibles y no visibles.

**Figura 5.29 Análisis de visibilidad en el AI**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

Cabe mencionar que el análisis de visibilidad del AI se realiza con el fin de determinar las áreas que son más susceptibles de identificación de los impactos, las cuales por sus características geomorfológicas presentan una mayor accesibilidad visual para la comunidad. Por esta razón, se identificaron como posibles observadores, las áreas antrópicas (construcciones rurales, tejido urbano, zonas comerciales), así como puntos estratégicos asociados a la infraestructura (vía existente).

Esto obedece a que es en estas zonas donde se concentra la mayor densidad poblacional fija (viviendas y zonas comerciales) o flotante (vías), que son las que pueden llegar a identificar los cambios e impactos que se pueden generar en las unidades paisajísticas



presentes, en donde la adición de elementos discordantes, la remoción de coberturas o la alteración de la dinámica del área puede tener como resultados la modificación positiva o negativa en la evaluación de la calidad paisajística del área de influencia.

En cuanto a los resultados del análisis realizado, de acuerdo a lo presentado en la Tabla 5.26, las áreas visibles correspondan al 73 % del AI. Esto obedece a que los observadores se distribuyen en las márgenes de la vía o el río, lo que les otorga una visual amplia de las laderas de las montañas, pudiendo apreciar la mayoría del paisaje.

Las áreas no visibles, que corresponden al 27 % del AI, son aquellas que por sus características geomorfológicas se ocultan de la línea de los observadores, las cuales se concentran principalmente en el margen oriental del área de influencia y que corresponden a zonas con menor pendiente ubicadas sobre escarpes pronunciados que son los que bloquean la visual de las personas.

**Tabla 5.26 Clasificación de visibilidad en el AI y área de intervención**

Clasificación de visibilidad	Área de intervención		AI	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Visible	93,92	84,85	540,70	72,53
No Visible	16,78	15,15	204,77	27,47
<b>Total</b>	<b>110,70</b>	<b>100</b>	<b>745,47</b>	<b>100</b>

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

Adicional a esto, en la Tabla 5.26 se evidencia que para el área de intervención los valores de visibilidad varían ligeramente con lo reportado en el AI, ya que para estas áreas, el porcentaje de visibilidad aumenta cerca de 12 % quedando en el 85 % visibilidad para del área de intervención, mientras que el 15 % restante corresponde a áreas no visibles.

#### **5.1.2.10 Sitios de interés paisajístico**

Tanto como para el área de influencia, como para el área de intervención, no se reportan por parte de los entes gubernamentales ni de la comunidad presente en estas, sitios de interés paisajístico, lo cual fue consultado en las páginas oficiales de los municipios de Pamplona y Pamplonita, así como en fichas veredales y encuestas de servicios ecosistémicos realizadas a la comunidad

#### **5.1.2.11 Percepción de las comunidades como referente de su entorno físico en términos culturales**

De acuerdo con la caracterización realizada para este componente, si bien dentro del área de influencia no se identificaron sitios de interés paisajístico, si se evidencia una fuerte relación de parte de las comunidades con su entorno, lo cual incrementa la relevancia que posee el paisaje para el desarrollo de las comunidades.

En primera medida por el nivel de intervención antrópica reportada para el AI, en la cual el 76 % de esta corresponde a unidades asociadas al sistema cultural, en donde se

desarrollan directamente actividades enfocadas en el sustento económico de estas, ya que el 73 % del área corresponde al subsistema agropecuario.

Corroborando lo anterior, se evidencia lo presentado en el Capítulo 5.4 Servicios Ecosistémicos, en el cual el análisis de la información capturada a través de encuestas y fichas veredales concluye que lo relacionado al uso del suelo para actividades productivas la agricultura y ganadería presentan una dependencia total o alta por más del 75 % de las personas consultadas.

Sin embargo, no la relevancia del entorno no solo se evidencia en el aprovechamiento del suelo para desarrollar actividades productivas agropecuarias. Dentro de este también existe una dependencia constante para suplir necesidades primarias y secundarias, como es el abastecimiento de agua, recurso obtenido de acueductos, quebradas o nacederos, en donde en algunas ocasiones, el primero es utilizado como fuente secundaria, y cuyo uso no solo es para el consumo humano sino es aprovechado en actividades productivas.

Por otro lado, también se reporta el aprovechamiento de especies vegetales, las cuales son destinadas para diversos usos, en los que se resaltan la obtención de madera para construcciones o cercas, uso de plantas medicinales, alimentos (frutos silvestres), entre otros.

#### **5.1.4 Suelos y uso de la tierra**

El desarrollo del presente estudio del componente suelo se constituye en un aspecto de primer orden y fundamental para la caracterización del medio natural, en razón a que los suelos se interpretan como un recurso indispensable y fundamental soporte vital de los ecosistemas terrestres.

La evaluación del recurso edáfico implica un análisis integral del medio natural, debido a que al estudiar los suelos se incluye de forma implícita sus factores formadores (clima, organismos, tiempo, material parental y relieve) los cuales evidencian la génesis de la superficie terrestre, permitiendo así inferir sobre la oferta edáfica y por consiguiente del medio circundante.

Se presentan a continuación los aspectos que son analizados en relación con la evaluación del recurso suelo que permiten su análisis de forma integral:

- i. Caracterización de los Suelos
- ii. Uso Potencial de los Suelos
- iii. Uso Actual de los Suelos
- iv. Conflictos de Uso del Suelo

El análisis de estos aspectos se presenta de manera inicial para el área de influencia (AI), para posteriormente puntualizar los resultados al área de intervención. Adicional a esto se realizó una descripción de las principales unidades identificadas, a través de puntos de caracterización en campo (calicatas), cuya ubicación espacial se presenta en la Tabla 5.27 y el resultado de los análisis se presenta en el Anexo 5.1.4 Suelo Paisaje, carpeta B - Resultados laboratorios fisicoquímicos.

**Tabla 5.27 Ubicación de puntos de muestreo de suelos**

Calicata	Unidad cartográfica de suelos	Coordenadas planas Magna Sirgas Origen Bogotá	
		Este	Norte
PC03	MMK	1.159.760,52	1.308.191,88
PC04	MRI	1.161.064,40	1.310.134,01
PC05	MRK	1.160.469,34	1.313.215,95

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### **5.1.4.1 Descripción de las unidades cartográficas de suelo y sus componentes taxonómicos**

Una unidad cartográfica es el conjunto de todas las delineaciones que están identificadas por un símbolo único, un color, un nombre. Todas las delineaciones de suelos que tienen la misma identificación constituyen una unidad cartográfica.

La unidad cartográfica se compone de un nombre y un símbolo. El nombre de las unidades cartográficas se integra de varios elementos que le dan al usuario de los mapas de suelos, información sobre las relaciones que existen entre los diferentes cuerpos de suelo. Así mismo se relaciona el porcentaje de participación de cada unida taxonómica

Da información sobre la homogeneidad o heterogeneidad de los suelos al interior de la Unidad Cartográfica, además indica las relaciones que existen entre los diferentes componentes que la integran e indica como evaluar dicha unidad.

Las unidades cartográficas de suelos tienen una composición variable según el contenido pedológico predominante y pueden ser de carácter monotáxico o politáxico a saber:

**Consociación:** Unidad de mapeo que puede estar constituida en un 75% o más por una clase singular de suelo o de tierra miscelánea, más algunas inclusiones, o también por dos o más clases de suelos similares. Las inclusiones disimilares no limitantes no deben exceder el 25%; en cambio, las inclusiones disimilares limitantes solo pueden alcanzar hasta un 15%

**Asociación de suelos:** Es una unidad de mapeo politáxica en la cual dos o más conjuntos principales y/o clases de tipos misceláneos, se encuentran asociados geográficamente y son lo suficientemente extensos como para mapearse por separado a escala 1:25.000.

**Complejo de suelos:** Unidad de mapeo politáxica en la cual dos o más suelos importantes ocurren en un patrón geográfico tan estrecho que no pueden mapearse individualmente en escala 1:25.000, aun cuando tienen posiciones definidas dentro de la unidad fisiográfica

**Disociación o Grupo Indiferenciado:** Unidad de mapeo politáxica que puede usarse en levantamiento generales de suelos de ladera para agrupas dos o más conjuntos de suelos no asociado geográficamente, pero pertenecientes a unidades fisiográficas similares dentro de los cuales ocupan posiciones definidas, a menudo con un limitante común para el uso y manejo, tan importante que puede superar las demás características de los suelos componentes



En la Tabla 5.28, Figura 5.30 y plano PAPM\_013\_EIA\_MA\_SU\_001\_SIG se presentan las unidades de suelos presentes en el área de estudio y su descripción se realiza a continuación, la cual fue ajustada del estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Norte de Santander (IGAC, 2004).

#### **5.1.4.2 Suelos del paisaje de Montaña**

El paisaje de montaña hace parte de la formación orogénica de la cordillera oriental, presentando ambientes morfogenéticos estructurales, denudacionales y depositacionales. La altitud del paisaje varía entre los 1750 y 2350 m.s.n.m., lo que determina una variedad de climas que van desde frío húmedo hasta templado húmedo.

Geomorfológicamente el paisaje de montaña presenta tres tipos de relieve en los que se incluyen las crestas homocinclinales abruptas, crestones homoclinales y valles coluvio aluviales.

##### **5.1.4.2.1 Grupo Indiferenciado Lithic Ustorthents, Ustic Humitropepts y Afloramientos Rocosos – MME**

Estos suelos se manifiestan en clima ambiental frío y seco, en altitudes de 2.000 a 3.000 metros; donde las temperaturas oscilan de 12 a 18°C y las lluvias anuales son menores de 1.000 mm.

El tipo de relieve más sobresaliente en que se localizan los suelos de esta unidad es el de crestas homoclinales abruptas, con pendientes mayores del 75%. Están constituido por materiales de rocas sedimentarias (areniscas, lutitas) de naturaleza ácida y se encuentran afectados por desprendimientos de roca, deslizamientos y por escurrimiento difuso en grado ligero. La unidad cartográfica La conforman en un 50% suelos Lithic Ustorthents, en un 30% suelos Ustic Humitropepts y 20% de Afloramientos Rocosos.

Los suelos Lithic Ustorthents desarrollados de areniscas son muy superficiales, limitados por roca coherente; tienen clase textural franco arcillo arenosa. Químicamente, tienen reacción fuertemente ácida, contenidos medios de carbón orgánico y contenidos bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; saturación de aluminio de cambio mayor del 80%. La fertilidad natural es muy baja.

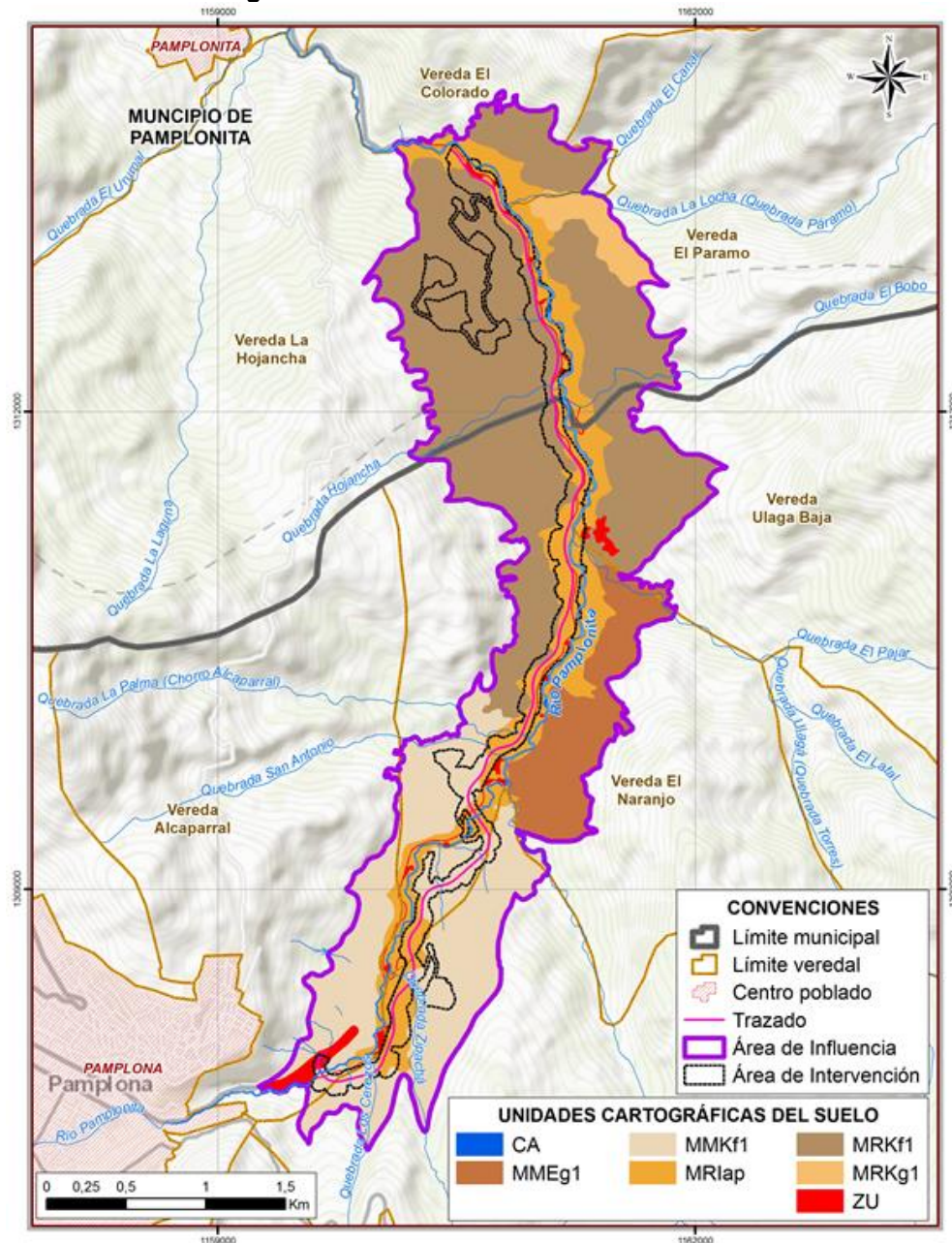
Los Ustic Humitropepts se sitúan en Las áreas donde La pendiente es menos pronunciada y hay alta concentración de fragmentos de roca en superficie y dentro del perfil. Son profundos, bien drenados, de textura franco arcillo arenosa a franco arenosa. Tienen reacción fuertemente ácida; contenidos muy bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; saturación de aluminio de cambio de cambio mayor de 60% y fertilidad natural muy baja.

**Tabla 5.28 Leyenda de unidades cartográficas de suelos asociados al AI**

Paisaje	Clima	Tipo de relieve	Litología	Unidad cartográfica	Componente taxonómico	%	Características	Símbolo	Fase	Área (ha)	Área (%)
Montaña	Frío seco	Crestas homo-cinclinales abruptas	Areniscas e inclusiones de lutitas	Grupo indiferenciado	Lithic Ustorthents Ustic Hummitropepts Afloramientos rocosos	50 30 20	Muy superficiales y moderadamente profundos, bien drenados, de textura franco arcillo arenosa con gravilla. Fertilidad baja.	MME	MMEg1	65,39	8,77
		Crestones homo-cinclinales	Areniscas e inclusiones de lutitas	Consociación	Ustic Dystropepts	90	Profundos, bien drenados, de textura franco arcillo arenosa. Fertilidad natural baja	MMK	MMKf1	180,23	24,18
	Templado seco	Crestones homo-cinclinales	Areniscas, lutitas y calizas	Complejo	Typic Dystropepts Lithic Hapludolls Typic Troporthents	40 30 30	Profundos, bien drenados, de textura franca a arcillosa. Fertilidad natural alta	MRK	MRKf1	331,93	44,53
						MRKg1	18,84		2,53		
		Valle coluvio aluvial	Depósitos superficiales, clásticos, hidrogénicos, aluviones mixtos	Consociación	Fluventic Eutropepts	100	Moderadamente profundos, bien drenados, textura franca a franco arenosa. Fertilidad natural alta	MRI	MRIap	124,27	16,67
Cuerpos de agua								CA		8,00	1,07
Zonas Urbanas y territorios artificializados								ZU		16,81	2,25
Total										745,47	100

Fuente: (IGAC, 2004); modificado por Aecom - ConCol, 2017

**Figura 5.30 Unidades cartográficas de suelo en el AI**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

En esta unidad cartográfica se delimitó La siguiente fase:

- MMEg1: Grupo Indiferenciado Lithic Ustorthents, Ustic Humitropepts y Afloramientos Rocosos, fases de pendientes > 75%, erosión ligera.



#### **5.1.4.2.2 Consociación Ustic Dystropepts – MMK**

La unidad se localiza entre los 2000 y 2350 m.s.n.m., dentro de un clima frío, seco, caracterizado por una temperatura media anual de 16°C y una precipitación de 500 a 1.000 mm.

Los suelos se han originado a partir de areniscas y se encuentran afectados por escurrimiento difuso en grado ligero y por procesos de movimientos en masa, tales como: desprendimientos de roca y deslizamientos. La topografía es fuertemente quebrada con pendientes 50 - 75% y en superficie hay fragmentos de roca. La consociación está integrada en un 90% por suelos Ustic Dystropepts e inclusiones en un 10% de Aforamiento Rocoso.

Los Ustic Dystropepts son profundos, bien drenados, de clase textural franco arcillo arenosa. Químicamente tienen reacción fuertemente ácida; contenidos bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; saturación de aluminio de cambio del 70% por debajo de los 30 cm de profundidad. La fertilidad natural es baja.

En esta unidad cartográfica se delimitó la siguiente fase:

- MMKf1: Consociación Ustic Dystropepts, fase de pendientes 50- 75%, erosión ligera.

#### **5.1.4.2.3 Consociación Typic Haplustolls – MRK**

Los suelos se localizan entre los 1.000 y 2.000 m.s.n.m., dentro de un clima medio, seco, caracterizado por una temperatura media anual de 20°C y una precipitación de lluvias menor a 1.000 mm.

Los suelos han evolucionado principalmente a partir de lutitas, en relieves de crestones homoclinales, con pendientes mayores del 50%; presentan abundantes fragmentos de roca en superficie y están afectados por procesos de erosión hídrica laminar en grado ligero. La consociación está constituida en un 90% por suelos Typic Haplustolls, e inclusiones en un 10% de Afloramientos Rocosos.

Los suelos Typic Haplustolls se han originado de lutitas calcáreas; son profundos, bien drenados, de clase textural textura franca a arcillosa. Químicamente, la reacción es moderadamente ácida en superficie y en profundidad es neutra; los contenidos de calcio son muy altos, mientras los de magnesio, potasio y fósforo son bajos; la saturación de bases es mayor del 80%. La fertilidad natural es alta.

En esta unidad cartográfica se delimitó la siguiente fase:

- MRKf1: Consociación Typic Haplustolls, fase de pendientes 50 - 75%, erosión ligera.

#### **5.1.4.2.4 Consociación Fluventic Eutropepts - MRI**

La unidad cartográfica se localiza a una altura ente 1750 y 2000 m.s.n.m., dentro de un clima medio y húmedo; caracterizado por una temperatura media anual de 20°C y una precipitación de lluvias de 2000 mm.

Los suelos se han originado de depósitos superficiales clásticos hidrogénicos, aluviones mixtos, en tipos de relieve de vallecitos de poca extensión, angostos, de topografía ligeramente plana, con pendientes menores del 3% y afectados por fragmentos de roca en superficie. La consociación la conforman los suelos Fluventic Eutropepts en un 100%.

Los suelos Fluventic Eutropepts son moderadamente profundos, limitados por capas de fragmentos de roca; bien drenados, de clase textural franca a franco arenoso. Químicamente, la reacción es moderadamente ácida; contenidos altos de calcio, magnesio y contenidos bajas de potasio y fósforo; saturación de bases superior al 60%. La fertilidad natural es alta.

En esta unidad cartográfica se delimitó la siguiente fase:

- MRIap: Consociación Fluventic Eutropepts, fase de pendientes 1 - 3%, pedregosa.

#### 5.1.4.2.5 Unidades cartográficas de suelos en el área de intervención

En la Tabla 5.29 se presenta la distribución espacial de las unidades para el área de intervención, en la cual se evidencia que la unidad más representativa es la MRI, la cual se distribuye en el 40 % del área de intervención. Esta es seguida por las unidades MRK y MMK con coberturas de 32 y 22 %, respectivamente. En cuanto a las zonas urbanas y territorios artificializados, así como cuerpos de agua, se distribuyen en un 5 y 1 % del área de intervención.

**Tabla 5.29 Unidades cartográficas de suelos en el área de intervención**

Paisaje	Clima	Tipo de relieve	Unidad cartográfica	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Montaña	Frío húmedo	Crestones homocinclinales	Consociación	MMKf1	24,56	22,19
	Templado húmedo	Crestones homocinclinales	Complejo	MRKf1	34,56	31,22
		Valle coluvio aluvial	Consociación	MRIap	44,82	40,49
Cuerpos de agua				CA	1,50	1,36
Zonas Urbanas y territorios artificializados				ZU	5,24	4,74
Total					110,70	100

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.4.3 Capacidad de uso del suelo

La Clasificación Agrológica es la asignación de clases, subclases y unidades de capacidad o grupos de manejo que se da a las diferentes unidades cartográficas definidas en un estudio de suelos para un uso práctico inmediato o futuro, con base en la capacidad para producir de los suelos que las integran (IGAC, 2005).

Se fundamenta en la adaptación realizada para Colombia (Mosquera, 1986), de la Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, según el manual 210 del Servicio de Conservación de Suelos.

La clasificación agrológica es de tipo interpretativa y se basa en los efectos de las

combinaciones de clima y características permanentes de los suelos sobre los riesgos de deteriorarlos, las limitaciones para el uso, la capacidad de producir cosechas y los requerimientos de manejo de los suelos.

Las características permanentes de los suelos hacen referencia a la pendiente, textura, profundidad efectiva, permeabilidad, capacidad de retención de humedad y condición de drenaje natural.

La capacidad es el potencial que tiene la tierra para ser utilizada bajo cierto tipo general de uso o con prácticas específicas de manejo.

Los suelos que están agrupados dentro de una clase por capacidad son similares solamente con respecto al grado de limitaciones para propósitos de uso o respecto al riesgo de degradarse. Cada clase de capacidad incluye muchas clases de suelos. Muchos de los suelos dentro de cualquiera de las clases requieren distintas prácticas de manejo.

Se muestra a continuación las clases que integran la clasificación o sistema.

Las clases I y II corresponden a tierras arables, con capacidad para cualquier tipo de cultivo, con prácticas ligeras a moderadas de conservación de suelos y manejo de aguas.

Las clases III y IV corresponden a tierras arables, con restricciones en la selección de cultivos, con prácticas intensivas de conservación de suelos y manejo de aguas.

La clase V y VI corresponde a las tierras para ganadería con praderas mejoradas, cultivos permanentes, sistemas agroforestales y/o reforestación, con la incorporación selectiva de prácticas de conservación de suelos y manejo de aguas.

La clase VII corresponde a tierras forestales con posibilidades de uso mixto del bosque.

La clase VIII corresponde a las tierras destinadas a la conservación y la protección de la naturaleza. Generalmente constituyen ecosistemas estratégicos para el abastecimiento de agua, la prestación de servicios ambientales, siendo considerados como muy vulnerables.

Las subclases agrológicas corresponden a una categoría del sistema de clasificación por capacidad de uso, que especifica para las clases, uno o más factores limitantes generales y específicos, lo que determina que la subclase agrupa tierras que poseen el mismo número de factores y grados de limitación. Se presenta a continuación las principales características de las limitaciones establecidas para el área:

- (e) erosión actual y/o peligro de susceptibilidad a la erosión: La subclase por erosión la conforman los suelos que se encuentran afectados, bien sea, por pérdida acelerada de suelo o susceptibilidad a la misma, causada por la mala utilización de los terrenos, prácticas de manejo inadecuadas o por fenómenos de remoción o movimientos en masa.
- (s) limitaciones en la zona radicular: La subclase por suelo se califica de acuerdo con las limitaciones físicas y/o químicas, que dificultan e impiden el normal desarrollo de las raíces de las plantas y las prácticas de labranza del suelo.



A partir de esta clasificación de los suelos se determina la capacidad de uso del suelo, en la cual a partir de la oferta del recurso, sus características y limitantes manejo se determinan las categorías de capacidad de uso del suelo en función de sistemas productivos o de conservación. En la Tabla 5.30, la Figura 5.31 y el plano PAPM\_015\_EIA\_MA\_UP\_001\_SIG, se presenta la clasificación por capacidad de usos del suelo presentes en el AI del proyecto.

**Tabla 5.30 Capacidad de uso del suelo en el AI**

Capacidad de uso	Uso principal	Subclase	UCS	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Agroforestal	Sistemas agrosilvopastoriles	Vs-5	MRIap	ASP	124,26	16,67
Forestal	Sistema forestal productor	VIIe-5	MMKf1, MRKf1	FPD	512,16	68,70
Conservación	Sistemas forestales protectores	VIII	MMEg1, MQKg1	FPR	84,23	11,30
Cuerpos de agua				CA	8,01	1,07
Zonas urbanas y territorios artificializados				ZU	16,81	2,25
<b>Total</b>					<b>745,47</b>	<b>100</b>

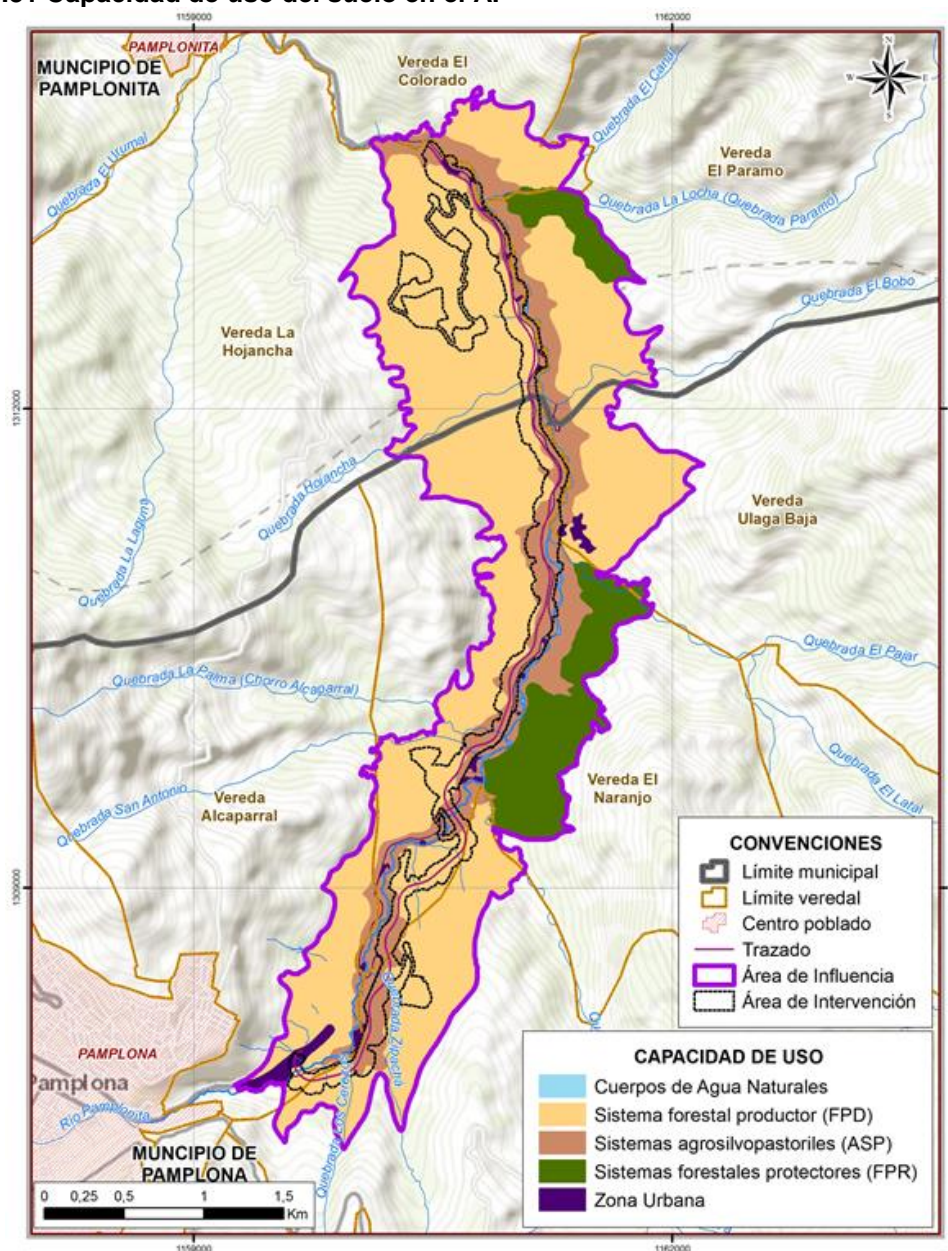
Fuente: Aecom - ConCol, 2017

Como se mencionó anteriormente, los suelos con clasificación agrológica Vs-5 presentan una capacidad de uso agroforestal para desarrollar sistemas agrosilvopastoriles, los cuales se caracterizan por ser arreglos productivos que incluyen producción agrícola de baja intensidad, con sistemas ganaderos y arreglos forestales, los cuales se interrelacionan tanto espacial como temporalmente.

En cuanto a los suelos con clasificación VIIe-5, presentan una capacidad de uso para desarrollar sistemas forestales productivos, asociados principalmente a sus limitantes de uso, como pendiente y fertilidad, teniendo en cuenta que estos sistemas no son fuertemente extractivos.

Por último, los suelos clase VIII presentan limitantes de uso y manejo tales, que el desarrollo de cualquier sistema productivo debe evitarse, en aras de la preservación del recurso, por lo que deben destinarse a la conservación de estos, así como de la flora nativa, adaptada a esta oferta ambiental.

**Figura 5.31 Capacidad de uso del suelo en el AI**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.4.3.1 Capacidad de uso del suelo en el área de intervención

En la Tabla 5.31 se presenta la distribución de la capacidad de uso del suelo para el área de intervención. En esta se evidencia que el 53 % del suelo presenta una vocación para desarrollar sistemas forestales productores, mientras que el área restante se distribuye en suelos aptos para el desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles (40 %). Por último, se reportan zonas urbanas y territorios artificializados, y cuerpos de agua, a los cuales no les aplica la determinación de uso y representan el 5 y 1 % del área de intercesión, respectivamente.

**Tabla 5.31 Capacidad de uso del suelo en el área de intervención**

Capacidad de uso	Uso principal	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Agroforestal	Sistemas agrosilvopastoriles	ASP	44,82	40,49
Forestal	Sistema forestal productor	FPD	59,12	53,41
Cuerpos de agua		CA	1,50	1,36
Zonas urbanas y territorios artificializados		ZU	5,24	4,74
<b>Total</b>			<b>110,70</b>	<b>100</b>

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.4.4 Uso actual del suelo

Se define como el empleo que le da el hombre a la cobertura del suelo, ya sea con fines productivos, (explotaciones agrícolas y pecuarias), de comunicación y vivienda (tejido urbano continuo y discontinuo, ríos y vías) o de protección y conservación (bosques de galería o ripario y vegetación secundaria alta).

Siendo el suelo el recurso principal de estas actividades, es necesario realizar prácticas que disminuyan su deterioro, adoptar y adaptar tecnologías que contribuyan a su conservación e incentiven el manejo sostenible de los recursos naturales que interactúan en la dinámica Suelo-plantas-hombre. El cambio de uso del suelo en Colombia es dinámico y constante, estos cambios no siempre se acoplan a las características físicas, químicas y biológicas y a la fragilidad implícita de los suelos.

De acuerdo con lo anterior se establece que esta dinámica está en función del tiempo y el espacio, ya que los usos actuales determinados pueden crecer, decrecer o mantenerse constantes, en relación con las necesidades económicas, sociales y/o culturales de la población; que se encuentran en estrecha relación con los aspectos que integran y orientan las tendencias de consumo, los mercados locales, regionales y nacionales, y las políticas sectoriales

El desarrollo del uso actual del suelo para el área de influencia se realizó mediante la agrupación de las diferentes coberturas identificadas por el componente flora. Esta unificación se hace en relación con la funcionalidad, lo cual se convierte en sectores que manifiestan los mismos patrones de producción y uso de los recursos naturales, asociados en especial a los suelos.

De acuerdo con los criterios de la geodatabase emitida por la autoridad nacional de licencias ambientales (ANLA), se identificó el uso del suelo y el tipo de uso del suelo, los cuales se presentan en la Tabla 5.32 y su distribución espacial en la Figura 5.32 y el plano PAMP\_014\_EIA\_MA\_UA\_001\_SIG. Adicionalmente, a continuación se describen los principales uso de los suelos presentes en el AI.

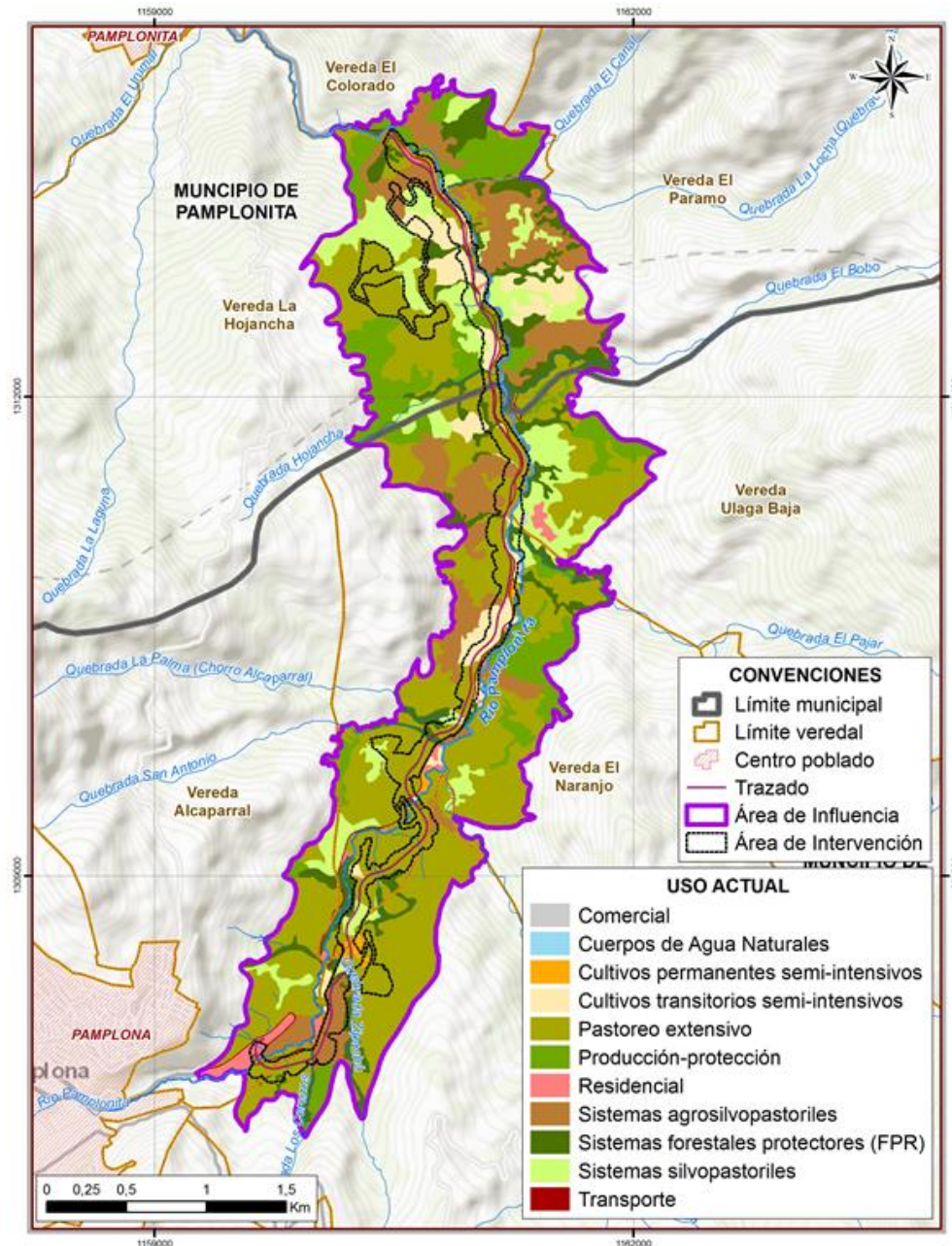


**Tabla 5.32 Uso actual del suelo en el AI**

Uso Actual	Tipo de uso	Cobertura	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Agricultura	Cultivos permanentes semi-intensivos	Cítricos	CPS	2,99	0,40
		Otros cultivos permanentes arbustivos			
	Cultivos transitorios semi-intensivos	Maíz	CTS	36,09	4,84
		Mosaico de cultivos			
		Otros cultivos transitorios			
Total Agricultura				39,08	5,24
Agroforestal	Sistemas agrosilvopastoriles	Mosaico de pastos y cultivos	ASP	95,63	12,83
	Sistemas silvopastoriles	Mosaico de pastos con espacios naturales	SPA	82,50	11,07
Total Agroforestal				178,13	23,89
Conservación	Sistemas forestales protectores (FPR)	Bosque de galería y ripario	FPR	77,16	10,35
Total Conservación				77,16	10,35
Forestal	Producción-protección	Arbustal denso alto	FPP	95,33	12,79
		Bosque fragmentado con vegetación secundaria			
		Vegetación secundaria baja			
Total Forestal				95,33	12,79
Ganadería	Pastoreo extensivo	Pastos arbolados	PEX	330,96	44,40
		Pastos enmalezados			
		Pastos limpios			
Total Ganadería				330,96	44,40
Cuerpos de Agua	Cuerpos de Agua	Ríos (50 m)	CA	8,01	1,07
Total Cuerpos de Agua				8,01	1,07
Asentamiento	Residencial	Construcciones Rurales	ARS	9,82	1,32
		Tejido urbano discontinuo			
Total Asentamiento				9,82	1,32
Infraestructura	Comercial	Zonas comerciales	INC	0,47	0,06
	Transporte	Red vial	INT	6,52	0,87
Total Infraestructura				6,98	0,94
Total				745,47	100

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

**Figura 5.32 Uso actual del suelo en el AI**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.4.4.1 Ganadería – Pastoreo extensivo (PEX)

Corresponde al sistema productivo ganadero de producción de leche, que se desarrolla bajo un modelo extensivo, el cual se caracteriza por requerir amplias extensiones en una baja relación ganado/área. Dentro de esta categoría de uso se presentan las coberturas de pastos limpios, arbolados y enmalezados, los cuales se distribuyen en un 44 % del AI y se pueden apreciar en la Fotografía 5.12.

**Fotografía 5.12 Ganadería extensiva**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### **5.1.4.4.2 Agroforestal**

Los usos agroforestales, distribuidos en el 24 % del área de influencia corresponden a sistemas agrosilvopastoriles y silvopastoriles, los cuales se caracterizan por presentar mezclas de producciones agrícolas, ganaderas y forestales, en el primer caso y ganaderas y forestales para los sistemas silvopastoriles, los cuales por el nivel de detalle que maneja el estudio, no es posible detallarlos. En la Fotografía 5.13 se evidencia un mosaico de pastos y cultivos que corresponden a un sistema agrosilvopastoril.

**Fotografía 5.13 Sistemas agrosilvopastoriles**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### **5.1.4.4.3 Forestal**

En la Fotografía 5.14 se presenta una cobertura de bosque denso, el cual corresponde junto con los arbustales densos y la vegetación secundaria al uso forestal de producción protección, el cual se caracteriza por ser áreas naturales que sirven como hábitat de fauna silvestre, se realiza un aprovechamiento forestal selectivo por parte de la comunidad y se distribuyen en el 13 % del área de influencia.



**Fotografía 5.14 Uso forestal de producción-protección**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### **5.1.4.4.4 Conservación**

El uso de conservación de sistemas forestales protectores corresponde a las coberturas de bosque de galería y riparios, los cuales son vegetación natural destinada a la protección de los cuerpos de agua (ríos principalmente) y sus márgenes. Estos se distribuyen en el 10 % del área de influencia y se pueden apreciar en la Fotografía 5.15.

**Fotografía 5.15 Conservación**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### **5.1.4.4.5 Uso actual del suelo en el área de intervención**

En la Tabla 5.33 se presentan los usos actuales asociados al área de intervención, en esta se puede apreciar que el uso más representativo es el ganadero, el cual se distribuye en el 54 % del total del área.

A este le sigue los cultivos transitorios semi-intensivos y los sistemas agrosilvopastoriles, cada uno de los cuales se distribuyen en el 12 y 11 % del área de intervención, respectivamente. En cuarto y quinto lugar se presentan los sistemas silvopastoriles y los sistemas forestales de protección, con valores de 7%, mientras que el 9 % restante, corresponden a seis categorías de uso que no superan el 5 % de cobertura con respecto al total del área de intervención

**Tabla 5.33 Uso actual del suelo en el área de intervención**

Uso Actual	Tipo de uso	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Agricultura	Cultivos permanentes semi-intensivos	CPS	1,48	1,34
	Cultivos transitorios semi-intensivos	CTS	13,28	11,99
<b>Total Agricultura</b>			<b>14,76</b>	<b>13,33</b>
Agroforestal	Sistemas agrosilvopastoriles	ASP	11,77	10,63
	Sistemas silvopastoriles	SPA	7,82	7,06
<b>Total Agroforestal</b>			<b>19,59</b>	<b>17,70</b>
Asentamiento	Residencial	ARS	1,79	1,62
<b>Total Asentamiento</b>			<b>1,79</b>	<b>1,62</b>
Conservación	Sistemas forestales protectores	FPR	7,99	7,22
<b>Total Conservación</b>			<b>7,99</b>	<b>7,22</b>
Cuerpos de Agua Naturales	Cuerpos de Agua Naturales	CA	1,50	1,36
<b>Total Cuerpos de Agua Naturales</b>			<b>1,50</b>	<b>1,36</b>
Forestal	Producción-protección	FPP	1,86	1,68
<b>Total Forestal</b>			<b>1,86</b>	<b>1,68</b>
Ganadería	Pastoreo extensivo	PEX	59,75	53,98
<b>Total Ganadería</b>			<b>59,75</b>	<b>53,98</b>
Infraestructura	Comercial	INC	0,17	0,16
	Transporte	INT	3,28	2,96
<b>Total Infraestructura</b>			<b>3,46</b>	<b>3,12</b>
<b>Total</b>			<b>110,70</b>	<b>100</b>

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.4.5 Conflicto de uso del suelo

La normal dinámica del medio natural influenciado por el desarrollo económico y social ha ocasionado un nuevo estado de desarrollo, en el cual se determinan un conjunto de conflictos de uso del suelo y por consiguiente de los recursos naturales. La identificación de los diferentes niveles de conflicto permite establecer el real aprovechamiento y deterioro del recurso suelo respecto de su explotación actual, representada tanto por los usos como por las coberturas.

El establecimiento de las diferentes categorías de conflictos de uso del suelo se sustenta en un proceso de confrontación simultánea de las temáticas definidas como uso actual asociado a la cobertura vegetal y el uso reglamentado por los instrumentos de ordenamiento territorial versus la capacidad de uso de las tierras. Esto permite determinar la discrepancia entre el aprovechamiento actual de las tierras, lo establecido dentro de la norma y la oferta edáfica estimada, por medio de la clasificación de las tierras. En desarrollo de este análisis se adoptaron las categorías de conflicto que se definen a continuación. La metodología empleada se sustenta en la metodología IGAC Y CORPOICA para la determinación de conflicto de uso del suelo (IGAC & Corpoica, 2002).

#### **5.1.4.5.1 Tierras sin conflictos de uso o uso adecuado (A)**

Establece los terrenos en los cuales los usos actuales y sus coberturas asociadas guardan total correspondencia con la capacidad de uso de las tierras, sin deterioro ambiental de mayor significancia del recurso suelo, permitiendo mantener actividades productivas siempre y cuando se establezcan o continúen desarrollando adecuadas prácticas de uso y manejo. Igualmente integra los relictos de ecosistemas naturales aún existentes que suministran bienes y servicios ambientales.

#### **5.1.4.5.2 Conflictos por subutilización (S)**

Calificación dada a las tierras donde el agroecosistema dominante corresponde a un nivel inferior de intensidad de uso, si se compara con la vocación de uso principal o la de los usos compatibles.

En estas áreas el uso actual es menos intenso en comparación con la mayor capacidad productiva de las tierras, razón por la cual no cumplen con la función social y económica establecida por la Constitución Nacional, cuyo fin es el de proveer de alimentos a la población y satisfacer sus necesidades básicas. En esta clase se diferenciaron tres (3) grados de intensidad, así:

- Subutilización ligera S1

Definen los terrenos para los cuales el uso actual está próximo a la capacidad de uso de tierras, manifestando una ligera inconsistencia, evidenciando un nivel de explotación del recurso por debajo de su real vocación, con la consiguiente baja utilización de este, pudiendo no demandar mayores recursos en las actividades productivas, sin deterioro evidente del medio natural.

- Subutilización moderada S2

Corresponde a los terrenos en los que el uso actual encuentra de forma moderada por debajo de la capacidad de uso de las tierras, afectando los niveles de productividad medianamente por un uso inadecuado del recurso o de tierras productivas; aunque no hay pérdida ni deterioro de este, se evidencian factores que pueden acarrear bajos rendimientos o improductividad.

- Subutilización severa S3

Hace referencia a los terrenos en que el uso actual es inadecuado o contrario a la capacidad de uso de las tierras, siendo subutilizado el recurso natural en un grado severo, consecuencia del descanso, abandono de sectores productivos o no uso de sectores altamente intervenidos, sin manifestación evidente de deterioro del recurso ni del medio natural, pudiendo propiciar conflictos de carácter social y económico debido a disminuciones en la productividad.



#### **5.1.4.5.3 Conflictos por sobreutilización (O)**

Calificación dada a las tierras donde el uso actual dominante es más intenso en comparación con la vocación de uso principal natural asignado a las tierras, de acuerdo con sus características agroecológicas.

En estas tierras los usos actuales predominantes hacen un aprovechamiento intenso de la base natural de recursos, sobrepasando su capacidad natural productiva, siendo incompatibles con la vocación de uso principal y los usos compatibles recomendados para la zona, con graves riesgos de tipo ecológico y social. Los conflictos por sobreutilización se subdividieron en los siguientes grados de intensidad:

- **Sobreutilización ligera O1**

Establece los terrenos en donde los usos actuales se encuentran ligeramente en discordancia con la capacidad de uso de las tierras, evidenciando un paulatino y progresivo deterioro ante el incremento de procesos erosivos, disminución de la fertilidad natural y una afectación ligera de la fauna y la flora asociada.

- **Sobreutilización moderada O2**

Comprende los terrenos en donde los usos actuales presentan una moderada discrepancia con respecto de la capacidad de uso de las tierras, con la presencia y potencial desarrollo de procesos de erosión, disminuyendo la oferta de servicios ambientales, lo que limita la dinámica de los ecosistemas naturales pudiendo restringir la oferta de recursos naturales asociados, flora, fauna y agua.

- **Sobreutilización severa O3**

Identifica los terrenos con usos actuales que están en total discordancia con la capacidad de uso de las tierras, utilizando estas tierras muy por encima de su real vocación, generando en el suelo procesos erosivos, fenómenos de remoción en masa, en diferentes grados e igualmente pérdida de su capacidad de regeneración, afectando la dinámica natural del medio propiciando un paulatino deterioro que se representa en la fragmentación de los ecosistemas, rompimiento de la conectividad ecológica y disminución de la oferta de recursos naturales para el mantenimiento de equilibrio natural y la prestación de servicios ambientales.

En la

Tabla 5.34 se presenta la matriz para la determinación del conflicto de uso de acuerdo con los usos definidos, especificando las posibles combinaciones que se pueden presentar. La matriz hace confrontación de 11 tipos de usos actuales y 5 tipos de usos potenciales, lo cual implica 55 combinaciones posibles de conflicto de usos del suelo. El resultado de la determinación de conflictos a partir de la ejecución de la matriz se presenta en el Anexo 5.1.4 Suelo\_Paisaje, carpeta C - Matriz de determinación de conflictos de uso del suelo.

**Tabla 5.34 Matriz de determinación de conflicto de uso del suelo**

Uso actual		Uso potencial				
		Agroforestal	Conservación	Forestal	Cuerpos de agua	Zonas urbanas
		ASP	FPR	FPD	CA	ZU
Agricultura	CPS	O1	O3	O3	N/A	N/A
	CTS	O3	O3	O3	N/A	N/A
Agroforestal	ASP	A	O2	O1	N/A	N/A
	SPA	A	O2	O1	N/A	N/A
Conservación	FPR	A	A	A	N/A	N/A
Forestal	FPP	S2	A	A	N/A	N/A
Ganadería	PEX	A	O2	O1	N/A	N/A
Cuerpos de Agua	CA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Asentamiento	ARC	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Infraestructura	INC	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	INT	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.4.5.4 Conflictos de uso del suelo en el AI

En la Tabla 5.35, la Figura 5.33 y el plano PAPM\_016\_EIA\_MA\_CU\_001\_SIG, se presentan los conflictos de uso del suelo presentes en el área de influencia, en la cual se evidencia que a partir de la confrontación de la capacidad de uso del suelo con el uso actual se presentan conflictos por subutilización y sobreutilización, así como áreas sin conflicto de uso y otras en las cuales no aplica la determinación de este.

En cuanto a importancia, se resalta que el 63 % del área de influencia presenta conflictos por sobreutilización, en los cuales, como se mencionaba anteriormente corresponde a las áreas en que la explotación que se realiza supera la oferta ambiental del recurso. De estas, el nivel más representativo es la sobreutilización ligera O1, la cual corresponde al 51 % del total del área, mientras que los conflictos moderados y severos representan el 8 y 5 %, respectivamente.

Adicional a esto, el 32 % de los suelos presentes en el área no presentan conflictos ya que su uso actual corresponde con la capacidad que presenta el suelo. Por último, se presentan los conflictos por subutilización, en los cuales los usos presentes presentan una menor intensidad y demanda de recursos de los que el suelo está en capacidad de aportar. En el caso particular se presentan conflictos por subutilización moderado, S2, distribuidos en el 2 % del área. El porcentaje restante, corresponde a áreas que no aplica la determinación de conflicto, en las que se incluyen cuerpos de agua y territorios artificializados.

**Tabla 5.35 Conflicto de uso del suelo en el AI**

Conflicto de uso	Descripción	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Tierras sin conflicto de uso	tierras donde el agroecosistema dominante guarda correspondencia con la vocación de uso principal	A	237,17	31,81
Conflictos por subutilización	Tierras cuyo uso actual está por debajo, en dos niveles de la clase de vocación de uso principal	S2	12,67	1,70

Conflicto de uso	Descripción	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
moderada	recomendada, según la capacidad de producción de las tierras			
Conflicto por sobreutilización ligera	Tierras cuyo uso actual está cercano al uso principal, pero que se ha evaluado con un nivel de intensidad mayor al recomendado	O1	377,43	50,63
Conflicto por sobreutilización moderada	Tierras en las cuales el uso actual se encuentra por encima, en dos niveles, de la clase de vocación de uso principal recomendada	O2	56,57	7,59
Conflicto por sobreutilización severa	Tierras en las cuales el uso actual supera en tres o más niveles la clase de vocación de uso principal recomendado	O3	36,82	4,94
No aplica	Áreas en donde por la carencia de suelo no aplica la determinación del conflicto de uso	N/A	24,82	3,33
<b>Total</b>			<b>745,47</b>	<b>100</b>

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.4.5.5 Conflictos de uso del suelo en el área de intervención

Para el área de intervención, en la Tabla 5.36 se presentan la distribución porcentual de los las categorías de conflicto de uso del suelo, en la que se evidencia que al igual que en el área de influencia, el conflicto más importante dentro del área de intervención es el O1 con un valor del 44 %. A este le sigue la categoría de tierras sin conflicto A con una cobertura del 37 %, el conflicto O3 (12 %), tierras sin determinación N/A (6 %) y el conflicto por subutilización S2 (0,22 %).

Esto evidencia que para más de la mitad del área de intervención el recurso está siendo sobreexplotado, lo que puede conllevar a la degradación del suelo y la pérdida paulatina de sus propiedades y características naturales si no se toman acciones que mitiguen el impacto que están generando los sistemas productivos actuales.

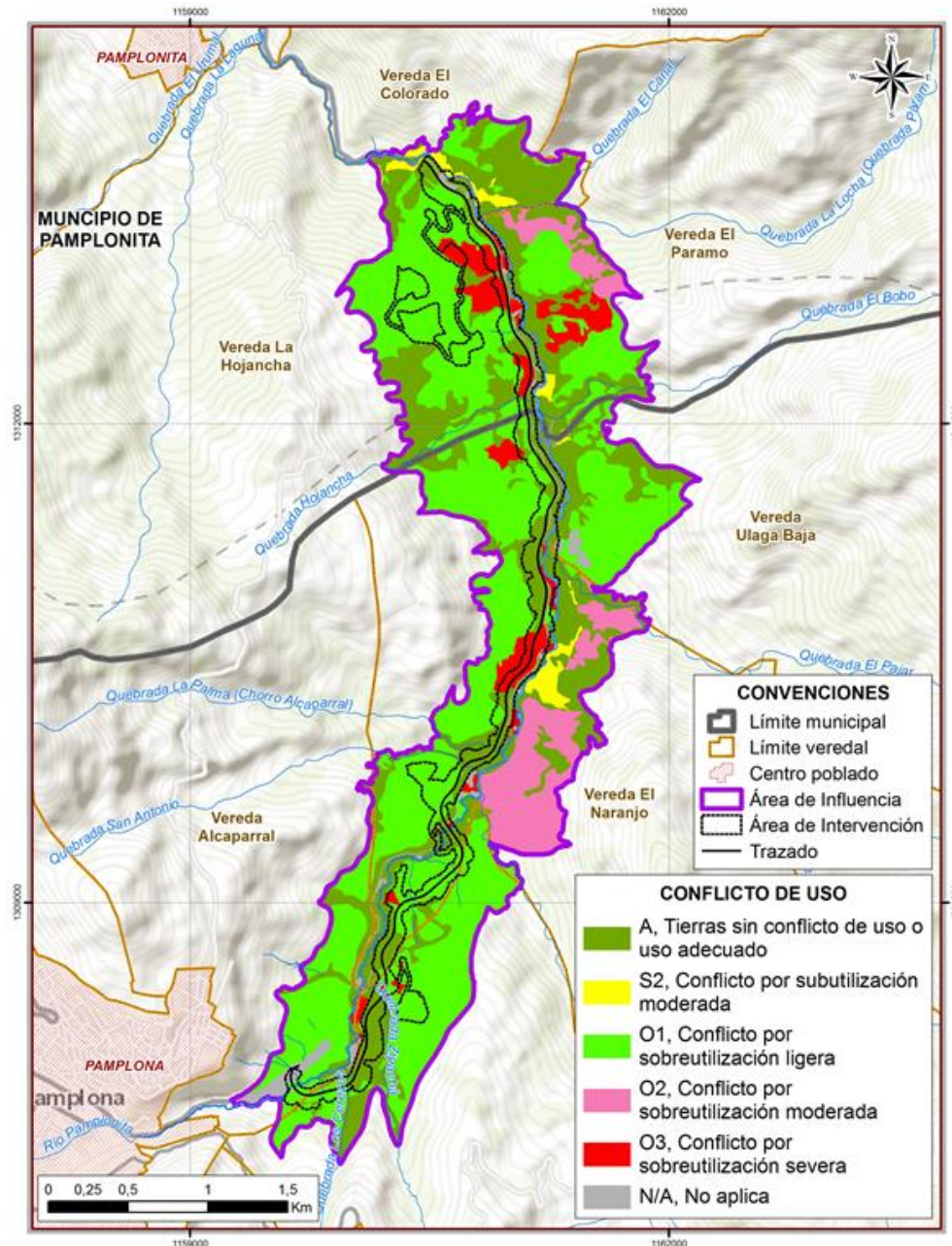
**Tabla 5.36 Conflicto de uso del suelo en el área de intervención**

Conflicto de uso	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Tierras sin conflicto de uso	A	41,65	37,63
Conflictos por subutilización moderada	S2	0,25	0,22
Conflicto por sobreutilización ligera	O1	48,36	43,69
Conflicto por sobreutilización severa	O3	13,69	12,37
No aplica	N/A	6,75	6,10
<b>Total</b>		<b>110,70</b>	<b>100</b>

Fuente: Aecom - ConCol, 2017



**Figura 5.33 Conflicto de uso del suelo en el AI**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

### 5.1.5 Hidrología

La variada orografía de los corredores de los trazados viales, constituye el escenario de una gran red hídrica si se tiene en cuenta la densidad de corrientes, conformada de manera especial por sistemas loticos; donde se presenta una topografía montañosa debido a la localización del proyecto sobre la cordillera oriental, y de sistemas lenticos determinados por la actividad piscícola, ganadera, turística y recreativa de la zona de estudio.

### 5.1.5.1 Introducción

De manera general cabe anotar que la hidrología se encarga de estudiar la dinámica del agua, su circulación y distribución en un área específica, así como su interacción con el medio ambiente. Dicha área está compuesta por cuencas, las cuales se pueden definir como unidades territoriales delimitadas por los filos de las montañas, por donde escurren naturalmente las aguas lluvias (escorrentía) y manantiales que afloran de las aguas subterráneas, para drenar a los arroyos, quebradas, ríos, entregar caudales a cauces más grandes, lagos o al mar, conformando un sistema interconectado<sup>1</sup>.

Estas unidades territoriales o cuencas hidrográficas se han constituido como unidades de planificación en el país, teniendo como finalidad mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de los recursos y la conservación de su estructura físico biótica, particularmente del recurso hídrico<sup>2</sup>; estas unidades territoriales generan bienes y servicios ambientales que son demandados principalmente para poblaciones localizadas en el área de estudio. En lo anterior radica la importancia de definir las cuencas que se superponen con el área de influencia, así como los procesos biofísicos y antrópicos que tienen lugar, de tal manera que el desarrollo de éste, se realice bajo los principios de sostenibilidad ambiental, con el objetivo de no interferir en procesos de captación, regulación y descarga de agua y garantizar la cantidad, calidad y disponibilidad de agua, para los habitantes de las cuencas.

Relacionado con lo anterior, en los numerales siguientes se presenta información de las cuencas presentes en el área de influencia, así como las características de los sistemas lénticos y lóticos, los caudales característicos de los principales cuerpos de agua, red de drenaje y demás aspectos que permiten caracterizar las condiciones hidrológicas del área de influencia, dando cumplimiento a lo establecido en los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – EIA – en proyectos de construcción de carreteras y/o túneles, establecidos por el MADS mediante Resolución 751 de marzo de 2015. Cabe resaltar que, de acuerdo a estos términos de referencia, se divide el contenido de este componente abiótico en el área de Influencia.

### 5.1.5.2 Fuentes de información

Los objetivos que cumplen los estudios hidrológicos en proyectos que impactan los recursos hidráulicos de una cuenca son los mismos en un desarrollo pequeño que en uno de tamaño considerable. En ambos casos se debe utilizar al máximo la información disponible y aplicar las técnicas más apropiadas para obtener los mejores resultados posibles.

En cuanto a la información importante que se requiere para iniciar el estudio hidrológico se consultó en las entidades oficiales y particulares que tienen relación con la zona de influencia del proyecto. Así se obtiene información referente a cartografía y aerofotogrametría, hidrometeorología, uso de la tierra, monografías y estudios regionales.

Dentro de los insumos para determinar los patrones de drenaje a nivel regional, se empleó la siguiente información:

- i. Cartografía

---

<sup>1</sup> IDEAM, 2010

<sup>2</sup> Presidencia de la República de Colombia. (06/08/2002). Decreto 1729 de 2002. DO: 44.893

La información cartográfica para los análisis de hidrología empleó información en escala 1:25.000 y 1:10.000 (Túnel) y específicamente la que se lista a continuación:

- Carta Topográfica Nacional - Escala 1: 25.000 Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC
- Información hidrológica con base en los planes de ordenamiento territorial de los municipios del Corredor.

ii. Información de fuentes oficiales

Como fuente de información se identificaron y consultaron las siguientes entidades:

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Pamplona
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM),
- Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río pamplonita POMCA.

iii. Información Hidrológica

A fin de realizar la descripción hidrológica del área de influencia, se utilizó información hidrometeorológica actualizada suministrada por el IDEAM y que, en su mayoría, cuenta con información para el periodo comprendido entre los años de 1973 a 2017. En la Tabla 5-37 y la Figura 5-34 se caracterizan las estaciones hidrometeorológicas utilizadas para el estudio hidrológico pertinente a la unidad funcional 2 del corredor vial Cúcuta – Pamplona de la cual se obtiene la información necesaria para la estimación de precipitaciones y caudales por métodos indirectos de lluvia escurriente.

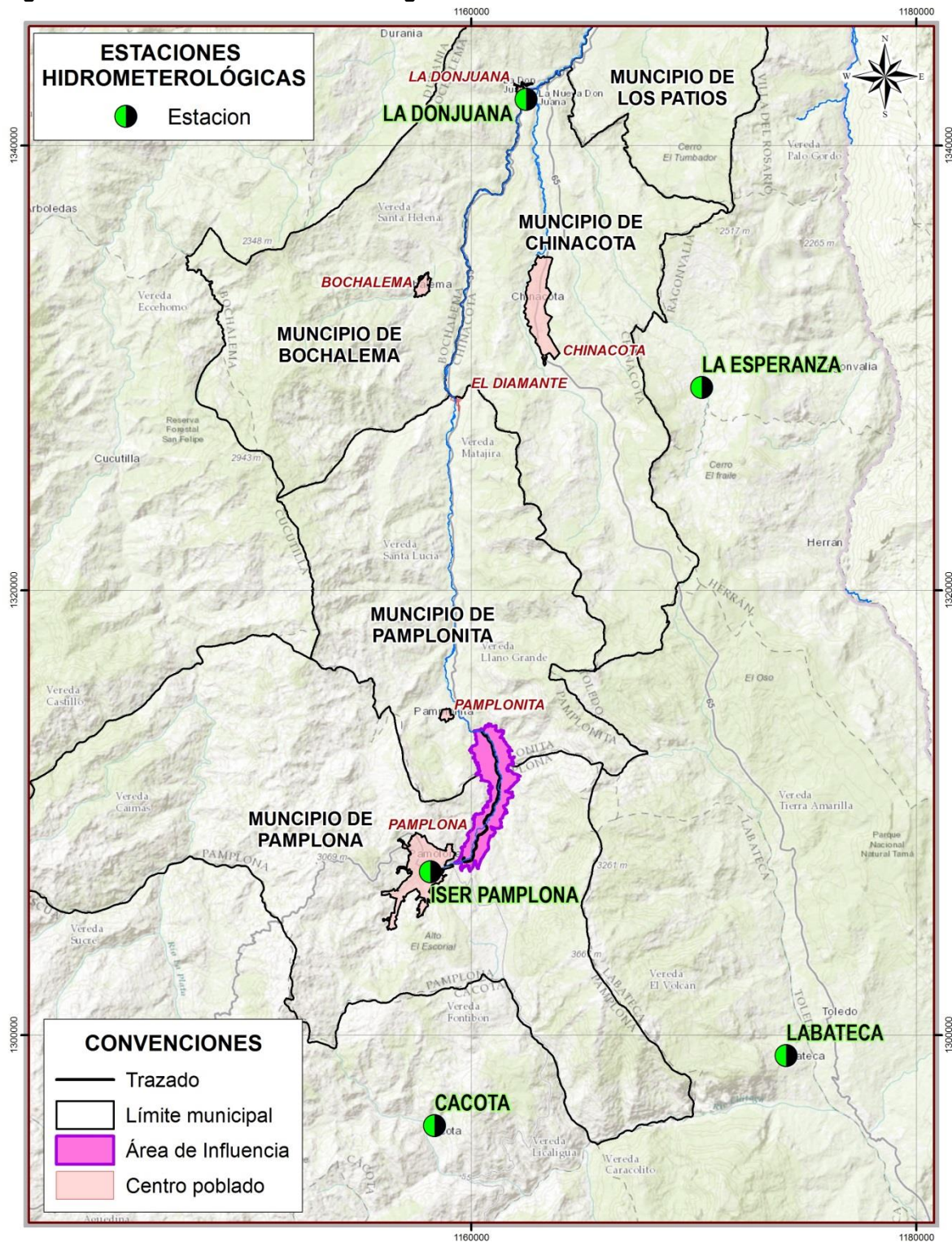
**Tabla 5-37 Estaciones hidrometeorológicas utilizadas en el análisis Hidrológico asociado a la zona en estudio.**

NOMBRE	ISER PAMPLONA	LA DON JUANA	LA ESPERANZA	CÁCOTA	MANZANARES
<b>CODIGO</b>	16015020	16017020	16015030	37010030	16010110
<b>CLASE</b>	Meteorológica	Hidrológica	Meteorológica	Meteorológica	Meteorológica
<b>CATEGORIA</b>	Agrometeorológica	Limnigráfica	Climatológica O.	Pluviométrica	Pluviométrica
<b>ESTADO</b>	Activa	Activa	Activa	Activa	Activa
<b>MUNICIPIO</b>	Pamplona	La Donjuana	Ragonvalia	Cácota	Chinacota
<b>CORRIENTE</b>	Pamplonita	Pamplonita	Q. Honda	Q. La Virgen	Pamplonita
<b>COORD</b>	7°22'23,2" N	7°41'16.68" N	7°34'12,58" N	7°16'10,13" N	7°36'46,13" N
	72°38'42" W	72°36'19.8" W	72°32'02,30" W	72°38'38,75" W	72°35'27,21" W
<b>FECH INST</b>	15/04/1972	15/08/1972	15/11/1972	15/06/1958	15/09/1991
<b>PERIODO</b>	1972-2017	1972-2017	1972-2017	1958-2017	1991-2017

Fuente: AECOM – ConCol 2018 / IDEAM



**Figura 5-34 Estaciones hidrometeorológicas**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

### 5.1.5.3 Caracterización hidrológica del área de influencia

#### 5.1.5.3.1 Sistemas lénticos y lóticos del área de influencia

- Sistemas Lóticos

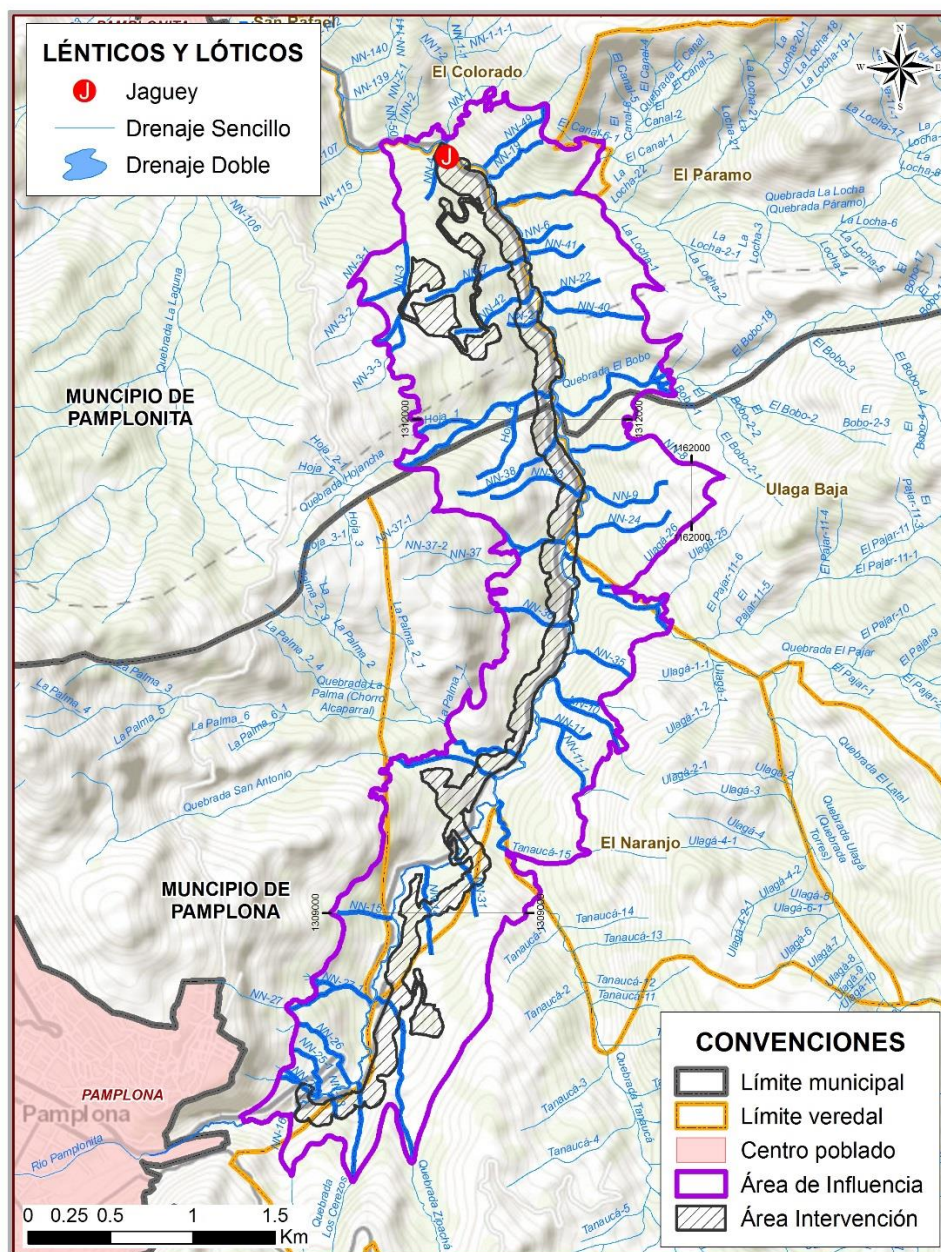
De acuerdo con la cartografía IGAC 1:25000 existente de la zona de estudio, el área de influencia se encuentra bañada por una serie de ríos y quebradas permanentes e intermitentes las cuales componen la red hidrográfica de la unidad funcional 2. La zona se compone en su mayoría de sistemas lóticos, los cuales de acuerdo con la clasificación del IDEAM, se encuentran dentro de la zona hidrográfica del Catatumbo los cuales a su vez son tributarios del río Pamplonita identificado como el afluente principal aferente al corredor vial proyectado.

Para la delimitación de márgenes de protección en el río Pamplonita, así como para sus respectivos afluentes pertenecientes al área de influencia de la unidad funcional 2, se requiere tener en cuenta la participación de sectores socioeconómicos de la región con el fin de determinar las posibles afectaciones que puedan surgir a sectores tales como sector académico, sector institucional, sociedad civil y sector productivo; dando especial énfasis en aquellos predios cuya incidencia de la ronda hídrica afecta directamente los bienes y servicios tanto públicos como privados, esto siguiendo los lineamientos dispuestos en el decreto 1640 del 2 de agosto de 2012 y el plan de ordenamiento y manejo de cuencas.

En la Figura 5.35, se muestra la red hidrográfica perteneciente a la zona de estudio.



**Figura 5.35 Red hidrográfica unidad funcional 2**





Fuente: Aecom - ConCol, 2018.



- Identificación de corrientes que interceptan el proyecto



En la Tabla 5.38 se presenta un resumen de los cuerpos de agua loticos identificados en la zona de influencia del proyecto vial. Dentro de éstos se han incluido tanto los de tipo estacional como perenne y en general se trata de cuencas con pendientes altas, de forma oval oblonga a rectangular oblonga, lo cual indica que son menos susceptibles a presentar inundaciones.




**Tabla 5.38 Cuerpos lóticos identificados a lo largo de la unidad funcional 2**



ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n .m	Departamento	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte						
1	Río Pamplonita	Río Pamplonita	1159614.015	1307809.546	2176	Norte santander de	Pamplona	Pamplona	Drenaje permanente con pendiente ondulada a media y flujo turbulento. Presenta material de fondo mediano (5-15 cm), vegetación abundante en orillas de tipo arbóreo (>5 m) y Arbustiva (<5 m). En el punto de cruce se identifica un puente vehicular. Es éste punto no se reporta afectación por inundaciones ni sequías.	
2	No está registrado en cartografía	No se identificó	1159835.456	1307826.489	2190	Norte santander de	Pamplona	Chichirá	Caída de agua proveniente de nacimiento cercano. Según la comunidad que se beneficia, este drenaje es permanente. Tiene pendiente ondulada a media, la vegetación circundante es pastos y algunos pinos, dentro del cauce se identifica lechos y musgos.	



ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n.m	Departamento	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte						
3	Quebrada Los Cerezos	No se identificó	1159981.003	1307869.631	2172	Norte santander	Pamplona	Chichirá	Drenaje permanente con pendiente ondulada a medio. Flujo tranquilo. Presenta lecho con material fino (<5 cm) y orillas con material medio (5-15 cm). La vegetación en sus orillas es de tipo arbóreo (5-15 m) y Arbustiva (<5 m). El en punto de cruce no se identifica infraestructura adosada. Es éste punto no se reporta afectación por inundaciones ni sequías.	
4	Quebrada Zipachá	Quebrada Chipa	1160177.711	1308443.827	2128	Norte santander	Pamplona	Chichirá	Drenaje permanente con pendiente ondulada a medio. Flujo tranquilo. Presenta lecho con material medio (5-15 cm) y orillas con material grueso (>15 cm). La vegetación en sus orillas es de tipo arbóreo (5-15 m) y Arbustiva (< 15 m). El en punto de cruce no se identifica infraestructura adosada. Es éste punto no se reporta afectación por inundaciones ni sequías.	

ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n.m	Departamento	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte						
5	No está registrado en cartografía	No se identificó	1160401.576	1309033.028	2078	Norte Santander	Pamplona	El Naranjo	Drenaje intermitente con pendiente ondulada a medio. Flujo turbulento. Presenta lecho con material medio (5-15 cm). La vegetación en sus orillas es de tipo herbácea/pastizales, se evidencian algunos eucaliptos en la orilla. En el punto de cruce no se identifica infraestructura adosada. En este punto no se reporta afectación por inundaciones ni sequías.	
6	Quebrada San Antonio	No se identificó	1160712.055	1309858.147	2005	Norte Santander	Pamplona	El Naranjo	Drenaje permanente con pendiente ondulada a medio. Flujo turbulento. Presenta lecho con material fino (<5 cm) y orillas con material grueso (>15 cm). La vegetación en sus orillas es de tipo Arbustiva (<5 m) y arbórea (>5m). En el punto de cruce no se identifica infraestructura adosada. En este punto no se reporta afectación por inundaciones ni sequías.	






ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n.m	Departamento	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte						
7	Quebrada la Palma Chorro Alcaparral)	No se identificó	1160915.12	1309981.172	1984	Norte Santander	Pamplona	El Naranjo	<p>Drenaje permanente con pendiente ondulada a medio. Flujo turbulento. Presenta lecho con material medio (5-15 cm) y orillas con material grueso (&gt;15 cm). La vegetación en sus orillas es de tipo Arbustiva (&lt;5 m) y cultivo de plátano. El en punto de cruce no se identifica infraestructura adosada. Hacia unos 50 metros aguas abajo se identifica un box culvert sobre el cual para la vía nacional pamplona-Cúcuta. En éste punto no se reporta afectación por inundaciones.</p>	




ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n.m	Departamento	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte						
8	Quebrada Ulagá	Quebrada Ulagá	1161224.98	1311164.4	1892	Norte Santander	de Pamplona	El Naranjo	<p>Drenaje permanente con pendiente ondulada a medio. Flujo turbulento. Presenta lecho con material medio (5-15 cm) y orillas con material grueso (&gt;15 cm). La vegetación en sus orillas es de tipo Arbustiva (&lt;5 m) y (5-15 m) se observan pinos, plátano y eucaliptos en el punto de cruce no se identifica infraestructura adosada. Hacia unos 50 metros aguas arriba se identifica un puente sobre el cual va la vía veredal. En éste punto no se reporta afectación por inundaciones.</p>	 

ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n.m	Departamento	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte						
9	Río Pamplonita	Río Pamplonita	1161265.1	1311317.4	1885	Norte Santander	Pamplona	Ulagá Baja	Drenaje permanente con pendiente ondulada a medio. Flujo turbulento. Presenta lecho con material medio (5-15 cm) y orillas con material grueso (>15 cm). La vegetación en sus orillas es de tipo Arbustiva (<5 m) y (5-15 m). En el punto de cruce no se identifica infraestructura adosada. En éste punto no se reporta afectación por inundaciones.	
10	N.N_1	No se identificó porque los pobladores no reconocen que haya una quebrada	1161298.3	1311547.3	1876	Norte Santander	Pamplona	El Naranjo	Según la cartografía en este punto cruza una quebrada, sin embargo durante el recorrido en campo no se identificó corriente hídrica, sólo se evidenció obra de drenaje tipo Alcantarilla. Se consultó con el señor En el punto de fuente hídrica según la	




ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n.m	Departamento	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte						
									<p>cartografía, no se identificó porque los pobladores no reconocen que haya una quebrada.</p> <p>Se identificó obra de drenaje tipo Alcantarilla</p>	
11	Sin Nombre	Sin Nombre	1161190.51	1311264.12	1931	Norte Santander	Pamplona	El Naranjo	<p>Corriente superficial perenne proveniente de manantial, no se evidencian usos, lecho en suelo, rodeado de pastos y escasa cobertura vegetal, afluye a alcantarilla en vía existente.</p>	
12	Sin Nombre	Sin Nombre	1161227.22	1311745.45	1860	Norte Santander	Pamplona	El Naranjo	<p>Drenaje permanente, canal cubierto en concreto, con disipadores.</p>	

ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n .m	Departamento	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte						
13	Sin Nombre	Sin Nombre	1161153.294	1311849.661	1856	Norte Santander	de Pamplona	El Naranjo	Drenaje intermitente, canal natural, lecho rocoso, la corriente es interceptada por alcantarilla a través de la vía existente	 
14	Quebrada Hoja Ancha	Quebrada Hoja Ancha	1161089.904	1312166.017	1834	Norte Santander	de Pamplona La quebrada es el límite municipal entre Pamplona y Pamplonita	La Hojanca	Quebrada perenne, en el costado norte inmediato al puente de la intercepción con la vía actual, se encuentra afectada por minería subterránea de carbón y respectivos patios de estéril.	

ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n.m	Departamento	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte						
15	Sin Nombre	Sin Nombre	1161140.47	1312412.65	1817	Norte Santander	Pamplonita	La Hojanca	Canales abiertos para control hidráulico en taludes. El trazado cruza por dichas estructuras, las cuales vierten el agua a la cuneta, posteriormente a alcantarilla. La corriente por estos canales es intermitente.	
16	Sin Nombre	Sin Nombre	1161034.35	1312594.41	1805	Norte Santander	Pamplonita	La Hojanca	Canales abiertos para control hidráulico en taludes. El trazado cruza por dichas estructuras, las cuales vierten el agua a la cuneta, posteriormente a alcantarilla. La corriente por estos canales es permanente	
17	Sin Nombre	Sin Nombre	1160997.68	1312722.29	-	Norte Santander	Pamplonita	La Hojanca	Quebrada Intermitente	



ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n.m	Departamento	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte						
18	Sin Nombre	Sin Nombre	1160950.05	1312970.26	1822	Norte Santander	de Pamplonita	La Hojancha	Drenaje intermitente, canal natural, lecho rocoso	


Fuente: AECOM – ConCol 2018

- Sistemas lénticos

Corresponden a todas las aguas interiores que no presentan corrientes continuas, sin flujos, tales como *humedales*, que corresponden a ecosistemas intermedios con ambientes permanentemente inundados y de ambiente normalmente secos; *lagunas*, las cuales representan geoformas de especial importancia desde el punto de vista ecológico de la región.

Para la unidad funcional 2 se encuentran un sistema léntico que corresponde al final de la unidad funcional y que se muestra en la Tabla 5.39.

**Tabla 5.39 Sistemas lénticos identificados en la unidad funcional 2**

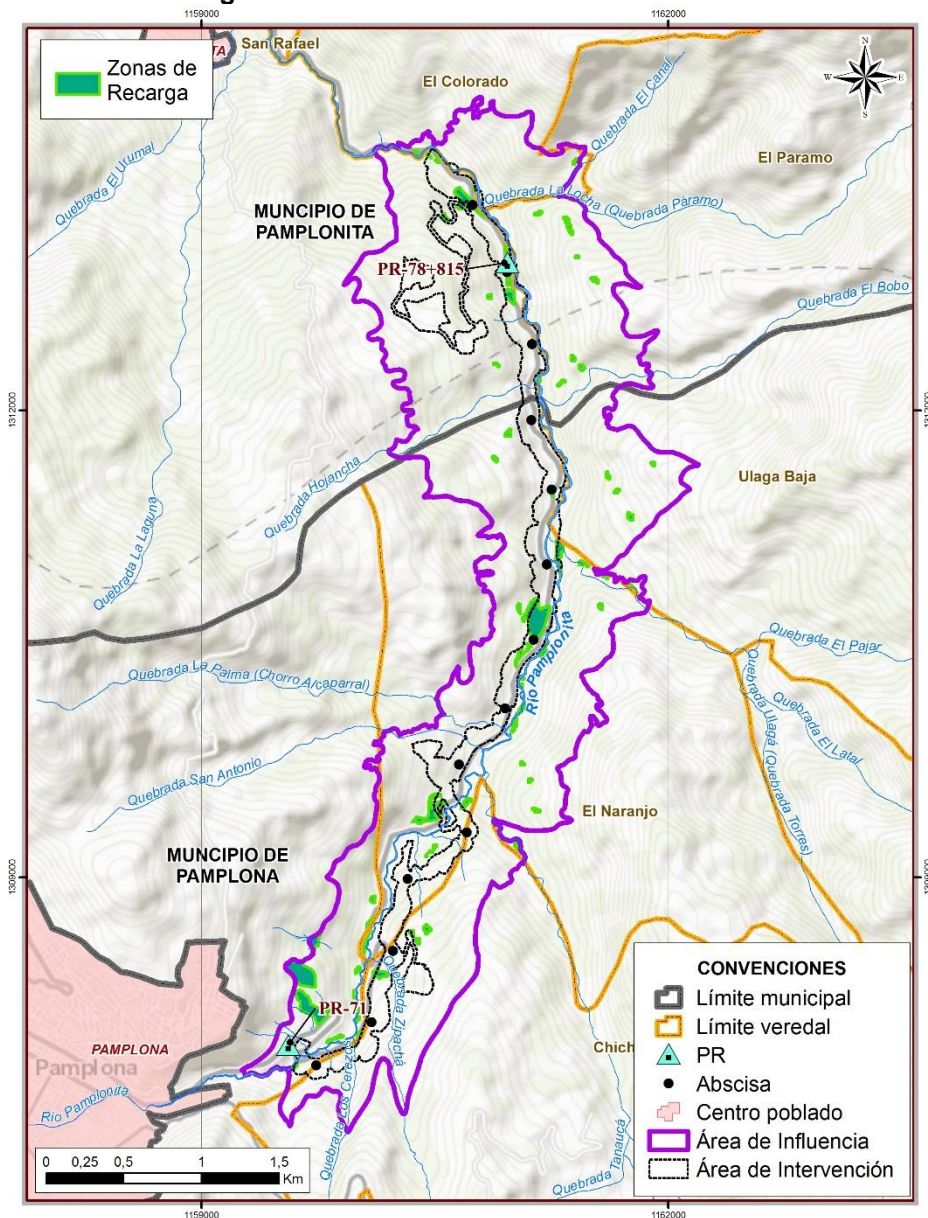
ID	Nombre Geográfico	Nombre local	Coordenadas		Cota m.s.n.m	Municipio	Vereda	Características Generales	Registro Fotográfico
			Este	Norte					
19	Sin Nombre	Sin Nombre	1160521.08	1313601.11	1745	Pamplonita	La Hojanca	Finca La Granja o La Silvia Habitantes: 4 Fuente del agua: Manantial perenne en el predio Usos: Consumo doméstico, piscícola.	

Fuente: AECOM – ConCol 2018

#### 5.1.5.3.2 Identificación de zonas de recarga

Las zonas de recarga de la unidad funcional 2 (UF2) se encuentran identificadas en depósitos cuaternarios de cualquier tipo, en zonas de alta influencia tectónica caracterizadas por discontinuidades persistentes, zonas con pendientes moderadas y continuas, en la Figura 5.36 se muestra la localización de las zonas de recarga asociadas a la unidad funcional 2 (UF2).

**Figura 5.36 Zonas de recarga hídrica Unidad Funcional 2**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

### 5.1.5.3.3 Clasificación de cuencas metodología IDEAM

Según la clasificación de cuencas establecida por el IDEAM y ratificada por el Decreto 1640 de agosto de 2012 por el cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, el área de estudio se encuentra dentro de la denominada área hidrográfica 1. Caribe, en la zona hidrográfica 16 Catatumbo. En la Tabla 5.40 se muestra la clasificación de cuencas para el tramo de la unidad funcional 2 (UF2) del corredor Cúcuta – Pamplona de acuerdo con la clasificación realizada en el plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Pamplonita (POMCA), donde se realiza la clasificación teniendo en cuenta las quebradas principales de las



subcuencas del río Pamplonita, las cuales para efecto del presente estudio corresponden a las quebradas pertenecientes a la subcuenca denominada “El Volcán” cuyo código de nivel corresponde al 160125.

**Tabla 5.40 Clasificación de cuencas UF2 IDEAM**

ID	Área hidrográfica	AH	Zona Hidrográfica	ZH	Sub Zona Hidrográfica	SZH	Nivel Subsiguiente	Código	Nombre Afluente	Código Afluente
1	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN1	1601-2559
2	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN2	1601-2560
3	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN3	1601-2501
4	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	Q. EL CANAL	1601-2555
5	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN4	1601-2503
6	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN5	1601-2504
7	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN6	1601-2554
8	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN7	1601-2506
9	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN8	1601-2548
10	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN9	1601-2547
11	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN10	1601-2543
12	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	Q. LA PALMA	1601-2517
13	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN11	1601-2541
14	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	Q. SAN ANTONIO	1601-2518
15	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN12	1601-2539
16	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN13	1601-2519
17	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN14	1601-2536
18	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN15	1601-2522
19	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	Q. EL BUQUE	1601-2527
20	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	Q. ZIPACHÁ	1601-2533
21	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	Q. LOS CEREZOS	1601-2531
22	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN16	1601-2529
23	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	Q. TANAUCÁ	1601-2538
24	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN17	1601-2502
25	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN18	1601-2558
26	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN19	1601-2556

ID	Área hidrográfica	AH	Zona Hidrográfica	ZH	Sub Zona Hidrográfica	SZH	Nivel Subsiguiente	Código	Nombre Afluente	Código Afluente
27	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN20	1601-2505
28	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN21	1601-2508
29	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN22	1601-2552
30	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN23	1601-2512
31	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN24	1601-2546
32	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN25	1601-2526
33	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN26	1601-2525
34	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN27	1601-2524
35	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN28	1601-2523
36	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN29	1601-2534
37	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN30	1601-2521
38	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN31	1601-2537
39	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN32	1601-2520
40	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN33	1601-2540
41	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN34	1601-2515
42	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN35	1601-2544
43	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN36	1601-2514
44	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN37	1601-2513
45	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	Q. ULAGÁ	1601-2545
46	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN38	16012-511
47	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN39	16012-510
48	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	Q. EL BOBO	1601-2550
49	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	Q. HOJA ANCHA	1601-2509
50	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN40	1601-2551
51	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN41	1601-2553
52	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN42	1601-2507
53	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN43	1601-2530
54	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN44	1601-2532
55	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN45	1601-2535

ID	Área hidrográfica	AH	Zona Hidrográfica	ZH	Sub Zona Hidrográfica	SZH	Nivel Subsiguiente	Código	Nombre Afluente	Código Afluente
56	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN46	1601-2516
57	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN47	1601-2542
58	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN48	1601-2549
59	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN49	1601-2557
60	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	R. PAMPLONITA	1601-2528
61	Caribe	1	Catatumbo	16	Río Pamplonita	1601	El Volcán	160125	NN50	1601-2561

Fuente: AECOM – ConCol 2018

#### 5.1.5.3.4 Descripción y localización de la red hidrográfica

A continuación, se presenta la descripción general de las cuencas identificadas en el área de influencia, de acuerdo con la información registrada en los planes de ordenamiento y manejo de cuencas respectivos y en los planes y esquemas de ordenamiento territorial de los municipios del área de interés.

- Área hidrográfica Caribe

Cuenta con un área de 363.878 km<sup>2</sup> y corresponde a las zonas fronterizas del territorio nacional, por el oriente desde Norte de Santander y el departamento de la Guajira con Venezuela; y por el occidente la zona norte del departamento de chocó limitando con el Urabá Antioqueño, también corresponde a las islas de San Andrés y Providencia.

Cuenta con una gran diversidad hídrica, ya que la componen ríos como el Atrato, Ranchería, Zulía y Pamplonita distribuidos en las diferentes zonas hidrográficas identificadas para su clasificación.

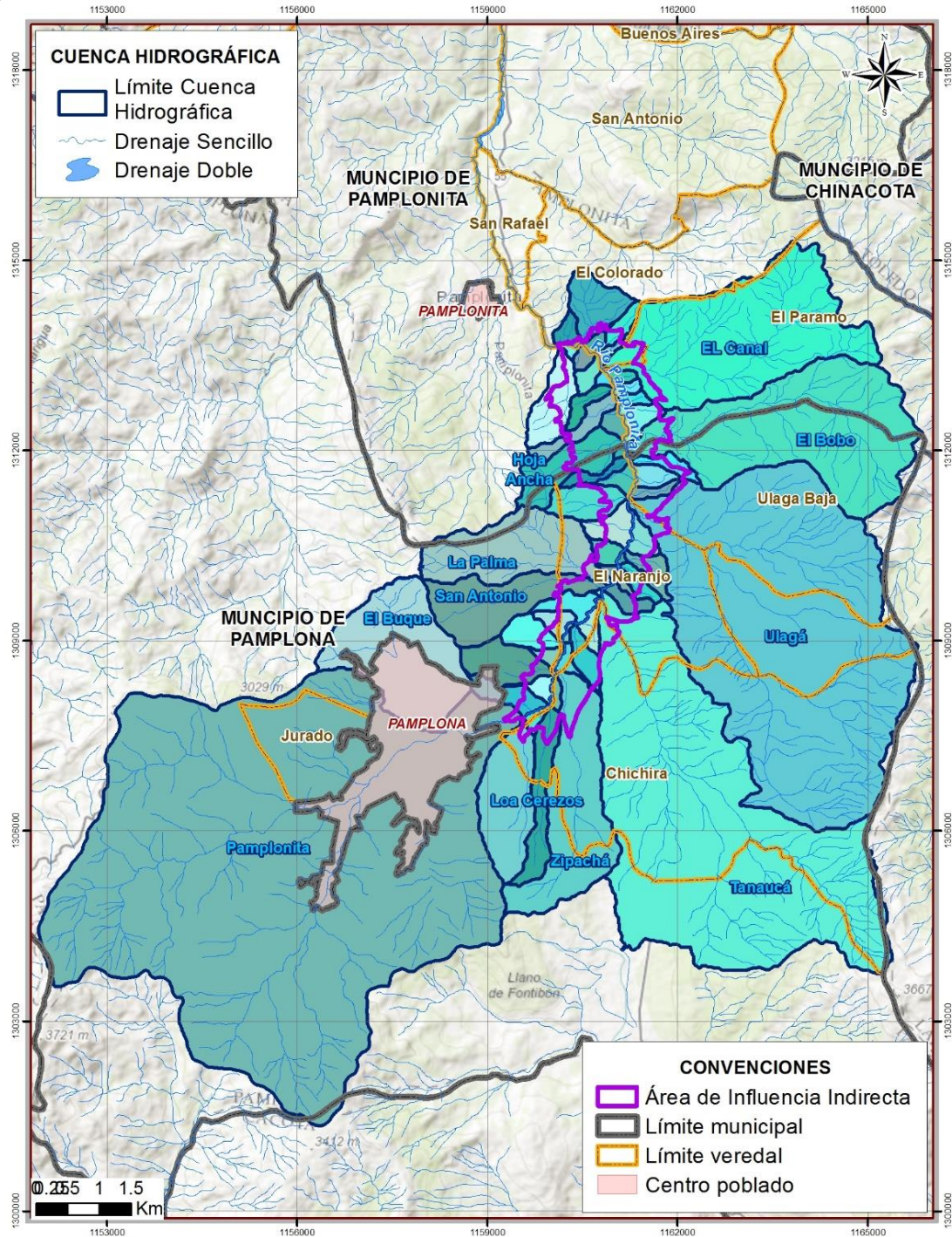
- Zona hidrográfica Catatumbo

Corresponde a la zona hidrográfica ubicada en el departamento de Norte de Santander, se erige en el territorio nacional con una extensión de 24.416 km<sup>2</sup> abarcando las subzonas hidrográficas del río Pamplonita, Zulía, Nuevo Presidente, Tarra, Algodonal, Socuavo del Norte y río de Oro.

En la se muestra de manera detallada la red hidrográfica de la zona asociada a las cuencas y al área de influencia de la unidad funcional 2.



**Figura 5.37 Red hidrográfica de la zona de estudio**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

#### 5.1.5.3.5 Patrones de drenaje – Régimen hidrológico – Caudales característicos.

La red hidrográfica en la zona de estudio presenta un patrón de drenaje dendrítico, con dominio de los sistemas lóticos. En la zona de interés, los grandes aportes al sistema hídrico provienen de la precipitación y la escorrentía superficial, indicando que el caudal varía en función de los periodos lluviosos.

- **Morfometría de cuencas**

Para las cuencas en estudio se han evaluado los parámetros de: pendiente media y tiempo de concentración, según la siguiente metodología:

- **Área de cuenca (A)**

Es el área de la proyección transversal del área de la cuenca en Hectáreas (Ha) o Kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>).

- **Perímetro (P)**

Es la longitud de la frontera de la cuenca

- **Factor de forma (F)**

Es una relación entre el área de la cuenca y la longitud de cauce principal.

$$F = \frac{A}{L^2}$$

- **Pendiente media del cauce (S)**

Es la variación de inclinación del cauce. Determina la velocidad de escurrimiento del agua. A mayor pendiente, mayor velocidad.

La pendiente media del cauce se realizó por el método de Taylor - Schwarz, que ajusta una rasante al perfil de la corriente.

$$S = \left[ \frac{L_t}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2$$

Donde:

Lt: Longitud total del cauce principal en (Km)  
Li: Longitud en que se divide el cauce principal (Km)  
Si: Pendiente de cada uno de los tramos

- **Tiempo de concentración (Tc)**

Tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca.

Las expresiones más utilizadas son las de:

- Kirpich

$$T_c = 0.06628 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Desarrollada a partir de información del SCS, recomendada para cuencas rurales en zonas montañosas.

- Temez

$$T_c = 0.30 \cdot \frac{L^{0.75}}{S^{0.19}}$$

- U.S. Corps of Engineers

$$T_c = 0.0882 \cdot \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

- Chow

$$T_c = 0.0197 \cdot \frac{L^{0.64}}{S^{0.32}}$$

Donde:

L: Longitud total del cauce principal en (Km)

S: Pendiente Promedio en (m/m)

Tc: Tiempo de Concentración en (min)

En la Tabla 5.41, se muestran los parámetros morfométricos de las cuencas asociadas a la unidad funcional 2 (UF2).



**Tabla 5.41 Parámetros morfométricos de cuencas**

Nombre Cuenca Menor	Índice Compacidad	Índice Sinusoidal	Densidad Drenaje	Área Km²	Perímetro (Km)	Long_C P (Km)	Z_Max	Z_Min	S (m/m)	TC_Pr om (min)
NN1	1,580	1,110	6,870	0,683	4,675	1,091	2263,00	1739,00	0,48	16,81
NN2	1,520	1,020	6,400	0,152	2,100	0,433	1923,00	1717,00	0,48	15,00
NN3	1,740	1,260	5,180	0,713	5,250	1,745	2183,00	1719,00	0,27	25,76
El Canal	1,830	1,300	5,140	6,0432	16,050	4,992	2914,00	1757,00	0,23	52,43
NN4	1,420	1,040	3,950	0,093	1,550	0,369	1876,00	1737,00	0,38	15,00
NN5	1,590	1,080	3,290	0,148	2,180	0,487	1955,00	1749,00	0,42	15,00
NN6	1,490	1,080	4,160	0,084	1,540	0,347	1927,00	1758,00	0,49	15,00
NN7	2,040	1,070	3,530	0,200	3,250	0,704	2084,00	1791,00	0,42	15,00
NN8	2,160	1,100	5,480	0,199	3,450	1,092	2230,00	1852,00	0,35	17,63
NN9	1,470	1,240	3,210	0,194	2,310	0,621	2163,00	1857,00	0,49	15,00
NN10	2,030	1,080	5,480	0,262	3,700	0,876	2371,00	1942,00	0,49	15,00
La Palma	1,810	1,130	4,510	2,359	9,950	3,392	2802,00	1974,00	0,24	40,70
NN11	1,820	1,020	4,710	0,192	2,850	0,758	2348,00	1959,00	0,51	15,00
San Antonio	1,950	1,090	1,670	1,6954	9,070	2,828	2572,00	1989,00	0,20	38,61
NN12	1,800	1,070	3,770	0,197	2,850	0,680	2317,00	1973,00	0,51	15,00
NN13	1,920	1,120	8,700	0,018	0,930	0,160	2005,00	1987,00	0,11	15,00
NN14	1,850	1,080	2,120	0,272	3,450	0,575	2324,00	2034,00	0,50	15,00
NN15	1,480	1,030	0,940	0,361	3,170	0,340	2441,00	2064,00	1,11	15,00
El Buque	1,610	1,120	2,060	3,3645	10,520	2,772	2797,00	2278,00	0,19	39,04
Zipachá	2,050	1,100	1,800	3,1712	13,050	3,936	2985,00	2103,00	0,22	45,19
Los Cerezos	2,570	1,180	3,590	0,824	8,320	2,962	2900,00	2147,00	0,25	35,69
NN16	1,680	1,050	1,640	1,6743	7,750	2,242	2727,00	2183,00	0,24	31,36
Tanaucá	2,010	1,090	4,250	15,110	27,950	7,838	3605,00	1985,00	0,21	72,51
NN17	1,810	1,930	5,940	0,044	1,360	0,263	1821,00	1719,00	0,39	15,00
NN18	1,930	1,100	5,330	0,076	1,900	0,407	2029,00	1738,00	0,71	15,00
NN19	1,920	1,100	6,350	0,068	1,790	0,433	1995,00	1756,00	0,55	15,00
NN20	1,570	1,240	4,170	0,055	1,320	0,230	1902,00	1757,00	0,63	15,00
NN21	1,540	1,040	1,360	0,149	2,120	0,203	1950,00	1792,00	0,78	15,00
NN22	1,570	1,040	4,240	0,088	1,660	0,371	2035,00	1789,00	0,66	15,00
NN23	1,660	1,120	4,020	0,165	2,400	0,662	2043,00	1854,00	0,29	15,00
NN24	1,760	1,130	5,670	0,121	2,180	0,686	2165,00	1885,00	0,41	15,00
NN25	2,080	1,190	1,490	0,364	4,480	0,542	2533,00	2145,00	0,72	15,00

Nombre Cuenca Menor	Índice Compacidad	Índice Sinusoidal	Densidad Drenaje	Área Km <sup>2</sup>	Perímetro (Km)	Long_C P (Km)	Z_Max	Z_Min	S (m/m)	TC_Pr om (min)
NN26	2,150	1,120	3,050	0,131	2,780	0,401	2409,00	2104,00	0,76	15,00
NN27	1,590	1,100	1,780	0,713	4,800	0,866	2629,00	2102,00	0,61	15,00
NN28	1,860	1,080	2,690	0,106	2,170	0,286	2278,00	2065,00	0,74	15,00
NN29	2,570	1,250	3,870	0,121	3,190	0,468	2312,00	2063,00	0,53	15,00
NN30	1,560	1,150	3,000	0,182	2,370	0,545	2320,00	2033,00	0,53	15,00
NN31	1,950	1,250	3,960	0,163	2,820	0,647	2209,00	1987,00	0,34	15,00
NN32	1,970	1,750	4,660	0,273	3,680	1,270	2326,00	1985,00	0,27	20,81
NN33	2,010	1,020	5,460	0,068	1,880	0,373	2170,00	1958,00	0,57	15,00
NN34	1,560	1,160	3,300	0,161	2,230	0,530	2177,00	1941,00	0,45	15,00
NN35	1,830	1,040	1,890	0,215	3,030	0,406	2173,00	1898,00	0,68	15,00
NN36	1,570	1,070	2,380	0,332	3,240	0,790	2195,00	1897,00	0,38	15,00
NN37	1,550	1,100	4,520	0,565	4,150	1,254	2283,00	1895,00	0,31	20,36
Ulagá	1,710	1,180	4,470	16,214	24,640	7,247	3318,00	1894,00	0,20	70,37
NN38	2,510	1,080	4,470	0,171	3,700	0,763	2239,00	1842,00	0,52	15,00
NN39	1,250	1,340	6,800	0,032	0,800	0,217	1928,00	1836,00	0,42	15,00
El Bobo	1,880	1,480	4,540	6,3304	16,900	5,706	2989,00	1835,00	0,20	58,98
Hojancha	2,040	1,100	4,860	0,951	7,100	2,056	2345,00	1833,00	0,25	29,07
NN40	1,630	1,040	2,560	0,247	2,900	0,633	2101,00	1804,00	0,47	15,00
NN41	1,530	1,110	4,580	0,082	1,560	0,375	1971,00	1790,00	0,48	15,00
NN42	2,420	1,120	1,590	0,381	5,340	0,607	2283,00	1792,00	0,81	15,00
NN43	1,620	1,060	1,420	0,084	1,680	0,119	2292,00	2147,00	1,22	15,00
NN44	1,710	1,020	6,860	0,075	1,670	0,516	2225,00	2102,00	0,24	15,00
NN45	1,790	1,240	11,550	0,029	1,090	0,336	2081,00	2035,00	0,14	15,00
NN46	1,550	1,050	4,870	0,043	1,140	0,207	2072,00	1957,00	0,56	15,00
NN47	1,520	1,160	9,380	0,024	0,840	0,226	2012,00	1943,00	0,31	15,00
NN48	1,570	1,500	11,630	0,014	0,650	0,157	1929,00	1842,00	0,55	15,00
NN49	2,030	1,070	5,540	0,186	3,120	1,028	2272,00	1748,00	0,51	15,28
Pamplonita	1,460	1,250	2,940	33,4093	30,130	10,202	3646,00	2183,00	0,14	96,02
NN50	1,340	1,030	3,730	0,0288	0,810	0,107	1788,00	1718,00	0,65	15,00

Fuente: AECOM – ConCol 2018

#### **5.1.5.3.6 Análisis de precipitación**

Las precipitaciones en la zona de estudio varían conforme se avanza en la unidad funcional 2 en sentido sur – norte, debido a que las estaciones meteorológicas asociadas a la zona de estudio registran datos puntuales de precipitación y otros datos climatológicos, se hace necesario realizar interpolación entre estaciones para conocer la distribución espacial de la lluvia a lo largo del tramo del corredor objeto de este estudio.

Teniendo en cuenta los datos de lluvia media multianual para la zona de estudio, se encuentra que para la estación Cacota ubicada al sur de la unidad funcional 2, se registran valores de precipitación de 717.4 mm, conforme se avanza hacia el norte en la estación Iser Pamplona se registra una precipitación a nivel multianual de 923.4 mm; al norte de la unidad funcional 2 se encuentra la estación Manzanares, la cual registra valores de precipitación multianuales de 1146.5 mm. De acuerdo con la información espacial generada producto de la elaboración de curvas Isoyetas que muestran la distribución espacial de la lluvia en la zona de estudio, se puede concluir que conforme avanza la unidad funcional 2 de sur a norte, las lluvias generadas en la zona aumentan, hasta el orden de 1150 mm promedio mensual multianual de lluvia al final de la misma, el gradiente de precipitación a lo largo de la unidad funcional 2 es de 226.6 mm.

#### **5.1.5.3.7 Precipitación máxima en 24 horas**

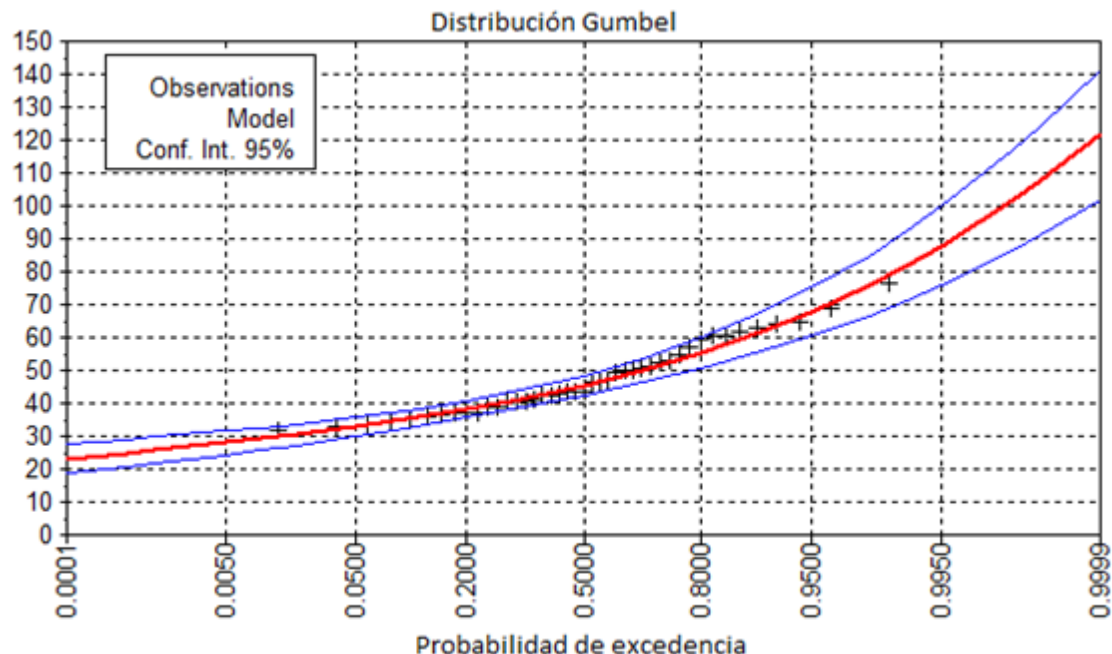
Para el análisis de precipitación máxima en 24 horas se tiene en cuenta información meteorológica recolectada a través de un periodo de 45 años en la estación Iser Pamplona, la cual cuenta con registros de precipitación desde el año 1972.

De acuerdo a los datos de precipitación máxima en 24 horas en la estación ISER Pamplona cuya área de influencia comprende la totalidad de la unidad funcional 2 se establecen los valores máximos de precipitación en 24 Horas para diferentes periodos de retorno. Al realizar el respectivo análisis de frecuencias, se encuentra que los registros máximos analizados se ajustan a una distribución tipo Gumbel, cuyo error cuadrático para el análisis realizado mediante prueba Chi cuadrado, es de 3.75.

En la Figura 5.38 se muestra la distribución Gumbel y los datos de precipitación máxima en 24 horas materializados dentro de los intervalos de confianza de la distribución.



**Figura 5.38 Distribución Gumbel, precipitación máxima en 24 Horas**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

**Tabla 5.42 Precipitación máxima en 24 horas**

Tr (Años)	P max 24 h (mm)
2,33	45,4
5	55,2
10	61,6
15	65,3
20	67,8
25	69,8
50	75,8
100	81,8

Fuente: AECOM – ConCol 2018

#### 5.1.5.3.8 Caudales Máximos

Los caudales presentes en un drenaje pueden variar dependiendo la topografía existente, la capa de cobertura vegetal, el régimen de lluvias y la intensidad de las mismas.

Los valores de caudales máximos de una estación, así como los de precipitación siguen una distribución de probabilidades. En una serie de datos estadísticos de una estación hidrológica, es indispensable resumir esta multitud de cifras en elementos sintéticos que caractericen la estación desde el punto de vista considerado. Una serie de datos de precipitación o de caudales máximos puede ser ajustada a una distribución probabilística. Los métodos de cálculo de caudales máximos para cada una de las cuencas, así como el procedimiento utilizado se describen a continuación.

- Caudales máximos de cuencas menores

Para la estimación de caudales de las cuencas menores a partir de datos de precipitación de la estación del IDEAM Iser Pamplona, se realizaron los hietogramas de diseño (ver Figura 5.40) y se calcularon las intensidades para cada periodo de retorno. Una vez obtenida esta información se realizó la evaluación de caudales máximos por el método racional para cuencas menores a 2,5 km<sup>2</sup> y por el método del Soil Conservation Service para cuencas superiores a dicha extensión.

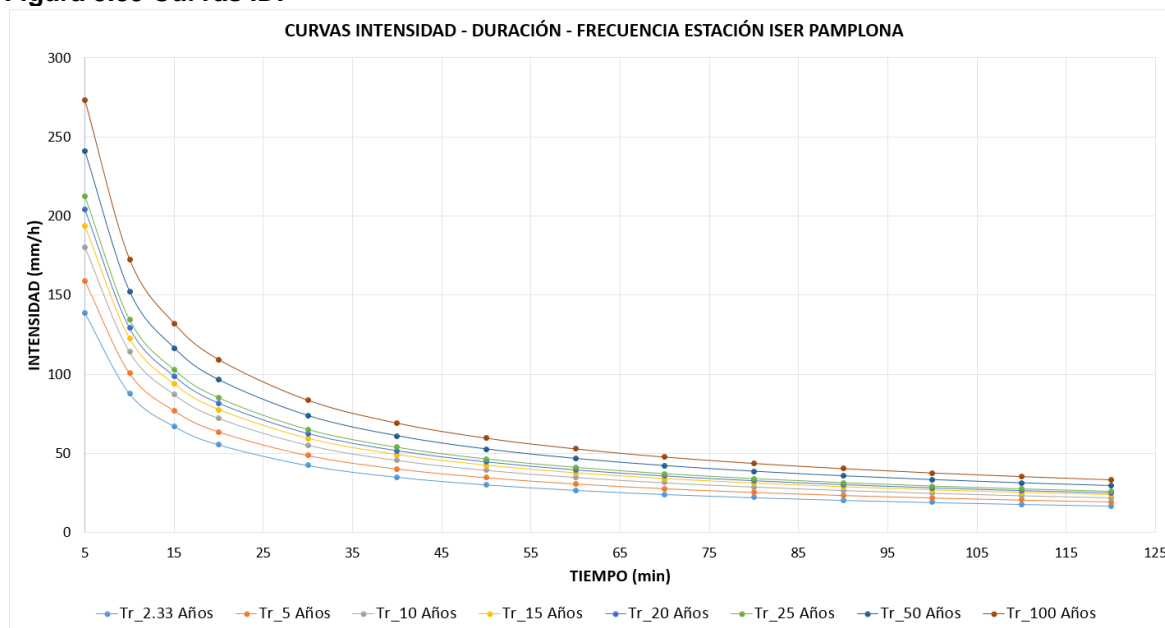
En la Tabla 5.43 se muestran las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia calculadas para la unidad funcional 2 a partir de las cuales se realizó el cálculo de los hietogramas necesarios para el análisis de caudales y para la toma de intensidades para el análisis de caudales en cuencas para las que aplique el método racional. Ver (Figura 5.24).

**Tabla 5.43 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia estación Iser Pamplona**

Tr años	Tiempo (min)									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2,33	67,21	55,59	42,53	35,18	30,36	26,92	67,21	55,59	42,53	35,18
5	77,11	63,77	48,80	40,36	34,83	30,89	77,11	63,77	48,80	40,36
10	87,36	72,25	55,29	45,73	39,46	34,99	87,36	72,25	55,29	45,73
15	93,97	77,72	59,47	49,19	42,45	37,64	93,97	77,72	59,47	49,19
20	98,96	81,85	62,63	51,80	44,71	39,64	98,96	81,85	62,63	51,80
25	103,02	85,20	65,20	53,92	46,54	41,26	103,02	85,20	65,20	53,92
50	116,71	96,53	73,86	61,09	52,72	46,75	116,71	96,53	73,86	61,09
100	132,22	109,35	83,68	69,21	59,73	52,96	132,22	109,35	83,68	69,21

Fuente: AECOM – ConCol 2018

**Figura 5.39 Curvas IDF**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

Las curvas IDF fueron calculadas mediante la metodología de Mario Díaz – Granados

(INVIAS) con parámetros definidos para la región andina.

De acuerdo a la clasificación de IDEAM, en la clasificación de intensidades de lluvia se cataloga como lluvias torrenciales a partir de los 60 mm/h.

- Método del Hidrograma unitario del SCS

Este método de cálculo de la esorrentía máxima, utiliza como información básica, el área de drenaje, la longitud del cauce principal, la pendiente del cauce, la precipitación bruta caída en la cuenca en estudio, su duración y el valor característico del suelo CN, de acuerdo con la clasificación definida por el U.S.S.C.S. Para cuencas sin medición de caudales y con áreas mayores a 2,5 km<sup>2</sup>, se empleó el método del hidrograma unitario de SCS.

En esencia se pretende determinar un caudal pico específico o por unidad de lluvia neta qp en (m<sup>3</sup>/s-cm de lluvia neta). Para este fin, se utilizó la metodología del Hidrograma Unitario, el cual, a través de un proceso lineal como lo es la convolución, se hace la transformación de lluvia efectiva a esorrentía directa por el cauce, Uno de los métodos más utilizados para cuencas con tamaños similares a la de los ríos de la zona del proyecto, es el Método Triangular, desarrollado por el SCS de los Estados Unidos.

Se utilizó el hidrograma triangular desarrollado por el U.S. Soil Conservation Service que a partir de su forma se obtiene las siguientes relaciones:

$$T_c = L^{0.77} S^{-0.385}$$

- L: Longitud del cauce principal desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km  
S: Pendiente promedio del cauce, en m/m  
Tp: Tiempo al pico, se mide desde el comienzo del hidrograma unitario en horas y está dado por la siguiente expresión:

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6T_c$$

Donde D es el exceso de precipitación unitaria en horas y Tc es el tiempo de concentración en horas

Ahora:

Qp: Caudal unitario máximo en m<sup>3</sup>/s y está dado por la expresión:

$$Q_p = 0.2083A \frac{E}{T_p}$$

Donde:

- A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>  
E: Escurrimiento medio en mm  
Tp: Tiempo al pico en horas



De la misma manera:

$$T_b = \frac{8}{3} T_p$$

Para convertir el hidrograma unitario triangular en curvilíneo se utilizó el hidrograma unitario adimensional desarrollado por el U.S. Soil Conservation Service (Figura 5.25) Ahora, para la determinación del hietograma sintético de la lluvia de diseño o sea la distribución de la profundidad de la lluvia en el tiempo, se obtuvieron las profundidades totales para diferentes periodos de retorno en la unidad funcional 2, la cual es la estación más representativa del sitio de interés. En el presente análisis se obtuvo el valor de la profundidad de la lluvia para periodos de retorno de 1.33, 2, 5, 10, 25, 50 Y 100 años, a partir de los análisis de precipitación realizados para las estaciones de registro de lluvias de la zona. La interpretación espacial de la lluvia en la unidad funcional 2 se realizó mediante el análisis de reducción de la lluvia por espacialidad, teniendo en cuenta la ecuación de Fhrüling cuya expresión es de la forma:

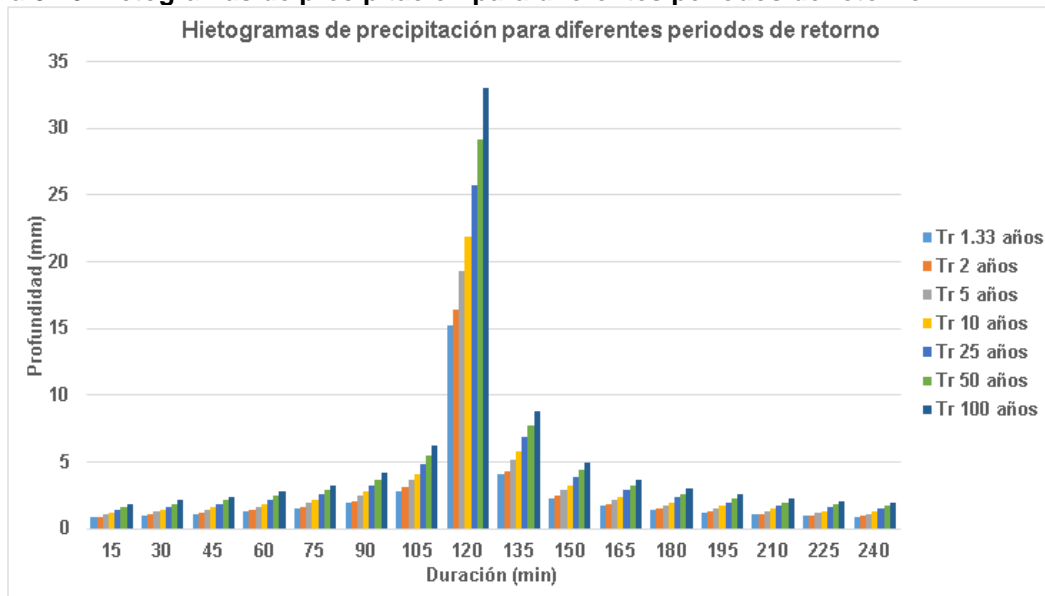
$$F(a) = 1.0 - 0.0054 * A^{0.25}$$

Donde:

A: Área de drenaje de la hoya, en metros cuadrados ( $m^2$ ).

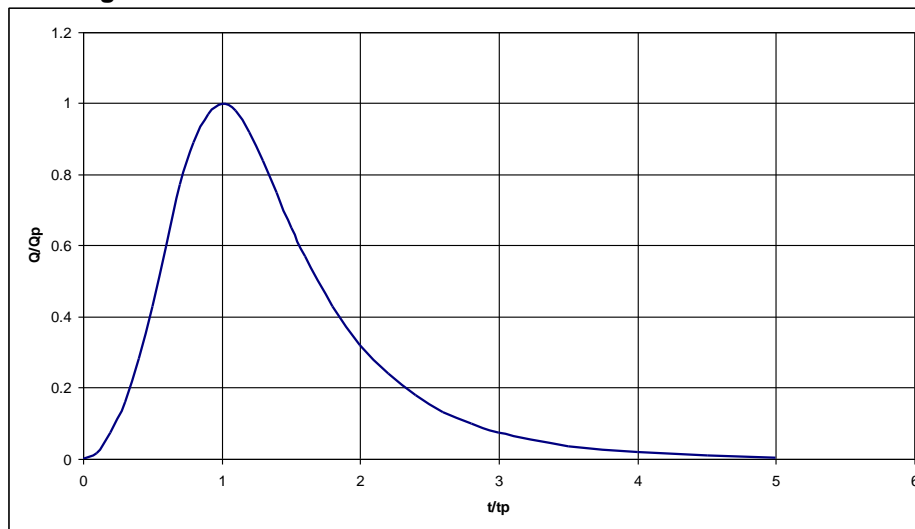
A continuación, se muestra los hietogramas asociados a la unidad funcional 2 utilizados en el análisis de caudales para diferentes periodos de retorno.

**Figura 5.40 Hietogramas de precipitación para diferentes periodos de retorno**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

**Figura 5.41 Hidrograma Unitario Adimensional del U.S.S.C.S.**



Fuente: Ven te Chow, 1994

La precipitación efectiva ( $P_e$ ), fue estimada utilizando el método del Soil Conservation Service de los EEUU, el cual se puede expresar de la siguiente manera:

$$P_e = \frac{\left( P - \frac{5080}{CN} + 50.8 \right)^2}{P + \frac{20320}{CN} - 203.2}$$

Donde:

$P_e$ : precipitación efectiva en mm.  
 $P$ : precipitación de tormenta de diseño en mm.  
 $CN$ : número de curva.

La determinación del número de curva de las cuencas se realiza mediante un promedio ponderado por el área del número de curva asignado a cada zona o unidad de suelo y cobertura vegetal homogénea identificada dentro de las cuencas.

- Resultados Caudales máximos

Con base en datos de precipitación efectiva, tiempo de concentración y área aferente de las cuencas y Morfometría propia de las cuencas, se calcularon los caudales máximos en condiciones de lluvia asociadas a diferentes periodos de retorno, tal como se muestra en la Tabla 5.44.

**Tabla 5.44 Caudales máximos estimados en drenajes permanentes y sitios de cruce.**

Nombre	Área (km <sup>2</sup> )	Caudales Máximos (m <sup>3</sup> /s)						
		1,33 años	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
El Canal	6,04	3,70	4,90	8,50	12,20	19,00	25,70	34,00
San Antonio	1,70	1,20	1,50	2,70	4,00	6,30	8,50	11,30
Zipachá	3,17	2,10	2,70	4,80	6,90	10,80	14,70	19,40
Los Cerezos	0,82	0,60	0,80	1,40	2,00	3,10	4,30	5,70
NN14	0,27	0,20	0,30	0,60	1,00	1,60	2,20	2,90
Tanaucá	15,11	2,40	3,30	6,60	10,40	17,70	25,30	35,20
NN37	0,56	0,50	0,60	1,20	1,80	2,80	3,90	5,20
Ulagá	16,21	2,40	3,30	6,60	10,60	18,30	26,30	36,70
El Bobo	6,33	3,70	4,90	8,40	12,00	18,60	25,20	33,20
Hojancha	0,95	0,70	1,00	1,70	2,60	4,00	5,50	7,40
NN43	0,08	0,08	0,10	0,20	0,30	0,50	0,70	0,90
Pamplonita	33,41	3,50	4,90	9,70	15,70	27,40	39,70	56,00
NN4	0,09	0,09	0,10	0,20	0,30	0,50	0,70	1,00
NN23	0,16	0,10	0,20	0,40	0,60	0,90	1,30	1,80
La Palma	2,37	1,60	2,10	3,70	5,40	8,50	11,60	15,30
NN27	0,70	0,60	0,90	1,60	2,50	4,10	5,70	7,60
NN36	0,34	0,30	0,40	0,80	1,20	1,90	2,60	3,50
NN38	0,17	0,18	0,20	0,40	0,60	1,00	1,40	1,80
NN21	0,14	0,10	0,20	0,30	0,50	0,90	1,20	1,60
NN42	0,38	0,30	0,50	0,90	1,30	2,20	3,00	4,10
NN7	0,20	0,18	0,20	0,50	0,70	1,10	1,60	2,10
NN2	0,12	0,10	0,20	0,30	0,50	0,90	1,20	1,60

Fuente: AECOM – ConCol 2018

Sobre el río Pamplonita se encuentra la estación hidrométrica La Donjuana (16017020) administrada por el IDEAM, la cual posee registros de caudal desde el año 1973. Se realizó el análisis de frecuencia de caudales máximos diarios de 44 años de registro para un periodo de retorno de 1.33, 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5.45.

**Tabla 5.45 Caudales máximos y periodos de retorno asociados a la estación La Donjuana**

Periodo de Retorno	Valor esperado para cada distribución para cada Tr			
	Normal	Gumbel	Pearson	Log-Normal
(Años)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
1.33	44,5	43,1	39,5	39,3
2.0	76,6	68,3	64,7	62,5
5	116	109	112	111
10	137	136	144	150



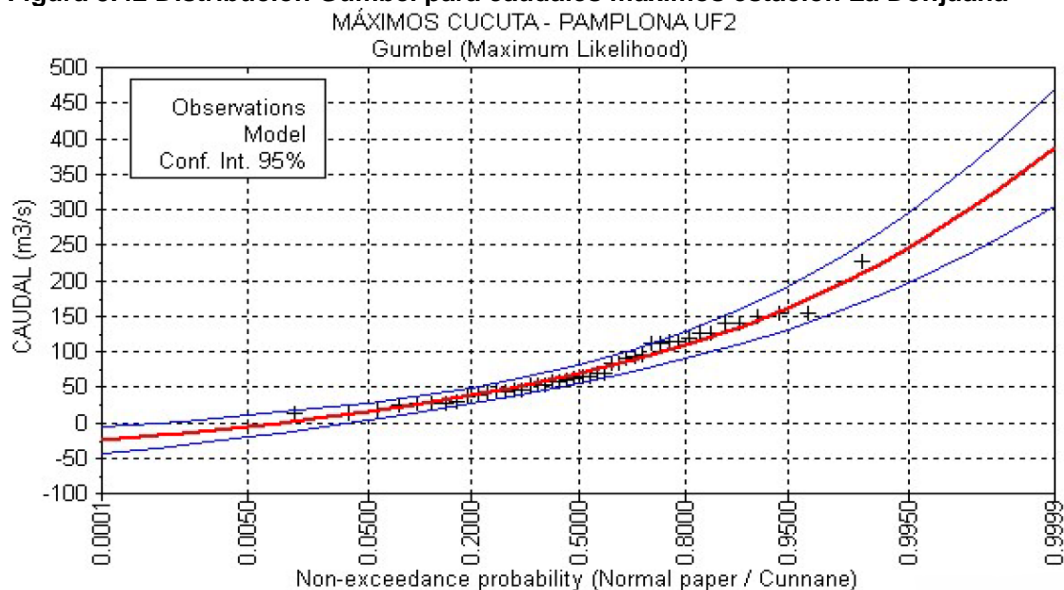
Periodo de Retorno (Años)	Valor esperado para cada distribución para cada Tr			
	Normal	Gumbel	Pearson	Log-Normal
	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)
25	159	170	184	206
50	174	196	214	254
100	187	221	243	306
Prueba Chi Cuadrado	10	4,68	5,09	5,91

Fuente: Aecom - ConCol. 2018

De acuerdo con la Tabla 5.45, se puede observar que la distribución que más se ajusta a los datos de caudal máximo procesados es la distribución Gumbel, la cual arroja un error cuadrático de 4.68, inferior a los demás análisis de frecuencias mediante otro tipo de distribuciones, se utiliza la prueba Chi Cuadrado con el fin de corroborar la bondad de ajuste de los datos de caudal con relación a los métodos de análisis empleados; por lo tanto los caudales a esperar son aquellos asociados a la distribución cuyo error cuadrático es inferior al resto.

En la Figura 5.27 se muestra la distribución de los datos correspondientes a los caudales máximos dentro de una distribución tipo Gumbel con sus respectivos intervalos de confianza.

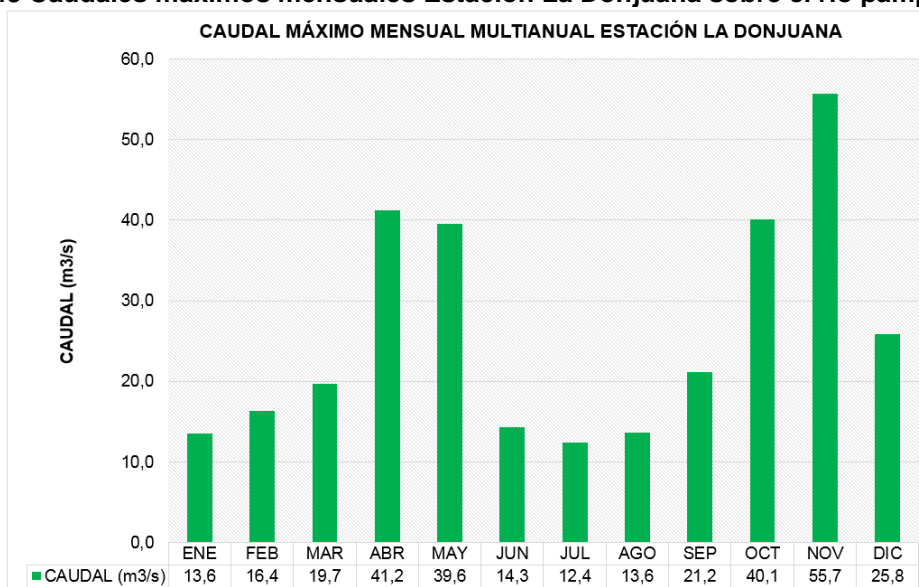
**Figura 5.42 Distribución Gumbel para caudales máximos estación La Donjuana**



Fuente: Aecom - ConCol. 2018

Así mismo, a continuación, en la Figura 5.28 se muestran los caudales máximos mensuales registrados en la estación La Donjuana.

**Figura 5.43 Caudales máximos mensuales Estación La Donjuana sobre el río pamplonita**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

Los caudales máximos se presentan en los meses de abril, mayo, octubre y noviembre, coincidiendo con la época de alta precipitación en el área de influencia de acuerdo con el análisis de precipitación efectuado en el capítulo 5.1.10.

#### 5.1.5.3.9 Caudales medios

Los caudales medios en las cuencas asociadas a la unidad funcional 2, se determinan mediante rendimientos hídricos, los cuales se derivan del balance hídrico a largo plazo para cada cuenca menor. A continuación, se muestran los balances hídricos a nivel de cuenca y cuenca menor para la unidad funcional 2 (UF2).

#### 5.1.5.3.10 Balance Hídrico

Para el balance hídrico se utiliza el método de Thornthwaite el cual tiene como datos de entrada la precipitación media mensual multianual y la temperatura media mensual multianual. Con estos valores de precipitación y evapotranspiración se efectuó un balance de la zona a nivel mensual teniendo en cuenta el efecto de almacenamiento en el suelo durante los meses de superávit y descarga de los acuíferos durante los meses de déficit de precipitación. Para mantener la unidad del ciclo hidrológico este balance se inicia en el mes de octubre con un valor mínimo de almacenamiento en el suelo equivalente a 45 milímetros y un máximo de capacidad de almacenamiento de 100 mm.

Los resultados de este balance se muestran en la Tabla 5.46, observándose que de los 923 milímetros de precipitación media anual, 773.1 milímetros se convierten en evapotranspiración y 150 milímetros en flujo superficial. Esta escorrentía equivale a un rendimiento medio anual de 4.7 l/s/km<sup>2</sup>. Se observa que, en el mes más seco, el caudal así estimado es de 0 L/s.

**Tabla 5.46 Balance hídrico mensual Unidad Funcional 2.**

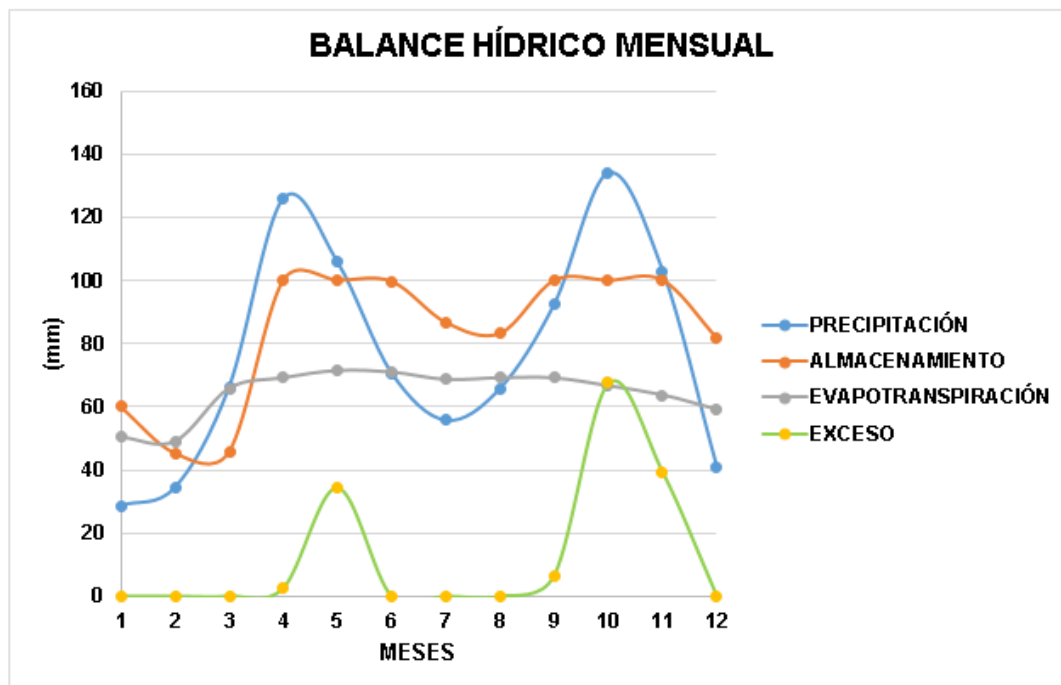
MES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ANUAL
<b>Precipitación (P) mm</b>	134,11	103,01	40,82	28,62	34,33	66,17	125,98	105,82	70,59	55,64	65,76	92,52	923,38
<b>Temperatura (T) °C</b>	15,43	14,93	14,36	13,89	14,43	15,06	15,60	15,92	15,70	15,43	15,66	15,75	
<b>Evapotranspiración Potencial(EPT) mm</b>	66,61	63,70	61,03	59,49	62,27	65,79	69,15	71,46	70,98	69,59	69,78	69,10	798,95
<b>P - EPT mm</b>	67,49	39,32	-20,21	-30,87	-27,94	0,38	56,83	34,36	-0,38	-13,95	-4,02	23,42	
<b>Almacenamiento mm</b>	100,00	100,00	81,70	60,00	45,38	45,76	100,00	100,00	99,62	86,65	83,23	100,00	
<b>ΔAlmacenamiento (ALM) mm</b>	0,00	0,00	-18,30	-21,70	-14,63	0,38	54,24	0,00	-0,38	-12,97	-3,42	16,77	
<b>Evapotranspiración (ET) mm</b>	66,61	63,70	59,12	50,32	48,96	65,79	69,15	71,46	70,98	68,61	69,17	69,10	772,97
<b>Surplus (Exceso)= P-ET-ΔALM mm</b>	67,49	39,32	0,00	0,00	0,00	0,00	2,59	34,36	0,00	0,00	0,00	6,65	150,41
<b>Rendimiento Hídrico (l/s/km²)</b>	25,2	15,2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	12,81	0,00	0,00	0,00	2,49	4,7
<b>Deficit (EPT-ET) (mm)</b>	0,00	0,00	1,91	9,17	13,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,61	0,00	25,98

Fuente: AECOM – ConCol 2018

De la Figura 5.44 se observa que en meses de diciembre y abril no hay milímetros de lluvia disponibles para las cuencas asociadas a la unidad funcional 2 y el mes 1 corresponde al mes de octubre.



**Figura 5.44 Balance hídrico mensual**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

Teniendo en cuenta el área de influencia del proyecto, se determina el volumen de exceso para el área en cuestión, de acuerdo con la información analizada los volúmenes de escorrentía a nivel general en área de influencia se muestran en la Tabla 5.47.

**Tabla 5.47 Volúmenes de exceso en el área de influencia de la unidad funcional 2**

UNIDADES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ANUAL
mm	67,49	39,32	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	34,4	0,0	0,0	0,0	6,65	150,41
m	0,06749	0,03932	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00665	0,15041
m3	503120,0	293120,2	0,0	0,0	0,0	0,0	19307,8	256144,7	0,0	0,0	0,0	49574,0	1121266,6

Fuente: AECOM – ConCol 2018

Siguiendo el método de Thornthwaite para las cuencas menores se realizó el respectivo balance hídrico con el fin de encontrar los caudales medios asociados a cada cuenca menor mediante rendimientos hídricos, teniendo en cuenta parámetros de precipitación y temperatura para la zona de estudio.

Para la unidad funcional 2 (UF2) a lo largo de su recorrido en sentido sur – norte tanto la temperatura como las precipitaciones son variables, por esto se hace imprescindible conocer el comportamiento hídrico de cada cuenca menor de acuerdo con su ubicación geográfica y orografía particular.

En la Tabla 5.48 se muestra el balance hídrico para cada cuenca menor asociada a la unidad funcional 2 teniendo en cuenta los parámetros de precipitación y temperatura para cada una de ellas.

**Tabla 5.48 Balance hídrico particular para cada cuenca menor asociada a la Unidad Funcional 2**

<b>Cuenca Menor</b>	<b>Precipitación media multianual(P) mm</b>	<b>Temperatura media multianual (T) °C</b>	<b>Evapotranspiración potencial (EPT) mm</b>	<b>Evapotranspiración (ET) mm</b>	<b>(Exceso)= P-ET-ΛALM (mm) anual</b>	<b>Rendimiento hídrico promedio multianual (l/s/km2)</b>	<b>Déficit máximo (EPT-ET) (mm)</b>
NN1	1169,94	16,95	889,12	871,67	298,27	9,42	10,48
NN2	1153,29	18,05	949,67	921,16	232,13	7,33	14,84
NN3	1105,01	16,83	882,76	860,22	244,79	7,73	12,44
El canal	1178,36	14,98	789,06	780,55	397,81	7,73	5,56
NN4	1137,00	18,12	953,92	922,71	214,29	6,77	15,79
NN5	1126,36	17,86	939,01	909,05	217,31	6,86	15,28
NN7	1108,40	17,21	903,43	877,64	230,76	7,29	13,70
NN8	1089,93	16,37	858,63	837,35	252,58	7,98	11,92
NN9	1079,88	16,96	889,66	862,59	217,29	6,86	14,17
NN10	1028,54	15,92	835,86	812,93	215,61	6,81	12,56
La Palma	1005,43	15,03	791,86	773,58	231,85	7,32	10,40
NN11	1017,52	16,27	853,71	826,92	190,60	6,02	14,05
NN12	1005,91	16,31	855,85	827,95	177,96	5,61	14,44
NN13	1000,01	17,18	901,92	864,51	135,50	4,27	17,66
NN14	966,46	16,21	850,45	819,62	146,84	4,62	15,31
NN15	962,59	15,67	823,18	797,31	165,28	5,21	13,63
Zipachá	942,75	14,62	772,01	751,46	191,29	6,04	11,25
Los Cerezos	933,51	14,07	746,43	728,42	205,09	6,48	9,93
NN17	1141,08	18,41	970,47	936,90	204,18	6,45	16,64
NN19	1145,42	17,97	944,99	909,79	235,63	7,44	16,25
NN20	1126,71	18,08	951,76	919,62	207,09	6,54	16,19
NN21	1102,41	17,76	933,72	901,89	200,52	6,33	15,96

Cuenca Menor	Precipitación media multianual(P) mm	Temperatura media multianual (T) °C	Evapotranspiración potencial (EPT) mm	Evapotranspiración (ET) mm	(Exceso)= P-ET-ΛALM (mm) anual	Rendimiento hídrico promedio multianual (l/s/km2)	Déficit máximo (EPT-ET) (mm)
NN22	1120,51	17,44	915,65	888,64	231,87	7,32	14,08
NN23	1069,49	17,38	912,83	881,11	188,38	5,95	15,87
NN24	1071,42	16,95	889,37	861,60	209,82	6,62	14,38
NN25	936,17	14,95	787,90	764,94	171,23	5,40	12,26
NN26	944,26	16,00	839,70	808,39	135,87	4,27	15,28
NN27	946,20	14,73	777,29	756,50	189,70	5,99	11,34
NN28	957,45	16,25	852,54	820,12	137,33	4,32	15,78
NN29	959,96	16,19	849,45	818,12	141,84	4,46	15,45
NN30	973,75	15,99	839,60	811,73	162,02	5,10	14,43
NN31	980,28	16,79	881,14	845,63	134,65	4,24	16,94
NN33	1012,54	17,07	895,68	861,11	151,43	4,77	16,91
NN34	1022,73	16,97	890,32	857,21	165,52	5,22	16,15
NN35	1041,02	17,06	895,31	863,60	177,42	5,60	15,88
NN36	1039,40	17,01	892,76	861,30	178,10	5,62	15,78
NN37	1047,83	16,30	855,41	831,49	216,34	6,83	12,96
Ulagá	1060,33	13,82	734,82	723,59	336,74	10,64	6,69
NN38	1066,36	16,71	876,70	851,14	215,22	6,79	13,59
NN39	1085,46	17,80	935,87	901,52	183,94	5,81	16,86
El Bobo	1147,01	13,38	714,99	709,38	437,63	13,84	3,67
Hojancha	1066,90	16,46	863,29	839,96	226,94	7,17	12,78
NN40	1110,10	17,34	910,66	883,16	226,93	7,16	14,37
NN41	1125,61	17,69	929,66	900,97	224,64	7,09	14,82
NN42	1091,33	16,80	881,31	857,55	233,78	7,38	12,91



Cuenca Menor	Precipitación media multianual(P) mm	Temperatura media multianual (T) °C	Evapotranspiración potencial (EPT) mm	Evapotranspiración (ET) mm	(Exceso)= P-ET-ΛALM (mm) anual	Rendimiento hídrico promedio multianual (l/s/km2)	Déficit máximo (EPT-ET) (mm)
NN43	935,82	15,91	835,23	803,65	132,17	4,15	15,15
NN44	946,47	16,31	855,65	821,09	125,38	3,94	16,26
NN45	971,64	16,83	883,06	846,14	125,50	3,95	17,31
NN46	1014,13	17,11	898,16	863,18	150,95	4,76	17,04
NN47	1025,85	17,30	908,27	873,07	152,78	4,82	17,13
NN48	1086,09	17,75	933,00	899,32	186,77	5,90	16,63
NN49	1160,49	16,69	875,29	858,79	301,70	9,53	10,11
Pamplonita	1002,33	12,87	693,21	682,81	319,52	10,10	5,81
NN6	1131,42	17,78	934,83	905,84	225,58	7,12	14,92
San Antonio	974,16	15,30	804,67	782,67	191,49	6,04	12,13
El Buque	957,19	15,03	791,51	769,84	187,35	5,91	11,83
NN16	928,09	13,73	731,07	714,30	213,79	6,75	9,18
Tanaucá	995,35	14,87	784,21	764,32	231,03	7,29	11,09
NN18	1149,57	17,97	945,53	916,78	232,79	7,35	14,76
NN32	985,24	16,54	867,85	835,58	149,66	4,71	15,86
NN50	1150,52	18,37	968,28	936,93	213,59	6,74	15,95

Fuente: Aecom - ConCol. 2018

De la Tabla 5.48, teniendo en cuenta el rendimiento hídrico y realizando el producto por el área de cada cuenca menor se obtienen los caudales medios asociados a cada una tal como se muestra en la Tabla 5.49; es de resaltar que los caudales medios son calculados únicamente para aquellas cuencas menores cuyo drenaje es de tipo permanente y tiene incidencia directa en el trazado vial, ya que para corrientes intermitentes se presenta únicamente un caudal máximo en épocas lluviosas.

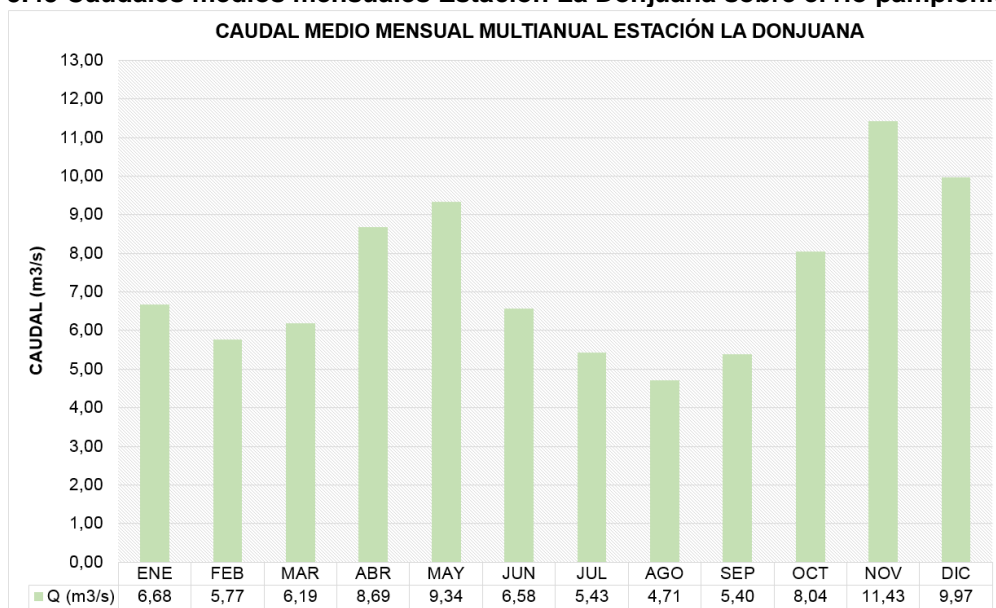
**Tabla 5.49 Caudales medios multianuales estimados en drenajes permanentes y puntos de cruce**

ID	Nombre Cuenca	Rendimiento (L/s/Km2)	Área (Km2)	Caudal Medio (L/s)
4	El Canal	12,6	6,04	76,1
14	San Antonio	6,04	1,70	10,28
20	Zipachá	6,04	3,17	19,14
21	Los Cerezos	6,48	0,82	5,34
22	NN14	4,62	0,27	1,26
23	Tanaucá	7,29	15,11	110,15
44	NN37	6,83	0,56	3,82
45	Ulagá	10,64	16,21	172,59
48	El Bobo	13,84	6,33	87,61
49	Hojancha	7,17	0,95	6,92
53	NN43	4,15	0,08	0,34
60	Pamplonita	10,10	33,41	337,53
5	NN4	6,77	0,09	0,63
24	NN23	5,95	0,16	0,95
11	La Palma	7,32	2,37	17,33
34	NN27	5,99	0,70	4,20
43	NN36	5,62	0,34	1,92
46	NN38	6,79	0,17	1,16
28	NN21	6,33	0,14	0,88
52	NN42	7,38	0,38	2,80
8	NN7	7,29	0,20	1,46
2	NN2	7,33	0,12	0,87

Fuente: AECOM – ConCol 2018

Para la estación La Donjuana, los caudales medios tienen tendencia bimodal al igual que el régimen de lluvias presente en la zona de estudio, para los mismos periodos que se muestran en el histograma que se muestra en la Figura 5.45. De acuerdo con los registros históricos de caudal, el valor medio multianual de caudal es de 7,35 m3/s para un área de drenaje de 422 km2.

**Figura 5.45 Caudales medios mensuales Estación La Donjuana sobre el río pamplonita**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

#### 5.1.5.3.11 Caudales mínimos

Se realizó la estimación de caudales mínimos probables mediante el análisis de frecuencia estadística para diferentes periodos de retorno. Se calcularon los caudales mínimos probables en la estación La Donjuana encontrándose los valores para el ajuste de distribución Gumbel con una prueba Chi cuadrado de 5.5 tal como se muestra en la Tabla 5.50.

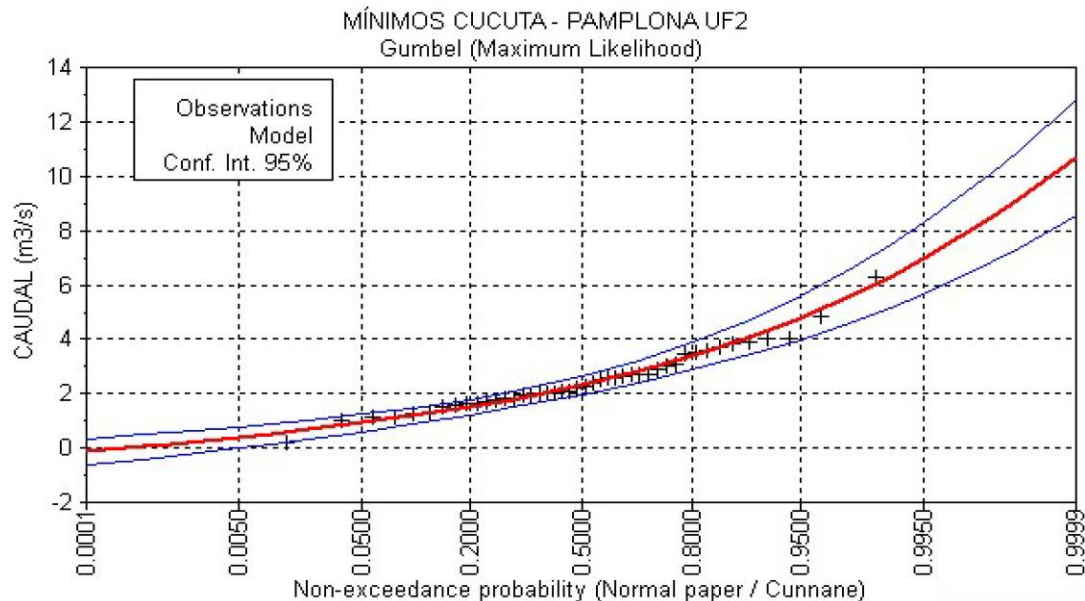
**Tabla 5.50 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno**

Periodo de Retorno	Valor esperado para cada distribución para cada Tr			
	Normal	Gumbel	Pearson	Log- Normal
(años)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)
1.3	3,25	3,15	3,16	3,3
2	2,48	2,31	2,36	2,55
5	1,53	1,51	1,54	1,52
10	1,03	1,17	1,17	1,06
25	0,495	0,855	0,816	0,661
50	0,151	0,67	0,615	0,467
100	-0,158	0,516	0,449	0,332
PRUEBA CHI CUADRADO	6,73	5,5	5,91	11,23

Fuente: AECOM – ConCol 2018



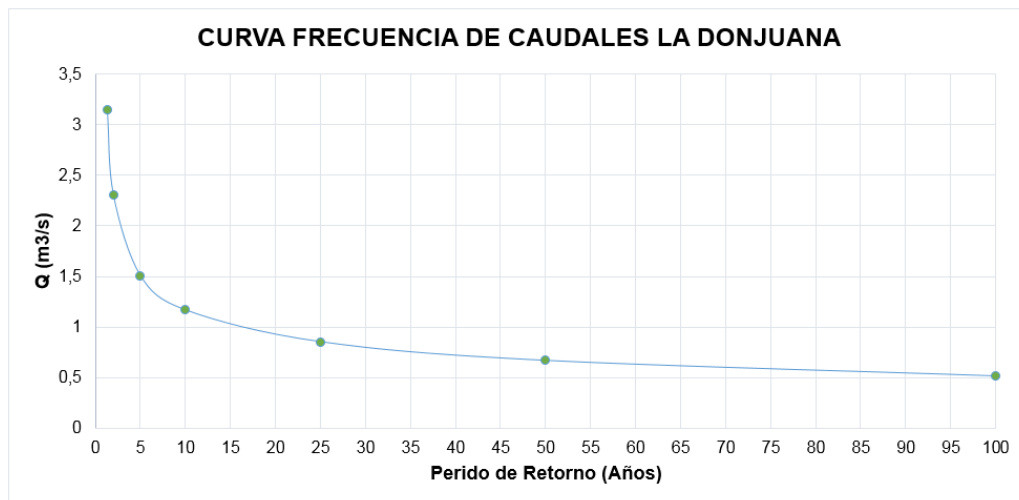
**Figura 5.46 Ajuste de caudales mínimos mediante distribución de Gumbel**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

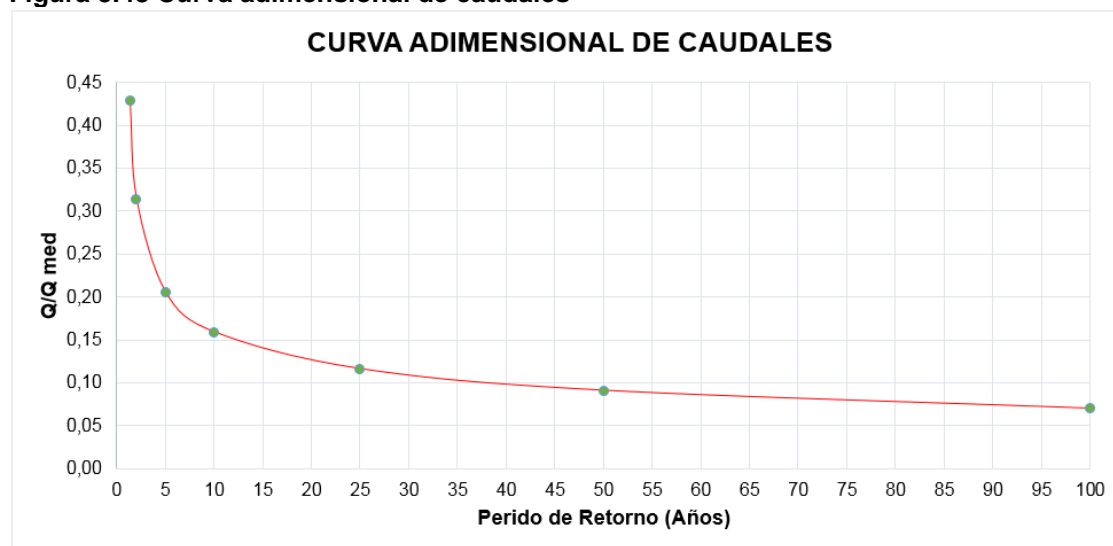
Del análisis de frecuencia mostrado en la Tabla 5.51 se deriva la Figura 5.46, la cual muestra la curva de frecuencia de caudales mínimos para la distribución tipo Gumbel. Para la estimación de caudales mínimos en las cuencas menores de la unidad funcional 2 (UF2) se tiene en cuenta el valor medio multianual de los caudales registrados en la estación La Donjuana para la realización de la curva adimensional de caudales estimados para diferentes periodos de retorno, la cual se muestra en la Figura 5.47. Cabe mencionar que el procedimiento indicado es equivalente a adimensionalizar la serie de caudales medios de la estación La Donjuana y obtener la serie de las cuencas de interés con base en el respectivo caudal medio, posteriormente seleccionar de dicha serie el valor mínimo de cada año y finalmente realizar el correspondiente análisis de frecuencia.

**Figura 5.47 Curva de frecuencia de caudales mínimos**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

**Figura 5.48 Curva adimensional de caudales**



Fuente: AECOM – ConCol 2018

A continuación, en la Tabla 5.51, se muestran los valores mínimos de caudales para diferentes periodos de retorno en los drenajes permanentes de la unidad funcional 2 (UF2).

**Tabla 5.51 Caudales mínimos en cauces permanentes y puntos de cruce para diferentes periodos de retorno**

ID	Nombre Cuenca	Caudal Medio (L/s)	Caudales mínimos (L/s) para diferentes Tr						
			1,33	2	5	10	25	50	100
4	El Canal	76,1	32,58	23,89	15,62	12,10	8,84	6,93	5,34
14	San Antonio	10,3	4,41	3,23	2,11	1,64	1,20	0,94	0,72
20	Zipachá	19,1	7,35	5,39	3,52	2,73	1,99	1,56	1,20
21	Los Cerezos	5,3	2,29	1,68	1,10	0,85	0,62	0,49	0,37
22	NN14	1,3	0,54	0,39	0,26	0,20	0,15	0,11	0,09
23	Tanaucá	110,2	47,25	34,65	22,65	17,55	12,82	10,05	7,74
44	NN37	3,8	1,65	1,21	0,79	0,61	0,45	0,35	0,27
45	Ulagá	172,6	73,97	54,24	35,46	27,47	20,08	15,73	12,12
48	El Bobo	87,6	37,55	27,53	18,00	13,95	10,19	7,99	6,15
49	Hojancha	6,9	2,92	2,14	1,40	1,09	0,79	0,62	0,48
53	NN43	0,3	0,15	0,11	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02
60	Pamplonita	337,5	144,66	106,08	69,34	53,73	39,26	30,77	23,70
5	NN4	0,6	0,27	0,20	0,13	0,10	0,07	0,06	0,04
24	NN23	1,0	0,41	0,30	0,20	0,15	0,11	0,09	0,07
11	La Palma	17,3	7,43	5,45	3,56	2,76	2,02	1,58	1,22
34	NN27	4,2	1,80	1,32	0,86	0,67	0,49	0,38	0,29
43	NN36	1,92	0,81	0,60	0,39	0,30	0,22	0,17	0,13

ID	Nombre Cuenca	Caudal Medio (L/s)	Caudales mínimos (L/s) para diferentes Tr						
			1,33	2	5	10	25	50	100
46	NN38	1,16	0,50	0,36	0,24	0,18	0,13	0,11	0,08
28	NN21	0,88	0,38	0,28	0,18	0,14	0,10	0,08	0,06
52	NN42	2,8	1,20	0,88	0,58	0,45	0,33	0,26	0,20
8	NN7	1,46	0,63	0,46	0,30	0,23	0,17	0,13	0,10
2	NN2	0,87	0,37	0,27	0,18	0,14	0,10	0,08	0,06

Fuente: AECOM – ConCol 2018

#### 5.1.5.3.12 Identificación de dinámica fluvial

Las principales corrientes de la zona asociada a la unidad funcional 2 (UF2) son el río Pamplonita, quebrada Zipachá, quebrada Ulagá, quebrada Hoja Ancha, quebrada San Antonio y quebrada El Páramo, perteneciente a la subzona hidrográfica Pamplonita, la cual a su vez contiene a la subcuenca del río Pamplonita denominada como El Volcán en la cual están contenidas las corrientes mencionadas anteriormente.

La dinámica fluvial en la mayor parte de la zona de influencia corresponde a ríos de montaña y de transición caracterizados por su torrencialidad.

- Relación espacial y temporal de las inundaciones

Según el IDEAM, las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que forman parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se produce por lluvias persistentes y generalizadas que dan lugar a un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de aguas normalmente no sumergidas.

La definición más elemental de inundación es “el evento en el cual el agua ocupa lugares en donde normalmente no está”, según lo establecido por el IDEAM dentro del Comité Nacional de Conocimiento para la Gestión del Riesgo de Desastres, inundación es la acumulación temporal de agua fuera de los cauces y áreas de reserva hídrica de las redes de drenaje (naturales y construidas). Se presentan debido a que los cauces de escorrentía superan la capacidad de retención e infiltración del suelo y/o capacidad de transporte de los canales. Las inundaciones son eventos propios y periódicos de la dinámica natural de las cuencas hidrográficas. La lluvia es el factor amenazante más importante en la generación de inundaciones. El agua de los ríos proviene en principio de la escorrentía proveniente de la parte alta de la cuenca, la cual depende del relieve, de la vegetación, del uso del suelo y en general de las condiciones en las que se encuentre la cuenca. Además, estos cuerpos de agua se mantienen con flujos subsuperficiales que a su vez dependen de las condiciones hidrogeológicas y de los niveles freáticos de la zona (Adaptado González, 2014).

Colombia es un país con una vulnerabilidad alta a los procesos de inundación, esta se asocia a factores físicos los cuales corresponden a la correlación de condiciones de variabilidad climática, pendiente del terreno, geomorfología de los ríos, orografía, cobertura



vegetal y los efectos de fenómenos extremos (Niño, Niña); otro factores asociados a tal vulnerabilidad son los relacionados con el ordenamiento territorial que corresponde a patrones y dinámicas de poblamiento, como la ubicación de la infraestructura en el territorio.

- i. Teniendo en cuenta las características de las cuencas y la rapidez con la cual se producen los desbordamientos, las inundaciones se pueden clasificar en:
- ii. Inundación rápida (Denominada Avenida Torrencial): Se refiere a crecientes que ocurren de manera repentina debido al alta pendiente del río o de la quebrada y su cuenca. En ocasiones se produce el arrastre de una gran cantidad de material como detritos (lodos, piedras y árboles). Es característica de ríos de montaña y en transición. El tiempo de reacción ante un evento de esta naturaleza es corto.
- iii. Inundación lenta (Denominada Inundación): Se produce cuando hay un aumento gradual del nivel del río hasta superar su capacidad máxima. El río se sale de su cauce, inundando las áreas planas cercanas al mismo.

### 5.1.6 Calidad del Agua

La evaluación de la calidad del agua (físicoquímica y bacteriológica) que se presenta a continuación se realizó con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos establecidos por las autoridades ambientales sobre la responsabilidad de conservar y proteger el recurso hídrico, y como herramienta fundamental para establecer una línea base ambiental del proyecto.

#### 5.1.6.1 Cuerpos de Agua Continentales

Como consideración principal para realizar la caracterización físicoquímica y bacteriológica de las corrientes, se tuvo en cuenta las fuentes hídricas que de acuerdo con los términos de referencia M-M-INA-02 versión No. 2 adoptados mediante la Resolución 751 de 2015 fueran “...*susceptibles de intervención por el proyecto (concesión o vertimiento)*...” por tal motivo se estableció un punto de toma de muestra sobre el río Pamplonita ya que para esta fuente se solicitará permiso de captación y vertimiento. Por otro lado y con el fin de establecer las condiciones de calidad ambiental de otras fuentes hídricas que serán interceptadas por la *Doble calzada Pamplona-Cúcuta, UF2 Sector Pamplona-Pamplonita*, se establecieron 20 puntos de monitoreo adicionales.

##### 5.1.6.1.1 Caracterización físicoquímica y Bacteriológica del agua

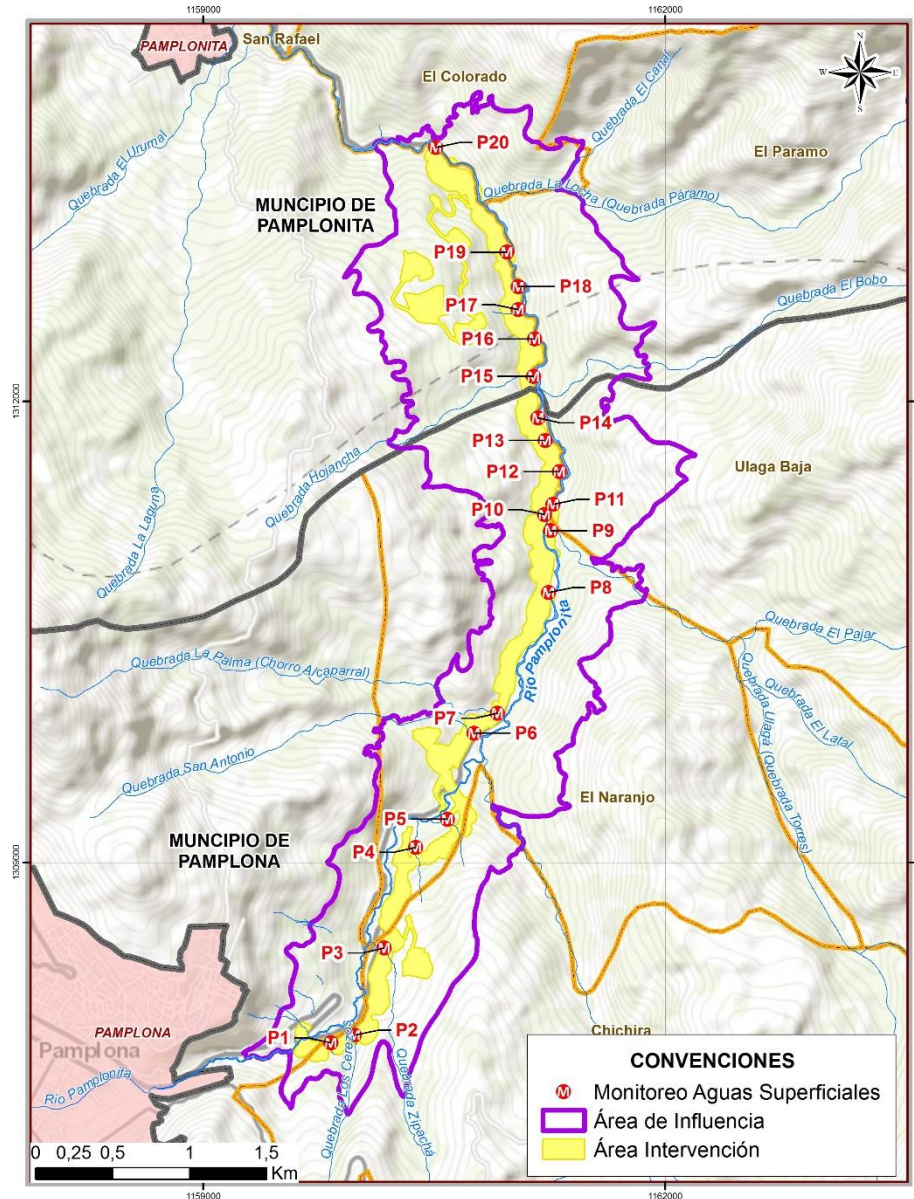
Para la caracterización físicoquímica y bacteriológica de las corrientes hídricas que serán interceptadas por la Doble Calzada Pamplona-Cúcuta, UF2 Sector Pamplona-Pamplonita, se realizó una campaña de monitoreo del 30 de noviembre al 5 de diciembre de 2017, periodo que correspondió a la época de lluvias según la información presentada en el numeral 5.1.10.3 Precipitación.

Adicionalmente y con el fin de dar cumplimiento a los términos de referencia se realizó la estimación de la calidad del agua de las corrientes antes mencionadas, para la época climática diferente a la correspondiente del monitoreo.

La campaña fue ejecutada por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente – CIMA que cuenta con acreditación del IDEAM mediante la Resolución No. 3698 del 28 de Diciembre de 2011 y cuya renovación se dio por medio de la Resolución No. 2085 del 1 de Octubre de 2015 (Anexo 5.1.2 Hidrología, carpeta B Calidad de agua).

La Ubicación cartográfica de las corrientes hídricas analizadas se presenta en la Figura 5.49 y las características generales de los puntos de agua se presentan en la Tabla 5.52.

**Figura 5.49 Ubicación cartográfica de los puntos de monitoreo de calidad del agua**



Fuente: (Aecom-Concol, 2017)

**Tabla 5.52 Características de los Puntos de Muestreo de Agua, Fuentes Superficiales**

ID_Punto_M	Vereda	Municipio	Descripción de la muestra	Nombre de la corriente de agua	Tipo de fuente	Área hidrográfica.	Zona Hidrográfica	Nombre del nivel subsiguiente	Cota m.s.n.m	Coordenada	
										Este	Norte
1	Chichirá	Pamplona	P1_Fuente Hídrica Nueva_1	NN-43	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	2186	1159830,36	1307830,60
2	Chichira	Pamplona	P2_Quebrada los cerezos	Quebrada Los Cerezos	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	2155	1159983,59	1307880,27
3	Chichira	Pamplona	P3_Quebrada Zipachá	Quebrada Zipachá	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	2130	1160178,08	1308446,33
4	El Naranjo	Pamplona	P4_NN_1	NN-14	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	2047	1160381,48	1309101,54
5	El Naranjo	Pamplona	P5_Fuente Hídrica Nueva_2	NN-31	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	2027	1160586,42	1309283,52
6	El Naranjo	Pamplona	P6_Quebrada San Antonio	Quebrada San Antonio	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1985	1160759,45	1309843,38
7	El Naranjo	Pamplona	P7_Quebrada La Palma	Quebrada La Palma	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1978	1160912,41	1309972,94
9	El Naranjo	Pamplona	P9_Quebrada Ulagá	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1901	1161258,22	1311160,26
10	El Naranjo	Pamplona	P10 Quebrada NN_3	NN-37	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1889	1161218,00	1311264,62
11	Uлага Baja	Pamplona	P11_Río Pamplonita	Río Pamplonita	Río	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1875	1161272,99	1311332,40
13	El Naranjo	Pamplona	P13_NN_5	NN-23	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1864	1161222,55	1311747,10
14	El Naranjo	Pamplona	P14_NN_6	NN-38	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1832	1161176,05	1311894,45
15	La Hojanca	Pamplonita	P15_Q. Hoja Ancha	Quebrada Hojanca	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1889	1161147,55	1312164,78
17	La Hojanca	Pamplonita	P17_NN_8	NN-21	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1796	1161047,97	1312597,75
18	La Hojanca	Pamplonita	P18_NN_9	NN-42	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1789	1161047,47	1312748,33
19	La Hojanca	Pamplonita	P19_NN_10	NN-7	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1779	1160973,12	1312972,41
20	La Hojanca	Pamplonita	P20_NN_11	NN-4	Quebrada	Caribe	Catatumbo	El Volcán	1729	1160510,77	1313653,10
95	Alcaparral	Pamplona	VERTIMIENTO UF2	Río Pamplonita	Río	Cariba	Catatumbo	El Volcán	2163	1159722,85	1307873,27

Nota: Los puntos de monitoreo 8, 12 y 16 no se muestran en la tabla debido a que fueron reportados como secos por el laboratorio por lo tanto no fueron monitoreados.

Fuente: (Aecom-Concol, 2018)



- Metodología de Análisis

Las muestras para cada uno de los puntos fueron preservadas, rotuladas y transportadas hasta las instalaciones del laboratorio bajo una cadena de custodia que garantizó su debida manipulación y la no contaminación de las muestras. Las técnicas analíticas empleadas para determinar el valor de cada uno de los parámetros se presentan a continuación y de forma específica en los informes de laboratorio expedidos por el laboratorio (Ver Anexo 5.1.2 Hidrología, carpeta B - Calidad del Agua).

En las actividades de campo se realizó la medición de aquellos parámetros que son desde el punto de vista de análisis, dependientes de las condiciones del entorno y modificables al momento de realizar la toma de una muestra. Estos parámetros son: Temperatura del agua, pH, conductividad y oxígeno disuelto.

Las muestras puntuales para el análisis de los demás parámetros fueron tomadas en envases sin ningún tipo de residuo y acondicionadas para la preservación de las muestras según los requerimientos de las técnicas analíticas implementadas para la detección y cuantificación de los agentes o compuestos en laboratorio (ver Tabla 5.53). Estas fueron selladas y posteriormente refrigeradas hasta su llegada al laboratorio. Finalmente, el análisis de las muestras para cada uno de los parámetros se llevó a cabo por medio de procedimientos analíticos en laboratorio, teniendo como referencia los American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, utilizadas por APHA & AWWA (2005) y técnicas adaptada de literatura.

**Tabla 5.53 Metodologías de Análisis**

Parámetro	Método
<b>Físicos</b>	
Conductividad	SM 2510 B
Temperatura Muestra	SM 2550 B
pH	SM 4500 O C
<b>Químicos</b>	
Acidez	SM 2310 B
Alcalinidad total	S.M 2320 B
Arsénico total	SM 3030K - EPA 200-8- ICM/MS
Bario total	SM 3030 E 3111 D
Cadmio total	SM 4040 E, 3111 B
Capacidad buffer	TITULOMETRICO
Cobre total	SM 303 E, 3111 B
Cobalto total	SM 3030 E, 3111 B
Color real	SM 2120 C
Cromo total	SM 3030 E, 3111 B
DBO <sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxígeno)	SM 5210 B, ASTM D-888-12 Método C
DQO (demanda química de oxígeno)	SM 5220 C
Dureza cálcica	SM 3500-Ca B
Dureza total	SM 2340 C
Fenoles totales	S.M. 5530 B-S.M. 5530 D
Fósforo total	S.M 4500 - P B, E
Grasas y aceites	NTC 3362: 2011-12-09, Númeral 4, Método C

Parámetro	Método
Mercurio orgánico	SM 3112 B
Mercurio total	SM 3030 K - EPA 200.8 - ICP/MS
Nitrógeno orgánico	SM 4500 - Norg C - 4500 NH3 C
Nitrógeno total Kjeldhal	SM 4500 - Norg C - 4500 NH3 B, C
Níquel total	SM 3030 E, 3111 B
Plata total	SM 3030 E, 3111 B
Plomo total	SM 3030 E, 3111 B
Selenio total	SM 3030 K - EPA 200.8 - ICP/MS
Sólidos suspendidos inorgánicos	SM 2540 D
Sólidos suspendidos totales	SM 2540 D
Turbiedad	SM 2130 B
Zinc total	SM 3030 E, 3111 B
Sólidos disueltos aprox.	SM 2540 C
Sólidos sedimentables	SM 2540 F
Oxígeno disuelto	SM 4500 C
<b>Bacteriológicos</b>	
Coliformes fecales termotolerantes	SM 9223 B Modificado
Coliformes totales	SM 9223 B

Fuente: (Corporación Integral del Medio Ambiente -CIMA-, 2017)



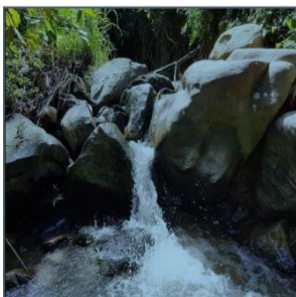
- Resultados

Los resultados de las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas obtenidos por el laboratorio en la campaña de monitoreo se analizaron según la variación en cada punto y se compararon con el (Decreto 1076 de 2015, 2015) en el cual se establecen los criterios de calidad que debe tener el agua superficial para destinación de uso doméstico, uso agrícola y uso pecuario y con los objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica del río Pamplonita dictados mediante la (Resolución 0118 de 2007) de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental –CORPONOR-. Los Análisis hidrobiológicos se presentan en el numeral de Ecosistemas Acuáticos.




Como complemento al análisis se incluye la comparación entre los resultados de los monitoreos en época de lluvia con los resultados de la simulación en época seca, dicha comparación se realiza para los parámetros de Oxígeno disuelto, Fósforo total, Sólidos suspendidos totales, Sólidos sedimentables, Coliformes totales y Coliformes fecales (Ver anexo 5.1.2 Hidrología – Carpeta B - Calidad de agua).

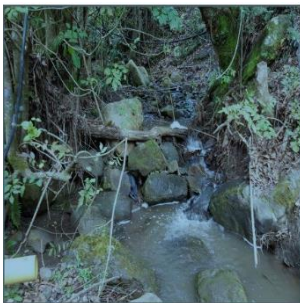


A continuación, se presenta una descripción puntual de las condiciones climáticas y generales de cada punto donde se realizó la toma de muestra y posteriormente se analizan cada una de las variables estudiadas.




**Tabla 5.54 Descripción de los puntos de monitoreo**

Tabla 3.34 Descripción de los puntos de monitoreo						
Puntos de monitoreo	Nombre de la corriente	Coordenadas Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico
1.Fuente hídrica nueva_1	NN-43	N:	1307830,59	Climático	Día despejado con una temperatura de 15,0 °C	
		E:	1159830,35	Paisajístico	Bosque con fuertes alteraciones, continuidad esporádica	
				Del Cuerpo de agua	Color: café Sustrato: Arenoso olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> Sistema lótico. El tramo donde se realizó el muestreo presenta una forma rectilínea y una profundidad máxima aproximada de 0,1 m con un caudal pequeño. El Sustrato es arenoso, con presencia de vegetación arbustiva y coriotipos de fondos blandos. Es una zona rural con presencia de actividades agrícolas y ganaderas, durante el muestreo se observa paso continuo de ganado.						
2.Quebrada Los Cerezos	Quebrada Los Cerezos	N:	1307880,26	Climático	Día parcialmente nublado con una temperatura ambiente de 15,0 °C.	
		E:	1159983,58	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Café Sustrato: Rocoso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> Sistema lótico. El tramo donde se realizó el muestreo presenta una forma rectilínea con un ancho menor a 1 m y una profundidad máxima aproximada de 0,1 m. El Sustrato es arenoso-rocoso, con presencia de vegetación arbustiva y coriotipos de arena y/o fondos rocosos. Es una zona rural con presencia de actividades ganaderas, durante el muestreo se observa paso continuo de ganado.						
3.Quebrada Zipachá	Quebrada Zipachá	N:	1308446,33	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 15,0°C.	
		E:	1160178,08	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Café Sustrato: Rocoso - Arenoso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> Sistema lótico. El tramo donde se realizó el muestreo presenta una forma sinuosa con un ancho aproximado de 2 m y una profundidad máxima aproximada de 0,5 m. El Sustrato es rocoso-arenoso, como coriotipos presentes se encuentran hojarascas y arena o fondos blandos y corriente alta; por otro lado se efectúan actividades ganaderas, se observa durante el muestreo arrastre de material, debido al aumento de caudal.						






Puntos de monitoreo	Nombre de la corriente	Coordenadas Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico
4.NN_1	NN-14	N:	1309101,54	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 17,0 °C.	
		E:	1160381,48	Paisajístico	Pastizales con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Gris Sustrato: Limoso-Arenoso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> Sistema lótico. El tramo donde se realizó el muestreo presenta una forma rectilínea con un ancho inferior a 1 m y una profundidad máxima aproximada de 0,2 m. El Sustrato es limoso-arenoso y hace parte de un sistema de drenaje de una formación montañosa con una pendiente importante, como coriotopos presentes se encuentran arenas y hojarasca. El terreno es utilizado para pastoreo de ganado.						
5.Fuente Hídrica Nueva_2	NN-31	N:	1309283,52	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 20,0 °C.	
		E:	1160586,42	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Ninguno Sustrato: Arcilloso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> Este sistema lotico está ubicado en la parte baja de una montaña y hace parte de un sistema de drenaje de esta formación montañosa; el tramo donde se realizó el muestreo se caracterizó por presentar grandes extensiones de pastizales para ganadería. El Sustrato es Arcilloso, no se observó un cauce definido, en su lugar el agua ocupa una extensión irregular.						
6. Quebrada San Antonio	Quebrada San Antonio	N:	1309843,37	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 16,0 °C.	
		E:	1160759,45	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Café Sustrato: Rocoso-Arenoso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> El cuerpo de agua se encuentra atravesado por la vía nacional, del mismo modo en el punto aguas abajo se encuentra canalizado antes de su desembocadura en el río Pamplonita; en cada una de las orillas la vegetación es de tipo herbácea y arbustiva en su mayoría, lo que proporciona un porcentaje importante de sombra; en relación al Sustrato este fue de tipo rocoso-arenoso con depósitos importantes de arenas y hojarasca; finalmente el tramo donde se realizó el muestreo presenta una forma sinuosa con un ancho aproximado de 3 m y una profundidad máxima aproximada de 0,5 m.						



Puntos de monitoreo	Nombre de la corriente	Coordenadas Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico
7.Quebrada La Palma	Quebrada La Palma	N:	1309972,94	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 16,0°C.	
		E:	1160912,40	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Gris Sustrato: rocoso-arenoso Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> La quebrada las palmas se encuentra en una zona de pendiente media con formaciones arbóreas de mediano porte, arbustos y pastizales así como un parche de cultivos de plátano; el Sustrato en su mayoría es de tipo rocoso con algunos de depósitos de arenas; la lámina de agua presentó un Color café claro sin ningún tipo de iridiscencia, espuma o malos olores. La zona está influenciada por actividades antrópicas como la ganadería y asentamientos humanos que realizan captación sobre el mismo.						
8.Quebrada NN_2	NN-36	N:	1310757,65	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 19,0 °C.	
		E:	1161244,20	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: N/A Sustrato: rocoso. Olor: N/A.	
<b>Observaciones:</b> En el momento del monitoreo en este cuerpo de agua no se encontró una lámina de agua; cabe destacar que el Sustrato encontrado es de tipo rocoso y aguas arriba se encuentra canalizado, sin embargo hay rastros de un cauce.						
9. Quebrada Ulagá	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)	N:	1311160,26	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 18,0 °C.	
		E:	1161258,22	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Ninguno SUSTRATO: rocoso-arenoso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> Este cuerpo de agua presentó una forma rectilínea y se encuentra ubicado en la pendiente baja de una formación montañosa; el Sustrato es rocoso en su mayoría, sin embargo en cada una de las orillas existen zonas de remanso con depósitos de arena; en cada una de las márgenes se encontraron formaciones arbustivas y herbáceas, las cuales continúan en una extensión importante de pastizales de ganadería.						

Puntos de monitoreo	Nombre de la corriente	Coordenadas Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico
10. Quebrada NN_3	NN-37	N:	1311264,61	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 19°C.	
		E:	1161217,99	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Ninguno Sustrato: Rocoso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> El cuerpo de agua se ubica en una formación arbustiva ubicada en una zona importante de pastoreo de ganado, por lo cual corresponde a un sistema de drenaje; el Sustrato es rocoso de tipo orgánico, en lo que podría ser un depósito de carbón en lajas; no se encontró un cauce definido. A lo largo de la lámina de agua no se encontraron rastros de sólidos suspendidos, espumas, iridiscencias u olores en particular.						
11.Río Pamplonita	Río Pamplonita	N:	1311332,40	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 19,0°C.	
		E:	1161272,99	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Gris Sustrato: Rocoso - Arenoso. Olor: Materia orgánica y detergentes.	
<b>Observaciones:</b> Este cuerpo de agua se encuentra bordeando el corredor vial entre Pamplona y Cúcuta; por lo cual experimenta una fuerte descarga de desechos provenientes de Pamplona, lo que causa que el Color de la lámina de agua sea gris oscuro, con rastros de espumas, desechos orgánicos, residuos sólidos y basuras, así como con una importante carga de solidos suspendidos; en el momento de la remoción del Sustrato se perciben fuertes olores a materia orgánica en descomposición. El tramo donde se realizó el muestreo presenta una forma sinuosa con un ancho aproximado de 10 m y una profundidad máxima aproximada de 1,0 m. El Sustrato es rocoso-arenoso, como coriotopos presentes se encuentran hojarascas y arena o fondos blandos y corriente alta.						
12.NN_4	NN-23	N:	1311544,58	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 17,0 °C.	
		E:	1161315,24	Paisajístico	Pastizales con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: N/A Sustrato: N/A. Olor: N/A.	
<b>Observaciones:</b> En el momento del monitoreo no se percibió una lámina de agua evidente, en su lugar se encontró un lecho canalizado y una tubería; finalmente esta estación de muestreo está ubicado a un extremo de la vía nacional.						



Puntos de monitoreo	Nombre de la corriente	Coordenadas Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico
13.NN_5	NN-23	N:	1311747,09	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 17,0°C.	
		E:	1161222,54	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Ninguno Sustrato: Rocoso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> Esta corriente de agua proviene de la escorrentía de la montaña sobre la vía, el cual se encuentra canalizado; el tramo canalizado posee una orientación recta; el flujo de agua es importante y se observan parches de perifiton.						
14.NN_6	NN-38	N:	1311894,44	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 18,0 °C.	
		E:	1161176,05	Paisajístico	Pastizales con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Gris Sustrato: Arenoso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> El monitoreo se realizó algunos metros aguas arriba de la desembocadura sobre el rio Pamplonita; se encontró una lámina de agua de Color grisáceo sin ningún tipo de iridescencia, espuma u olores particulares; la lámina de agua forma un cauce en la pendiente baja de una formación montañosa; el Sustrato es arenoso con depósitos importantes de hojarasca. La forma de la corriente de agua es rectilínea y presentó un ancho menor a 1m y una profundidad inferior a 0,1 m.						
15.Q. Hoja Ancha	Quebrada Hojancha	N:	1312164,77	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 18,0°C.	
		E:	1161147,55	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Café Sustrato: Rocoso - Arenoso. Olor: Detergente	
<b>Observaciones:</b> Este sistema lótico se encuentra ubicado en la parte trasera de un predio, por ende aguas arriba es usado para captación y aguas abajo como vertimiento de desechos; el Sustrato es de tipo rocoso-arenoso con depósitos de hojarasca. En el área de influencia del cuerpo de agua existen formaciones arbóreas de mediano porte, pastizales y cultivos de pancoger; el tramo donde se realizó el muestreo presenta una forma sinuosa con un ancho aproximado de 1,5 m y una profundidad máxima aproximada de 0.7 m.						

Puntos de monitoreo	Nombre de la corriente	Coordenadas Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico
16.NN_7		N:	1312407,56	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 18,0 °C.	
		E:	1161152,89	Paisajístico	Pastizales con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: N/A Sustrato: N/A. Olor: N/A.	
<b>Observaciones:</b> El cuerpo de agua visitado corresponde a un drenaje del sistema montañoso hacia la vía nacional, el cual se encuentra canalizado y en el momento del monitoreo no se evidenció lámina de agua evidente.						
17.NN_8	NN-21	N:	1312597,74	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 18,0°C.	
		E:	1161047,97	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Ninguna Sustrato: N/A. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> El lugar de muestreo corresponde a un drenaje canalizado a un lado de la vía nacional; teniendo en cuenta lo anterior se observó un depósito de hojarasca producto del arrastre del agua; en este caso las formaciones vegetales fueron de tipo arbóreo y herbáceo en su mayoría.						
18.NN_9	NN-42	N:	1312748,32	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 19,0 °C.	
		E:	1161047,47	Paisajístico	Pastizales con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Gris Sustrato: Arenoso-Rocoso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> El sistema lótico se ubicó en un amplio terreno de pastizales de usados para ganadería; en cada una de las orillas se encontraron estratos herbáceos y arbustivos, los cuales proporcionan un importante porcentaje de sombra sobre la lámina de agua; en este caso se debe tener en cuenta que el Color del agua es café claro, sin ningún tipo de iridiscencia o espuma, sin embargo presentó un fuerte olor a materia orgánica, también se encontraron residuos sólidos en cada una de las orillas todo esto por la presencia de corrales de porcinos cerca al espejo de agua.						

Puntos de monitoreo	Nombre de la corriente	Coordenadas Datum Magna Sirgas - Origen Bogotá		Aspectos		Registro fotográfico
19.NN_10	NN-7	N:	1312972,41	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 24,0°C.	
		E:	1160973,11	Paisajístico	Bosque con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Ninguno Sustrato: Rocoso. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> La corriente de agua está ubicada en la ladera de una montaña con una pendiente importante, en cuanto al Sustrato este fue en su mayoría rocoso, con un caudal importante. La lámina de agua no se presentó ningún tipo de olor, iridiscencia, espuma o malos olores; en cuanto a la vegetación circundante se encontraron parches de hepáticas talosas, musgos, helechos, entre otros.						
20.NN_11	NN-4	N:	1313653,10	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 23,0 °C.	
		E:	1160510,76	Paisajístico	Pastizales con inicio de alteración importante con continuidad frecuentemente interrumpida	
				Del Cuerpo de agua	Color: Ninguno Sustrato: N/A. Olor: No se perciben olores particulares	
<b>Observaciones:</b> Este drenaje se encuentra canalizado a un lado de la vía; el agua no presentó ningún tipo de iridiscencia, espumas o malos olores. El tramo donde se realizó el muestreo presenta una forma rectilínea con un ancho inferior a 1 m y una profundidad máxima aproximada de 0,1 m; finalmente el terreno es utilizado para pastoreo de ganado.						
95. VERTIMIEN TO UF2	Río Pamplonita	N:	1307873,27	Climatico	Día nublado con temperatura ambiente de 16,7 °C	SIN REGISTRO FOTOGRAFICO
		E:	1159722,85	Del Cuerpo de agua	Color: Turbio Sustrato: Rocoso y arenoso	
<b>Observaciones:</b> El agua presento espuma, color turbio. Se identifican descargas de ARD y ARnD.						

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

#### i. Resultados de análisis In Situ

En los puntos monitoreados se ejecutaron mediciones in situ de variables como oxígeno disuelto, pH, conductividad, sólidos sedimentables y temperatura, los parámetros restantes se analizaron en laboratorio y los resultados de todos ellos se compararon con los criterios de calidad permisibles del recurso hídrico de acuerdo con el uso para consumo humano y doméstico, uso agropecuario y preservación de flora y fauna, estipulado en la legislación ambiental vigente en el (Decreto 1076 de 2015) y con los objetivos de calidad para la cuenca



hidrográfica del río Pamplonita establecidos mediante la (Resolución 0118 de 2007) por la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental “CORPONOR” (Ver Anexo 5.1.2 Hidrología, carpeta C – Usos del agua). En la Tabla 5.55 se muestran los criterios de comparación mencionados anteriormente y en la Tabla 5.56 se muestran los resultados de los parámetros in situ para los diferentes puntos de muestreo, en esta los puntos de monitoreo 8, 12 y 16 no se muestran debido a que fueron reportados como secos por el laboratorio CIMA por lo tanto no fueron monitoreados.

**Tabla 5.55 Criterios de calidad de agua por parámetros in Situ para diversos usos.**

Decreto/resolución	Artículo	Descripción	Conductividad eléctrica (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg O <sub>2</sub> /l)	pH (Unidades)	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Temp. (°C)
(Decreto 1076 de 2015). Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Artículo 2.2.3.3.9.3	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es el desarrollo de tratamiento convencional.	N.E.3	N.E.	5,9 - 9,0	N.E.	N.E.
	Artículo 2.2.3.3.9.4	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es únicamente desinfección.	N.E.	N.E.	6,5 - 8,5	N.E.	N.E.
	Artículo 2.2.3.3.9.5	Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola	N.E.	N.E.	4,5 - 9,0	N.E.	N.E.
	Artículo 2.2.3.3.9.6	Criterios de calidad para uso pecuario.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
(Resolución 0118 de 2007), Por la cual se establecen los objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica del río Pamplonita para el quinquenio 2007-2011	Artículo 1: Tramo 6	Criterios de calidad para uso de paisajismo urbano y asimilación.	N.E.	≥4	5,0 - 9,0	N.E.	N.E.
	Artículo 1: Tramo 7	Criterios de calidad para uso agrícola y pecuario.	N.E.	≥5	4,5 - 9	N.E.	N.E.

Fuente: Adaptado de (CORPONOR, 2007) y (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2015).

3 N.E: No establecido

**Tabla 5.56 Resultados de Parámetros In Situ**

ID Punto	Nombre del punto de monitoreo	Parámetro	Conductividad eléctrica (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg O <sub>2</sub> /l)	pH (Unidades)	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Sólidos disueltos (mg/l)	Temp. (°C)
		LCM 4 Nombre corriente	N/A	0,0 a 50,00	0,00 a 14,00	0,01	1	> 5
1	P1_Fuente Hídrica Nueva_1	NN-43	408	6,35	8,22	0,4	204	14,2
2	P2_Quebrada los cerezos	Quebrada Los Cerezos	477	7,51	8,38	<0,1	238	13,7
3	P3_Quebrada Zipachá	Quebrada Zipachá	202	8,13	8,11	<0,1	101	14,2
4	P4_ NN_1	NN-14	142	7,6	8,09	<0,1	71	14,8
5	P5_Fuente Hídrica Nueva_2	NN-31	172	6,23	7,76	0,3	86	19,0
6	P6_Quebrada San Antonio	Quebrada San Antonio	141	8,21	7,29	<0,1	71	15,0
7	P7_Quebrada La Palma	Quebrada La Palma	281	8,22	8,1	<0,1	140	14,9
9	P9_Quebrada Ulagá	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)	118	8,74	7,93	<0,1	59	13,7
10	P10 Quebrada NN_3	NN-37	216	8,74	7,88	<0,1	108	15,5
11	P11_Río Pamplonita	Río Pamplonita	264	8,44	7,87	0,8	132	15,5
13	P13_ NN_5	NN-23	93	8,02	8,13	<0,1	47	15,5
14	P14_ NN_6	NN-38	264	7,24	7,89	0,1	132	15,1
15	P15_ Q. Hoja Ancha	Quebrada Hojancha	273	8,54	7,88	<0,1	136	15,0
17	P17_ NN_8	NN-21	622	7,97	8,25	0,1	311	16,5
18	P18_ NN_9	NN-42	129	7,31	8,07	<0,1	64	14,6
19	P19_ NN_10	NN-7	171	7,63	8,37	0,2	86	15,5
20	P20_ NN_11	NN-4	364	6,5	8,14	0,1	182	17,9
95	VERTIMIENTO UF 2	Río Pamplonita	251	7,39	7,91	0,4	125	14,2

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

4 LCM: Límite de cuantificación del método

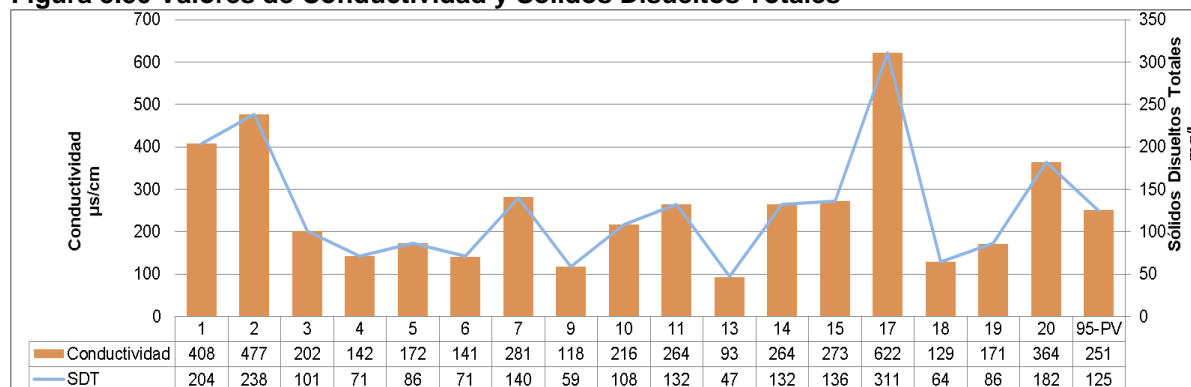
## ii. Conductividad Eléctrica y Sólidos Disueltos Totales

La conductividad eléctrica es la capacidad que el agua tiene de conducir la corriente eléctrica, esta tiene relación con la existencia de iones disueltos en el agua, que son partículas con cargas eléctricas. Esta es consecuencia de los electrolitos que lleva disuelto un agua y presenta, un valor muy bajo en agua pura (unas pocas centésimas de  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Cuanto mayor sea la concentración de iones disueltos, mayor será la conductividad eléctrica del agua, la cual está influida por el terreno y la posibilidad de disolución de rocas y materiales, el tipo de sales presentes, el tiempo de disolución, temperaturas, gases disueltos, pH y otros factores (Marín Galvín, 2003). La conductividad se relaciona con los sólidos totales disueltos que se refieren a la concentración total de minerales presentes en aguas naturales.

Teniendo en cuenta lo observado en la Figura 5.50 se puede concluir que para los cuerpos de agua monitoreados los valores de conductividad fluctúan entre 93 y 622  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mientras que los de sólidos disueltos totales fluctúan entre 47 y 311  $\text{mg}/\text{l}$ , además se evidencia que existe una relación directamente proporcional entre ambos parámetros con una tendencia que indica que la relación entre ellos es aproximadamente 2:1 siendo la conductividad el mayor valor. Además, los valores determinados para cada uno de los drenajes estudiados no generan restricciones de uso ni indican contaminación por iones disueltos.

Es posible establecer una relación entre la conductividad y la calidad en aguas de riego a 25 °C, donde valores <250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se clasifican como “calidad excelente” y valores entre 250-750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se clasifican como “calidad buena”, además se menciona que para ríos y corrientes, se ha tomado como valor aceptado para la vida de flora y fauna valores un rango de 150 a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Ramos Olmos, Rubén, & Villalobos Moreno, 2003). Los mayores valores de conductividad se concentran en el punto 17: Quebrada NN-21 (622  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), seguido del punto 2: Quebrada los Cerezos (477  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

**Figura 5.50 Valores de Conductividad y Sólidos Disueltos Totales**



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

La conductividad en los cuerpos de agua monitoreados, presentan un grado de mineralización débil y media, de acuerdo con los niveles establecidos para la relación mineralización - conductividad por Rodier (2009). El menor valor de conductividad reportado es de 93  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el punto 13: Quebrada NN-23 y en el punto 9: Quebrada Ulagá con 118  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicando que estos sistemas tienen muy poca capacidad de conducir la corriente



eléctrica por la escasa ionización como resultado de las bajas concentraciones de sólidos disueltos 47 y 59 mg/l, respectivamente; por otro lado, el mayor valor de conductividad reportado en el punto 17: Quebrada NN-21 presenta también un grado de mineralización importante.

**Tabla 5.57 Escala de mineralización en agua de acuerdo a la conductividad**

Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Mineralización
Menor de 100	Muy Débil
100 - 200	Débil
200 - 700	Media
700 - 1000	Importante
Más de 1000	Excesiva

Fuente: [http://www.fcca.es/static\\_media/file\\_uploads/dureza.pdf](http://www.fcca.es/static_media/file_uploads/dureza.pdf)

### iii. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD), como su nombre lo dice, corresponde al oxígeno que se encuentra disponible en el agua, este parámetro es uno de los indicadores más importantes de calidad de agua debido a que provee el desarrollo de vida en los cuerpos de agua. La principal fuente de oxígeno es la interacción aire-liquido, este se da por turbulencia en los cuerpos lóticos, mientras que en los cuerpos lénticos la principal fuente son los procesos de fotosíntesis. Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 0 - 18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 - 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática (Ver Tabla 5.58).

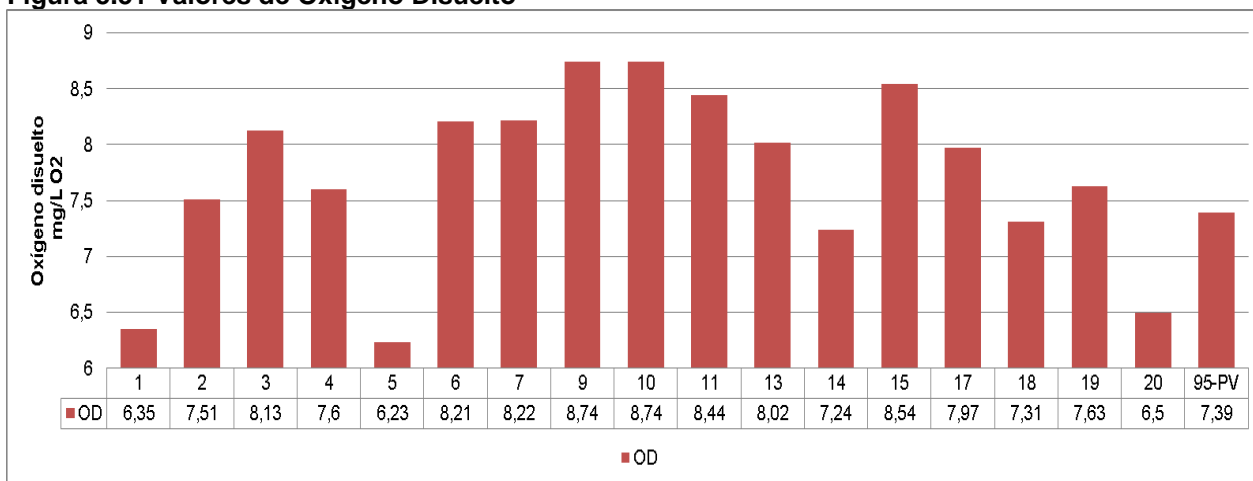
**Tabla 5.58 escala de OD y su relación con la calidad del agua**

Nivel de OD (mg/l)	Calidad del Agua
<b>0,0 – 4,0</b>	<b>MALA:</b> Algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar
<b>4,1 – 7,9</b>	<b>ACEPTABLE:</b> Preservación de flora y fauna aguas cálidas.
<b>8,0 – 12,0</b>	<b>BUENA</b>
<b>&gt;12,0</b>	El agua presenta aireación asistida (aireación artificial o en caso de no presentar, inconsistencia en el muestreo o análisis de la muestra)

Fuente: (Universidad tecnológica Oteima, 2014)

A continuación en la se presentan los valores de OD registrados para los diferentes puntos monitoreados en el área de influencia del proyecto.

**Figura 5.51 Valores de Oxígeno Disuelto**



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

Los valores de oxígeno determinados en los diferentes puntos monitoreados presentan valores que fluctúan entre 6,35 mg/l y 8,74 mg/l, los cuales no generan restricciones de uso ni indican contaminación para los cuerpos de agua estudiados, además son aceptables según los objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica de río Pamplonita ( $\geq 4$  en el tramo 6 de uso paisajismo urbano y asimilación y  $\geq 5$  en el tramo 7 de uso agrícola y pecuario). Además, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 5.58, las condiciones son óptimas para el desarrollo de la vida acuática dado que en cada uno de los sistemas monitoreados las concentraciones de oxígeno disuelto superan los 4 mg/l de concentración, obteniendo que la calidad del recurso se encuentra entre aceptable y buena.

Los mayores valores de oxígeno disuelto se concentran el punto 9: Quebrada Ulagá (8,74 mg/l) y en P15: Quebrada Hojancha (8,54 mg/l) seguido por P11: río Pamplonita (8,44 mg/l). Mientras que los menores valores se reportan en la fuente NN-31, NN-43 Y NN-4.

#### iv. pH

Se trata de la medida de las propiedades ácido-base de una solución, del grado de concentración del ión  $H^+$  o de la relación entre los iones  $H^+$  y  $OH^-$ , que se da a una temperatura específica por disociación de sustancias ácidas ( $H^+$ ) o básicas ( $OH^-$ ). Los cambios en este parámetro naturalmente se dan por procesos de degradación de materia orgánica proveniente de vegetación en descomposición que promueven la generación de ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) debido a la interacción del  $CO_2$  con el agua, se puede dar por la presencia de minerales de calcio y de magnesio que provienen de la roca caliza o por la presencia de sales ácidas. Otras fuentes externas pueden ser la lluvia ácida o fuentes de agua con alto contenido de sustancias ácidas o alcalinas. El pH del agua potable natural debe estar entre 6,5 y 8,5. Las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5,0 o mayor a 9,5 no soportan vida vegetal ni especies animales.

Las industrias y los vehículos con motor emiten óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre al ambiente, cuando estas emisiones se combinan con vapor de agua en la atmósfera forman ácidos. Tales ácidos se acumulan en las nubes y caen a la tierra como lluvia ácida o nieve ácida, esta daña los árboles, cosechas y edificios; además puede formar lagos y ríos tan

ácidos que los peces y otros organismos acuáticos no pueden sobrevivir (Ver Tabla 5.59).

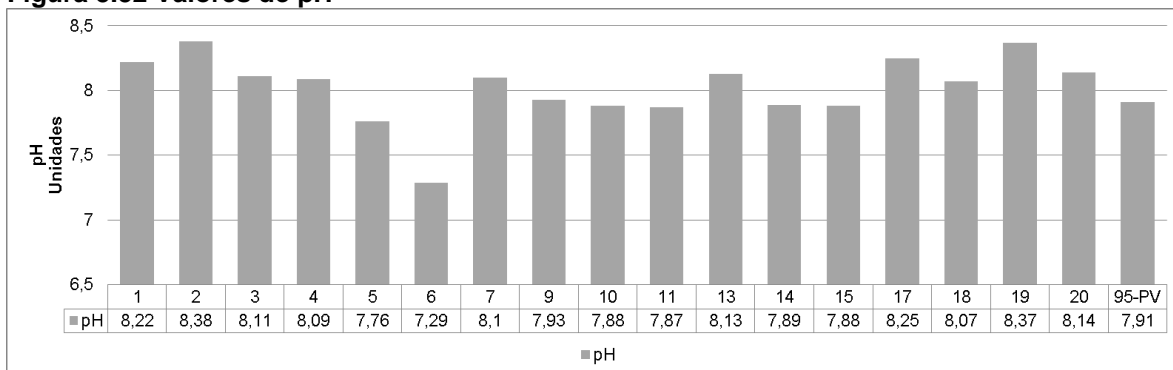
**Tabla 5.59 Escala de pH y su relación con la calidad del agua**

pH	Calidad de Agua
< 5,5	<b>Mala:</b> Las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5,0 o mayor a 9,5 no soportan vida vegetal ni especies animales.
5,5-5,9	<b>Aceptable</b>
6-6,4	<b>Buena</b>
6,5-7,5	<b>Excelente</b>
7,6-8	<b>Buena</b>
8,1-8,5	<b>Aceptable</b>
>8,6	<b>Mala:</b> Muy Alcalina los peces y otros organismos se ven drásticamente disminuidos

Fuente: (Universidad tecnológica Oteima, 2014)

A continuación en Figura 5.52 se presentan los valores de pH registrados para los diferentes puntos monitoreados en el área de influencia del proyecto.

**Figura 5.52 Valores de pH**



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriologico. CIMA, 2018)

De acuerdo con lo anterior, el comportamiento del pH para los diferente puntos monitoreados fluctúa entre 7,3 y 8,4 unidades de pH, tales valores muestran que el pH de las fuentes analizadas hace posible su uso doméstico, humano, agrícola, pecuario. Lo anterior de acuerdo con los criterios de calidad para tales usos estipulados en el (Decreto 1076 de 2015) donde el límite inferior más bajo es de 4,5 y el límite superior más bajo es de 8,4, por tanto todos los resultados obtenidos de las fuentes analizadas entran en los rangos estipulados.

Además, en comparación con los objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica el río Pamplonita los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos estipulados para los usos propuestos en el mismo, lo cual se expresa en la (Resolución 0118 de 2007) expedida por Corponor. Por otro lado, de acuerdo con la escala de pH y su relación con la calidad de agua (Tabla 5.59) los resultados obtenidos reflejan una calidad del agua aceptable para el desarrollo de fauna y flora.



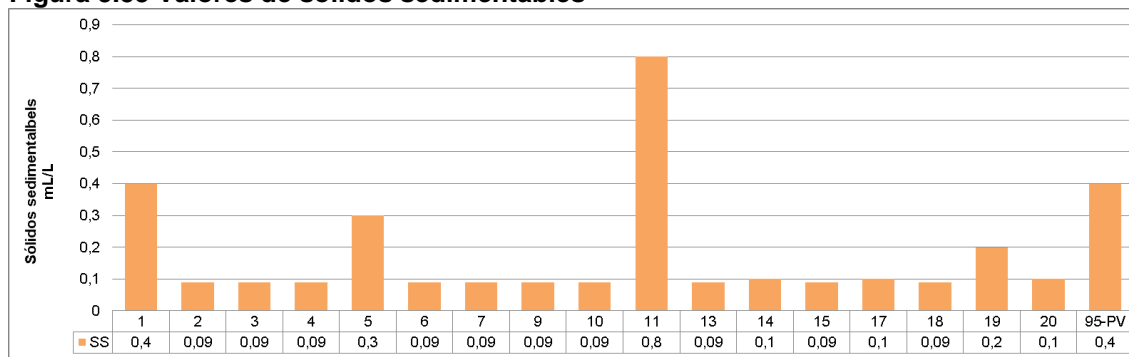
#### v. Sólidos Sedimentables

Los sólidos sedimentables hacen referencia a las partículas, que debido a su elevada masa, se precipitan por acción de la gravedad. Estos generalmente no son reactivos y están compuestos por material como arenas, grabas y flocs en estado estable. Se trata de los sólidos que van al fondo de un cono estandarizado (Imhoff) para un periodo de 60 minutos, para fines cuantitativos se expresa en ml/l de agua, este parámetro se evalúa con el propósito de estimar la cantidad de sedimentos que pueden acumularse en sistemas de tratamiento o determinar la necesidad de construir unidades de sedimentación en el tratamiento de aguas residuales (Ramos Olmos, Rubén, & Villalobos Moreno, 2003).

Los sólidos sedimentables son los causantes de la turbidez debido a que producen dispersión de la luz que atraviesa la muestra de agua. Los valores de sólidos sedimentables determinados en 10 de los puntos evaluados presentaron valores inferiores a 0,1 ml/l.

En la Figura 5.53 se presentan los valores de sólidos sedimentables para los cuerpos de agua monitoreados, donde los mayores valores son presentados por las fuentes NN-43 y el río Pamplonita tanto en el punto de monitoreo 11 como en el punto 95 que corresponde a la caracterización en el cuerpo de agua superficial del punto donde se plantea el vertimiento de aguas residuales no domésticas.

**Figura 5.53 Valores de sólidos sedimentables**



Fuente (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

#### vi. Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros más importantes, ya que determina el comportamiento de los procesos en el agua, y por tanto influye en los demás parámetros de calidad, como son el pH y el oxígeno disuelto (por alteración en la absorción y por catálisis de actividades biológicas); condicionando, entre otras cosas, la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Adicionalmente, puede afectar la precipitación o la solubilidad de ciertos compuestos como las sales (Salamanca & Palacios, 2005), limitando la presencia de los sólidos disueltos o agregados en el agua.

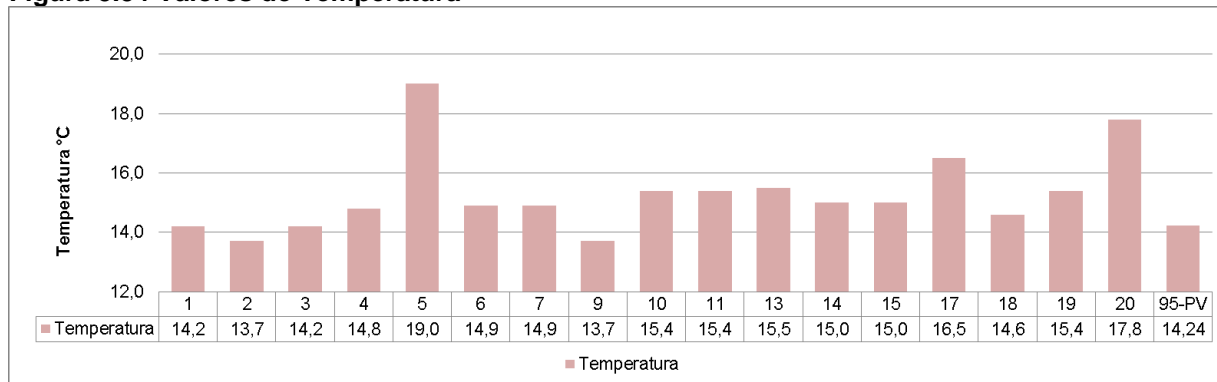
El índice metabólico de los organismos acuáticos aumenta en el agua tibia. Puesto que el metabolismo requiere oxígeno, algunas especies podrían no sobrevivir si no hay suficiente oxígeno en el agua para satisfacer sus necesidades. Además, la temperatura del agua puede afectar los índices de reproducción de algunas especies acuáticas; algunas especies

podrían dejar de reproducirse en aguas más calientes. Puesto que las bacterias y otros organismos que causan enfermedades crecen con más rapidez en agua caliente, la susceptibilidad de los organismos acuáticos a las enfermedades aumenta también en agua caliente.

Los aumentos repentinos en la temperatura pueden ser ocasionados por contaminación térmica, que es la descarga de grandes cantidades de agua caliente proveniente de plantas industriales. Los cambios repentinos en la temperatura del agua pueden causar un choque térmico en algunas especies acuáticas y ocasionar la muerte de dichas especies. La contaminación térmica, aunque sea gradual, puede perturbar el balance del ecosistema de tal modo que podría exterminar las especies que no toleran el calor en esa área.

Los registros de temperatura en los puntos de agua superficiales monitoreados, no presentan variaciones significativas entre sí, los valores determinados oscilan entre 13,7°C y 19°C para los diferentes puntos monitoreados.

**Figura 5.54 Valores de Temperatura**



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

#### vii. Resultados de análisis físico – químicos en laboratorio

Con relación a los parámetros físico-químicos analizados en laboratorio y cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.62 y Tabla 5.63, se destacan y analizan a detalle aquellos que no cumplen con el (Decreto 1076 de 2015) o que presentaron valores muy cercanos a los permitido.

Además en la Tabla 5.60 se muestra la relación entre los puntos de monitoreo y los códigos de muestras establecidos por CIMA para el análisis de los parámetros de laboratorio, estos códigos son usados en los reportes de resultados anexos para la presentación de los datos.

Los puntos de monitoreo 8, 12 y 16 no se muestran en la Tabla 5.60, Tabla 5.62 y Tabla 5.63, debido a que fueron reportados como fuentes hídricas secas por el laboratorio por lo tanto no fueron monitoreados.

**Tabla 5.60 Codificación y nomenclatura de los puntos de muestreo analizados**

ID Punto	Descripción de la muestra (CIMA)	Código Muestra Laboratorio CIMA	Nombre corriente
1	P1-Fuente Hídrica Nueva 1	26252	NN-43
2	P2_Quebrada Los Cerezos	26256	Quebrada Los Cerezos
3	P3- Quebrada Zipachá	26253	Quebrada Zipachá
4	P4-NN-1	26396	NN-14
5	P5-Fuente Hidrica Nueva 2	26397	NN-31
6	P6-Quebrada San Antonio	26254	Quebrada San Antonio
7	P7-Quebrada La Palma	26255	Quebrada La Palma
9	P9-Quebrada Ugalá	26398	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)
10	P10-Quebrada NN3	26399	NN-37
11	P11 Río Pamplonita	26400	Rio Pamplonita
13	P13-NN-5	26402	NN-23
14	P14-NN-6	26401	NN-38
15	P15-Quebrada HojAncha	26403	Quebrada Hojancha
17	P17-NN 8	26404	NN-21
18	P18 NN 9	26485	NN-42
19	P19 NN 10	26487	NN-7
20	P20 NN 11	26486	NN-4
95-PV	VERTIMIENTO UF2	28205	Rio Pamplonita

Fuente: Aecom-ConCol, 2018

**Tabla 5.61 Estándares de calidad de agua para parámetros físicos-químicos en laboratorio de acuerdo diversos usos del agua**

Parámetro	(Decreto 1076 de 2015)				(Resolución 0118 de 2007)	
	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Tramo 6	Tramo 7
	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es el desarrollo de tratamiento convencional.	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es únicamente desinfección.	Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola	Criterios de calidad para uso pecuario.	Criterios de calidad para uso de paisajismo urbano y asimilación.	Criterios de calidad para uso agrícola y pecuario.
Acidez	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Alcalinidad total	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Arsénico total	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
Bario total	1	1	N.E.		N.E.	N.E.
Cadmio total	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
Cobre total	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
Coliformes fecales termotolerantes	2000	N.E.	N.E.	N.E.	≤2000	≤2000
Coliformes totales	20000	1000	N.E.	N.E.	≤20000	≤5000
Color real	75	20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Cromo total	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno)	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO (demanda química de oxígeno)	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Dureza cálcica	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Dureza total	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fenoles totales	0,002	0,002	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.



Parámetro	(Decreto 1076 de 2015)				(Resolución 0118 de 2007)	
	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Tramo 6	Tramo 7
	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es el desarrollo de tratamiento convencional.	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es únicamente desinfección.	Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola	Criterios de calidad para uso pecuario.	Criterios de calidad para uso de paisajismo urbano y asimilación.	Criterios de calidad para uso agrícola y pecuario.
Fósforo total	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Grasas y aceites	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Mercurio total	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
Nitrógeno orgánico	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Nitrógeno total Kjeldhal	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Níquel total	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
Plata total	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Plomo total	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
Selenio total	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos suspendidos totales	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	0 - 10	0 -20
Turbiedad	N.E.	19	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Cinc total	15	15	2	25	N.E.	N.E.5

Fuente: Adaptado de (Decreto 1076 de 2015) y (Resolución 0118 de 2007).

5 N.E: No establecido

**Tabla 5.62 Resultados de parámetros físico-químicos puntos de monitoreo 1 a 9**

Parámetro	Unidades	Descripción Muestra		P1_Fuente hídrica nueva_1	P2_Quebrada los cerezos	P3_Quebrada Zipachá	P4_NN_1	P5_Fuente hídrica nueva_2	P6_Quebrada San Antonio	P7_Quebrada La Palma	P9_Quebrada Ulagá
		Nombre Corriente		NN-43	Quebrada los Cerezos	Quebrada Zipachá	NN-14	NN-31	Quebrada San Antonio	Quebrada La Palma	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)
		LDM6	ID Punto LCM7	1	2	3	4	5	6	7	9
Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /l	2,993	5	8	10	<5	7	6	5	8	<5
Alcalinidad total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	NA	4	285	300	91	27	29	95	170	24
Arsénico total	mg Metal/l	S.I.8	0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
Bario total	mg Ba/l	0,05	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cadmio total	mg Cd/l	0,002	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre total	mg Cu/l	0,01	0,015	<0,05	<0,015	<0,05	<0,015	<0,015	<0,05	<0,05	<0,015
Color real	UPC		6,3	7,04	8,06	20,1	33,53	24,63	19,17	24,41	9.310
Cromo total	mg Cr/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DBO <sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxígeno)	mgO <sub>2</sub> /l		10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
DQO (demana química de oxígeno)	mgO <sub>2</sub> /l	1	10	<10	<10	<10	14	22	10	19	20
Dureza cálcica	mg CaCO <sub>3</sub> /l	1	5	182	242	56	32	37	58	111	45
Dureza total	mgCaCO <sub>3</sub> /l	1	5	197	243	59	39	54	64	125	46
Fenoles totales	mg/l	S.I.	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

6 LDM: Límite de detección del método

7 LCM: Límite de cuantificación del método

8 S.I.: Sin información ya que es un parámetro que fue subcontratado por CIMA, por lo que se está a la espera de la información pertinente.

Parámetro	Unidades	Descripción Muestra		P1_Fuente hídrica nueva_1	P2_Quebrada los cerezos	P3_Quebrada Zipachá	P4_NN_1	P5_Fuente hídrica nueva_2	P6_Quebrada San Antonio	P7_Quebrada La Palma	P9_Quebrada Ulagá
		Nombre Corriente		NN-43	Quebrada los Cerezos	Quebrada Zipachá	NN-14	NN-31	Quebrada San Antonio	Quebrada La Palma	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)
		LDM6	ID Punto LCM7	1	2	3	4	5	6	7	9
Fósforo total	mg P/l	S.I.	0,02	0,074	0,064	0,068	0,07	0,08	0,058	0,052	0,12
Grasas y aceites	mg/l	0	0,5	2,2	1,6	1,7	1,3	0,8	3,6	1,9	1,6
Mercurio total	mg Metal/l	S.I.	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Nitrógeno orgánico	mg/l		3,3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/l	0,56	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Níquel total	mg Ni/l		0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plata total	mg Ag/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plomo total	mg Pb/l	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selenio total	mg Metal/l	S.I.	0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055
Sólidos suspendidos totales	mg/l		5	21	11	48	12	31	48	32	5
Turbiedad	NTU	0,112	0,3	27,8	9,1	33,3	20,9	22,2	75	17,6	3,8
Cinc total	mg Zn/l	0,005	0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

**Tabla 5.63 Resultados de parámetros físico-químicos puntos de monitoreo 10 a 20**

Parámetro	Unidades	Descripción de la muestra		P10_Qu ebrada NN_3	P11_Río Pamplonit a	P13_NN_5	P14_NN_6	P15_Quebrad a Hojanca	P17_NN_ 8	P18_NN_ 9	P19_NN_ 10	P20_NN_ 11	VERTIMIENTO UF2
		Nombre Corriente		NN-37	Rio Pamplonit a	NN-23	NN-38	Quebrada Hojanca	NN-21	NN-42	NN-7	NN-4	Rio Pamplonita
		LDM9	ID Punto LCM10	10	11	13	14	15	17	18	19	20	95-PV
Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /l	2,993	5	6	34	<5	6	6	10	<5	5	10	33
Alcalinidad total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	NA	4	30	43	15	24	32	106	18	17	62	52
Arsénico total	mg Metal/l	S.I.11	0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
Bario total	mg Ba/l	0,05	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cadmio total	mg Cd/l	0,002	0,005	<0,005	0,005	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre total	mg Cu/l	0,01	0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Color real	UPC		6,3	22,5	94,2	40,07	24,65	14,43	8,5	17,71	26,27	13,53	131,1
Cromo total	mg Cr/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DBO <sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxígeno)	mgO <sub>2</sub> /l		10	<10	34	<10	<10	<10	<10	<10	11	<10	30
DQO (demana química de oxígeno)	mgO <sub>2</sub> /l	1	10	52	112	50	36	33	39	11	57	55	143
Dureza cálcica	mg CaCO <sub>3</sub> /l	1	5	52	46	20	72	80	92	45	55	132	38
Dureza total	mgCaCO <sub>3</sub> /l	1	5	56	50	22	99	117	103	55	56	132	40
Fenoles totales	mg/l	S.I.	0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Fósforo total	mg P/l	S.I.	0,02	0,09	1,04	0,09	0,16	0,06	0,26	0,11	0,24	0,15	2,9

9 LDM: Límite de detección del método

10 LCM: Límite de cuantificación del método

11 S.I.: Sin información ya que es un parámetro que fue subcontratado por CIMA, por lo que se está a la espera de la información pertinente.



Parámetro	Unidades	Descripción de la muestra		P10_Qu ebrada NN_3	P11_Río Pamplonit a	P13_NN_5	P14_NN_6	P15_Quebrad a Hojancha	P17_NN_ 8	P18_NN_ 9	P19_NN_ 10	P20_NN_ 11	VERTIMIENTO UF2
		Nombre Corriente		NN-37	Rio Pamplonit a	NN-23	NN-38	Quebrada Hojancha	NN-21	NN-42	NN-7	NN-4	Rio Pamplonita
		LDM9	ID Punto LCM10	10	11	13	14	15	17	18	19	20	95-PV
Grasas y aceites	mg/l	0	0,5	0,5	6,3	1,7	0,8	1,3	1,4	2.0	2.7	2.0	14,4
Mercurio total	mg Metal/l	S.I.	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Nitrógeno orgánico	mg/l		3,3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/l	0,56	2	<2	6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	14
Níquel total	mg Ni/l		0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plata total	mg Ag/l	0,02	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plomo total	mg Pb/l	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selenio total	mg Metal/l	S.I.	0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055
Sólidos suspendidos totales	mg/l		5	13	13	34	10	10	<5	10	176	10	79
Turbiedad	NTU	0,112	0,3	17,9	37,5	53,6	17,2	9,3	0,4	7,4	93,2	8	29,9
Cinc total	mg Zn/l	0,005	0,01	<0,01	0,04	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,0112	0,04

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

12 \*LMC: Limite de cuantificación del método.

## viii. Acidez y Alcalinidad

La alcalinidad es definida como la resistencia del agua para neutralizar un ácido (Henry & Heinke, 1999) (capacidad buffer), está asociada, principalmente, a aniones que neutralizan los  $H^+$  provenientes de las sustancias ácidas. Estos aniones generalmente se derivan de compuestos de carbón inorgánico disuelto, carbonatos ( $CO_3^{2-}$ ) y los bicarbonatos ( $HCO_3^-$ ), como resultado de la disolución de sustancias minerales. En el caso de los cuerpos de agua, estos se originan por la interacción del suelo con el agua junto con procesos de descomposición de la materia orgánica. Otra fuente de alcalinidad también pueden ser los hidróxidos ( $OH^-$ ). Por tanto, un grado alto de alcalinidad evita los cambios bruscos de pH, dando la capacidad de realizar procesos biológicos de forma estable. Los valores de alcalinidad en un cuerpo de agua pueden determinar si el agua es dura o blanda de acuerdo con lo establecido en la Tabla 5.64.

**Tabla 5.64 Escala de Mineralización en Agua de acuerdo a la Alcalinidad**

Valoración	Alcalinidad (mg/l $CaCO_3$ )
<b>Muy Baja</b>	< 12,3
<b>Baja</b>	24,6 - 41
<b>Media</b>	41 – 98,4
<b>Alta</b>	98,4 – 147,6
<b>Muy Alta</b>	> 147,6

Fuente: (Universidad tecnológica Oteima, 2014)

A diferencia de la alcalinidad, la acidez se considera como la capacidad de neutralizar las bases (Henry & Heinke, 1999). En las aguas se debe al dióxido de carbono ( $CO_2$ ), el cual puede ser incorporado con los coagulantes químicos, mediante la oxidación de materia orgánica (Henry & Heinke, 1999), por disolución del dióxido de carbono atmosférico, por la presencia de ácidos minerales procedentes de ácidos fuertes ( $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ) y por hidrólisis de sales de ácidos fuertes y bases débiles (Climent & *et al*, 2004).

La acidez en aguas naturales es causada por la presencia de  $CO_2$  o por ácidos minerales fuertes, donde el  $CO_2$  es el principal causante de la acidez a pH mayores de 4,0. El  $CO_2$  puede ingresar en agua superficial por absorción del mismo desde la atmósfera, solo cuando el cuerpo de agua presenta una concentración de  $CO_2$  menor que el de la atmósfera. El  $CO_2$  también puede ser producido por la oxidación de materia orgánica particularmente en aguas contaminadas, si, adicionalmente la actividad fotosintética es limitada, la concentración de  $CO_2$  puede ser mayor que en la atmósfera y escapará al aire (Sawyer *et al*, 2003).

Las consecuencias que tendría un incremento en la acidez son bastante importantes pues pueden producir cambios drásticos y fatales en la mayoría de las especies vivas y disminuye la productividad primaria. Bajo condiciones ácidas, las especies vegetales disminuyen la producción de clorofila a, desaparecen la mayoría de los invertebrados acuáticos y se produce un cambio de bacterias a una población de hongos disminuyéndose la composición de celulosa y la concentración de oxígeno (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008)

Finalmente, los bicarbonatos tienen gran relevancia en la química del agua, básicamente debido a su capacidad buffer, acomplejamiento de metales y el metabolismo biológico (MWH, 2005). Los carbonatos son responsables, junto a los carbonatos, de la neutralización

de los procesos de acidificación del agua. En cuerpos superficiales tiende a ser más baja su concentración con relación a las aguas subterráneas donde forma complejos con Ca, Mg, Cu, Zn y Fe.

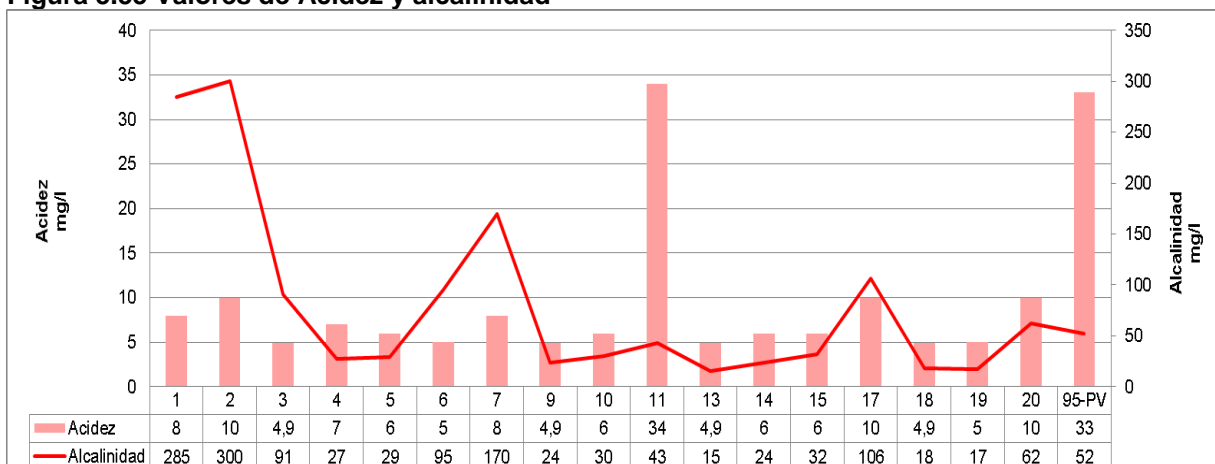
De acuerdo a los resultados observados en la Tabla 5.62, los valores de alcalinidad para los cauces monitoreados varían entre 15 y 300 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , donde el valor más alto para este parámetro lo tiene el punto 2: Quebrada Los Cerezos (300 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ) seguido por el punto 1: Quebrada NN-43 (285 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ), en aguas naturales estos son debidos a la presencia de Bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos formados por la acción de  $\text{CO}_2$  sobre materiales básicos del suelo por la disolución de rocas básicas carbonatadas. Normalmente, aguas superficiales tienen una alcalinidad apreciable, debido a que si pH oscila en la mayoría de los casos entre 6 y 8, condiciones en las cuales la especie de carbono inorgánico predominante es el ion  $\text{HCO}_3$ . Además, las aguas superficiales con algas también pueden presentar alcalinidad, debido a que toman el  $\text{CO}_2$  que está en forma libre y lo combinan que tal forma que el pH puede aumentar.

Los valores mínimos de alcalinidad se presentan en los puntos 13: Quebrada NN-23 (15 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ), P18: NN-42 ( 18 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ) y P19: NN-7 (17 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ), valores que se encuentran debajo de 20 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , el cual es un límite de alcalinidad internacionalmente acepto para mantener la vida acuática, ya que cuando el agua tiene alcalinidades menores se vuelve muy sensible a la contaminación pues no posee la capacidad oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH.

Por otro lado, la fuente que presenta la mayor acidez es el río Pamplonita en ambos puntos de muestreo asociados a este cuerpo de agua (Puntos 11 y 95) , la principal fuente de este parámetro en aguas naturales es el dióxido de carbono proveniente de la atmosfera y la oxidación bacteriana de la materia orgánica. Por tanto la acidez proviene de ácidos débiles siendo el principal el  $\text{CO}_2$ , aunque otros ácidos débiles también pueden estar presentes en el agua natural como  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4$ , ácidos húmicos y fulvicos, así como los ácidos carboxílicos formados por la descomposición de la materia orgánica. Lo anterior puede ser el motivo por el cual el río Pamplonita presenta el valor de acidez más alto, pues este cuerpo de agua es receptor de aguas residuales con altas cargas de materia orgánica.

A continuación en la Figura 5.55 se presentan los valores de alcalinidad y acidez registrados para los diferentes puntos monitoreados. Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica ( $\geq 5$  mg/l) y que en los resultados es mostrado como  $<5$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 4,9 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.

**Figura 5.55 Valores de Acidez y alcalinidad**



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

#### ix. Turbiedad y Sólidos Suspendedos Totales

La Turbiedad mide el grado de dispersión de la luz generado por los sólidos en suspensión, el efecto que causa la turbiedad es la interferencia con la penetración de la luz a través del agua, por lo que afecta los procesos de fotosíntesis (Gomez, 2003). La dispersión de la luz de las partículas depende de su tamaño, su forma, el índice de refracción y su composición.

Los sólidos suspendidos, están compuestos por partículas de origen orgánico e inorgánico; así como líquidos inmiscibles (Gómez, 2003). Las principales características de estas partículas, además de estar influenciadas por la turbidez, es que generan un aspecto al agua no tan agradable a la vista, proveen un refugio para el transporte de agentes químicos que pueden ser tóxicos y agentes biológicamente activos precursores de enfermedades. Las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) tiene una relación directa con la turbiedad, el agua toma una apariencia oscura debido a una alta concentración de partículas en suspensión, es decir una alta turbiedad.

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 5.62, los valores de turbiedad fluctúan entre 0,4 y 93,2 NTU, donde el mayor valor es resultado de la quebrada nn\_11 (93,2 NTU) seguido por la quebrada San Antonio (75 NTU). Se evidencia la relación directa en los sólidos suspendidos totales y la turbiedad debido a que las fuentes hídricas mencionadas anteriormente por tener los valores de turbiedad más altos, son las que también presentan los valores más altos de sólidos suspendidos totales.

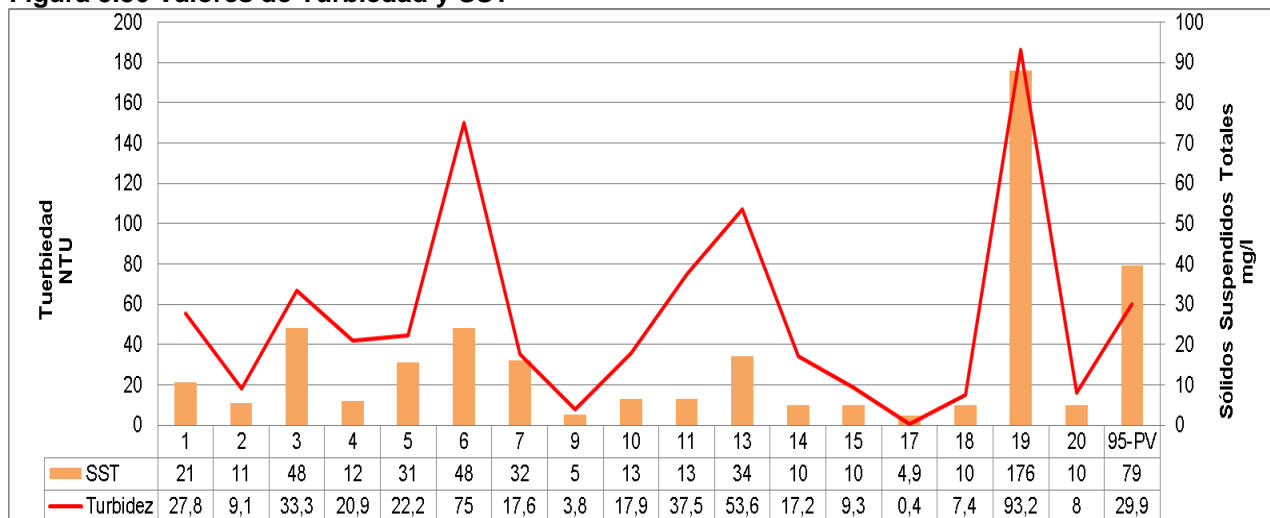
De acuerdo con los objetivos de la calidad para la cuenca hidrográfica del Río Pamplonita en el tramo 6 y 7, los resultados obtenidos para SST en: Punto 95-PV: Río Pamplonita, Punto 3:Quebrada Zipachá (48 mg/l), punto 5:Quebrada NN-31 (31 mg/l), punto 6:Quebrada San Antonio (48 mg/l), punto 7: Quebrada la Palma (32 mg/l), punto 13: Quebrada NN-23 (34 mg/l) y punto 3: Quebrada Zipachá (176 mg/l), no cumplen con los criterios definidos en la (Resolución 0118 de 2007) de Corponor. La anterior establece un objetivo para SST  $\leq 10$  mg/l en el tramo 6 cuyo uso es paisajismo urbano y asimilación, y  $\leq 20$  mg/l en el tramo 7 cuyo uso es agrícola y pecuario. En cuanto a la turbiedad en el artículo 2.2.3.3.9.4 del (Decreto 1076 de 2015) se establece como criterio admisible de calidad un total de 190



NTU, para lo cual todas las fuentes cumplen.

En la Figura 5.56 se presentan los valores de SST y turbiedad y su correlación para los diferentes puntos monitoreados. Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica ( $\geq 5$  mg/l) y que en los resultados es mostrado como  $<5$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 4,9 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.

**Figura 5.56 Valores de Turbiedad y SST**



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

#### x. Color

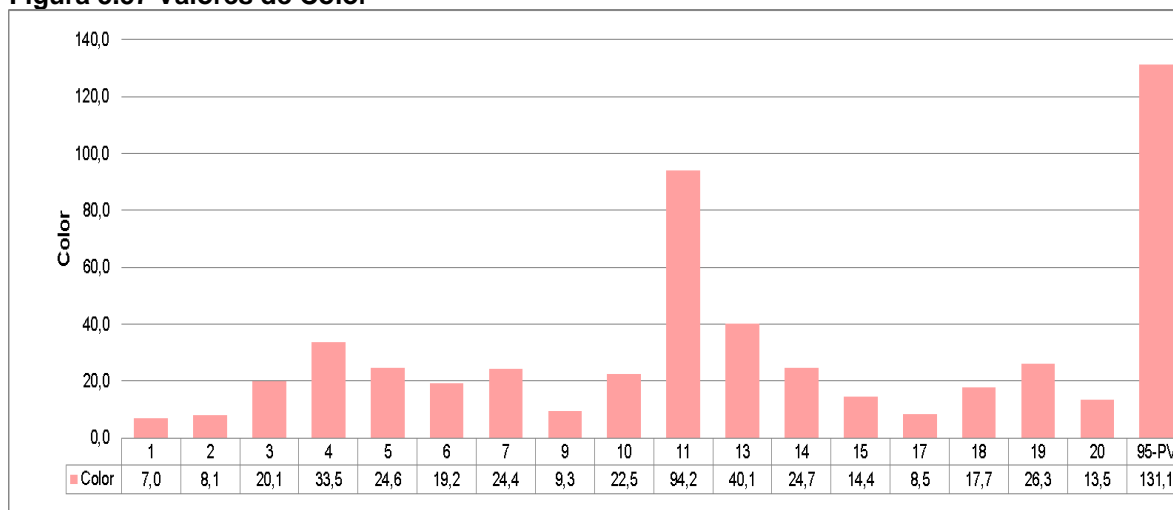
El Color del agua dependerá tanto de las sustancias que se encuentren disueltas, como de las partículas que se encuentren en suspensión. Se clasifica como “Color verdadero” al que depende solamente el agua y sustancias disueltas, mientras el “aparente” es el que incluye las partículas en suspensión (que a su vez generan turbidez). Para determinar el Color verdadero, sería necesario filtrarla para eliminar todas las partículas suspendidas.

El agua de uso doméstico e industrial tiene como parámetro de aceptación la de ser inColora, pero en la actualidad, gran cantidad del agua disponible se encuentra Coloreada y se tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha Coloración. Las aguas superficiales pueden estar Coloreadas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales como en el caso de las industrias de papel, curtido y textil; esta última causa Coloración por medio de los desechos de teñido los cuales imparten Colores en una amplia variedad y son fácilmente reconocidos y rastreados.

De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 5.57, los valores de Color van desde 7,04 UPC (Punto 1: Quebrada NN-43) a 131.1 UPC (Punto 95-PV: Río Pamplonita), donde UPC (Unidades Platino Cobalto) representa la medida del Color que los contaminantes confieren al agua. El artículo 2.2.3.3.9.3 del (Decreto 1076 de 2015) establece como límite permisible 75 UPC para el uso humano y doméstico, el cual es

sobrepasado por el río Pamplonita en ambos puntos de muestreo (punto 11 y 95-PV) mientras que las demás fuentes se encuentran bajo este límite. Esta Coloración puede deber a la presencia de materia orgánica y contaminantes domésticos producto del vertimiento de aguas residuales al cuerpo hídrico.

**Figura 5.57 Valores de Color**



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

xi. Dureza cálcica y Dureza Total

La dureza es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio. La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles.

Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define como agua blanda la que presenta concentraciones inferiores a 60 mg/l de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), medianamente dura entre 61 y 120 mg/l, dura entre 121 y 180 mg/l y muy dura aquella con valores superiores a 180 mg/l. El calcio se disuelve prácticamente de todas las rocas, y por lo tanto, se detecta en todas las aguas (ver Tabla 5.65).

**Tabla 5.65 Clasificación de la Dureza por  $\text{CaCO}_3$  en el Agua (OMS)**

Concentración de $\text{CaCO}_3$ /mg/l	Tipo	Codificación
0 - 60	Blanda	Azul
61 - 120	Moderadamente Dura	Verde
121 - 180	Dura	Amarillo
>180	Muy Dura	Rojo

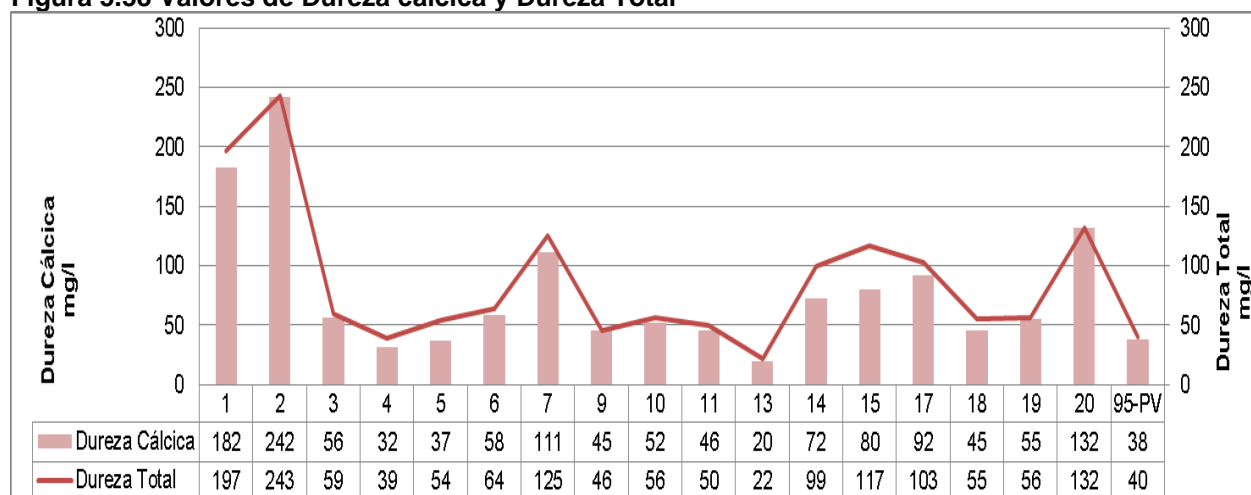
Fuente: (Universidad de Costa Rica, 2009)

Teniendo en cuenta los resultados del parámetro de Dureza Total para cada uno de los cuerpos de agua monitoreados, del total de fuentes evaluadas 10 poseen aguas blandas, y las 8 restantes se encuentran entre moderadamente dura, dura y muy dura. Además dos de las fuentes: Punto 1: NN-43 (197 mg/l) y Puntos 2: Quebrada los Cerezos (243 mg/l) se clasifican como aguas muy duras, y las fuentes: Punto 7: Quebrada La Palma (125 mg/l) y

punto 20: Quebrada NN-4 (132 mg/l) se clasifican como aguas duras.

La mayor dureza total se presentó en el punto 2: Quebrada los Cerezos (197 mg/l) seguido del punto 1: Quebrada NN-43, lo cual se asocia con el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Lo anterior se relaciona con que estas mismas dos fuentes son las que presentan la alcalinidad más alta de las fuentes evaluadas, la cual se encuentra asociada a la presencia de carbonatos y bicarbonatos.

**Figura 5.58 Valores de Dureza cálcica y Dureza Total**



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA)

## xii. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DBO está definida como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas. Esta prueba sirve para cuantificar la contaminación de aguas domésticas e industriales con materia orgánica en términos de requerimiento de oxígeno. (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008) y (Sawyer Clair N, 2003). Se constituye una medida indirecta de la concentración de la materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológicamente.

En las aguas superficiales el requerimiento de oxígeno para oxidación biológica es muy variable y depende de las fuentes contaminantes aguas arriba. En aguas residuales domésticas el requerimiento se sitúa entre 100 y 350 ppm. En aguas industriales el requerimiento alcanza varios miles de ppm (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA). La prueba de la Demanda Química de Oxígeno DQO es ampliamente usada para determinar la carga orgánica e inorgánica de aguas residuales domésticas e industriales (Sawyer Clair N, 2003)

Existe materia orgánica que se puede oxidar por procesos biológicos para la cual aplica la prueba de DBO, pero existe otra que no puede degradarse por este medio o puede demorar un tiempo muy prolongado, y por ello se pone en contacto con agentes fuertemente oxidantes como el dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ). El resultado es la determinación de la cantidad de desechos en términos de toda la cantidad de oxígeno requerido para oxidar estos desechos y llevarlos a dióxido de carbono y agua considerando que la mayoría de la materia orgánica se oxida por estos agentes oxidantes (Sawyer Clair N, 2003); Universidad

Distrital Francisco José de Caldas, 2005).

El DQO o demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer químicamente la materia tanto orgánica como inorgánica. Con esta se puede determinar la cantidad total de contaminantes orgánicos en aguas residuales. Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm. Las aguas residuales domésticas están entre 260 y 600 ppm. Existe un índice que indica que tipo de aguas se están analizando, el cual se obtiene con la relación (DBO/DQO) si esta es menor de 0,2 el vertido será de tipo inorgánico y si es mayor de 0,6 se asume como un vertido orgánico (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA).

**Tabla 5.66 Escala de clasificación de la calidad de agua, con base en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

DBO	Criterio	Descripción
≤ 3 mg/l	Excelente	No contaminada
3 – 6 mg/l	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable
6 – 30 mg/l	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
30 – 120 mg/l	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
≥ 120 mg/l	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: (Sánchez, Herzig, Peters, Márquez, & Zambrano, 2007)

**Tabla 5.67 Escala de clasificación de calidad de agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO)**

DQO	Criterio	Descripción
≤ 10 mg/l	Excelente	No contaminada
10 – 20 mg/l	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable
20 – 40 mg/l	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
40 – 200 mg/l	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
≥ 200 mg/l	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: (Sánchez, Herzig, Peters, Márquez, & Zambrano, 2007)

En la Tabla 5.66 se muestra una clasificación de la calidad de agua de acuerdo con su DBO de donde se puede concluir que 16 de las fuentes hídricas tienen una calidad aceptable siendo menores a 10 mg/l, las cuales no fueron detectas por el límite de cuantificación de la técnica (10), sin embargo para el caso de punto 11: Río Pamplonita (34 mg/l DBO<sub>5</sub>) la clasificación es contaminada encontrándose en el rango entre 30 y 120 mg/l donde se encuentran las aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas en origen municipal principalmente. Además, para el punto 95 asociado también al río Pamplonita, los valores de DBO muestran que la calidad de agua se encuentra entre aceptable y contaminada. Lo anterior es debido a que como se ha mencionado anteriormente el río Pamplonita es un cuerpo receptor de aguas residuales domesticas de la población aledaña



a la misma a lo largo del corredor en la unidad funcional 2 y posiblemente también de la población del casco urbano del municipio de Pamplonita. Los resultados de DBO se presentan en la Figura 5.59.

En cuanto a la DQO, un total de 3 de las fuentes analizadas no fueron detectadas por la técnica cuyo límite de cuantificación es 10 mg/l, los demás valores fluctúan entre 10 y 112 mg/l donde el mayor valor se presenta en el río Pamplonita en el punto 25- PV seguido del punto 11 de monitoreo. Por otro lado, de acuerdo con los resultados presentados en la Figura 5.59 para clasificación de calidad de agua con base en la DQO se puede decir que tres (3) de las fuentes hídricas estudiadas presentan una calidad excelente donde no hay contaminación debido a que presentan valores menores a 10 mg/l, otras cinco (5) de las fuentes hídricas presentan una buena calidad con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable, mientras que cuatro (4) presentan una calidad aceptable donde aunque existe un indicio de contaminación estas aguas presentan capacidad de autodepuración.

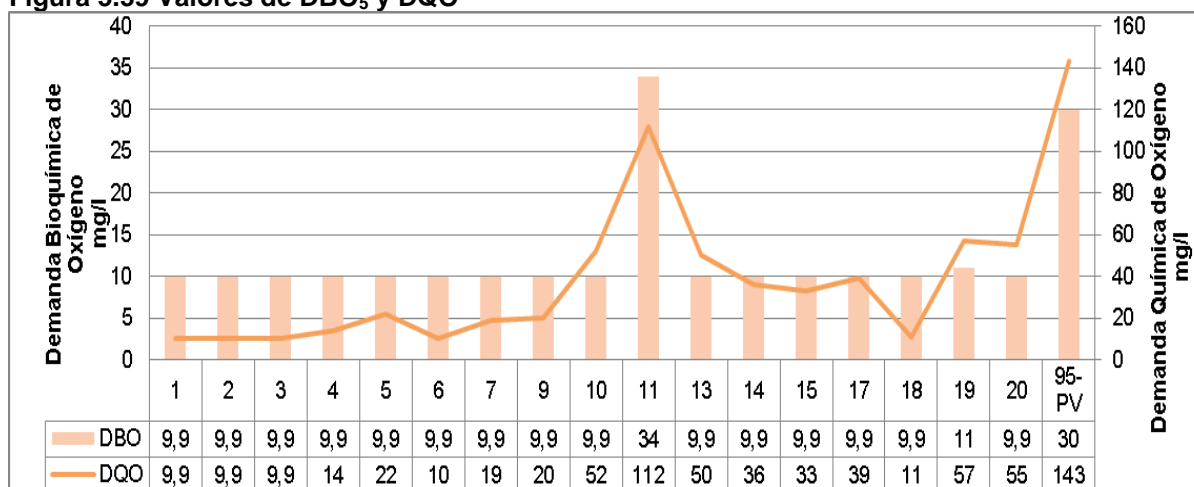
El resto de fuentes hídricas se clasifican como contaminadas encontrándose en el rango de entre 40 y 200 mg/l el cual trata de aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal, estas son Punto 95-PV: Río Pamplonita (143 mg/l), Punto 10: Quebrada NN-37 (52 mg/l), Punto 11: Río Pamplonita (112 mg/l), punto 13: Quebrada NN-23 (50 mg/l), punto 19: Quebrada NN-7 (57 mg/l) y punto 20: Quebrada NN-4 (55 mg/l). De acuerdo con lo anterior el valor máximo de DQO es presentado en el Río Pamplonita el cual también presenta la máxima DBO. A continuación en la Figura 5.59 se presentan los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO y su correlación para los diferentes puntos monitoreados.

De acuerdo con la relación DBO/DQO de las fuentes clasificadas como contaminadas, cuya relación es menor a 2 se tiene que: Punto 10: NN-37, punto 13: NN-23, punto 19: NN-7 y punto 20: NN-4, podrían presentar vertimientos de naturaleza industrial, poco biodegradables. Además P11: Río Pamplonita podría presentar vertimientos de naturaleza urbana o clasificables como urbanos y tanto más biodegradables, lo cual concuerda con lo ya mencionado.

A continuación en la Figura 5.59 se presentan los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO y su correlación para los diferentes puntos monitoreados.

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de las técnicas DBO<sub>5</sub> y DQO ( $\geq 10$  mg/l en ambos casos) y que en los resultados es mostrado como  $< 10$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 9,9 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.

**Figura 5.59 Valores de DBO<sub>5</sub> y DQO**



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2018

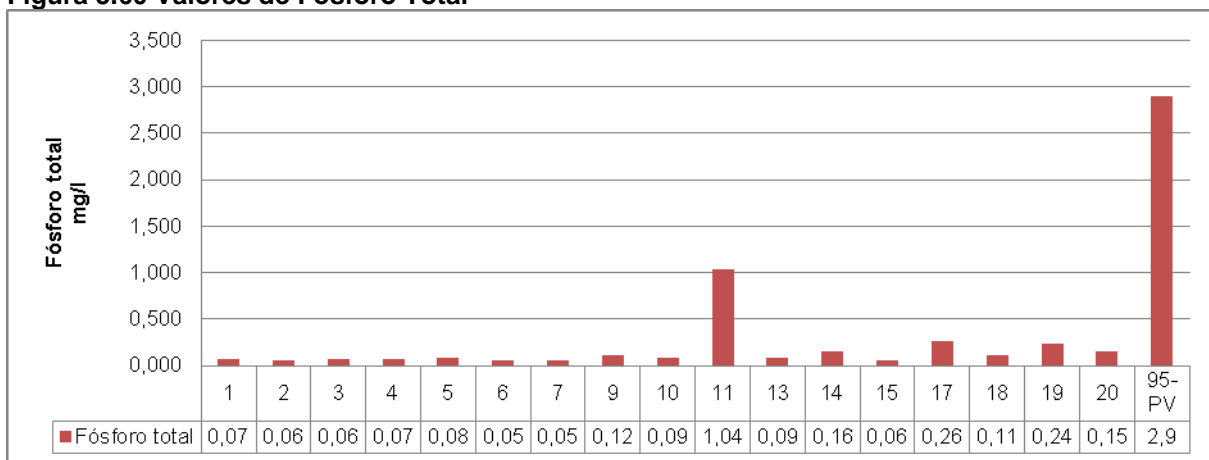
### xiii. Fósforo total

El fósforo orgánico está principalmente presente en biomasa microbiana y en materia orgánica derivada de procesos de descomposición de esta. Por lo general la fracción orgánica del fósforo tiende a mineralizarse por interacción con el entorno. La fracción inorgánica está principalmente constituida por ácidos derivados de la reacción de la fracción orgánica con agentes presentes en el medio, así como también por los cambios de pH y la interacción de minerales a base de calcio y hierro principalmente; encontrándose estos compuestos en el agua en su forma más soluble como aniones ortofosfatos de  $\text{HPO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , o como fosfatos de calcio, hierro y aluminio.

E

A continuación en la Figura 5.60 se presentan los valores de fósforo total para los puntos de agua monitoreados, observando que los datos fluctúan entre  $<0,05$  y  $2,9 \text{ mg/l}$  donde el mayor valor fue alcanzado en el punto 95-PV: Río Pamplonita seguido por el punto 11: Río Pamplonita, lo cual es explicado con la base de que este cuerpo recibe aguas residuales domésticas con contenidos de nutrientes como fósforo, en este tipo de aguas el fósforo proviene de los desechos humanos, actividades industriales, detergentes sintéticos y productos de limpieza.

**Figura 5.60 Valores de Fósforo Total**



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2018

#### xiv. Nitrógeno total Kjeldahl

El nitrógeno es un indicador relevante de la calidad de aguas, ya que una alta concentración de nitrógeno orgánico es característica de una contaminación fresca o reciente. Todo el nitrógeno presente en compuestos orgánicos se considera nitrógeno orgánico, su contenido en el agua incluye el nitrógeno de aminoácidos, aminas, polipéptidos, proteínas y otros compuestos orgánicos del nitrógeno. El nitrógeno amino y el amoníaco libre es convertido a amonio en presencia de  $H_2SO_4$ ,  $K_2SO_4$  y  $CuSO_4$  como catalizador. Durante la digestión, mientras el carbono e hidrogeno son oxidados, el sulfato es reducido a dióxido de azufre y el grupo amino es liberado como amoníaco, el cual puede escapar del medio ácido y permanece como una sal de amonio. El método Kjeldahl es el más usado para la determinación de nitrógeno total, este es la suma del nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal.

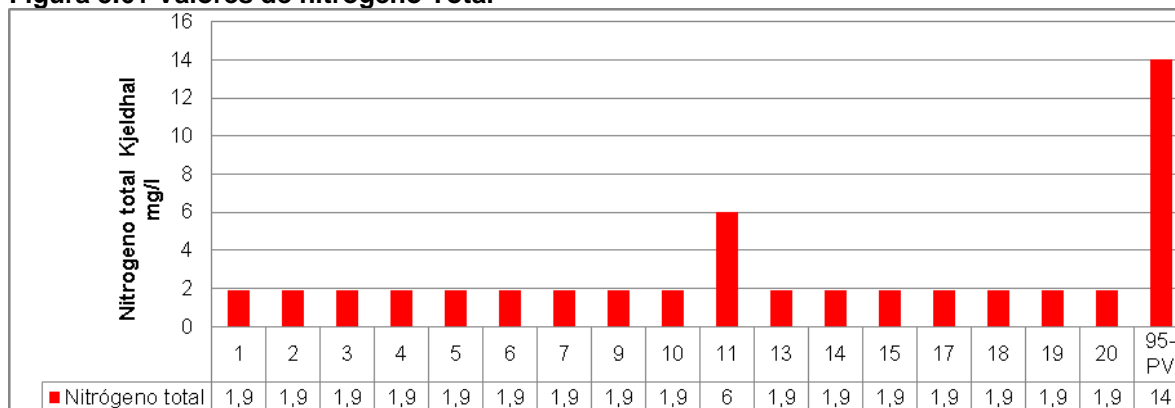
El nitrógeno representa un papel muy importante en la química del agua puesto que es el responsable del crecimiento de los organismos tanto animales como vegetales en el medio acuático. En condiciones normales, los compuestos nitrogenados provienen de la degradación de materia orgánica muerta, sin embargo en condiciones del medio alteradas, los aportes provienen de los vertimientos urbanos y del uso creciente de fertilizantes y pesticidas de la agricultura.

De acuerdo con los valores obtenidos, dos de las fuentes evaluadas superó el límite de cuantificación del método, es decir 2 mg/l, fuente que corresponde al río Pamplonita en ambos puntos de monitoreo (Punto 11: 6 mg/l y Punto 95-PV: 14 mg/l), mientras que las demás fuentes evaluadas no superaron tal limite lo cual indica que presentaron valores menores a 2 mg/l. La situación presentada en el río Pamplonita puede deberse a la descarga de aguas residuales domesticas que generalmente contienen una concentración elevada de nutrientes.

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica ( $\geq 2$  mg/l) y que en los resultados es mostrado como  $< 2$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 1,9

mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.

**Figura 5.61 Valores de nitrógeno Total**



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2018

#### xv. Grasas, Aceites y Fenoles

La presencia de grasas o aceites en las aguas se da principalmente por vertimientos, tanto de origen industrial como doméstico. El principal efecto sobre la calidad del recurso se da por su presencia en forma de película sobre la superficie del agua, lo cual dificulta la interacción aire-agua, provocando problemas de difusión y concentración del oxígeno en el agua (Salamanca & Palacios, 2005). Por otro lado, los compuestos fenólicos son utilizados en diferentes actividades productivas del sector industrial, y proceden principalmente de restos de aceites, restos de disolventes, pinturas, entre otros; causando principalmente problemas en las características organolépticas del agua.

Las grasas y aceites son contaminantes del agua constituido principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua y baja o nula biodegradabilidad. Según la norma colombiana “El agua potable no debe presentar grasas y aceites”. Por ello, si la presencia de estos compuestos no es controlada se acumula en el agua formando natas en la superficie del líquido” (Universidad del Valle, 2007).

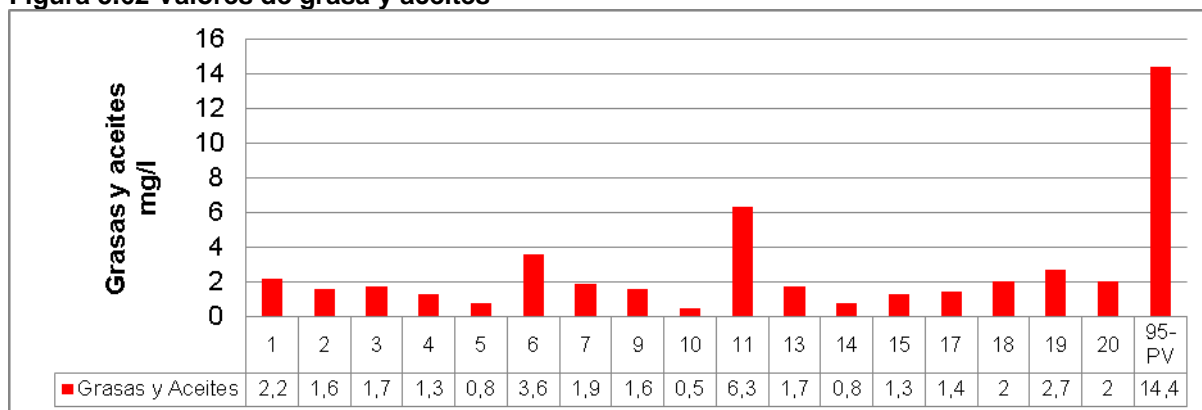
La guía canadiense para calidad de aguas recreacionales establece las grasas y aceites no deben estar presentes en concentraciones que:

- i. Puedan ser detectadas como capa visible, brillo o deColoración en la superficie.
- ii. Puedan detectarse por el olor.
- iii. Puedan formar depósitos y sedimentos inferiores detectables por la vista y olor.

Teniendo en cuenta los resultados de los cuerpos de agua se puede observar que los valores para grasas y aceites fluctúan entre 0,5 y 14,4 mg/l, donde las fuentes con mayor contenido fueron registrados en el río Pamplonita en: punto 95-PV (14,4 mg/l) y punto 11 (6,3 mg/l).



**Figura 5.62 Valores de grasa y aceites**



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2018

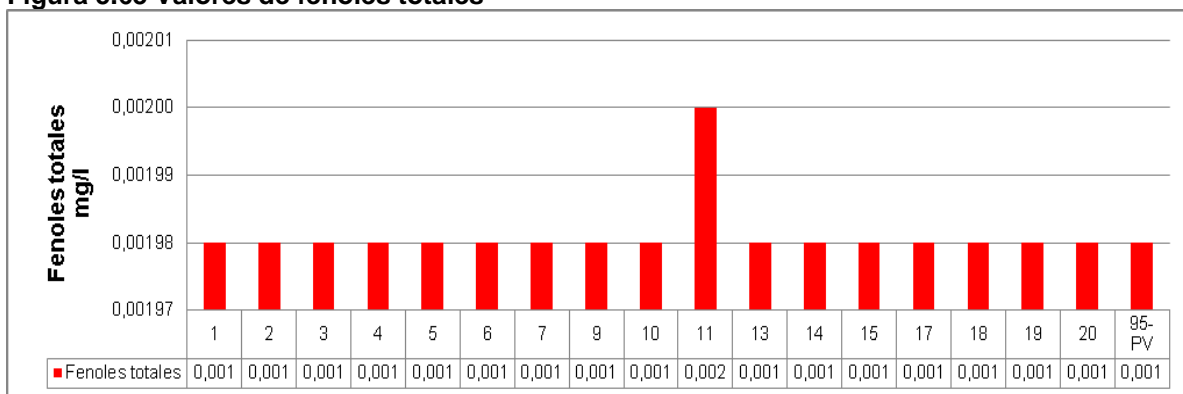
Los fenoles son compuestos orgánicos derivados del benceno por sustitución de átomos de hidrogeno por grupo hidroxilo, en general los fenoles no son sustancias comunes en el agua natural, salvo en las que atraviesan o fluyen por zonas de turberas y aguas ricas en materias húmicas. Su origen está ligado a efluentes industriales y procedentes de pasta de papel, explotaciones mineras, refinerías de petróleo, industrias químicas y farmacéuticas, etc.

Toxicológicamente, niveles de solo 1 mg/l de fenoles en aguas naturales resultan tóxicos para los peces, mientras que concentraciones menores afectan a otros organismos acuáticos como moluscos, algas, protozoos y bacterias. En general, los compuestos fenólicos debido a su poder bactericida y bacteriostático pueden degradarse por microorganismos presentes en aguas naturales como el grupo *Pseudomonas* (Marin, 2003).

De acuerdo con los resultados obtenidos y mostrados en la Figura 5.63, el parámetro fenoles en un total de 16 de las fuentes analizadas no fue detectado por la técnica por lo que se asumen que estas fuentes presentan valores menores a 0,02 mg/l. Solo una de las fuentes fue detectada tratándose del punto 11: Río Pamplonita (0,002 mg/l)

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica ( $\geq 0,002$  mg/l) y que en los resultados es mostrado como  $< 0,002$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 0,00198 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.

**Figura 5.63 Valores de fenoles totales**



Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2018

#### ▪ Metales Pesados

La presencia de los metales en los cuerpos de agua se da principalmente por aportes del suelo y procesos de contaminación generados por el hombre, de los cuales algunos son necesarios por los humanos como son el Fe, Zn, Cu, pero otros pueden causar un efecto tóxico al bioacumularse en el cuerpo como son el Cr, Cd, Hg, Pb, As, Ba etc. La presencia de estos agentes tóxicos está básicamente relacionada con las actividades antrópicas que generan una acumulación en la cadena trófica hasta llegar al cuerpo humano por consumo de algún alimento contaminado.

Teniendo en cuenta los resultados de laboratorio observados se puede concluir que para - Arsénico total los resultados obtenidos no alcanzaron el límite de cuantificación de la técnica (5 mg/l), además estos se encuentran dentro del límite admisible de los criterios de calidad establecidos en el (Decreto 1076 de 2015) donde el límite es de <0,01 mg/l para uso de consumo humano doméstico y agrícola y 0,05 mg/l para uso pecuario. En cuanto a Bario en 16 de las 18 fuentes hídricas los valores obtenidos no alcanzaron el límite de cuantificación de la técnica (<0,1 mg/l), únicamente en el caso de la del punto 17: NN-21 se obtuvo un valor de 0,02 mg/l en bario, sin embargo todos los valores cumplen el límite admisible por la norma el cual es 1 mg/l. Además de lo anterior, los resultados para tales metales pesados se encuentran dentro del límite admisible establecido en el (Decreto 1076 de 2015)

En el caso de cadmio un total de 16 fuentes no fueron detectadas por la técnica analítica por lo que se asume que presentan valores menores 0,005 mg/l del metal, solo dos de las fuentes correspondiente al punto 11: Río Pamplonita y el punto 14: Quebrada NN-38 superaron el límite de cuantificación de la técnica presentando un valor de 0,005 mg/l de Cadmio. De acuerdo con lo anterior, ninguna de las fuentes hídricas analizadas superó el límite establecido por el (Decreto 1076 de 2015) para cadmio en agua de uso doméstico, humano condicionado por tratamiento de potabilización, agrícola y pecuario (0,01 mg/l).

Para algunos de los metales pesados evaluados se dio el caso que los resultados obtenidos para todas las fuentes hídricas no alcanzaron los límites de cuantificación de las técnicas usadas en cada caso, estos se muestran a continuación con el valor de su respectivo límite de cuantificación:

- i. Cobre (<0,0015 mg/l), cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015)
- ii. Cromo (<0,05 mg/l), cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015)
- iii. Níquel (<0,05 mg/l) cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015).
- iii. Mercurio (<0,0006 mg/l) cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015).
- iv. Plomo (<0,05 mg/l) cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015).
- v. Plata (<0,05 mg/l) cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015).
- vi. Selenio (<0,0055 mg/l) cumple los límites establecidos en el (Decreto 1076 de 2015).

- Resultados de análisis microbiológicos

Con relación a los parámetros microbiológicos analizados en laboratorio y cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.69 se destacan y analizan a detalle aquellos que no cumplen con el (Decreto 1076 de 2015) o que presentaron valores muy cercanos a los permitidos, en esta tabla no se incluyen los datos de la quebrada 8,12 y 16, debido a que estas fueron reportadas como secas por el laboratorio. En la Tabla 5.68 se muestran los criterios establecidos para el uso del recurso hídrico de acuerdo con el (Decreto 1076 de 2015) y la (Resolución 0118 de 2007) que se encuentra en el anexo 5.1.2 Hidrología, carpeta B Calidad de agua.

**Tabla 5.68 Criterios de calidad de agua por coliformes para diversos usos**

Decreto -Resolución	Artículo	Descripción	Coliformes Fecales Termotolerantes (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
(Decreto 1076 de 2015)	Artículo 2.2.3.3.9.3	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es el desarrollo de tratamiento convencional.	2000	20000
	Artículo 2.2.3.3.9.4	Criterios de calidad admisibles para destinación del recurso para consumo humano y doméstico, donde la indicación para su potabilización es únicamente desinfección.	N.E.	1000
	Artículo 2.2.3.3.9.5	Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola	N.E.	N.E.
	Artículo 2.2.3.3.9.6	Criterios de calidad para uso pecuario.	N.E.	N.E.
Resolución 0118 de 2007, Objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica del río Pamplonita para el quinquenio 2007-2011	Artículo 1: Tramo 6	Criterios de calidad para uso de paisajismo urbano y asimilación.	≤2000	≤20000
	Artículo 1: Tramo 7	Criterios de calidad para uso agrícola y pecuario.	≤2000	≤5000

Fuente: Adaptado de (Decreto 1076 de 2015) y (Resolución 0118 de 2007).

**Tabla 5.69 Resultados de parámetros microbiológicos**

ID Punto muestreo	Nombre del punto de monitoreo	Parámetro	Coliformes Fecales Termotolerantes (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
		LCM13 Nombre corriente	10	10
1	P1_Fuente hídrica nueva_1	NN-43	563	7940
2	P2_Quebrada los cerezos	Quebrada Los Cerezos	860	7940
3	P3_Quebraa Zipachá	Quebrada Zipachá	441	6380
4	P4_NN_1	NN-14	30	1990
5	P5_Fuente hídrica nueva_2	NN-31	41	2850
6	P6_Quebrada San Antonio	Quebrada San Antonio	771	12110
7	P7_Quebrada La Palma	Quebrada La Palma	504	8550
9	P9_Quebrada Ulagá	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)	0	200
10	P10_Quebrada NN_3	NN-37	10	630
11	P11_Río Pamplonita	Río Pamplonita	24196	573000
13	P13_NN_5	NN-23	63	11780
14	P14_NN_6	NN-38	20	21420
15	P15_Quebrada Hojancha	Quebrada Hojancha	82	5475
17	P17_NN_8	NN-21	921	65100
18	P18_NN_9	NN-42	63	9340
19	P19_NN_10	NN-7	2755	11870
20	P20_NN_11	NN-4	3282	21870
95-PV	VERTIMIENTO UF2	Río Pamplonita	1374000	3654000

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

13 LCM: Límite de cuantificación del método



- Coliformes fecales y totales

Las bacterias Coliformes no son microorganismos patógenos, pero están asociados a microorganismos que sí lo son, estas bacterias son más resistentes que las patógenas y por esta razón su ausencia da un índice de la ausencia de microorganismos patógenos. Los coliformes fecales son un buen indicador de la contaminación por excretas de animales y del ser humano, lo que da indicios de la presencia de paracitos y agentes infecciosos.

La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada por material en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. La contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana. Por ello, el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población (Ramos Ortega et al, 2008).

La Organización Mundial de la Salud OMS, ha clasificado el agua de acuerdo con el número más probable (NMP) de coliformes totales en 100 ml, que se presenta a continuación (Roldán Pérez, 1992):

- i. NMP de Coliformes totales entre 0 y 50. Indica que el agua solo requiere un simple tratamiento de desinfección.
- ii. NMP de Coliformes totales entre 50 y 5.000. Indica que el agua requiere métodos habituales de tratamiento como coagulación y filtración. Agua con un NMP máximo de 200 sirve para fines recreativos, un NMP máximo de 230 junto con un NMP para coliformes fecales de 43, sirve para fines acuícolas. Hasta un NMP de 1.000 indica que el agua es apta para actividades como remo y pesca y un NMP de 5.000 y 1.000 para coliformes fecales como máximo, permite que el agua sea usada en la agricultura.
- iii. NMP de Coliformes totales entre 5.000 y 50.000. Indica que el agua se encuentra contaminada intensamente y requiere tratamientos más activos.
- iv. NMP de Coliformes totales mayores a 50,000. Indica que el agua es inaceptable.

Se considera que *Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal aceptable, pero menos fiable que *E. coli*. *Escherichia coli* (o bien los coliformes termotolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo.

Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, *E. coli* es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos.

Hay grandes cantidades de *Escherichia coli* en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Es

muy poco probable que la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua en los sistemas de distribución de agua de consumo favorezcan la proliferación de estos microorganismos.

El grupo de coliformes totales incluye varios géneros que en condiciones adecuadas pueden multiplicarse en presencia de material orgánico, algunas de las especies de coliformes son asociadas a desechos vegetales o pueden ser habitantes comunes del suelo o agua superficial. Por tanto, el grupo coliformes no debe ser considerado en general como un indicador de organismos de origen exclusivamente fecal, especialmente en países con altas temperaturas donde pueden abundar bacterias coliformes de origen no fecal. La medición de coliformes fecales en forma específica es un mejor indicador de la contaminación por materia de origen fecal (Organización Panamericana de la salud, 1988)

A continuación en la Figura 5.64 se presentan los valores de coliformes totales, y su correlación para los diferentes puntos monitoreados. Para el caso de los coliformes fecales, los valores fluctúan entre 0 y 1374000 NMP/100 ml, el resultado más alto se presenta en el punto 95-PV: Río Pamplonita (1374000 NPM/100ml) seguido del punto 11: río Pamplonita (24196 NMP/100 ml), punto 20: Quebrada NN-4 (3282 NMP/100 ml) y punto 19: Quebrada NN-7 (2755 NMP/100 ml). Estas fuentes hídricas por tanto, no cumplen con el límite admisible ( $\leq 2000$  NMP/100 ml) establecido en el (Decreto 1076 de 2015) para uso humano o doméstico donde para su potabilización solo se requiere tratamiento convencional, ni con los objetivos de calidad de la cuenca hidrográfica fijados para el tramo 6 y 7 mediante la (Resolución 0118 de 2007) de CORPONOR. El alto valor presentado por el río Pamplonita en ambos puntos de monitoreo puede deberse a las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento directamente sobre tal cuerpo de agua provenientes de la población aledaña.

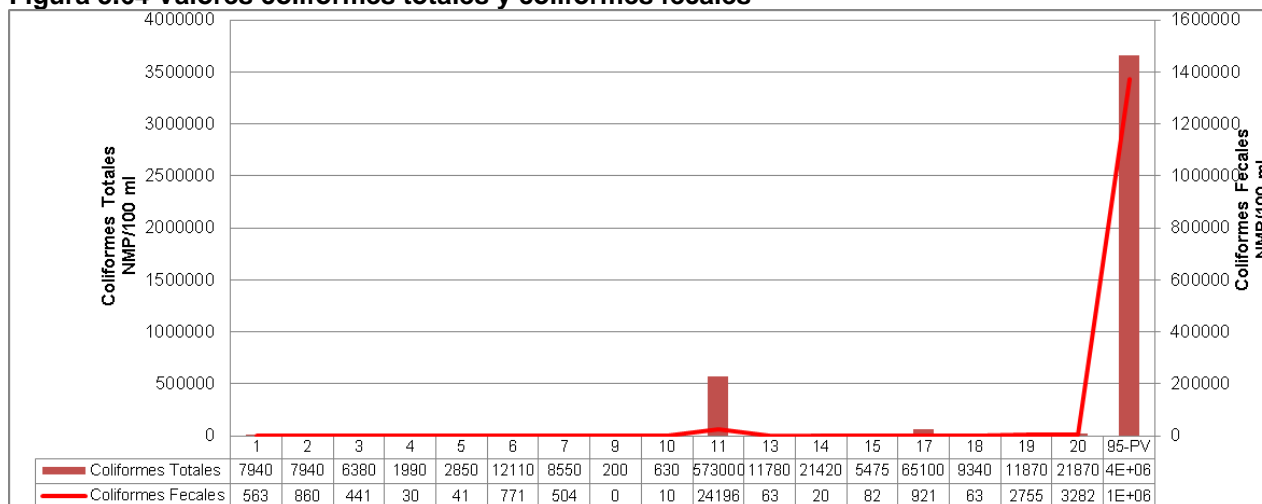
En cuanto a los coliformes totales, el valor más alto se reporta en el punto 95-PV (3654000 NMP/100ml) seguido por el punto 11: río Pamplonita (573000 NMP/100 ml) seguido por el punto 17: Quebrada NN-21 (65100 NMP/100 ml), punto 20: Quebrada NN-4 (21870 NMP/100 ml) y punto 14: NN-6 (21240 NMP/100 ml), fuentes que no cumplen con el límite admisible ( $\leq 20000$  NMP/100 ml) establecido en el artículo 2.2.3.3.9.3 del (Decreto 1076 de 2015) para uso humano o doméstico donde para su potabilización solo se requiere tratamiento convencional. Además estas no cumplen con los objetivos de calidad para la cuenca del río Pamplonita en el tramo 6 ( $\leq 20000$  NMP/100 ml), por otro lado del total fuentes hídricas analizadas, 14 no cumplen con el objetivo de calidad para el tramo 7 establecidos en la resolución (Resolución 0118 de 2007) de CORPONOR. Sumado a lo anterior, un total de 16 de las fuentes no cumplen con el límite admisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 (1000 NMP/100 ml) para uso humano y doméstico cuando su tratamiento para potabilización sea únicamente una desinfección.

Además y de acuerdo (Roldán & John, 2008), para uso agrícola el NMP de coliformes totales no debe exceder los 5000 cuando ese recurso es usado para el riego de frutas que se consuman sin quitar la cascara. En referencia a lo anterior, solo 4 de las fuentes hídricas cumplen con este límite de calidad para aguas de riego.

En relación a lo planteado por la OMS, únicamente la quebrada Ulagá que tiene un NMP de coliformes totales de 200 y un NMP de coliformes fecales de 0, es apta para fines

recreativos y para fines acuícolas. Además del río Pamplonita en ambos puntos de muestreo de acuerdo con sus coliformes totales puede decirse que posee un agua inaceptable. De acuerdo con el mismo parámetro, 13 de las fuentes hídricas presentan aguas contaminadas intensamente.

**Figura 5.64 Valores coliformes totales y coliformes fecales**



Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

#### i. Caracterización de hidrobiológicos

La caracterización del componente hidrobiológico se presenta en el numeral 5.2.1.2. Ecosistemas Acuáticos.

##### 5.1.6.1.2 Índices de calidad ambiental del agua

La aplicación de índices para determinar la calidad del agua de las fuentes hídricas superficiales, es una herramienta fundamental para establecer las presiones que éstas sufren por las acciones que desarrollan las poblaciones asentadas a su alrededor, ya que combinan ciertos parámetros que determinan susceptibilidades a tipos de contaminación y transmiten de una manera más clara y fácil de interpretar.

Teniendo en cuenta lo establecido en los Términos de Referencia M-M-INA-02 adoptados mediante la Resolución 751 de 2015, a continuación se presenta el índice de Langelier, Capacidad Buffer (Tampón) y el Índice de Calidad del Agua (ICA) para las fuentes hídricas que serán interceptadas por el proyecto, y el índice de alteración de la calidad del agua de la subzona hidrográfica a la cual corresponden dichas fuentes hídricas.

- Índice de Saturación o de Langelier

El **Índice de Langelier** es un índice para calcular el carácter incrustante o agresivo del agua y tiene que ver con los diversos equilibrios en el agua del anhídrido carbónico, bicarbonato-carbonatos, el pH, la temperatura, la concentración de calcio y la salinidad total.

Con el fin de conocer el balance químico del agua superficial, se debe calcular el Índice de Saturación o de Langelier (ISL), cuyos valores aceptables deben estar entre -0.5 y +0.5.

El LSI se define así:

$$LSI = pH - pHs$$

Donde:

pH es el valor medido del pH del Agua

pHs es el pH a saturación en calcita o carbonato de calcio definido como:

Para calcular el pHs se tiene que:

$$pHs = (9,3 + A + B) - (C + D)$$

Donde:

$$A = (\text{Log}_{10} [\text{STD}] - 1) / 10$$

$$B = -13.12 \times \text{Log}_{10} (^{\circ}\text{C} + 273) + 34.55$$

$$C = \text{Log}_{10} [\text{Ca}^{2+} \text{ como } \text{CaCO}_3] - 0.4$$

$$D = \text{Log}_{10} [\text{alcalinidad como } \text{CaCO}_3]$$

**Tabla 5.70 Clasificación del Agua según el Índice de Langelier**

Índice de Saturación o de Langelier - ISL	Consideraciones
0	Agua totalmente balanceada
<0	Agua con tendencias corrosivas
>0	Agua con tendencias incrustantes

Fuente: ANASCOL S.A. 2016.

En la Tabla 5.71 se presentan los resultados del índice de Langelier calculado para cada una de las fuentes hídricas monitoreadas.

De acuerdo con estos datos, se concluye que las corrientes: Quebrada Zipachá, NN-14, NN-31, Quebrada San Antonio, Quebrada Ulagá, NN-37, Río Pamplonita (ambos puntos de muestreo), NN-23, NN-38, Quebrada Hojancha, NN-42, NN-7 presentan condiciones *corrosivas*, lo cual indica que si el agua entra en contacto con algún instrumento de transporte, tal como tuberías, puede generar efectos de desgaste y erosión de los materiales, lo cual se traduce en efectos corrosivos sobre los mismos; por otro lado también se debe tener en cuenta si estos cuerpos de agua pueden ser utilizados como fuente de consumo humano, por lo que deben estar sujetos a algún tipo de tratamiento.



**Tabla 5.71 Índice de Saturación o de Langelier – ISL en los cuerpos de agua monitoreados**

ID	Nombre del punto de monitoreo	Nombre de la corriente	Datos de monitoreo de calidad del agua						pHs					Índice	
			pH Unidades	Sólidos Suspendidos Totales mg/l	Dureza Cálctica mg CaCO3/l	Calcio mg/l	Temperatura °C	Alcalinidad mg CaCO3/l	A	B	C	D	pHs	ISL	Interpretación
1	P1_Fuente hídrica nueva_1	NN-43	8,22	21	182	72,8	14,2	285	0,03	2,30	1,86	2,45	7,32	0,90	El pH real del agua es superior al de saturación. El agua tiene carácter incrustante
2	P2_Quebrada los cerezos	Quebrada Los Cerezos	8,38	11	242	96,8	13,7	300	0,00	2,31	1,98	2,48	7,15	1,23	El pH real del agua es superior al de saturación. El agua tiene carácter incrustante
3	P3_Quebraa Zipachá	Quebrada Zipachá	8,11	48	56	22,4	14,2	91	0,07	2,30	1,34	1,96	8,36	-0,25	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
4	P4_NN_1	NN-14	8,09	12	32	12,8	14,8	27	0,01	2,29	1,09	1,43	9,07	-0,98	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
5	P5_Fuente hídrica nueva_2	NN-31	7,76	31	37	14,8	19,0	29	0,05	2,20	1,16	1,46	8,93	-1,17	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
6	P6_Quebrada San Antonio	Quebrada San Antonio	7,29	48	58	23,2	15,0	95	0,07	2,28	1,36	1,98	8,32	-1,03	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
7	P7_Quebrada La Palma	Quebrada La Palma	8,1	32	111	44,4	14,9	170	0,05	2,28	1,64	2,23	7,76	0,34	El pH real del agua es superior al de saturación. El agua tiene carácter incrustante

ID	Nombre del punto de monitoreo	Nombre de la corriente	Datos de monitoreo de calidad del agua						pHs					Índice	
			pH Unidades	Sólidos Suspendidos Totales mg/l	Dureza Cálctica mg CaCO3/l	Calcio mg/l	Temperatura °C	Alcalinidad mg CaCO3/l	A	B	C	D	pHs	ISL	Interpretación
9	P9_Quebrada Ulagá	Quebrada Ulagá	7,93	5	45	18	13,7	24	-0,03	2,31	1,25	1,38	8,95	-1,02	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
10	P10_Quebrada NN_3	NN-37	7,88	13	52	20,8	15,5	30	0,01	2,27	1,31	1,48	8,80	-0,92	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
11	P11_Río Pamplonita	Río Pamplonita	7,87	13	46	18,4	15,5	43	0,01	2,27	1,26	1,63	8,70	-0,83	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
13	P13_NN_5	NN-23	8,13	34	20	8	15,5	15	0,05	2,27	0,88	1,18	9,57	-1,44	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
14	P14_NN_6	NN-38	7,89	10	72	28,8	15,1	24	0,00	2,28	1,45	1,38	8,75	-0,86	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
15	P15_Quebrada Hojanca	Quebrada La Hojanca	7,88	10	80	32	15,0	32	0,00	2,28	1,50	1,51	8,58	-0,70	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
17	P17_NN_8	NN-21	8,25	4,99	92	36,8	16,5	106	-0,03	2,25	1,56	2,03	7,94	0,31	El pH real del agua es superior al de saturación. El agua tiene carácter incrustante

ID	Nombre del punto de monitoreo	Nombre de la corriente	Datos de monitoreo de calidad del agua						pHs					Índice	
			pH Unidades	Sólidos Suspendidos Totales mg/l	Dureza Cálrica mg CaCO3/l	Calcio mg/l	Temperatura °C	Alcalinidad mg CaCO3/l	A	B	C	D	pHs	ISL	Interpretación
18	P18_NN_9	NN-42	8,07	10	45	18	14,6	18	0,00	2,29	1,25	1,26	9,09	-1,02	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
19	P19_NN_10	NN-7	8,37	176	55	22	15,5	17	0,12	2,27	1,33	1,23	9,13	-0,76	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo
20	P20_NN_11	NN-4	8,14	10	132	52,8	17,9	62	0,00	2,23	1,72	1,79	8,01	0,13	El pH real del agua es superior al de saturación. El agua tiene carácter incrustante
95-PV	VERTIMIENTO UF2	Rio Pamplonita	7,91	79	38	15,2	14,2	52	0,09	2,30	1,17	1,72	8,80	-0,89	El pH real del agua es inferior al de saturación. El agua tiene carácter corrosivo

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017). (Aecom-Concol, 2018)

- Capacidad de Buffer o tampón

El índice Buffer está definido como el número de moles de ácido o base requeridos para producir un cambio de pH dado por las variaciones naturales, esta capacidad en las aguas naturales se debe en gran medida a las sales ácido carbónico. La capacidad buffer se encuentra dada por la siguiente ecuación:

$$\beta = 2,303 \left[ \frac{K_w}{[H^+]} + [H^+] + \frac{C K_{A1} [H^+]}{(K_{A1} + [H^+])^2} + \frac{C K_{A2} [H^+]}{(K_{A2} + [H^+])^2} \right]$$

Dónde:

B = Índice de Capacidad Buffer

$K_w$  = Constante de Ionización del Agua ( $10^{-14}$ )

$H^+$  = Concentración de Ión Hidrógeno

C = Concentración de Alcalinidad (Molar)

$K_A$  = Constantes de Ionización del ácido carbónico,  $K_{A1} = 4,3 * 10^{-7}$  y  $K_{A2} = 4,7 * 10^{-11}$

En la Tabla 5.72 se presentan los resultados obtenidos para el cálculo de la capacidad Buffer. La interpretación de esta característica debe hacerse a partir del concepto de capacidad Buffer, en este contexto a mayor capacidad buffer mayor es la resistencia del cuerpo de agua a cambios en su pH ante el vertimiento de un ácido o una base, de esta forma se identificó que el punto 17 y punto 95-PV (río Pamplonita) presentan la mayor capacidad buffer.

**Tabla 5.72 Capacidad buffer en cuerpos de agua superficial analizados**

Corriente hídrica	1	2	3	4	5	6	7	9	10
Capacidad Buffer (meq-g / Unidades de pH)	0,006	0,005	0,002	0,001	0,002	0,002	0,005	0,001	0,002

Corriente hídrica	11	13	14	15	17	18	19	20	95-PV
Capacidad Buffer (meq-g / Unidades de pH)	0,001	0,001	0,002	0,002	0,011	0,002	0,004	0,005	0,001

Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2018)

- Índice de calidad de aguas superficiales – ICA

El Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) es tomado del INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, (IDEAM, 2010) el cual corresponde a un valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t (Tabla 5.74).

La fórmula de cálculo del indicador es:



$$ICA_{njt} = \left( \sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

Dónde:

$ICA_{njt}$  Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

$W_i$  Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

$I_{ikjt}$  Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t; n es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

A continuación se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador para los casos en los que se emplea 6 variables, la unidad de medida en la que se registra cada uno de ellos y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo.

**Tabla 5.73 Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas**

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto OD:	% Saturación	0,17
Sólidos suspendidos totales SST	mg/l	0,17
Demanda química de oxígeno DQO.	Mg/l	0,17
Conductividad eléctrica C.E.	µs/cm	0,17
pH	Unidades de pH	0,15
NT/NP	-	0,17

Fuente: IDEAM. 2014.

Para cada una de las variables se construye una “relación funcional” o “curva funcional” (ecuación) en la que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico, mientras que los distintos niveles (o intensidades) de cada variable se disponen en las abscisas, trazando en cada grafico una curva que represente la variación de la calidad del agua respecto a la magnitud de cada contaminante.

Para los resultados obtenidos a partir de la definición de este índice se debe tener en cuenta que evalúa la calidad de un cuerpo de agua superficial en un tiempo determinado en términos de bienestar humano, independientemente del uso.

Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado un Color como señal de alerta. En la Tabla 5.74 se registra la relación entre valores y calificación:

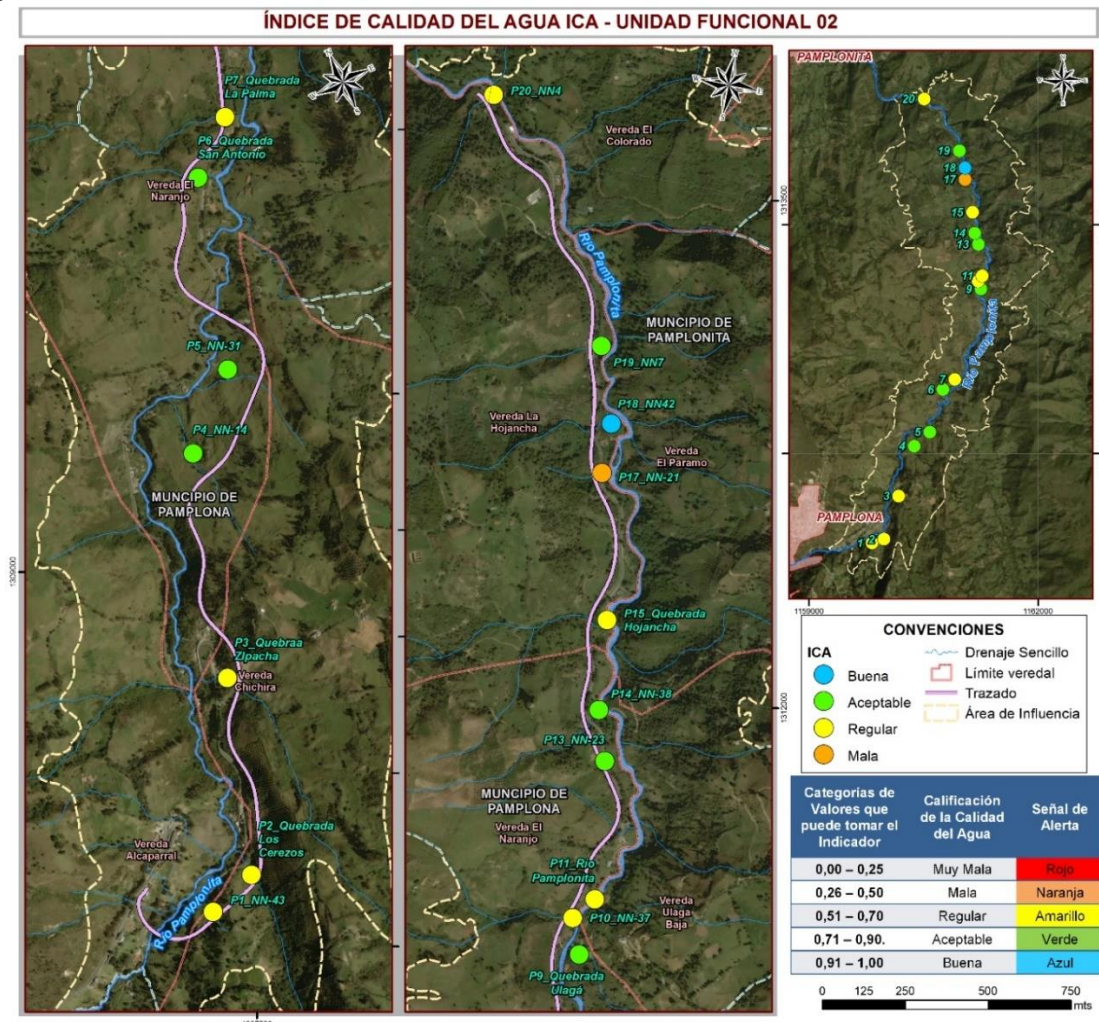
**Tabla 5.74 Calificación de la Calidad del Agua según los valores que tome el ICA**

Categorías de Valores que puede tomar el Indicador	Calificación de la Calidad del Agua	Señal de Alerta
0,00 – 0,25	Muy Mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90.	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. *Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00)*. Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia – Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 p.

De acuerdo con lo anterior y las concentraciones obtenidas en el monitoreo realizado, se calculó el Índice de calidad del agua para las fuentes hídricas que serán interceptadas por el proyecto, tal como se presenta en la Tabla 5.75. La representación gráfica de los resultados de índice de calidad de agua se observa en la Figura 5.65.

**Figura 5.65 Resultados – Índice de Calidad del Agua**



Fuente: (Aecom-Concol, 2017)

**Tabla 5.75 Resultados – índice de calidad del agua**

ID del punto monitoreado	Nombre del punto de monitoreo	Nombre de la corriente	Sólidos Suspendidos totales	DQO	Oxígeno%	Cond. Eléctrica	pH	Nitrógeno Total / Fósforo	Subíndices						ICA	Clasificación
									SST	DQO	%SAT . O2	C.E	pH	N/P		
1	P1_Fuente hídrica nueva_1	NN-43	21	9,99	76,8	408	8,22	25,7	0,96	0,91	1,77	-0,73	0,74	0,15	<b>0,6</b>	Regular
2	P2_Quebrada los cerezos	Quebrada Los Cerezos	11	9,99	94,8	477	8,38	29,7	0,99	0,91	1,80	-1,13	0,87	0,15	<b>0,6</b>	Regular
3	P3_Quebraa Zipachá	Quebrada Zipachá	48	9,99	100,8	202	8,11	27,9	0,88	0,91	0,99	0,33	0,66	0,15	<b>0,7</b>	Regular
4	P4_NN_1	NN-14	12	14	95,3	142	8,09	27,1	0,98	0,91	1,95	0,58	0,65	0,15	<b>0,9</b>	Aceptable
5	P5_Fuente hídrica nueva_2	NN-31	31	22	84,6	172	7,76	23,8	0,93	0,71	1,85	0,46	1	0,15	<b>0,8</b>	Aceptable
6	P6_Quebrada San Antonio	Quebrada San Antonio	48	10	101,7	141	7,29	32,8	0,88	0,91	0,98	0,58	1	0,15	<b>0,7</b>	Aceptable
7	P7_Quebrada La Palma	Quebrada La Palma	32	19	102,4	281	8,1	36,5	0,92	0,91	0,98	-0,05	0,66	0,15	<b>0,6</b>	Regular
9	P9_Quebrada Ulagá	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)	5	20	104,8	118	7,93	15,8	1,01	0,91	0,95	0,67	1	0,8	<b>0,9</b>	Aceptable
10	P10_Quebrada NN_3	NN-37	13	52	103,8	216	7,88	21,1	0,98	0,26	0,96	0,26	1	0,15	<b>0,6</b>	Regular
11	P11_Río Pamplonita	Río Pamplonita	13	112	105,4	264	7,87	5,8	0,98	0,125	0,95	0,03	1	0,35	<b>0,6</b>	Regular
13	P13_NN_5	NN-23	34	50	99,9	93	8,13	21,1	0,92	0,26	2,00	0,76	0,68	0,15	<b>0,8</b>	Aceptable
14	P14_NN_6	NN-38	10	36	89,4	264	7,89	11,9	0,99	0,51	1,89	0,03	1	0,6	<b>0,8</b>	Aceptable
15	P15_Quebrada Hojancha	Quebrada Hojancha	10	33	104,9	273	7,88	31,7	0,99	0,51	0,95	-0,01	1	0,15	<b>0,6</b>	Regular
17	P17_NN_8	NN-21	4,99	39	101	622	8,25	7,3	1,01	0,51	0,99	-2,05	0,76	0,35	<b>0,3</b>	Mala
18	P18_NN_9	NN-42	10	11	88,4	129	8,07	17,3	0,99	0,91	1,88	0,63	0,64	0,8	<b>1,0</b>	Buena
19	P19_NN_10	NN-7	176	57	93,9	171	8,37	7,9	0,49	0,26	1,94	0,46	0,86	0,35	<b>0,7</b>	Aceptable
20	P20_NN_11	NN-4	10	55	83,8	364	8,14	12,7	0,99	0,26	1,84	-0,49	0,68	0,6	<b>0,6</b>	Regular
95-PV	VERTIMIENTO UF2	Río Pamplonita	79	143	93,1	251	7,91	4,828	0,78	0,125	1,93	0,10	1	0,15	<b>0,67</b>	Regular

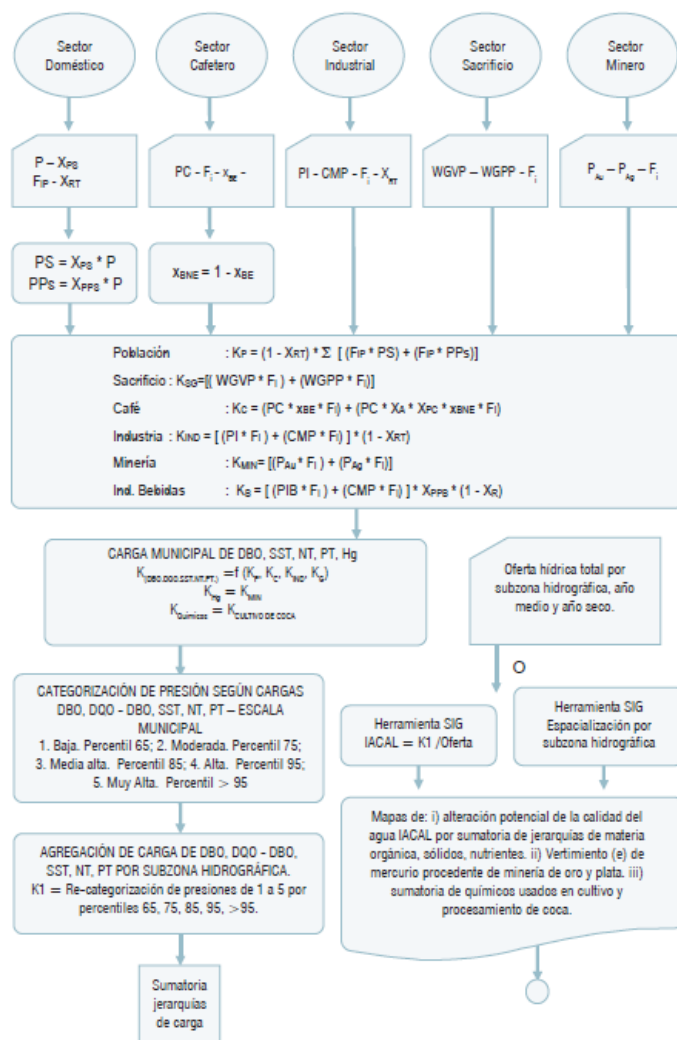
Fuente: (Aecom-Concol, 2018)

- Índice de Alteración de la calidad del agua (IACAL)

El Indicador de Alteración Potencial de la Calidad de Agua (IACAL) da cuenta de la presión de los contaminantes vertidos a los sistemas hídricos superficiales (materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes) que afectan las condiciones de calidad del agua (IDEAM, 2010)

El cálculo del IACAL involucra las siguientes variables: Demanda química de oxígeno – DQO, demanda bioquímica de oxígeno – DBO, sólidos suspendidos totales – SST, nitrógeno total- NT, fosforo total – PT y la oferta hídrica. Este componente de oferta representa en forma general una señal de la capacidad de dilución de los sistemas hídricos (subzonas) en condiciones hidrológicas específicas (secas y medias). En la Tabla 5.76, se presentan las categorías y rangos del IACAL.

**Figura 5.66 Esquema para obtener las estimaciones de las cargas contaminantes**



P: Población municipal (número de personas)<sup>10</sup>  
XPS: Fracción de la población conectada al alcantarillado  
PS: Población conectada al alcantarillado (Nro. Personas)  
PPS: Población conectada a pozo séptico (Nro. Personas)  
FiP: Factor de emisión de DBO5 por persona, según si está conectada al alcantarillado o a pozo séptico (18,1 y 6,9 kg/persona-año, respectivamente)  
XRT: Fracción de remoción de materia orgánica, sólidos y nutrientes dependiendo del tipo de tratamiento de agua residual municipal  
PC: Producción municipal de café como número de sacos de 60 kg de café pergamino seco  
XBE: Fracción de beneficio ecológico nacional de café  
XBNE: Fracción de beneficio no ecológico nacional de café  
PI: Producción industrial como volumen (cantidad) de producción para 43 actividades económicas de interés  
CMP: Consumo de materias primas para una industria determinada  
XRT: Fracción de remoción de vertimientos según tecnología prototipo de cada subsector  
Fi: Factor de emisión para una unidad productiva específica en kg DBO5, DQO, SST, NT y PT/ton producto final o materia prima consumida  
WGVP: Tonelada de animal (vacuno) en pie  
WGPP: Tonelada de animal (porcino) en pie  
KP: Carga de DBO5 proveniente de la población en ton/año  
KC: Carga de DBO5 proveniente del beneficio del café en ton/año  
KIND: Carga de DBO5 proveniente de la industria (actividades de interés) en ton/año  
KsG: Carga de DBO5 proveniente del sacrificio de ganado en ton/año  
KMIN: Carga de mercurio vertida al agua proveniente del beneficio del oro y de la plata en ton/año  
K: Carga municipal de DBO5 en ton/año  
Kquimicos: Carga de químicos usados en la transformación de coca en toneladas y miles de litros /año

Fuente: (IDEAM, 2013)



**Tabla 5.76 Categorías y Rangos del IACAL**

Categoría	Rangos (Carga en toneladas – año / Millones de metros 213úbicos)				
	DBO	DQO – DBO	SST	NT	PT
Muy Baja	< 0,13	< 0,13	< 0,3	< 0,02	< 0,004
Baja	0,14 a 0,39	0,14 a 0,35	0,40 a 0,70	0,03 a 0,05	0,005 a 0,0013
Media	0,40 a 1,20	0,36 a 1,16	0,80 a 1,80	0,06 a 0,13	0,014 a 0,035
Alta	1,20 a 4,85	1,17 a 6,77	1,90 a 7,60	0,14 a 0,55	0,0036 a 0,134
Muy Alta	> 4,86pH	> 6,78	> 7,70	> 0,56	> 0,135

Fuente: IDEAM. Estudio Nacional del Agua. 2014.

La información que se registra a continuación corresponde a los resultados que CORPONOR presentó en el *Tomo III Caracterización y Diagnóstico del Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita en el departamento Norte de Santander en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR convenio 0036 de 2011* y a los valores obtenidos por el IDEAM para el Estudio Nacional del Agua correspondiente a los años 2010 y 2014. Las estimaciones del indicador y el análisis de resultados para cada una de las subzona hidrográficas fue desarrollado en el capítulo 6 – Calidad de Agua del Estudio Nacional del Agua 2014, y los resultados para la subzona hidrográfica que corresponde al área de influencia del presente estudio se muestra en Tabla 5.77.

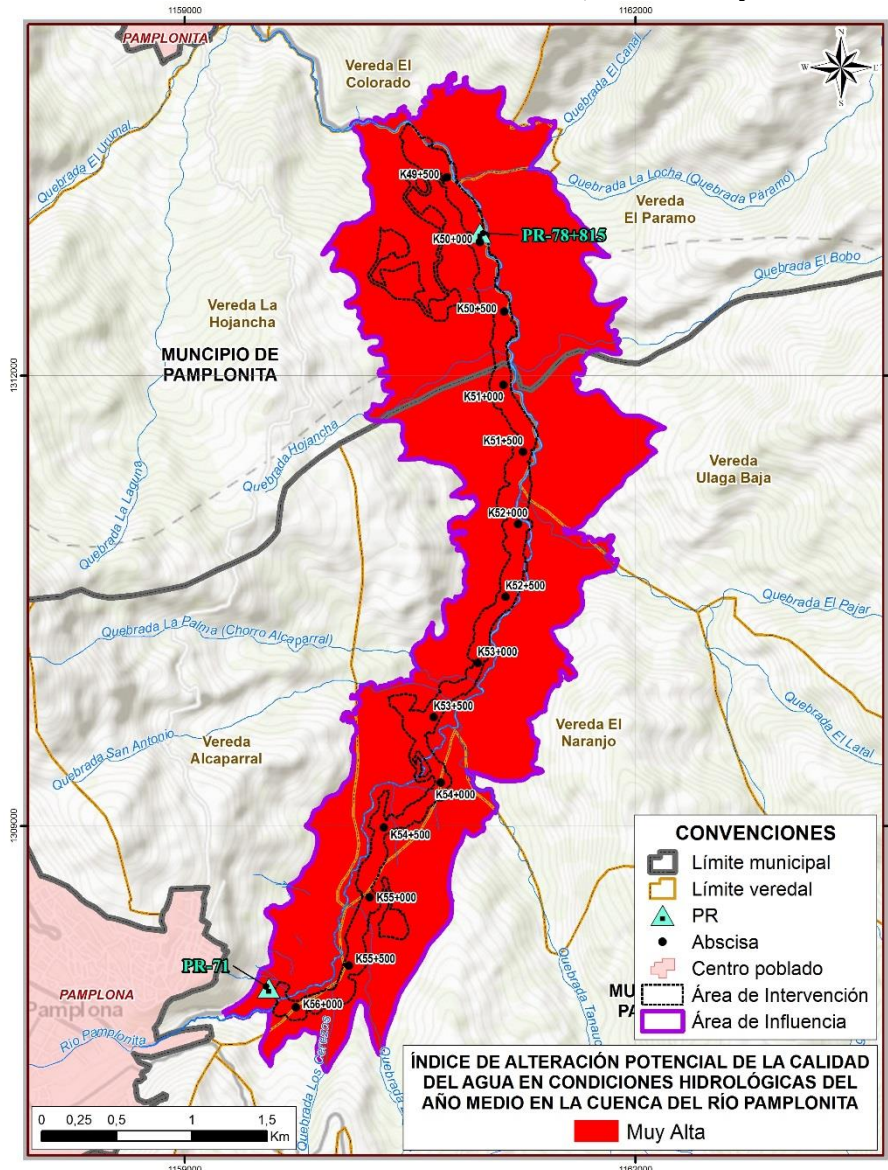
**Tabla 5.77 Índice de Calidad del Agua en los cuerpos de agua monitoreados**

No	Nombre punto de monitoreo	Nombre de la corriente	Subzona Hidrográfica	IACAL Año Medio		IACAL Año Seco	
				Valor	Categoría	Valor	Categoría
1	P1_Fuente hídrica nueva_1	NN-43	Catatumbo	5,0	Muy Alta	5,0	Muy Alto
2	P2_Quebrada los cerezos	Quebrada Los Cerezos					
3	P3_Quebraa Zipachá	Quebrada Zipachá					
4	P4_NN_1	NN-14					
5	P5_Fuente hídrica nueva_2	NN-31					
6	P6_Quebrada San Antonio	Quebrada San Antonio					
7	P7_Quebrada La Palma	Quebrada La Palma					
9	P9_Quebrada Ulagá	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)					
10	P10_Quebrada NN_3	NN-37					
11	P11_Río Pamplonita	Río Pamplonita					
13	P13_NN_5	NN-23					
14	P14_NN_6	NN-38					
15	P15_Quebrada Hojancha	Quebrada Hojancha					
17	P17_NN_8	NN-21					
18	P18_NN_9	NN-42					
19	P19_NN_10	NN-7					
20	P20_NN_11	NN-4					
95	VERTIMIENTO UF2	Río Pamplonita					

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Estudio Nacional del Agua. 2014. Anexo 2. Indicadores por Subzona Hidrográfica.

Sin embargo los análisis realizados por CORPONOR y presentados en el *Tomo III* del documento de *Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita* (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014), las subcuencas/tramos 6 y 714, registran Índice de alteración potencial de la calidad del agua Muy Alto tanto para Año Medio como para Año Seco, tal como se presenta

**Figura 5.67 Ubicación cartográfica del IACAL para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2, año medio y año seco**



Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)

- Índices de contaminación

14 Las áreas de influencia e intervención de la UF2 se ubican de manera parcial en las subcuencas o tramos 6 y 7 de la cuenca del río Pamplonita.

Los índices de contaminación (ICO's) permiten evaluar cuantitativamente el impacto que sobre un cuerpo de agua produce una carga contaminante, empleando un código de Colores para indicar el Rango de los ICO's calculados en cada punto de muestreo, tal como se presenta en

**Tabla 5.78 Clasificación de índices de contaminación**

ICOMI, ICOSUS, ICOMO, ICOPH		ICOTRO	
ÍNDICE	CONTAMINACIÓN	CONCENTRACIÓN*	CONTAMINACIÓN
0 - 0.2	Muy Baja	<0.01	Oligotrofía
> 0.2 - 0.4	Baja	0.01 - 0.02	Mesotrofía
> 0.4 - 0.6	Media	0.02 - 1.00	Eutrofía
> 0.6 - 0.8	Alta	> 1.00	Hipereutrofía
> 0.8 - 1	Muy Alta	*Concentración de fósforo Total en mg/l	

Fuente: Limnología Colombiana, Ramírez y Viña 1998.

Los índices que se calcularon de acuerdo con los resultados de calidad del agua presentados anteriormente son: ICOMI, ICOSUS, ICOMO, ICOTRO e ICOPH.

▪ Índice de contaminación por mineralización – ICOMI

Agrupar la conductividad que expresa contenido de sólidos disueltos en la corriente del cuerpo de agua, dureza que se basa en la concentración de cationes de calcio y magnesio y alcalinidad que se expresa a través del contenido de los aniones de carbono y bicarbonato. Este índice (ICOMI) se define en un rango de 0 a 1 en el cual los valores cercanos a cero indican baja contaminación por mineralización, por el contrario los valores cercanos a uno indican una alta contaminación por mineralización. se Calcula por medio de la siguiente expresión:

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{conductividad} + I_{dureza} + I_{alcalinidad})$$

Donde

$I_{conductividad}$ : se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$\text{Log}_{10} I_{conductividad} = -3,26 + 1,34 \text{Log}_{10} \text{Conductividad } (\mu\text{S/cm})$$

$$I_{conductividad} = 10^{\text{Log. I. Conductividad}}$$

Conductividades mayores a 270  $\mu\text{S/cm}$  tiene un índice de conductividad =1

$I_{dureza}$ : se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$\text{Log}_{10} I_{dureza} = -9,09 + 4,40 \text{Log}_{10} \text{dureza } (\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$$

$$I_{dureza} = 10^{\text{Log. I. Dureza}}$$

Durezas mayores a 110  $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  tienen  $I_{dureza} = 1$

Durezas menores a 30  $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  tienen  $I_{dureza} = 0$



Alcalinidad: se obtiene a partir de la siguiente expresión

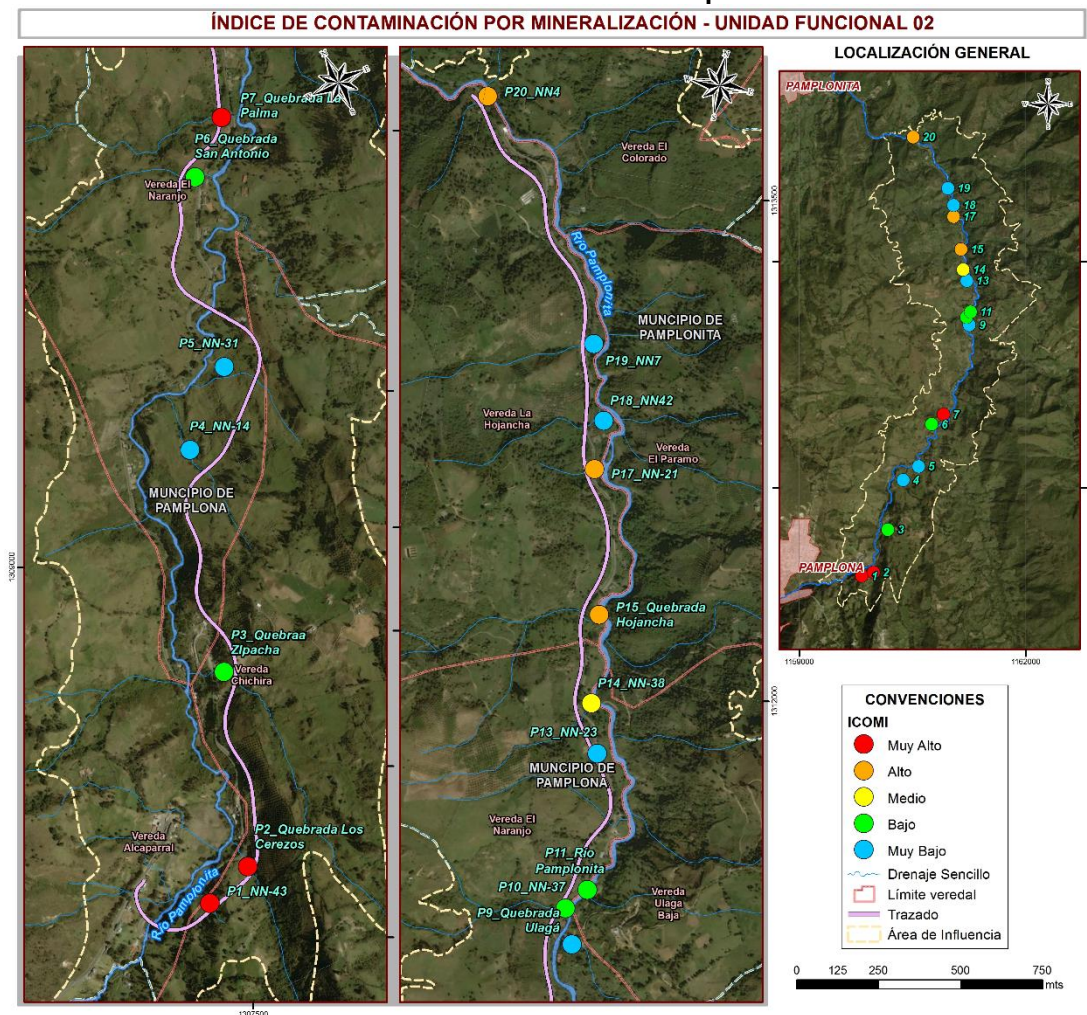
$$I_{\text{alcalinidad}} = -0,25 + 0,005 \text{ alcalinidad (g} \cdot \text{m}^{-3})$$

Alcalinidades mayores a  $250 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  tiene  $I_{\text{alcalinidad}} = 1$

Alcalinidades menores a  $50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  tiene  $I_{\text{alcalinidad}} = 0$

De acuerdo con lo anterior, se obtuvo que las quebradas NN-43, Quebrada los cerezos y Quebrada La Palma presentaron condiciones de contaminación por mineralización, mientras que las quebradas NN-14, NN-31, Quebrada Ulagá, NN-23, NN-42 y NN-7 registraron condiciones de muy Baja contaminación por minerales. Lo anterior se ilustra en la Figura 5.68.

**Figura 5.68 Clasificación ICOMI – Índice de contaminación por mineralización.**



Fuente: (Aecom-Concol, 2017).

- Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS



Este índice de contaminación expresa la calidad del agua de acuerdo a la contaminación por sólidos suspendidos. Se determina mediante la concentración de sólidos suspendidos y se Calcula por medio de la siguiente expresión:

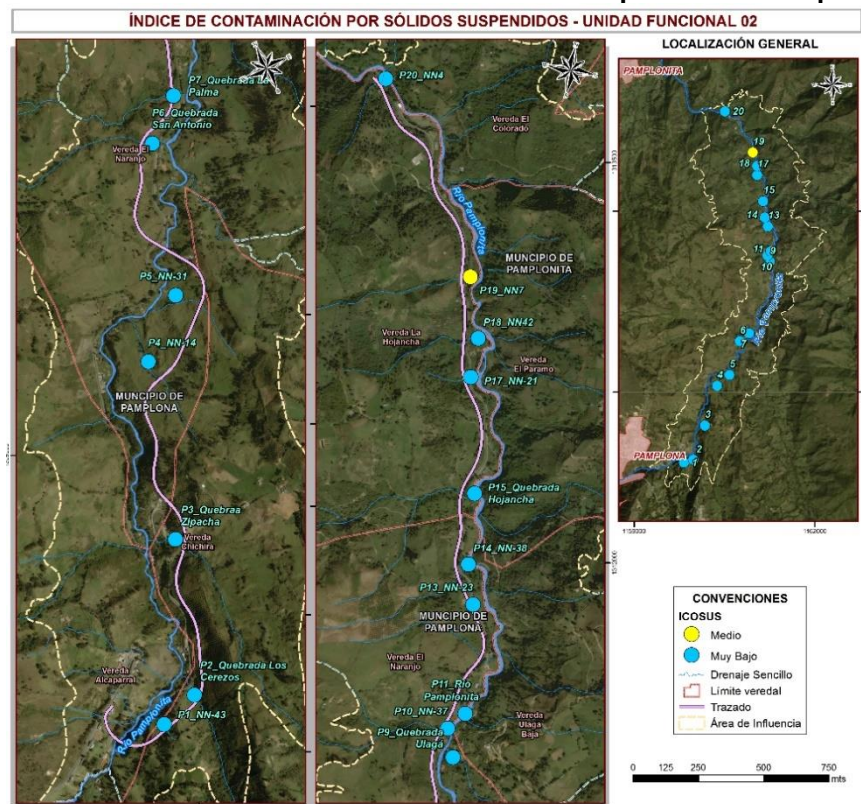
$$\text{ICOSUS} = -0.02 + 0.003 \text{ Sólidos Suspendidos (mg/l)}$$

Cuando los Sólidos Suspendidos son mayores a 340 mg/l tienen ICOSUS de 1, mientras que los sólidos suspendidos con valores menores o iguales de 10 mg/l tienen ICOSUS de 0 y se aplica la expresión antes mencionada.

Los indicadores ICOSUS e ICOMI se encuentran entre 0 a 1, en la medida en que los valores se aproximen a la unidad se presentan problemas de contaminación por sólidos suspendidos o por mineralización, según el caso.

De acuerdo con las concentraciones de sólidos suspendidos registrados en los 17 puntos de monitoreo a lo largo del tramo de estudio, se obtuvo tan sólo el punto P19\_NN\_10 presentó un índice de contaminación medio y el punto 95-PV un índice bajo, el restante de puntos analizados se ubicó en la clasificación Muy Baja, tal como se puede observar en la Figura 5.69.

**Figura 5.69 Clasificación ICOSUS – Índice de contaminación por sólidos suspendidos**



Fuente: (Aecom-Concol, 2017).

- Índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO

Se expresa en variables que incluyen Demanda biológica (DBO) Coliformes Totales y

Oxígeno Disuelto debido a que reflejan fuentes diferentes de contaminación orgánica; igualmente se seleccionó el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del ecosistema ante este tipo de polución. Al igual que el ICOMI este índice es el promedio de cada una de las variables elegidas.

$$\text{ICOMO} = \frac{1}{3} (\text{IDBO} + \text{ICOLIFORMESTOTALES} + \text{IOXIGENO}\%)$$

Dónde:

$$\text{IDBO} = -0.05 + 0.70 \log_{10} [\text{DBO}(\text{g/m}^3)]$$

$$\text{DBO} > 30 (\text{mg/l}) = 1$$

$$\text{DBO} < 2 (\text{mg/l}) = 0$$

$$\text{ICOLTOL} = -1.44 + 0.56 \log_{10} [\text{ColTol (NMP)}]$$

$$\text{Coliformes Totales} > 20000 = 1$$

$$\text{Coliformes Totales} < 500 = 0$$

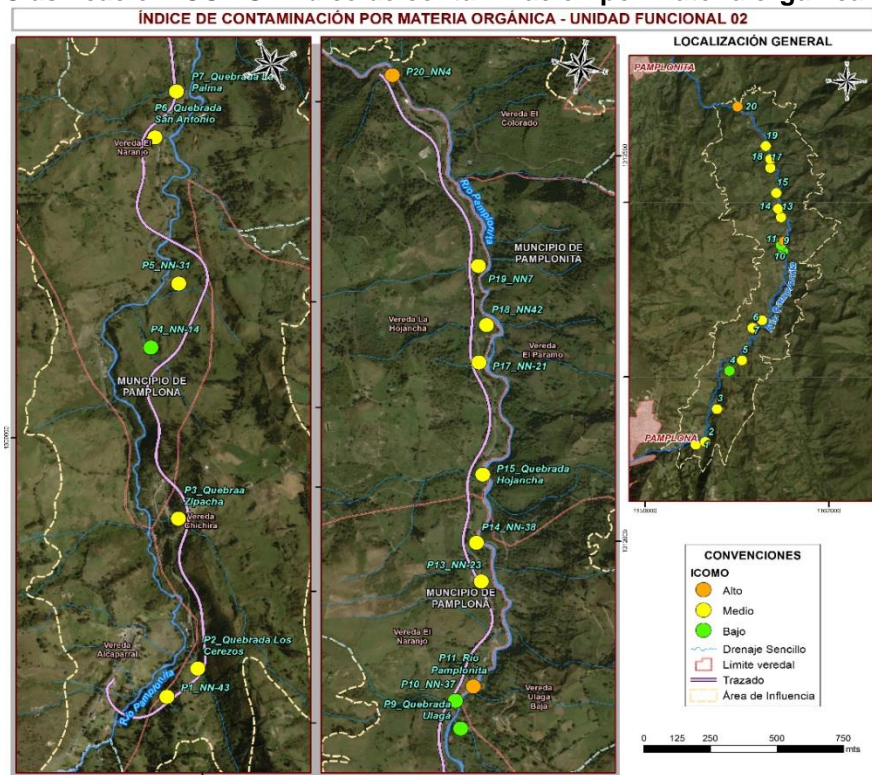
$$\text{Oxígeno}\% = 1 - 0.01 \text{Oxígeno } (\%)$$

$$\text{Oxígenos } (\%) \text{ mayores a } 100\% = 0$$

Teniendo en cuenta las concentraciones de DBO, Coliformes Totales y %Oxígeno se obtuvo la clasificación que se presenta en la

Figura 5.70, la cual indica que las corrientes NN-4 y Río Pamplonita (ambos puntos de monitoreo) se clasificaron con un índice Alto de contaminación por materia orgánica; mientras que las corrientes NN-43, Quebrada Los Cerezos, Quebrada Zipachá, NN-31, Quebrada San Antonio, Quebrada La Palma, NN-23, NN-38, Quebrada Hojanca, NN-21, NN-42 y NN-7 se clasificaron en índice Medio de contaminación (Ver Figura 5.70).

**Figura 5.70 Clasificación ICOMO- Índice de contaminación por materia orgánica**



Fuente: (Aecom-Concol, 2017).

- Índice de contaminación por Tráfico – ICOTRO

El Índice de contaminación por tráfico – ICOTRO se determina a partir de la concentración del fósforo total al cual se le otorga una calificación cualitativa que se puede observar en la Tabla 5.79.

Teniendo en cuenta las concentraciones de fósforo registradas en el área de estudio, se obtuvo la clasificación que se presenta en la Tabla 5.79, la cual indica que la única fuente hídrica que presentó contaminación por fósforo Total en nivel de hipereutrofia fue el río Pamplonita en ambos puntos de muestreo, mientras que los puntos restantes tuvieron una clasificación de Eutrofia.

**Tabla 5.79 Clasificación ICOTRO**

No.	Nombre del punto de monitoreo	Nombre de la corriente	Fósforo Total	ICOTRO
1	P1_Fuente hídrica nueva_1	NN-43	0,074	Eutrofia
2	P2_Quebrada los cerezos	Quebrada Los Cerezos	0,064	Eutrofia
3	P3_Quebraa Zipachá	Quebrada Zipachá	0,068	Eutrofia
4	P4_NN_1	NN-14	0,07	Eutrofia
5	P5_Fuente hídrica nueva_2	NN-31	0,08	Eutrofia

No.	Nombre del punto de monitoreo	Nombre de la corriente	Fósforo Total	ICOTRO
6	P6_Quebrada San Antonio	Quebrada San Antonio	0,058	Eutrofia
7	P7_Quebrada La Palma	Quebrada La Palma	0,052	Eutrofia
9	P9_Quebrada Ulagá	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)	0,12	Eutrofia
10	P10_Quebrada NN_3	NN-37	0,09	Eutrofia
11	P11_Río Pamplonita	Río Pamplonita	1,04	Hipereutrofia
13	P13_NN_5	NN-23	0,09	Eutrofia
14	P14_NN_6	NN-38	0,16	Eutrofia
15	P15_Quebrada Hojancha	Quebrada Hojancha	0,06	Eutrofia
17	P17_NN_8	NN-21	0,26	Eutrofia
18	P18_NN_9	NN-42	0,11	Eutrofia
19	P19_NN_10	NN-7	0,24	Eutrofia
20	P20_NN_11	NN-4	0,15	Eutrofia
95-PV	VERTIMIENTO UF2	Río Pamplonita	2.9	Hipereutrofia

Fuente: (Aecom-Concol, 2018).

- Índice de contaminación por pH – ICOPH

Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO<sub>2</sub> disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo.

$$ICOpH = \frac{e^{-31,08+3,45 pH}}{1 + e^{-31,08+3,45 pH}}$$

Dónde:

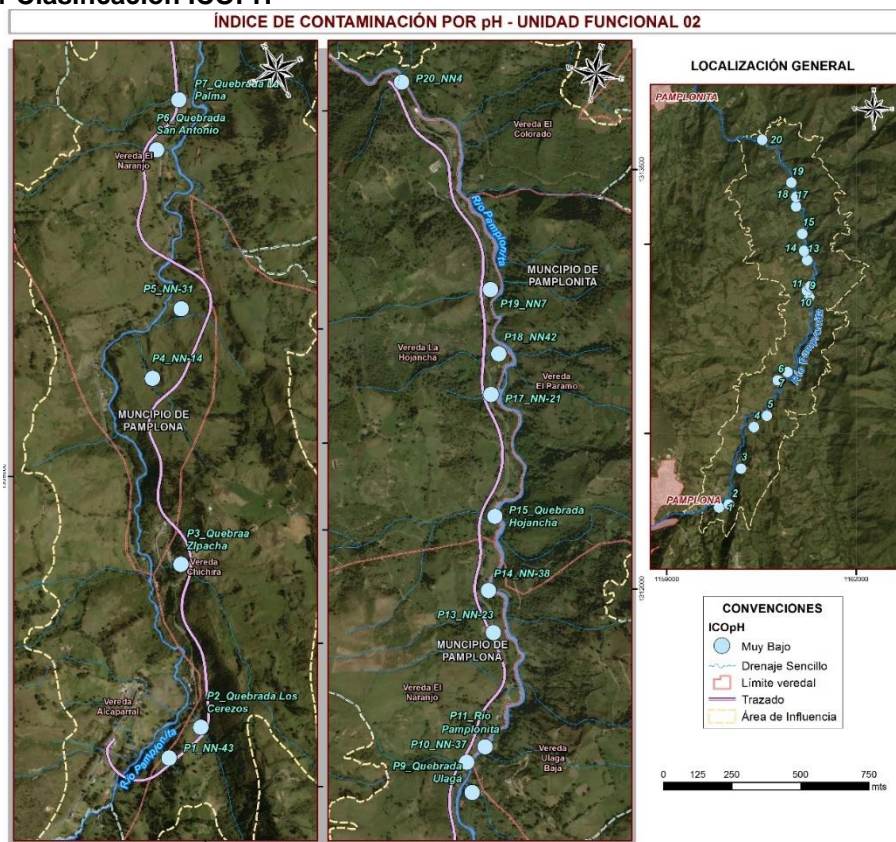
pH menores a 7 unidades:

pH=14-pH

De acuerdo con los niveles de pH registrados en el tramo de estudio, no se presentó contaminación por pH, tal como se muestra en la Figura 5.71.



**Figura 5.71 Clasificación ICOPH**



Fuente: (Aecom-Concol, 2017).

## 5.1.7 Usos del agua

El agua es un recurso importante para el desarrollo de cualquier actividad humana, pues gran parte de las actividades antrópicas requieren del recurso hídrico ya sea como materia prima o como fuente receptora de agentes residuales, la calidad del éste recurso, en diferentes partes de las geografía nacional se encuentra afectada por la alta sedimentación, contaminación por extracción de material, desarrollo de actividades agropecuarias y vertimiento de residuos sólidos y líquidos a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento.

Con el fin de cumplir con los establecido en los términos de referencia M-M-INA-02 versión No. 2 adoptados mediante Resolución 0751 de 2015, a continuación se presenta la caracterización de usos del agua, la cual se realizó tanto para las fuentes hídricas superficiales que serán interceptadas y/o para las cuales se solicitará permiso de capación y/o vertimiento requeridos para la construcción de la *Doble calzada Pamplona-Cúcuta, UF2 Sector Pamplona-Pamplonita*.

### 5.1.7.1 Usos Actuales y Proyectos

La identificación de los Usos actuales y proyectados de los cuerpos de agua que serán interceptados por el proyecto se llevó a cabo mediante el análisis de la información

registrada en el *Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita en el departamento Norte de Santander en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR convenio 0036 de 2011* y los actos administrativos emitidos por COPONOR en los cuales se establecen los objetivos de calidad y las metas de reducción de carga contaminante para cuerpos receptores en los municipios de Norte de Santander; adicionalmente se realizaron recorridos en campo y entrevistas a los habitantes que se ubicaban cerca de las fuentes hídricas.

De acuerdo con lo anterior, el primer documento de análisis para determinar los usos del agua correspondió a la Resolución 0097 de 10 de abril de 2007 en la cual se establecieron los Objetivos de Calidad para la cuenca hidrográfica del río Pamplonita para el quinquenio 2007-2011, se definieron los tramos de estudio y los usos del agua actuales, así:

**Tabla 5.80 Clasificación de Usos del agua para los tramos 6 y 7 de la cuenca Río Pamplonita, que hacen parte de la UF2**

Usos de los recursos hídricos	Tramo 6 <sup>1</sup>		Tramo 7 <sup>1</sup>	
	Real	Potencial	Real	Potencial
1. Consumo Humano y doméstico	No	No	No	No
2. Contacto Primario	No	No	No	No
3. Contacto Secundario	No	No	No	No
4. Transporte fluvial	No	No	No	No
5. Recreativo y turismo	No	No	No	No
6. Preservación y reproducción de flora y fauna	No	Si	Si	Si
7. Pesca artesanal, deportiva e industrial	No	No	No	No
8. Riego	No	No	No	Si
9. Industrial	No	No	No	No
10. Estético	Si	Si	Si	Si
11. Transporte de aguas residuales y asimilación	Si	No	Si	Si
12. Aprovechamiento de material de arrastre	No	No	Si	Si

<sup>1</sup> La división de tramos corresponde a lo establecido en la resolución 0097 de 2007, que para el caso del AI de la UF2, corresponde a los tramos 6 (desde el punto denominado curva de los adioses hasta el puente de Ulagá) y tramo 7 (desde el puente de Ulagá hasta antes de la afluencia de la quebrada Bataga).

Fuente: Resolución 0097 de 2007, CORPONOR

Teniendo en cuenta lo anterior, los usos reales del agua en la cuenca del río pamplonita corresponden a: Estético, Preservación y reproducción de flora y fauna y Transporte de aguas residuales y asimilación, mientras que los usos potenciales están relacionados con: Preservación y reproducción de flora y fauna, Estético, Aprovechamiento de material de arrastre y Transporte de aguas residuales y asimilación

Luego, la Resolución 0118 del 27 de abril de 2007 corrigió el artículo 1 de la Resolución 0097 del 10 de abril de 2007 y estableció los Objetivos de Calidad para cada uno de los cuerpos de agua pertenecientes a la cuenca del río Pamplonita para el quinquenio 2007-2011, tal como se presenta en la Tabla 5.81. Posteriormente la Resolución 1284 de 2011 prorroga la vigencia de la resolución No. 0118 de 2007 hasta tanto el ministerio<sup>15</sup> defina los criterios de calidad del recurso hídrico y la Corporación establezca nuevos objetivos de calidad (Ver anexo 5.1.2 Hidrología, carpeta C Usos del agua).

<sup>15</sup>En esa época correspondía al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MADT), hoy Ministerio de Ambiente de Desarrollo Sostenible (MADS).

**Tabla 5.81 Objetivos de calidad, parámetros físico-químicos y microbiológicos**

Municipio	Tramo	Uso	Parámetro	Unidad	Actual	Nivel técnico o normativo	deseado	Objetivo de calidad
Pamplona	6	Paisajismo urbano y asimilación	OD	mg/l	4,42	≥2	≥4	≥4
			pH	Unidades	8,23	5 a 9	5 ≤ pH ≤ 9	5 ≤ pH ≤ 9
			Temperatura	°C	14,79	T ambiente ± 23 °C	T ambiente ± 23 °C	T ambiente ± 23 °C
			DBO5	mg/l	39	0-25	DBO5≤15	DBO5≤15
			SST	mg/l	62,9	≤10	0≤SST≤10	0≤SST≤10
			Coliformes fecales	NMP/100ml	1,12E+06	≤2000	≤2000	≤2000
			Coliformes Totales	NMP/100ml	4,63E+06	≤20000	≤20000	≤20000
			Sólidos flotantes	mg/l	Presentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
			Grasas y Aceites	mg/l	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
			Hidrocarburos	mg/l	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
			Sedimentos	mg/l	Presentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
			Olores Ofensivos		Presentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Pamplonita	7	Usos agrícola y pecuario	OD	mg/l	5,09	≥5	≥5	≥5
			pH	Unidades	7,75	4,5 A 9	4,5≤PH≤9	4,5≤PH≤9
			Temperatura.	°C	14,94	T ambiente ± 2 3°C	T ambiente ± 2 3°C	T ambiente ± 2 3°C
			DBO5	mg/l	14,25	≤5,0	≤5,0	≤5,0
			SST	mg/l	23	≤20	0≤SST≤20	0≤SST≤20
			Coliformes fecales	NMP/100ml	2,24E+04	≤1000	≤1000	≤2000
			Coliformes Totales	NMP/100ml	1,02E+05	≤5000	≤5000	≤5000
			Sustancias de interés sanitario	mg/l	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes

Fuente: Resolución 0118 de 2017, CORPONOR

En el mismo año, el *Tomo III Caracterización y Diagnóstico del Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita en el departamento Norte de Santander en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR convenio 0036 de 2011*, en la Cuadro 26 se presenta la *Demanda sectorial en la cuenca el río Pamplonita* del cual se puede inferir que los usos del agua en para los municipios de Pamplonita y Pamplona<sup>16</sup>, corresponden a: Uso Doméstico, Uso Agrícola, Usos Pecuario y Uso Industrial, los cuales representan una demanda hídrica de 10.506.043,0 m<sup>3</sup>/año para Pamplonita y 6.606.957,0 m<sup>3</sup>/año para Pamplona.

Adicionalmente, en el mismo documento se estableció que las fuentes de abastecimiento principal son las fuentes superficiales secundarias de la cuenca y en menor proporción las fuentes subterráneas. Asimismo se reporta que del total de concesiones otorgadas por la corporación representan el 24% (76 concesiones agua superficial) del total otorgado en la cuenca y se ubican en el municipio de Pamplona, mientras que un 6% (18 concesiones agua superficial) se ubican en el municipio de Pamplonita; a su vez para éstos municipios no se registran concesiones sobre aguas subterráneas.

#### **5.1.7.2 Inventario de usos y usuarios del agua**

Con el fin de determinar los usos y usuarios de las fuentes hídricas que serán interceptadas por Doble calzada Pamplona-Cúcuta, UF2 Sector Pamplona-Pamplonita, realizaron recorridos en campo y entrevistas a los habitantes ubicados en cercanías a éstas, durante los días 2, 3 y 4 de noviembre de 2017 y se estableció que los usos corresponden a: Uso doméstico, agrícola, pecuario y Transporte de aguas residuales y asimilación.

En la Tabla 5.82 se presenta el inventario general de usos y usuarios identificados en campo, y en los numerales siguientes se hace descripción de los mismos.

---

<sup>16</sup>Los municipio de Pamplona y Pamplonita que se ubican dentro de la cuenca del río Pamplonita, también hacen parte de manera parcial del área de influencia de la UF2, sin embargo los datos de demanda de agua que se presentan en el numeral, corresponden al total de información en los 2 municipios y no hace referencia exclusivamente a las fuentes hídricas que serán interceptadas por la construcción de la *Doble calzada Pamplona-Cúcuta, UF2 Sector Pamplona-Pamplonita*.





**Tabla 5.82 Inventario de Usos del agua**

Nombre Geográfico	Nombre local	Nombre del usuario	Ubicación del usuario			Captación ID	Vertimiento ID	Coordenadas	
			Departamento	Municipio	Vereda o corregimiento			Este	Norte
Quebrada Los Cerezos	No se identificó	Sra. Celina Torres y su familia	Norte de Santander	Pamplona	Pamplona	C-1		1159981,00	1307869,63
Quebrada La Palma (Chorro Alcaparral)	Quebrada La Palma	Sra.	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo	C-2		1160832,82	1309996,79
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Vivienda de maría Soledad Jaime Suárez	Norte de Santander	Pamplona	Pamplona		V-1	1159614,01	1307809,55
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Corresponde a grupo de usuarios ubicados en el sector conocido como "Curva los adioses"	Norte de Santander	Pamplona	Alcaparral		V-2	1159777,50	1307902,70
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Corresponde a grupo de usuarios ubicados en el sector conocido como "Curva los adioses"	Norte de Santander	Pamplona	Alcaparral		V-3	1159925,90	1307956,20
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Corresponde a grupo de usuarios ubicados en el sector conocido como "Curva los adioses"	Norte de Santander	Pamplona	Alcaparral		V-4	1159712,20	1307870,50
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	Alcaparral		V-5	1159789,68	1307890,65
Quebrada Zipachá	Quebrada Chipa	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	Chichira		V-6	1160170,70	1308452,00
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo		V-7	1160242,43	1309191,84
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo		V-8	1160311,01	1309282,00
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo		V-9	1160340,09	1309286,14
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo		V-10	1160459,90	1309277,60
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Saca finca Sr. Óscar González	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo		V-11	1161057,33	1310340,25
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo		V-12	1161217,12	1310549,27
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Finca El Galán	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo		V-13	1161215,94	1310541,52

Fuente: (Aecom-Concol, 2017)



**Tabla 5.83 Inventario de captaciones**

Nombre Geográfico	Nombre local	Nombre	Ubicación del usuario			Uso: Captación					
			Departamento	Municipio	Vereda o corregimiento	ID	Tipo	Coordenadas		Descripción:	Registro Fotográfico
								Este	Norte		
Quebrada Los Cerezos	No se identificó	Sra. Celina Torres y su familia	Norte de Santander	Pamplona	Pamplona	C-1	CD	1159981,00	1307869,63	<p>Se identificaron mangueras de 1 pulgada de diámetro, que corresponden a captaciones para consumo doméstico (riego de plantas ornamentales y uso en baterías sanitarias).</p> <p>No usa ésta fuente hídrica para consumo humano porque consideran que viene contaminada por el Relleno Sanitario Regional "La Cortada"</p> <p>De ésta fuente hídrica se sirven 3 familias (15 personas aprox.)</p>	
Quebrada La Palma (Chorro Alcaparral)	Quebrada La Palma	Sra. Lucía Benavides	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo	C-2	CH	1160832,82	1309996,79	<p>La captación se da directamente sobre la quebrada con mangueras de 3/4 de pulgada. Su uso es únicamente para consumo humano de 7 personas.</p>	
<p>ID: Identificación CH: Consumo Humano CD: Consumo Doméstico</p>											

Fuente: (Aecom-Concol, 2017)

#### **5.1.7.2.2 Vertimientos**

En cuanto a vertimientos, se identificaron doce (12) vertimientos que van directos al río Pamplonita y uno (1) sobre la quebrada Zipachá, tal como se presenta en la Tabla 5.85.

Los vertimientos son de origen doméstico provenientes de las viviendas ubicadas sobre la ronda hídrica de éstos cauces, y generadas básicamente durante las actividades de limpieza de instalaciones, baño, preparación de alimentos y lavado de utensilios; éstas aguas tienen altos contenidos de detergentes, materia orgánica microorganismos y grasas y aceites, que para el caso del río Pamplonita, se pudo corroborar con los resultados obtenidos en el monitoreo de calidad del agua realizado el 3 de diciembre de 2017 y que se analizan en el capítulo 5.1.6 Calidad del agua.

Asimismo, se reconocieron vertimientos relacionados con la actividad pecuaria correspondiente a la cría de cerdos que son destinados al autoconsumo y consumo local; también se identificaron vertimientos industriales provenientes de talleres de mantenimiento y lavados de carros, los cuales contienen altas concentraciones de grasas y aceites.

Ninguno de los vertimientos identificados cuenta con un sistema de tratamiento previo a la descarga, los tubos de conducción llegan directamente a la corriente. Se aclara que el resto de viviendas o locales comerciales ubicados cerca o sobre la ronda de las fuentes hídricas interceptadas por el proyecto, hacen sus vertimientos sobre el suelo, algunos son descargas de pozos sépticos mientras que otros con vertidos directamente.

En la Tabla 5.84 se presenta el compilado de los resultados de análisis para cada una de las corrientes hídricas que son interceptadas por la UF2 y que fueron monitoreadas. En la tabla Se resalta en color gris los datos correspondientes al río Pamplonita, lo cuales comprueban las altas concentraciones de Coliformes Fecales (24196 NMP/100ml) y Coliformes Totales (573000 NMP/100 ml), DBO5 (34 mg/l), DQO (112 mg/l) y Grasas y Aceites (6,3 mg/L)









Tabla 5.84 Resultados de parámetros físico-químicos en los puntos de monitoreo de la UF2

Parámetro	Unidades	Descripción Muestra	P1_Fuente hídrica nueva_1	P2_Quebrada los cerezos	P3_Quebrada Zipachá	P4_NN_1	P5_Fuente hídrica nueva_2	P6_Quebrada San Antonio	P7_Quebrada La Palma	P9_Quebrada Ulagá	P10_Quebrada NN_3	P11_Rio Pamplonita	P13_NN_5	P14_NN_6	P15_Quebrada Hojancha	P17_NN_8	P18_NN_9	P19_NN_10	P20_NN_11
		Nombre Corriente	NN-43	Quebrada los Cerezos	Quebrada Zipachá	NN-14	NN-31	Quebrada San Antonio	Quebrada La Palma	Quebrada Ulagá (Quebrada Torres)	NN-37	Rio Pamplonita	NN-23	NN-38	Quebrada Hojancha	NN-21	NN-42	NN-7	NN-4
		No. LCM	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	15	17	18	19	20
Conductividad eléctrica	(µs/cm)		408	477	202	142	172	141	281	118	216	264	93	264	273	622	129	171	364
Oxígeno disuelto	(mg O2/L)		6,35	7,51	8,13	7,6	6,23	8,21	8,22	8,74	8,74	8,44	8,02	7,24	8,54	7,97	7,31	7,63	6,5
pH	(Unidades)		8,22	8,38	8,11	8,09	7,76	7,29	8,1	7,93	7,88	7,87	8,13	7,89	7,88	8,25	8,07	8,37	8,14
Sólidos Sedimentables	(mL/L)		0,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,8	<0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,2	0,1
Temperatura	(°C)		14,2	13,7	14,2	14,8	19	15	14,9	13,7	15,5	15,5	15,5	15,1	15	16,5	14,6	15,5	17,9
Acidez	mg CaCO3/L	5	8	10	<5	7	6	5	8	<5	6	34	<5	6	6	10	<5	5	10
Alcalinidad total	mg/L CaCO3	4	285	300	91	27	29	95	170	24	30	43	15	24	32	106	18	17	62
Arsénico total	mg Metal/L	0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045
Bario total	mg Ba/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1
Cadmio total	mg Cd/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre total	mg Cu/L	0,015	<0,05	<0,015	<0,05	<0,015	<0,015	<0,05	<0,05	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Coliformes fecales termotolerantes	NMP/100mL	<1	563	860	441	30	41	771	504	0	10	24196	63	20	82	921	63	2755	3282
Coliformes totales	NMP/100mL	1	7940	7940	6380	1990	2850	12110	8550	200	630	573000	11780	21420	5475	65100	9340	11870	21870
Color real	UPC	6,3	7,04	8,06	20,1	33,53	24,63	19,17	24,41	9,310	22,5	94,2	40,07	24,65	14,43	8,5	17,71	26,27	13,53
Cromo total	mg Cr/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno)	mgO2/L	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	34	<10	<10	<10	<10	<10	11	<10
DQO (Demana química de oxígeno)	mgO2/L	10	<10	<10	<10	14	22	10	19	20	52	112	50	36	33	39	11	57	55
Dureza cálcica	mg CaCO3/L	5	182	242	56	32	37	58	111	45	52	46	20	72	80	92	45	55	132
Dureza total	mgCaCO3/L	5	197	243	59	39	54	64	125	46	56	50	22	99	117	103	55	56	132
Fenoles totales	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Fósforo total	mg P/L	0,02	0,074	0,064	0,068	0,07	0,08	0,058	0,052	0,12	0,09	1,04	0,09	0,16	0,06	0,26	0,11	0,24	0,15
Grasas y aceites	mg/L	0,5	2,2	1,6	1,7	1,3	0,8	3,6	1,9	1,6	0,5	6,3	1,7	0,8	1,3	1,4	2,0	2,7	2,0
Mercurio total	mg Metal/L	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Nitrógeno orgánico	mg/L	3,3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nitrógeno total kjeldhal	mg N/L	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Níquel total	mg Ni/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plata total	mg Ag/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plomo total	mg Pb/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selenio total	mg Metal/L	0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,0055
Sólidos suspendidos totales	mg/L	5	21	11	48	12	31	48	32	5	13	13	34	10	10	<5	10	176	10
Turbiedad	NTU	0,3	27,8	9,1	33,3	20,9	22,2	75	17,6	3,8	17,9	37,5	53,6	17,2	9,3	0,4	7,4	93,2	8
Cinc total	mg Zn/L	0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01[1]




Fuente: (Reportes de análisis de agua Físico-Químico- Bacteriológico. CIMA, 2017)

Tabla 5.85 Inventario de vertimientos





Nombre Geográfico	Nombre local	Ubicación del usuario				Uso: Vertimiento					
		Nombre	Departamento	Municipio	Vereda o corregimiento	ID	Tipo	Coordenadas		Descripción:	Registro Fotográfico
								Este	Norte		
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Vivienda de maría Soledad Jaime Suárez	Norte de Santander	Pamplona	Pamplona	V-1	D	1159614,02	1307809,55	Vertimientos domésticos generados por 2 habitantes de la vivienda. El vertimiento descarga en la margen derecha del río Pamplonita por medio de tubería y no cuenta con tratamiento previo. El tipo de flujo del vertimiento es esporádico ya que la mayor parte del tiempo está presenta una (1) persona). No cuenta con permiso de vertimiento.	
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Corresponde a grupo de usuarios ubicados en el sector conocido como "Curva los adioses"	Norte de Santander	Pamplona	Alcaparral	V-2	D Cm	1159777,50	1307902,70	Vertimiento de aguas residuales domésticas producidas por el caserío ubicado en la curva de los adioses de un total de 15 familias conformadas por entre 4 y 6 personas. Además de ser producto de los restaurantes ubicados en la zona.	
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Corresponde a grupo de usuarios ubicados en el sector conocido como "Curva los adioses"	Norte de Santander	Pamplona	Alcaparral	V-3	D Ind	1159925,90	1307956,20	Vertimiento de aguas residuales tanto domésticas como industriales producto de mantenimiento y lavado de carros en la curva de los adioses.	

Nombre Geográfico	Nombre local	Ubicación del usuario				Uso: Vertimiento						
		Nombre	Departamento	Municipio	Vereda o corregimiento	ID	Tipo	Coordenadas		Descripción:	Registro Fotográfico	
								Este	Norte			
												
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Corresponde a grupo de usuarios ubicados en el sector conocido como "Curva los adioses"	Norte de Santander	Pamplona	Alcaparral	V-4	D	1159712,20	1307870,50	Vertimiento de aguas residuales domésticas y aguas de cunetas ubicadas en la vía existente.		
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	Alcaparral	V-5	D Ind	1159789,68	1307890,65	Vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales producto de montallantas y vivienda.		



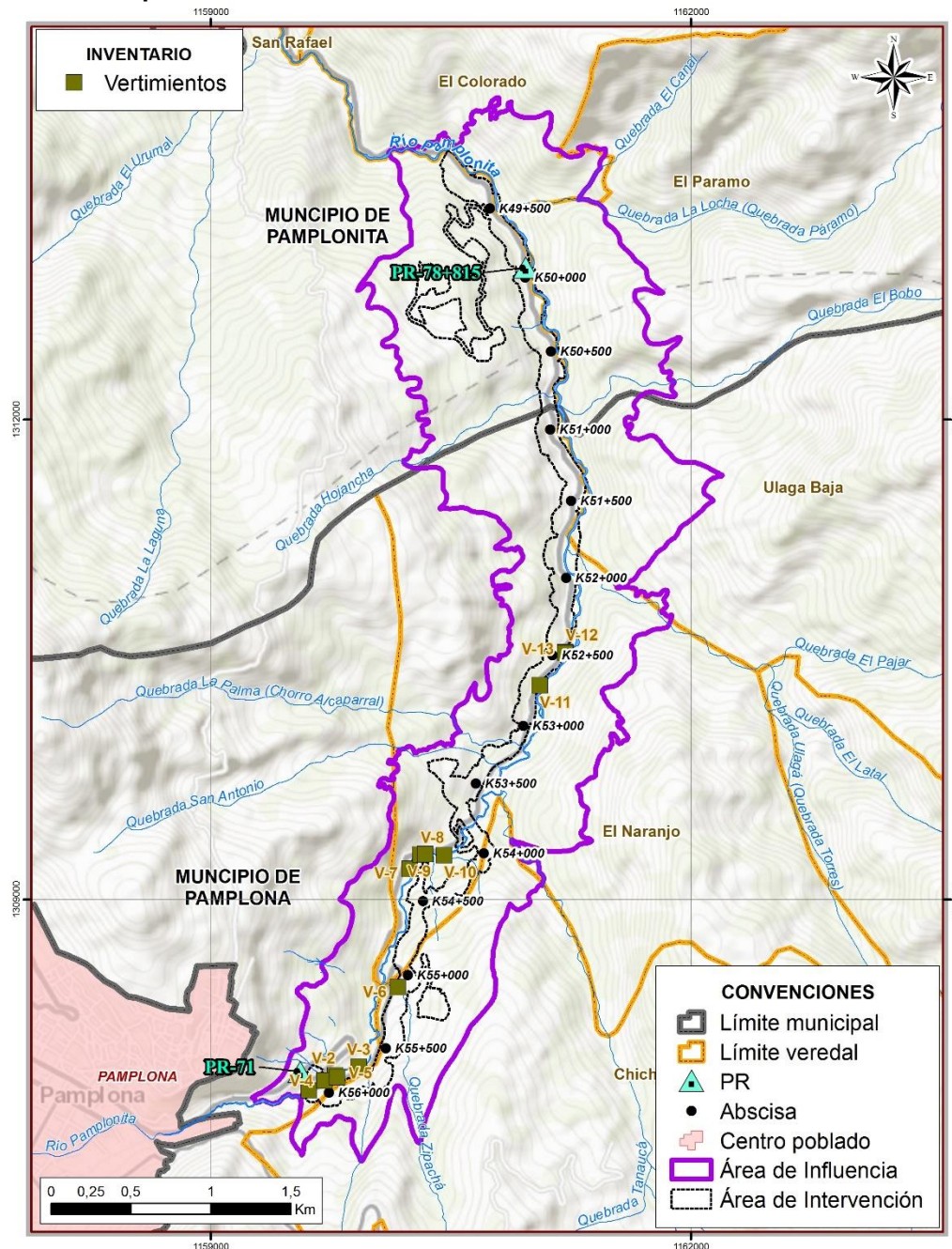
Nombre Geográfico	Nombre local	Ubicación del usuario				Uso: Vertimiento					
		Nombre	Departamento	Municipio	Vereda o corregimiento	ID	Tipo	Coordenadas		Descripción:	Registro Fotográfico
								Este	Norte		
Quebrada Zipachá	Quebrada Chipa	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	Chichirá	V-6	D	1160170,70	1308452,00	Vertimiento de aguas residuales domésticas.	
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo	V-7	D	1160242,43	1309191,84	Vertimiento de aguas residuales domésticas	Sin registro
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo	V-8	D	1160311,01	1309282,00	Vertimiento aguas residuales domésticas	
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo	V-9	Pc	1160340,09	1309286,14	Vertimiento de aguas residuales industriales producto de actividad pecuaria.	



Nombre Geográfico	Nombre local	Ubicación del usuario				ID	Tipo	Coordenadas		Uso: Vertimiento	
		Nombre	Departamento	Municipio	Vereda o corregimiento			Este	Norte	Descripción:	Registro Fotográfico
											
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo	V-10	D	1160459,89	1309277,59	Vertimiento aguas residuales domésticas (5 personas)	Sin Registro
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Saca finca Sr. Óscar González	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo	V-11	D Pc	1161057,33	1310340,25	Vertimientos de tipo doméstico generados por 2 habitantes adultos de la vivienda y pecuarios por cría ganado porcino (15 cerdos). El vertimiento descarga en la margen Izquierda del río Pamplonita por medio de tubería y no cuenta con tratamiento previo. El tipo de flujo del vertimiento es periódico. No cuenta con permiso de vertimiento.	
Río Pamplonita	Río Pamplonita	No se identificó	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo	V-12	D	1161217,12	1310549,27	Vertimiento de aguas residuales domésticas	
Río Pamplonita	Río Pamplonita	Finca El Galán	Norte de Santander	Pamplona	El Naranjo	V-13	D	1161215,94	1310541,52	Vertimientos de tipo doméstico generados por 7 habitantes de la vivienda. El vertimiento descarga en la margen Izquierda del río Pamplonita por medio de tubería y no cuenta con tratamiento previo. El tipo de flujo del vertimiento es periódico. No cuenta con permiso de vertimiento.	
ID: Identificación CD: Consumo Doméstico Ind. Industrial Cm: Comercial Pc: Pecuario											

Fuente: (Aecom-Concol, 2017)

**Figura 5.73 Ubicación cartográfica de los vertimientos identificados en las fuentes hídricas que serán interceptadas**



Fuente: (Aecom-Concol, 2017)

Los usos: recreativo, pesca, transporte fluvial, aprovechamiento de material de arrastre y riego, no fueron identificados para las fuentes hídricas que serán interceptadas por la Doble calzada Pamplona-Cúcuta, UF2 Sector Pamplona-Pamplonita.

Pese a que el uso industrial no fue evidenciado durante los recorridos en campo, es

importante resaltar que el área de influencia e intervención de la UF2 se superpone de manera parcial con el título minero ELV-081 Mina los Naranjos, por lo tanto no se podría descartar que ésta actividad minera esté haciendo uso del recurso hídrico en la zona, los cuales se pueden estar presentado de manera espontánea y que sin dejar evidencia.

### 5.1.7.3 Usos y Usuarios del recursos hídrico según registros de CORPONOR

Con el fin de conocer los usos y usuarios del recurso hídrico en el área de influencia e intervención de la UF2, la Concesión Unión Vial Río Pamplonita S.A.S consultó a la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental-CORPONOR, mediante comunicación radicada No. 8378 del 30 de junio de 2017 (ver Anexo 2 – Certificados entidades), sobre los permisos otorgados (concesiones y vertimientos) en el área de influencia del proyecto. En repuesta a dicha comunicación, CORPONOR entregó mediante radicado No. 7807 del 10 de agosto de 2017 (ver Anexo 2 – Certificados entidades), el listado de concesiones de agua superficial y vertimientos que había autorizado en los municipios que hacen parte del área de influencia de la UF2 pero no entregó registro de coordenadas que permitieran ubicar de manera puntual los permisos dentro del área de influencia físico-biótica, por lo tanto en comunicación radicada No. 1393 del 30 de octubre de 2017(ver Anexo 2 – Certificados entidades), se consultó nuevamente pero la respuesta entregada mediante radicado 12867 del 11 de diciembre de 2017 (ver Anexo 2 – Certificados entidades) sólo correspondió a las concesiones otorgadas, sin coordenadas de ubicación del punto de captación y no se aclara si los permisos se encuentran vencidos o renovados.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procesó la información de CORPONOR y se sólo se tuvo en cuenta los datos de concesiones de agua que fueron otorgadas, desde el año 2012, para usuarios ubicados en las veredas que hacen parte del área de influencia físico-biótica de la UF2, y para las cuales se presume que aún están vigentes o renovadas (ver Tabla 5.86).

**Tabla 5.86 Concesiones de agua otorgadas por CORPONOR**

Solicitante	Vereda	Municipio	Caudal l/s	Número de resolución	Tipo de concesión	Fuente abastecimiento	Uso
Luis Modesto Mogollón Mogollón	Pamplona	Pamplona	2,1	0219 del 27/08/2013	Aguas Superficiales	Naciente Alcaparral	Agropecuario
José de Jesús Villamizar	Chichira	Pamplona	0,6	0296 del 18/10/2013	Aguas Superficiales	Quebrada La Chilca II	Agropecuario
Hermanas Bethlemitas Provincia del Sagrado corazón de Jesús	Pamplona	Pamplona	0,5	0050 del 15/05/2012	Aguas Superficiales	Quebrada Brighton	Agropecuario
Carlos Arnulfo rueda Pérez	Alcaparral	Pamplona	0,3	0615 del 08/08/2012	Aguas Superficiales	Chorro La Laguna carrizal	Agropecuario
María esperanza Pedraza	Pamplona (Alcaparral)	Pamplona	0,3	0113 del 14/05/2014	Aguas Superficiales	Naciente pedregal	Agropecuario
Cristóbal Villamizar Villamizar	Pamplona	Pamplona	0,26	0675 del 22/08/2012	Aguas Superficiales	Chorro Piedad	Agropecuario
Carmen Villamizar Villamizar	Pamplonita	Pamplonita	0,1	0072 del 08/06/2012	Aguas Superficiales	Chorro Oriol Rangel	Agropecuario
José Guillermo Albarracín Paredes	Pamplonita (Palmita)	Pamplonita	0,15	0332 del 24/12/2013	Concesión de Aguas Superficiales	Quebrada Regada	Agropecuario

Fuente: Corponor, 2017

De acuerdo con las concesiones reportadas, el agua es destinada para Uso Agropecuario con un consumo aproximado de 4,3 l/s y las fuentes abastecedoras son de tipo quebrada,



chorro y naciente. Se resalta que no se identifican captaciones sobre el río Pamplonita para las veredas que hacen parte del área de influencia de la UF2.

En cuanto a vertimientos, no se identificaron permisos en las veredas que hacen parte del área de influencia de la UF2.

#### 5.1.7.4 Demanda actual de las fuentes a intervenir

De acuerdo con el capítulo 5 del Estado Nacional del Agua 2010 (IDEAM, 2010) *“La demanda hídrica es igual al volumen total de agua extraída. Este volumen de agua extraído es igual a los consumos más el agua extraída no consumida”*. Y se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$Dh = Ch + Csp + Csm + Ccss + Cea + Ce + Ca + Aenc$$

Donde

*Dh*: demanda hídrica

*Ch*: consumo humano o doméstico

*Csp*: consumo del sector primario

*Csm*: consumo del sector manufacturero

*Ccss*: consumo del sector servicios

*Cea*: caudal ecológico y ambiental

*Ce*: consumo del sector energía(hidroeléctrica y termoeléctrica)

*Ca*: consumo del sector acuícola

*Aenc*: agua extraída no consumida

Pese a lo anterior y teniendo en cuenta que en los recorridos de campo sólo se identificaron 2 captaciones (Tabla 5.83) en los tramos de las fuentes hídricas que serán interceptados por la construcción de la *Doble calzada Pamplona-Cúcuta, UF2 Sector Pamplona-Pamplonita* y que la información de captaciones entregada por CORPONOR no cuenta con los datos de coordenadas, el desarrollo del presente numeral, se realizó con base en la información registrada en el *Tomo III Caracterización y Diagnóstico del Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita en el departamento Norte de Santander en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR convenio 0036 de 2011*

En la Tabla 5.87 se registra la demanda hídrica sectorial de la cuenca del río Pamplonita, sin embargo, para efectos del presente estudio de impacto ambiental, se resaltó en color gris la información de los municipios de Pamplona y Pamplonita, los cuales hacen parte de manera parcial del área de influencia físico-biótica de la UF2.

Los datos que se exponen corresponden a los presentados en el numeral 1.1.4.3 del *Tomo III del Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita* (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014).



**Tabla 5.87 Demanda hídrica sectorial, Cuenca del río Pamplonita**

Municipio	Demanda Doméstica	Demanda Agrícola	Demanda Pecuaria	Demanda Industrial	Demanda Total
	m <sup>3</sup> /año				
Bochalema	373.100,0	11.057.649,0	285.079,0		11.715.828,0
Chinácota	1.028.120,0	4.644.330,0	159.958,0		5.832.434,0
Cúcuta	44.244.328,0	13.045.112,0	1.483.842,0	1.495.7333,0	60.272.014,0
Harrán	287.331,0	159.267,0	104.608,0		551.206,0
Los Patios	5.216.922,0	5.343.382,0	179.241,0	210,0	10.739.755,0
<b>Pamplona</b>	<b>1.523.242,0</b>	<b>4.948.563,0</b>	<b>133.564,0</b>	<b>1.584,0</b>	<b>6.606.957,0</b>
<b>Pamplonita</b>	<b>291.565,0</b>	<b>10.120.853,0</b>	<b>93.625,0</b>		<b>10.506.043,0</b>
Puerto Santander	71.804,0	2.439.541,0	196.146,0		2.707.491,0
Ragonvalia	447.235,0	279.861,0	88.805,0		815.901,0
Villa del Rosario	5.531.457,0	14.488.504,0	531.705,0		20.551.666,0
<b>Tota</b>	<b>59.015.457,0</b>	<b>66.527.061,0</b>	<b>3.256.603,0</b>	<b>1.500.528,0</b>	<b>130.299.295,0</b>

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)

En la tabla anterior, se puede observar que el sector agrícola representa el mayor consumo de agua así: 4.948.563,0 m<sup>3</sup>/año para Pamplona y 10.120.853,0 m<sup>3</sup>/año para Pamplonita, siendo éste último el que demanda mayor recurso. En segundo lugar se ubica el sector doméstico con demanda de agua correspondiente a 1.523.242,0 m<sup>3</sup>/año en Pamplona y 291.565,0 m<sup>3</sup>/año en Pamplonita. El tercer lugar se tiene el sector pecuario con una demanda de 133.564,0 m<sup>3</sup>/año para el municipio de Pamplona y 93.625,0 m<sup>3</sup>/año para Pamplonita. La demanda hídrica para el sector industrial sólo se presentó en el municipio de Pamplonita con un consumo de 1.584,0 m<sup>3</sup>/año.

De acuerdo con lo anterior la demanda hídrica en el municipio de Pamplona correspondió a 6.066.957,0 m<sup>3</sup>/año mientras que para el municipio de Pamplonita fue de 10.506.043,0 m<sup>3</sup>/año.

Por otra parte y teniendo en cuenta los caudales otorgados por CORPONOR en las veredas que hacen parte de manera parcial del área de influencia e intervención de la UF2 (ver Tabla 5.86) y para los cuales se asume que el permiso se encuentra vigente, se obtuvo que el agua fue destinada para el sector agropecuario y que la demanda correspondió a 4,31 l/s o 135.920,16 m<sup>3</sup>/año.

### 5.1.7.5 Conflictos por uso

#### 5.1.7.5.1 Análisis de frecuencia de caudales mínimos

Teniendo en cuenta el análisis de frecuencias de caudales mínimos realizado a nivel mensual teniendo en cuenta la metodología señalada en el capítulo 5.1.5 Hidrología, se realizó el análisis de caudales mínimos en los puntos de intersección, puntos de captación y vertimiento para diferentes periodos de retorno. Para el análisis se tuvo en cuenta los periodos de estiaje para la unidad funcional 2 (UF2), los cuales comprenden los meses de enero, febrero, junio, julio, agosto y diciembre de acuerdo con el análisis de precipitaciones realizado en el capítulo 5.1.10 Atmósfera.

En la Tabla 5.88 se muestran los análisis de frecuencias de caudales mínimos mensuales en la estación La Donjuana para cada mes de estiaje y su respectiva distribución probabilística a la cual se ajustan los datos analizados.

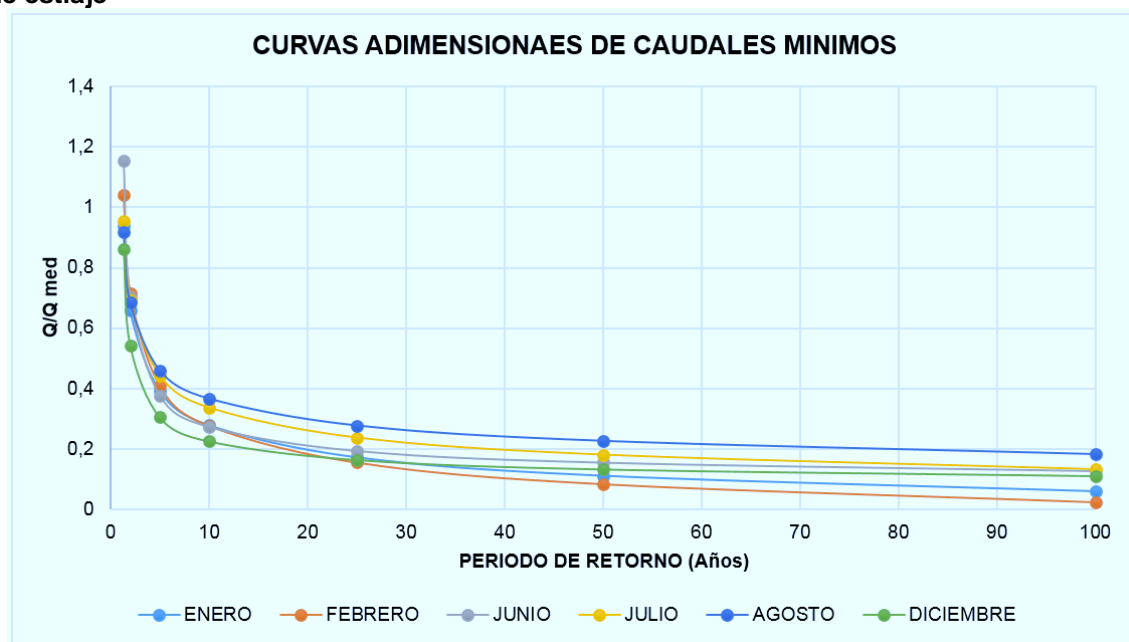
**Tabla 5.88 Caudales mínimos mensuales probables para cada periodo de retorno**

PERIODO DE RETORNO	Enero	Febrero	Junio	Julio	Agosto	Diciembre
	GUMBEL	GUMBEL	LOG-NOR	GUMBEL	GUMBEL	LOG-NOR
(años)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Q (m3/s)
1.33	6,27	6	6,66	5,19	4,33	8,58
2.0	4,39	4,13	4,05	3,76	3,23	5,4
5	2,62	2,36	2,18	2,41	2,17	3,04
10	1,86	1,6	1,58	1,83	1,73	2,25
25	1,15	0,899	1,12	1,29	1,31	1,64
50	0,742	0,488	0,897	0,981	1,07	1,33
100	0,398	0,144	0,735	0,718	0,862	1,11
<b>PRUEBA CHI CUADRADO</b>	5,5	3,6	4,68	6,32	9,18	5,91

Fuente: Aecom-ConCol, 2018.

Con base en la información de la Tabla 5.88 se realiza la curva adimensional de caudales mínimos mensuales en función del caudal medio mensual para cada periodo de estiaje, las cuales son necesarias para determinar los rendimientos normalizados de cada cuenca. En la Figura 5.74 se muestra la curva para cada mes de estiaje y diferente periodo de retorno.

**Figura 5.74 Curvas adimensionales de caudales mínimos para cada periodo de retorno y mes de estiaje**



Fuente: Aecom-ConCol, 2018.

A continuación se presentan los caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en los meses de estiaje para los drenajes que son interceptados por la vía y los

puntos de captación y vertimiento.

**Tabla 5.89 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje enero**

ID	N CUENCA	Caudales mínimos (l/s) para diferentes Tr ENERO						
		1,33	2	5	10	25	50	100
4	EL CANAL	64,48	45,14	26,95	19,10	11,78	7,61	4,05
14	S. ANTONIO	18,15	12,71	7,59	5,38	3,32	2,14	1,14
20	ZIPACHÁ	33,84	23,69	14,14	10,02	6,18	4,00	2,12
21	CEREZOS	8,80	6,16	3,68	2,60	1,61	1,04	0,55
22	NN14	2,90	2,03	1,21	0,86	0,53	0,34	0,18
23	TANAUCÁ	161,29	112,92	67,42	47,77	29,48	19,05	10,13
44	NN37	6,02	4,22	2,52	1,78	1,10	0,71	0,38
45	ULAGÁ	173,01	121,12	72,32	51,24	31,62	20,43	10,86
48	EL BOBO	67,53	47,28	28,23	20,00	12,34	7,97	4,24
49	HOJA ANCHA	10,16	7,11	4,25	3,01	1,86	1,20	0,64
53	NN43	0,87	0,61	0,36	0,26	0,16	0,10	0,05
60	PAMPLONITA	356,49	249,58	149,01	105,58	65,15	42,10	22,39
5	NN4	0,99	0,69	0,41	0,29	0,18	0,12	0,06
24	NN23	1,71	1,19	0,71	0,51	0,31	0,20	0,11
11	LA PALMA	25,25	17,68	10,56	7,48	4,62	2,98	1,59
34	NN27	7,49	5,24	3,13	2,22	1,37	0,88	0,47
43	NN36	3,59	2,52	1,50	1,06	0,66	0,42	0,23
46	NN38	1,82	1,27	0,76	0,54	0,33	0,21	0,11
28	NN21	1,54	1,08	0,64	0,46	0,28	0,18	0,10
52	NN42	4,05	2,84	1,69	1,20	0,74	0,48	0,25
8	NN7	2,14	1,50	0,90	0,63	0,39	0,25	0,13
2	NN2	1,33	0,93	0,55	0,39	0,24	0,16	0,08
-	FRANJA 1 Captación 10– Río Pamplonita	410,15	287,15	171,44	121,47	74,96	48,43	25,75
-	FRANJA 2 Captación 10a– Río Pamplonita	424,45	297,16	177,42	125,70	77,57	50,12	26,65
-	VERTIMIENTO - Río Pamplonita	414,74	290,36	173,36	122,83	75,80	48,98	26,04

Fuente: Aecom-ConCol, 2018.

**Tabla 5.90 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje febrero**

ID	N CUENCA	Caudales mínimos (l/s) para diferentes Tr FEBRERO						
		1,33	2	5	10	25	50	100
4	EL CANAL	71,43	49,19	28,10	19,04	10,70	5,80	1,69
14	S. ANTONIO	20,11	13,85	7,91	5,36	3,01	1,63	0,48
20	ZIPACHÁ	37,48	25,81	14,75	9,99	5,61	3,04	0,89
21	CEREZOS	9,74	6,71	3,83	2,60	1,46	0,79	0,23
22	NN14	3,21	2,21	1,26	0,86	0,48	0,26	0,08
23	TANAUCÁ	178,67	123,05	70,29	47,62	26,76	14,51	4,23
44	NN37	6,67	4,60	2,63	1,78	1,00	0,54	0,16
45	ULAGÁ	191,65	131,98	75,40	51,07	28,70	15,57	4,54
48	EL BOBO	74,81	51,52	29,43	19,94	11,20	6,08	1,77
49	HOJA ANCHA	11,25	7,75	4,43	3,00	1,68	0,91	0,27
53	NN43	0,97	0,67	0,38	0,26	0,14	0,08	0,02
60	PAMPLONITA	394,91	271,96	155,36	105,24	59,14	32,07	9,35
5	NN4	1,09	0,75	0,43	0,29	0,16	0,09	0,03
24	NN23	1,89	1,30	0,74	0,50	0,28	0,15	0,04
11	LA PALMA	27,98	19,27	11,01	7,46	4,19	2,27	0,66
34	NN27	8,30	5,71	3,26	2,21	1,24	0,67	0,20
43	NN36	3,98	2,74	1,57	1,06	0,60	0,32	0,09
46	NN38	2,01	1,38	0,79	0,54	0,30	0,16	0,05
28	NN21	1,71	1,18	0,67	0,45	0,26	0,14	0,04
52	NN42	4,49	3,09	1,77	1,20	0,67	0,36	0,11
8	NN7	2,37	1,64	0,93	0,63	0,36	0,19	0,06
2	NN2	1,47	1,01	0,58	0,39	0,22	0,12	0,03
-	FRANJA 1 Captación 10- Río Pamplonita	454,36	312,90	178,75	121,09	68,04	36,90	10,76
-	FRANJA 2 Captación 10a- Río Pamplonita	470,20	323,81	184,98	125,31	70,41	38,19	11,14
-	VERTIMIENTO - Río Pamplonita	459,44	316,40	180,75	122,44	68,80	37,32	10,88

Fuente: Aecom-ConCol, 2018.

**Tabla 5.91 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje junio**

ID	N CUENCA	Caudales mínimos (l/s) para diferentes Tr JUNIO						
		1,33	2	5	10	25	50	100
4	EL CANAL	79,35	48,22	25,93	18,79	13,30	10,64	8,70
14	S. ANTONIO	22,33	13,57	7,30	5,29	3,74	2,99	2,45
20	ZIPACHÁ	41,64	25,31	13,60	9,86	6,98	5,58	4,57
21	CEREZOS	10,82	6,58	3,54	2,56	1,81	1,45	1,19
22	NN14	3,57	2,17	1,17	0,85	0,60	0,48	0,39



ID	N CUENCA	Caudales mínimos (l/s) para diferentes Tr JUNIO						
		1,33	2	5	10	25	50	100
23	TANAUCÁ	198,48	120,63	64,85	47,01	33,26	26,60	21,77
44	NN37	7,41	4,51	2,42	1,76	1,24	0,99	0,81
45	ULAGÁ	212,89	129,39	69,56	50,43	35,67	28,54	23,35
48	EL BOBO	83,10	50,51	27,15	19,68	13,92	11,14	9,11
49	HOJA ANCHA	12,50	7,60	4,08	2,96	2,09	1,68	1,37
53	NN43	1,07	0,65	0,35	0,25	0,18	0,14	0,12
60	PAMPLONITA	438,68	266,62	143,33	103,91	73,50	58,80	48,11
5	NN4	1,21	0,74	0,40	0,29	0,20	0,16	0,13
24	NN23	2,10	1,28	0,69	0,50	0,35	0,28	0,23
11	LA PALMA	31,08	18,89	10,15	7,36	5,21	4,17	3,41
34	NN27	2,13	1,30	0,70	0,50	0,36	0,29	0,23
43	NN36	1,07	0,65	0,35	0,25	0,18	0,14	0,12
46	NN38	2,23	1,36	0,73	0,53	0,37	0,30	0,24
28	NN21	1,90	1,15	0,62	0,45	0,32	0,25	0,21
52	NN42	4,99	3,03	1,63	1,18	0,84	0,67	0,55
8	NN7	2,64	1,60	0,86	0,62	0,44	0,35	0,29
2	NN2	1,63	0,99	0,53	0,39	0,27	0,22	0,18
-	FRANJA 1 Captación 10– Río Pamplonita	504,72	306,75	164,91	119,55	84,57	67,65	55,35
-	FRANJA 2 Captación 10a– Río Pamplonita	522,31	317,44	170,66	123,72	87,52	70,01	57,28
-	VERTIMIENTO - Río Pamplonita	510,36	310,18	166,75	120,89	85,51	68,41	55,97

Fuente: Aecom-ConCol, 2018.

**Tabla 5.92 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje julio**

ID	N CUENCA	Caudales mínimos (l/s) para diferentes Tr JULIO						
		1,33	2	5	10	25	50	100
4	EL CANAL	65,69	47,56	30,46	23,15	16,32	12,39	9,06
14	S. ANTONIO	18,49	13,39	8,57	6,52	4,59	3,49	2,55
20	ZIPACHÁ	34,47	24,96	15,98	12,15	8,56	6,50	4,76
21	CEREZOS	8,96	6,49	4,15	3,16	2,23	1,69	1,24
22	NN14	2,95	2,14	1,37	1,04	0,73	0,56	0,41
23	TANAUCÁ	164,31	118,96	76,19	57,89	40,81	30,99	22,67
44	NN37	6,14	4,44	2,85	2,16	1,52	1,16	0,85
45	ULAGÁ	176,25	127,61	81,72	62,10	43,78	33,24	24,32
48	EL BOBO	68,80	49,81	31,90	24,24	17,09	12,97	9,49
49	HOJA ANCHA	10,35	7,49	4,80	3,65	2,57	1,95	1,43
53	NN43	0,89	0,64	0,41	0,31	0,22	0,17	0,12

ID	N CUENCA	Caudales mínimos (l/s) para diferentes Tr JULIO						
		1,33	2	5	10	25	50	100
60	PAMPLONITA	363,17	262,94	168,39	127,96	90,21	68,49	50,12
5	NN4	1,00	0,73	0,47	0,35	0,25	0,19	0,14
24	NN23	1,74	1,26	0,81	0,61	0,43	0,33	0,24
11	LA PALMA	25,73	18,63	11,93	9,06	6,39	4,85	3,55
34	NN27	7,63	5,52	3,54	2,69	1,90	1,44	1,05
43	NN36	3,66	2,65	1,70	1,29	0,91	0,69	0,51
46	NN38	1,85	1,34	0,86	0,65	0,46	0,35	0,26
28	NN21	1,57	1,14	0,73	0,55	0,39	0,30	0,22
52	NN42	4,13	2,99	1,91	1,45	1,03	0,78	0,57
8	NN7	2,18	1,58	1,01	0,77	0,54	0,41	0,30
2	NN2	1,35	0,98	0,63	0,48	0,34	0,26	0,19
-	FRANJA 1 Captación 10a– Río Pamplonita	417,84	302,52	193,74	147,23	103,79	78,80	57,66
-	FRANJA 2 Captación 10a– Río Pamplonita	432,41	313,07	200,49	152,36	107,41	81,55	59,67
-	VERTIMIENTO - Río Pamplonita	422,52	305,91	195,90	148,87	104,95	79,68	58,31

Fuente: Aecom-ConCol, 2018.

**Tabla 5.93 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje agosto**

ID	N CUENCA	Caudales mínimos (l/s) para diferentes Tr AGOSTO						
		1,33	2	5	10	25	50	100
4	EL CANAL	63,15	47,08	31,61	25,20	19,10	15,59	12,57
14	S. ANTONIO	17,78	13,25	8,90	7,09	5,38	4,39	3,54
20	ZIPACHÁ	33,14	24,70	16,59	13,22	10,02	8,18	6,60
21	CEREZOS	8,61	6,42	4,31	3,44	2,60	2,13	1,71
22	NN14	2,84	2,12	1,42	1,13	0,86	0,70	0,57
23	TANAUCÁ	157,96	117,75	79,06	63,03	47,77	39,00	31,44
44	NN37	5,90	4,40	2,95	2,35	1,78	1,46	1,17
45	ULAGÁ	169,44	126,31	84,80	67,61	51,24	41,83	33,73
48	EL BOBO	66,14	49,30	33,10	26,39	20,00	16,33	13,16
49	HOJA ANCHA	9,95	7,41	4,98	3,97	3,01	2,46	1,98
53	NN43	0,85	0,64	0,43	0,34	0,26	0,21	0,17
60	PAMPLONITA	349,14	260,27	174,74	139,32	105,58	86,20	69,49
5	NN4	0,97	0,72	0,48	0,39	0,29	0,24	0,19
24	NN23	1,67	1,25	0,84	0,67	0,51	0,41	0,33
11	LA PALMA	24,73	18,44	12,38	9,87	7,48	6,11	4,92
34	NN27	7,34	5,47	3,67	2,93	2,22	1,81	1,46

ID	N CUENCA	Caudales mínimos (l/s) para diferentes Tr AGOSTO						
		1,33	2	5	10	25	50	100
43	NN36	3,52	2,62	1,76	1,40	1,06	0,87	0,70
46	NN38	1,78	1,33	0,89	0,71	0,54	0,44	0,35
28	NN21	1,51	1,12	0,76	0,60	0,46	0,37	0,30
52	NN42	3,97	2,96	1,99	1,58	1,20	0,98	0,79
8	NN7	2,10	1,57	1,05	0,84	0,63	0,52	0,42
2	NN2	1,30	0,97	0,65	0,52	0,39	0,32	0,26
-	FRANJA 1 Captación 10– Río Pamplonita	401,70	299,45	201,04	160,29	121,47	99,18	79,96
-	FRANJA 2 Captación 10a– Río Pamplonita	415,70	309,89	208,05	165,88	125,70	102,63	82,74
-	VERTIMIENTO - Río Pamplonita	406,19	302,80	203,29	162,09	122,83	100,28	80,85

Fuente: Aecom-ConCol, 2018.

**Tabla 5.94 Caudales mínimos probables para diferentes periodos de retorno en mes de estiaje diciembre**

ID	N CUENCA	Caudales mínimos (l/s) para diferentes Tr DICIEMBRE						
		1,33	2	5	10	25	50	100
4	EL CANAL	59,16	37,23	20,91	15,47	11,30	9,19	7,61
14	S. ANTONIO	16,65	10,48	5,89	4,35	3,18	2,59	2,14
20	ZIPACHÁ	31,05	19,53	10,97	8,12	5,93	4,82	4,00
21	CEREZOS	8,07	5,08	2,85	2,11	1,54	1,25	1,04
22	NN14	2,66	1,67	0,94	0,70	0,51	0,41	0,34
23	TANAUCÁ	147,99	93,12	52,30	38,70	28,27	22,98	19,05
44	NN37	5,53	3,48	1,95	1,45	1,06	0,86	0,71
45	ULAGÁ	158,74	99,88	56,10	41,51	30,32	24,65	20,43
48	EL BOBO	61,96	38,99	21,90	16,20	11,84	9,62	7,97
49	HOJA ANCHA	9,32	5,86	3,29	2,44	1,78	1,45	1,20
53	NN43	0,80	0,50	0,28	0,21	0,15	0,12	0,10
60	PAMPLONITA	327,09	205,81	115,60	85,53	62,48	50,78	42,10
5	NN4	0,90	0,57	0,32	0,24	0,17	0,14	0,12
24	NN23	1,57	0,99	0,55	0,41	0,30	0,24	0,20
11	LA PALMA	23,17	14,58	8,19	6,06	4,43	3,60	2,98
34	NN27	6,87	4,32	2,43	1,80	1,31	1,07	0,88
43	NN36	3,30	2,08	1,17	0,86	0,63	0,51	0,42
46	NN38	1,67	1,05	0,59	0,44	0,32	0,26	0,21
28	NN21	1,41	0,89	0,50	0,37	0,27	0,22	0,18
52	NN42	3,72	2,34	1,31	0,97	0,71	0,58	0,48
8	NN7	1,97	1,24	0,70	0,51	0,38	0,31	0,25

ID	N CUENCA	Caudales mínimos (l/s) para diferentes Tr DICIEMBRE						
		1,33	2	5	10	25	50	100
2	NN2	1,22	0,77	0,43	0,32	0,23	0,19	0,16
-	FRANJA 1 Captación 10– Río Pamplonita	376,33	236,79	133,00	98,41	71,88	58,43	48,43
-	FRANJA 2 Captación 10a– Río Pamplonita	389,45	245,04	137,64	101,84	74,39	60,47	50,12
-	VERTIMIENTO - Río Pamplonita	380,54	239,44	134,49	99,51	72,69	59,08	48,98

Fuente: Aecom-ConCol, 2018.

### 5.1.7.6 Índices de calidad ambiental del agua

Dando cumplimiento a lo establecido en los Términos de Referencia M-M-INA-02 adoptados mediante la Resolución 751 de 2015, a continuación se presentan los índices de: Uso del Agua (IUA), Retención - regulación Hídrica (IRH) y Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento (IVH); los cuales son una herramienta fundamental para hacer seguimiento a la dinámica del recurso hídrico.

Teniendo en cuenta que las Hojas Metodológicas de Indicadores Ambientales (3.05-Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento –IVH, 3.01-Índice de uso del agua e 3.04-Índice de Regulación Hídrica) del IDEAM (ver Anexo 5.1.2 Hidrología - carpeta C Usos del agua) indican que: “La cobertura del indicador es por subzonas hidrográficas y unidades hidrográficas abastecedoras de cabeceras municipales con antecedentes de desabastecimiento” la información que se presenta a continuación corresponde a los resultados que CORPONOR presentó en el *Tomo III Caracterización y Diagnóstico del Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita en el departamento Norte de Santander en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR convenio 0036 de 2011* y a los valores obtenidos por el IDEAM para el Estudio Nacional del Agua correspondiente a los años 2010 y 2014.

#### 5.1.7.6.1 Índice de Uso del Agua (IUA)

Según la publicación: *Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación Regional del Agua 2013* (IDEAM, 2013), el índice de Uso del agua se define como:

Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un periodo determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis en relación con la oferta hídrica regional disponible (OHRD) neta para las mismas unidades de tiempo y espaciales.

El índice se calcula únicamente para fuentes de agua superficial tales como ríos y quebradas. No incluye en la oferta la disponibilidad de aguas subterráneas o de cuerpos de agua tales como lagunas, ciénagas o lagos.

Su cálculo se realiza mediante la relación porcentual de la demanda de agua y la oferta hídrica regional y ecuación se presenta a continuación:



$$IUA = \frac{dH}{Oh} * 100$$

Donde:

IUA: Índice de uso del agua

Dh:  $\Sigma$  (Volumen de agua extraída para usos sectoriales en un periodo determinado)

$$Dh = Ch + Csp + Csm + CSS + Ce + Ca + Aenc$$

Donde:

Dh: demanda hídrica sectorial

Ch: consumo humano o doméstico

Csp: consumo del sector agrícola

Csm: consumo del sector industrial

Css: consumo del sector servicios

Ce: consumo del sector energía

Ca: consumo del sector acuícola

Aenc: agua extraída no consumida

Oh: oferta hídrica superficial regional disponible

$$Oh = Ohtotal - Oqamb$$


Donde:

*Ohtotal*: es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada

*Oqamb*: es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.







La interpretación de los resultados arrojados por el índice se debe realizar de acuerdo con la categorización y significado que se presenta a continuación:

**Tabla 5.95 Categoría y descriptos del IUA**

Rango IUA	Categoría IUA		Significado
$\leq 1$	Muy Bajo		La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible.
1 -10	Bajo		La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.
10.01 - 20	Moderado		La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.
20.01 - 50	Alto		La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.
>50	Muy Alto		La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.

Fuente: (IDEAM, 2013)

**Tabla 5.96 rangos y Categorías índice de uso de agua**

Rango IUA	Categoría IUA		Significado
≤ 1	Muy Bajo		La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible.
1 -10	Bajo		La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.
10.01 - 20	Moderado		La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.
20.01 - 50	Alto		La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.
50,1 - 100	Muy Alto		La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.
>100	Crítico		La presión supera las condiciones de la oferta

Fuente: (IDEAM, 2014)

Teniendo en cuenta lo anterior, el Índice Uso del Agua que se presenta a continuación corresponde a los datos de la Subzona Hidrográfica del Río Pamplonita, los cuales fueron calculados por el Estudio Nacional del Agua 2010 y 2014, y se encuentran publicados en la página web del Sistema de Información del Recurso Hídrico.

**Tabla 5.97 Clasificación del IUA en la subzona hidrográfica del río Pamplonita**

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Año	Oferta media Mmc	Oferta seca Mmc	Demanda Mmc	IUA Año medio	IUA Año seco
Caribe	Catatumbo	Río Pamplonita	ENA 2010	745,0	218,0	168,49	22,62	77,46
			ENA 2014	21,61	7.283	No registra	25,21	66,98

Fuente: <http://sirh.ideam.gov.co:8230/Sirh/faces/oferta/estaciones.jspx>. \*Estudio nacional del Agua 2014.

Según el Estudio Nacional del Agua 2010 (IDEAM, 2010) la subzona hidrográfica del río Pamplonita sufre presiones de demanda del agua Alta en año medio y Muy alta en año seco, mientras que Estudio Nacional del Agua 2014 (IDEAM, 2014) registró que la presión de la demanda es Alta con respecto a la oferta disponible para Año Medio y Crítica en año seco ya que supera las condiciones de la oferta.

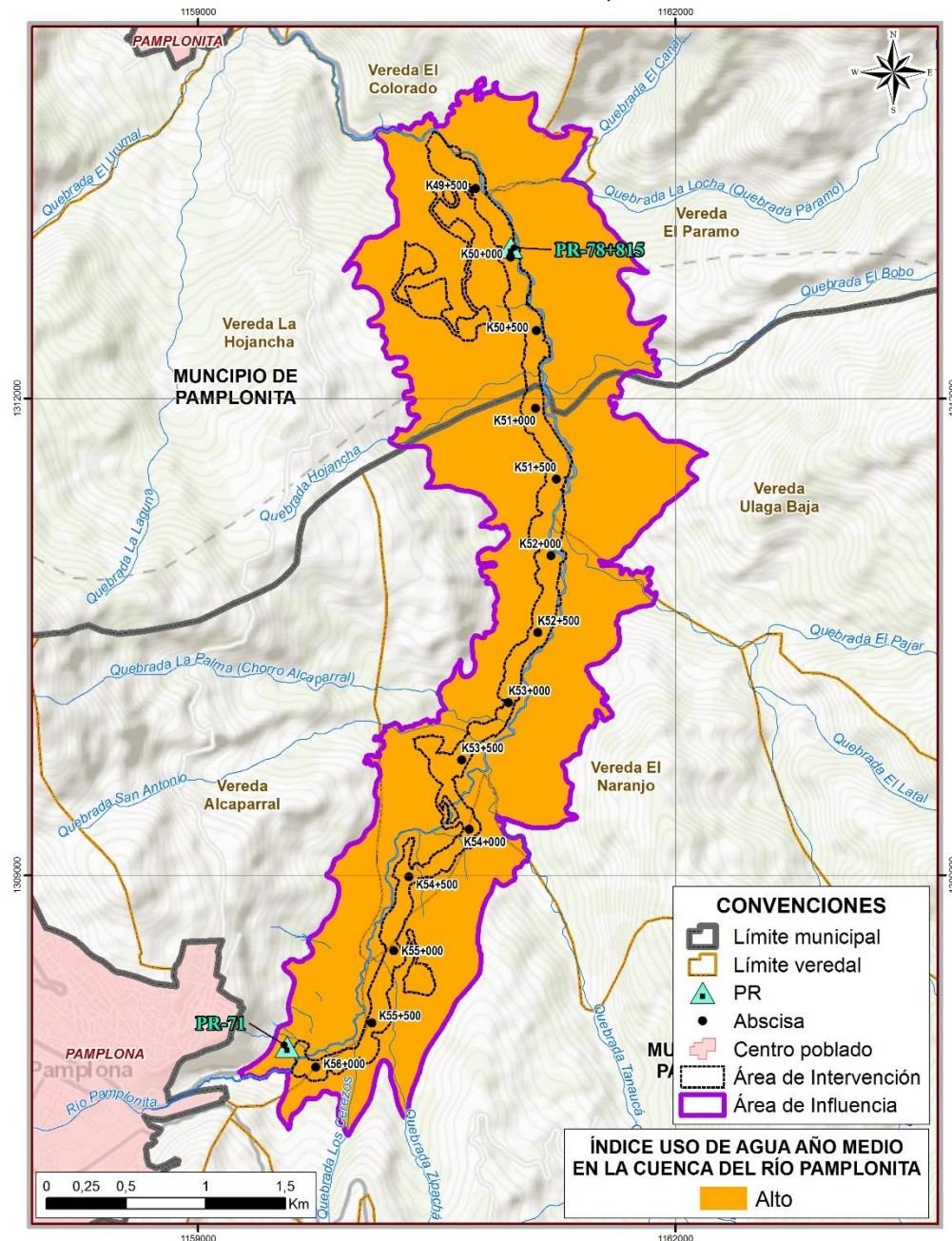
Sin embargo los análisis realizados por CORPONOR y presentados en el *Tomo III* del documento de *Ajuste al Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pamplonita* (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014), la subcuenca 25 registra índice de Uso del Agua Alto y Muy Bajo para Año Medio, respectivamente, y Muy Alto y Bajo para Año Seco respectivamente, tal como se presenta en la Tabla 5.98, Figura 5.75 y Figura 5.76.

Tabla 5.98 Valores y categorías del IUA para la subcuenca o tramos 6 y 7 del río Pamplonita

Subcuenca	Año Medio		Año Seco	
	IUA	Categoría	Categoría	IUA
25	37	Alto	100	Muy alto

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)

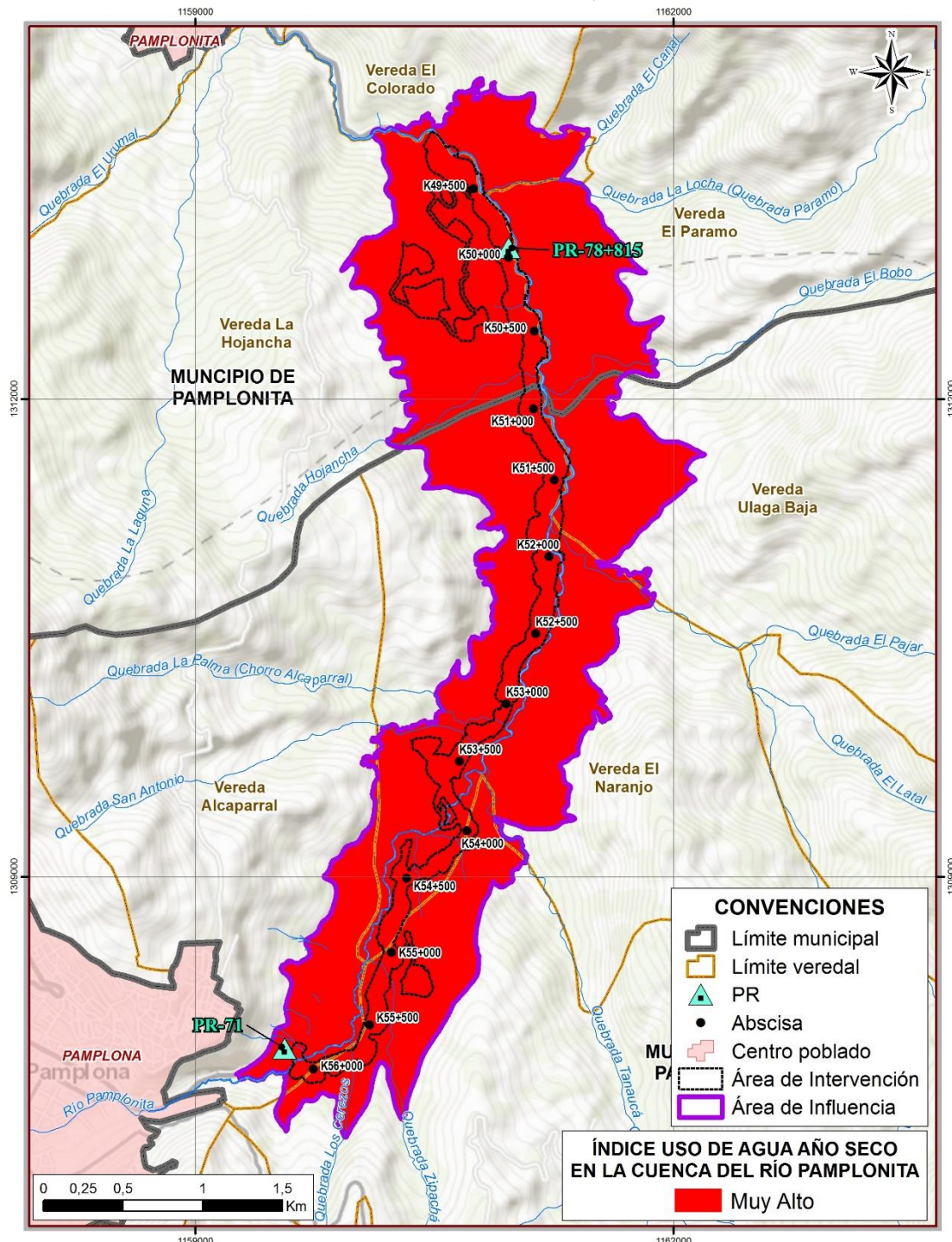
Figura 5.75 Ubicación cartográfica del IUA para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2, año medio



Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)



**Figura 5.76 Ubicación cartográfica del IUA para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2, año seco**



Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)



### 5.1.7.6.2 Índice de regulación Hídrica (IRH)

De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua 2014 (IDEAM, 2014), el índice de retención y regulación hídrica mide:

La capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, y los valores más bajos son los que se interpretan como de menor regulación.

Para la calcular el IRH se emplea la siguiente ecuación

$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$

Donde:

IRH: índice de retención y regulación hídrica

Vp: volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales diarios

Vt: volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios.

Los valores obtenidos con la estimación del IRH se agrupan en rangos para facilitar las comparaciones entre áreas y subzonas hidrográficas. A cada rango se le asigna una calificación cualitativa, tal como se presenta en la Tabla 5.99

**Tabla 5.99 Categoría y descriptos del IRH**

Rango de valores del indicador	Categoría IUA	Significado
>0,80	Muy Alta	Muy alta retención y regulación de humedad
0,75 – 0,85	Alta	Alta retención y regulación de humedad
0,65 – 0,75	Moderada	Media retención y regulación de humedad media
0,50 – 0,65	Baja	Baja retención y regulación de humedad
<0,50	Muy Baja	Muy baja retención y regulación de e humedad

Fuente: (IDEAM, 2010), (IDEAM, 2014)

Teniendo en cuenta lo anterior, el Índice de Retención y Regulación Hídrica que se presenta a continuación corresponde a los datos de la Subzona Hidrográfica Pamplonita, los cuales fueron calculados por el Estudio Nacional del Agua 2010 y 2014.

**Tabla 5.100 Clasificación del IRH en el área de estudio**

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Año	Índice de Regulación
Caribe	Catatumbo	Río Pamplonita	ENA 2010	0,67
			ENA 2014	0,68

Fuente: <http://sirh.ideam.gov.co:8230/Sirh/faces/oferta/estaciones.jspx>. \*Estudio nacional del Agua 2014.

De acuerdo con la información anterior, el Índice de Regulación Hídrica que registra el Estudio Nacional del Agua (2010) refleja que la subzona hidrográfica del río Pamplonita se ubica en un dice Moderado de regulación y retención hídrica con tendencia a ser Baja, lo cual indica que esta subzona tiene tendencia a disminuir su capacidad de mantener los regímenes de caudales.

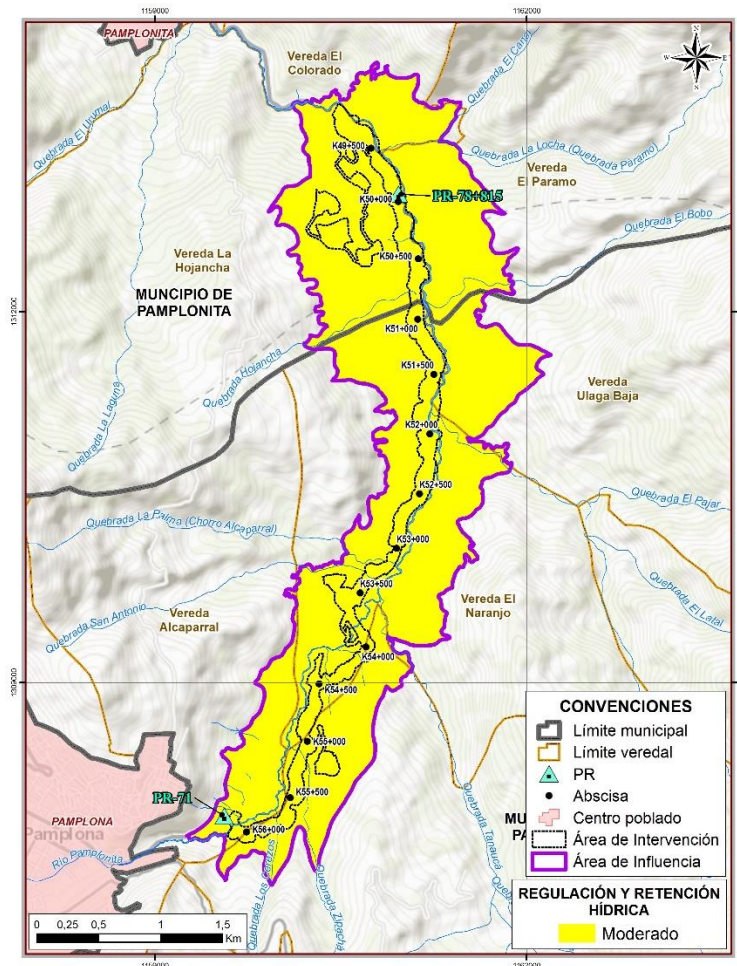
En cuanto a los resultados reportados por CORPONOR, el índice de regulación hídrica para las subcuencas/tramos 6 y 7 correspondió a Modero retención y regulación de humedad media, tal como se registran en la Tabla 5.98 y en la Figura 5.76.

**Tabla 5.101 Valores y categorías del IRH para la subcuenca o tramos del río Pamplonita**

Subcuenca	Año Medio	
	IRH	Categoría
25	0,74	Moderado

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)

**Figura 5.77 Ubicación cartográfica del IRH para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2**



Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)

### 5.1.7.6.3 Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento

Es el Grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas –como periodos largos de estiaje o eventos como el *Fenómeno cálido del Pacífico* (El Niño)– podría generar riesgos de desabastecimiento (IDEAM, 2010)

La vulnerabilidad hídrica se determina por la relación entre el Índice de Uso del agua y el Índice de retención y regulación hídrica, tal como se presenta en la Tabla 5.102.

**Tabla 5.102 Relación para categorizar el IVH, ENA 2010**

Índice de Uso de agua	Índice de regulación y retención hídrica	Categoría de Vulnerabilidad
Muy Bajo	Alto	Muy Bajo
Muy Bajo	Moderado	Bajo
Muy Bajo	Bajo	Medio
Muy Bajo	Muy Bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy Bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy Alto
Muy Alto	Alto	Medio
Muy Alto	Moderado	Alto
Muy Alto	Bajo	Alto
Muy Alto	Muy Bajo	Muy Alto

Fuente: (IDEAM, 2010)

**Tabla 5.103 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico IVH, ENA 2014**

<b>Vulnerabilidad del recurso hídrico relación IRH - IUA</b>					
<b>IUA Extremo = porcentaje (Oferta/demanda)</b>		<b>Índice de regulación</b>			
<b>Rango</b>	<b>categoría</b>	<b>Alta</b>	<b>moderado</b>	<b>Baja</b>	<b>Muy baja</b>
<1	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
1-10	Bajo	Baja	Baja	Media	Media
10-20	Moderado	Media	Media	Alta	Alta
20-50	Alto	Media	Alta	Alta	Muy Alta
50-100	Muy Alto	Media	Alta	Alta	Muy Alta
>100	Crítico	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta

Funete: (IDEAM, 2014)

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta los resultados de los índices de Uso del agua y de Regulación hídrica, la Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento reportados por el IDEAM en el Estudio Nacional del Agua 2010, la Subzona Hidrográfica del río Pamplonita se clasifica como Alto en año medio y Alto en año seco.

**Tabla 5.104 Valores y categorías del IVH en la subzona hidrográfica del río Pamplonita. ENA 2010**

<b>Subzona hidrográfica</b>	<b>Año Medio</b>			<b>Año Seco</b>		
	<b>IUA</b>	<b>IRH</b>	<b>IVH</b>	<b>IUA</b>	<b>IRH</b>	<b>IVH</b>
Río Pamplonita	Alto	Moderada	Alto	Muy Alto	Moderado	Alto

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)

En los indicadores del año 2014, el Estudio Nacional de Agua reportó que el Índice de Vulnerabilidad Hídrica para la Subzona Hidrográfica del río Pamplonita se clasifica como Alto en año medio y año seco.

En cuanto a los resultados reportados por CORPONOR, el índice de vulnerabilidad hídrica para las subcuena/tramo 6 correspondió a Alta tanto en Año medio como Seco, mientras que para la subcuena/tramo 7 correspondió a Muy Baja retención y regulación de Humedad en Año Medio y Baja para Año Seco, tal como se presenta en la Tabla 5.105, Figura 5.78 y Figura 5.79.

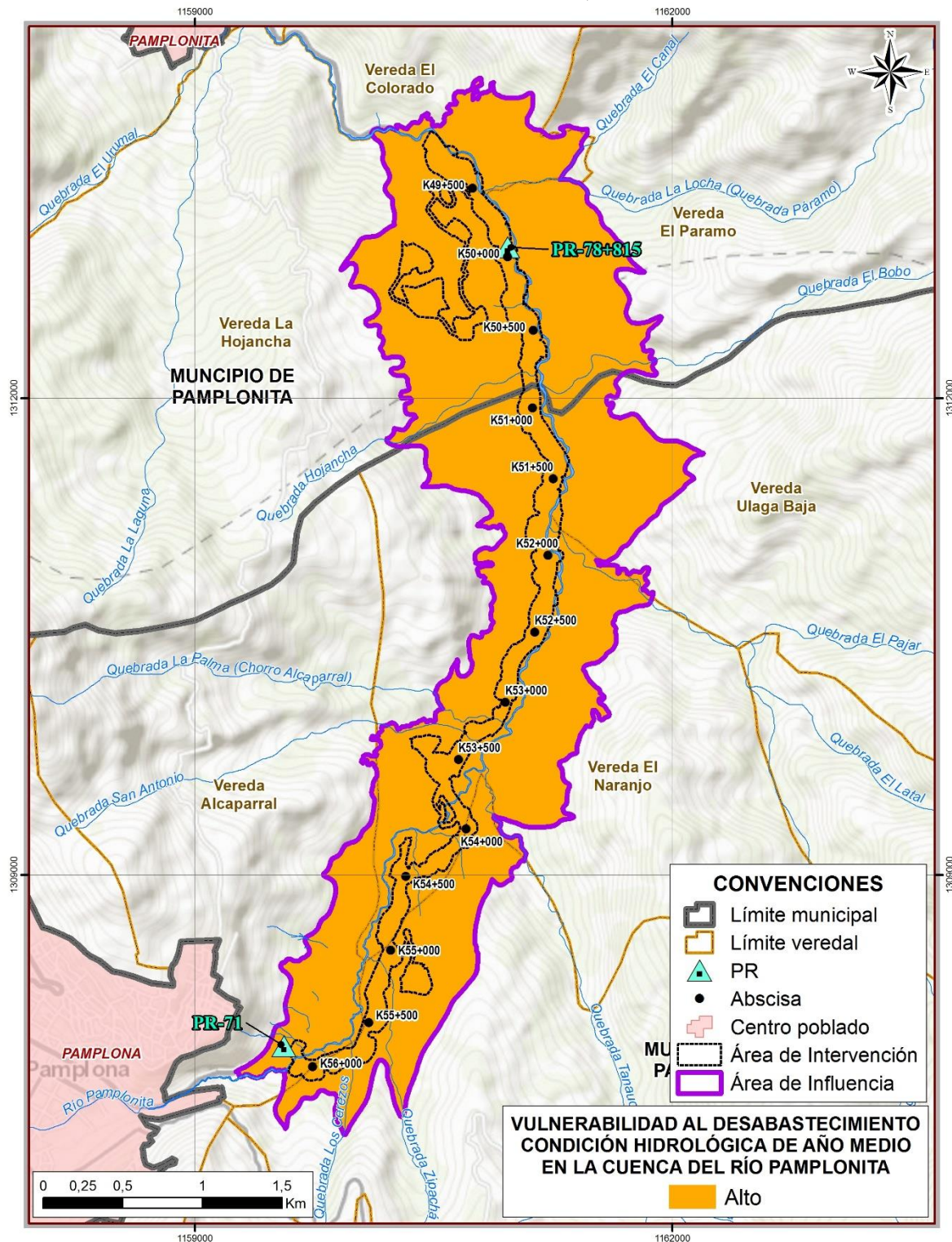
**Tabla 5.105 Valores y categorías del IVH para la subcuencas o tramos del río Pamplonita que se ubican en el área de influencia de la UF2**

<b>Subcuena</b>	<b>Año Medio</b>			<b>Año Seco</b>		
	<b>IUA</b>	<b>IRH</b>	<b>IVH</b>	<b>IUA</b>	<b>IRH</b>	<b>IVH</b>
25	Alto	Moderada	Alto	Muy Alto	Moderado	Alto

Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)



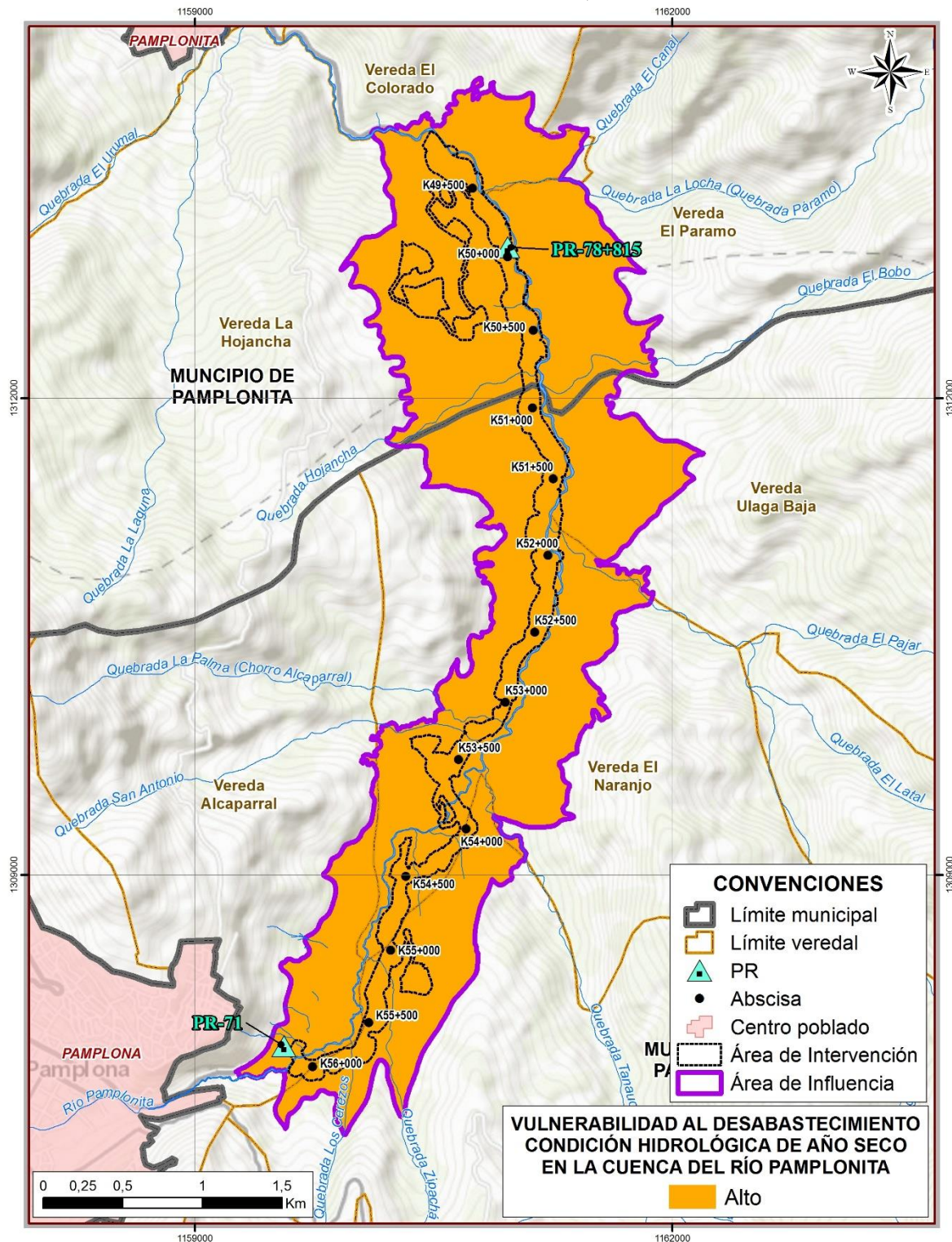
**Figura 5.78 Ubicación cartográfica del IVH para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2, Año Medio**



Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)



**Figura 5.79 Ubicación cartográfica del IVH para la subcuenca o tramos del río Pamplonita ubicadas en el área de influencia físico-biótica de la UF2, Año Seco**



Fuente: (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, 2014)

### 5.1.8 Hidrogeología

El estudio hidrogeológico del corredor vial Cúcuta - Pamplona, se enmarca en los términos de referencia con códigos M-M-INA-02, emitidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible el 26 de marzo del 2015, la metodología general para la presentación de estudios ambientales (MAVDT 2010) en proyectos de construcción de carreteras, las especificaciones técnicas del proyecto vial Cúcuta – Pamplona. De forma adicional en el desarrollo del presente estudio se emplea literatura hidrogeológica especializada.

#### 5.1.8.1 Objetivo

Realizar la caracterización hidrogeológica de la unidad funcional 2 (UF2) de la vía Cúcuta-Pamplona.

#### 5.1.8.2 Objetivos Específicos

- i. Recolectar información secundaria regional y local relacionada con el componente hidrogeológico (fuentes: SGC, IDEAM, IGAC, MINAMBIENTE, entre otros).
- ii. Analizar la información existente hidrogeológica, hidrológica, geofísica, geoquímica y de caracterización de las aguas subterráneas sobre el área de estudio.
- iii. Realizar inventario de puntos de agua consistente en pozos, aljibes, surgencias de flujos subsuperficiales (llamados también flujos hipodérmicos e interflujo), resurgencias (filtraciones difusas), afloramientos antrópicos y manantiales presentes en el área de estudio, determinando el nivel freático, unidad acuífera captada, caudales y tiempos de explotación, usos y números de usuarios.
- iv. Identificar regionalmente las unidades hidrogeológicas captadas a partir de las unidades geológicas presentes e identificar los tipos de acuíferos.
- v. Estimar el flujo de agua subterránea, subsuperficial, interflujos y posibles conexiones hidráulicas entre acuíferos y cuerpos de agua superficiales.
- vi. Identificar las zonas de recarga y descarga naturales de los acuíferos.
- vii. Evaluar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación para proteger la calidad del mismo.
- viii. Evaluar el riesgo de contaminación del acuífero por el desarrollo de las actividades y obras planteadas

#### 5.1.8.3 Metodología

En los siguientes numerales se menciona el procedimiento seguido para obtener el resultado final, sin entrar en el detalle de metodología técnica, la cual se trata de forma detallada en cada capítulo que trata dicho alcance.

- Recopilación y análisis de información secundaria

En la fase inicial se recopila y analiza la información técnica secundaria existente, relacionada con aspectos geológicos, geotécnicos estructurales, geomorfológicos, hidrogeológicos y en general, toda la información suministrada por UVRP relacionada con estructuración y diseños de las obras de la UF2 incluyendo perforaciones, planos, entre otra información de importancia. Adicionalmente se obtiene información de fuentes oficiales como planchas geológicas y memorias explicativas del Servicio Geológico Colombiano (en

adelante SGC) (Planchas 98, 110 y 111); del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (en adelante IDEAM, con los datos de estaciones en el área de estudio, Estudio Nacional del Agua 2014); del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Metodologías, Resoluciones, etc.) entre otras entidades ambientales para el interés del presente estudio.

- Toma de información de campo

Se realizaron dos campañas de reconocimiento de puntos de agua, la primera realizada el mes de Noviembre de 2017 y la segunda el mes de Abril de 2018.

Esta fase del estudio se dividió en dos comisiones de campo realizadas por profesionales y personal capacitado con el fin de recolectar información hidrogeológica (puntos de agua) y geofísica (tomografías de resistividad eléctrica) en la zona de estudio.

La primera comisión correspondió a las actividades de inventario de puntos de agua con el fin de identificar y recolectar información en el área de estudio, siguiendo el Formulario Único Nacional para Inventarios de Aguas Subterráneas (FUNIAS), elaborado por el IDEAM, SGC y MINAMBIENTE.

La segunda comisión tuvo como objetivo ejecutar líneas de tomografías de resistividad eléctrica (ERT, por sus siglas en inglés), con el fin de complementar la información geológica e hidrogeológica ya recopilada sobre área de estudio. Por otra parte, también se empleó la información de las ERT para la construcción del modelo hidrogeológico conceptual, junto con la información de perforaciones y líneas de refracción realizadas por UVRP. Las líneas de ERT fueron ubicadas en campo por los profesionales de Hidrogeocol S.A. teniendo en cuenta la información secundaria recopilada y las condiciones de campo (topografía, ubicación de predios, estabilidad terreno, cobertura vegetal, entre otros).

Adicionalmente, durante la segunda comisión se procedió a realizar una revisión de puntos sobre los cuales fuese factible ejecutar pruebas hidráulicas tipo slug. Este tipo de pruebas son de utilidad para estimar la conductividad hidráulica de la unidad sobre la cual se encuentra el piezómetro testeado.

- Procesamiento de Información

En oficina, se procesó la información recolectada y levantada, con el fin de que cada dato pudiese ser usado en la elaboración del modelo hidrogeológico conceptual, análisis de la afectación potencial de las obras y la definición del área de influencia hidrogeológica.

- Análisis de la Hidrogeoquímica del Agua

Este análisis se basa en resultados de muestreo físico-químicos de puntos de agua y está encaminado a comprender los procesos de flujo del agua desde que se infiltra en el subsuelo hasta que se descarga nuevamente a superficie. Durante el tránsito del agua en las unidades hidrogeológicas sus características pueden cambiar por la disolución de iones, razón por la cual se analiza su concentración.



- **Elaboración del Modelo Hidrogeológico Conceptual**

El modelo conceptual busca abstraer de la realidad los aspectos más importantes y representativos desde el punto de vista hidrogeológico, para plasmarlos en una base más sencilla manejable tanto a nivel hidrogeológico como a nivel computacional, buscando siempre representar el medio hidrogeológico de forma fiel a la realidad.

Con base en la información disponible sobre el área de estudio y la recopilada de las investigaciones hidrogeológicas de campo (inventario de puntos de agua, interpretación de ERT y datos geohidráulicos como los obtenidos a partir de las pruebas de slug) se elabora un Modelo Hidrogeológico Conceptual del área de estudio, identificando la relación existente entre las diferentes unidades hidrogeológicas identificadas, los tipos de drenaje dominantes y la dirección preferencial de flujo subterráneo.

- **Definición del Área Influencia y Análisis de la Afectación Potencial y Medidas**

Todas las actividades y análisis realizados mediante la anterior metodología están enfocados a definir un área de influencia hidrogeológica. De forma posterior a la definición de esta área, se realiza también un análisis con el objeto de identificar la potencial afectación del recurso hídrico subterráneo (incluyendo puntos de agua) por las obras que integran el nuevo corredor vial.

Finalmente, de evidenciarse alguna afectación en cantidad o calidad del agua subsuperficial y subterránea, se plantean medidas de manejo sobre los cuerpos impactados.

- **Elaboración de la Red Monitoreo**

En términos generales, son objetivos de una Red de Monitoreo para aguas subterráneas identificar las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas del agua, su estado y variación estacional en cantidad y calidad, los efectos de los procesos naturales y los impactos antrópicos y la estimación de tendencias en cantidad y calidad.

Con base en lo anterior, para concluir y realizar seguimiento del análisis realizado, se elabora una red de monitoreo, especificando los puntos para el monitoreo, incluyendo periodicidad y parámetros a medir a lo largo de la construcción y operación del proyecto vial.

#### **5.1.8.3.1 Área de Influencia Preliminar (Área Estudio)**

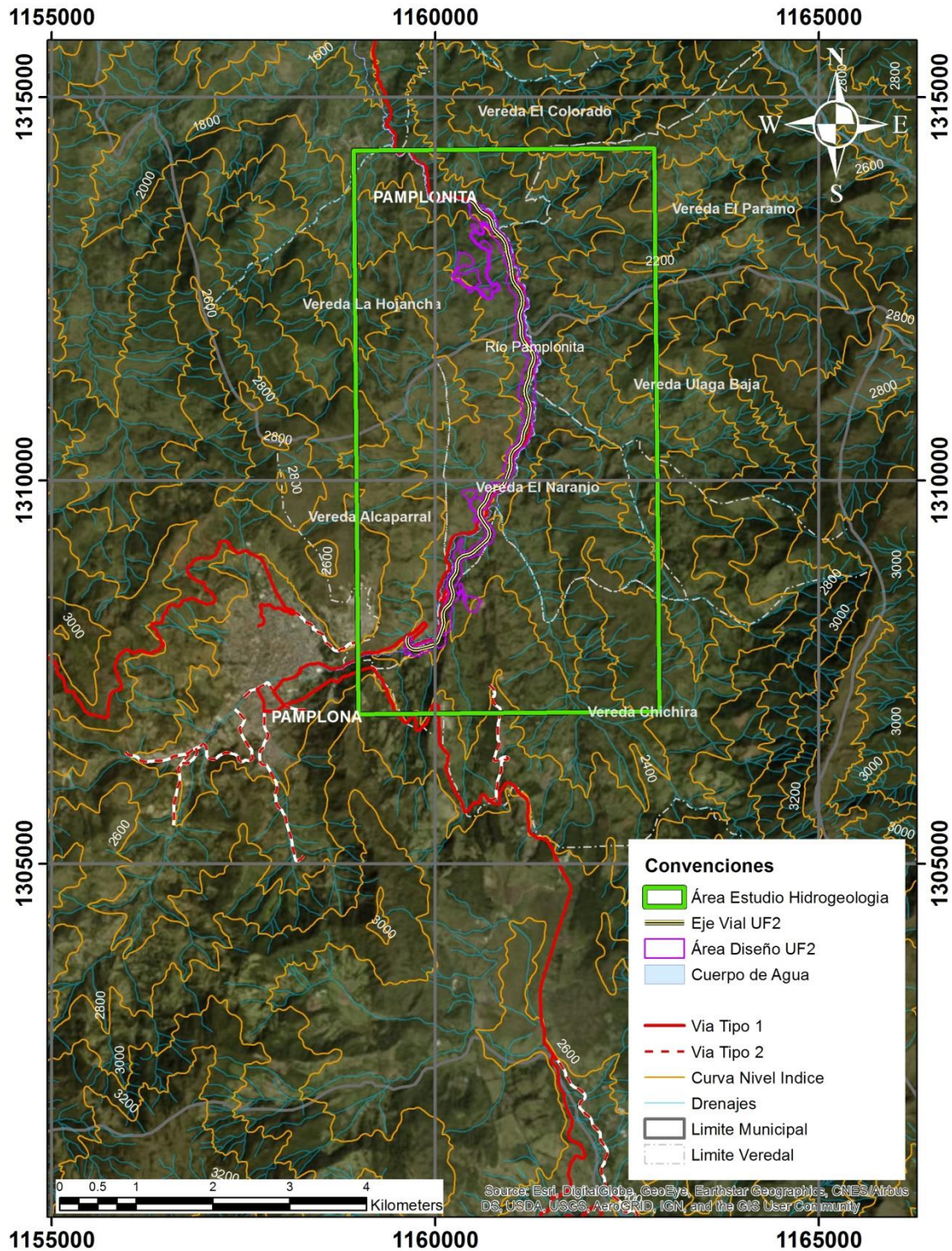
El área de estudio se encuentra localizada en el área circundante al río Pamplona en el departamento de Norte de Santander, entre los municipios de Pamplona y Pamplonita. Las obras correspondientes al eje vial de la Unidad Funcional 2 (UF2) corresponden a una intervención de 8.5 km, entre las cotas 2200 y 1720 msnm.

La selección del área de estudio tiene como objetivo incluir las todas las zonas donde potencialmente pudiesen ocurrir impactos a causa de la construcción y operación del eje vial. El área de estudio se enmarca en un polígono con distancia perpendicular al trazado de la vía de 2 km por lado (buffer), dentro de esta área se realiza un barrido de información con el fin de caracterizar el medio hidrogeológico. A partir del área de estudio seleccionada

se encuentra el área de influencia definitiva. El área de influencia definitiva será aquella donde se manifiesten impactos significativos cuantificables sobre el recurso hídrico subterráneo ocasionados por el desarrollo del proyecto tanto durante la construcción como en la operación.

En la Figura 5.80 se muestra el área de estudio definida, la cual abarca un área de aproximadamente 28 km<sup>2</sup>, teniendo como centroide del polígono, las coordenadas planas proyección en sistema Magna Sirgas Origen Bogotá (1160928.7; 1310643.7).

**Figura 5.80 Área de Estudio para Hidrogeología**



Fuente: Hidrogeocol, 2018



#### 5.1.8.4 Marco Teórico

Como base para la caracterización hidrogeológica del área de estudio, es preciso realizar una síntesis teórica sobre los conceptos básicos utilizados en el desarrollo del documento, así como las definiciones y clasificaciones implementadas.

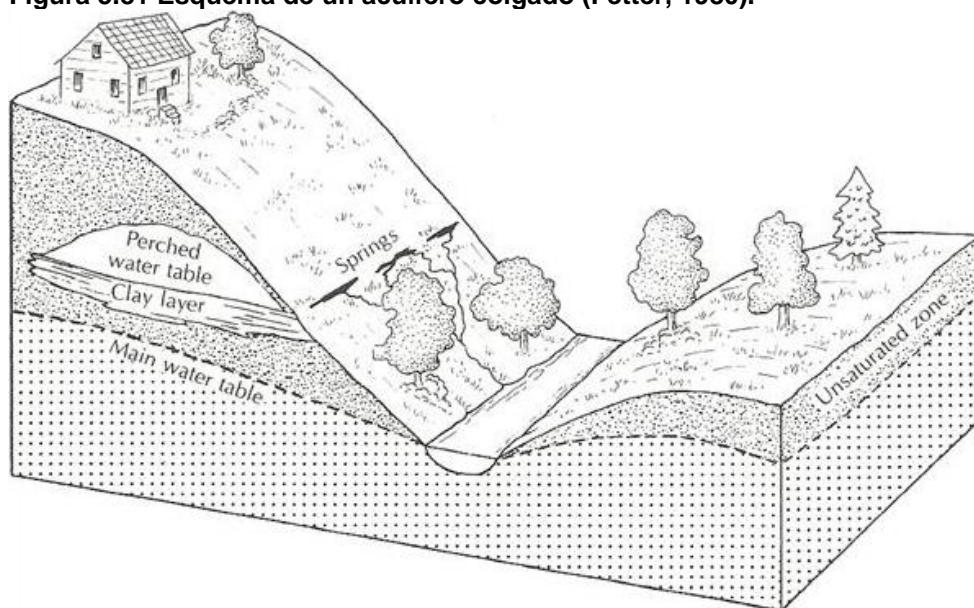
##### 5.1.8.4.1 Definiciones Hidrogeología

- **Acuífero:** Es una formación, grupo de formaciones o parte de una formación que contiene suficiente material saturado permeable para proveer cantidades significativas de agua a pozos, aljibes y manantiales (Wilson & Moore, 1998).
- **Acuitardo:** Es una unidad geológica que no es capaz de transmitir cantidades significativas de agua, bajo gradientes hidráulicos ordinarios (Freeze & Cherry, 1979). En la actualidad el término acuitardo se reemplazó con el término capa confinante (Wilson & Moore, 1998). Sobre este tipo de unidades no es factible ubicar pozos y/o aljibes.
- **Acuífero Libre:** Acuífero en el cual el nivel piezométrico se encuentra a presión atmosférica, dentro de la zona saturada (Wilson & Moore, 1998). La recarga a estos acuíferos se da desde los procesos de infiltración descendente a través de la zona no saturada.
- **Descarga:** Se entiende como el volumen de agua que fluye en un tiempo unitario a través de una corriente o un acuífero.
- **Área de descarga:** Corresponde a un área en la cual el agua subsuperficial, incluyendo agua subterránea y agua de la zona vadosa se descarga a la superficie, a cuerpos de agua superficiales o a la atmosfera (Wilson & Moore, 1998).
- **Descarga específica:** Corresponde a una velocidad aparente calculada a partir de la ecuación de Darcy que corresponde al flujo de agua subterránea por área unitaria de acuífero.
- **Área de recarga:** Es un área bajo la cual el agua alcanza la zona saturada por medio de infiltración y percolación. Por debajo de esta zona existen componentes de gradiente hidráulico que hacen que el agua fluya a zonas más profundas del acuífero (Wilson & Moore, 1998).
- **Filtración Difusa (SEEP):** Corresponde a un área, generalmente pequeña donde el agua percola de la tierra a la superficie. Es usado para flujos muy pequeños para ser considerados manantiales (Wilson & Moore, 1998).
- **Flujo subsuperficial:** Sinónimo de filtración superficial, interflujo y flujo hipodérmico. Es una parte de la precipitación que no se ha filtrado hasta el nivel freático, pero que se descarga como flujo subsuperficial desde el terreno (Unesco, WMO, 2012).
- **Resurgencia:** Reparición por encima del suelo, al final de su recorrido subsuperficial o subterráneo, de una corriente de agua superficial que había desaparecido bajo tierra (Unesco, WMO, 2012).

Con el fin de detallar los últimos 3 conceptos descritos, en la **Figura 5.81** y la **Figura 5.82** se muestran esquemas de manantiales, tal y como son descritos por Fetter (1980).



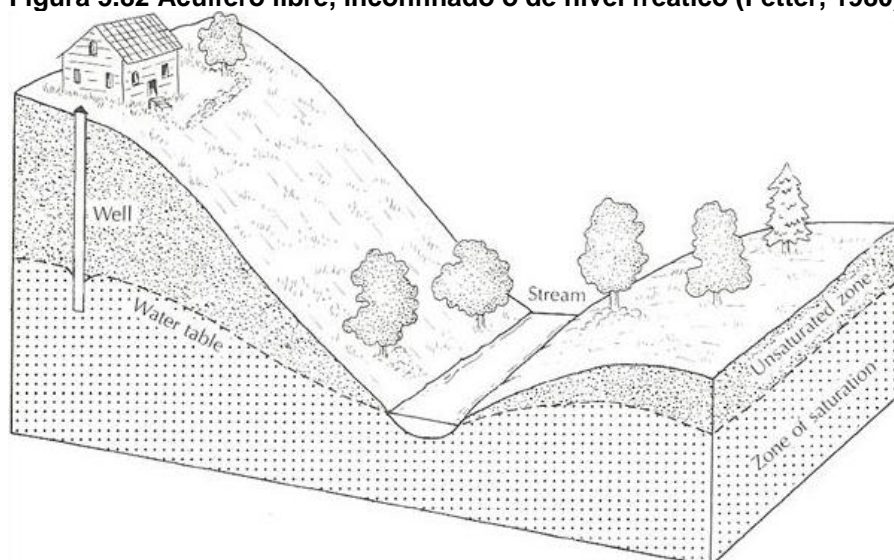
**Figura 5.81 Esquema de un acuífero colgado (Fetter, 1980).**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

En la **Figura 5.86** se puede observar una zona que corresponde a manantiales (springs) ocasionados por niveles colgados (perched water table). Estos flujos de agua a la superficie corresponden a fenómenos locales no relacionados con la tabla de agua principal.

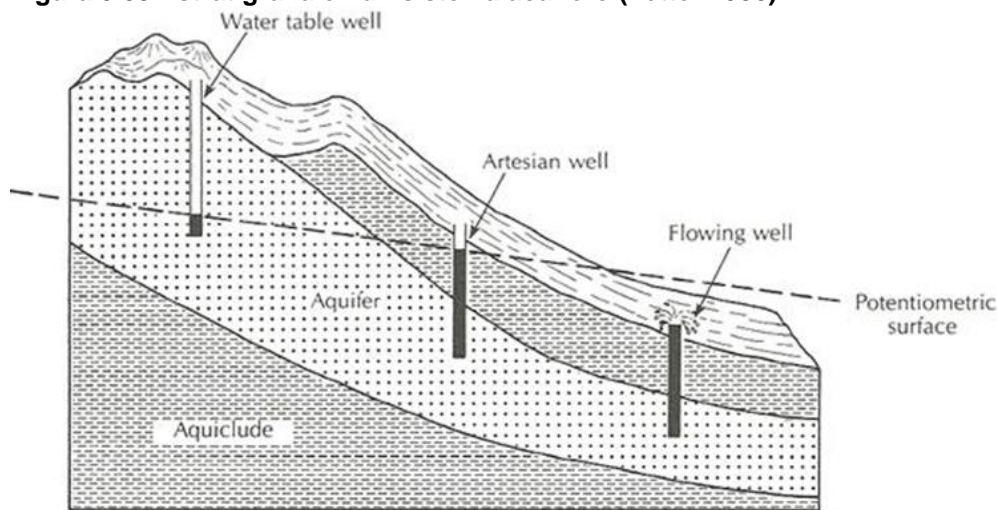
**Figura 5.82 Acuífero libre, inconfinado o de nivel freático (Fetter, 1980)**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

En la **Figura 5.82** se observa el esquema de un acuífero libre de extensión regional, en el cual no hay niveles colgados, por lo cual no se observan afloramientos de agua en superficie a media ladera.

**Figura 5.83 Estratigrafía en un sistema acuífero (Fetter 1980)**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

En la **Figura 5.83** se muestra la estratigrafía de un sistema acuífero el cual se encuentra semiconfinado por capas de baja permeabilidad. (dada la antigüedad de la imagen se mantiene el término acuicludo, ahora en desuso). La zona e recarga se muestra en la zona superior, en donde el acuífero tiene un comportamiento libre, agua abajo, el acuífero se hace confinado.

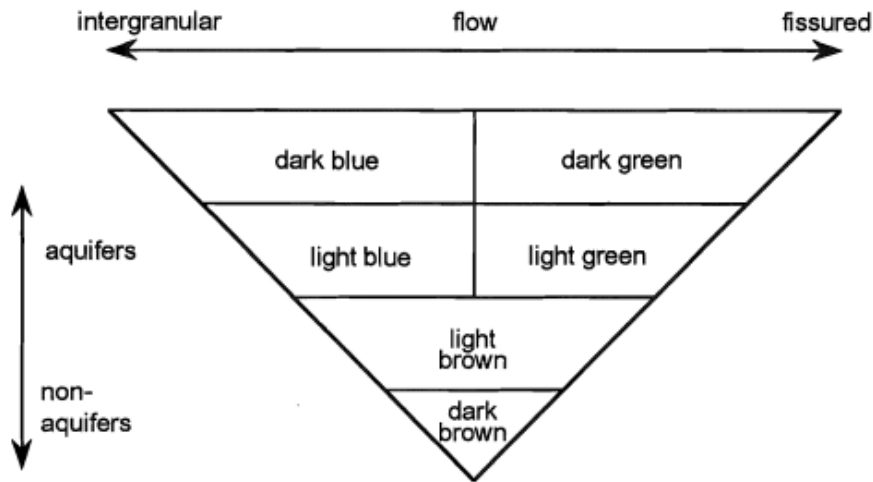
#### 5.1.8.4.2 Clasificación unidades hidrogeológicas

La clasificación de las unidades hidrogeológicas busca determinar de forma global los principales aspectos que controlan el flujo de agua subterránea dentro del área de estudio. Los resultados de la clasificación de unidades serán implementados en el modelo conceptual de forma posterior.

Las unidades hidrogeológicas en el área de estudio se clasifican siguiendo los lineamientos planteados por la Asociación Internacional de Hidrogeología (1995) (en adelante IAH, por sus siglas en inglés). La clasificación de la IAH se basa en el tipo de porosidad dominante en los sedimentos y rocas (Primaria o intergranular y secundaria o por fracturas) y a su potencialidad acuífera, reflejada ésta última en el valor de la Capacidad Específica y la Conductividad Hidráulica de cada unidad, clasificándose las dichas unidades en acuífero, capa confinante y/o unidad sin potencial acuífero.

En la **Figura 5.84** y se muestra el estándar de colores para la representación de unidades hidrogeológicas según la IAH (1995).

**Figura 5.84 Esquema de colores para representación hidrogeológica – IAH (1995)**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Figura 5.85 Ejemplo colores para representación hidrogeológica – IAH (1995)**

**Groundwater and rocks**

Aquifers in which flow is mainly intergranular



extensive and highly productive aquifers



local or discontinuous productive aquifers or extensive but only moderately productive aquifers

Fissured aquifers, including karst aquifers



extensive and highly productive aquifers



local or discontinuous productive aquifers, or extensive but only moderately productive aquifers

Strata (granular or fissured rocks) forming insignificant aquifers with local and limited groundwater resources or strata with essentially no groundwater resources



minor aquifers with local and limited groundwater resources



strata with essentially no groundwater resources

Fuente: Hidrogeocol, 2018

#### **5.1.8.4.3 Pasos para la clasificación de puntos hidrogeológicos**

A continuación se enuncian los pasos del algoritmo de caracterización de los puntos hidrogeológicos:

1. Identificación de aspectos geológicos y geomorfológicos a nivel regional
2. Identificación de localización de surgencias de agua.
3. Realización de pruebas físicas de caracterización. (sondeos, slug, tomografías, SEVs, piezómetros, etc)
4. Filtro de caracterización de puntos de surgencia según ocurrencia geológica y distribución hidrogeológica.
5. Filtro de caracterización de puntos de surgencia según origen y sentido de los flujos.
6. Determinación de condiciones de cercanía y afectación a las obras viales para su clasificación en cuanto a criticidad y medidas requeridas.

Para la clasificación de los puntos hidrogeológicos se tienen en cuenta las definiciones contempladas al inicio del componente hidrogeológico:

**MANANTIAL.** De acuerdo a la definición, es el afloramiento de agua desde una roca o suelo en la superficie del terreno o en otros cuerpos de agua superficial. En este estudio se considera el hecho de que se origina a partir de flujo subterráneo saturado, no de flujo subsuperficial.

**INTERFLUJO o Flujo Subsuperficial.** - Es la segunda clasificación, que corresponde a un flujo que se ha infiltrado pero que no llega hasta el nivel, sino que sigue trayectorias cortas y generalmente aflora en cursos de agua o en el suelo, formando cursos de agua superficial.

**RESURGENCIA.** Es la reaparición en el suelo de un agua o corriente que se ha infiltrado siguiendo trayectorias cortas, o sea se puede considerar también como flujo subsuperficial, y reaparece más aguas abajo del lugar de infiltración.

#### **5.1.8.4.4 Clasificación de los puntos hidrogeológicos**

Los puntos de agua subterránea en una determinada zona pueden estar subdivididos en puntos de agua de origen natural (flujos desde el suelo hacia la superficie) y puntos de agua de origen antrópico, que son aquellos en los cuales existe un flujo de agua desde el suelo hacia la superficie ocasionado a partir de actividades humanas.

Para el presente estudio se generó una clasificación con el fin de cumplir con los objetivos planteados y siguiendo las directrices de los Términos de Referencia del ANLA. Esta clasificación corresponde a una recopilación de la literatura disponible sobre el tema, así como a la experiencia de Hidrogeocol S.A. en el desarrollo de estudios hidrogeológicos.



Para realizar la clasificación de los puntos de agua que existen en la zona se empleó bibliografía académica altamente empleada a nivel mundial. Las principales fuentes citadas se muestran en la siguiente lista. Cabe resaltar que los dos primeros documentos, datan de los años 90's, sin embargo, aun se siguen citando ampliamente en publicaciones indexadas contemporáneas.

- Custodio, E. & Llamas, M.R. (1976). Hidrología Subterránea. OMEGA ESPAÑA
- Wilson, W. & Moore, J. (1998). Glossary of Hydrology. American Geological Institute. Capital City Press.
- Kresic, N. & Stevanovic, Z. (2009). Groundwater Hydrology of Springs: Engineering, Theory, Management and Sustainability
- Fetter C.W. (2001). Applied Hydrogeology. Prentice Hall.
- Glosario Hidrológico Internacional, WMO UNESCO (2012)

Con base en la revisión de la literatura citada se realiza la definición del tipo de puntos de agua que se encuentran presentes en la zona de estudio.

- Puntos Antrópicos: Corresponden a todo elemento construido por el ser humano para la exploración y/o explotación de aguas subterráneas que no están disponibles de manera natural. Estos puntos se encuentran en un sistema hidrogeológico principalmente como:
  - A. Pozos de Agua: Corresponden a excavaciones artificiales, generalmente cilíndricas, realizadas en el suelo. Poseen una profundidad lo suficientemente alta para permitir la penetración en roca con condiciones acuíferas (Wilson & Moore, 1998).
  - B. Piezómetros: Corresponden a perforaciones utilizadas para la medición de carga hidráulica al interior de unidades acuíferas (Wilson & Moore, 1998).
  - C. Aljibes: Corresponden a pozos someros, generalmente de gran diámetro, contruidos mediante excavación manual o por medios diferente a taladros de perforación profunda (Wilson & Moore, 1998).
  - D. Excavaciones y/o modificaciones del terreno: Corresponden a cortes de material en el terreno que modifican la topografía, cortan el nivel freático en un acuífero libre y generan exfiltraciones a partir del suelo.
- Puntos Naturales: Corresponden a todo afloramiento natural de agua desde la matriz de suelo hacia la superficie. Pueden estar asociados a flujos en zona no saturada, a la naturaleza de las rocas, a la posición de la tabla de agua y a la topografía de la zona (Wilson & Moore, 1998).
  - A. Manantiales: Un manantial es un lugar en el cual el agua emerge de forma natural desde una roca o el suelo y fluye hacia la superficie o hacia una masa de agua superficial (Unesco, WMO, 2012). El manantial es entonces el

afloramiento de agua subterránea diferente de los flujos subsuperficiales llamados también interflujos o flujos hipodérmicos, los cuales que tienen generalmente trayectorias mas cortas.

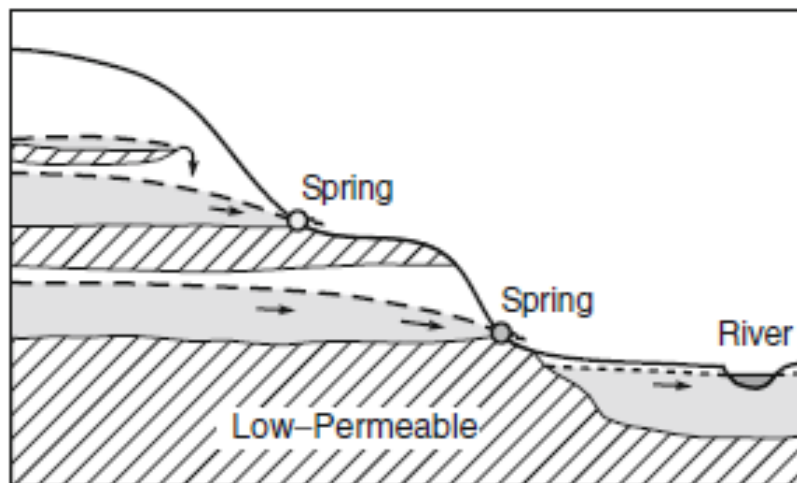
Los manantiales se clasifican de acuerdo con diferentes criterios, entre los cuales suelen ser los más usuales:

- Caudal y estacionalidad.
- Carácter de la carga hidráulica que crea la descarga.
- Unidad y estructura geológica y geomorfológica que controla el caudal (depresión, contacto, barrera, etc).
- Calidad y temperatura del agua

Se han establecido varios criterios para agrupar manantiales, algunos esquemas han sido propuestos por Fuller (1904), Keilhack (1912), Bryan (1919), Meinzer (1923), Clarke (1924), Stiny (1933), Wallace & Alfaro (2001), etc. De los anteriores esquemas, la clasificación de Meinzer, basada en 11 características de los manantiales (físicas y químicas) continúa siendo empleada, detallando únicamente los valores de caudal (1 variable de 11). La clasificación basada únicamente en la descarga promedio del manantial, sin especificar otros parámetros de descarga, no es muy útil y no permite realizar análisis cualitativos/ cuantitativos válidos.

En las siguientes figuras se muestran algunos tipos de manantial, tal y como son definidos por Kresic (2010).

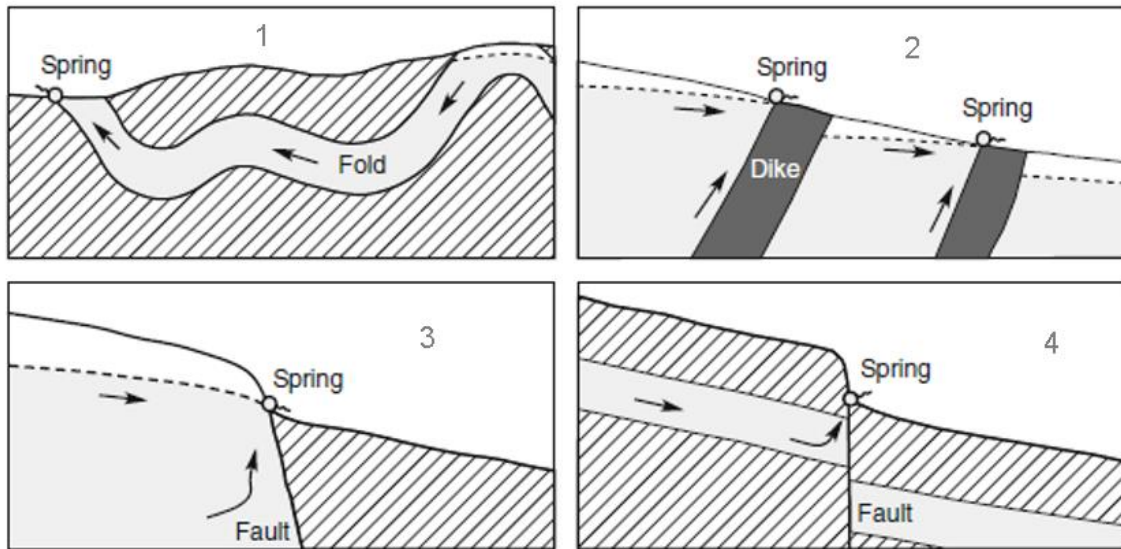
**Figura 5.86 Ocurrencia de manantiales a causa de variables geológicas**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

En la **Figura 5.86** se muestra la ocurrencia de manantiales a causa de capas semiconfinantes en una unidad geológica.

**Figura 5.87 Tipos de manantiales**

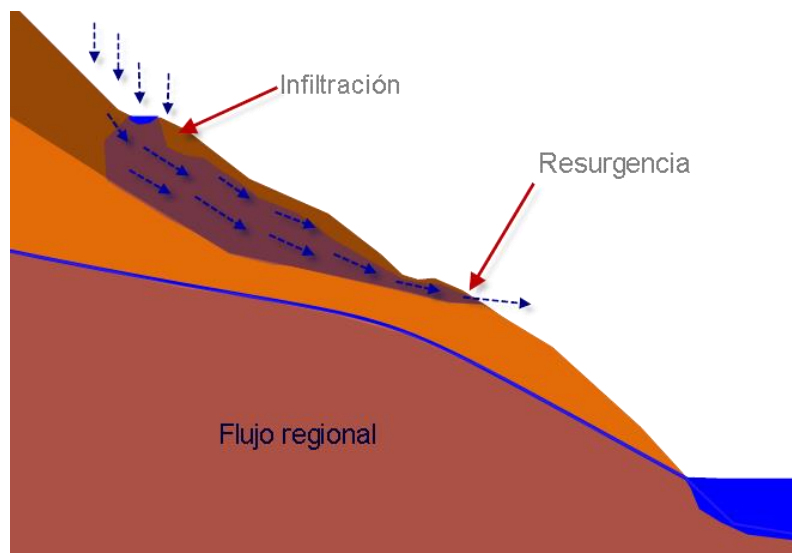


Fuente: Hidrogeocol, 2018 - Kresic (2010).

En la **Figura 5.87** se muestran varios tipos de manantiales. El primero corresponde a un manantial de plegamiento, el segundo a manantiales por barreras de baja permeabilidad, el tercero a manantiales por fallas que ponen en contacto dos formaciones y el cuarto a un manantial por fallas normales que separan dos tipos de formaciones.

- B. Resurgencia (Flujo Secundario): Se define como la reaparición por encima del suelo, al final de su recorrido subterráneo, de una corriente de agua superficial que había desaparecido bajo tierra (Unesco, WMO 2012).

**Figura 5.88 Resurgencia**

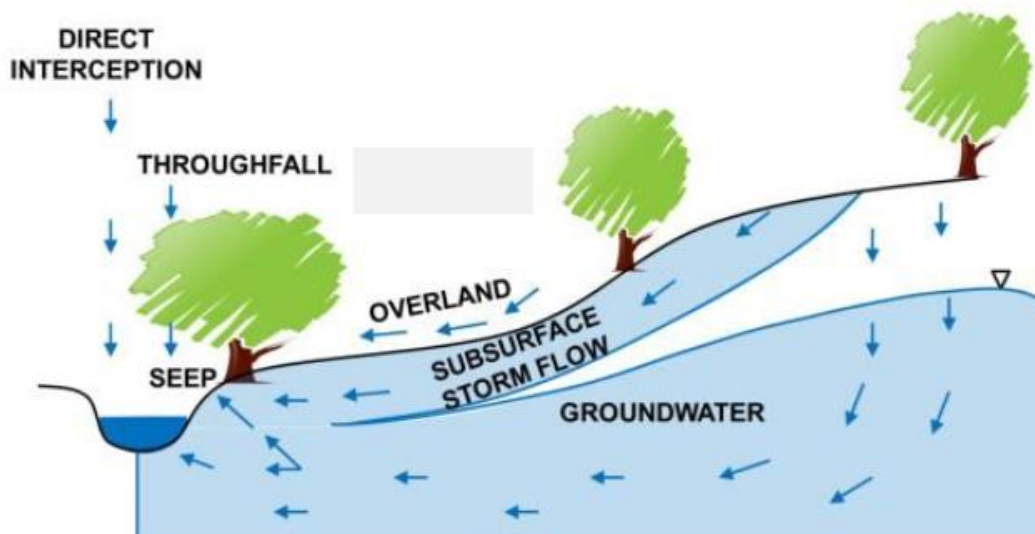


Fuente: Hidrogeocol, 2018

En la **Figura 5.88** se muestra de forma esquemática una resurgencia. Por definición las resurgencias no están asociadas al nivel de flujo regional de la zona, por lo que están asociadas a flujo subsuperficial.

- C. Interflujo: El interflujo es parte de la precipitación que no se ha filtrado hasta el nivel freático pero que se descarga como flujo subsuperficial en los cursos de agua. **Figura 5.89** También se define como el flujo de agua desde zonas de saturación temporales que circula a través de los estratos superiores de una formación geológica a una velocidad muy superior a la de la escorrentía subterránea normal (Unesco, WMO, 2012). Por esta razón también el interflujo se puede considerar como flujo subsuperficial.

**Figura 5.89 Interflujo (SEEP en la imagen)**

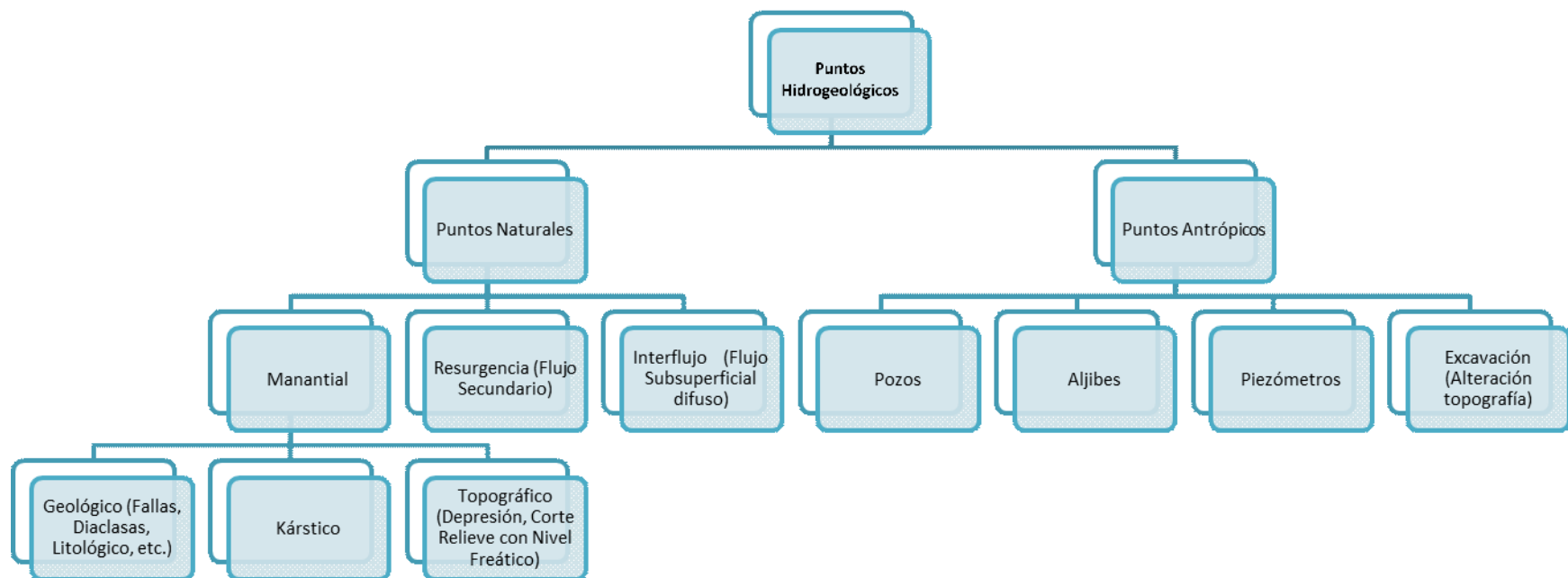


Fuente: Hidrogeocol, 2018

En la **Figura 5.90** se pueden observar los flujos asociados a escorrentía (overland y subsurface storm flow) que finalmente terminan en un SEEP.



**Figura 5.90 Clasificación puntos de agua subterránea**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

#### **5.1.8.5 Geología de referencia**

En el numeral 5.1.1 se presenta la geología de referencia la cual ha sido conciliada entre las diferentes áreas del proyecto. Las características de las unidades y los rasgos estructurales se presentan en el capítulo correspondiente.

#### **5.1.8.6 Inventario y clasificación de puntos hidrogeológicos**

El inventario hidrogeológico consiste en el levantamiento en campo de los puntos de agua no superficial existentes en la zona de estudio.

El inventario se realiza con el objeto de recolectar, ordenar, almacenar y analizar la información básica de las captaciones de agua subterránea en el área de estudio. Permite, además, evaluar la disponibilidad del recurso hídrico, tener una visión global de las características y comportamiento de las unidades potencialmente acuíferas y conocer la dirección del flujo subterráneo.

El inventario se ejecuta consignando la información en el “Formulario Único Nacional Para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea -FUNIAS-” (IDEAM), donde se describen las principales características físicas e hidrogeológicas de las captaciones referidas a manantiales o nacederos, pozos, piezómetros y aljibes. Posteriormente sobre cada punto se realiza una caracterización que permite clasificarlo.

El Inventario base que realiza Hidrogeocol S.A. para el presente estudio, se efectuó con las siguientes etapas:

- i. Identificación e inventario de puntos de agua subsuperficial y subterránea, que a su vez constituyen la línea base hidrogeológica a lo largo del corredor vial. Cada punto de agua subterránea identificado fue descrito siguiendo el Formulario Único Nacional para Inventarios de Aguas Subterráneas (FUNIAS), diseñado por el IDEAM, SGC y MINAMBIENTE. Se obtuvo como resultado una ficha de información de cada uno de los puntos de aguas subterráneas inventariados, con registro fotográfico, cuyas captaciones fueron identificadas con un código y un número de identificación.
- ii. Mediciones de parámetros in – situ de las aguas subterráneas (pH, conductividad eléctrica, Temperatura y Oxígeno Disuelto). Esta información fue diligenciada en el Formulario Único Nacional para Inventarios de Aguas Subterráneas (FUNIAS).
- iii. Reconocimiento de las fuentes de recarga y descarga de las aguas subterráneas y sus direcciones preferenciales de flujo.

Para el trabajo de campo se contó con las siguientes herramientas:

- i. Cartografía preliminar.
- ii. Formatos de campo (FUNIAS).
- iii. Recipientes de volumen conocido para efectuar las correspondientes

- mediciones de caudales.
- iv. Sonda piezométrica.
- v. GPS (Garmin)
- vi. Equipos HANNA INSTRUMENTS, modelos HI98121, HI 98129, HI991300 y termómetro HI 98501 Termómetro digital Checktemp C -50 a 150°C, para medición de parámetros “in situ” de calidad de agua.
- vii. Otros como cámara digital, martillo geológico y brújula, cronómetro.

Se hicieron barridos completos de toda la zona de influencia del proyecto verificando sus condiciones geológicas e hidrogeológicas, identificando los puntos de aguas subsuperficiales y de aguas subterráneas e interactuando con la comunidad; ésta última considerada la fuente de información más importante para el presente estudio.

Para el reconocimiento de campo se contó con dos grupos de trabajo liderado por un ingeniero de minas y un especialista en geología, quienes estuvieron apoyados por cuatro baquianos, estos últimos habitantes de la zona de estudio. Los grupos de campo contaron con el apoyo y asesoría permanente de un grupo de especialistas en hidrogeología conformados por un geólogo senior y un especialista en hidrogeología ambiental e hidroquímica.

Desde el punto de vista hidrogeológico los datos y parámetros medidos “in situ” por cada punto de agua censado fueron:

- i. Caudal de los puntos de agua subsuperficial y subterránea. El 100% de las mediciones de caudal se hicieron con método volumétrico.
- ii. Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pH, Temperatura y Sólidos Totales Disueltos (SDT). Medidos con sonda multiparamétrica (HANNA INSTRUMENTS HI98121, HI 98129, HI991300 y HI 991300). Todas las medidas de pH y conductividad son automáticamente compensadas por temperatura. El instrumento cuenta con calibración de fábrica; en campo se estableció un control de la calibración con soluciones normalizadas provenientes del mismo fabricante del instrumento. La calibración del pH se realizó con frecuencia diaria.
- iii. ORP (mV), medido con una sonda de ORP HANNA INSTRUMENTS, modelo HI 98120. Su sensor de temperatura expuesto provee un rápido tiempo de respuesta y su cercanía garantiza la exacta compensación de temperatura en las lecturas. El instrumento viene calibrado de fábrica; sin embargo, se hicieron lecturas periódicas de control.

#### **5.1.8.6.1 Resultados de campo**

El inventario se realizó en zonas aledañas al trazado vial proyectado, cubriéndose el área de estudio con énfasis en el corredor vial definido contractualmente y con mayor detalle en una franja respecto al eje de la vía que alcanza aprox. 200 m hacia la parte alta de la ladera y hacia la parte baja llega hasta el valle inferior del río Pamplonita. Con lo cual se logra un reconocimiento en campo que cubre con suficiencia el área de influencia hidrogeológica de la UF2.

Los principales objetivos de naturaleza hidrogeológica que se tuvieron en cuenta para la realización del inventario fueron:

- i. Obtener un conocimiento lo más detallado posible del estado actual de los recursos hídricos subterráneos al interior del área de influencia de la vía a cielo abierto de la UF2.
- ii. Identificar los puntos de agua localizados en correspondencia con los principales litotipos presentes en la zona. Específicamente se relacionan las siguientes unidades litológicas:
  - Depósitos Aluviales (Qal).
  - Depósitos Coluviales (Qc).
  - Depósitos Antrópicos (Qant).
  - Conos de deyección (Qcd).
  - Depósitos Fluviotorrenciales (Qft).
  - Depósitos de terrazas (Qt).
  - Formación los Cuervos (Tpic).
  - Formación Barco (Tpb).
  - Formación Bocas (TRb).
  - Formación Colón – Mito Juan (Kscm).
  - Formación la Luna (Ksl).
  - Formación Capacho (Kic).
  - Formación Aguardiente (Kia).
  - Formación Girón (Jg).

Toda la campaña inicial dio lugar a un censo de 50 puntos de agua. Entre los puntos de agua identificados, los puntos correspondientes a aguas subterráneas fueron inventariados en los respectivos formularios FUNIAS y se encuentran en el Anexo 5.1.3 del presente Estudio. Del mismo modo en dicho Anexo se presentan los certificados de calibración de los equipos utilizadas y los resultados de las verificaciones hechas en campo con soluciones buffer.

En el mapa hidrogeológico (Anexo 5.1.3), se presentan todos los puntos de agua recopilados durante el inventario para la UF2 del corredor vial objeto del presente Estudio.



**Tabla 5.106 Puntos Hidrogeológicos Identificados**

Punto	E (m)	N (m)	COTA (msnm)	Q (L/s)
UF2-P01	1160069,48	1308002,16	2135,94	0.21
UF2-P02	1160082,72	1308075,11	2142,51	0.15
UF2-P03	1159751,45	1307853,44	2170,92	0.031
UF2-P05	1159772,12	1307746,31	2216,31	0.01
UF2-P06	1159839,67	1307758,59	2217,38	0.042
UF2-P09	1160040,19	1309265,77	2199,44	0.054
UF2-P10	1161189,93	1311491,95	1916,06	0.048
UF2-P13	1159934,58	1308255,50	2137,75	0.092
UF2-P14	1159579,94	1308160,87	2246,17	0.091
UF2-P15	1159469,48	1308439,96	2290,10	0.032
UF2-P16	1159699,30	1308813,85	2264,69	0.045
UF2-P17	1159493,34	1308678,00	2291,71	0.053
UF2-P22	1160451,90	1309671,35	2053,71	0.055
UF2-P23	1160391,83	1309668,39	2031,99	0.092
UF2-P24	1159640,94	1309748,36	2212,77	0.085
UF2-P25	1161622,88	1312579,64	2015,86	0.029
UF2-P26	1161898,32	1312502,34	2056,00	0.19
UF2-P31	1160897,65	1312758,69	1833,78	0.041
UF2-P32	1160927,41	1312640,19	1844,21	0.005
UF2-P33	1161082,00	1312948,00	1827,00	0.091
UF2-P34	1160415,18	1312490,93	1989,23	0.085
UF2-P36	1160291,04	1312597,17	1996,96	0,095
UF2-P37	1160633,62	1313295,47	1802,29	0.031
UF2-P39	1160577,07	1313331,35	1798,79	0.002
UF2-P40	1160562,23	1313380,42	1796,32	0.003
UF2-P41	1160533,78	1313399,58	1789,65	0.004
UF2-P42	1161752,35	1314167,27	2106,49	0.28
UF2-P43	1161960,22	1314120,39	2103,18	0.17
UF2-P46	1160669,12	1313615,31	21,994,402	0.03
UF2-P47	1160740,82	1313637,45	1794,13	0.097
UF2-P50	1160702,77	1308974,77	2129,71	0.156
UF2-P51	1160654,38	1308911,99	2141,61	0.139
UF2-P52	1160562,50	1313531,54	1749,87	0.021
UF2-P53	1160502,96	1313572,06	1750,62	0.041

Punto	E (m)	N (m)	COTA (msnm)	Q (L/s)
UF2-P54	1160603,91	1313497,83	1742,89	0.02
UF2-P55	1160663,34	1313459,41	1757,88	0.098
UF2-P56	1160665,81	1313411,41	1767,48	0.01
UF2-P57	1160947,07	1312069,41	1884,53	0.213
UF2-P58	1161085,96	1311507,65	1958,98	0.091
UF2-P59	1160929,97	1310346,42	1994,74	0.048
UF2-P60	1160784,31	1310009,41	1998,95	0.562
UF2-P61	1159700,82	1307734,02	2211,70	0.19
UF2-P62	1160798,15	1309390,71	2013,34	0.002
UF2-P63	1160853,33	1309368,54	2004,88	0.002
UF2-P64	1160671,10	1309269,38	2044,77	0.089
UF2-P66	1161092,83	1311064,05	1982,11	0.12
UF2-P67	1161582,35	1311540,04	1984,24	0.23
UF2-P68	1160982,45	1310239,95	1965,37	0.411
UF2-P69	1161332,26	1310118,74	2057,01	0.12
UF2-P70	1160812,45	1309239,09	2059,28	0.018

Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Tabla 5.107 Puntos Naturales**

Punto	Tipo_Hgeocol	E (m)	N (m)	COTA (msnm)	Q (L/s)	Formación Geológica	pH	Conductividad (µs/cm)	T (°C)	SDT (mg/L)
UF2-P01	Resurgencia	1160069.48	1308002.16	2135.9	0.21	Depósitos coluviales	7.13	440	17.14	220
UF2-P02	Resurgencia	1160082.72	1308075.11	2142.5	0.15	Depósitos coluviales	6.91	195	16.9	97
UF2-P26	Manantial	1161898.32	1312502.34	2055.9	0.19	Formación Bocas	7.14	117	17.69	59
UF2-P42	Manantial	1161752.35	1314167.27	2106.4	0.28	Formación Girón	7.8	361	16.23	181
UF2-P43	Manantial	1161960.22	1314120.39	2103.1	0.17	Formación Girón	7.5	342	16.48	171
UF2-P50	Manantial	1160702.77	1308974.77	2129.7	0.156	Depósitos coluviales	7.21	70	17.2	30
UF2-P51	Manantial	1160654.38	1308911.99	2141.6	0.139	Formación Colon Mito Juan	7.3	95	17.58	50
UF2-P57	Manantial	1160947.07	1312069.41	1884.5	0.213	Depósitos coluviales	7.65	513	19.4	210
UF2-P58	Manantial	1161085.96	1311507.65	1958.9	0.091	Formación Colon Mito Juan	6.8	87	18.81	49
UF2-P60	Manantial	1160784.31	1310009.41	1998.9	0.562	Formación Colon Mito Juan	6.71	50	18.26	29
UF2-P64	Resurgencia	1160671.1	1309269.38	2044.7	0.089	Formación Colon Mito Juan	7.32	89	18.29	51.7
UF2-P66	Manantial	1161092.83	1311064.05	1982.1	0.12	Depósitos coluviales	6.62	85	19.29	45
UF2-P67	Manantial	1161582.35	1311540.04	1984.2	0.23	Formación Aguardiente	6.8	125	18.57	60
UF2-P69	Manantial	1161332.26	1310118.74	2057.0	0.12	Formación La Luna	7.3	56	18.7	29
UF2-P03	Interflujo	1159751.45	1307853.44	2170.9	0.031	Depósitos coluviales	7.26	577	17.34	289
UF2-P05	Interflujo	1159772.12	1307746.31	2216.3	0.01	Depósitos coluviales	7.12	137	16.1	69
UF2-P06	Interflujo	1159839.67	1307758.59	2217.3	0.042	Depósitos coluviales	7.21	380	17.6	190
UF2-P09	Resurgencia	1160040.19	1309265.77	2199.4	0.054	Formación La Luna	7.21	284	15.86	142
UF2-P10	Resurgencia	1161189.93	1311491.95	1916.0	0.048	Depósitos coluviales	7.23	33	18.74	66
UF2-P13	Interflujo	1159934.58	1308255.5	2137.7	0.092	Depósitos coluviales	7.12	592	17.9	214
UF2-P14	Resurgencia	1159579.94	1308160.87	2246.1	0.091	Depósitos coluviales	7.34	334	17.53	167
UF2-P15	Resurgencia	1159469.48	1308439.96	2290.1	0.032	Formación	7.12	24	16.7	12

Punto	Tipo_Hgeocol	E (m)	N (m)	COTA (msnm)	Q (L/s)	Formación Geológica	pH	Conductividad (μs/cm)	T (°C)	SDT (mg/L)
						Aguardiente				
UF2-P16	Interflujo	1159699.3	1308813.85	2264.6	0.045	Formación Capacho	7.25	190	17.09	95
UF2-P17	Resurgencia	1159493.34	1308678	2291.7	0.053	Formación Aguardiente	7.16	84	17.15	42
UF2-P22	Interflujo	1160451.9	1309671.35	2053.7	0.055	Depósitos coluviales	7.45	197	16.1	98
UF2-P23	Interflujo	1160391.83	1309668.39	2031.9	0.092	Depósitos coluviales	7.24	161	16.8	81
UF2-P24	Interflujo	1159640.94	1309748.36	2212.7	0.085	Formación Capacho	7.11	178	16.82	89
UF2-P32	Resurgencia	1160927.41	1312640.19	1844.2	0.005	Depósitos coluviales	7.01	671	17.22	331
UF2-P33	Resurgencia	1161082	1312948	1827	0.091	Depósitos coluviales	6.88	376	19.77	188
UF2-P34	Interflujo	1160415.18	1312490.93	1989.2	0.085	Depósitos coluviales	7.25	56	17.87	22
UF2-P36	Resurgencia	1160291.04	1312597.17	1996.9	0.095	Formación Colon Mito Juan	7.12	49	18.01	18
UF2-P37	Resurgencia	1160633.62	1313295.47	1802.2	0.031	Formación Tablazo	7.38	550	17.67	320
UF2-P39	Interflujo	1160577.07	1313331.35	1798.79	0.002	Formación Tablazo	7.1	398	18.33	199
UF2-P47	Resurgencia	1160740.82	1313637.45	1794.1	0.097	Formación Tablazo	7.2	351	19.34	175
UF2-P52	Resurgencia	1160562.5	1313531.54	1749.8	0.021	Depósitos fluvioaluviales de terrazas	7.14	219	19.21	109
UF2-P53	Interflujo	1160502.96	1313572.06	1750.6	0.041	Depósitos coluviales	7.4	319	18.12	145
UF2-P54	Resurgencia	1160603.91	1313497.83	1742.8	0.02	Depósitos fluvioaluviales de terrazas	6.91	367	18.5	189
UF2-P59	Interflujo	1160929.97	1310346.42	1994.7	0.048	Depósitos coluviales	6.85	50	18.34	22
UF2-P61	Interflujo	1159700.82	1307734.02	2211.7	0.19	Depósitos coluviales	7.12	390	16.9	195
UF2-P70	Resurgencia	1160812.45	1309239.09	2059.2	0.018	Depósitos coluviales	6.8	49.2	16.9	48.1

Fuente: Hidrogeocol, 2018




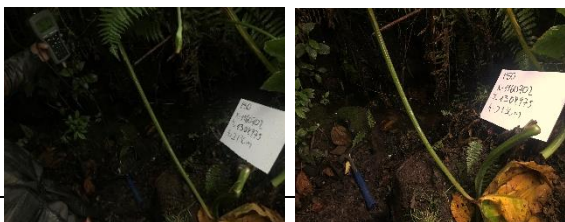





**Tabla 5.108 Puntos Antrópicos**

Punto	Tipo_Hgeocol	E (m)	N (m)	COTA (msnm)	Q (L/s)	Formación Geológica	Potencial de hidrogeno (pH)	Conductividad (µs/cm)	T (°C)	SDT (mg/L)
UF2-P25	Excavación	1161622.88	1312579.64	2015.8	0.029	Formación Girón	7.35	379	16.72	48.2
UF2-P31	Excavación	1160897.65	1312758.69	1833.7	0.041	Depósitos coluviales	6.89	650	20.17	339
UF2-P40	Excavación	1160562.22	1313380.42	1796.3	0.003	Depósitos coluviales	7.5	298	19.2	198
UF2-P41	Excavación	1160533.78	1313399.58	1789.6	0.004	Formación Los Cuervos	7.4	195	18.72	97
UF2-P46	Excavación	1160669.12	1313615.31	1761.2	0.03	Formación Tablazo	7.01	153	21.7	69
UF2-P55	Excavación	1160663.34	1313459.41	1757.8	0.098	Depósitos coluviales	7.41	492	19.2	246
UF2-P56	Excavación	1160665.81	1313411.41	1767.4	0.01	Depósitos coluviales	7.1	346	19.1	190
UF2-P62	Excavación	1160798.15	1309390.71	2013.34	0.002	Depósitos coluviales	6.81	50.1	18.1	67.8
UF2-P63	Excavación	1160853.33	1309368.54	2004.8	0.002	Depósitos fluviotorrenciales de terrazas	6.84	133	19.5	66
UF2-P68	Excavación	1160982.45	1310239.95	1965.3	0.411	Formación Colon Mito Juan	6.2	507	19.9	253







Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Tabla 5.109 Puntos Naturales – Registro de Visita**


Punto Manantiales	Fotos Manantiales	Descripción
UF2- P26		Manantial ubicado en la vereda el Páramo, dónde geológicamente se encuentra sobre la Formación Bocas conformada por intercalaciones de areniscas y lutitas de color gris, de edad Triásico – Jurásico.
UF2- P42		Manantial ubicado en la vereda el Páramo, dónde geológicamente se encuentra sobre la Formación Girón, conformada por arenisca conglomerática y conglomerado de color gris amarillento a pardo rojizo, con intercalaciones de limolita parda rojiza de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior.
UF2-P43		Manantial ubicado en la vereda el Páramo, dónde geológicamente se encuentra sobre la Formación Girón, conformada por arenisca conglomerática y conglomerado de color gris amarillento a pardo rojizo, con intercalaciones de limolita parda rojiza de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior.
UF2-P50		Manantial ubicado en la vereda Chichira dónde geológicamente se encuentra sobre Depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la

Punto Manantiales	Fotos Manantiales	Descripción
		formación Capacho y Barco.
UF2- P51		Manantial ubicado en la vereda Chichira donde geológicamente se encuentra sobre Depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.
UF2- P57		Manantial ubicado en la vereda la Hojancha donde geológicamente se encuentra sobre Depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.
UF2- P58		Manantial ubicado en la vereda El Naranjo donde geológicamente se encuentra sobre La Formación Colón- Mito Juan, conformada por lutita gris verdosa con algunas capas limolíticas a arenosas y mantos delgados de carbón de edad Campaniano-maastrichtiano.



Punto Manantiales	Fotos Manantiales		Descripción
UF2-P60			Manantial ubicado en la vereda El Naranjo dónde geológicamente se encuentra sobre Depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.
UF2- P66			Manantial ubicado en la vereda El Naranjo dónde geológicamente se encuentra sobre Depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.
UF2- P67			Manantial ubicado en la Ulaga Baja dónde geológicamente se encuentra ubicado sobre la Formación Aguardiente conformada por arenisca clara, dura, de grano fino a grueso, con algunas capas de limolita y lutita carbonácea de edad Albiano Inferior y Medio.






Punto Manantiales	Fotos Manantiales	Descripción
UF2- P69		<p>Manantial ubicado en la vereda El Naranjo dónde geológicamente se encuentra sobre la Formación la Luna conformada por capas delgadas de color gris oscuro a negro con presencia de fósiles y algunas concreciones de edad Turoniano-Santoniano.</p>

**Tabla 5.110 Puntos Subsuperficiales – Registro de Visita**

Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos	Descripción Geológica
UF2-P01		Resurgencia ubicada en la vereda Chichira sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.
UF2- P02		Resurgencia ubicada en la vereda Chichira sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.



Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos	Descripción Geológica
UF2-P09		Resurgencia ubicada en la Vereda Alcaparral dónde geológicamente se encuentra sobre la Formación la Luna conformada por capas delgadas de color gris oscuro a negro con presencia de fósiles y algunas concreciones de edad Turoniano-Santoniano
UF2-P10		Resurgencia ubicada en la Vereda El naranjo dónde geológicamente se encuentra sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.






Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos	Descripción Geológica
UF2-P14		Resurgencia ubicada en la Vereda Alcaparral dónde geológicamente se encuentra sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco
UF2-P15		Resurgencia ubicada en la Vereda Alcaparral dónde geológicamente se encuentra sobre la Formación Aguardiente conformada por arenisca clara, dura, de grano fino a grueso, con algunas capas de limolita y lutita carbonácea de edad Albiano Inferior y Medio.
UF2-P17		Resurgencia ubicada en la Vereda Alcaparral dónde geológicamente se encuentra sobre la Formación Aguardiente conformada por arenisca clara, dura, de grano fino a grueso, con algunas capas de limolita y lutita carbonácea de edad Albiano Inferior y Medio.







Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos	Descripción Geológica
UF2-P32		Resurgencia ubicada en la Vereda la Hojancha dónde geológicamente se encuentra sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.
UF2-P33		Resurgencia ubicada en la Vereda El Páramo dónde geológicamente se encuentra sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.



Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos	Descripción Geológica
UF2-P36		Resurgencia ubicada en la Vereda la Hojancha dónde geológicamente se encuentra sobre La Formación Colón-Mito Juan, conformada por lutita gris verdosa con algunas capas limolíticas a arenosas y mantos delgados de carbón de edad Campaniano-maastrichtiano.
UF2-P37		Resurgencia ubicada en la Vereda la Hojancha dónde geológicamente se encuentra sobre la Formación Tablazo conformada por caliza gris arenosa a arcillosa, fosilífera con intercalación de areniscas de grano fino y lutita gris de edad Aptiano Superior- Albano Inferior.
UF2-P47		Resurgencia ubicada en la Vereda El Colorado dónde geológicamente se encuentra sobre la Formación Tablazo conformada por caliza gris arenosa a arcillosa, fosilífera con intercalación de areniscas de grano fino y lutita gri de edad Aptiano Superior- Albano Inferior






Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos	Descripción Geológica
UF2-P52		Resurgencia ubicada en la Vereda la Hojancha dónde geológicamente se encuentra sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.
UF2-P54		Resurgencia ubicada en la Vereda la Hojancha dónde geológicamente se encuentra sobre depósitos fluvio-torrenciales de terrazas conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.
UF2- P64		Resurgencia ubicada en la Vereda El naranjo dónde geológicamente se encuentra sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.




Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos		Descripción Geológica
UF2-P70			Resurgencia ubicada en la vereda Chichira sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.
UF2-P53			Resurgencia ubicada en la vereda la Hojancha sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.



Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos	Descripción Geológica
UF2-P39		Resurgencia ubicada en la vereda la Hojancha sobre suelo residual limo arcilloso, producto de la meteorización de la Formación Capacho conformada por lutitas gris oscura y calizas.
UF2-P34		Resurgencia ubicada en la vereda la Hojancha sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.

Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos	Descripción Geológica
UF2-P16		Interflujo ubicado en la vereda Alcaparral sobre sobre suelo residual limo arcilloso, producto de la meteorización de la Formación Capacho conformada por lutitas gris oscura y calizas.
UF2- P59		Interflujo ubicado en la vereda el Naranjo sobre sobre suelo residual limo arcilloso, producto de la meteorización de la Formación Colon Mito Juan conformada por lutitas gris oscura y calizas.
UF2- P23		Interflujo ubicado en la vereda el Naranjo sobre sobre suelo residual limo arcilloso, producto de la meteorización de la Formación Colon Mito Juan conformada por lutitas gris oscura y calizas.






Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos	Descripción Geológica
UF2- P22		Interflujo ubicado en la vereda el Naranjo sobre suelo residual limo arcilloso, producto de la meteorización de la Formación Colon Mito Juan conformada por lutitas gris oscura y calizas.
UF2- P03		Interflujo ubicado en la vereda Alcaparral sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.
UF2- P05		Interflujo ubicado en la vereda Chichira sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.




Punto	Fotos Resurgencias e Interflujos	Descripción Geológica
UF2- P61		Interflujo ubicado en la vereda Chíchira sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.

**Tabla 5.111 Puntos Antrópicos – Registro de Visita**

Punto Excavaciones	Fotos Excavaciones	Descripción Geológica
UF2-P68 (Kscm)		Antigua mina de carbón, ubicada en la vereda el Naranjo, en la Formación Colón Mito Juan, el punto se encuentra en la margen izquierda de la vía dirección Pamplona - Cúcuta y está conformada por lutita gris verdosa con algunas capas limolíticas a arenosas y mantos delgados de carbón.



<p><b>UF2-P63</b> (Qt)</p>		<p>Zanja sin uso aparente. Ubicada sobre el cuaternario aluvial terrazas, en la vereda el Naranjo, conformados por cantos, gravas, arenas, limos y arcillas de composición ígnea y sedimentaria con mala selección, embebidos en una matriz limo arcillosa.</p>
<p><b>UF2-P62</b> (Qc)</p>		<p>Zanja ubicada en la vereda el Naranjo ubicada sobre depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.</p>
<p><b>UF2-P56</b> (Qc)</p>		<p>Zanja ubicada en la vereda Hojanca conformada por depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo.</p>

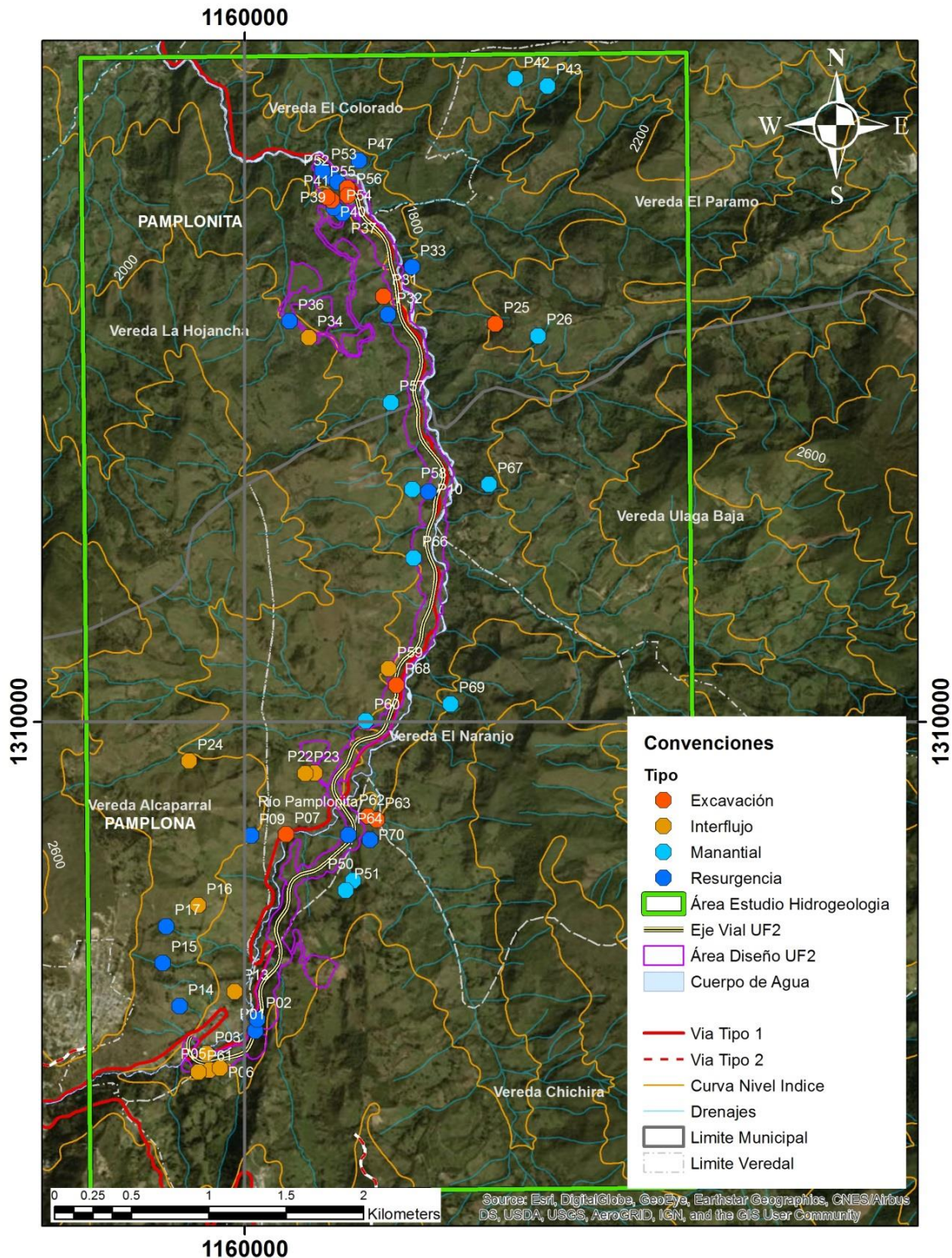
<p><b>UF2-P55</b> (Qc)</p>		<p>Excavación ubicada en la vereda Hojanca conformada por depósitos coluviales comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo.</p>
<p><b>UF2-P46</b></p>		<p>Excavación ubicada en la vereda El Colorado, sin uso aparente, se encuentra sobre suelo residual limo arcilloso.</p>
<p><b>UF2-P41</b></p>		<p>Zanja ubicada en la vereda Hojanca, se encuentra sobre suelo residual limo arcilloso.</p>



<b>UF2-P40</b>		Zanja ubicada en la vereda Hojancha, donde se observan fragmentos pequeños de lodolitas poco redondeados en una matriz limoarcillosa con alta presencia de materia orgánica.
<b>UF2-P31 (Qc)</b>		Corte del terreno ubicado en la vereda Hojancha, donde se observan fragmentos pequeños de lodolitas poco redondeados en una matriz limoarcillosa con alta presencia de materia orgánica.

Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Figura 5.91 Puntos de Agua Inventariados – UF2**



Fuente: Hidrogeocol, 2018



- Caudales característicos de los puntos de agua:

Para su clasificación en términos de caudal producido, la cual se ilustra en la **Tabla 5.112** y clasifica los manantiales en 8 grupos. Donde el primer grupo generalmente corresponde a manantiales muy grandes, con una capacidad de producción muy alta, y el octavo grupo a manantiales muy pequeños, con una capacidad de producción muy modesta a insignificante, que es la regla en la zona del proyecto.

**Tabla 5.112 Clasificación de manantiales de acuerdo con su caudal**

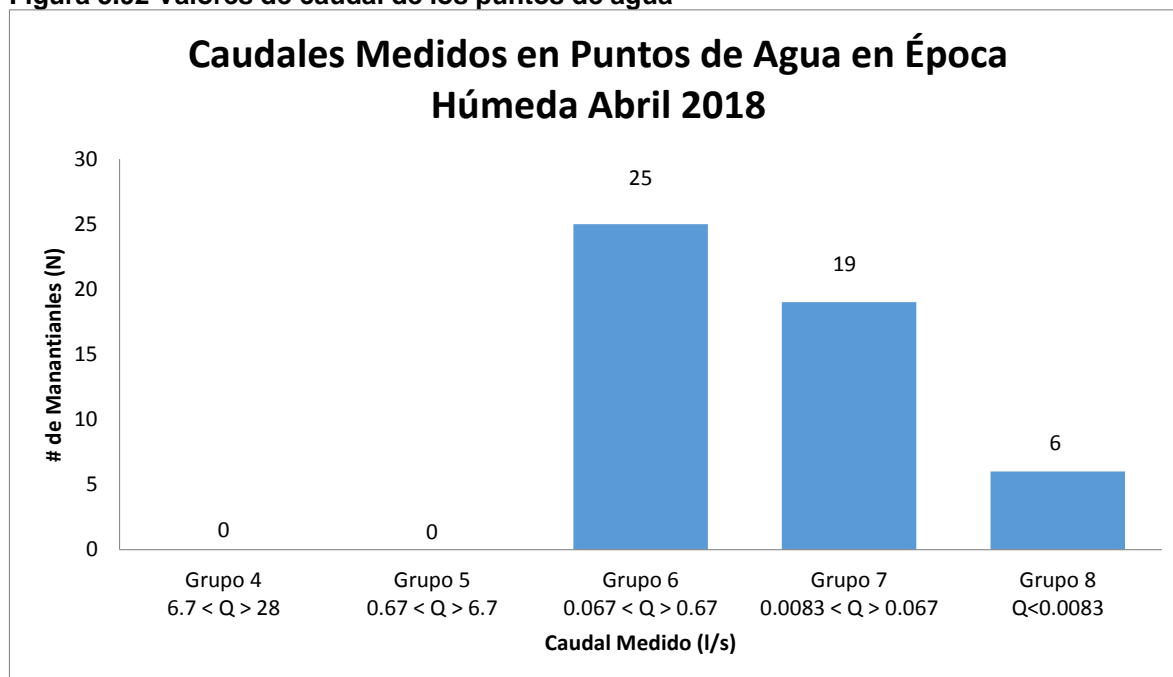
GRUPO	Q (L/s)
Primero	$Q \geq 2800 \text{ L/s}$
Segundo	$280 \text{ L/s} \leq Q < 2800 \text{ L/s}$
Tercero	$28 \text{ L/s} \leq Q < 280 \text{ L/s}$
Cuarto	$6,7 \text{ L/s} \leq Q < 28 \text{ L/s}$
Quinto	$0,67 \text{ L/s} \leq Q < 6,7 \text{ L/s}$
Sexto	$0,067 \text{ L/s} < Q < 0,67 \text{ L/s}$
Séptimo	$0,0083 \text{ L/s} \leq Q < 0,067 \text{ L/s}$
Octavo	$Q < 0,0083 \text{ L/s}$

Fuente: Meinzer, 1923

La clasificación propuesta por Menzer es extensible a otros puntos de agua no clasificables como manantiales.

En la **Figura 5.92**, se reportan los valores de caudales medidos “in situ” durante el inventario realizado (Nov\_Dic\_2017) para los puntos de agua identificados. Los registros de los aforos realizados en puntos de agua subterránea se pueden consultar en los respectivos formatos FUNIAS que se presentan en el Anexo 5.1.3.

**Figura 5.92 Valores de caudal de los puntos de agua**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

Del análisis de los datos reportados en la Figura 5.92, resulta lo siguiente para los caudales medidos durante el periodo prevalentemente húmedo en el que se realizó el inventario:

- i. 25 de los 50 puntos de agua aforados se ubican en los grupos 6 y 19 en el grupo 7. Lo que equivale a decir que el 88% de los puntos de agua aforados presentan caudales bajos a muy bajos, inferiores todos ellos a 0,67 l/s (21129 m<sup>3</sup>/año).
- ii. 6 de los 50 puntos de agua aforados se ubican en el grupo 8. Es decir, el 12% restante presenta caudales prácticamente insignificantes, inferiores a 0,0083 l/s (262 m<sup>3</sup>/año).

Respecto a la cantidad de agua presente en los puntos de agua aforados se tiene que en la totalidad de puntos medidos durante el inventario se registraron los caudales medios indicados en la **Tabla 5.126** “Caudales de puntos inventariados”.

Los bajos caudales son indicativos de una circulación poco profunda generalmente asociadas a zonas de recarga y almacenamientos de poca extensión, o a interflujos y resurgencias, presentes en los depósitos cuaternarios y en las zonas alteradas y fracturadas del basamento rocoso o rocas permeables, así como en la zona no saturada del suelo, respectivamente. Debido a que la localización de los puntos de agua se da primordialmente en zona de descarga, en particular en el perímetro cercano al eje de la nueva calzada, se evidencia que se trata fundamentalmente de interflujos (flujos subsuperficiales), resurgencias y excavaciones.

Considerando el bajo caudal de la mayoría de puntos de agua identificados durante el inventario realizado en época húmeda, se recomienda esperar al nuevo inventario en época

prevalentemente seca para una confirmación de la caracterización de puntos de agua, la cual bajo condiciones normales del ciclo hidrológico ha debido ser entre los meses de enero y febrero, pero dadas las variaciones actuales de los regímenes pluviométricos a nivel mundial no se ha presentado, teniendo que esperar que se presenten condiciones hidrometeorológicas estables. Esto con el objeto de corroborar la permanencia de los distintos puntos de agua identificados.

#### Conductividad Eléctrica y Sólidos Totales Disueltos del agua subterránea (STD):

La conductividad eléctrica o específica de las aguas subsuperficiales y de las aguas subterráneas (aquí expresada en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a  $25^\circ\text{C}$ ) depende de una serie de factores ligados esencialmente a la naturaleza litológica del acuífero. Además de esto, también la temperatura del agua, su profundidad y el tiempo de residencia en el acuífero afectan los valores de conductividad eléctrica. Éste último factor depende a su vez de la longitud del recorrido y de la velocidad de flujo.

La conductividad eléctrica provee información sobre la cantidad total de sales disueltas ( $\text{mg}/\text{L}$ ), dado que su valor es directamente proporcional a la concentración total. Los dos factores son correlacionables con la siguiente relación lineal<sup>17</sup>.

$$\text{SDT} = \alpha * \text{COND}$$

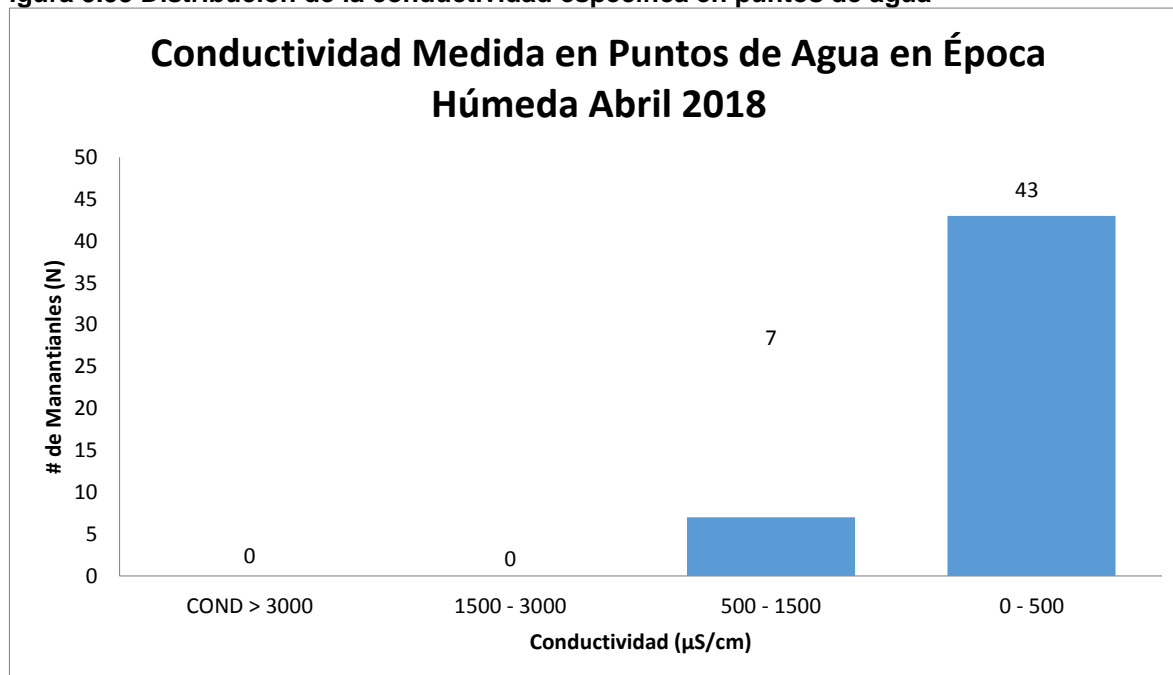
Donde  $\alpha$ , que corresponde al coeficiente angular de la recta, puede variar dependiendo de las especies disueltas en el agua.

En la **figura 5.93** y **Figura 5.94**, se reporta la distribución de la conductividad y los STD en cada uno de los puntos de agua muestreados durante el inventario realizado. Los parámetros fisicoquímicos medidos “in situ” se pueden consultar en los respectivos registros presentados en el **Anexo 5.1.3**.

---

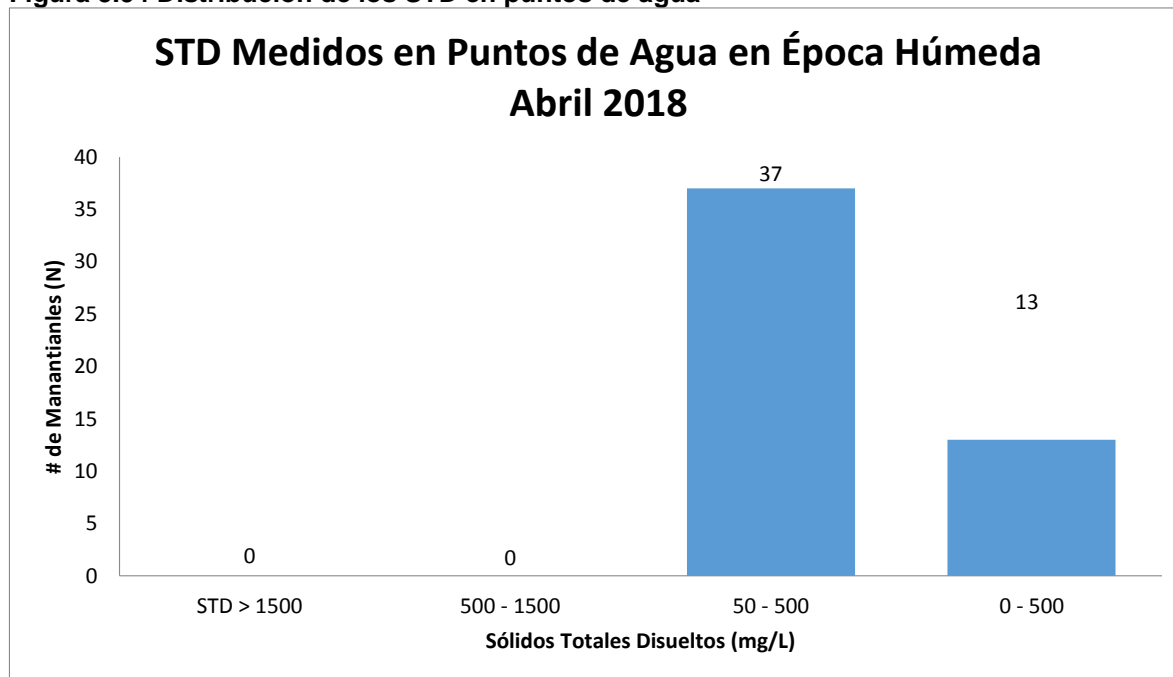
<sup>17</sup> Célico, 1986.

**Figura 5.93 Distribución de la conductividad específica en puntos de agua**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Figura 5.94 Distribución de los STD en puntos de agua**



Fuente: Hidrogeocol, 2018



De los 50 puntos de agua reportados en la **Tabla 5.112**, la **igura 5.93** y la **Figura 5.94** se destaca lo siguiente:

- i. 43 puntos de agua que representan el 86% del total de puntos muestreados, presentan valores de conductividad comprendidos entre 0 y 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que corresponde a una mineralización total inferior a 250 mg/L.
- ii. 7 puntos de agua restantes que representan el 4% del total de puntos muestreados, presentan valores de conductividad comprendidos entre 500 y 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que corresponden a una mineralización total comprendida entre 250 mg/L y 340 mg/L.

Existen diferentes clasificaciones del agua en función de su mineralización total. Una de estas, aplicada al agua potable y mineral en Europa<sup>18</sup>, identifica cuatro categorías:

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| i. $\text{STD} \leq 50 \text{ mg/l}$                      | Agua muy poco mineralizada.     |
| ii. $\text{STD} < 50 \text{ y } \leq 500 \text{ mg/l}$    | Agua ligeramente mineralizada.  |
| iii. $\text{STD} < 500 \text{ y } \leq 1500 \text{ mg/l}$ | Agua medianamente mineralizada. |
| iv. $\text{STD} > 1500 \text{ mg/l}$                      | Agua rica en sales minerales.   |

Bajo esta clasificación, el agua muestreada en los 50 puntos caracterizados se ubica en los siguientes rangos (ver *Figura 5.94*):

- i. 37 puntos de agua que representan el 74% del total de puntos muestreados, presentan valores de STD comprendidos entre 0 y 50 mg/l.
- ii. Los 12 puntos de agua restantes que representan el 26% del total de puntos muestreados, presentan valores de STD comprendidos entre 50 mg/l y 500 mg/l.

Lo anterior indica que la totalidad del agua muestreada durante el inventario corresponde a agua muy poco mineralizada y a agua ligeramente mineralizada (100% del total entre estas dos).

Al tratarse de una zona predominantemente de descarga, la baja conductividad y la baja mineralización son otra evidencia de flujos subsuperficiales con trayectorias cortas.

En líneas generales la conductividad eléctrica del agua depende de la cantidad de iones disueltos. El agua de precipitación o agua de lluvia presenta un bajo contenido de iones y se enriquece durante su circulación en el suelo y en el macizo rocoso. Por lo tanto, es razonable esperar que un agua que circula en profundidad, correspondiente a aguas subterráneas, posea un elevado contenido de iones y de este modo presente un valor de conductividad más elevado; por otra parte, si la circulación es poco profunda con trayectorias cortas se espera conductividades específicas bajas.

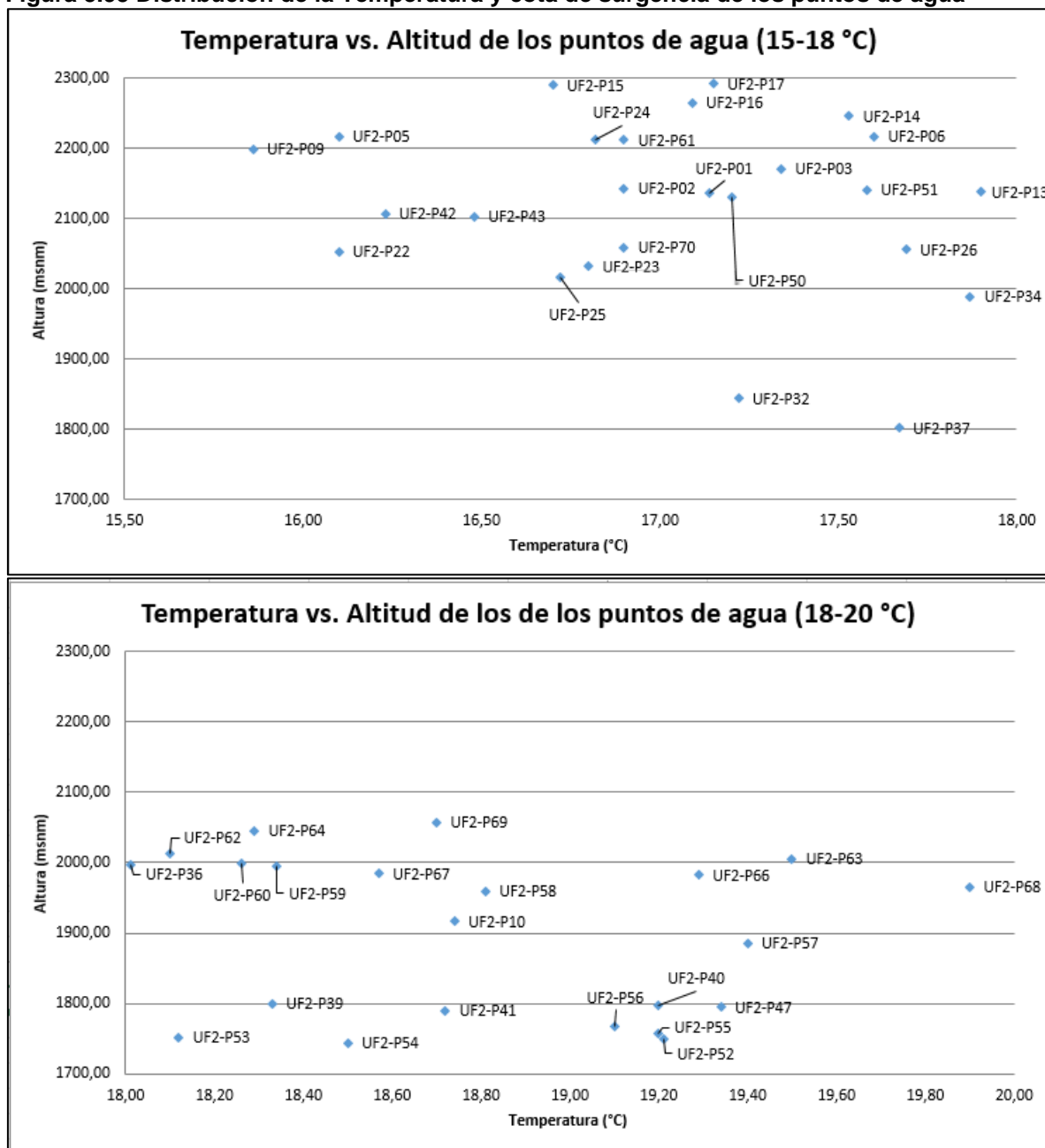
En términos generales el comportamiento evidenciado en los párrafos anteriores es sintomático de un flujo mayoritariamente subsuperficial.

En la **Figura 5.95** se ilustran los datos de temperatura de los puntos de agua y sus

<sup>18</sup> Appelo & Postma, 2006.

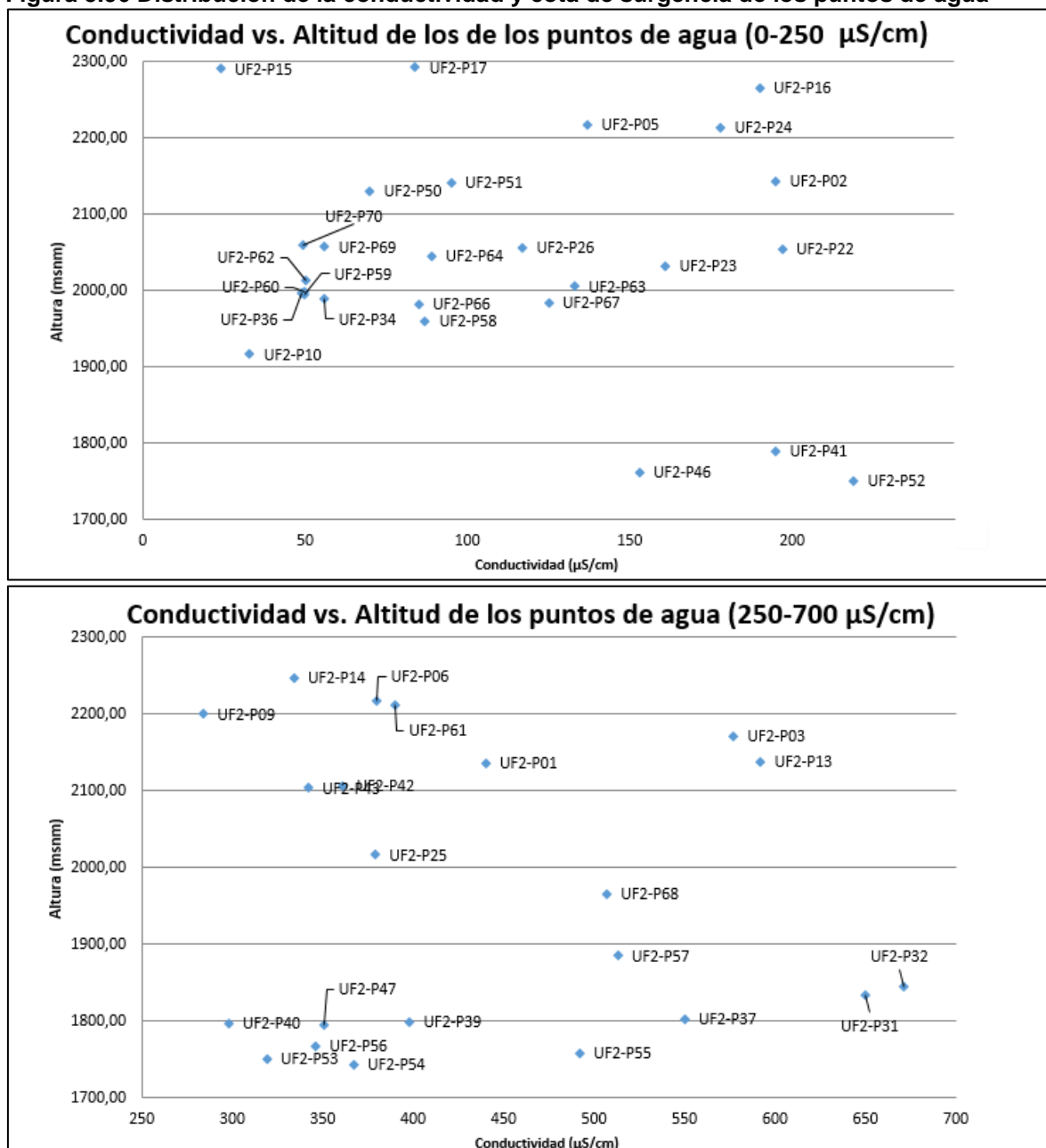
respectivas cotas. En la Figura 5.96, se ilustran los datos de conductividad de los puntos de agua y sus respectivas cotas. En la Figura 5.97, se ilustran los datos de conductividad y los datos de caudal medido en los puntos de agua. Todos los datos reportados en las figuras anteriores se encuentran en la Tabla 5.107.

**Figura 5.95 Distribución de la Temperatura y cota de surgencia de los puntos de agua**



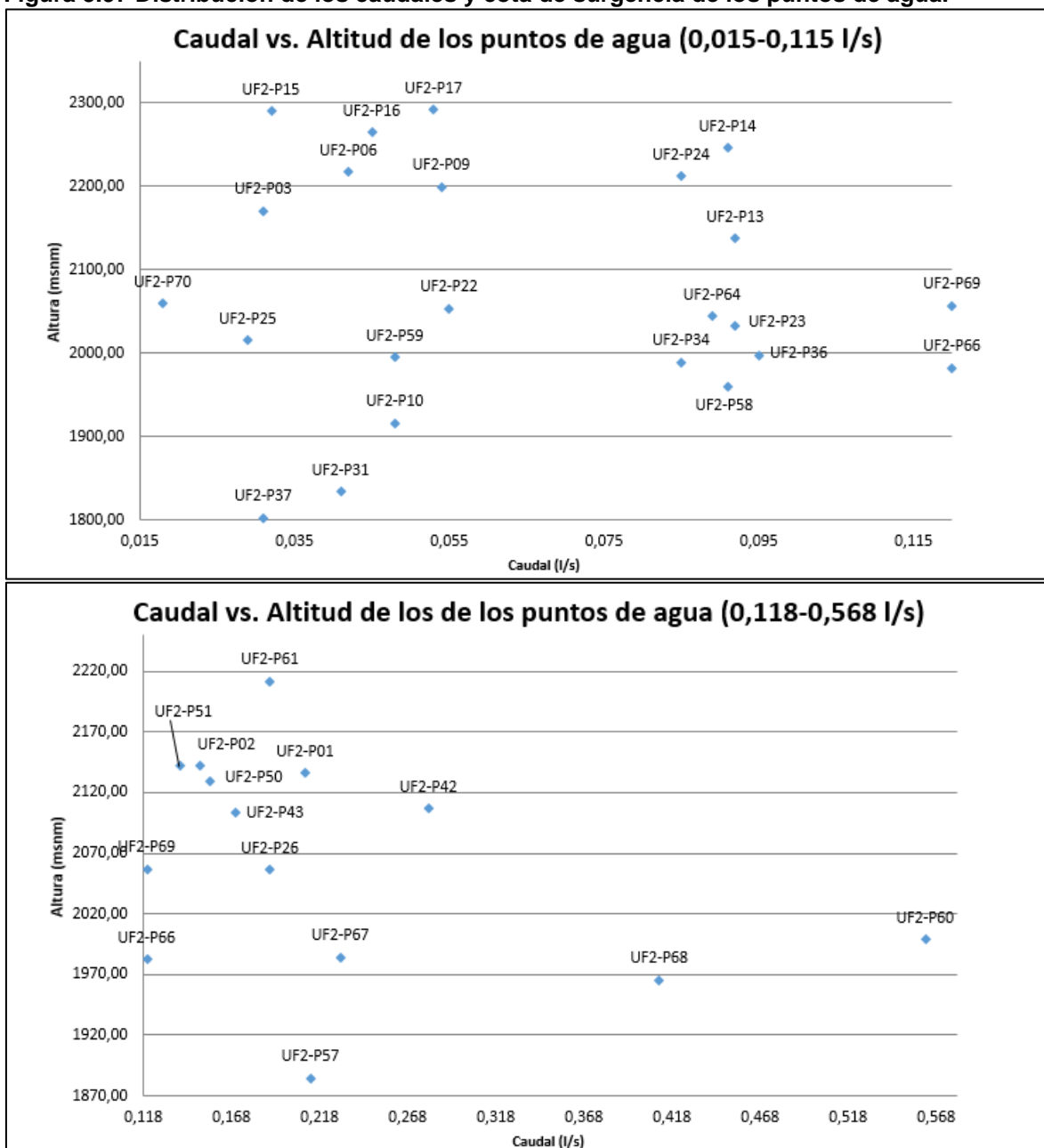
Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Figura 5.96 Distribución de la conductividad y cota de surgencia de los puntos de agua**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Figura 5.97 Distribución de los caudales y cota de surgencia de los puntos de agua.**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

Del análisis de los datos representados en la **Tabla 5.116**, la **Figura 5.95**, la **Figura 5.96** y la **Figura 5.97**, se deduce lo siguiente:

- i. La temperatura de los puntos de agua se ubica en un rango que oscila entre 16,1 °C y 21,7 °C. **Figura 5.95**. Los valores de temperatura tienden a aumentar con la disminución de la cota a la que surgen los afloramientos (**Figura 5.95**). La temperatura de la fuente UF2-P68, se desplaza ligeramente de la tendencia general



- de las otras fuentes, indicando probablemente un área de infiltración superficial y cercana al punto de agua.
- ii. En lo que respecta a la conductividad (CE), se verifica una tendencia general al incremento de los valores con la disminución de la cota (**Figura 5.96**).
  - iii. En lo que respecta a la conductividad versus el caudal medido en los puntos de agua (**Figura 5.97**), los datos no evidencian circuitos profundos que generalmente se caracterizan por unos caudales importantes. No se evidencia una correlación directa y clara entre los puntos de agua de mayor caudal y aquellos de mayor conductividad lo cual indica un origen subsuperficial de la mayoría de las aguas. El punto de mayor caudal corresponde al UF2-P60 ( $Q=0,562$  l/s), el cual se caracteriza además por presentar una baja conductividad ( $50 \mu\text{S/cm}$ ) y una baja mineralización ( $29 \text{ mg/l}$ ), características propias de flujos someros.
  - iv. Los valores del potencial Redox-Eh/°C calculados durante el inventario, varían entre  $35.4 \text{ mVolts}$  y  $92.3 \text{ mVolts}$ , indicando que la gran mayoría de las fuentes pertenecen a ambientes oxidantes, lo cual es evidencia de flujos subsuperficiales en la zona no saturada donde existe oxigenación.
  - v. Los valores de redox encontrados en la fuente antrópica (UF2-P68), podrían indicar una posible influencia con aguas de ambientes reductores, lo cual es consistente con la actividad minera que se ha desarrollado históricamente en el predio.

En términos generales el comportamiento evidenciado en los párrafos anteriores es sintomático de un flujo mayoritariamente subsuperficial.

Sin embargo, existen siete puntos de agua (UF2-P03, UF2-P13, UF2-P31, UF2-P32, UF2-P37, UF2-P57, UF2-P68) cuyos valores de conductividad se ubican por encima de  $500 \mu\text{S/cm}$ , lo cual podría indicar mayor tiempo de circulación dentro de un acuífero, pero en este caso muy probablemente se deba a las actividades agropecuarias de carácter intensivo en el área y corresponda a interflujos (flujos subsuperficiales) o resurgencias.

#### 5.1.8.7 Tomografías de Resistividad Eléctrica

El método geofísico utilizado para exploración de aguas subterráneas en la UF2 (Unidad Funcional 2) fue la prospección geoeléctrica, esta a su vez tiene dos métodos que permiten determinar la resistividad del subsuelo a diferentes profundidades, para así inferir la composición litológica de mismo y/o el tipo de fluidos que contiene.

El método de geoeléctrica continua, o tomografía de resistividad eléctrica evalúa la resistividad del subsuelo, tanto en profundidad como lateralmente, en la cual se genera un perfil de resistividades del subsuelo.

El método de sondeos eléctricos verticales (SEV's), presenta los cambios de resistividad de las rocas en profundidad bajo el centro de medición en un mismo punto.

Para el presente estudio, se realizaron cuatro (4) líneas de geoeléctrica continua (tomografías) en la zona de interés de la UF2 para un mayor cubrimiento del área y una mejor correlación con la cartografía geológica.

La interpretación de las resistividades aparentes del subsuelo exige un conocimiento previo

de la geología y las formaciones superficiales de la zona donde se desarrolla la investigación, de su comportamiento probable al paso de la corriente eléctrica y el tipo de fluidos que saturan la roca.

La adquisición de la prospección geoeléctrica se realizó en una comisión de siete (7) días, en la cual se ejecutaron cuatro (4) tomografías.

A continuación se describe la metodología y los resultados de la prospección geoeléctrica realizada para la UF2.

#### 5.1.8.7.1 Marco teórico

La geoeléctrica continua evalúa la resistividad del subsuelo manteniendo constantes las separaciones del arreglo de electrodos dispuestos equidistantemente a lo largo del perfil de investigación. Una vez disparada la corriente desde el punto central del perfil, en cada punto de medida (electrodo) se registra el gradiente de voltaje y la corriente, a una distancia conocida y a una profundidad dada. Este proceso lo lleva a cabo en forma automática el equipo (Súper Sting™ R8 IP) (**Figura 5.98**), después de procesar la información obtenida, según el arreglo electródico seleccionado (Schlumberger).

**Figura 5.98** Equipo Supersting R8IP para adquisición de la prospección geoeléctrica



Fuente: Hidrogeocol, 2018

Con los datos registrados mediante esta metodología, se obtiene a lo largo y bajo el perfil de investigación, una sección o imagen sub-superficial bidimensional, que indica la variación de la resistividad aparente a diferentes profundidades.

El método de Prospección Geoeléctrica Continua es quizás la metodología de prospección geofísica más útil para evaluar a través de una sección (bajo el perfil de investigación), las condiciones y características de los materiales que conforman el subsuelo. Con la imagen bidimensional que se obtiene como resultado del procesamiento de la información de campo, es posible identificar los principales rasgos geológicos y estructurales del subsuelo.

De acuerdo con la Ley de Ohm y el principio de continuidad para campos eléctricos

estacionarios, la ecuación diferencial que rige la distribución bidimensional del potencial en un medio heterogéneo y anisotrópico está dada como:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{1}{\rho_x} \frac{\partial V}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \frac{1}{\rho_z} \frac{\partial V}{\partial z} \right] = -W$$

Donde V es el Potencial Eléctrico, W es la Descarga Eléctrica por unidad de área y  $\rho_x$ ,  $\rho_z$  el Tensor de Resistividad Eléctrica.

Con el método de prospección geoelectrica continua se encuentra numéricamente la solución inversa a la anterior ecuación diferencial. Dado que se conoce la respuesta del terreno (imagen de resistividad aparente medida en campo) ante los potenciales eléctricos que se inyectan a través de electrodos en las diferentes estaciones de medida, se puede establecer bajo el perfil de prospección las condiciones del modelo de resistividad real del subsuelo evaluado. Con base en este modelo de resistividad real, se simula matemáticamente el proceso de campo, el cual como resultado debe reproducir una respuesta o imagen sub-superficial de resistividades aparentes simulada, cuyos valores son similares y se ajustan a la distribución de los registros de resistividad aparente medidos en el campo.

Una vez obtenida la información de campo, se procede a organizar y filtrar los datos para su posterior procesamiento, de tal manera que la interpretación de los perfiles levantados permita evaluar las condiciones en profundidad de las unidades geológicas teniendo como información base la cartografía geológica detallada del área de estudio. Para lograr dicho objetivo, la información digital obtenida es ingresada al programa EarthImager® 2D vs. 2.2 (2011) de propiedad de AGIUSA® y debidamente licenciado para Hidrogeocol S.A. Cada perfil es procesado individualmente utilizando algoritmos adecuados para la inversión, teniendo en cuenta la técnica y la experiencia del consultor en este tipo de tareas.

Las resistividades aparentes medidas en campo y la información topográfica a lo largo de los perfiles de prospección, son los datos de entrada para el algoritmo del programa computacional (Earthimager 2D, 2011). Con las mediciones de campo, se obtiene una imagen del subsuelo de la distribución de los valores de resistividad aparente en el terreno, imagen que elabora el programa con base en la interpolación lineal de los valores de resistividad aparente registrados en campo. A cada uno de estos valores le corresponde un punto de ubicación que está referenciado por la profundidad, desde la superficie del terreno, y la distancia de separación de electrodos desde el punto de inicio de las medidas de resistividad.

Para el proceso de interpretación, el programa Earthimager 2D dispone de diversas opciones que van desde la edición de los datos de campo, para la eliminación y ajuste de datos anómalos, hasta la selección de alternativas de operación para el proceso matemático de inversión y modelación (ya sea por elementos finitos o diferencias finitas). La selección adecuada de las diferentes opciones que el programa presenta, depende en gran medida del conocimiento de las condiciones geológicas (estratigrafía y tectónica) del terreno, del factor topográfico que imprime el relieve del terreno y de las características y comportamiento de los datos de resistividad aparente tomados en campo.

El proceso de interpretación es iterativo en forma automática, en el cual se busca primero que el modelo de interpretación matemática (modelo de resistividades reales) genere una imagen de resistividades aparentes calculadas, similar a la obtenida en campo con RMS (Root Mean Square) equivalente a la Raíz de la sumatoria de los mínimos cuadrados, indicando el grado de certidumbre de los resultados reportados.

En segunda instancia, se verifica que el modelo de resistividad real resultante tenga similitud con la interpretación geológica, para lo cual se requiere tener conocimiento de las condiciones y características geológicas presentes en el subsuelo, a fin de tener criterios de clasificación claros para seleccionar la respuesta que se aproxime con mejor detalle a las condiciones naturales presentes.

En el modelo de resistividad real que se genera con base en la información de campo, se aprecian las diferentes unidades geológica-geoeléctricas presentes en el subsuelo (diferenciadas de acuerdo con intervalos de resistividad real), condiciones estratigráficas, espesores y profundidades. Estas características, al correlacionarlas con la información existente y la geología de campo, permiten obtener un modelo geológico-geoeléctrico en el subsuelo evaluado bajo la línea de prospección o pseudo-sección.

Cada imagen muestra la resistividad aparente medida en campo (imagen superior) y la imagen de la resistividad aparente calculada, resultante de simular en el programa computacional el proceso de campo con base en el modelo de resistividad real (imagen intermedia). En la medida que las dos anteriores imágenes muestren distribuciones de los valores de resistividad similares, es decir que haya una clara relación de correspondencia mutua entre los valores medidos en campo y los simulados o calculados, se le da validez al modelo de resistividad real, desde el punto de vista matemático.

Con base en el modelo de resistividad real resultante y teniendo en cuenta la topografía de superficie (integración y corrección que efectúa directamente el programa de interpretación), se elabora el modelo final de interpretación geológica-geoeléctrica, en el cual se definen las diferentes formaciones geológicas y las estructuras que conforman el subsuelo, hasta la profundidad de investigación estipulada. Los diferentes valores de resistividad reflejados están asociados a las diferentes gamas de colores, y son producto de las condiciones matemáticas del modelo de interpretación.

La resistividad de las rocas varía en un amplio margen, ya que depende de varios factores como la porosidad primaria, secundaria, el contenido y tipo de agua que contenga la roca, usualmente las rocas son aislantes de la conductividad ya que los principales minerales formadores de rocas como los feldespatos, el cuarzo y la calcita no son conductores; sin embargo, los minerales metálicos como la pirita, pirrotina, calcopirita etc., son conductores. Para fines hidrogeológicos la presencia y tipo de agua en las rocas genera cambios en las resistividades de las rocas, por lo tanto, es imposible generalizar la resistividad de las rocas en diferentes zonas de estudio con las mismas características litológicas ya que esto puede incurrir en errores. Por otro lado puede decirse que los factores que determinan la resistividad promedio de las rocas se conservan en toda la unidad de roca y debido a esto puede diferenciarse una formación de otra tomando como base las mediciones de la resistividad.



#### 5.1.8.7.2 Localización de las líneas de geoeléctrica continua

La ubicación de las líneas de geoeléctrica continua se debe realizar tomando en cuenta un arreglo geométrico y espacial (Schlumberger) que permita cubrir la mayor parte del perfil y que a su vez se pueda establecer la correlación de las unidades geológica-geoeléctricas presentes, obtenidos en cada uno de ellos.

La ubicación de las cuatro (4) líneas se llevó a cabo teniendo en cuenta la geología de la zona, la topografía y la logística necesaria la manipulación del equipo. La línea 1 se ubicó en la vereda el páramo, en dirección NNE. La línea 2 se ubicó en la vereda Chichira en dirección NE. La línea 4 en la vereda La Hojancha con dirección W. La línea 5 se realizó entre las veredas El Naranjal y Chichira con una orientación ESE. La línea 3 fue descartada ya que sus resultados no fueron concluyentes.

En la **Tabla 5.110** se muestra la ubicación y coordenadas de los sitios donde se levantaron las cuatro (4) líneas de geoeléctrica continua.

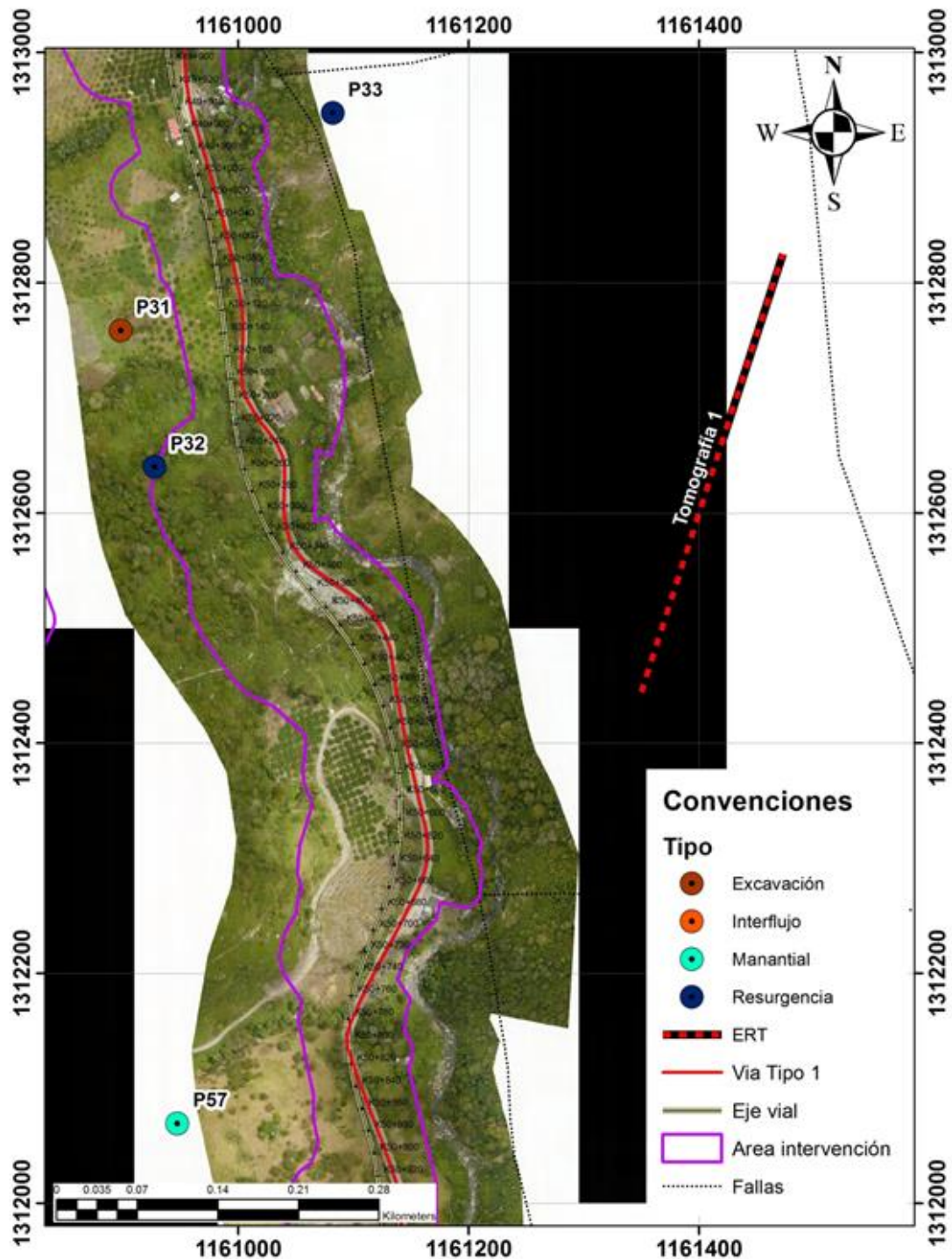
**Tabla 5.113 Datos generales de las cuatro líneas de prospección geoelectrica.**

<b>Número</b>	<b>Longitud Planimétrica (m)</b>	<b>Separación de Electrodos. (m)</b>	<b><math>X_i</math></b>	<b><math>Y_i</math></b>	<b><math>X_f</math></b>	<b><math>Y_f</math></b>	<b>Rumbo</b>
<b>Tomografía 1</b>	400.37	7.15	1161349.90	1312444.27	1161472.93	1312825.27	NNE
<b>Tomografía 2</b>	396.61	7.15	1160628.77	1308826.49	1160920.87	1309094.78	NE
<b>Tomografía 4</b>	251.46	7	1160665.95	1313457.20	1160414.96	1313472.62	W
<b>Tomografía 5</b>	406.98	7.15	1160984.37	1309194.02	1160619.35	1309373.99	ESE

Fuente: Hidrogeocol, 2018

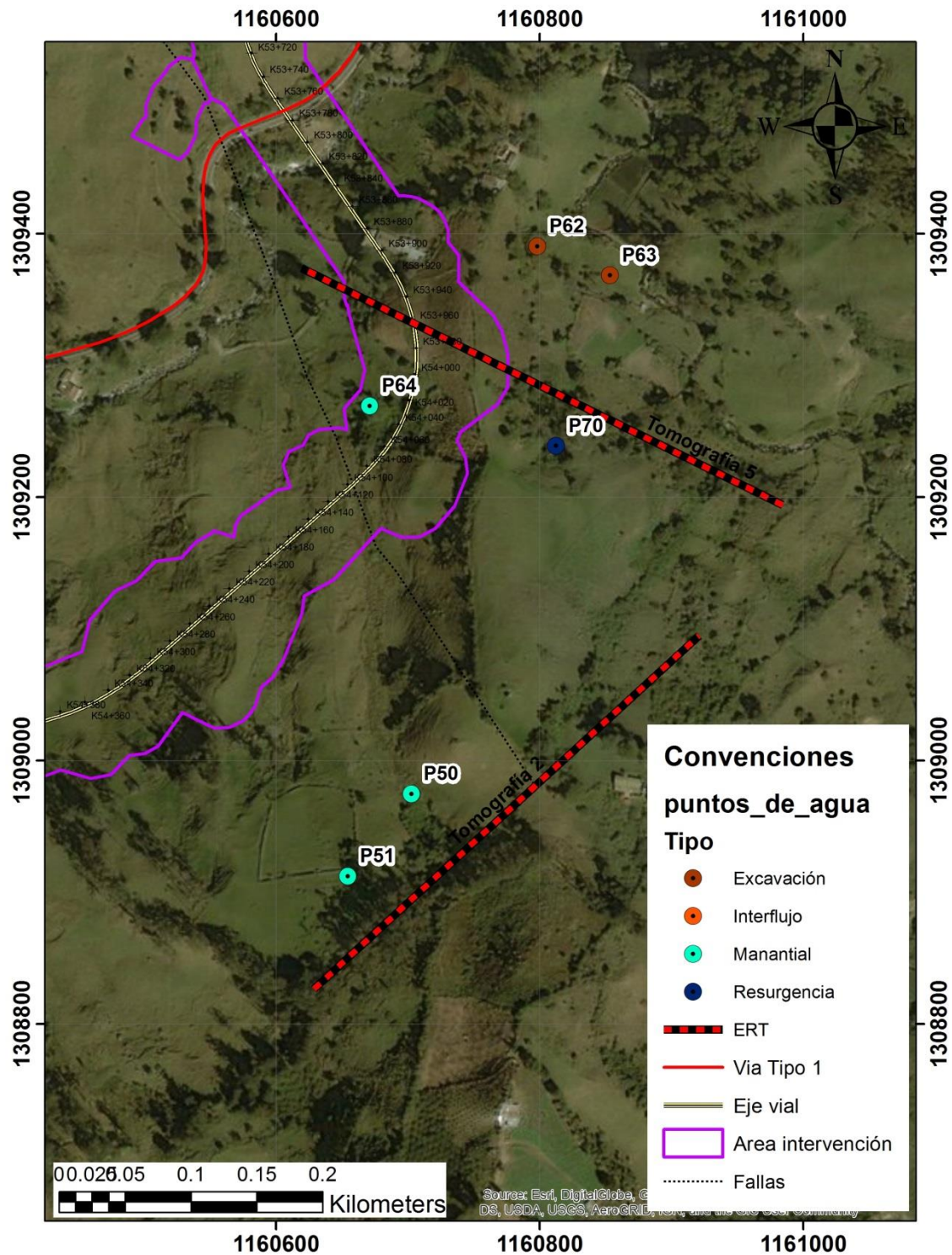
En las siguientes figuras se muestra la ubicación de las tomografías realizadas:

**Figura 5.99 Tomografías de Resistividad Eléctrica 1**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

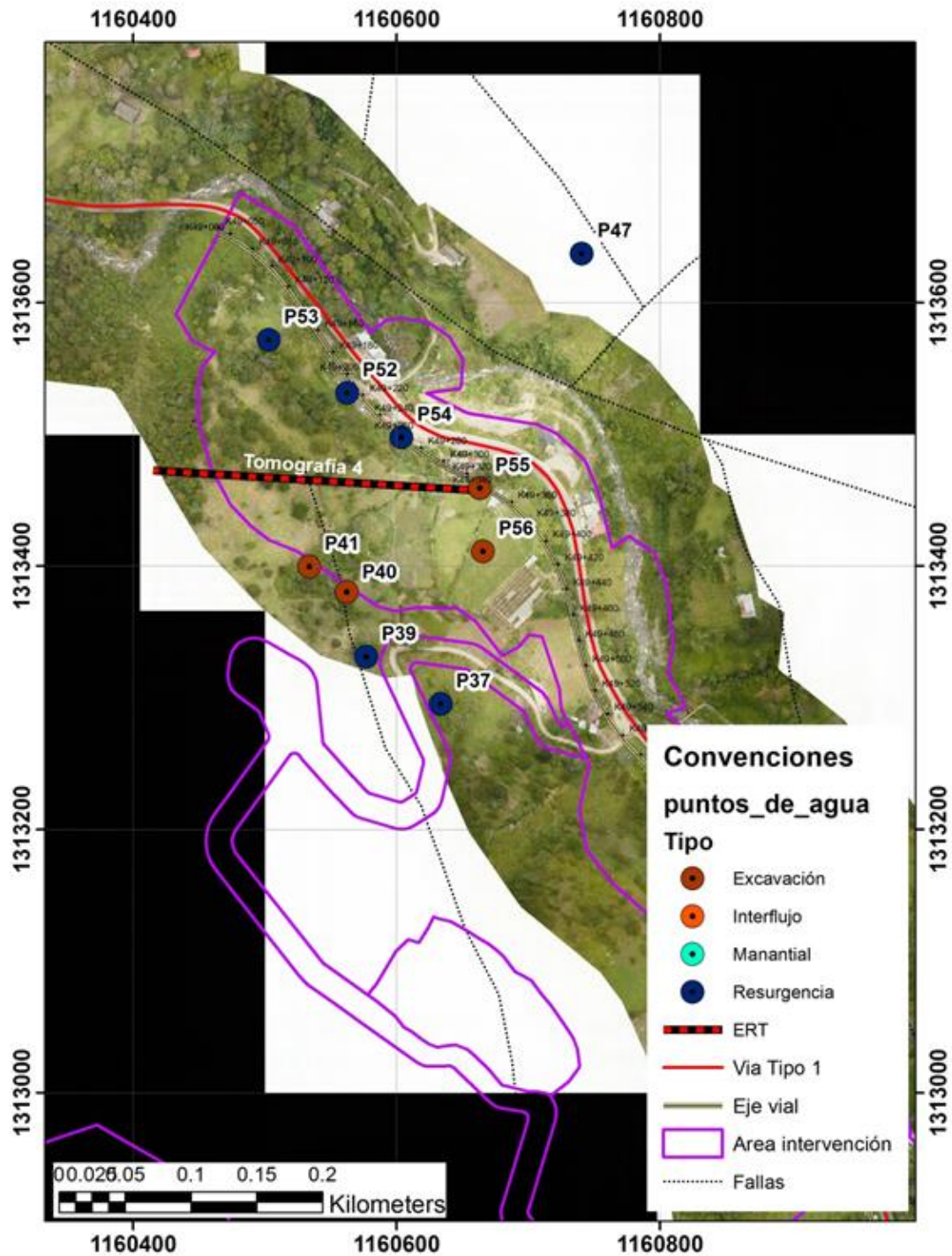
**Figura 5.100 Tomografías de Resistividad Eléctrica 2 y 5**



Fuente: Hidrogeocol, 2018



**Figura 5.101 Tomografía de Resistividad Eléctrica 4**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

### 5.1.8.7.3 Metodología de estudio

La metodología utilizada para el estudio de exploración de agua subterránea a partir de métodos geoelectricos consta de dos fases: la adquisición geofísica; y el procesamiento e interpretación.

#### Adquisición de las líneas de geoelectrica continúa

Para el levantamiento de la información, las tareas se dividieron en tres (3) fases de ejecución:

- Fase de campo

La fase de campo para la extensión de la línea según la topografía del terreno, la recolección de datos del subsuelo, y la fase de procesamiento e interpretación de los mismos en oficina.

Durante la fase de campo se levantaron cuatro (4) líneas de prospección geoelectrica continua, según la ubicación antes descrita. En el proceso de adquisición de la información de campo, se empleó el método Shlumberger para cada uno de los perfiles de investigación, un esquema de trabajo como el que se ilustra en el Diagrama de la **Figura 5.106**

**Figura 5.102 Adquisición de datos línea de geoelectrica continúa (Tomografía 1).**



Fuente: Hidrogeocol, 2018



**Figura 5.103 Adquisición de datos línea de geoelectrica continua (Tomografía 2).**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Figura 5.104 Adquisición de datos línea de geoelectrica continua (Tomografía 4).**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

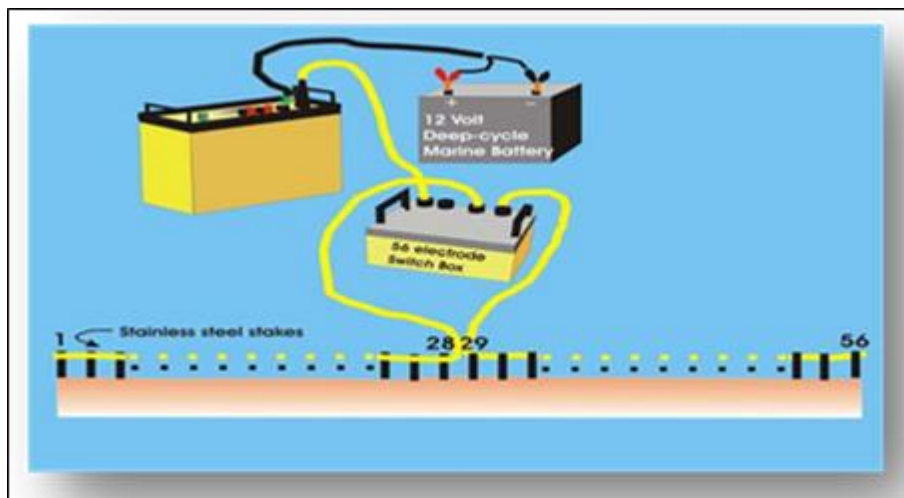


**Figura 5.105 Tendido de cable de línea de geoelectrica continua (Tomografía 5).**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Figura 5.106 Esquema de la Ejecución Automática en Campo de la Prospección Geoelectrica Continua.**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

Para tal efecto, se dispusieron de 56 electrodos a lo largo de cada perfil, numerados ordenadamente desde el electrodo No.1 (primer punto del perfil) hasta el electrodo No. 56 (último punto del perfil).



Con el fin de garantizar la línea recta de los 56 electrodos, se realizó levantamiento topográfico de cada una de las líneas de geoelectrica continua por parte del personal asignado por la Unión Vial Río Pamplonita, ver **Figura 5.107**.

**Figura 5.107 Levantamiento topográfico de las líneas de Geoelectrica Continua (Tomografía 5).**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

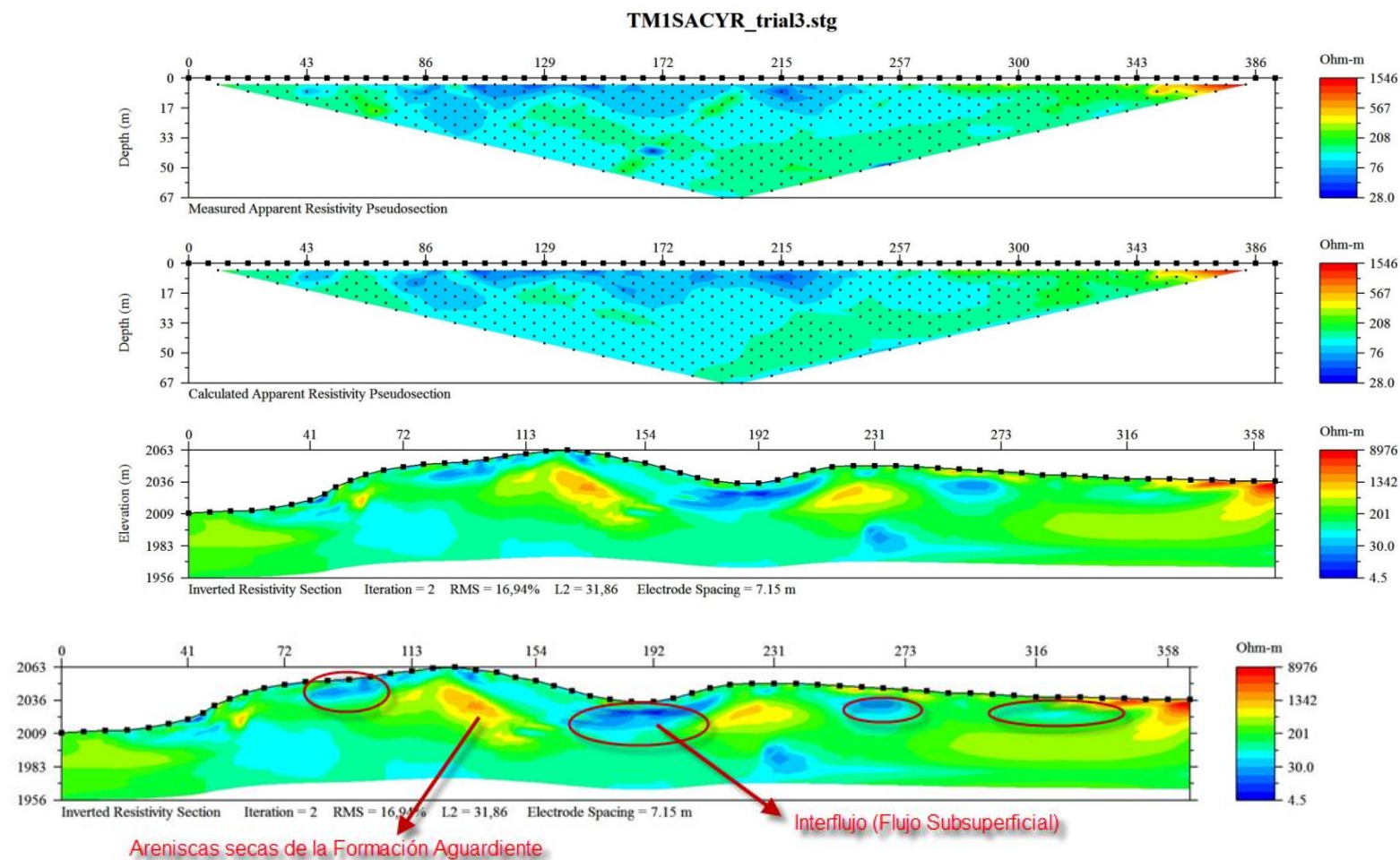
Una vez confeccionado el arreglo del perfil, en su parte central (entre los electrodos N° 28 y 29) se instaló el equipo generador de corriente (SuperSting™ R8 IP) alimentado con dos baterías de 12.0 voltios cada una y se procedió a la conexión de los 56 sensores de corriente que se encontraban adosados al cable y se amarra a los electrodos hincados a lo largo del perfil. En el equipo Súper Sting se seleccionó el arreglo electródico a emplear, en éste caso el Schlumberger.

Una vez finalizada esta actividad, se procedió a la descarga de los datos al computador y mediante el procesamiento matemático utilizando los algoritmos del programa EarthImager 2D v.2.2 (2011), se obtuvieron las respectivas imágenes de resistividad aparente y real del subsuelo.

#### **5.1.8.7.4 Interpretación de la línea geoelectrica continúa 1**

En la **Figura 5.108**, se observan los resultados del procesamiento de los datos de resistividades aparentes medidos en campo y la inversión que generó la tomografía 1.

Figura 5.108 Interpretación del Perfil de Geoelectrica Continua 1.



Fuente: Hidrogeocol, 2018

La tomografía 1 se realizó en la vereda El Paramo con un espaciamiento de 7.15 m y rumbo NNE, donde debido a la diferencia de pendiente da lugar a una longitud planimétrica de 400.37 m.

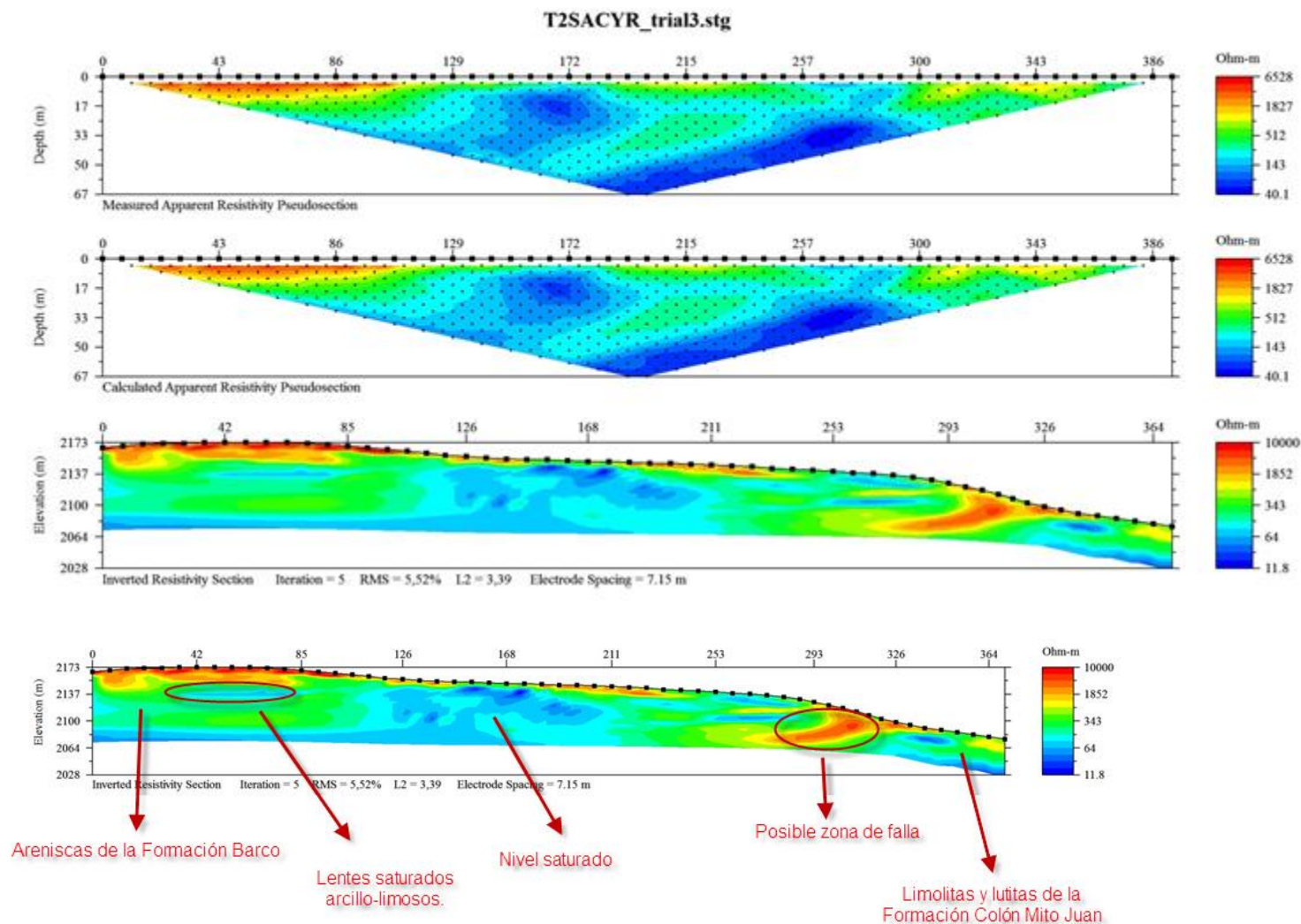
En el modelo geológico-geoeléctrico se diferencian principalmente dos (2) unidades correspondientes a la Formación Aguardiente y al suelo residual de menor espesor definidas por los valores de resistividad real obtenidos con un Error Medio Porcentual (RMS) bajo de 16.9%, por lo que se considera que el procedimiento de ajuste matemático es satisfactorio. La Formación Aguardiente está conformada por areniscas de grano fino a grueso, con algunas capas de limolita y lutita carbonácea representada por tonalidades verdes y amarillas que reflejan valores de resistividad de 200 a 1000 Ohm·m, la lectura refleja además alto grado de fracturamiento y plegamiento en las areniscas (tonalidades amarillas y naranjas) debido a los esfuerzos tectónicos presentes en la zona. El suelo residual saturado de poco espesor presenta valores que varían desde 4.5 a 30 Ohm·m y de 1300 a 7000 Ohm·m donde se encuentra seco a partir de 320 m de la línea geofísica

En ésta línea geofísica 1 podemos ver además resistividades bajas de 4.5 a 10 Ohm·m correspondientes a interflujos o flujos subsuperficiales probablemente de la saturación del suelo arcillo-limoso, pero aparentemente en profundidad no se evidencia nivel saturado.

#### **5.1.8.7.5 Interpretación de la línea geoeléctrica continúa 2**

En la **Figura 5.109**, se observan los resultados del procesamiento de los datos de resistividades aparentes medidos en campo y la inversión que generó la tomografía 2.

**Figura 5.109 Interpretación del Perfil de Geoelectrónica Continua 2**



Fuente: Hidrogeocol, 2018



La tomografía 2 se realizó en la vereda Chichira con un espaciamiento de 7.15 m y rumbo NE, donde debido a la diferencia de pendiente da lugar a una longitud planimétrica de 396.61 m.

En el modelo geológico-geoeléctrico se diferencian principalmente tres (3) unidades correspondientes al suelo residual, a la Formación Barco y a la Formación Colón Mito Juan. Los valores de resistividad real obtenidos tuvieron un Error Medio Porcentual (RMS) muy bajo de 5.52%, por lo que se considera que el procedimiento de ajuste matemático es satisfactorio.

La Formación Barco está conformada por intercalaciones de arenisca, shale y arcillolita representada por tonalidades verdes y amarillas que reflejan valores de resistividad que van de 343 a 1900 Ohm·m con presencia de lentes limo-arcillosos saturados con resistividades de 50 a 64 Ohm·m.

Se evidencia además una zona saturada con resistividades bajas en tonos azules (entre 11 y 70 Ohm·m) a los 126 m que puede estar asociada a los afloramientos encontrados a 70 m de la línea geofísica realizada (puntos inventariados UF2-P51 y UF2- P50).

Aproximadamente a 300 m se muestra una discontinuidad en colores naranjas y amarillos, con resistividades altas (entre 1800 y 10000 Ohm·m) que coincide geológicamente con la falla inferida que pone en contacto la Formación Barco con Colón Mito Juan.

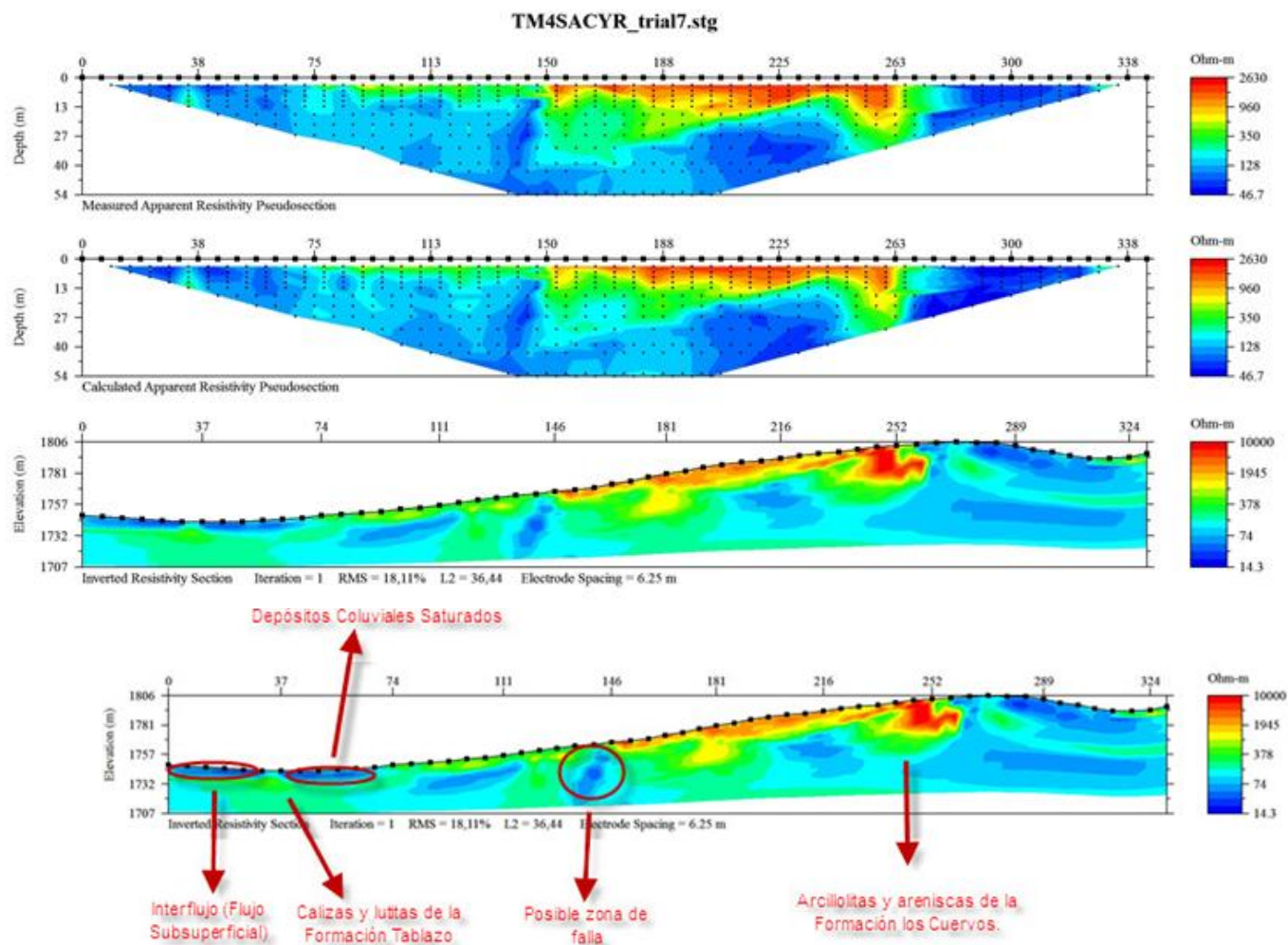
La Formación Colón Mito Juan conformada por lutita gris verdosa con algunas capas limolíticas a arenosas presenta resistividades entre 300 y 1500 Ohm·m (tonos verdes y amarillos), con lentes arcillo-limosos saturados con resistividades bajas entre 11.8 a 70 Ohm·m .

Superficialmente se observa una capa de espesor variable con resistividades altas (tonalidades naranjas y amarillos entre 1800 a 10000 Ohm·m .) que se correlacionan probablemente con el suelo residual seco y/o perfiles de meteorización de espesores considerables hacia el NE de la línea geofísica.

#### **5.1.8.7.6 Interpretación de la línea geoeléctrica continúa 4**

En la **Figura 5.110**, se observan los resultados del procesamiento de los datos de resistividades aparentes medidos en campo y la inversión que generó la tomografía 4.

**Figura 5.110 Interpretación del Perfil de Geoelectrica Continua 4**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

La tomografía 4 se realizó en la vereda La Hojanca con un espaciamiento de 6.25 m y rumbo W, donde debido a la diferencia de pendiente da lugar a una longitud planimétrica de 251.46 m.

En el modelo geológico-geoeléctrico se diferencian principalmente cuatro (4) unidades correspondientes al suelo residual y/o perfil de meteorización, a la Formación Tablazo, a los Depósitos Coluviales y a la Formación los Cuervos.

Los valores de resistividad real obtenidos tuvieron un Error Medio Porcentual (RMS) bajo de 18.11%, por lo que se considera que el procedimiento de ajuste matemático es satisfactorio.

La Formación Tablazo está conformada por caliza gris arenosa a arcillosa, con intercalación de areniscas de grano fino y lutita gris representada por tonalidades verdes en las calizas (300 a 400 Ohm·m ) y color azul claro en las lutitas (74 a 100 Ohm·m ), presenta además lentes saturados arcillo-limosos con resistividades entre 14.3 y 50 Ohm·m (tonalidades azules oscuras).

Los Depósitos Coluviales están conformados por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco envueltos en una matriz arcillo-limosa, se muestran saturados sobre la Formación Tablazo con resistividades bajas de 14.3 a 50 Ohm·m (tonalidades azules) correlacionables con el punto UF2-P55 levantado en campo, y se muestran secos sobre la Formación los cuervos con resistividades que varían de 1500 a 10000 Ohm·m (tonalidades naranjas y amarillas).

Aproximadamente a 140 m se muestra una discontinuidad en tonalidades azules, con resistividades bajas (entre 14.3 y 100 Ohm·m) que coincide geológicamente con la falla inferida que pone en contacto la Formación Tablazo con Los Cuervos.

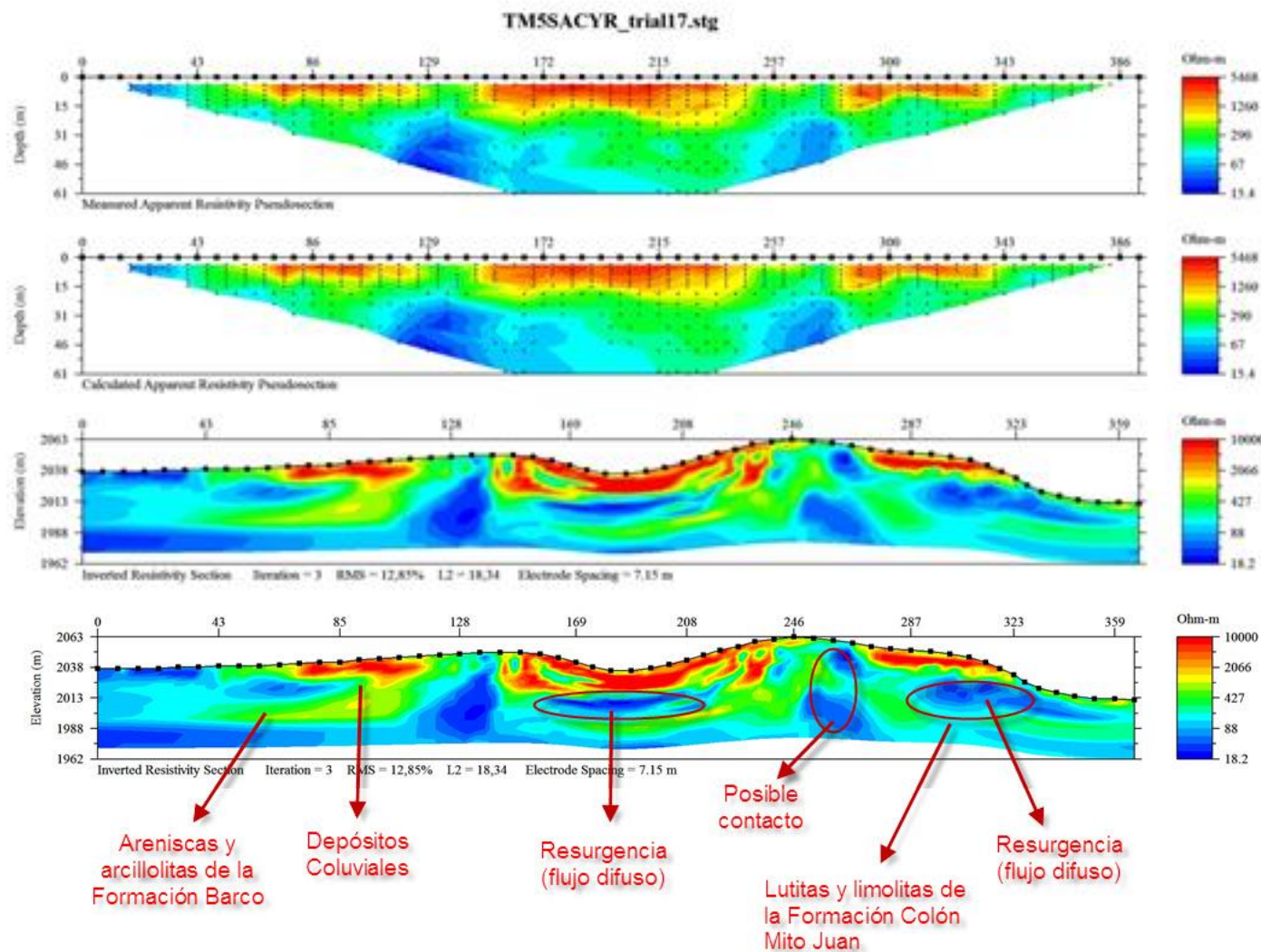
La Formación Los Cuervos está conformada por intercalaciones de arcillolita (74 a 200 Ohm·m ) y escasas capas de arenisca fracturadas (300 a 500 Ohm·m), presenta lentes arcillo-limosos saturados con resistividades bajas entre 14.3 y 50 Ohm·m (tonalidades azules oscuras).

Superficialmente se observa una capa de espesor variable con resistividades altas (tonalidades naranjas y amarillas entre 1800 a 10000 Ohm·m.) que se correlacionan probablemente con el suelo residual seco y/o perfiles de meteorización de espesores considerables.

#### **5.1.8.7.7 Interpretación de la línea geoeléctrica continúa 5**

En la **Figura 5.111**, se observan los resultados del procesamiento de los datos de resistividades aparentes medidos en campo y la inversión que generó la tomografía 5.

**Figura 5.111 Interpretación del Perfil de Geoelectrica Continua 5**



Fuente: Hidrogeocol, 2018



La tomografía 5 se realizó en la vereda Chichira con un espaciamiento de 7.15 m y rumbo ESE, donde debido a la diferencia de pendiente da lugar a una longitud planimétrica de 406.98 m.

En el modelo geológico-geoeléctrico se diferencian principalmente cuatro (4) unidades correspondientes al suelo residual y/o perfil de meteorización, a la Formación Barco, a los Depósitos Coluviales y a la Formación Colón Mito Juan.

Los valores de resistividad real obtenidos tuvieron un Error Medio Porcentual (RMS) bajo de 18.34%, por lo que se considera que el procedimiento de ajuste matemático es satisfactorio.

La Formación Barco está conformada por intercalaciones de arenisca, shale y arcillolita representada por tonalidades verdes en las areniscas (300 a 400 Ohm·m) y color azul claro en las arcillolitas (74 a 100 Ohm·m), presenta además lentes saturados arcillo-limosos con resistividades entre 18.2 y 50 Ohm·m (tonalidades azules oscuras).

Los Depósitos Coluviales están conformados por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco envueltos en una matriz arcillo-limosa, se muestran secos sobre la Formación Barco y la Formación Colón Mito Juan con resistividades que varían de 1500 a 10000 Ohm·m (tonalidades naranjas y amarillas).

Aproximadamente a 280 m se muestra una discontinuidad en tonalidades azules, con resistividades bajas (entre 18.2 y 80 Ohm·m) que coincide geológicamente con la falla inferida que pone en contacto la la Formación Barco y la Formación Colón Mito Juan.

La Formación Colón Mito Juan está conformada por lutitas y limolitas con resistividades de 74 a 400 Ohm·m y presenta lentes arcillo-limosos saturados (resurgencias) con resistividades bajas entre 18.2 y 50 Ohm·m (tonalidades azules oscuras) que se correlacionan con la resurgencia inventariada en campo que se encuentra a 70 m de la línea geofísica (UF2-P64).

Superficialmente se observa una capa de espesor variable con resistividades altas (tonalidades naranjas y amarillas entre 1800 a 10000 Ohm·m.) que se correlacionan probablemente con el suelo residual seco y/o perfiles de meteorización de espesores considerables.

#### **5.1.8.8 Pruebas hidráulicas**

La siguiente actividad consta en realizar un estimativo de la conductividad hidráulica del estrato hidrogeológico que captan los piezómetros. Estos valores son obtenidos a partir de los resultados de la interpretación de pruebas de Slug ejecutadas en piezómetros contruidos y/o en perforaciones.

Para la ejecución de las pruebas Slug, se realizó la instalación de diver, el cual permite medir datos permanentemente de la columna de agua y un baro-diver el cual permite compensar la información con los cambios de presión atmosférica en cada punto. Su

interpretación se realizó través del método de Hvorslev y Bouwer and rice, utilizando Aquifer Test.

La metodología utilizada para el procesamiento de la información recolectada por los divers y baro-divers se tomó de acuerdo con lo recomendado por el fabricante Schlumberger, tal como se observa en la **Figura 5.112**

Figura 5.112 Metodología procesamiento datos Pruebas Slug

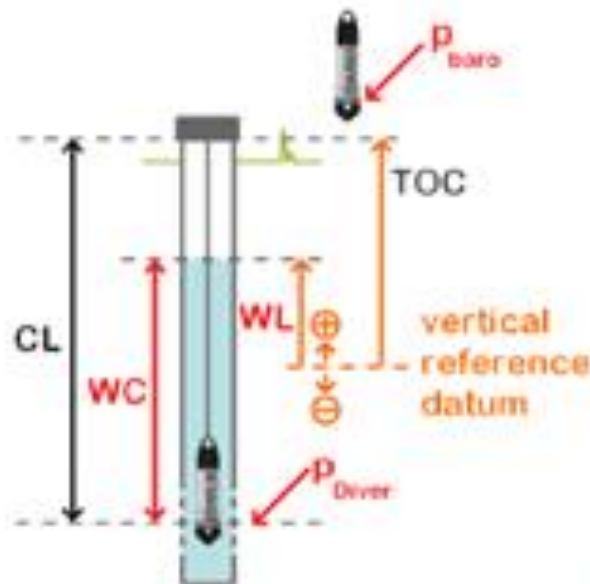


Figure 2

The water column (WC) above the Diver can be expressed as:

$$WC = 9806.65 \frac{P_{Diver} - P_{Baro}}{\rho \cdot g} \quad (1)$$

where  $p$  is the pressure in  $\text{cmH}_2\text{O}$ ,  $g$  is the acceleration due to gravity ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ) and  $\rho$  is the density of the water ( $1,000 \text{ kg/m}^3$ ).

The water level (WL) in relation to the vertical reference datum can be calculated as follows:

$$WL = TOC - CL + WC \quad (2)$$

By substituting WC from equation (1) in equation (2) we obtain:

$$WL = TOC - CL + 9806.65 \frac{P_{Diver} - P_{Baro}}{\rho \cdot g} \quad (3)$$

Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Figura 5.113 Prueba slug realizada**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Figura 5.114 Prueba Slug realizada: introducción de la sonda**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

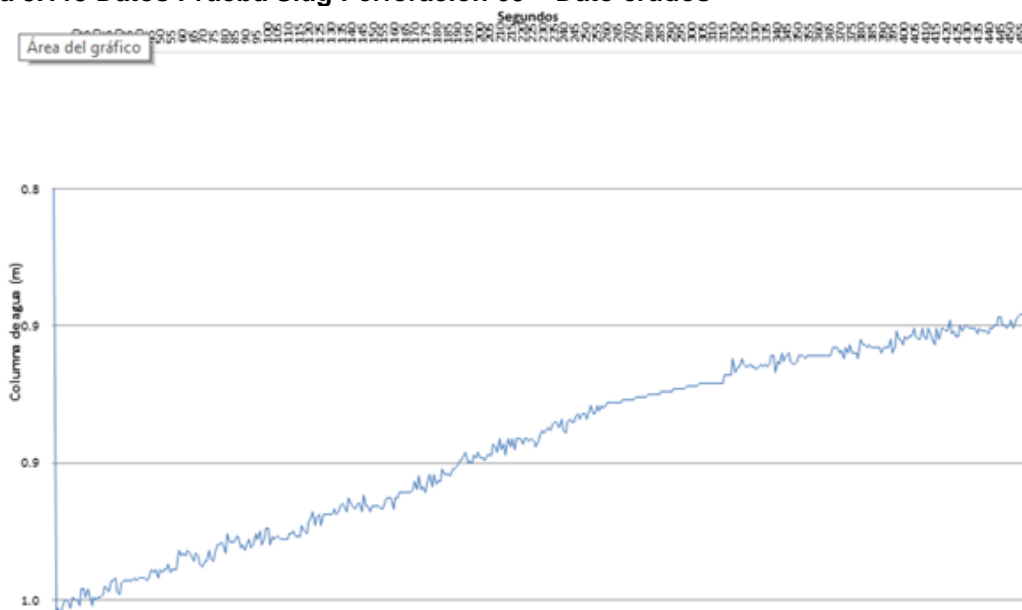


La Prueba Slug consistió en la extracción de volumen de la columna de agua lo cual se traduce en un descenso instantáneo de la columna de agua de unos 56 cm, teniendo en cuenta el nivel inicial de 4.27 metros y el nivel t=0 luego de la extracción de agua de 3.7 metros.

A partir de ese momento se midió la recuperación del nivel del agua con el diver instalado para tomar mediciones cada 30 segundos.

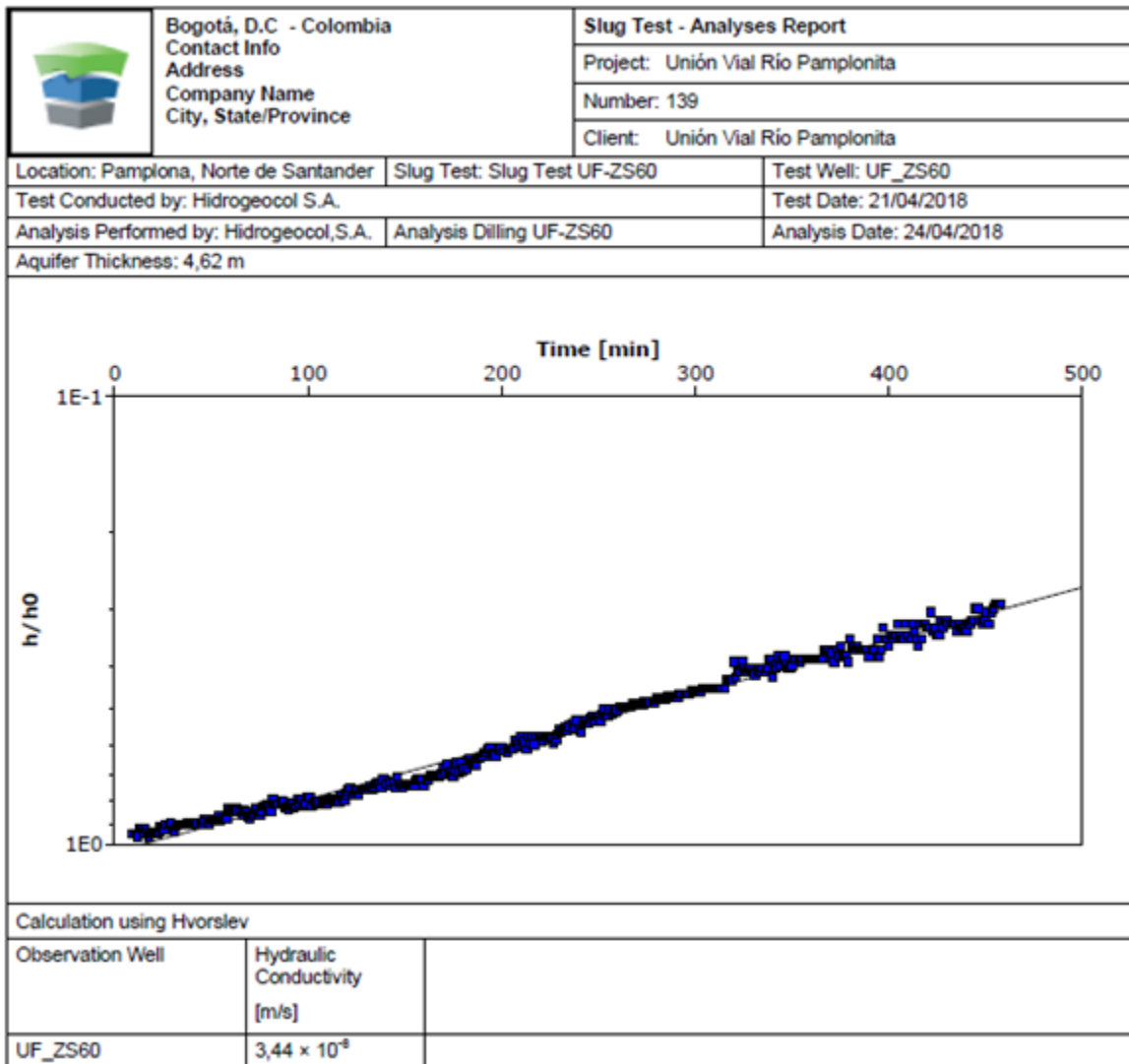
La siguiente figura muestra los datos recolectados por el diver ya con la compensación barométrica y el cálculo de la columna de agua en el pozo (teniendo en cuenta diferencias de densidad de acuerdo a la temperatura del agua medida por el diver). Los datos que se observan tienen en el eje vertical los centímetros de columna de agua por encima del diver y en el eje horizontal los segundos.

**Figura 5.115 Datos Prueba Slug Perforación 60 – Dato crudos**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Figura 5.116 Interpretación Prueba Slug**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

#### 5.1.8.9 Caracterización Hidrogeoquímica del Agua

La red de muestreo hidrogeoquímico, de carácter esencialmente hidrogeológico, tiene como objetivo caracterizar químicamente el agua subsuperficial y el agua subterránea presente en la zona de influencia de la UF2, considerando los parámetros relacionados en la Tabla 5 de la resolución 751 de marzo del 2015 que contribuye a la definición del modelo hidrogeológico conceptual.

Fueron seleccionados ocho (8) puntos que desde la perspectiva hidrogeológica satisfacen los requerimientos hechos de acuerdo con los criterios enumerados en el párrafo siguiente. El protocolo de muestreo y análisis satisface lo establecido por el IDEAM para este tipo de agua, como explícitamente ha sido requerido en los Términos de Referencia.

Los análisis fueron llevados a cabo por el laboratorio CIMA (Corporación Integral del Medio Ambiente).

#### 5.1.8.9.1 Selección Puntos Muestreo

Entre los puntos de agua identificados durante el inventario fueron muestreados ocho (8) puntos, que se consideran representativos para la definición de una red de muestreo y monitoreo hidroquímico de particular interés hidrogeológico.

Los criterios utilizados para la selección de los puntos antes citados son de naturaleza hidrogeológica y se relacionan a continuación:

- i. Puntos de agua localizados en correspondencia con los litotipos más representativos de la zona, los cuales han sido relacionados en el parágrafo 5.1.8.5 del presente informe.
- ii. Puntos de agua más mineralizados y/o caracterizados por caudales mayores: En los sectores en los cuales se encontraron varios puntos de agua, cercanos unos de otros, han sido seleccionados aquellos más indicativos desde estos dos puntos de vista.
- iii. Puntos de agua distribuidos especialmente a lo largo del trazado vial proyectado.
- iv. Puntos de agua mayormente utilizados por la comunidad.

Aplicando los criterios antes indicados fueron seleccionados ocho (8) puntos de agua, los cuales se resumen en la **Tabla 5.114**.

**Tabla 5.114 Puntos Muestreo Hidrogeoquímica**

Punto de monitoreo	Coordenada E (m)	Coordenada N (m)	Cota
UF2-P64	1160671,10	1309269,38	2044,77
UF2-P59	1160929,97	1310346,42	1994,74
UF2-P60	1160784,31	1310009,41	1998,95
UF2-P05	1159772,12	1307746,31	2216,31
UF2-P50	1160702,77	1308974,77	2129,71
UF2-P31	1160897,65	1312758,69	1833,78
UF2-P37	1160633,62	1313295,47	1802,29
UF2-P53	1160502,96	1313572,06	1750,62

Fuente: Hidrogeocol, 2018

#### 5.1.8.9.2 Resultados

Las muestras para cada uno de los puntos fueron preservadas, rotuladas y transportadas hasta las instalaciones del laboratorio bajo una cadena de custodia que garantizó su debida manipulación y la no contaminación de las muestras. Las técnicas analíticas empleadas para determinar el valor de cada uno de los parámetros se presentan a continuación y de

forma específica en los informes presentados por el laboratorio (Ver Anexo 5.1.3 Hidrogeología – Calidad del Agua).

Las muestras para el análisis de los demás parámetros fueron tomadas en envases sin ningún tipo de residuo y acondicionadas para la preservación de las muestras según los requerimientos de las técnicas analíticas implementadas para la detección de los agentes o compuestos en laboratorio (Ver **Tabla 5.115**).

**Tabla 5.115 Metodologías de análisis**

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>
<b>Parámetros In Situ</b>	
T° Muestra	SM 2550 B
pH	SM 4500 H+ B
Conductividad	SM 2510 B
Sólidos disueltos totales	SM 2540 C
Sólidos sedimentables	SM 2540 F
<b>Parámetros Laboratorio</b>	
Acidez	SM 2310 B
Alcalinidad Total	SM 2320 B
Aluminio Total	SM 3030 E 3111 D
Arsénico Total	SM 3030 K - EPA 200-9 - ICP/MS
Bario Total	SM 3030 E 3111 D
Bicarbonatos	SM 2320 B
Cadmio Total	SM 3030 E, 3111 B
Calcio Total	SM 3030 E, 3111 B
Cloruros	SM 4500 - CL C
Cobre total	SM 3030 E, 3111 B
Coliformes fecales termotolerantes	SM 9223 B Modificado
Coliformes totales	SM 9223 B
Color real	SM 2120 C
Cromo total	SM 3030 E, 3111 B
DBO5	SM 5210 B. ASTM D-888-12 Método C
DQO	SM 5220 C
Dureza Cálcica	SM 3500-Ca B
Dureza Total	SM 2340 C
Fenoles Totales	S.M. 5530 B-S.M. 5530 D
Fluoruros	EPA 300.0
Fósforo Total	S.M 4500- P B,E
Grasas y aceites	NTC 3362: 2011-12-09, Numeral 4, Método C



<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>
Hierro Total	SM 3030 E, 3111 B
Magnesio Total	SM 3030 E, 3111 B
Manganeso Total	SM 3030 E, 3111 B
Mercurio Total	SM 3030 K - EPA 200.8 - ICP/MS
Molibdeno Total	SM 3030 E 3111 D
Nitratos	J. Rodier, 9 na Edición, 2011
Nitritos	SM 4500 NO <sub>2</sub> - B
Nitrógeno total Kjeldhal	SM 4500-Norg C-4500NH <sub>3</sub> B,C
Níquel Total	SM 3030 E, 3111 B
Ortofosfatos	SM 4500-P E
Plata Total	SM 3030 E, 3111 B
Plomo Total	SM 3030 E. 3111 B
Potasio Total	SM 3030 E 3500 K B
Selenio Total	SM 3030 K - EPA 200.8 - ICP/MS
Silicio Total	SM 4500-SIO <sub>2</sub> D AZUL DE HEROPOLI
Sodio Total	SM 3030 E, 3500-Na B
Sulfatos	SM 4500 SO <sub>4</sub> - E
Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540 D
Turbiedad	SM 2130 B
Zinc Total	SM 3030 E, 3111 B

Fuente: (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017)

Los resultados de las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas obtenidos por el laboratorio en la campaña de monitoreo se analizaron según la variación en cada punto y se compararon con el Decreto 1076 de 2015 en el cual se establecen los criterios de calidad que debe tener el agua superficial para destinación de uso doméstico, uso agrícola y uso pecuario y con los objetivos de calidad para la cuenca hidrográfica del río Pamplonita dictados mediante la resolución 0118 de 2007 de la corporación autónoma regional de la frontera nororiental CORPONOR.

La comparación con el (Decreto 1076 de 2015) se realiza debido a que estos puntos de agua afloran en la superficie, además los usos actuales de estos afloramientos son para consumo humano, domestico, agrícola y pecuario, usos contemplados en el (Decreto 1076 de 2015).

En atención a la resolución 751 de marzo de 2015 y con especial énfasis en aquellos datos de interés hidrogeológico se relacionan a continuación los parámetros que fueron muestreados en cada uno de los ocho (8) puntos seleccionados.

**Tabla 5.116 Parámetros hidrogeoquímicos medidos en los puntos de agua seleccionados de la UF2, de acuerdo con la resolución 751 de marzo del 2015.**

	LCM	LDM	Artículo 2.2.3.3 9.3	Artículo 2.2.3.3 9.4	Artículo 2.2.3.3 9.5	Artículo 2.2.3. 3.9.6	UF2- P64	UF2- P59	UF2- P60	UF2- P05	UF2- P50	UF2- P31	UF2- P37	UF2- P53
Coordenada E (m)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1160671, 10	1160929, 97	116078 4,31	1159772, 12	1160702, 77	116089 7,65	1160633, 62	1160502, 96
Coordenada N (m)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1309269, 38	1310346, 42	131000 9,41	1307746, 31	1308974, 77	131275 8,69	1313295, 47	1313572, 06
T (°C)	>5	---	---	---	---	---	18.79	17.95	17.86	16.52	19.03	20.29	17.73	18.36
Acidez (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	5.0000	2.9930	---	---	---	---	5	11	6	<b>4.95</b>	10	19	22	5
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	4.0000	S.I.[1]	---	---	---	---	79	34	25	248	56	226	585	96
Aluminio Total (mg Al/L)	0.3000	0.1000	---	---	---	---	0.6	<b>0.297</b>	0.7	<b>0.297</b>	<b>0.297</b>	<b>0.297</b>	<b>0.297</b>	1.1
Arsénico Total (mg Metal/L)	0.0045	S.I.	---	---	---	---	<b>0.004455</b>	<b>0.004455</b>	<b>0.004455</b>	<b>0.004455</b>	<b>0.004455</b>	<b>0.004455</b>	<b>0.004455</b>	<b>0.004455</b>
Bario Total (mg Ba/L)	0.1000	0.0500	---	---	---	---	<b>0.099</b>	<b>0.099</b>	<b>0.099</b>	<b>0.099</b>	<b>0.099</b>	<b>0.099</b>	<b>0.099</b>	<b>0.099</b>
Bicarbonatos (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	10.0000	S.I.	---	---	---	---	79	35	25	248	56	226	585	96
Cadmio Total (mg Cd/L)	0.0050	0.0020	---	---	---	---	<b>0.00495</b>	<b>0.00495</b>	<b>0.00495</b>	<b>0.00495</b>	<b>0.00495</b>	<b>0.00495</b>	<b>0.00495</b>	<b>0.00495</b>
Calcio Total (mg Ca/L)	0.1000	S.I.	---	---	---	---	9	3.5	3.4	74.4	8.9	59.1	100.1	38.5
Cloruros (mg Cl/L)	5.0000	1.0210	---	---	---	---	7	5	9	<b>4.95</b>	7	7	14	21
Cobre total (mg Cu/L)	0.0150	0.0100	---	---	---	---	<b>0.01485</b>	<b>0.01485</b>	<b>0.01485</b>	<b>0.01485</b>	<b>0.01485</b>	<b>0.01485</b>	<b>0.01485</b>	<b>0.01485</b>
Coliformes fecales termotolerantes (NMP/100mL)	1.0000	N.A.	---	---	---	---	20	294	2143	14	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	152	86
Coliformes totales (NMP/100mL)	1.0000	N.A.	---	---	---	---	7230	1460	15970	2143	5120	613	2851	155310
Color real (UPC)	4.9700	S.I.	---	---	---	---	15.95	<b>4.9203</b>	18.09	<b>4.9203</b>	<b>4.9203</b>	<b>4.9203</b>	8.1	17.2
Cromo total (mg Cr/L)	0.0500	0.0200	---	---	---	---	<b>0.0495</b>	<b>0.0495</b>	<b>0.0495</b>	<b>0.0495</b>	<b>0.0495</b>	<b>0.0495</b>	<b>0.0495</b>	<b>0.0495</b>
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	10.0000	S.I.	---	---	---	---	13	<b>9.9</b>	<b>9.9</b>	<b>9.9</b>	<b>9.9</b>	<b>9.9</b>	<b>9.9</b>	<b>9.9</b>
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	10.0000	1.0000	---	---	---	---	91	<b>9.9</b>	<b>9.9</b>	<b>9.9</b>	20	<b>9.9</b>	<b>9.9</b>	35
Dureza Cálrica (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	5.0000	1.0000	---	---	---	---	24	11	8	167	28	147	265	98
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	5.0000	1.0000	---	---	---	---	33	12	8	168	41	152	359	131
Fenoles Totales (mg/L)	0.0020	S.I.	---	---	---	---	<b>0.00198</b>	<b>0.00198</b>	<b>0.00198</b>	<b>0.00198</b>	<b>0.00198</b>	<b>0.00198</b>	<b>0.00198</b>	<b>0.00198</b>

	LCM	LDM	Artículo 2.2.3.3. 9.3	Artículo 2.2.3.3. 9.4	Artículo 2.2.3.3. 9.5	Artículo 2.2.3. 3.9.6	UF2- P64	UF2- P59	UF2- P60	UF2- P05	UF2- P50	UF2- P31	UF2- P37	UF2- P53
Fluoruros (mg F/L)	0.0500	S.I.	---	---	---	---	0.0495	0.07	0.0495	0.1	0.09	0.08	0.1	0.13
Fósforo Total (mg P/L)	0.0200	S.I.	---	---	---	---	0.083	0.089	0.074	0.058	0.5	0.064	0.061	0.074
Grasas y aceites (mg/L)	0.5000	0.0000	---	---	---	---	2.1	1.7	2.3	2	2.7	2.7	1.5	3.4
Hierro Total (mg Fe/L)	0.0500	0.0300	---	---	---	---	1.46	0.06	0.86	0.26	0.64	0.0495	0.28	1.56
Magnesio Total (mg Mg/L)	0.3000	S.I.	---	---	---	---	5.2	2.8	2.6	4.1	2.8	6.3	31	5.5
Manganeso Total (mg Mn/L)	0.0300	0.0100	---	---	---	---	0.18	0.0297	0.0297	0.04	0.48	0.0297	0.05	0.07
Mercurio Total (mg Metal/L)	0.0006	S.I.	---	---	---	---	0.000594	0.000594	0.000594	0.000594	0.000594	0.000594	0.000594	0.000594
Molibdeno Total (mg /Mo/L)	0.2000	0.1000	---	---	---	---	0.198	0.198	0.2	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198
Nitratos (mg N <sub>3</sub> /L)	0.3000	0.0070	---	---	---	---	0.8	0.8	1.1	1.8	1.1	2.3	0.9	5.9
Nitritos (mg N <sub>2</sub> /L)	0.0030	0.0010	---	---	---	---	0.00297	0.00297	0.00297	0.00297	0.00297	0.00297	0.00297	0.00297
Nitrógeno total Kjeldhal (mg/L)	2.0000	0.5600	---	---	---	---	1.98	1.98	1.98	1.98	2	1.98	3	23
Níquel Total (mg Ni/L)	0.0500	S.I.	---	---	---	---	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495
Ortofosfatos (mg/L)	0.0600	S.I.	---	---	---	---	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594
Plata Total (mg Ag/L)	0.0500	0.0200	---	---	---	---	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495
Plomo Total (mg Pb/L)	0.0500	0.0500	---	---	---	---	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495
Potasio Total (mg K/L)	0.1000	0.0300	---	---	---	---	1	0.3	0.7	0.9	0.2	1.4	3.5	4.9
Selenio Total (mg Metal/L)	0.0055	S.I.	---	---	---	---	0.005445	0.005445	0.005445	0.005445	0.005445	0.005445	0.005445	0.005445
Silicio Total (mg/L)	0.1750	S.I.	---	---	---	---	3.82	2.62	4.81	2.15	2.14	3.37	4	6.84
Sodio Total (mg Na/L)	0.2000	S.I.	---	---	---	---	10.8	2.4	2.2	5.1	1.7	4.8	8.9	11.4
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> /L)	2.0000	0.3680	---	---	---	---	1.98	1.98	1.98	19	1.98	25	48	45
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	5.0000	0.3619	---	---	---	---	25	4.95	57	4.95	54	4.95	4.95	76
Turbiedad (NTU)	0.3000	0.1120	---	---	---	---	19.1	0.7	54.2	4.4	21.1	0.8	1.9	68.4
Zinc Total (mg Zn/L)	0.0100	S.I.	---	---	---	---	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099

- Acidez y Alcalinidad

La acidez en una muestra de agua es la capacidad que se tiene para neutralizar las bases, mientras que la alcalinidad se trata de la capacidad para neutralizar ácidos. En aguas naturales las principales fuentes de acidez son el dióxido de carbono que proviene de la atmósfera y la oxidación de la materia orgánica. Las aguas acidas no son una amenaza para la salud pero si tienen capacidad de corrosión además trastornan las condiciones ambientales de los lagos. Por otro lado, los bicarbonatos formados por la acción del dióxido de carbono sobre materiales básicos se integran a las aguas representando la forma principal de alcalinidad (Glynn & Heinke, 1999).

En la mayoría de las aguas naturales la alcalinidad se produce por iones de carbonato y bicarbonato y en algunos casos otros ácidos débiles como el silícico, fosfórico, bórico y ácidos orgánicos. La alcalinidad en aguas naturales se encuentra comúnmente entre los 100 y 300 mg/l.

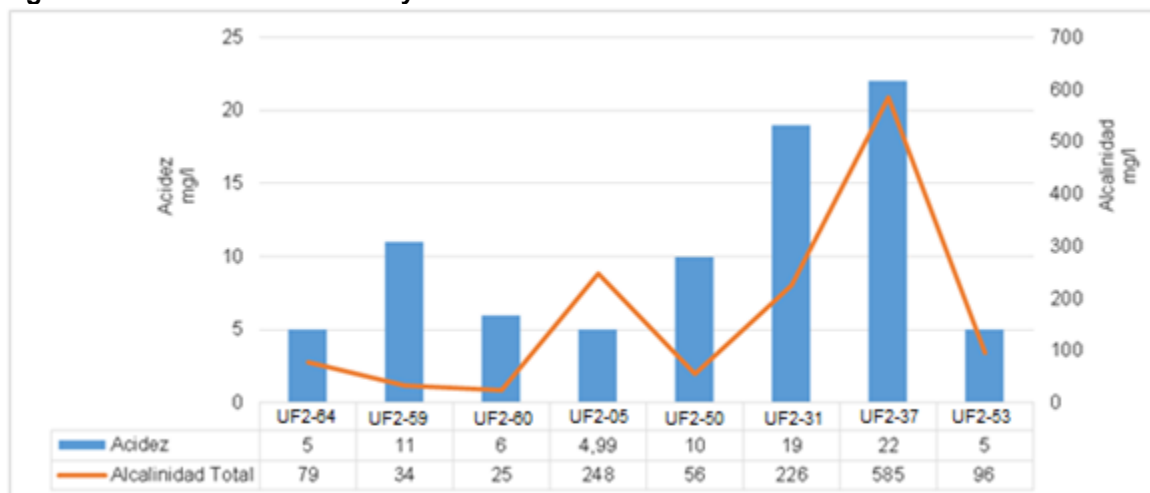
De acuerdo con los resultados observados en la **Figura 5.117**, los valores de alcalinidad para los puntos de agua monitoreados varían entre 25 y 585 mg/l, en aguas naturales estos son debidos a la presencia de Bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos formados por la acción de CO<sub>2</sub> sobre materiales básicos del suelo por la disolución de rocas básicas carbonatadas. Normalmente, aguas superficiales tienen una alcalinidad apreciable, debido a que si pH oscila en la mayoría de los casos entre 6 y 8, condiciones en las cuales la especie de carbono inorgánico predominante es el ion HCO<sub>3</sub>. Además, las aguas superficiales con algas también pueden presentar alcalinidad, debido a que toman el CO<sub>2</sub> que está en forma libre y lo combinan que tal forma que el pH puede aumentar.

Aunque tales parámetros no tienen una afectación directa sobre la salud humana, la (Resolución 2115 de 2007) contempla las características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud, entre las que se encuentra la alcalinidad. De acuerdo con lo anterior el valor máximo admisible es de 200 mg/l, este es sobrepasado por tres de los afloramientos evaluados los cuales son usados por la comunidad para abastecimiento público, doméstico e industrial.

A continuación, en la **Figura 5.117** se presentan los valores de alcalinidad y acidez registrados para los puntos de interés.



**Figura 5.117 Valores de Acidez y alcalinidad**



- **Turbiedad y Sólidos Suspendidos Totales**

La presencia de materias en suspensión, arenas, limos, coloides orgánicos, plancton y otros organismos dan lugar a la turbidez en el agua. Estas son partículas que tienen dimensiones variables que van desde los 10 nm hasta los 0,1 mm, se pueden asociar a categorías como: minerales, partículas orgánicas húmicas (de la descomposición de restos vegetales) y partículas filamentosas. Las partículas de origen mineral vienen de la erosión de suelos y rocas y pueden estar cubiertos de restos orgánicos, son quienes conforman la fracción más importante de las materias en suspensión en aguas naturales. Las algas también pueden dar lugar a incrementos de la turbidez en medio hídricos naturales (Marín Galván, 2003).

En relación con el agua de consumo humano, se correlacionan los valores altos de turbidez con la aparición de bacterias y virus. Además, la turbidez de origen orgánico tiene un efecto adsorbente de posibles plaguicidas y pesticidas del agua, haciendo difícil su eliminación. En la (Resolución 2115 de 2007) se describen las características físicas y químicas del agua para consumo humano, donde la turbiedad tiene un máximo aceptable de 2 UNT.

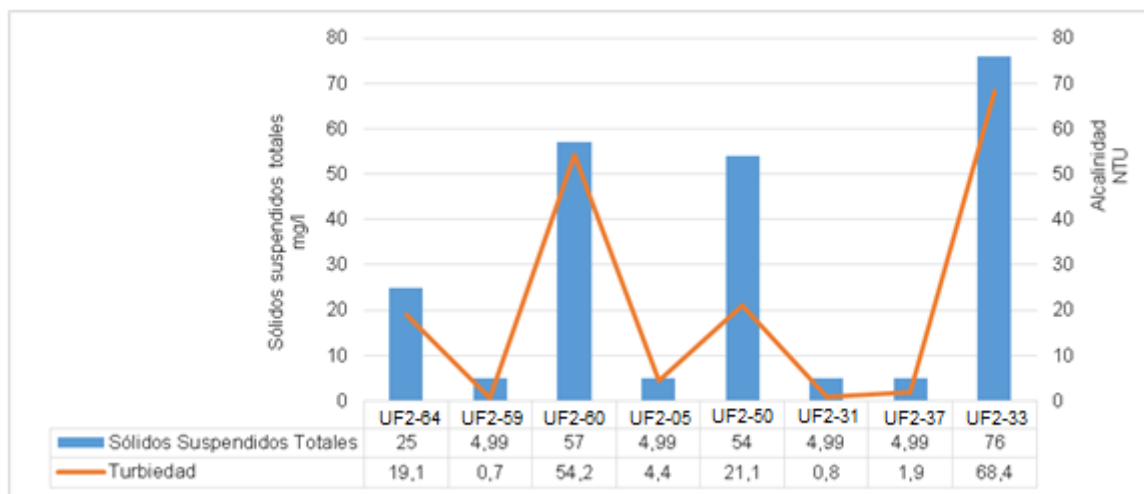
Los sólidos suspendidos son partículas orgánicas e inorgánicas encontradas en el agua. Dentro de las primeras se pueden encontrar fibras de plantas, células de algas, bacterias y sólidos biológicos mientras que la arcillas y sales se consideran partículas inorgánicas. Estos proveen superficies de adsorción para agentes químicos y biológicos, son capaces de degradarse produciendo sustancias secundarias perjudiciales, aquellos biológicamente activos pueden llegar a ser agentes tóxicos o causantes de enfermedades (Campos Gómez, 2000).

Las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) tienen una relación directa con la turbiedad, el agua toma una apariencia oscura debido a una alta concentración de partículas en suspensión, es decir una alta turbiedad.

En la **Figura 5.118** se presentan los valores de SST y turbiedad y su correlación para los diferentes puntos de interés.

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada debido al límite de cuantificación de los métodos para la medición de sólidos suspendidos totales ( $\geq 5 \text{ mg/l}$ ) y que en los resultados es mostrado como  $< 5 \text{ mg/l}$ , se asumió un valor inferior correspondiente a  $4,99 \text{ mg/l}$  para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto, esos valores son de referencia.

**Figura 5.118 Valores de Turbiedad y SST**



De acuerdo con los resultados obtenidos sólo tres de los puntos de agua evaluados (UF2-P59, UF2-P05, UF2-P37) cumplen con el límite normativo establecido en la Resolución 2115 de 2007 y por tanto son aptos para consumo humano.

Por otro lado en el (Decreto 1076 de 2015) se establece un límite de 19 NTU cuando el uso del agua es consumo humano y domestico con la indicación de que para su potabilización se requiere únicamente desinfección. De lo anterior, cuatro de los puntos de agua evaluados no cumplen.

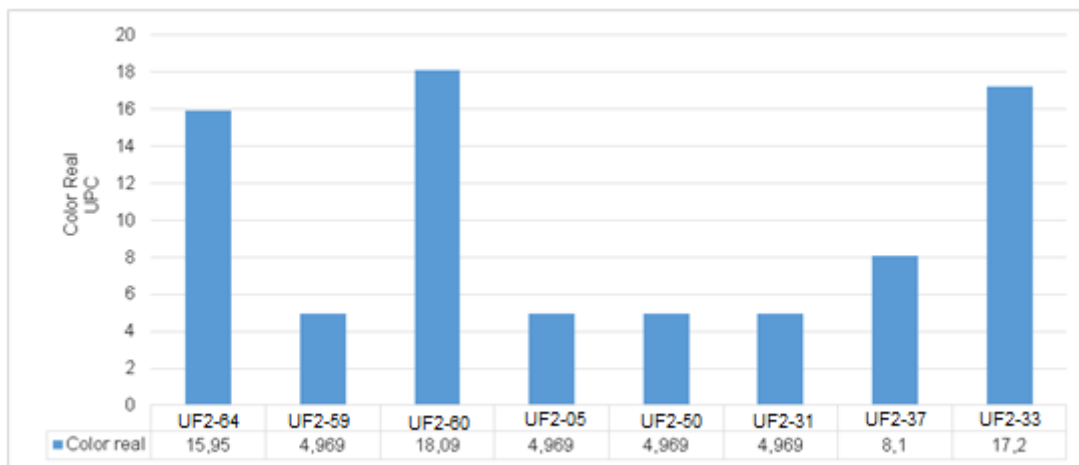
- Color

Aunque el agua pura no tiene color, los sólidos suspendidos y disueltos pueden determinar color de la misma. Los sólidos suspendidos le confieren un color aparente mientras que los sólidos disueltos le dan el color verdadero. Además, los ácidos húmicos, maderas, hojas, óxidos de hierro, entre otros son los que le proporcionan diferentes colores al agua.

De acuerdo con los resultados presentados en la **Figura 5.119** para los puntos de interés, los valores de color más alto obtenidos del análisis de los puntos de agua monitoreados se presentan con valores que sobrepasan los 15 UPC donde UPC (Unidades Platino Cobalto) representa la medida del color que los contaminantes confieren al agua. El artículo 2.2.3.3.9.3 del decreto 1076 de 2015 establece como límite permisible 75 UPC para el uso humano y doméstico con la indicación de que para su potabilización se requiere un tratamiento convencional. Los resultados obtenidos tampoco sobrepasan el límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del mismo artículo que es de 20 UPC para uso humano y doméstico con la indicación de que para su potabilización se requiere únicamente desinfección.

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación del método estándar de medición en laboratorio ( $\geq 4,970$  UPC) y que en los resultados es mostrado como  $< 4,970$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 4,969 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto, esos valores son de referencia.

**Figura 5.119 Valores de Color**



Fuente: (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017)

- Dureza cálcica y Dureza Total

La dureza de un agua mide su capacidad para consumir jabón o producir incrustaciones. Las aguas muy blandas por otro lado son agresivas y pueden no ser indicadas para consumo humano. Existen distintas formas de dureza:

- Dureza total: Mide el contenido de iones  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$ .
- Dureza permanente o no carbonatada: Mide el contenido en iones de  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$  después de someter el agua a ebullición, filtración y recuperación del volumen inicial con agua destilada.
- Dureza carbonatada: Mide la dureza relacionada con iones  $CO_3H$  eliminada por ebullición.

El agua con dureza mayor que aproximadamente 200 mg/l, en función de la interacción con otros factores como pH y alcalinidad puede provocar incrustaciones en instalaciones de tratamiento, sistemas de distribución, tuberías y depósitos de edificios. Otra de las consecuencias de la dureza es el consumo excesivo de jabón y por tanto la formación de restos insolubles del mismo. Por otro lado, las aguas blancas con durezas menores a 100 mg/l pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, más corrosivas para las tuberías.

La dureza de las aguas varía entre 10 y 300 mg/l de  $CaCO_3$  pudiendo llegar a 2000 o más, las aguas duras son incrustaciones por lo general mientras que las blandas suelen ser agresivas.

Según la dureza de las aguas estas pueden clasificarse como blandas, ligeramente duras, moderadamente duras y muy duras (ver **Figura 5.120**).

**Tabla 5.117 Clasificación de la Dureza por CaCO<sub>3</sub> en el Agua (OMS)**

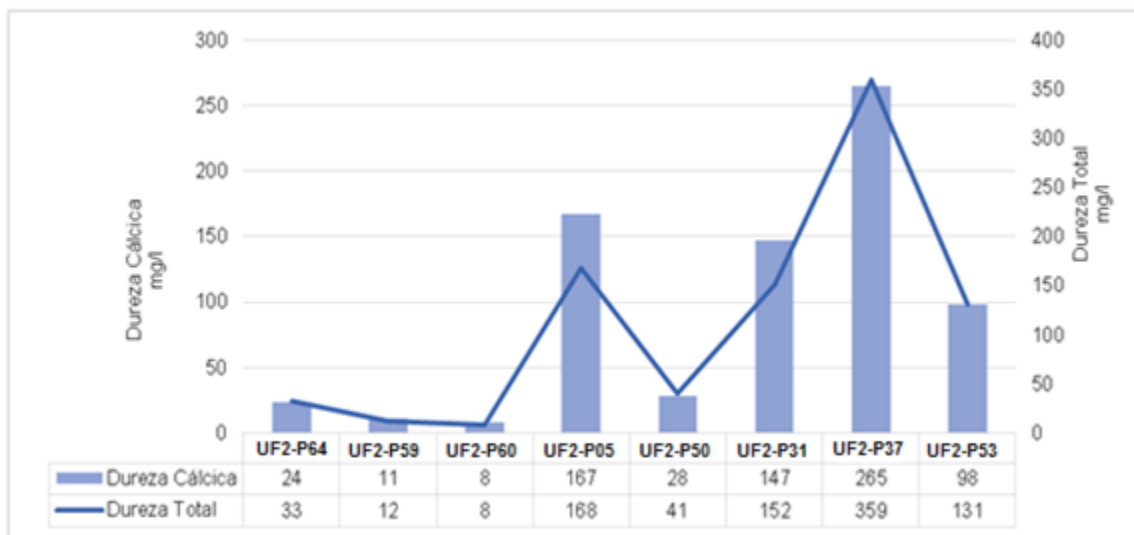
Concentración de CaCO <sub>3</sub> /mg/l	Tipo
0 - 50	Blanda
51 - 100	Ligeramente Dura
101 - 200	Moderadamente Dura
>200	Muy Dura

Fuente: (Rigola Lapeña, 1989)

De acuerdo con la clasificación presentada en la **Tabla 5.117** se muestran los resultados de dureza cálcica y total para los puntos de interés, el afloramiento UF2-P37 (359 mg/l) fue el que presentó los valores más elevados de dureza tanto cálcica como total por lo sus aguas se clasifican como muy duras. Los afloramientos UF2-P05 y UF2-P31 obtuvieron valores que clasifican sus aguas como moderadamente duras, el resto de los afloramientos evaluados se clasifican entre aguas ligeramente duras y blandas.

La (Resolución 2115 de 2007) establece que para dureza total el valor máximo aceptable es 300 mg/l desde donde el parámetro tiene consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, donde el UF2-P37 es el único que excede tal estándar.

**Figura 5.120 Valores de Dureza cálcica y Dureza Total**



- Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno mide la capacidad del agua para consumir oxidantes en procesos químicos (materia orgánica oxidable). En aguas naturales los valores usuales de DQO varían entre 1 y 15 mg/l.



La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno para eliminar, mediante procesos biológicos aerobios, la materia orgánica contenida en el agua. En aguas subsuperficiales y subterráneas por lo general la DBO5 suele ser inferior a 1 mg/l de O<sub>2</sub>.

**Tabla 5.118 Escala de clasificación de la calidad de agua, con base en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

DBO	Criterio	Descripción
≤ 3 mg/l	Excelente	No contaminada
3 – 6 mg/l	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable
6 – 30 mg/l	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
30 – 120 mg/l	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
≥ 120 mg/l	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: (Sánchez, Herzig, Peters, Márquez, & Zambrano, 2007)

**Tabla 5.119 Escala de clasificación de calidad de agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO)**

DQO	Criterio	Descripción
≤ 10 mg/l	Excelente	No contaminada
10 – 20 mg/l	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánico biodegradable y no biodegradable
20 – 40 mg/l	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
40 – 200 mg/l	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
≥ 200 mg/l	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: (Sánchez, Herzig, Peters, Márquez, & Zambrano, 2007)

De acuerdo con los resultados presentados en la **Figura 5.120**, para DBO5 únicamente el punto de agua UF2-P64 (13 mg/l) pudo ser cuantificado pues tiene un valor mayor a 10 mg/l que es el límite de cuantificación del método. Debido a que los afloramientos monitoreados emergen en la superficie es posible comparar los resultados obtenidos con parámetros para aguas superficiales, donde el valor obtenido por el afloramiento UF2-P64 se encuentra dentro del rango aceptable (Ver **Figura 5.120**)

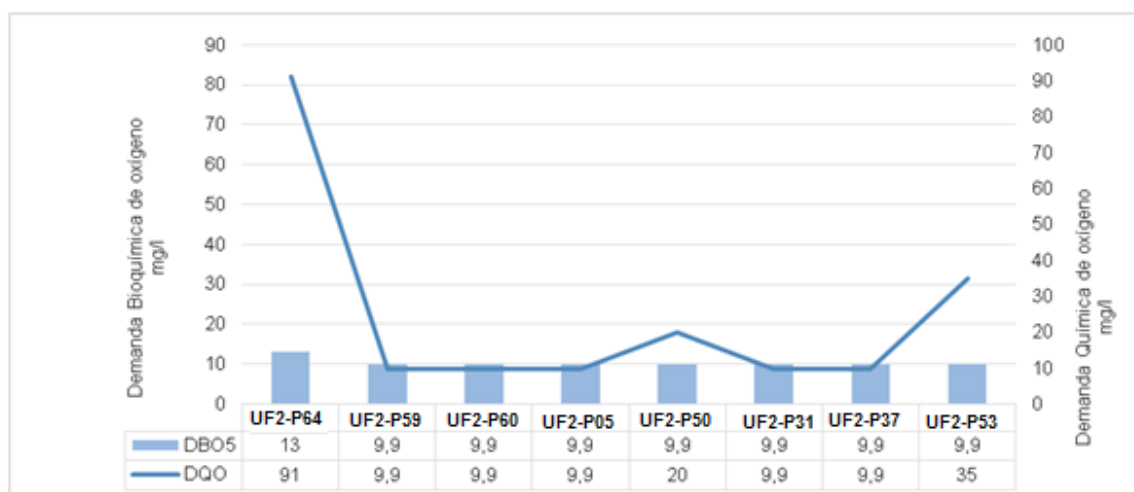
En cuanto a la DQO, únicamente en tres de los puntos de agua monitoreados fue posible cuantificar el parámetro cuyo límite de cuantificación es 10 mg/l. Los puntos de agua UF2-

P37 y UF2-P53 presentaron valores que se clasifican como aceptable (Figura 5.120), con indicio de contaminación. Sin embargo, el punto de agua UF2-P64 presentó una DQO de 91 mg/l que clasifica a esta agua como contaminada con indicio de descargas de aguas residuales crudas, lo cual puede ser efecto de infiltraciones y resurgencias. Ahora bien, la relación DBO/DQO en el punto de agua UF2-P64 fue de 0,143 lo que da como indicio que este podría recibir vertimientos de naturaleza industrial o agroindustrial, poco biodegradables.

A continuación en la **Figura 5.121** se presentan los valores de DBO5 y DQO y su correlación para los diferentes puntos de interés.

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica ( $\geq 10$  mg/l) y que en los resultados es mostrado como  $< 10$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 9,9 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.

**Figura 5.121 Valores de DBO5 y DQO**



- **Fósforo total y Ortofosfatos**

El fósforo es un elemento vital para el crecimiento de plantas y animales, además es considerado como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de algas. En aguas naturales y residuales el fósforo se encuentra casi exclusivamente como fosfatos, los cuales se clasifican en orto fosfatos, fosfatos condensados y fosfatos inorgánicos. El fosforo total (P) se determina en una muestra sin filtrar y en ella están presentes todas las formas de fósforo. Este se oxida rápidamente en rocas terrestres como orto fosfato, este es muy soluble y es la fracción útil que absorben las plantas autótrofas.

En aguas naturales el fosforo parece encontrarse en forma de orto fosfato, es un nutriente esencial al igual que el nitrato, sin embargo se encuentra en concentraciones menores, probablemente por su tendencia a formar iones complejos y compuestos de baja solubilidad. Las principales fuentes de fosfatos se asocian a la explotación de rocas ígneas,

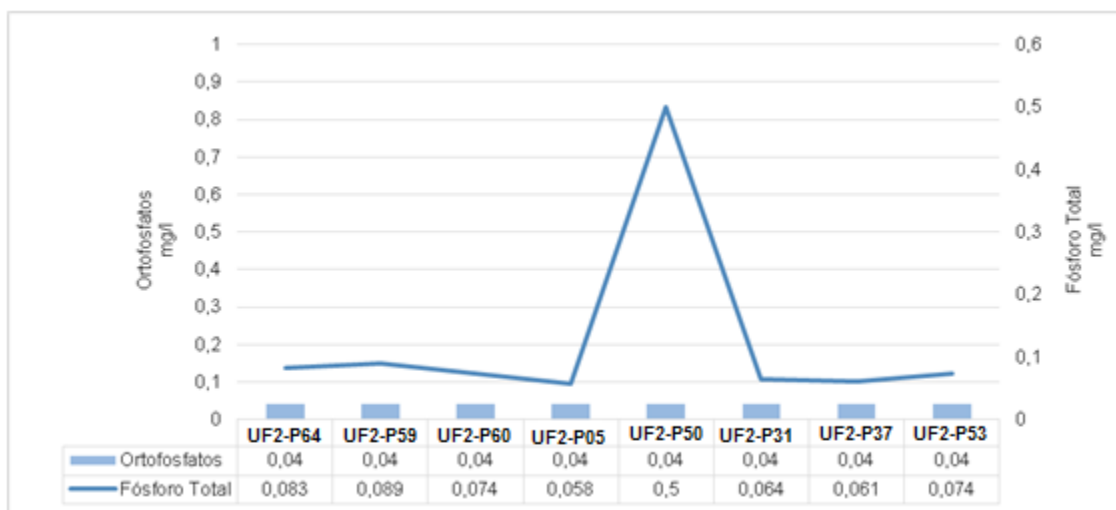
industria manufacturera de fertilizantes fosfatados, aguas residuales de origen urbano (detergentes) o ganadero, etc.

En la (Resolución 2115 de 2007) se establece 0,5 mg/l como valor máximo aceptable de fosfatos desde el cual se generan consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana. Ninguno de los afloramientos evaluados presentó un valor superior al estándar descrito anteriormente.

A continuación en la Figura 5.122 se presentan los valores de fósforo total para los puntos de agua de interés, observando que los datos fluctúan entre 0,058 y 0,5 mg/l, donde el mayor valor fue alcanzado por el punto de agua UF2-P50.

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica para ortofosfatos ( $\geq 0,05$  mg/l) y que en los resultados es mostrado como  $< 0,05$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 0,04 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.

**Figura 5.122 Valores de Fósforo Total y Orto fosfatos**



- Nitratos y nitritos

El nitrato y el nitrito son iones de origen natural que hacen parte del ciclo del nitrógeno, el nitrato se usa en fertilizantes inorgánicos y el nitrito sódico como conservante alimentario. La concentración del nitrato en aguas subterráneas y subsuperficiales suele ser baja, sin embargo puede aumentar por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o por contaminación debido a residuos humano o animales por la oxidación del amoníaco.

El ión nitrito ( $[\text{NO}]_2^-$ ) puede encontrarse en las aguas debido a la oxidación del  $\text{NH}_3$  o por la reducción de los nitratos sea microbiana o no. Su presencia se considera un indicio

de una posible contaminación reciente dada su inestabilidad y por tanto de la impotabilidad del agua.

La sola presencia de ( $\text{NO}_2^-$ ) y  $\text{NH}_3$  en el agua subterránea no se debe considerar únicamente producto de contaminación ya que en un acuífero o en una zona de interflujo o de transporte las condiciones de oxidación no son favorables y estos iones incorporados de forma natural pueden matenerse durante cierto tiempo en equilibrio con su forma oxidada, el ( $\text{NO}_3^-$ ).

Por otro lado, los nitratos en aguas subsuperficiales y subterráneas pueden deberse a la disolución de rocas que los contengan, su concentración en aguas no contaminadas suele no sobrepasar los 10 mg/l. El origen de estos en el agua no es totalmente claro pues pueden ser fijados por el terreno o reducidos a  $\text{N}_2$  o ( $\text{NH}_4^+$ ) en ambientes reductores. La contaminación de las aguas subterráneas está relacionada con actividades urbanas, industriales y ganaderas, además con las prácticas de abonados intensivos inadecuados con compuestos nitrogenados. Las plantas únicamente pueden aprovechar el nitrógeno en forma de nitratos, por lo que la cantidad no aprovechada de nitrógeno se infiltra hacia el acuífero.

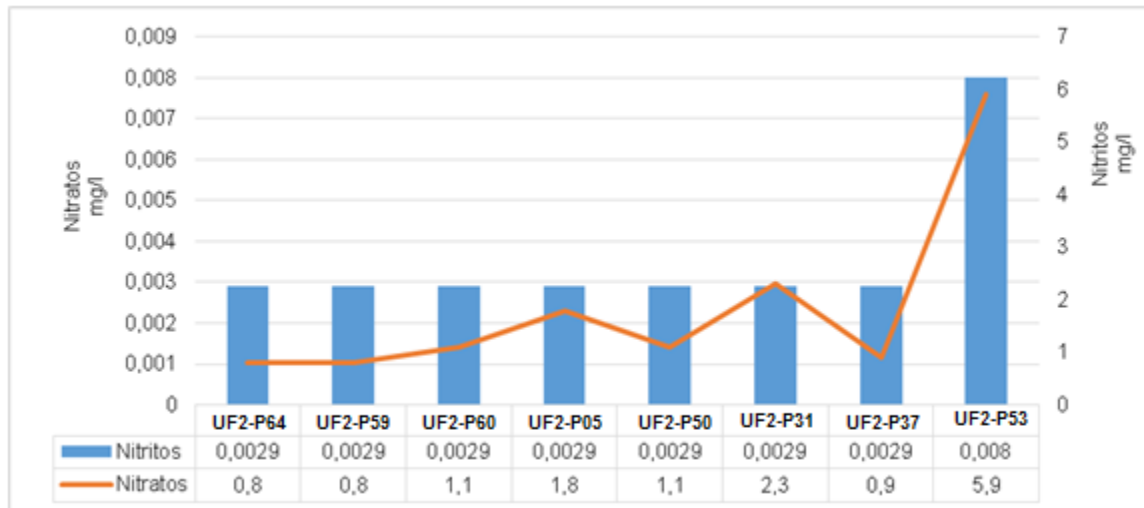
El (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2015) establece como límite permisible 10,0 mg/l de nitratos y 1,0 mg/l de nitritos, para aguas de uso humano y domestico con la aclaración que para la potabilización es requerido un tratamiento convencional o desinfección. También establece 10,0 mg/l de nitritos para agua de uso pecuario; ninguno de los puntos de agua evaluados superó los límites descritos anteriormente.

El Ministerio de la protección social y el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2007) establecen dentro de las características químicas con implicaciones en la salud a los nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y les asignan un valor máximo aceptable en aguas de consumo de 0,1 y 10 mg/l respectivamente. De acuerdo con los resultados obtenidos ninguno de los puntos de agua sobrepasa el límite establecido por lo que son aptas para consumo humano.

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica para nitritos ( $\geq 0,003$  mg/l) y que en los resultados es mostrado como  $< 0,03$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 0,0029 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.



**Figura 5.123 Valores de nitratos y nitritos**



Fuente: (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017)

- Sulfatos

El ión sulfato proviene de la oxidación de sulfuros distribuidos en rocas ígneas y sedimentarias, de la descomposición de sustancias orgánicas, etc. Este ión está sometido a procesos de reducción especialmente en presencia de bacterias y materia orgánica. En ambientes reductores, a pH menor que 7, la forma reducida es el  $H_2S$  mientras que en soluciones alcalinas predomina el ión  $HS^-$ .

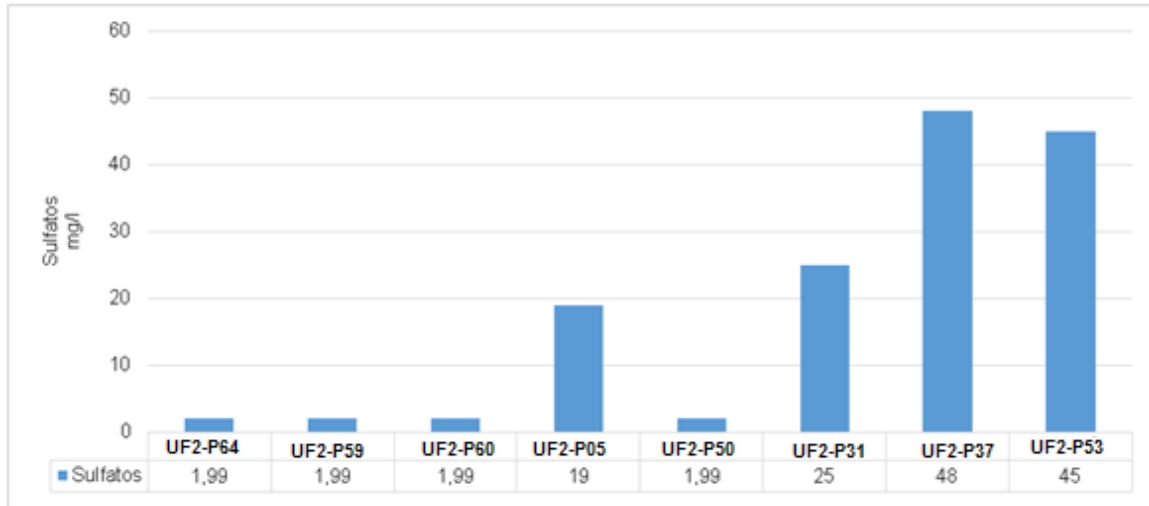
En las aguas subterráneas sulfurosas se presentan contenidos apreciables de  $HS^-$  y  $H_2S$  que incluso a bajas concentraciones confieren olores particulares, en aguas dulces la concentración normal del ión puede variar entre 2 y 150 mg/L.

En el (Decreto 1076 de 2015) se establece un límite permisible de 400 mg/l de sulfatos para aguas de consumo humano y doméstico con la indicación que para la potabilización se requiere potabilización o tratamiento convencional, límite que no es sobrepasado por ninguno de los afloramientos evaluados.

El Ministerio de la protección social y el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2007) establecen que el valor máximo aceptable es de 250 mg/l a partir del cual se advierten consecuencias económicas e indirectas sobre la salud, este límite tampoco es sobrepasado por ninguno de los afloramientos.

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica para sulfatos ( $\geq 2$  mg/l) y que en los resultados es mostrado como  $< 2$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 1,99 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.

**Figura 5.124 Valores de sulfatos**

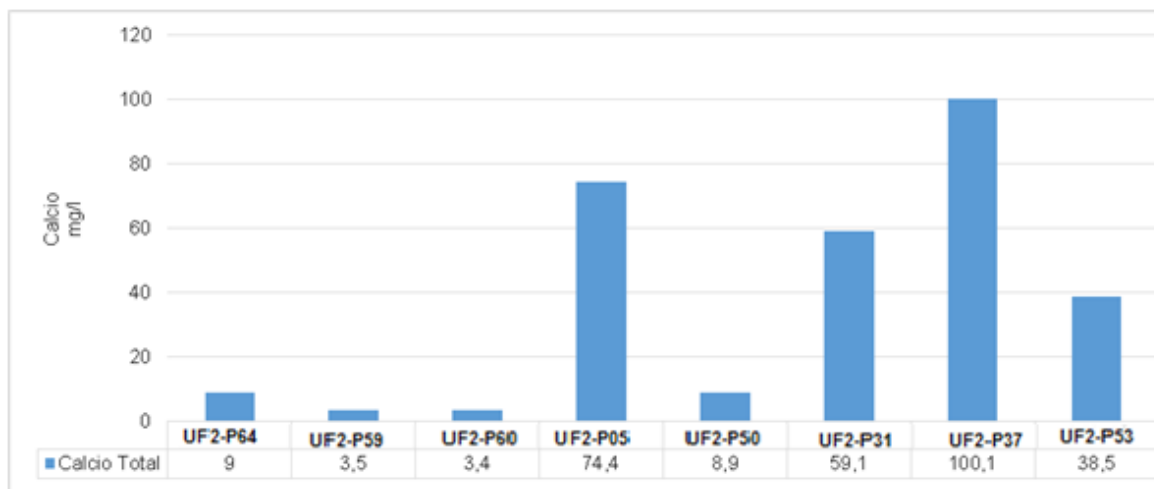


- Ión Calcio

Este es el catión principal en la mayoría de aguas naturales por su difusión en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. En rocas ígneas es constituyente de los silicatos mientras que en rocas sedimentarias aparece en forma de carbonato. La concentración de  $\text{Ca}^{++}$  varía en aguas subsuperficiales y subterráneas, en aguas dulces esta frecuentemente entre 10 y 250 mg/l, en aguas de terrenos yesíferos puede llegar a los 600 mg/l y en salmueras de  $\text{CaCl}_2$  hasta 50.000 mg/l.

En la Figura 5.125 se evidencia que las concentraciones presentadas varían entre 3,4 y 100,1 mg/l de calcio ajustándose en el rango normal para aguas dulces relativamente puras. El Ministerio de la protección social y el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2007) establecen como máximo permisible de consumo para calcio un valor de 60 mg/l, a partir del cual se tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana. De acuerdo con lo anterior, dos de los puntos de agua evaluados (UF2-P05 y UF2-P37) no cumplen con el límite mencionado para aguas de consumo humano.

**Figura 5.125 Valores de Calcio**



Fuente: (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017).

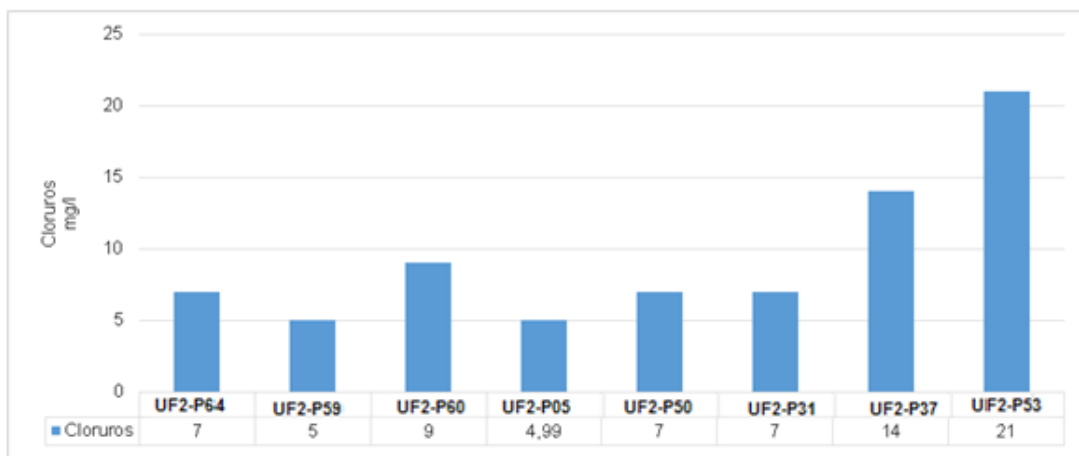
- Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )

Las rocas por lo común presentan baja proporción de cloruros, sin embargo debido a la alta solubilidad de sus sales, estos pasan rápidamente a fase acuosa alcanzando concentraciones muy altas. Este no se oxida ni se reduce en aguas naturales, ni es adsorbido ni tampoco forma parte de procesos bioquímicos. En aguas subsuperficiales y subterráneas su concentración es variable desde menos de 10 mg/l a más de 2000 mg/l.

El Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, (2015) establece como límite máximo un valor de 250 mg/l para aguas de consumo humano o domestico cuya potabilización requiere de un tratamiento convencional o una desinfección, por lo tanto ninguno de los puntos de agua evaluados sobrepasa el estándar descrito. El Ministerio de la protección social y el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2007) definen como 250 mg/l el límite a partir del cual la concentración podría tener consecuencias económicas e indirectas sobre la salud.

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica para cloruros ( $\geq 5$  mg/l) y que en los resultados es mostrado como  $< 5$  mg/l, se asumió un valor inferior correspondiente a 4,99 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.

**Figura 5.126 Valores de Cloruros**



Fuente: (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017).

- **Grasas, Aceites y Fenoles**

La presencia de grasas o aceites en las aguas se da principalmente por vertimientos, tanto de origen industrial como doméstico. El principal efecto sobre la calidad del recurso hídrico se da por su presencia en forma de película sobre la superficie del agua, lo cual dificulta la interacción aire-agua, provocando problemas de difusión y concentración del oxígeno en el agua (Salamanca & Palacios, 2005). Por otro lado, los compuestos fenólicos son utilizados en diferentes actividades productivas del sector industrial, y proceden básicamente de restos de aceites, restos de disolventes, pinturas, entre otros; causando problemas principalmente en las características organolépticas del agua.

Las grasas y aceites son contaminantes del agua constituido principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua y baja o nula biodegradabilidad. Según la norma colombiana “El agua potable no debe presentar grasas y aceites” (Universidad del Valle, 2007).

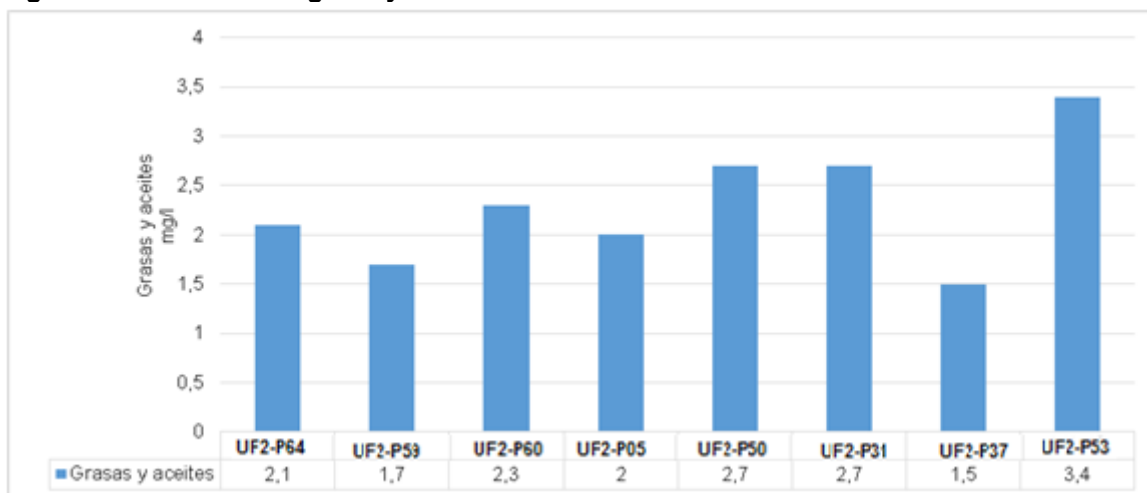
La guía canadiense para calidad de aguas recreacionales establece las grasas y aceites no deben estar presentes en concentraciones que:

- Puedan ser detectadas como capa visible, brillo o decoloración en la superficie.
- Puedan detectarse por el olor.
- Puedan formar depósitos y sedimentos inferiores detectables por la vista y olor.

Teniendo en cuenta los resultados para los puntos de agua se puede observar que los valores para grasas y aceites fluctúan entre 1,5 y 3,4 mg/l donde el mayor valor fue presentado en el punto de agua UF2-P53.



**Figura 5.127 Valores de grasa y aceites**



Fuente: (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017).

Los fenoles son compuestos orgánicos derivados del benceno por sustitución de átomos de hidrogeno por grupo hidroxilo, en general los fenoles no son sustancias comunes en el agua natural, salvo en las que atraviesan o fluyen por zonas de turberas y aguas ricas en materias húmicas. Su origen está ligado a efluentes industriales y procedentes de pasta de papel, explotaciones mineras, refinerías de petróleo, industrias químicas y farmacéuticas, etc.

De acuerdo con los resultados obtenidos, en ninguno de los puntos se pudo determinar la cantidad exacta de fenoles ya que todas las muestras se encontraron debajo del límite de cuantificación de la técnica (0,002 mg/l). Por lo anterior, ninguno de los puntos de agua supero el límite establecido en el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, (2015) de 0,002 mg/l para uso humano y doméstico con indicación de que para la potabilización se requiera un tratamiento convencional o desinfección.

- **Metales Pesados**

De los metales pesados analizados para los puntos de agua monitoreados, los elementos mencionados a continuación no pudieron ser determinados pues se encontraron los debajo del límite de cuantificación de la técnica usada en casa caso.

- Arsénico: cuyo límite de cuantificación es 0,0045 mg/l; por lo anterior se encuentra bajo el límite máximo admisible por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2015) de 0,005 mg/l para aguas de consumo humano y doméstico. También se encuentran bajo el valor máximo aceptable de 0,01 mg/l para efectos adversos sobre la salud humana establecido por el Ministerio de la protección social y el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2007) en aguas de consumo humano.
- Bario: cuyo límite de cuantificación es 0,01 mg/l, por lo que se encuentra bajo el límite máximo admisible por el Decreto 1076 de 2015 de 1 mg/l para aguas de consumo humano y doméstico. También se encuentran bajo el valor máximo

- aceptable de 0,7 mg/l para efectos adversos sobre la salud humana establecido por la Resolución 2115 de 2007 en aguas de consumo humano.
- iii. Cadmio: cuyo límite de cuantificación es 0,005 mg/l, por lo que se encuentra bajo el límite máximo admisible por el (Decreto 1076 de 2015) de 0,01 mg/l para aguas de consumo humano y doméstico. En cuanto el valor máximo aceptable de 0,003 mg/l para efectos adversos sobre la salud humana establecido por la Resolución 2115 de 2007 en aguas de consumo humano, no es posible conocer si el límite es sobrepasado debido a que es un valor menor al del límite de cuantificación del método.
  - iv. Cobre: cuyo límite de cuantificación es 0,015 mg/l, por lo que se encuentra bajo el límite máximo admisible por el Decreto 1076 de 2015 de 1 mg/l para aguas de consumo humano y doméstico, de 0,2 mg/l en aguas de uso agrícola y de 0,5 mg/l en aguas de uso pecuario. También se encuentran bajo el valor máximo aceptable de 1 mg/l para efectos adversos sobre la salud humana establecido por la Resolución 2115 de 2007 en aguas de consumo humano.
  - v. Cromo: cuyo límite de cuantificación es 0,05 mg/l; por lo anterior se encuentra bajo el límite máximo admisible por el (Decreto 1076 de 2015) de 0,05 mg/l para aguas de consumo humano y doméstico. También se encuentran bajo el valor máximo aceptable de 0,05 mg/l para efectos adversos sobre la salud humana establecido por la Resolución 2115 de 2007 en aguas de consumo humano.
  - vi. Mercurio: cuyo límite de cuantificación es 0,0006 mg/l; por lo anterior se encuentra bajo el límite máximo admisible por el Decreto 1076 de 2015 de 0,002 mg/l para aguas de consumo humano y doméstico. También se encuentran bajo el valor máximo aceptable de 0,001 mg/l para efectos adversos sobre la salud humana establecido por la Resolución 2115 de 2007 en aguas de consumo humano.
  - vii. Níquel: cuyo límite de cuantificación es 0,05 mg/l; por lo anterior se encuentra bajo el límite máximo admisible por el Decreto 1076 de 2015 de 0,2 mg/l para aguas de uso pecuario.
  - viii. Plata: cuyo límite de cuantificación es 0,05 mg/l; por lo anterior se encuentra bajo el límite máximo admisible por el Decreto 1076 de 2015 de 0,05 mg/l para aguas de consumo humano y doméstico.
  - ix. Plomo: cuyo límite de cuantificación es 0,05 mg/l; por lo anterior se encuentra bajo el límite máximo admisible por el Decreto 1076 de 2015 de 0,05 mg/l para aguas de consumo humano y doméstico.

- Resultados de análisis microbiológicos

Con relación a los parámetros microbiológicos analizados en laboratorio y cuyos resultados se presentan en la **Tabla 5.120** para los puntos e interés se destacan y analizan a detalle aquellos que no cumplen con el Decreto 1076 de 2015 o que presentaron valores muy cercanos a los permitidos.

**Tabla 5.120 Resultados de parámetros microbiológicos**

Nombre del punto de monitoreo	Descripción del punto de monitoreo	Coliformes Fecales Termotolerantes (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
Decreto 1076 de 2015	Artículo 2.2.3.3.9.3	2000	20000
	Artículo 2.2.3.3.9.4	---	1000
	Artículo 2.2.3.3.9.5	---	---
	Artículo 2.2.3.3.9.6	---	---
<b>P64</b>	<b>UF2-P64</b>	20	7230
<b>P59</b>	<b>UF2-P59</b>	294	1460
<b>P60</b>	<b>UF2-P60</b>	2143	15970
<b>P05</b>	<b>UF2-P05</b>	14	2143
<b>P50</b>	<b>UF2-P50</b>	<1	5120
<b>P31</b>	<b>UF2-P31</b>	<1	613
<b>P37</b>	<b>UF2-P37</b>	152	2851
<b>P53</b>	<b>UF2-P53</b>	86	155310

Fuente: Reportes de Análisis de Agua Físico – Químico – Bacteriológico, CIMA 2017

- Coliformes fecales y totales

Los organismos coliformes son indicadores con los que usualmente se mide la calidad del agua, los coliformes totales son bacterias gram-negativas mientras que los coliformes fecales son un subgrupo de bacterias coliformes totales. Sin embargo el grupo coliforme no debe ser considerado en general como indicador de organismos de origen fecal exclusivamente ya que en países con altas temperaturas, pueden abundar bacterias coliformes de origen no fecal. La medición de los coliformes fecales específicamente constituye un mejor indicador de contaminación por materia fecal, donde la especie predominante es la *Escherichia coli*. Una captación de un punto de agua subsuperficial o de agua subterránea protegida y sin cloración puede contener 10 coliformes fecales por 100 ml de agua, mientras que el agua superficial protegida puede tener un total de 1000 coliformes fecales por cada 100 ml (Organización Panamericana de la salud, 1988).

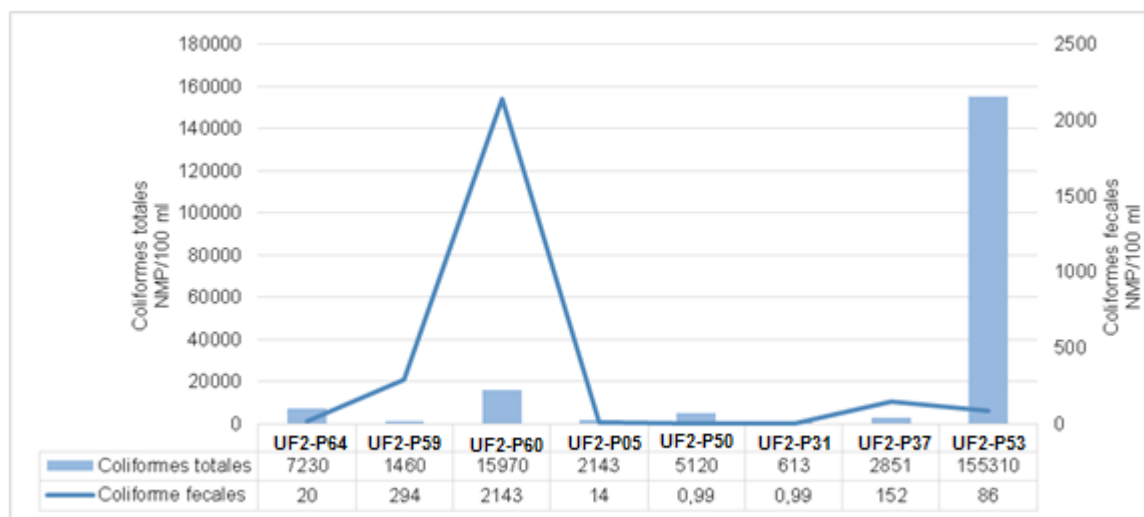
En el Decreto 1076 de 2015 se establecen criterios de calidad por coliformes totales y fecales donde los valores máximos permisibles son de 20000 NPM/ml y 2000 NPM/ml respectivamente para uso de consumo humano y doméstico indicando que para su potabilización se requiere un tratamiento convencional. Los resultados de coliformes fecales y totales se muestran en la **Figura 5.128** donde en cuanto a coliformes fecales el punto de agua MA-28 (2143 NPM/ml) es el único que sobrepasa el límite determinado por el Decreto 1076 de 2015. En el caso de coliformes totales, el punto de agua UF2-P53 (155310 NPM/ml) sobre pasa el límite establecido por el decreto mencionado.

El agua destinada al consumo humano no debería contener microorganismos indicadores, la OMS da algunos valores de referencia de calidad microbiológica donde para agua destinada a ser bebida las bacterias coliformes termo-tolerantes no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml.

Lo anterior se da en los puntos de agua UF2-P50 y UF2-P3 únicamente, éstos presentan valores de coliformes fecales termo tolerantes menores al límite de cuantificación del método, por lo tanto son los únicos aptos para consumo humano teóricamente, evidenciándose a su vez que se trata de flujos subsuperficiales y someros susceptibles a este tipo de contaminación. La OMS para esta comparación usa el indicador de coliformes termotolerantes pues las bacterias coliformes totales no son un indicador aceptable de la calidad sanitaria de los sistemas de abastecimiento de agua, sobre todo en zonas tropicales donde casi todos los sistemas de abastecimiento de agua no tratada contienen numerosas bacterias que no constituyen un problema sanitario (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2006).

Es importante aclarar que para aquellos puntos en que la concentración de los parámetros no fue detectada por el límite de cuantificación de la técnica para Coliformes fecales ( $> 1$  NMP/100ml) y que en los resultados es mostrado como  $< 1$  NMP/100ml, se asumió un valor inferior correspondiente a 0,99 mg/l para absorber la incertidumbre en los valores bajo ese límite, por lo tanto esos valores son de referencia.

**Figura 5.128 Valores coliformes totales y coliformes fecales**



Fuente: (CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017)

### 5.1.8.9.3 Clasificación Hidrogeoquímica

En el presente capítulo se describen las características hidrogeoquímicas de ocho puntos de agua seleccionados localizados a lo largo del área de influencia de la UF2.

Las formaciones geológicas donde surgen las ocho fuentes estudiadas están caracterizadas por litologías que van desde areniscas de grano fino, lutitas, rocas calizas y conglomerados, dentro de los cuales es posible encontrar minerales (feldespato, carbonatos, silicatos entre otros) de fácil disolución por el flujo de las aguas subsuperficiales y subterráneas. Entre los elementos más importantes para la clasificación de las aguas que se pueden encontrar en estas litologías están: el Ca, Na, Mg, Al, K, Fe, Cl,  $\text{SO}_4$  y  $\text{HCO}_3$ .



En los análisis presentados en este numeral se propone una clasificación mediante diferentes diagramas (Piper, Schoeller e Stiff), que permiten definir una caracterización hidrogeoquímica inicial de la zona de estudio según las investigaciones de terreno realizadas para el periodo noviembre/diciembre 2017.

La interacción agua-roca determina la disolución de minerales y la carga iónica del agua, que puede ser estudiada y clasificada con base en sus fases químicas, utilizando los mencionados diagramas geoquímicos de Piper, Shoeller y Stiff. Adicionalmente, se utiliza el método del Índice de Saturación (saturation index) el cual es útil para determinar si el agua se encuentra saturada, insaturada, o sobresaturada con respecto a un mineral específico.

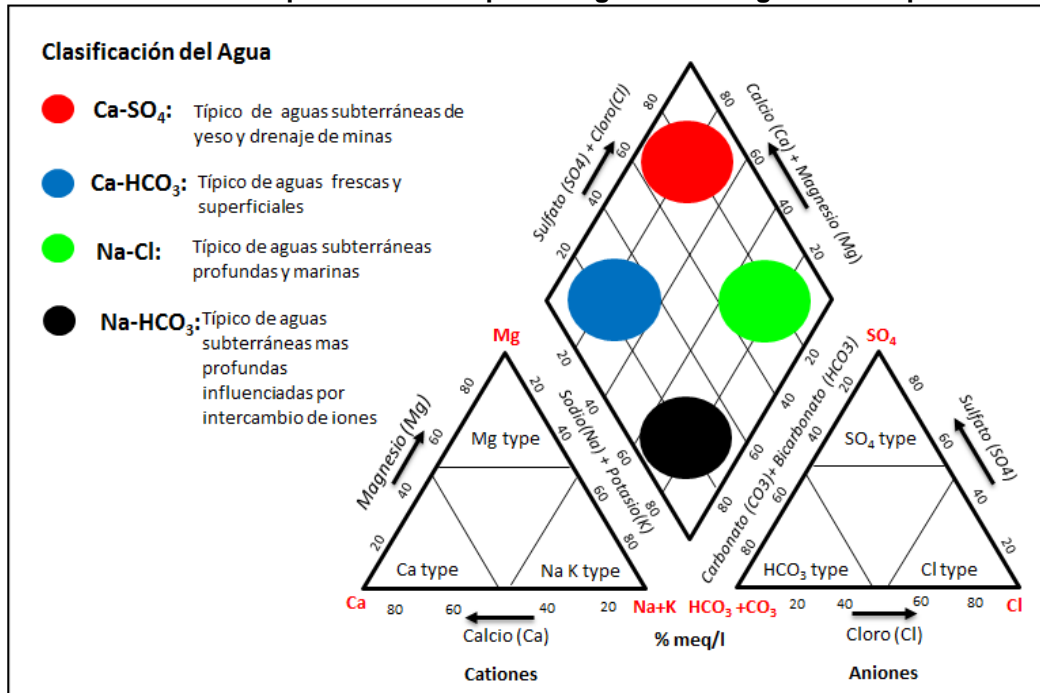
El diagrama de Piper está conformado por un rombo en cuyos extremos inferiores se localizan dos triángulos equiláteros, uno para los cationes y otro para los aniones. La concentración se expresa en meq/l. En los dos triángulos, la posición del punto se localiza teniendo en cuenta que cada lado se subdivide en 100 partes. En el esquema (rombo), el punto representativo de todo el análisis se sitúa en la intersección de la recta paralela al lado  $Mg^{2+}$  (pasando por el punto representativo de los cationes), con aquella paralela al lado  $SO_4^{2-}$  (pasando por el punto representativo de los aniones).

El diagrama de Shoeller se compone de 7 escalas verticales logarítmicas, equidistantes entre sí, que representan la concentración de los aniones principales ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^{++}K^{+}$ ,  $Cl^{-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^{-}$ ,  $NO_3^{-}$ ), expresados en meq/l. La ventaja de este gráfico es que a diferencia del diagrama de Piper, se conservan los valores absolutos de la concentración de los iones individuales. Esto permite distinguir el agua de baja mineralización de aquella más mineralizada. La pendiente de cada segmento que une los puntos representativos de dos iones diferentes representa la relación característica entre los iones mismos; por lo tanto, relaciones iguales implican la existencia de segmentos paralelos o sub paralelos, mientras que segmentos con pendientes diferentes o invertidas indican que el agua tiene características hidrogeoquímicas diferentes.

El diagrama de Stiff está constituido por tres ejes horizontales, cada uno de ellos uniendo un catión y un anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. El Na se confronta con el Cl, el  $Ca^{+2}$  con el  $HCO_3^{-}$  y el  $Mg^{+2}$  con el  $SO_4^{-2}$  y las concentraciones están dadas en meq/l. este tipo de diagrama es útil porque permite visualizar claramente diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular) y, en forma simultánea, permite dar idea del grado de mineralización (ancho de la gráfica). Además, permite apreciar los valores de las relaciones iónicas con respecto a la unidad y la variación de las relaciones entre cationes y entre aniones de una muestra. También pueden representarse en un mapa, con lo que se visualiza rápidamente la variación espacial de la mineralización del agua en el acuífero.

En la **Figura 5.129** se describen los tipos de aguas que se pueden discriminar según el diagrama de Piper.

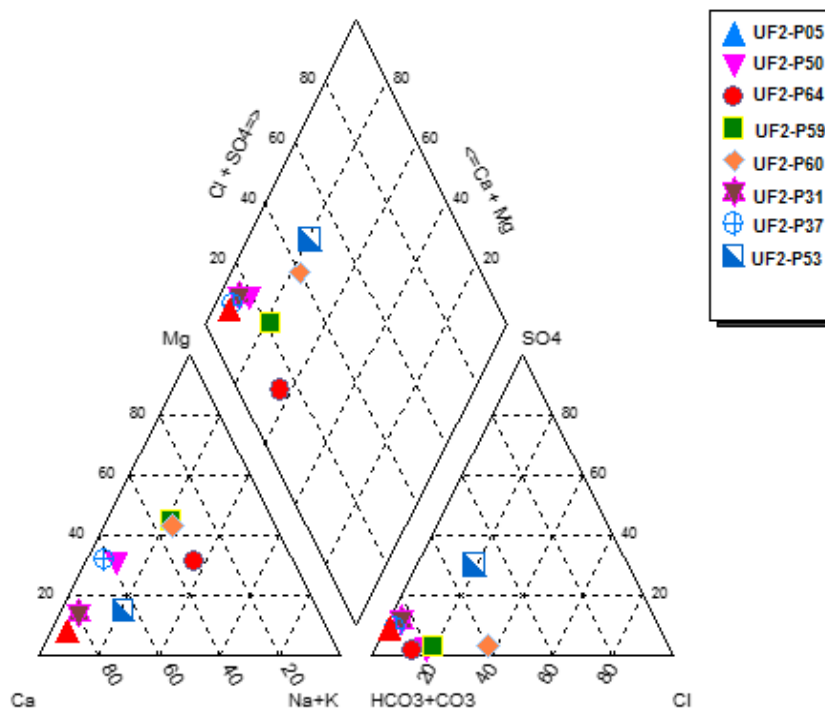
**Figura 5.129 Clasificación química de los tipos de agua en el diagrama de Piper**



Fuente: Diagrama de Piper

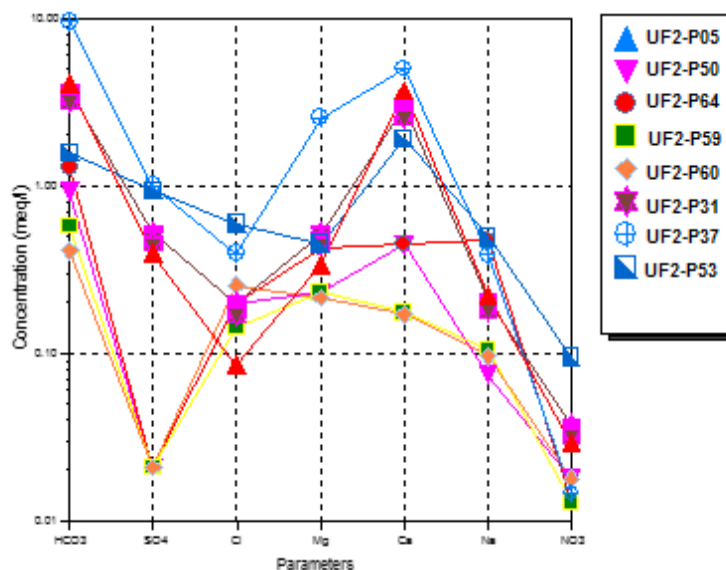
En la **Figura 5.128** se muestran los resultados de los análisis de las ocho fuentes disponibles, del cual resulta claramente un tipo de agua dominante, Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>. Esta clasificación según la distinción mostrada en la Figura 5.129, corresponde primordialmente a aguas de carácter subsuperficial por su interacción en zonas expuestas a agentes del suelo y atmosféricos siendo esto típico de aguas frescas y superficiales.

Figura 5.130 Diagrama de Piper para las ocho fuentes de agua analizadas



En la Figura 5.131 se muestra el diagrama de Shoeller para las ocho fuentes de agua analizadas, se puede observar como la mayor parte de las muestras presentan una gran variabilidad en la concentración del Ca.

Figura 5.131 Diagrama de Shoeller para las ocho fuentes de agua analizada



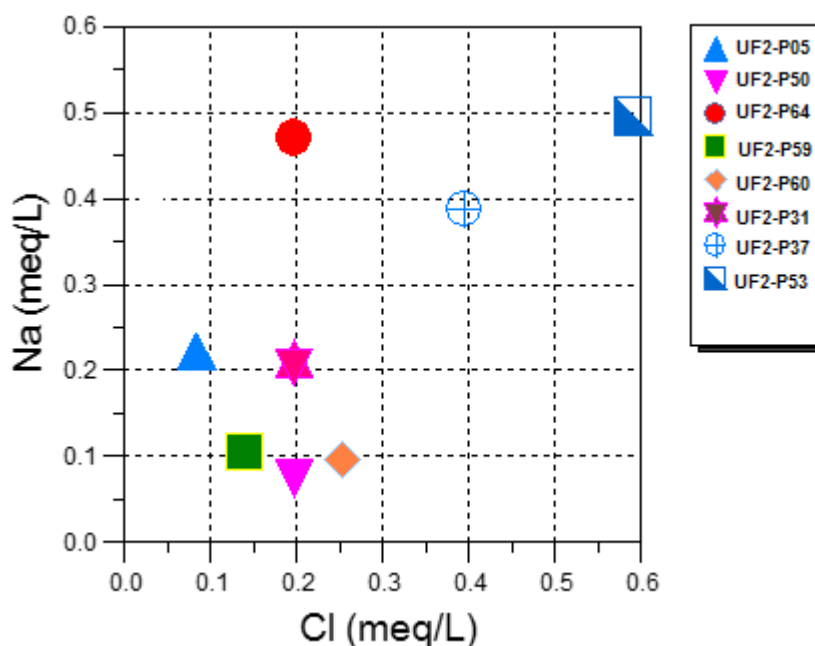
La concentración del NO<sub>3</sub> expuesta en la **Figura 5.131**, indica que las ocho fuentes no han sido afectadas representativamente por contaminación antrópica, pues la mayor de las concentraciones calculada no supera valores de 5.9mg/L, la cual respeta los valores de los límites propuestos por la comunidad europea para las aguas de consumo humano (COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC - 3 November 1999). Del mismo modo las concentraciones de los SO<sub>4</sub> medidas en las fuentes indicarían que el origen de estas bajas concentraciones (< de 48mg/L) puede ser debido a sulfatos del Ca posiblemente presente dentro las formaciones presentes.

En la **Figura 5.132** y la **Figura 5.133** se presentan los diagramas de correlación de la concentración de algunos cationes y aniones significativos, expresados en meq/l. Estos gráficos son útiles para encontrar eventuales correlaciones estequiométricas entre los diferentes pares de iones.

En la **Figura 5.132** se comparan los Cloruros con el Sodio disuelto. Las fuentes UF2-P59, UF2-P31, UF2-P37 presentan una correlación estequiometría casi lineal. Si la correlación Na/Cl es mayor que 1, el origen del Na se debe a la degradación de los silicatos (Meybeck, 1987), si en cambio la relación está por debajo de la línea de correlación, el Cl puede tener origen diferente a la degradación de los silicatos, o probablemente de minerales con presencia de Cl presentes dentro de las diferentes formaciones presentes.

Los puntos de agua que pertenecen a las Formaciones la Luna, Aguardiente y Tablazo, parecerían seguir la línea 1:1 de correlación. La disolución de los compuestos principales de estas litologías han probablemente influenciado estas concentraciones (**Figura 5.132**).

**Figura 5.132 Gráficos de correlación entre los iones Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> expresados en meq/l.**



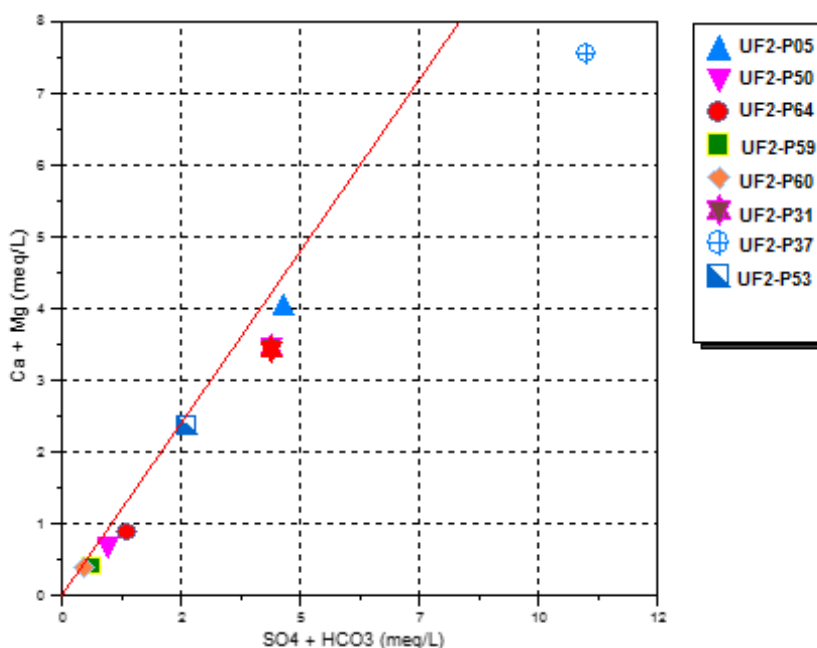
En algunas fuentes es posible que la relación estequiométrica sea de 2:1, como en la fuente UF2-P64, mientras que en las fuentes UF2-P50 y UF2-P60 la relación es inversa de 1:2. El



enriquecimiento de sodio respecto al cloruro indica, la existencia de una disolución de minerales ricos en sodio, como la plagioclasa (albita) y anfíbol (hornblenda), que pueden estar presentes en las areniscas y en los limos.

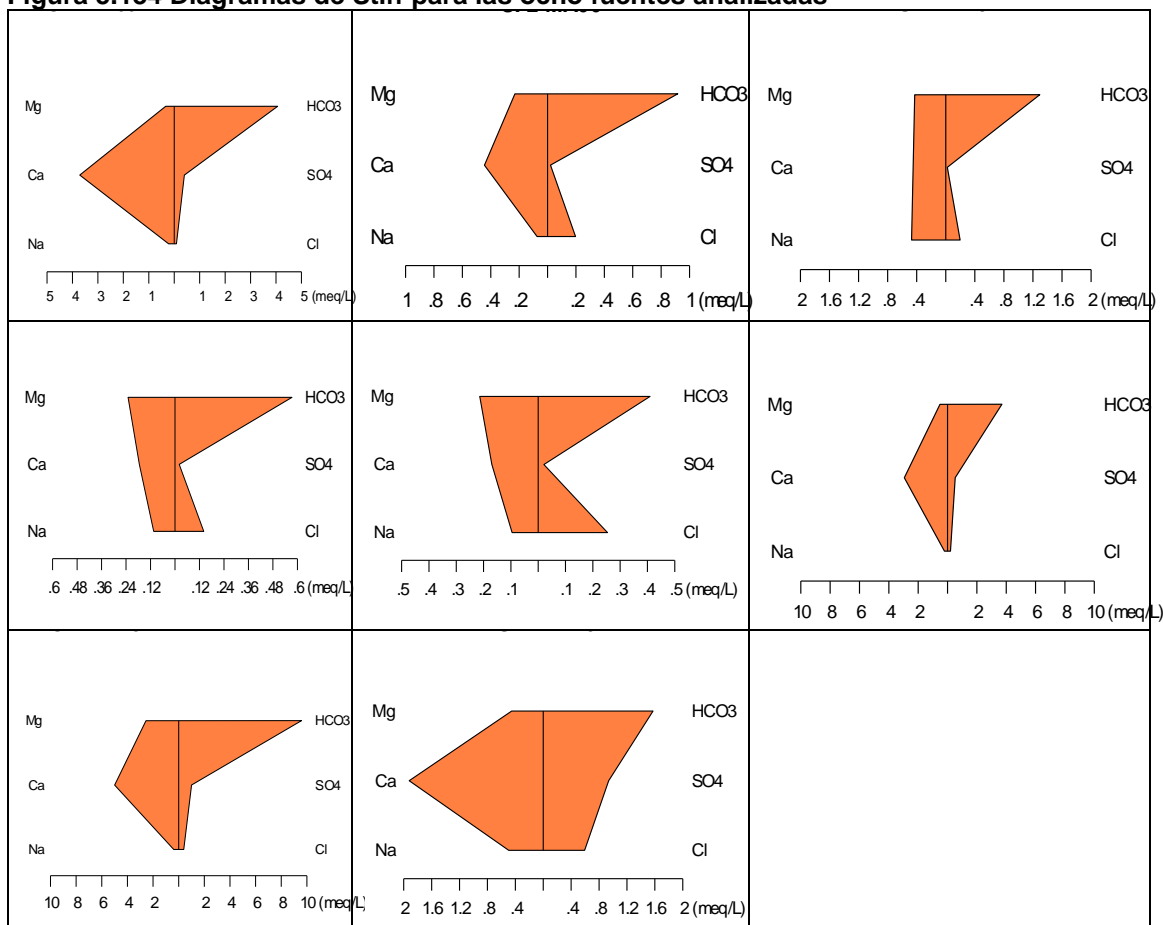
En la **Figura 5.133**, se representa la relación entre la suma de los cationes del Ca + Mg, versus la suma de los aniones del SO<sub>4</sub>+HCO<sub>3</sub> en términos de meq/l, la cual permite validar los procesos de degradación que están actuando en las fuentes al momento del muestreo. La posición de los puntos indicaría que casi todas las fuentes se colocan sobre la línea de correlación 1:1, indicando que todas las fuentes están casi igualmente influenciadas por la degradación de carbonatos y de silicatos, solo en la fuente UF2-P37 los silicatos dominan la degradación.

**Figura 5.133 Correlación entre los iones Ca<sup>2+</sup>+Mg versus SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> en meq/l.**



Por último, en la **Figura 5.134**, se muestran los gráficos representativos para cada una de las ocho fuentes analizadas según el método de Stiff. Este método permite fácilmente de establecer correlaciones gráficas, que permiten crear grupos Hidrogeoquímicos. De hecho, las fuentes UF2-P05, UF2-P50, UF2-P64, UF2-P59 e UF2-P60 parecerían pertenecer a un grupo específico, mientras el resto de las fuentes presentan una geometría diferente en la gráfica que permitiría ponerlas en otro grupo (UF2-P31, UF2-P37 Y UF2-P53), influenciadas por la concentración de los SO<sub>4</sub>. Este método de discriminación es muy útil para representar geográficamente las características hidrogeoquímicas de los puntos de agua, pues permite clasificar en un mapa geometrías rápidamente diferenciables y fáciles de entender.

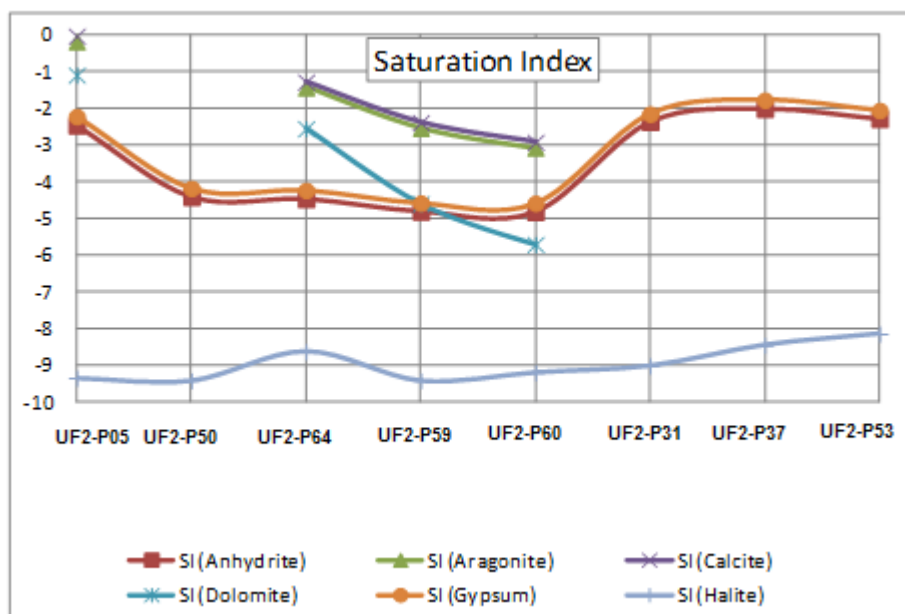
**Figura 5.134 Diagramas de Stiff para las ocho fuentes analizadas**



El Índice de Saturación (SI) es útil para definir el equilibrio entre el agua y los minerales, además permite saber si las aguas estudiadas se encuentran saturadas, sobresaturadas o insaturadas, respecto a algunos minerales tales como Anhídrita, Yeso, Dolomía y Calcita (**Figura 5.135**). Esto sirve para determinar los minerales que están influyendo principalmente en la formación de los iones en suspensión. Si el índice de saturación (SI) > 0, la solución está sobresaturada, si la SI < 0, entonces la solución es insaturada, si SI = 0 la solución estará saturada (en equilibrio).

Los resultados del cálculo del SI, demuestran que todas las fuentes presentan valores de SI menores a 0, indicando que las aguas no han tenido suficiente tiempo dentro del acuífero o en la zona no saturada según cada caso particular, y se pueden esperar aniones/cationes de estos minerales en solución. Asimismo, estos puntos de agua se pueden definir como inmaduras desde el punto de vista hidrogeoquímico.

**Figura 5.135 Índice de saturación (saturation Index) para los ocho puntos de agua analizados considerando seis minerales de referencia.**



Por otra parte, los metales pesados analizados Cr, Cu, Hg, Mb, Ag, Pb, Zn, no presentan concentraciones que puedan considerarse riesgosas para la salud humana según los límites descritos por el laboratorio certificado. Solamente el Fosforo (P) presenta concentraciones que superan los límites establecidos de 0.02mg/L. En cuatro de los ocho puntos de agua analizados, el origen de estas concentraciones puede ser causado por los fosfatos presentes en el uso de pesticidas o fungicidas en las zonas de recarga o en las zonas de transporte, infiltración o interflujo según corresponda.

#### 5.1.8.10 Modelo Hidrogeológico Conceptual

##### 5.1.8.10.1 Unidades Hidrogeológicas

La mayoría de las formaciones geológicas presentes a lo largo del corredor vial en términos generales se pueden agrupar de la siguiente manera.

Sedimentos y rocas con porosidad primaria de limitado interés hidrogeológico:

- i. Corresponde a depósitos recientes constituidos especialmente por coluviones dispersos en las laderas (Qc), algunos depósitos aluviales circunscritos especialmente en las zonas aledañas al cauce actual del río Pamplonita (Qal). La composición dominante de los depósitos cuaternarios más representativos en la zona de estudio (Qc/Qal), es variable, generalmente constituida por granulometrías gruesas, alguna de ellas embebidas en matriz compuesta por gran cantidad de arenas y gravas, arenas arcillosas y mezcla de finos. Su comportamiento hidrogeológico más probable corresponde a acuíferos libres,

- discontinuos y heterogéneos de muy limitada extensión, muy poco productivos, de porosidad primaria y permeabilidad de media a alta.
- ii. Formaciones geológicas consolidadas compuestas por secuencias de areniscas y conglomerados con intercalaciones menores de lodolitas (Jg, Kia, E1b), con porosidad primaria y secundaria (doble porosidad), por lo que en términos generales la permeabilidad es baja a intermedia. Su comportamiento hidrogeológico más probable se relaciona con acuíferos confinados a semiconfinados de limitado interés hidrogeológico.

Rocas con porosidad secundaria de limitado interés hidrogeológico:

- i. Formaciones geológicas consolidadas con presencia mayor de niveles de calizas e intercalaciones menores de lutitas (Kit y K2l), con porosidad secundaria dada por fracturas y/o disolución, por lo que la permeabilidad dominante es, en términos generales, intermedia a baja, siendo su comportamiento hidrogeológico más probable el de acuíferos confinados a semiconfinados de poca extensión y productividad.

Rocas con porosidad secundaria y primaria sin interés hidrogeológico:

- i. Formaciones geológicas consolidadas compuestas principalmente por secuencias de lutitas con intercalaciones menores de calizas, limolitas y areniscas de grano fino (Kic, Kscm y E1lc), por lo que la permeabilidad dominante es, en términos generales, baja a muy baja y principalmente de tipo secundario, siendo su comportamiento hidrogeológico más probable el de acuitados y/o acuícludos, con presencia eventual de acuíferos confinados a semiconfinados en los niveles arenosos o niveles de calizas.

En la mayor parte de la zona de influencia de la vía a cielo abierto existe lo que podría llamarse un “acuifero superficial”, fracturado, discontinuo y heterogéneo de limitado interés hidrogeológico; el cual contiene una capa libre, constituido por depósitos cuaternarios y de alteración del macizo rocoso. De acuerdo con las observaciones de campo y datos de las perforaciones mecánicas a disposición, el acuifero superficial es poco profundo (< 20 m) a muy poco profundo (< 5 m). Debido a que no existen grandes zonas que por condiciones geomorfológicas puedan considerarse áreas de almacenamiento ante la ausencia de estructuras de confinamiento del material poroso, dichos materiales se constituyen mayoritariamente en zonas de transporte e Interflujos.

En el Anexo 5.1.3, se presenta el mapa hidrogeológico del sector en el que se ilustra la distribución de las unidades geológicas, que para fines del presente trabajo han sido consideradas como complejos hidrogeológicos, se indican las direcciones preferenciales del flujo subterráneo, así como las principales zonas de recarga y descarga identificadas en la zona de influencia del proyecto. La nomenclatura utilizada en el mapa hidrogeológico sigue las recomendaciones de la International “*International Association of Hydrogeologists\_ (IAH)*” 19.

---

19 W.F. Struckmeier and J. Margat, IAH, 1995.



• Tabla de Unidades Hidrogeológicas

En la Tabla 5.121 se reporta la leyenda con la cual se esquematizan los complejos hidrogeológicos presentes a lo largo del corredor vial, donde se indica, además, el intervalo de variación de la permeabilidad asignada a cada una de ellas.

**Tabla 5.121 Tabla de Unidades Hidrogeológicas**

DESCRIPCIÓN DE COMPLEJOS HIDROGEOLÓGICOS				
Símbolo	Unidad Geológica	Descripción Geológica	Descripción Hidrogeológica	IAH Mapa
<b>Qal</b>	Depósitos aluviales	Acumulaciones de sedimentos poco consolidados y de poco espesor que se encuentran en el curso actual de los ríos y quebradas; principalmente en el río Pamplonita, conformados por cantos, gravas, arenas, limos y arcillas de composición ígnea y sedimentaria con mala selección.	Acuífero libre, con porosidad primaria, de extensión local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial. Almacenan aguas recomendables para cualquier uso. Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m. B= 463 a 1132 m K= 2 a 13 m/d T= 25 a 350 m <sup>2</sup> /d S= 5.0 x 10 <sup>-4</sup> a 1.8 x 10 <sup>-3</sup>	<b>Qal</b>
<b>Qc</b>	Depósitos coluviales, antrópicos, conos de deyección, fluviotorrenciales, terrazas	Depósitos comunes en pendientes fuertes productos de deslizamientos y corrientes de lodo. Está conformada por clastos correspondientes a areniscas fracturadas de la formación Aguardiente y rocas sedimentarias de la formación Capacho y Barco.	Acuífero libre, con porosidad primaria, de extensión local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial. Almacenan aguas recomendables para cualquier uso. Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m. B= 463 a 1132 m K= 2 a 13 m/d T= 25 a 350 m <sup>2</sup> /d S= 5.0 x 10 <sup>-4</sup> a 1.8 x 10 <sup>-3</sup>	<b>Qc</b>
<b>Qant</b>	Depósitos antrópicos	Depósitos antropicos o antropogenicos, correspondientes a llenos tecnificados o heterogeneos por lo general aledaños al corredor vial existente.	Acuífero libre, con porosidad primaria, de extensión local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial. Almacenan aguas recomendables para cualquier uso. Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m. B= 463 a 1132 m K= 2 a 13 m/d T= 25 a 350 m <sup>2</sup> /d S= 5.0 x 10 <sup>-4</sup> a 1.8 x 10 <sup>-3</sup>	<b>Qant</b>
<b>Qcd</b>	Depósitos de conos de deyección	Depósitos fluviotorrenciales de corrientes secundarias al cauce del río Pamplonita con forma de cono y distribución textural gradacional. Textura granular gravosoportada.	Acuífero libre, con porosidad primaria, de extensión local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial. Almacenan aguas recomendables para cualquier uso. Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m. B= 463 a 1132 m K= 2 a 13 m/d T= 25 a 350 m <sup>2</sup> /d S= 5.0 x 10 <sup>-4</sup> a 1.8 x 10 <sup>-3</sup>	<b>Qcd</b>
<b>Qft</b>	Depósitos fluviotorrenciales	Depósitos recientes, subrecientes y antiguos correspondientes respectivamente a terrazas aluviales bajas, media y altas, con textura granular mayoritariamente gravosoportada.	Acuífero libre, con porosidad primaria, de extensión local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial. Almacenan aguas recomendables para cualquier uso. Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m. B= 463 a 1132 m K= 2 a 13 m/d	<b>Qft</b>

DESCRIPCIÓN DE COMPLEJOS HIDROGEOLÓGICOS				
Símbolo	Unidad Geológica	Descripción Geológica	Descripción Hidrogeológica	IAH Mapa
			$T = 25 \text{ a } 350 \text{ m}^2/\text{d}$ $S = 5.0 \times 10^{-4} \text{ a } 1.8 \times 10^{-3}$	
<b>Qt</b>	Depósitos aluviales de terraza	Depósitos recientes, subrecientes y antiguo correspondiente respectivamente a terrazas aluviales bajas, medias y altas, mayoritariamente de origen fluvio-torrencial. Textura granular gravosoportada.	<p>Acuífero libre, con porosidad primaria, de extensión local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial. Almacenan aguas recomendables para cualquier uso.</p> <p>Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m.</p> <p><math>B = 463 \text{ a } 1132 \text{ m}</math>  <math>K = 2 \text{ a } 13 \text{ m/d}</math>  <math>T = 25 \text{ a } 350 \text{ m}^2/\text{d}</math>  <math>S = 5.0 \times 10^{-4} \text{ a } 1.8 \times 10^{-3}</math></p>	<b>Qt</b>
<b>Tpic</b>	Formación los Cuervos	Conformada por intercalaciones de arcillolita, shale y escasas capas de arenisca con algunos mantos de carbón. Paleoceno-Eoceno Inferior.	Acuitardo, con porosidad secundaria y muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0.05 l/s/m. Son complejos de rocas sedimentarias que en ocasiones almacenan agua que requieren tratamiento para su uso. Eventual presencia de flujos locales asociados a niveles confinados de areniscas de grano fino.	<b>Tpic</b>
<b>Tpb</b>	Formación Barco	Conformada por intercalaciones de arenisca, shale y arcillolita. Paleoceno- Inferior.	<p>Acuífero libre a semiconfinado con porosidad primaria y baja productividad y capacidad específica promedio menor de 0.05 l/s/m. Presencia de flujos locales asociados a niveles confinados de areniscas de grano fino.</p> <p><math>B = 463 \text{ a } 1132 \text{ m}</math>  <math>K = 2 \text{ a } 13 \text{ m/d}</math>  <math>T = 25 \text{ a } 350 \text{ m}^2/\text{d}</math>  <math>S = 5.0 \times 10^{-4} \text{ a } 1.8 \times 10^{-3}</math></p>	<b>Tpb</b>
<b>Kscm</b>	Formación Colón- Mito Juan.	<p>Mito Juan: Conformada por lutita gris verdosa con algunas capas limolíticas a arenosas y mantos delgados de carbón.</p> <p>Colón: Conformada por lutita gris con contenido de fósiles y lentes limoníticos. Campaniano-maastrichtiano.</p>	Acuífero a acuitardo con porosidad secundaria y muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0.05 l/s/m. Son complejos de rocas sedimentarias que en ocasiones almacenan agua que requieren tratamiento para su uso.	<b>Kscm</b>
<b>Ksl</b>	Formación la Luna	Conformada por calizas, lutitas y chert en capas delgadas de color gris oscuro a negro con presencia de fósiles y algunas concreciones. Turoniano-Santoniano.	<p>Acuífero confinado a semiconfinado con porosidad secundaria a través de fracturas o karst, con muy alta productividad y capacidad específica promedio mayor de 5,0 l/s/m.</p> <p>Sistemas acuíferos discontinuos de extensión local, conformados por rocas sedimentarias carbonatadas cretácicas, consolidadas de ambiente marino. Aguas recomendables para cualquier uso.</p>	<b>Ksl</b>
<b>Kic</b>	Formación Capacho	Conformada por intercalaciones de lutita gris oscura con caliza gris masiva y fosilífera. Albano superior-turoniano.	Acuitardo con porosidad secundaria y muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0.05 l/s/m. Son complejos de rocas sedimentarias que en ocasiones almacenan agua que requieren tratamiento para su uso. Eventual presencia de flujos locales asociados a fracturas y disolución de las calizas.	<b>Kic</b>
<b>Kia</b>	Formación Aguardiente	Conformada por arenisca clara, dura, de grano fino a grueso, con algunas capas de limolita y lutita carbonácea. Albano Inferior y Medio.	Acuífero semiconfinado con porosidad primaria y secundaria por fracturación, de baja productividad con capacidad específica entre 0.05 y 1 l/s/m, son sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional, conformados por rocas sedimentarias clásticas de edades cretácicas depositadas en ambientes marinos. Aguas recomendables para cualquier uso.	<b>Kia</b>
<b>Jg</b>	Formación Girón	Conformada por arenisca conglomerática y conglomerado de color gris amarillento a pardo rojizo, con intercalaciones de limolita parda rojiza.	Acuífero confinado a semiconfinado de baja productividad con porosidad primaria, capacidad específica entre 0,05 y 1 l/s/m. Sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional, conformada por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas, depositadas en ambiente marino.	<b>Jg</b>

DESCRIPCIÓN DE COMPLEJOS HIDROGEOLÓGICOS				
Símbolo	Unidad Geológica	Descripción Geológica	Descripción Hidrogeológica	IAH Mapa
		Jurásico Superior-Cretácico Inferior.		
TRb	Formación Bocas	Conformada por intercalaciones de areniscas y lutitas de color gris. Triásico - Jurásico	Acuífero semiconfinado de muy baja productividad con porosidad primaria y capacidad específica de 0,05 l/s/m. Almacenan aguas que en ocasiones requieren tratamiento para su uso.	TRb

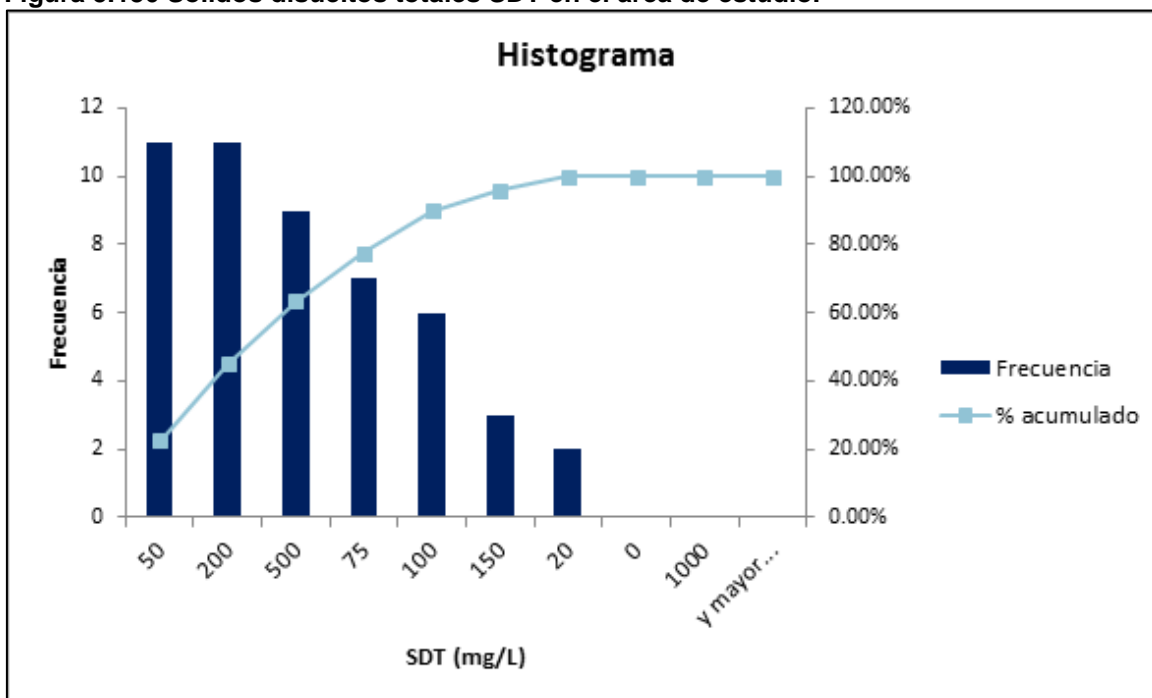
#### 5.1.8.10.2 Dinámica del flujo de agua subsuperficial y subterránea

La dinámica del flujo de agua subterránea se describe en cuanto a la determinación de zonas de recarga, tránsito y descarga. Esto establece una dirección del flujo entre las zonas de recarga y descarga, a través de las zonas de tránsito. La descripción individual de cada zona específica se presenta en los numerales subsiguientes.

En cuanto a la prospección del agua subsuperficiales y subterráneas, a partir de las tomografías, es posible identificar zonas saturadas en superficie, que confirman las observaciones realizadas en cada punto de agua a partir de las cuales se definieron flujos subsuperficiales como el tipo predominante de movimiento de agua en el suelo. Con base en lo anterior se decide realizar modelos de zona de captura de puntos de agua, teniendo en cuenta que los caudales aflorantes no son causados por flujos regionales.

Confirmando lo anterior en términos generales el agua en la zona no posee magnitudes altas de sólidos disueltos, lo que como se explico en la sección de hidrogeoquímica, se puede correlacionar con tiempos de residencia cortos en los acuíferos de la zona o flujos en los primeros estratos de suelo- formación.

**Figura 5.136 Sólidos disueltos totales SDT en el área de estudio.**



Fuente: Hidrogeocol 2018

Para explicar las dinámicas de flujo subsuperficial, se realiza una modelación numérica analítica con base en las observaciones de campo, para estimar la zona de captura de los puntos de agua.

Con zona de captura o área de protección de un punto de agua (afloramiento, pozo) se hace referencia al área de un sistema de flujo que aporta agua a dicho punto; es decir, el área desde donde proviene el agua para un punto de agua. Uno de los métodos más utilizados para la determinación de zonas de captura es mediante modelos analíticos para unas condiciones hidrogeológicas dadas.

Los métodos analíticos estiman la zona de donde proviene el flujo de agua calculada analíticamente mediante el gradiente regional ( $dh/ds$ ), asumiendo como la topografía en flujo subsuperficial. Otros parámetros empleados en el modelo analítico son el espesor "b", la conductividad hidráulica "K", y el caudal "Q" del punto de agua. Se incluye también el tiempo de recorrido (TOT por sus siglas en inglés- Time Of Travel), teniendo generalmente varias zonas:

Zona 1: alrededor del punto de agua.

Zona 2: para un tiempo de viaje de 2 años

Zona 3 para un tiempo de viaje de 5 años

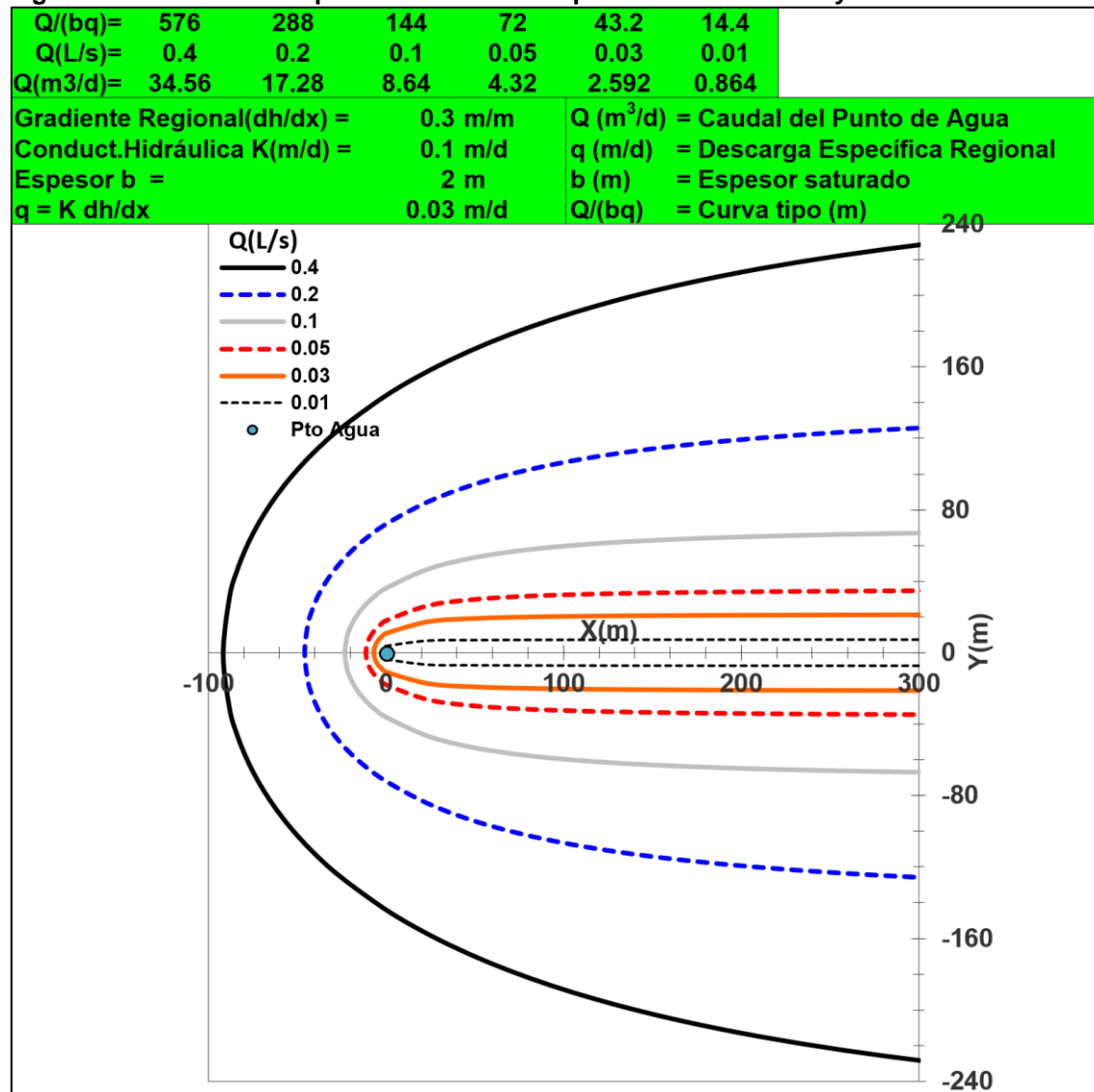
Un método analítico de fácil representación gráfica que incluye los anteriores parámetros es el método de Javandel y Tsang (1987), el cual incluye curvas tipo para zonas de captura. Para este estudio se modificó ligeramente el procedimiento mostrando la delineación de las



zonas de influencia para varios caudales de los puntos de agua.

En la zona de la UF2, se presentan flujos en materiales muy poco permeables según lo observado en superficie, afloramientos y perforaciones. Para realizar las modelaciones de área de captura se emplearon 2 conductividades hidráulicas una de 0.1 m/d y otra de 0.01 m/d (véase figuras x1 y x2). Para la  $K=0.1$  m/d se utilizó un gradiente de 0.3 y un espesor saturado de 2 m, y para la  $K=0.01$  se utilizó un gradiente de 0.4 y un espesor saturado de 4 m. Esto obedece a que para que se presenten flujos acordes con lo observado en campo se requieren conductividades hidráulicas muy bajas ( $K=0.01$  m/d) que exigen gradientes y espesores superiores a conductividades hidráulicas más altas ( $K=0.1$  m/d).

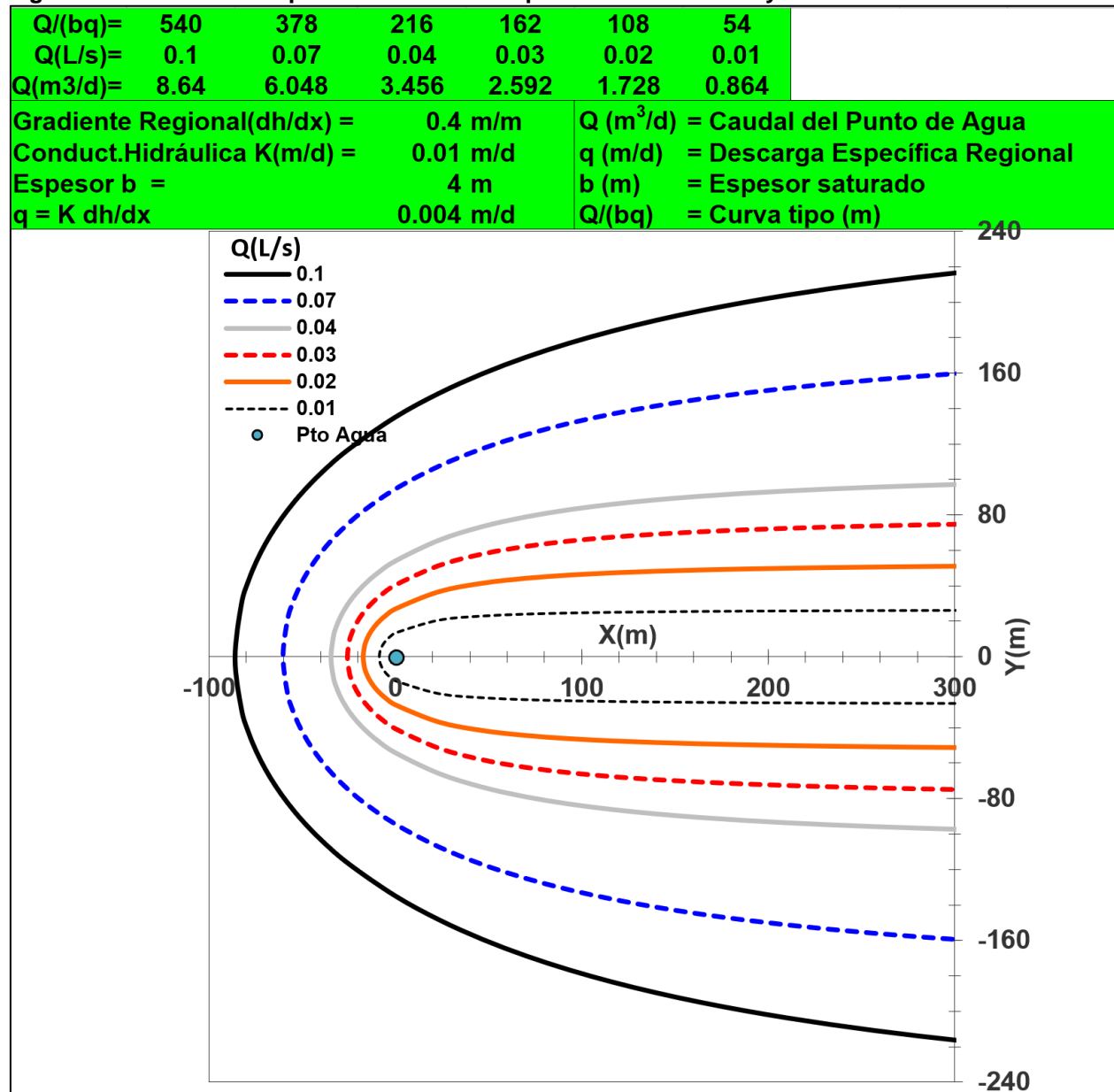
**Figura 5.137 Zonas de captura o de influencia para varios caudales y K de 0.1m/d.**



Fuente: Hidrogeocol 2018

En la Figura 5.137 se identifican conceptualmente las zonas de captura o de influencia para varios caudales de Puntos de agua con una  $K=0.1$  m/d un gradiente de 0.3 y un espesor saturado de 2 m.  $Vel=0.15$  m/d (110 m/2 años) para una porosidad eficaz  $n=0.2$ . Como se puede observar los caudales menores a 0.1 L/s tienen una zona de captura con un ancho menor a 140 m, aguas arriba del punto.

**Figura 5.138 Zonas de captura o de influencia para varios caudales y K de 0.01m/d.**



Fuente: Hidrogeocol 2018

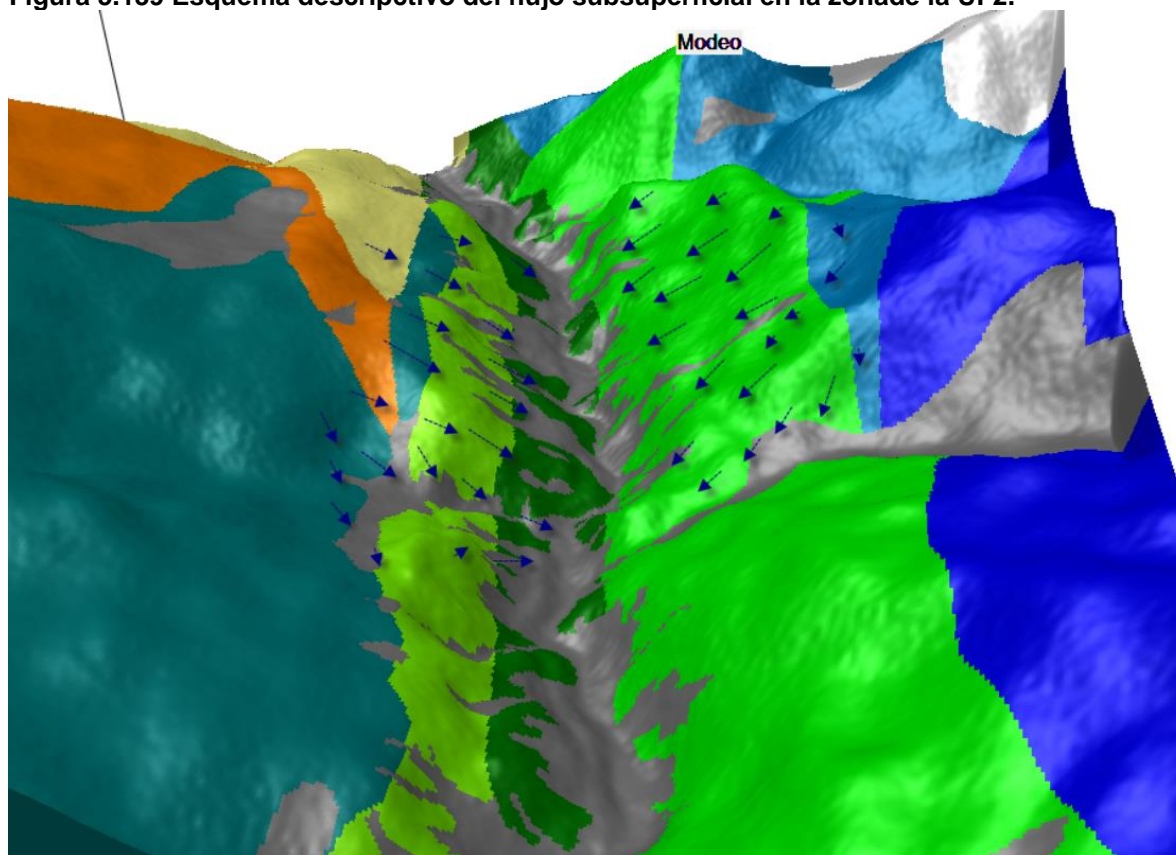
En la **Figura 5.138** se identifican conceptualmente las zonas de captura o de influencia para varios caudales de Puntos de agua con una  $K=0.01$  m/d un gradiente de 0.4, y un espesor saturado de 4 m.  $Vel=0.02$  m/d (14.6 m/2 años) para una porosidad eficaz  $n=0.2$

Para el segundo caso con una  $K=0.01$  m/d (un orden de magnitud menos que el primer caso), aunque se duplico el espesor saturado y se utilizó un gradiente un poco mas alto las zonas de captura (o de influencia) son más amplias.

Es importante observar que la zona de protección de mayor influencia es al área aguas arriba del punto de afloramiento de agua, que en general corresponde a la zona de recarga. De lo anterior es intuitivo que el agua proviene a los puntos de agua, desde la parte alta de la ladera. Obras aguas abajo del punto de agua tendrán una influencia baja a nula sobre los acuíferos.

Para visualizar de forma esquemática la anterior información en la figura X se presenta la geología de la zona, con una descripción del flujo subsuperficial hacia el río Pamplonita, siguiendo la topografía y obedeciendo más a la dirección de escurrimiento superficial que a flujo subterráneo.

**Figura 5.139 Esquema descriptivo del flujo subsuperficial en la zonade la UF2.**



Fuente: Hidrogeocol 2018

#### **5.1.8.10.3 Principales zonas de recarga y descarga**

Las principales áreas de recarga se identifican con zonas donde afloran las unidades con mayor potencial de infiltración, incluidos depósitos cuaternarios de cualquier tipo, zonas de mayor influencia tectónica caracterizadas por discontinuidades persistentes, zonas con pendientes moderadas y continuas, zonas con vegetación arbustiva, así como zonas donde la precipitación es mayor. La zona interceptada por el trazado vial se caracteriza a nivel regional por presentar, en términos generales, poca capacidad de recarga y se comporta más como una zona de descarga hacia el río Pamplonita (ver mapa hidrogeológico en Anexo 5.1.3).

Las zonas donde se da el proceso de recarga, en mayor o menor grado, de acuerdo con su espesor y permeabilidad retienen el agua de lluvia permitiendo su infiltración en profundidad presentándose en las zonas altas y medias - altas de las laderas, para posteriormente drenarla de forma natural en el área de descarga representada especialmente por las laderas bajas del río pamplonita a lo largo del cual se desarrolla íntegramente la UF2. Otras áreas de descarga natural menos significativas la constituyen los pequeños valles Intermontanos de las quebradas presentes en la zona, todas ellas tributarias del río Pamplonita (p.e. Qda Los Cerezos, Qda Zipachá, Qda Tanaucá, Qda San Antonio, Qda La Palma, Qda Ulagá, Qda Torres, Qda Hojancha, Qda El Bobo y Qda La Locha, entre otras).

#### **5.1.8.10.4 Dirección preferencial del flujo subterráneo**

De acuerdo con el análisis de los datos provenientes del inventario presentados en este Estudio, es de esperar en la zona de influencia del corredor vial una circulación poco profunda y rápida tanto del agua subsuperficial como del agua subterránea.

En consecuencia, se espera que en las zonas donde predominan las unidades geológicas dominadas por lutitas con intercalaciones de calizas, limolitas y areniscas de grano fino (Kic, Kscm y E1lc), caracterizadas por presentar permeabilidades bajas a muy bajas; la dirección dominante del flujo subterráneo siga el contacto entre los depósitos cuaternarios y las lutitas menos alteradas, influenciado por las pendientes moderadas de las laderas del terreno que drenan hacia los valles de los principales cursos de agua superficiales antes mencionados.

Mientras que en los sectores donde predominan las unidades geológicas más permeables y fracturadas (Kit, K2l, Jg, Kia, E1b); es de esperar que gran parte del flujo subterráneo penetre al interior de las capas de areniscas, conglomerados, calizas y siga las direcciones del buzamiento de las principales discontinuidades presentes en las mismas (ver mapa hidrogeológico en Anexo 5.1.3).

En relación con la circulación intermedia a profunda (mixta) relacionada probablemente con algunos puntos de agua que presentan mayores conductividades y considerando el marco geológico y estructural reportado en el informe geológico, es de esperar que en las zonas de mayor fracturación, representadas por fallas y diaclasas maestras, presentes potencialmente en el macizo rocoso subyacente (muchas de ellas cubiertas por depósitos recientes), tengan lugar infiltraciones localizadas que seguirán en profundidad la posición dominante de estas discontinuidades geológicas, en dirección preferencial hacia los principales cursos de agua superficiales y cuencas superficiales vecinas que se encuentren



conectadas a través de fallas regionales y locales como las indicadas en el mapa geológico del sector, las cuales para efectos del presente estudio han sido consideradas como potenciales conexiones hidráulicas entre las zonas de interflujo, los acuíferos superficiales y aquellos más profundos, de poca o nula implicación para las obras de la UF2.

Finalmente, una vez ocurrida la saturación de la cobertura cuaternaria de los macizos rocosos, es de esperar que el flujo comience un proceso de escorrentía superficial y subsuperficial en la parte alta y media-alta de las laderas, siguiendo la topografía dominante hasta integrarse con el sistema de drenaje.

Tal como se ha mencionado en párrafos anteriores, los análisis de los datos fisicoquímicos obtenidos durante el inventario evidencian una circulación predominantemente de carácter subsuperficial y rápido en la zona de influencia de la UF2 particularmente hacia la zona mas baja cercana al río Pamplonita la cual coincide con la zona de implantación del proyecto vial.

#### **5.1.8.11 Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la contaminación**

Para el objeto del presente proyecto, es preciso realizar un análisis de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de las unidades acuíferas identificadas y descritas. La evaluación de la vulnerabilidad de estas unidades permite establecer el grado de defensa natural del acuífero ante la potencial alteración de la calidad del agua subterránea, basándose en la determinación de las propiedades físicas del medio no saturado, que lo convierten en una herramienta de protección del recurso.

Con la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación antrópica, se establece la facilidad con la cual ingresan las sustancias que puedan degradar la calidad del agua subterránea, mediante infiltración a través del suelo y de la zona no saturada. Foster (1987), sugiere que la definición más confiable de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos es “la medida del grado de inaccesibilidad de los contaminantes a través de la zona no saturada de un acuífero y el grado de atenuación a la contaminación que posean las capas de ésta zona, como resultado de retención y/o reacción físico – química”.

La utilidad del mapa de vulnerabilidad a la contaminación, lo determina la escala de trabajo y la cantidad y calidad de la información. Existen varias metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación y su aplicación depende principalmente de la escala de presentación y de la información existente. Para el presente proyecto, se tuvo en cuenta la propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial del 2010, en la cual se presentan las descripciones de las principales metodologías, su utilidad y limitaciones. Las metodologías en general califican la vulnerabilidad a la contaminación mediante una escala cualitativa que generalmente va desde una vulnerabilidad muy baja o despreciable, hasta vulnerabilidad extrema. En la **Tabla 5.122**, se pueden observar las definiciones prácticas de las categorías de vulnerabilidad según el documento del Banco Mundial, 2007.

**Tabla 5.122 Definición práctica de clases de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos**

CLASE DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN
EXTREMA	Vulnerable a la mayoría de los contaminantes con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación
ALTA	Vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados en muchos escenarios de contaminación.
MODERADA	Vulnerable a algunos contaminantes sólo cuando son continuamente descargados o lixiviados.
BAJA	Sólo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo
DESPRECIABLE	Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante.

*Fuente: Banco Mundial, 2007. Protección de la Calidad del Agua Subterránea guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales Guía Técnica parte B.*

Para la presente investigación se desarrolla el método GOD, un método de puntuación en los que cada parámetro está dividido en clases a las cuales se atribuye un valor específico. A continuación se explica en detalle la metodología GOD que se aplicará.

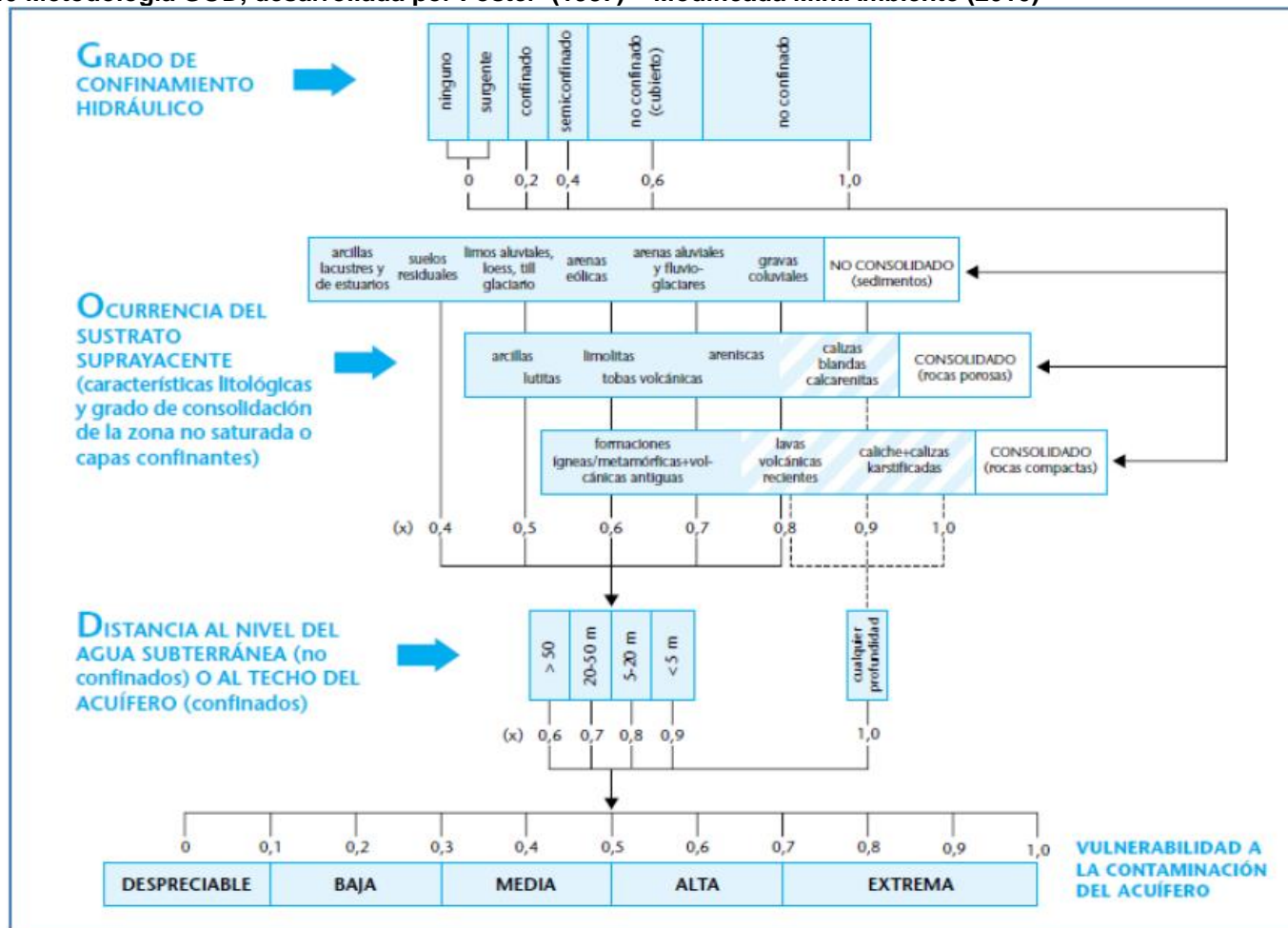
#### **5.1.8.11.1 Metodología GOD**

En Colombia según el nivel de información hidrogeológica se ha empleado el método GOD (Foster, 1987), recomendado para áreas con escasa información, con irregular distribución de datos o con incertidumbre de los mismos. Este método considera tres parámetros de evaluación: “G” para la ocurrencia del agua subterránea, “O” para la condición del substrato litológico y “D” para la profundidad del agua subterránea.

La metodología GOD da un puntaje a cada variable de acuerdo con la capacidad de atenuación del suelo. Una vez valorado cada parámetro se calcula el índice de vulnerabilidad total multiplicando los valores asignados a cada parámetro, obteniéndose valores de 0 a 1, donde un índice cero “0” indica una vulnerabilidad despreciable y el índice “1” revela vulnerabilidad extrema a la contaminación (Ver **Figura 5.140**)

Los suelos tienen un papel muy importante en la valoración de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, ya que dependiendo de sus características texturales (arcillas no expansivas o expansivas, franco, franco arcillosos a franco arenoso, arenas o gravas) y su contenido de materia orgánica, son susceptibles a la lixiviación o transporte de contaminantes. El grado de susceptibilidad de los suelos a la lixiviación de contaminantes aumenta de suelos conformados por arcillas no expansivas (menor susceptibilidad) a los suelos constituidos por gravas (mayor susceptibilidad).

Figura 5.140 Metodología GOD, desarrollada por Foster (1987) – Modificada Min.Ambiente (2010)



Fuente: Hidrogeocol, 2018

La vulnerabilidad intrínseca se representa mediante un mapa temático que muestra cualitativa o cuantitativamente ciertas características de un ambiente subsuperficial, que hace susceptible de contaminación al agua subterránea.

Los mapas de vulnerabilidad son útiles como herramienta de planificación, de ordenamiento territorial, de gestión del presupuesto y de educación a la comunidad. Además, permiten identificar áreas susceptibles de transporte de contaminantes, definir zonas de protección, diseñar redes de monitoreo y definir acciones en caso de emergencia hídrica.

A continuación se muestra la Metodología GOD desarrollada por Foster (1987) para evaluar el Índice de Vulnerabilidad de Contaminación de los acuíferos.

#### 5.1.8.11.2 Grado Confinamiento Hidráulico (G)

Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero y establece las siguientes categorías: no confinado, no confinado-cubierto, semiconfinado, confinado y sin presencia de acuífero. La condición de confinamiento de los acuíferos es una función que interviene directamente en la vulnerabilidad natural del agua subterránea ante una contaminación potencial, ya que en general en acuíferos confinados o cautivos con un espesor considerable de capa confinante, el acceso de contaminantes es más restringido.

La valoración de éste parámetro tiene como soporte principal el Mapa Hidrogeológico del área de estudio y la información litológica disponible para algunos pozos y piezómetros del área, como también información de sondeos eléctricos verticales y estudios de suelos.

Teniendo en cuenta las condiciones litológicas más someras, dominantes en el área de influencia de la UF2, puestas en evidencia por las perforaciones mecánicas realizadas, se dan valores a las unidades hidrogeológicas de la siguiente manera.

**Tabla 5.123 Vulnerabilidad de unidades hidrogeológicas según grado de confinamiento.**

Nombre Unidad Hidrogeológica	Nomenclatura	Valor asignado
Acuífero Aguardiente	Kia	0,4
Acuitardo Capacho	Kic	0,4
Acuicludo Colón - Mito Juan	Kscm	0,2
Acuífero La Luna	Ksl	0,3
Acuífero Cuaternario	Qal	0,8
Acuífero Cuaternario	Qant	0,8
Acuífero Cuaternario	Qc	0,8
Acuífero Cuaternario	Qcd	0,8
Acuífero Cuaternario	Qft	0,8
Acuífero Cuaternario	Qt	0,8
Acuífero Barco	Tpb	0,4
Acuitardo Los Cuervos	Tpic	0,4
Acuífero Bocas	TRb	0,4

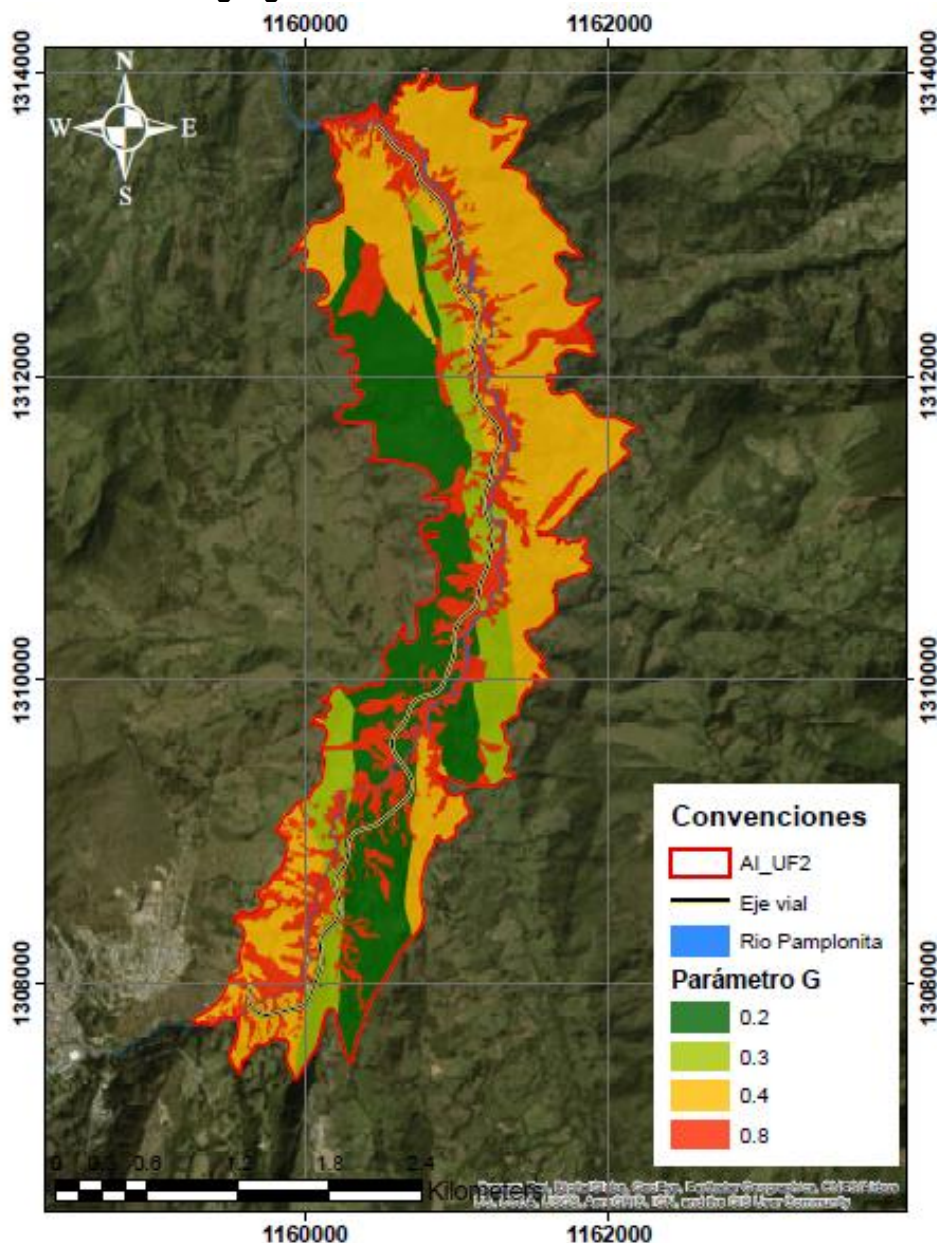


Nombre Unidad Hidrogeológica	Nomenclatura	Valor asignado
Acuífero Girón	Jg	0,4

Fuente: Hidrogeocol, 2018

Es clara la presencia dominante de un acuífero no confinado consistente en lentes discontinuos que por su limitada capacidad de almacenamiento debida a aspectos geomorfológicos se convierte mayoritariamente en zonas de interflujos, localizado en correspondencia con los depósitos cuaternarios que sirven de cobertura al basamento rocoso conformado por las principales unidades geológicas presentes en la zona de estudio.

**Figura 5.141 Distribución geográfica de valores del Parámetro G.**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

#### **5.1.8.11.3 Ocurrencia del Sustrato Suprayacente (O)**

Este parámetro incluye una caracterización global de la zona que suprayace al acuífero, en cuanto a la naturaleza litológica y al grado de consolidación y fracturamiento de la roca. La importancia de la zona no saturada en la evaluación de la vulnerabilidad radica en su potencial para la interceptación, sorción y eliminación de bacterias y virus patógenos; para la atenuación de minerales pesados y químicos orgánicos a través de precipitación (como carbonatos, sulfatos e hidróxidos); para la sorción e intercambio catiónico y para la sorción y biodegradación de algunos compuestos orgánicos de origen natural o sintético. Sin

embargo la zona no saturada puede en ocasiones actuar sólo como un retardante del efecto contaminante, cuando se enfrenta a contaminantes móviles y persistentes.

Las características litológicas de la zona no saturada en la evaluación de la vulnerabilidad de acuíferos, pueden dar indicios de la condición de confinamiento de los acuíferos.

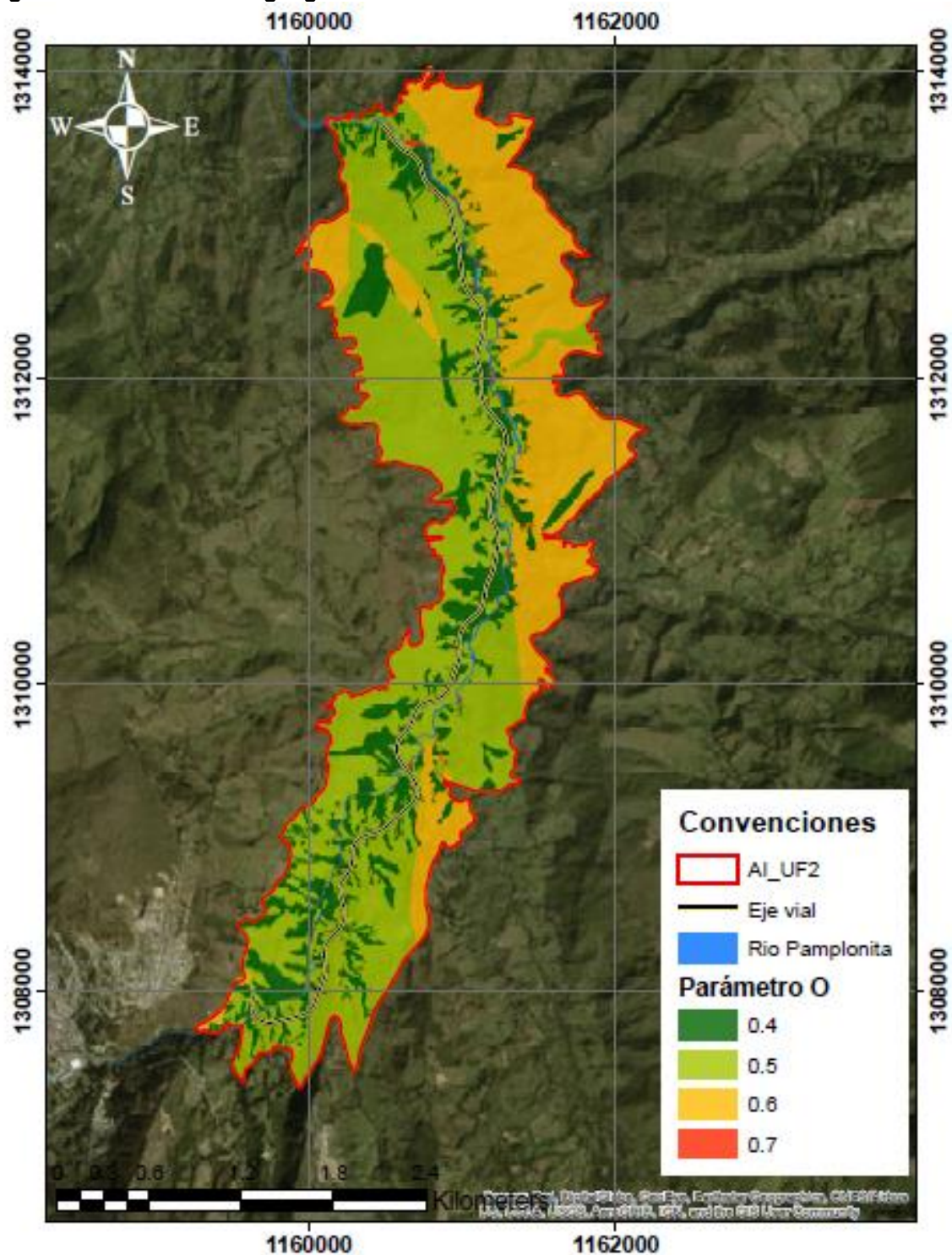
Según las características litológicas se asignaron a este parámetro los siguientes valores:

**Tabla 5.124 Vulnerabilidad de unidades hidrogeológicas según sustrato suprayacente.**

<b>Formación</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Valor Asignado</b>
Formación Girón	Jg	0,6
Formación Aguardiente	Kia	0,6
Formación Capacho	Kic	0,5
Formación Colón Mito Juan	Kscm	0,5
Formación La Luna	Ksl	0,5
Cuaternario Aluvial	Qal	0,7
Depósitos Antrópicos	Qant	0,4
Depósitos Coluviales	Qc	0,4
Conos de deyección	Qcd	0,4
Depósitos Fluviotorrenciales	Qft	0,5
Cuaternario terrazas	Qt	0,5
Formación Barco	Tpb	0,6
Formación los Cuervos	Tpic	0,5
Formación Bocas	TRb	0,6

Fuente: Hidrogeocol, 2018

Figura 5.142 Distribución geográfica de valores del Parámetro O.



Fuente: Hidrogeocol, 2018



#### 5.1.8.11.4 Distancia al Nivel de Agua Subterránea (D)

Corresponde a la profundidad del nivel freático en acuíferos libres o profundidad del estrato litológico confinante en acuíferos confinados. La profundidad del agua subterránea es el parámetro más difícil de valorar. Esta profundidad puede estar sujeta a variaciones estacionales para el caso de acuíferos libres, cuya recarga depende en gran medida de la precipitación y las inundaciones que varían de acuerdo con las condiciones climáticas.

Según la profundidad del nivel freático se asignaron a este parámetro los siguientes valores:

**Tabla 5.125 Vulnerabilidad de unidades hidrogeológicas por distancia al nivel del agua subterránea.**

Profundidad del nivel freático	Valor asignado
20 - 50 m	0,7
5 - 20 m	0,8
<5m	0,9

Fuente: Hidrogeocol, 2018

Corredor 4G Pamplona - Cúcuta  
Estudio de Impacto Ambiental para la Doble Calzada Pamplona - Cúcuta, UF2 Sector Pamplona - Pamplonita.  
Capítulo 5 Caracterización del Área de Influencia – Medio Abiótico

#### 5.1.8.11.5 Clasificación de la Vulnerabilidad

El índice de vulnerabilidad se calculó mediante la multiplicación de las variables de los tres componentes citados anteriormente (G.O.D), de acuerdo con la metodología descrita en la **Figura 5.140** con lo cual se llega a la siguiente expresión:

$$I = G \times O \times D$$

Donde,

(G) Tipo de confinamiento del agua subterránea (tipo de acuífero). Se utilizó la información litológica y aquella relacionada con la capa freática.

(O) Características litológicas de la zona no saturada del acuífero. Se utilizó la información litológica que incluye la zona no saturada.

(D) Profundidad del agua subterránea o profundidad del nivel freático. Se utilizó la información del nivel freático.

De este modo, con el método aplicado se obtuvo un resultado que permitió discriminar los sectores vulnerables de aquellos de menor criticidad presentes a lo largo de la zona de estudio. El valor del índice (I) varía también entre 0 (vulnerabilidad muy baja) y 1 (vulnerabilidad elevada). El método prevé 5 (cinco) rangos de vulnerabilidad.

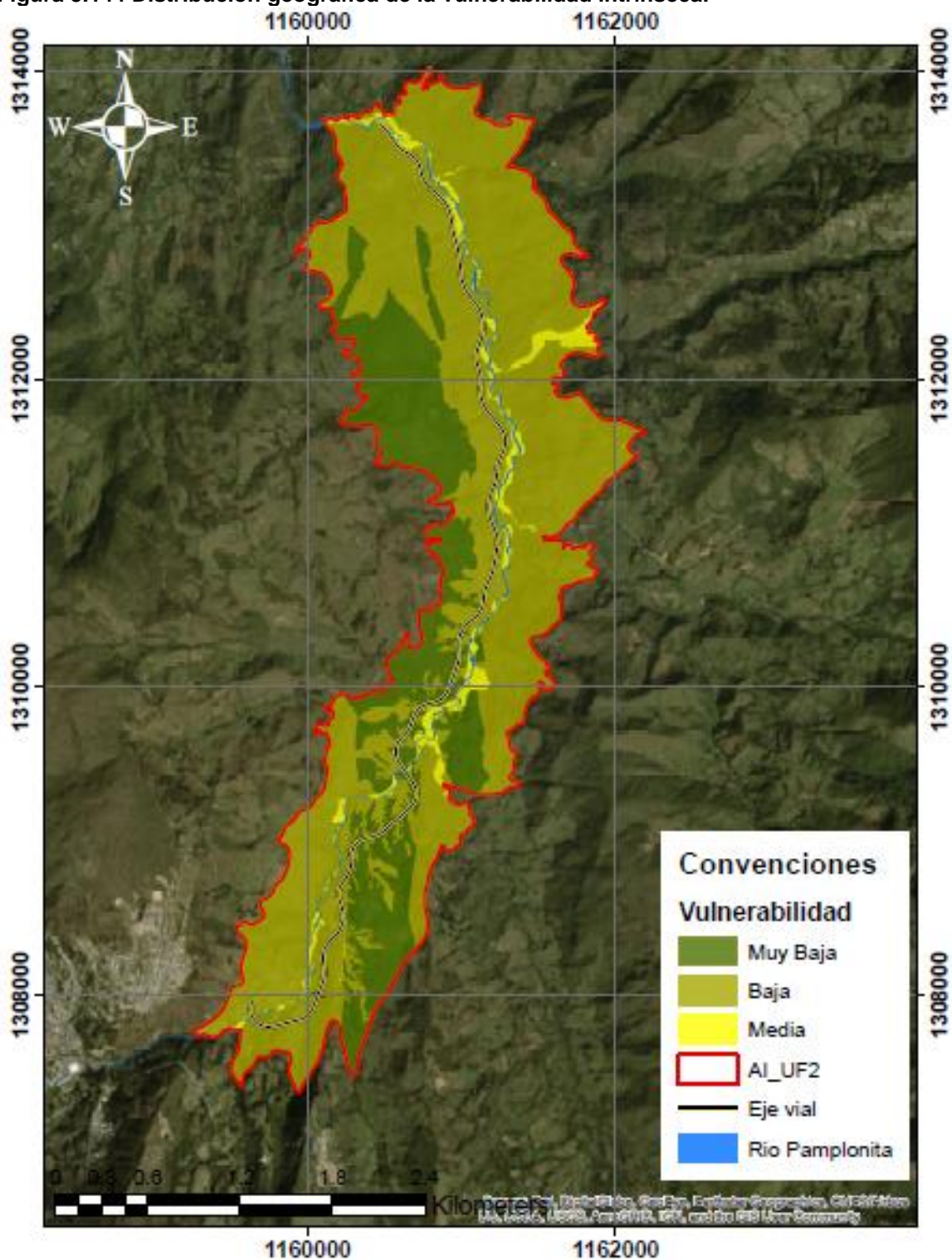
- Muy Baja o despreciable: Rango de valor entre 0.0 a 0.1;
- Baja: Rango de valor entre 0.1 y 0.3;
- Moderada: Rango de valor entre 0.3 y 0.5;
- Alta: Rango de valor entre 0.5 y 0.7;
- Elevada: Rango de valor entre 0.7 y 1.0;

Con esto elementos conceptuales, se procedió a trabajar en el entorno SIG (Sistemas de Información Geográfica ArcGIS). El proceso de interpolación ha permitido obtener en términos generales un “raster” con resolución de 1m x 1m, con lo cual se aseguró el cubrimiento adecuado de toda el área de trabajo.

El valor asignado a cada una de las variables se basó en la información tomada de las perforaciones, observaciones de campo y análisis hidrogeológico. Siendo las perforaciones insumo importante para la asignación de la información litológica y sobre la profundidad del nivel freático.



Figura 5.144 Distribución geográfica de la vulnerabilidad intrínseca.



Fuente: Hidrogeocol, 2018



#### 5.1.8.12 Afectación Potencial y Medidas

La afectación potencial a los puntos de agua se estima de forma individual para cada punto, teniendo en cuenta la geología de la zona y los datos obtenidos en el levantamiento de inventario. De forma previa a la caracterización de los impactos se realiza un resumen de caudal y la formación que da origen a cada punto inventariado.

**Tabla 5.126 Caudales de puntos inventariados.**

Unidad geológica	Número de afloramientos	Caudal promedio	Caudal máximo	Caudal Mínimo	Desv. Estándar Caudal
Depósitos coluviales	29	0.078	0.213	0.002	0.063
Depósitos fluvioaluviales de terrazas	3	0.014	0.021	0.002	0.009
Formación Aguardiente	3	0.105	0.230	0.032	0.089
Formación Bocas	1	0.190	0.190	0.190	0.000
Formación Capacho	5	0.065	0.085	0.045	0.020
Formación Colón Mito Juan	3	0.231	0.562	0.089	0.186
Formación Girón	3	0.160	0.280	0.029	0.103
Formación La Luna	2	0.087	0.120	0.054	0.033
Formación Los Cuervos	1	0.004	0.004	0.004	0.000

Fuente: Hidrogeocol, 2018

A partir de la tabla se concluye que la mayor parte de los puntos de agua se encuentran en depósitos cuaternarios, con un caudal promedio de 0.08 L/s, un máximo de 0.2 L/s y una desviación con respecto a la media de 0.063 L/s. En general, los caudales en todos los puntos son bajos siendo el máximo de 0.562 L/s en la formación Colón Mito Juan, en un punto de agua asociado a un cuerpo de agua superficial.

#### Análisis de los datos provenientes del inventario

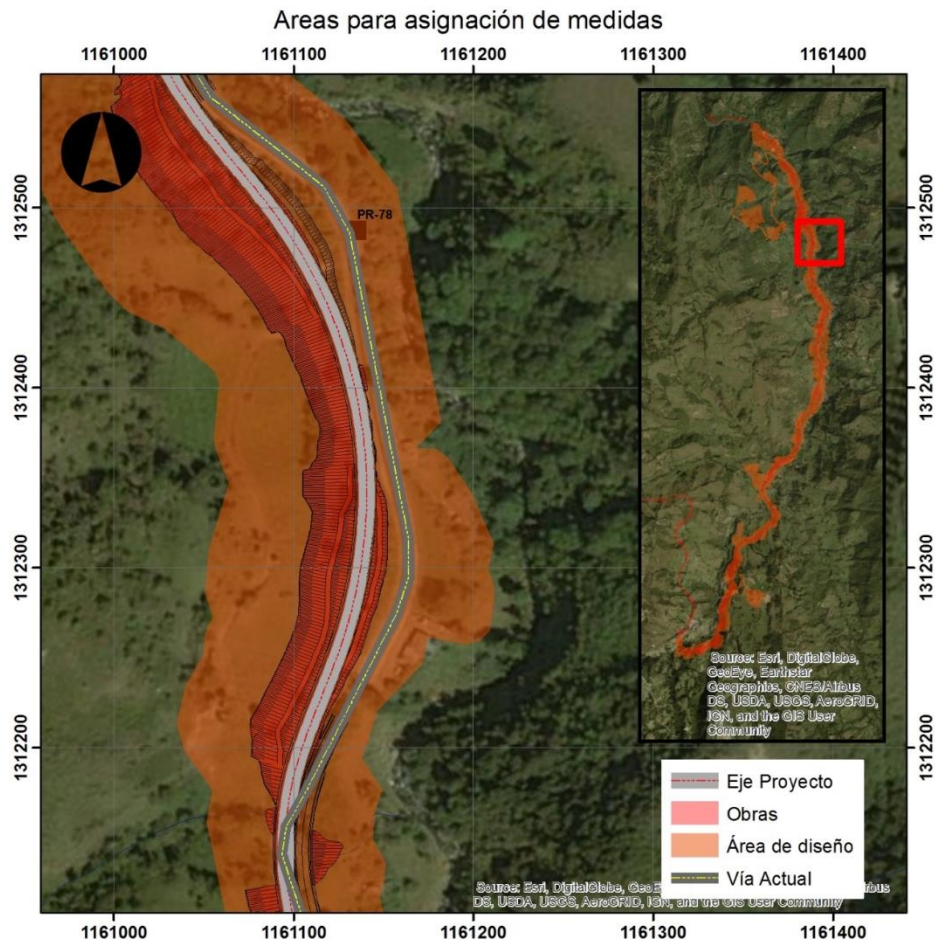
Con base en el número de usuarios, la formación geológica que da lugar al punto y la ubicación del punto con respecto a la vía fue posible asignar un nivel de impacto razonable de forma individual para cada punto. De forma previa al análisis individualizado de los puntos, se realizó un filtro geográfico, para descartar la evaluación de puntos de agua lejanos al proyecto.

Los análisis de distancia se realizaron empleando métodos planos, es decir, que tienen en cuenta distancias horizontales y desprecian la topografía en la zona. El hecho de no usar la pendiente topográfica en la zona implica la estimación de distancias más cortas que las reales entre los puntos lo cual conlleva a un escenario más seguro en términos de afectación.

a. Definición de áreas para filtro geográfico

Para la definición de los puntos a ser impactados se definieron dos áreas con respecto al trazado de la vía. La primera área corresponde a las áreas sobre las cuales van a existir obras, es decir las zonas en las cuales la vía tendrá cortes, rellenos y por supuesto la zona de construcción estructura lineal de pavimento, bermas y obras de arte conexas. La segunda área corresponde al área de diseño definida por el constructor que contiene las obras anexas al proyecto vial (ZODMES, campamentos, senderos, etc). En la siguiente figura se muestra el detalle de las áreas consideradas para la implementación de medidas de manejo.

**Figura 5.145 Áreas donde se consideran medidas de manejo.**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

b. Criterio de selección por cercanía

De forma previa al análisis individualizado de cada uno de los puntos se realizó un filtro geográfico, separando del análisis aquellos puntos que se encuentran ubicados a más de 100 metros del área de diseño (área más grande definida en el numeral anterior (color naranja en la Figura).

Las distancias de los puntos con respecto a las áreas se muestran en la **Tabla 5.127**, ordenados de los puntos más cercanos (o dentro de las áreas “distancia = 0”) a los más alejados.

**Tabla 5.127 Distancia de los puntos hidrogeológicos al área de diseño.**

Punto	Tipo	Distancia Obras	Distancia Área de diseño
P01	Resurgencia	0.00	0.00
P55	Excavación	0.00	0.00
P54	Resurgencia	0.62	0.00
P68	Excavación	1.17	0.00
P52	Resurgencia	1.66	0.00
P02	Resurgencia	3.22	0.00
P56	Excavación	16.01	0.00
P05	Interflujo	17.71	0.00
P64	Resurgencia	19.71	0.00
P53	Interflujo	21.91	0.00
P61	Interflujo	28.26	0.00
P32	Resurgencia	33.05	0.00
P10	Resurgencia	36.62	0.00
P22	Interflujo	126.90	0.25
P36	Resurgencia	654.23	2.24
P59	Interflujo	34.76	2.41
P40	Excavación	101.83	4.05
P41	Excavación	94.49	4.32
P06	Interflujo	5.25	4.49
P37	Resurgencia	88.89	10.17
P39	Resurgencia	132.76	10.88
P66	Manantial	75.06	14.60
P03	Interflujo	44.49	15.12
P34	Interflujo	556.08	15.67
P31	Excavación	48.16	49.53
P60	Manantial	85.99	49.86
P46	Excavación	123.03	50.39
P70	Resurgencia	99.10	54.37
P33	Resurgencia	123.21	59.39

Punto	Tipo	Distancia Obras	Distancia Área de diseño
P23	Interflujo	178.45	59.86
P62	Excavación	92.11	60.01
P63	Excavación	134.25	92.38
P58	Manantial	140.66	95.62
P57	Manantial	135.26	112.82
P47	Resurgencia	181.78	119.25
P13	Interflujo	106.28	134.57
P50	Manantial	182.13	136.03
P51	Manantial	199.93	142.32
P14*	Resurgencia	138.63	205.02
P67	Manantial	291.13	238.91
P09	Resurgencia	255.98	261.19
P69	Manantial	347.08	308.13
P25	Excavación	512.57	469.91
P16*	Interflujo	17.85	472.29
P15*	Resurgencia	195.21	503.89
P17*	Resurgencia	143.88	649.03
P26	Manantial	764.03	712.62
P24	Interflujo	209.27	721.22
P42	Manantial	1268.35	1220.04
P43	Manantial	1420.63	1364.07

Fuente: Hidrogeocol, 2018

Para la definición de impactos, se estima que los puntos que se encuentran a más de 100 metros del área de diseño no se encuentran en riesgo, especialmente teniendo en cuenta que la mayoría de estos se encuentran ladera arriba de la vía, en donde la influencia de la misma es despreciable (ver modelo conceptual). Los puntos resaltados en gris en la **Tabla 5.127**, se encuentran en la Unidad Funcional 1 del proyecto.

Con base en la información presentada, se excluyen del análisis los puntos P57, P47, P13, P50, P51, P67, P09, P69, P25, P26, P24, P42, P43 los cuales por criterios de distancia no se considera puedan ser afectados. En total se evaluarán 38 puntos.

#### c. Principios de la protección de puntos de agua

En términos generales los puntos de agua en la zona corresponden a flujos subsuperficiales, por lo cual el área de captura no es amplia. Los siguientes son algunos principios de protección de los afloramientos, tomados de una publicación de Oxfam (2006).

- Se debe proteger de personas y animales el área sobre los puntos de agua para prevenir contaminación.
- Construir un dren de corte sobre los puntos de agua previene la mezcla de agua contaminada de escorrentía



- No se deben construir letrinas a menos de 30 metros agua arriba de los puntos de agua.
- Después de limpiar el área donde se encuentra el punto de agua, esta se debe proteger con rajón y/o bolos de río y grava. El tanque del punto de agua puede tener tubería para abastecer fácilmente de agua a los usuarios.
- El área alrededor del punto de agua debe ser cercada para evitar el acceso de animales. Los caudales de rebose deben ser redirigidos a cuerpos superficiales y/o abrevaderos.
- Los tanques para los puntos de agua deben ser limpiados de forma periódica.

Con base en lo mencionado anteriormente, para los puntos en los cuales se pudiese presentar afectación o en aquellos cuya ubicación sea menor a 100 metros con respecto al área de diseño, se implementarán tanques de protección, con el objetivo de prevenir impactos en la calidad de los puntos y mantener la calidad del agua durante la etapa constructiva. El esquema de un tanque se muestra en la figura.

**Figura 5.146 Tanque para la protección de afloramientos de agua**



Adaptado de (<http://www.downtoearth.org.in/coverage/spring-in-a-box-49240>)

d. Medidas generalizadas de manejo

A partir del análisis espacial de distancias horizontales al proyecto, se definieron medidas generalizadas para diferentes escenarios de ubicación de puntos de agua. Se realizó un análisis para cada punto obteniendo de forma general las medidas mostradas en los siguientes numerales; de forma posterior en el presente documento se detallará la medida para cada punto.

i. Medidas de protección

Las medidas de protección para todos los puntos incluidos en el análisis incluyen cerramiento y zanja perimetral, con base en las condiciones particulares de cada sitio. En algunos casos se proponen tanques o albercas para la protección de los afloramientos y sus captaciones.

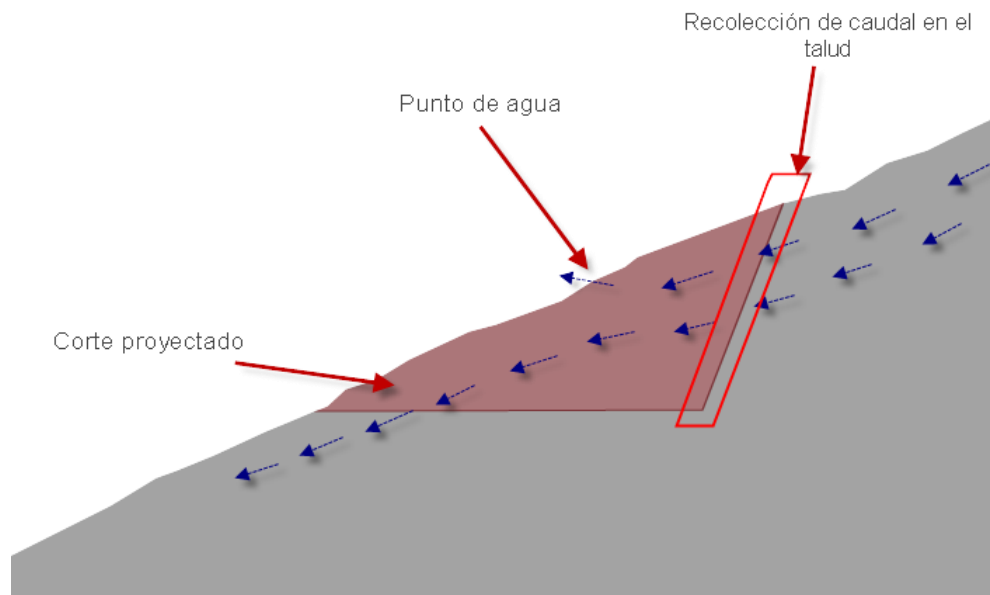
## ii. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación de impactos corresponden a las indicadas a continuación.

### I. Punto localizado sobre el área de obra

Los puntos que se encuentran en el área de obra deben ser reubicados con el fin de mantener su caudal disponible (sea para usuarios o para el medio). Para este escenario se propone la construcción de una estructura de captación de flujo en los taludes. En la **Figura 5.147** se muestran de forma esquemática los flujos subsuperficiales en el suelo (interflujo, manantial, resurgencia y antrópico). Al realizar el corte de terreno, el agua que fluía en el medio seguramente aflorará en el talud, este flujo será transportado a un tanque en el pie del talud, para posteriormente ser dirigido a un tanque, en donde se dispondrá el caudal.

**Figura 5.147 Corte en un punto de agua asociado a flujo subsuperficial.**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

Con base en el concepto de la reubicación del punto de agua, se muestra en la figura un perfil con la medida típica de captación de agua en talud, para reubicación del afloramiento. En el talud se deben ubicar tuberías ranuradas cubiertas en geotextil de 5" cada 50 cm en una longitud de 2 metros, con el fin de recolectar el agua que fluye desde los anclajes drenantes y el terreno (ver Figura), se propone esta medida con el fin que la estructura de drenaje capte la mayor parte del agua sin que sea requerido modificar el diseño de la estabilización geotécnica.

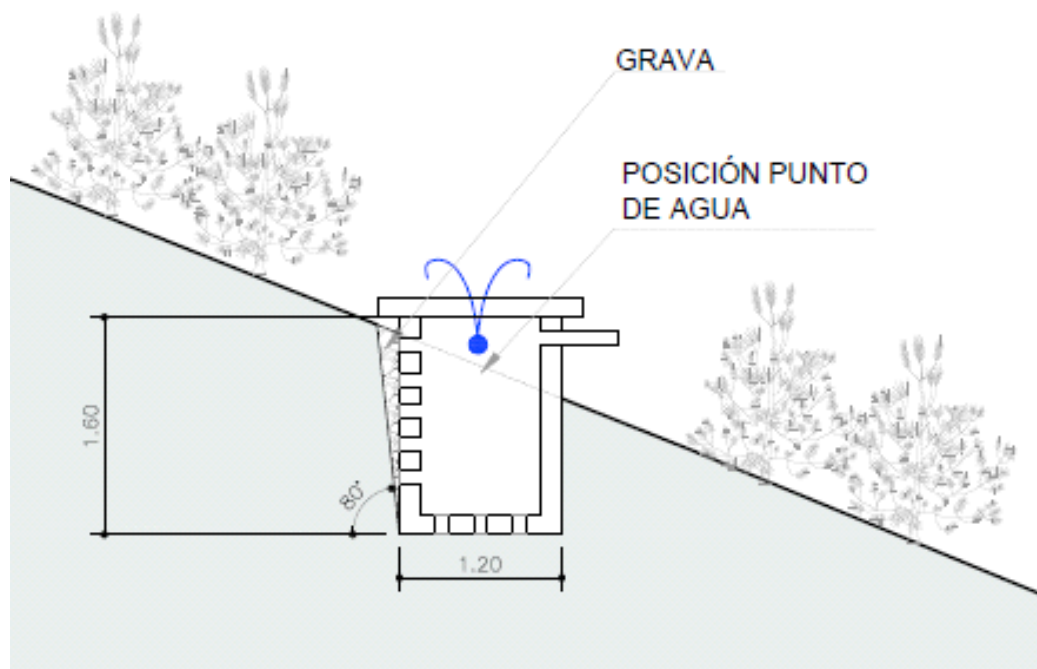
El agua captada es transportada a un tanque de concreto en donde se redirecciona a un tanque aguas abajo de la vía, mediante una tubería de PVC de 4", embebida en una cimentación con relleno (densidad controlada) o cualquier otro tipo de cimentación que garantice la integridad estructural de la tubería.

## II. Punto localizado aguas arriba del área de obra

Teniendo en cuenta que los caudales de los afloramientos de puntos de agua son bajos (menores a 0.6 L/s en todos los puntos) y que como se evidenció en el inventario y se justificó en el modelo conceptual los flujos de agua subterránea en la zona ocurren en los primeros metros del perfil de suelo, se plantea mejorar los puntos que se encuentren aguas arriba mediante el diseño de una estructura de protección de punto de agua.

La estructura de protección consiste en un tanque de concreto en el cual se almacenará el agua del punto de agua, tal como se muestra en la **Figura 5.148**. El diseño del tanque de protección se realizó con base en múltiples diseños encontrados en la literatura (Universidad de Pensilvania, 2007) y a experiencia de Hidrogeocol S.A. en la implementación de sistemas de protección a afloramientos de puntos de agua.

**Figura 5.148 Tanque de concreto en el cual se almacenará el agua del punto de agua.**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

## III. Punto localizado aguas abajo del área de obra

Los puntos localizados aguas abajo de la obra no tienen un impacto importante, salvo que se encuentren cerca de la obra. Si los puntos se encuentran a menos de 10 metros del área de obra se procede a realizar la misma obra que se realiza en los puntos que se encuentran en el trazado de la vía., de lo contrario se considera que no es requerido realizar una medida de taludes filtrantes.

En caso de no requerirse el talud filtrante se realizará la asignación de una medida de tanque de protección del punto de agua.

#### IV. Punto localizado en la ladera opuesta al trazado de la vía

Los puntos localizados en el margen opuesto a la vía no se encuentran dentro del área de influencia hidrogeológica del proyecto, dado que en primera medida no se encontró nivel regional de agua en las perforaciones y en segundo lugar el río actúa como una frontera de carga hidráulica constante (posee caudal todo el año), separando hidrogeológicamente ambas márgenes del río.

#### 5.1.8.13 Identificación de Puntos de Agua que Requieren Medidas

De los 50 puntos de agua identificados en el inventario, se excluyen de medidas los mostrados en la **Tabla 5.128**.

**Tabla 5.128 Puntos que no requerirán medida de manejo.**

Nombre	Razon de exclusion de los puntos
P06	El punto se encuentra asociado al cuerpo superficial NN-43 cartografiado en la zona, que posee una medida de manejo superficial por un corte en el talud a la altura de la abscisa K55+920. El punto se encuentra aguas arriba del proyecto, por lo cual la medida de manejo superficial puede dar manejo al caudal del afloramiento.
P09	El punto está 261 m del área de proyecto.
P13	El punto se encuentra asociado a la Unidad Funcional 1, a 134 m del área de diseño de la Unidad Funcional 2.
P14	El punto se encuentra asociado a la Unidad Funcional 1, a 205 m del área de diseño de la Unidad Funcional 2.
P15	El punto se encuentra asociado a la Unidad Funcional 1, a 503 m del área de diseño de la Unidad Funcional 2.
P17	El punto se encuentra asociado a la Unidad Funcional 1, a 649 m del área de diseño de la Unidad Funcional 2.
P24	El punto está a 721 m del área de diseño.
P25	El punto está a 469 m del área de diseño.
P26	El punto está a 712 m del área de diseño.
P33	El punto se encuentra a 60 metros del área de diseño cruzando el río Pamplonita, este último actúa como frontera de cabeza constante separando el comportamiento de ambas laderas (la que contiene la vía y la que se encuentra enfrente a esta), por lo cual el comportamiento del punto no es alterado por la vía.
P42	El punto está a 1220 m del área de diseño.
P43	El punto está a 1364 m del área de diseño.
P47	El punto está a 712 m del área de diseño.
P50	El punto está a 136 m del área de diseño.
P51	El punto está a 142 m del área de diseño.



Nombre	Razon de exclusion de los puntos
P57	El punto está a 112 m del área de diseño.
P62	El punto se encuentra a 60 metros aguas arriba del área de diseño de la vía, por lo cual, teniendo en cuenta la dinámica de flujo subsuperficial de esta excavación, no se considera que sea afectada por la obra.
P63	El punto se encuentra a 92 metros aguas arriba del área de diseño de la vía, por lo cual, teniendo en cuenta la dinámica de flujo subsuperficial de esta excavación, no se considera que sea afectada por la obra.
P70	El punto se encuentra a 54 metros aguas arriba del área de diseño de la vía, por lo cual, teniendo en cuenta la dinámica de flujo subsuperficial de esta excavación, no se considera que sea afectada por la obra.
P69	El punto está a 308 m del área de diseño.
P67	El punto está a 238 m del área de diseño.
P46	El punto se encuentra a 50 metros del área de diseño cruzando el río Pamplonita, este último actúa como frontera de cabeza constante separando el comportamiento de ambas laderas (la que contiene la vía y la que se encuentra enfrente a esta), por lo cual el comportamiento del punto no es alterado por la vía.

Fuente: Hidrogeocol, 2018

A partir de la tabla anterior se evidencia que a análisis de medidas de manejo se llevarán 28 puntos.

### Puntos definidos por impacto

Para clasificar el tipo de impacto probable sobre los puntos de agua que pudiesen ser intervenidos en el desarrollo del proyecto, se definió la siguiente clasificación:

**Tabla 5.129 Resumen de tipos de impactos.**

Clasificación de puntos	Criterio de selección planimétrico	Criterio de selección por disposición Hidrogeológica
1	Puntos a menos de 100 metros del área de diseño, alejados más de 10 metros del área de obra.	Puntos ubicados aguas arriba de la vía, en los cuales el área de captura no será afectada por el proyecto.
2	Puntos a menos de 100 metros del área de diseño, alejados menos de 10 metros del área de obra.	Puntos ubicados aguas abajo del proyecto, en los cuales el área de captura puede ser interceptada por alguna actividad de la obra.
3	Sobre el área de obra (vías, cortes)	Sobre el área de obra.

Fuente: Hidrogeocol, 2018

A partir de la anterior clasificación, a cada uno de los 28 puntos con posibles impactos les fue asignado un número entre 1 y 3 que representa su grado de intervención, a partir del cual se seleccionará una medida de manejo. La asignación de clasificación a los puntos se muestra en la Tabla 5.130.

**Tabla 5.130 Tipos de impacto por punto.**

Nombre	Clasificación	Tipo
P01	3	Manantial
P02	2	Resurgencia
P03	2	Interflujo
P05	2	Interflujo
P10	1	Resurgencia
P16	1	Interflujo
P22	3	Interflujo
P23	1	Interflujo
P31	1	Excavación
P32	1	Resurgencia
P34	1	Interflujo
P36	1	Resurgencia
P37	1	Resurgencia
P39	1	Resurgencia
P40	1	Excavación
P41	1	Excavación
P52	1	Resurgencia
P53	1	Resurgencia
P54	3	Resurgencia
P55	3	Excavación
P56	1	Excavación
P58	1	Manantial
P59	1	Interflujo
P60	1	Manantial
P61	1	Interflujo
P64	3	Manantial
P66	1	Manantial
P68	3	Excavación

Fuente: Hidrogeocol, 2018

En la siguiente tabla se resume el número de puntos por clasificación. En general predominan los puntos tipo 1, que corresponden a puntos que no son impactados directamente. El proyecto únicamente cruzará 6 puntos de agua de forma directa.

Clasificación	Número de puntos
1	19
2	3
3	6

## Evaluación de Impactos

Los impactos sobre los 28 puntos de agua evaluados son asignados de acuerdo con la clasificación de tres niveles definida anteriormente. Los impactos probables se describen en los siguientes numerales.

### - Puntos Tipo 1

Los puntos tipo 1 se encuentran aguas arriba de la obra, a más de 10 metros del área de estudio. Dado que el agua de los puntos de agua en la zona proviene de flujos subsuperficiales y no a partir de niveles regionales en las unidades hidrogeológicas de la zona, es posible entender que los impactos ladera abajo no serán relevantes en el comportamiento hidráulico de los puntos que estén aguas arriba de la zona, por lo cual no se esperan cambios en el caudal de los afloramientos por la implementación del corredor vial sobre estos puntos.

En términos de calidad no se esperan cambios, dado que todas las actividades de la obra se realizan aguas abajo de los puntos, evitando así contaminación cruzada por escorrentía.

### - Puntos Tipo 2

Los puntos tipo 2 serán afectados en su caudal, dado que el área de captura se verá intersectada por el proyecto (eje vial y obras conexas). De forma adicional la calidad del agua se verá igualmente afectada por contaminación cruzada a causa de la escorrentía superficial que arrastrará materiales de obra y desechos en la carretera hasta el afloramiento.

### - Puntos Tipo 3

El punto se verá completamente impactado por la obra, desapareciendo de su ubicación inicial.

## Medidas de manejo de impactos

Con base en la descripción de los impactos que se pueden presentar por punto, se realizó un esquema de medidas de manejo genéricas. A continuación se describen las medidas generadas y de forma posterior se describe que medida se asignará a cada punto.

### • Medidas de protección

En términos generales los puntos de agua en la zona corresponden a flujos subsuperficiales, por lo cual el área de captura no es amplia. Los siguientes son algunos

principios de protección de afloramientos, tomados de una publicación de Oxfam (2006), dedicada a la protección de fuentes hídricas.

- Se debe proteger de personas y animales el área sobre los afloramientos para prevenir contaminación o alteración por las actividades antrópicas aledañas.
- Construir un dren de corte sobre los puntos de agua previene la mezcla de agua afectada de escorrentía.
- Después de limpiar el área donde se encuentra el afloramiento, esta se debe proteger con rajón y/o bolos de río y grava. El tanque del afloramiento puede tener tubería para abastecer fácilmente de agua a los usuarios.
- El área alrededor del afloramiento debe ser cercada para evitar el acceso de animales. Los caudales de rebose deben ser redirigidos a cuerpos superficiales y/o abrevaderos.

A partir de los puntos mencionado por Oxfam (2006) y con base en la normativa colombiana (Decreto 2041 de 2014), para los puntos en los cuales no se identifique cambio de caudal a causa del proyecto y además de esto, tuviesen usuarios, se aplicará una estrategia de protección de punto de agua.

- **Cerramiento al punto:**

De no existir este en la actualidad, esta medida apunta meramente a la protección de punto evitando el acceso de animales y personas que pudiesen alterar la calidad y/o cantidad de recurso. Esta medida mejora las condiciones actuales de los afloramientos de puntos de agua, brindando protección ante acciones ajenas a los efectos previstos por la construcción y operación de la vía. En la **Figura 5.149** Modelo de cerramiento, muestra la forma del cerramiento propuesto.



**Figura 5.149 Modelo de cerramiento**



Fuente: Segmento de imagen en (canacopegdl.com).

○ **Zanja perimetral**

Dentro del cerramiento se realizará la construcción de una Zanja perimetral con base en las condiciones fisiográficas del área, la cual corresponde a una excavación en el terreno del orden de 40 a 50 cm de profundidad y 40 a 50 cm de ancho, rellena con rajón o bolos de río de gran diámetro, principalmente para que estos brinden soporte a la zanja y eviten su derrumbe en condiciones de lluvia. En la **Figura 5.150** se muestra la forma que tendrá la excavación de las zanjas.

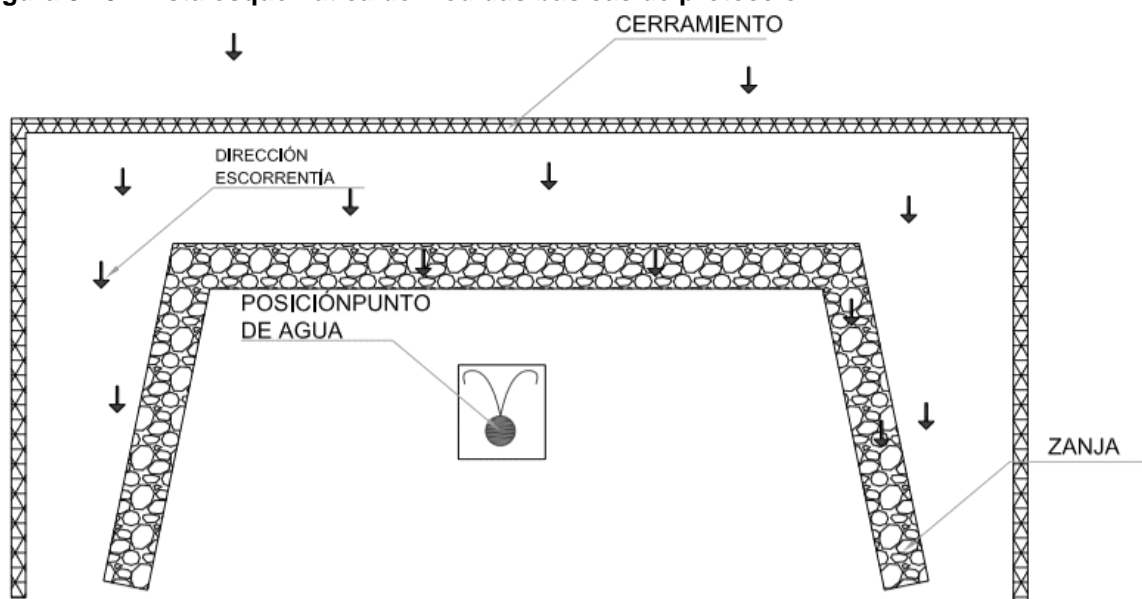
**Figura 5.150 Modelo de zanja perimetral.**



Fuente: (<http://maddyyoung.com/50054>)

Finalmente se muestra a continuación un esquema en planta de esta medida.

**Figura 5.151 Vista esquemática de medidas básicas de protección.**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

- **Tanque de protección de puntos de agua:**

De forma posterior al cerramiento, sobre el punto de agua es posible construir un tanque de protección, cuyo esquema se muestra en la **Figura 5.146**. En la **Figura 5.148** se muestra la localización de ese tanque a escala regional. Esta estructura permite almacenar temporalmente el agua del punto, optimizando el área de contacto exfiltración- captación, disminuyendo la evaporación del flujo y brindando protección por contaminación superficial.

- **Medidas de Mitigación**

Para los puntos en los cuales se prevén impactos en caudal se hace necesario implementar medidas de mitigación del impacto. Conforme se realiza en la prevención, la principal medida de mitigación corresponde a mantener en la mejor condición posible el punto de agua, en términos de disminuir al máximo los cambios en caudal y calidad.

- **Repoblamiento Vegetal:**

La primera medida corresponde a la repoblación vegetal en el punto de agua, mediante la siembra o plantación de plantas nativas de la zona. En esta actividad se realizará un repoblamiento con especies nativas que mejoren la regulación hídrica superficial en las cercanías del punto de agua, dentro del área del cerramiento.

Las plantas incorporadas en esta zona permitirán una mayor protección del punto ante fenómenos de aumento de picos de la escorrentía superficial (disminución de la recarga),

erosión del suelo y de forma adicional brindarán una segunda defensa ante la entrada de especies animales que puedan contaminar el punto.

Conforme se emplea repoblamiento vegetal en la mayoría de los puntos, se puede considerar esta medida como protección en algunos casos, especialmente cuando se aplica en puntos tipo 1, sobre los cuales no se esperan impactos a causa de las obras a realizar.

- **Construcción de Talud de recolección:**

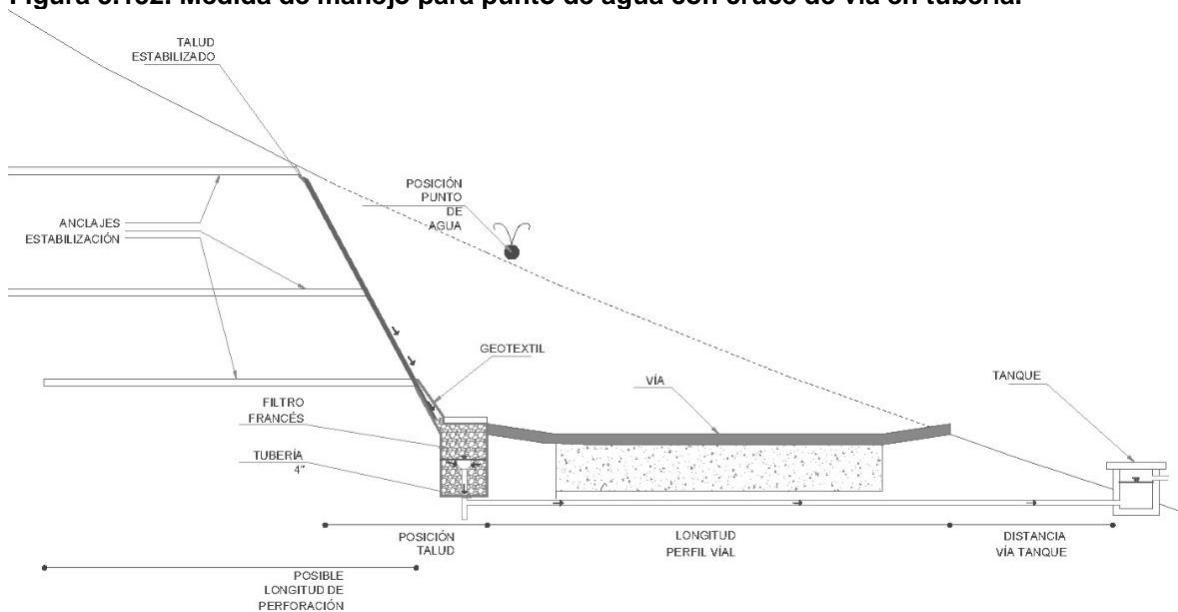
Esta medida corresponde a la construcción de una estructura de recolección de afloramientos de agua por goteo difuso. Mediante la estructura el caudal que fluye en un punto de agua es transportado a una nueva ubicación, manteniendo su caudal disponible a los usuarios registrados en los formatos FUNIAS en estos puntos.

En la **Figura 5.147**, se muestran de forma esquemática los flujos subsuperficiales en el suelo (antrópico, manantial, interflujo o resurgencia). Al realizar el corte de terreno, el agua que fluía en el medio seguramente aflorará en el talud, este flujo será transportado a un tanque en el pie del talud, para posteriormente ser dirigido a un tanque cruzando la vía, en donde se dispondrá el caudal a los usuarios.

Con base en el concepto de la reubicación del punto de agua, se muestra en la **Figura 5.152** un perfil con la medida típica de captación de agua en talud, para reubicación de punto de agua. Se busca que desde el concreto lanzado contra el talud para estabilización geotécnica, el agua producto del drenaje subsuperficial caiga a un dren francés, desde el cual se proyectará una tubería hacia el sector de la vía aguas abajo; el cruce de la vía se realizará a través de una tubería dentro de las alcantarillas de la vía o a través de una tubería bajo la estructura de pavimento. En la figura se hace referencia al dren como un tanque colector, teniendo en cuenta que su función no es drenar agua sino almacenarla.

A partir del filtro francés el agua será conducida mediante tubería a una "T", en este accesorio el agua tendrá una conexión con el tanque de aguas abajo y de forma adicional con una tubería de descole que tendrá válvula en caso de requerirse. A través de la tubería de descole se realizará la limpieza de los sólidos sedimentables que pudieran pasar el filtro francés y colmatar la tubería.

**Figura 5.152. Medida de manejo para punto de agua con cruce de vía en tubería.**



Fuente: Hidrogeocol, 2018

- **Medidas de Compensación**

En caso que las medidas de protección y mitigación propuestas no sean suficientes, se puede requerir implementar medidas de compensación que corresponden fundamentalmente a dos tipos de intervenciones. Las medidas únicamente se viabilizarán durante la construcción de las obras y según se negocie y se determine un acuerdo con la comunidad. Con las medidas de protección y mitigación propuestas no se espera requerir medidas de compensación. Sin embargo, éstas se dejan propuestas en términos de contingencias durante el proceso constructivo de la vía, o por eventuales cambios en las condiciones de Línea Base evaluadas durante el Estudio.

- **Conexión a acueductos veredales**

La primera medida corresponde a implementar o mejorar la conexión al acueducto veredal o distrito de riego más cercano. Esto implica verificar con el proveedor las condiciones y nivel de servicio disponibles. Para la conexión se tendrá en cuenta el levantamiento de redes existentes realizado como parte de este EIA.

- **Conexión a otras fuentes puntuales**

La segunda medida corresponde a implementar o mejorar la conexión a otra fuente de suministro de agua aledaña. Esto implica trasladar la conexión afectada hacia otro punto de agua disponible, lo cual se realizaría sobre puntos de agua cercanos ya identificados o incluso más aguas arriba de los límites del área de influencia.



- **Medidas asignadas a cada punto**

Con base en las características de cada punto, se asignaron medidas a cada punto, como se muestra en la **Tabla 5.131**. En general a todos los puntos se les coloca medida de compensación, teniendo en cuenta que como se mencionó anteriormente, se espera que estas no sean requeridas en condiciones normales, si un punto no tiene usuarios, no se propone medida de compensación.

**Tabla 5.131 Medidas de protección, mitigación y compensación por punto.**

Nombre	Clasificación	Usuarios	Protección			Mitigación		Compensación	Caudal (L/s)
			Demarcación y Aislamiento de afloramientos	Zanja	Construcción de Tanque de protección de punto	Repoblamiento vegetal	Construcción de Talud de recolección	Medidas de compensación como contingencia	
P01	3	9	SI	SI	NO	NO	SI	SI	0.21
P02	2	8	SI	SI	NO	SI	NO	SI	0.15
P03	2	6	SI	SI	NO	SI	SI	SI	0.031
P05	2	0	SI	SI	NO	SI	SI	SI	0.01
P10	1	0	SI	SI	SI	SI	NO	NO	0.048
P16	1	6	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.045
P22	1	0	SI	SI	SI	SI	NO	NO	0.055
P23	1	0	SI	NO	NO	SI	NO	NO	0.092
P31	1	3	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.041
P32	1	4	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.005
P34	1	4	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.085
P36	1	3	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.095
P37	1	6	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.031
P39	1	0	SI	NO	NO	SI	NO	NO	0.002
P40	1	0	SI	NO	NO	SI	NO	NO	0.003
P41	1	0	SI	NO	NO	SI	NO	NO	0.004
P52	1	6	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.021
P53	1	5	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.041
P54	3	0	SI	NO	NO	NO	SI	NO	0.02
P55	3	6	SI	NO	NO	SI	NO	NO	0.098
P56	1	4	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.01

Nombre	Clasificación	Usuarios	Protección			Mitigación		Compensación	Caudal (L/s)
			Demarcación y Aislamiento de afloramientos	Zanja	Construcción de Tanque de protección de punto	Repoblamiento vegetal	Construcción de Talud de recolección	Medidas de compensación como contingencia	
<b>P58</b>	1	0	SI	NO	NO	SI	NO	NO	0.091
<b>P59</b>	1	4	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.048
<b>P60</b>	1	20	SI	SI	SI	SI	NO	SI	0.562
<b>P61</b>	1	0	SI	NO	NO	SI	NO	NO	0.19
<b>P64</b>	3	16	SI	NO	NO	NO	SI	SI	0.089
<b>P66</b>	1	0	SI	NO	NO	SI	NO	NO	0.12
<b>P68</b>	3	0	SI	NO	NO	NO	SI	NO	0.411

Fuente: Hidrogeocol, 2018

#### **5.1.8.14 Determinación de la Red de Monitoreo**

En términos generales son objetivos comunes de una Red de Monitoreo para aguas subterráneas identificar las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas, su estado y variación generalmente estacional, en cantidad y calidad, los efectos de los procesos naturales y los impactos antrópicos, las tendencias en cantidad y calidad de las aguas subterráneas a largo plazo, su grado de vulnerabilidad, las medidas a ser adoptadas para prevenir la degradación de las aguas subterráneas o su restauración y las prioridades y conflictos entre los usuarios de los recursos hídricos subterráneos y otros recursos naturales (Vargas, 2001).

De esta manera, la selección de captaciones de agua subterránea y algunos puntos de corrientes superficiales para la Red de Monitoreo, se realiza con base en las condiciones geológicas y estructurales del área, en el inventario de aguas subterráneas anteriormente analizado, en el uso primario del agua y en la facilidad de acceso a cada punto.

A partir de los análisis realizados anteriormente, se toman en cuenta la ubicación geológica de los puntos seleccionados para la citada Red.

Así mismo, la Red de Monitoreo se convierte en una Línea Base, que aportará información para el conocimiento, la evaluación y el control de la situación hidrogeológica del área de estudio.

La definición de la densidad de puntos de monitoreo se establece a partir de la ubicación de los puntos inventariados, tanto de agua superficial como de agua subterránea, con respecto a las unidades geológicas del área de estudio, de tal manera que, como mínimo se tenga un punto por unidad geológica. Paralelamente se tiene en cuenta que cada punto de monitoreo presente un fácil acceso.

##### **5.1.8.14.1 Criterios de Selección de Puntos para la Red de Monitoreo**

- Criterios Generales:

La selección de los puntos de la red de monitoreo se basa en criterios específicos del proyecto, en los resultados del presente estudio hidrogeológico y en concordancia con algunas recomendaciones generales establecidas por la Organización Meteorológica Mundial (1994). Cada criterio corresponde a la valoración de cada una de las variables que se requieren a continuación.

- i. Determinar la profundidad del nivel freático.
- ii. Determinar la dirección del flujo del agua subterránea.
- iii. Medición de los caudales de los principales cursos de agua superficial en términos de afectación del caudal por la presencia de la obra.
- iv. Determinar la relación con cuerpos mineralizados de aguas subterráneas.
- v. Calibrar modelos de cuencas hidrogeológicas.



- vi. Prever los niveles de agua y la composición química en base a diversos planes de gestión del acuífero.
- vii. Supervisar la explotación del agua y la recarga superficial.

Las observaciones, mediciones, y otras actividades se planean de acuerdo con los objetivos y propósitos para los que está diseñada la red. Las mediciones del nivel y/o cantidad (caudal) de agua son uno de los varios parámetros requeridos para desarrollar modelos predictivos de sistemas de aguas subterráneas. En términos generales se tienen en cuenta dos tipos de monitoreo.

- i. Monitoreo de la cantidad del recurso hídrico (A): monitoreo de los puntos de agua con alguna probabilidad de afectación debido a la construcción de la vía a cielo abierto.
- ii. Monitoreo de la calidad del recurso hídrico (B): Monitoreo de puntos de agua en general con el objeto de evidenciar su calidad antes, durante y después de construídas las obras. En este tipo de monitoreo se incluyen los puntos de agua subsuperficial y subterránea descritos en el capítulo 5.1.8.8.4, cuyo principal objeto de análisis se hace con fines hidrogeológicos.

- Criterios Particulares para la Vía Cúcuta-Pamplona (UF2):

La selección de los puntos de agua subsuperficial y de agua subterránea para el monitoreo obedece a los siguientes criterios particulares del proyecto:

- i. Puntos de agua Nivel 2 y 3 de acuerdo con el criterio de valoración del potencial de afectación de los puntos de agua por la presencia de la nueva vía a cielo abierto.
- ii. Usos que los habitantes le dan a los puntos de agua.
- iii. Permanencia del punto de agua.
- iv. Puntos de agua con mayores caudales.
- v. Distancia del punto de agua a la obra en proyecto (se han privilegiado los puntos más cercanos a los ejes del nuevo trazado vial).
- vi. Distribución homogénea de los puntos de agua en los litotipos más representativos.
- vii. Cierres de cuencas y/o microcuencas para los puntos sobre cursos de aguas superficiales (AS).

La selección de los puntos sobre cursos de aguas superficiales obedece básicamente a un solo criterio:

- i. Todos aquellos cursos de aguas que son interceptados por el nuevo trazado vial. Los puntos de control se ubican aguas abajo del flujo superficial que se prevé será interceptado por el nuevo trazado vial.

#### 5.1.8.14.2 Puntos de agua seleccionados para integrar la red de monitoreo propuesta

Tomando en cuenta los criterios y consideraciones mencionados anteriormente, se ha definido una red de monitoreo constituida inicialmente por treinta y siete (37) puntos de agua, mostrados en la **Tabla 5.133** y **Tabla 5.134**, representada por diecisiete (17) puntos de agua (PA) y veinte (20) puntos sobre cursos de aguas superficiales (AS).

- Tipo de puntos y tipo de mediciones (monitoreo tipo A):

A continuación, se describen los tipos de puntos y de mediciones que deben llevarse a cabo en los puntos de agua seleccionados por el monitoreo de tipo A (Tabla 5.132)

**Tabla 5.132 Tipo de punto de control y mediciones relacionadas con el monitoreo tipo A de los puntos de agua seleccionados**

Medición	Pozo/aljibe	Piezómetro	Curso de agua	Manantial	Resurgencia
Caudal			X	X	X
Nivel de agua	X	X			
Parámetros Fisicoquímicos	X	X	X	X	X
Medición	Afloramiento subsuperficial	Afloramiento hipodérmico	Afloramiento antrópico	Interflujo	Exudación
Caudal	X	X	X	X	
Nivel de agua					
Parámetros Fisicoquímicos	X	X	X	X	X

**Tabla 5.133 Puntos de agua subsuperficial y subterránea que integran la red de monitoreo.**

Tipo de punto	Nombre del punto	Monitoreo tipo A	Monitoreo tipo B	Coordenadas origen Magna Sirgas Bogotá		Distancia al eje de la vía	Abscisa de referencia	Caudal Q	Potencial de afectación	Usos	Usuarios (cantidad)	Permanencia
(--)	(ID)	Cantidad	Calidad	X	Y	(m)	(km)	(l/s)	(Nivel)	(--)	(.-)	(---)
Interflujo	UF2-P05	OK	OK	1159772,12	1307746,31	30	K55+982	0,051	3	Industrial	lavadero/autos	Perenne
Manantial	UF2-P51	OK		1160654,38	1308911,99	220	K55+285	0,129	1	Agrícola/Pecuario	33	Perenne
Manantial	UF2-P50	OK	OK	1160702,77	1308974,77	200	K54+225	0,237	1	Agrícola/Pecuario	33	Perenne
Resurgencia	UF2-P64	OK	OK	1160671,10	1309269,38	27	K54+042	0,056	2	Agrícola/Pecuario	Numerosos	Perenne
Excavación	UF2-P68	OK		1160982,45	1310239,95	4	K52+857	0,379	3	Pecuario	70	Perenne
Interflujo	UF2-P59	OK	OK	1160929,97	1310346,42	58	K52+760	0,046	2	Pecuario	20	Perenne
Manantial	UF2-P60	OK	OK	1160784,31	1310009,41	117	K53+258	0,473	1	Abastecimiento Público	20	Perenne
Manantial	UF2-P58	OK		1161085,96	1311507,65	49	K51+530	0,081	1	No aplica	0	Sin información
Excavación	UF2-P31	OK	OK	1160897,65	1312758,69	89	K50+130	0,058	1	Abastecimiento Público	10	Perenne
Resurgencia	UF2-P37	OK	OK	1160633,62	1313295,47	93	K49+495	0,050	1	Doméstico/Pecuario	21	Perenne
Resurgencia	UF2-P54	OK		1160603,91	1313497,83	0	K49+260	0,052	3	No aplica	0	Perenne
Excavación	UF2-P56	OK		1160665,81	1313411,41	3	K49+337	0,045	3	Doméstico/Pecuario	Numerosos	Perenne
Excavación	UF2-P40	OK		1160562,23	1313380,42	122	K49+280	0,008	1	Agrícola/Pecuario	Numerosos	Perenne
Excavación	UF2-P41	OK		1160533,78	1313399,58	118	K49+270	0,005	1	Agrícola/Pecuario	Numerosos	Perenne
Manantial	UF2-P67	OK		1161582,35	1311540,04	297	K51+415	0,114	1	Doméstico/Pecuario	Numerosos	Perenne
Resurgencia	UF2-P52	OK		1160562,50	1313531,54	9	K49+210	0,021	3	No aplica	0	Perenne
Resurgencia	UF2-P53	OK	OK	1160502,96	1313572,06	24	K29+140	0,062	1	Doméstico/Pecuario	33	Perenne

Fuente: Hidrogeocol, 2018

**Tabla 5.134 Puntos de agua superficiales que integran la red de monitoreo.**

Tipo de punto	CONTROL	Nombre	Coordenadas origen Magna Sirgas Bogotá		Distancia al eje de la nueva vía	Abscisa de referencia	Monitoreo tipo A	Monitoreo tipo B
(--)	(ID Punto)	(ID curso de agua)	X	Y	(m)	(km)	Cantidad	Calidad
Curso de agua superficial	AS-P1	Fuente Hídrica Nueva_1	1159830,358	1307830,599	19	K55+910	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P2	Quebrada los cerezos	1159983,585	1307880,265	20	K55+738	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P3	Quebrada Zipacha	1160178,080	1308446,330	37	K55+110	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P4	NN_1	1160381,483	1309101,544	78	K55+430	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P5	Fuente Hídrica Nueva_2	1160586,424	1309283,521	104	K54+100	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P6	Quebrada San Antonio	1160759,451	1309843,375	38	K53+340	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P7	Quebrada La Palma	1160912,409	1309972,943	4	K53+130	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P8	Quebrada NN_2	1161244,206	1310757,652	18	K52+260	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P9	Quebrada Ugala	1161258,221	1311160,264	83	K51+850	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P10	Quebrada NN_3	1161217,999	1311264,615	13	K51+740	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P11	Río Pamplonita	1161272,992	1311332,402	60	K51+660	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P12	NN_4	1161315,240	1311544,580	34	K51+438	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P13	NN_5	1161222,548	1311747,095	13	K51+230	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P14	NN_6	1161176,050	1311894,447	51	K51+060	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P15	Q. Hoja Ancha	1161147,553	1312164,779	61	K50+760	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P16	NN_7	1161152,890	1312407,566	20	K50+530	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P17	NN_8	1161047,970	1312597,748	26	K50+318	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P18	NN_9	1161047,474	1312748,325	58	K50+150	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P19	NN_10	1160973,118	1312972,411	30	K49+925	OK	OK
Curso de agua superficial	AS-P20	NN_11	1160510,767	1313653,103	24	K49+075	OK	OK

Fuente: Hidrogeocol, 2018



Debido a que en el inventario realizado en la zona de influencia de la UF2 no se encontraron pozos, aljibes ni piezómetros, el monitoreo se plantea solamente en puntos de aguas subsuperficial y subterránea y en puntos ubicados sobre cursos de aguas superficiales. No obstante, se recomienda construir algunos piezómetros en correspondencia con los cortes más altos del proyecto, a una distancia de aprox. 30 m de la corona del talud. Otros tipos de puntos de agua superficial como jagüeyes y reservorios, entre otros, no son representativos para esta parte del proyecto.

Por otro lado, los tipos de mediciones a realizar en los puntos de control identificados en la **Tabla 5.129** y **Tabla 5.134**, para monitoreo Tipo A, son las siguientes:

- i. **Caudal:** se debe medir en los puntos de agua y cursos de agua superficial, con el fin de controlar las oscilaciones estacionales y correlacionar las eventuales disminuciones con las actividades constructivas del proyecto.
  - ii. **Nivel de la napa (eventual):** se mide en los piezómetros con el fin de controlar las oscilaciones estacionales del nivel piezométrico y correlacionar las eventuales disminuciones especialmente en correspondencia con los cortes o taludes más altos del proyecto.
  - iii. **Parámetros fisicoquímicos:** Se tomarán medidas de control en todos los puntos de monitoreo relacionadas con la conductividad eléctrica del agua, la temperatura y el pH.
- Tipo de puntos y tipo de mediciones (monitoreo tipo B):

El monitoreo tipo B se hace en afloramientos y en cursos de aguas superficiales. Los parámetros seleccionados, de hidrogeoquímico y bacteriológicos, corresponden con los indicados en la Tabla de resolución 751 de marzo del 2017, emitida por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, los cuales se presentan en la **Tabla 5.116** y **Tabla 5.135**.

**Tabla 5.135 Parámetros del monitoreo tipo B según las especificaciones de la Tabla 5 de la Resolución N. 0751 del 2015.**

Caracterización Física	Componente Agua
	Temperatura (°C).
	Sólidos suspendidos totales (mg/L), disueltos totales (mg/L), sedimentables (ml/L-h).
	Conductividad eléctrica (uS/cm).
	Potencial de Hidrógeno - pH (unidades de pH).
	Turbiedad (UNn).
Caracterización Química	Componente Agua
	Oxígeno disuelto (OD) (mo/L O <sub>2</sub> ).
	Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L O <sub>2</sub> ).
	Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO <sub>5</sub> ) 'mg/L O <sub>2</sub> ).
	Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK).

	Fósforo Total (mg/L P).
	Grasas y aceites (mg/L).
	Alcalinidad Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) y Acidez Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> ).
	Dureza Cálrica (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) y Dureza Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> ).
	Fenoles Totales (mg/L).
	Metales y Metaloides (Arsénico, Bario, Cadmio, Zinc, Cromo, Cobre, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio) (mg/L). *
	Componente Agua
Caracterización Biológica	Coliformes totales (NMP/100 ml).
	Coliformes fecales (NMP/100 ml).

Fuente: Tabla 5 Resolución N. 0751 del 2015

Los análisis de calidad de agua deben realizarse a través de laboratorios acreditados por el IDEAM, o la entidad responsable de su acreditación, tanto para la toma de muestras como para el análisis de los parámetros indicados en la **Tabla 5.135**.

#### 5.1.8.14.3 Frecuencia de las mediciones

El monitoreo debería hacerse en el mismo periodo de tiempo para todos los puntos de agua seleccionados, con frecuencia variable de acuerdo con los parámetros a medir:

- Con frecuencia mensual para la medición del caudal y parámetros fisicoquímicos en puntos de agua subsuperficial y subterránea, cursos de aguas superficiales y eventualmente en piezómetros (monitoreo tipo A). Para este último en el caso eventual que se proceda con su instalación corresponde la medición del nivel piezométrico/freático con la misma frecuencia indicada.
- Una medición antes del inicio de las obras, durante construcción y después de terminadas las obras para el análisis químico en los puntos de agua seleccionados (monitoreo tipo B). Se debe procurar incluir los dos periodos climáticos más frecuentes de la región.

En la **Tabla 5.136** se indica para cada punto su relativa frecuencia de medición antes, durante y después de la construcción de la obra. Se aclara que el cronograma del monitoreo previsto está estrechamente ligado al cronograma de construcción de la obra, por lo que el mismo puede ser adaptado o modificado de acuerdo con los cambios que se introduzcan al programa de construcción.

**Tabla 5.136 Frecuencia de medición red de monitoreo UF2**

IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS A MONITOREAR	ANTES DE CONSTRUCCIÓN Cada tres meses tipo A y al menos una tipo B					DURANTE CONSTRUCCIÓN Cada tres meses tipo A y cada 6 meses tipo B.					OPERACIÓN Cada 6 meses tipo A y cada año tipo B	
NOMENCLATURA	Hasta 1 AÑO					Tiempo total construcción UF2 desde el mes 1 hasta finalizar la obra					Hasta 1 AÑO	
	MES 1	MES 3	MES 6	MES 9	MES 12	MES 1	MES 3	MES 6	MES 9	MES 12	MES 6	MES 12
UF2-P05	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B

IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS A MONITOREAR	ANTES DE CONSTRUCCIÓN Cada tres meses tipo A y al menos una tipo B					DURANTE CONSTRUCCIÓN Cada tres meses tipo A y cada 6 meses tipo B.					OPERACIÓN Cada 6 meses tipo A y cada año tipo B	
NOMENCLATURA	Hasta 1 AÑO					Tiempo total construcción UF2 desde el mes 1 hasta finalizar la obra					Hasta 1 AÑO	
	MES 1	MES 3	MES 6	MES 9	MES 12	MES 1	MES 3	MES 6	MES 9	MES 12	MES 6	MES 12
UF2-P51	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P50	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P64	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P68	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P59	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P60	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P58	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P31	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P37	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P54	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P56	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P40	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P41	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P67	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P52	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P48	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
UF2-P53	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P1	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P2	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P3	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P4	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P5	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P6	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P7	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P8	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P9	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P10	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P11	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P12	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P13	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P14	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P15	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P16	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P17	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P18	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P19	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B
AS-P20	A	A	A	A	A/B	A	A	A/B	A	A/B	A	A/B

Fuente: Hidrogeocol 2018.

### 5.1.9 Geotecnia

Para la Unidad Funcional 2 – UF 2, la metodología de Zonificación Geotécnica utilizada consiste en la división del terreno en zonas geotécnicamente homogéneas, calificadas de acuerdo con las condiciones de estabilidad que pueden afectar la construcción y operación de la vía, para lo cual en un ambiente SIG, se definieron áreas con características similares en cuanto a litología (geología), geomorfología, cobertura de la tierra, densidad de drenajes, densidad de fallas, pendientes y morfodinámica.

Esta metodología incorpora dos factores detonantes, precipitación y amenaza sísmica, y se obtiene la amenaza relativa (zonificación geotécnica) a la ocurrencia de procesos erosivos y de remoción en masa, calificada desde muy baja a muy alta, de acuerdo con el esquema metodológico modificado de VARGAS (1.999)<sup>20</sup>.

Para el desarrollo del estudio, se adelantaron las siguientes etapas:

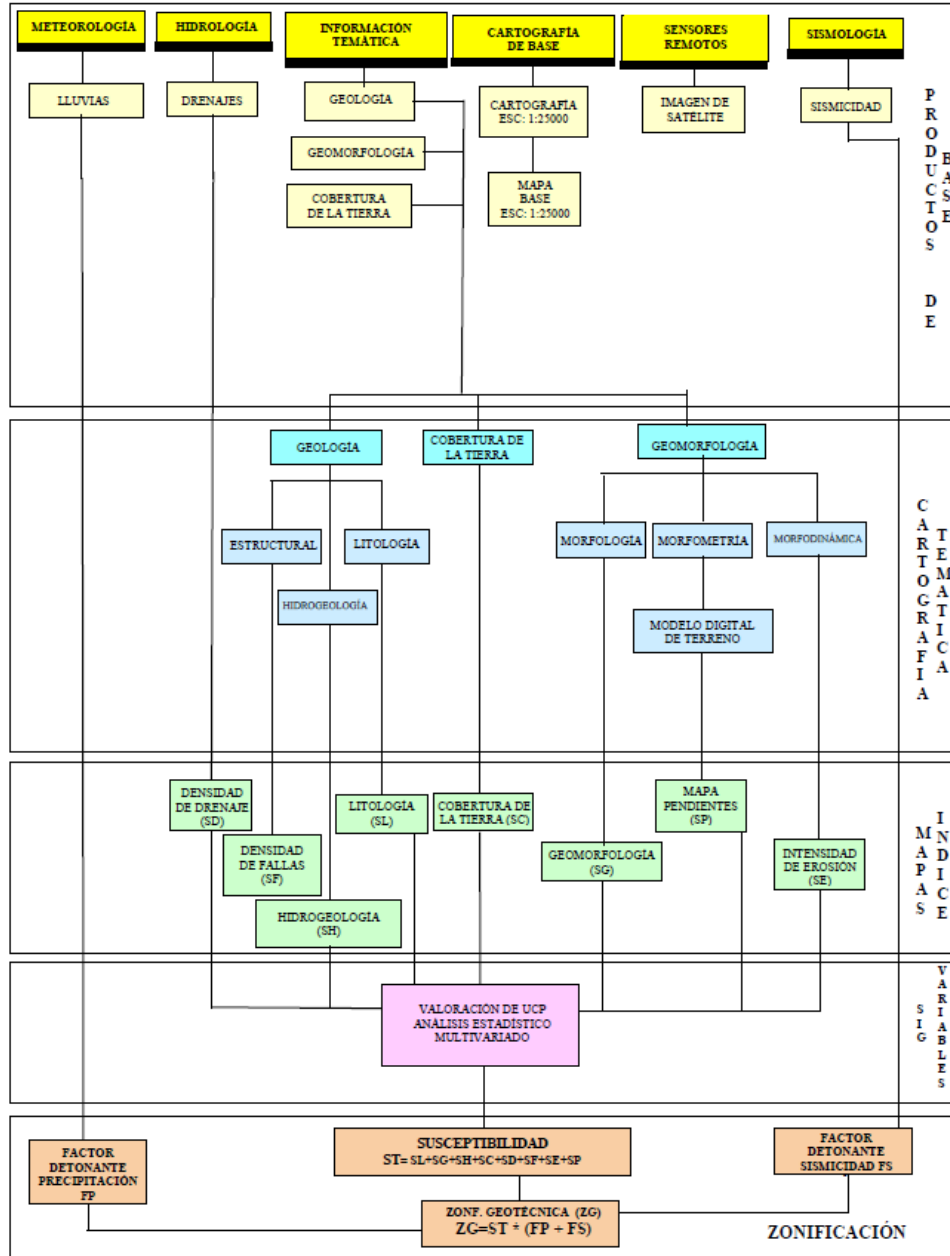
- i. Recopilación y análisis de información existente. En esta etapa de trabajo se realizó el análisis de la información existente que se incorporó al modelo de análisis (información topográfica e información temática).
- ii. Elaboración del mapa base digital, escala 1:25.000 del IGAC; incluye curvas de nivel, drenajes, vías y zonas urbanas entre otras.
- iii. Estudio de las variables geoambientales o factores del terreno. Análisis y cartografía de variables como geología, geomorfología, fallas, cobertura de la tierra, pendientes, morfodinámica, drenajes, precipitación y sismicidad.
- iv. Implementación del SIG. Sobre el mapa base digital del área de influencia se digitalizó la información temática georreferenciada.
- v. Evaluación de variables. Se evaluó la información obtenida y se determinaron los pesos de las variables para la determinación de la estabilidad geotécnica.
- vi. Modelación de susceptibilidad. Con base en la calificación semicuantitativa de las Unidades Cartográficas de Parámetro (UCP), se realizó la modelación multivariada de variables en función de la susceptibilidad, para la obtención de la zonificación geotécnica. La susceptibilidad es el grado de propensión de un terreno a generar uno o varios procesos amenazantes.
- vii. Identificación de factores detonantes. Se consideraron como factores externos que pueden detonar procesos de remoción en masa, las variables de Precipitación y Amenaza Sísmica.

---

<sup>20</sup>Estudio Geoambiental y Zonificación de Amenazas por Erosión y Remoción en Masa en la Cuenca del Río Teusacá. Sabana de Bogotá. Colombia. X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería. Sociedad Colombiana de Ingenieros, Santa Fe de Bogotá, D.C., noviembre de 1999.



**Figura 5-153 Diagrama metodológico para la obtención de la zonificación geotécnica**



Fuente: AECOM - ConCol, 2018

La zonificación geotécnica se establece en cinco categorías, las cuales reflejan la conjugación de las variables incorporadas al análisis, incluyendo los factores intrínsecos de precipitación y sismicidad.

Para el análisis de las variables geoambientales, se estableció un criterio semicuantitativo, donde se asignó a cada unidad de parámetro un valor de susceptibilidad de 1 a 5, como se presenta en la Tabla 5-137.

**Tabla 5-137 Categoría y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables**

<b>Categoría de susceptibilidad</b>	<b>Peso</b>
Muy baja	1
Baja	2
Moderada	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

A continuación se presentan los resultados de valoración de Susceptibilidad para cada variable de análisis.

### **5.1.9.1 Modelación de Variables**

Una vez establecidos semicuantitativamente los diferentes valores de susceptibilidad para cada UCP en cada una de las ocho variables que se incorporaron al análisis, se obtuvieron los mapas de susceptibilidad temática. Este proceso se realizó en un formato raster en el cual cada UCP está conformada por un conjunto de píxeles de igual valor.

Este valor asociado a un atributo cartográfico (nombre de la unidad cartográfica de parámetro), se recodificó o se remplazó en un SIG (ArcGis10), por el valor asignado en las tablas de susceptibilidad, de tal forma que las imágenes mapas de susceptibilidad resultantes representan un rango de valores entre 1 y 5. A continuación se presentan los valores de susceptibilidad para cada una de las variables.

#### **5.1.9.1.1 Litología (SL)**

Es uno de los principales factores a considerar en la determinación de la estabilidad, debido a que la génesis, composición y estructura de las rocas, incide en la susceptibilidad del terreno a la meteorización y desarrollo de procesos erosivos y/o procesos de remoción en masa.

En la Tabla 5-138 se relacionan las diferentes litologías que componen el área de influencia y su peso.

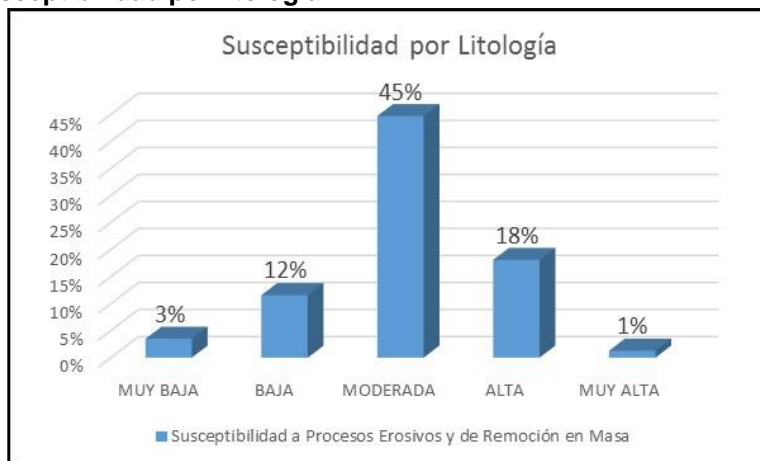
**Tabla 5-138 Valores de susceptibilidad por litología**

UCP	Símbolo	Peso
Depósito aluvial	Qal	5
Depósito coluvial	Qc	4
Depósito de terraza	Qt	3
Depósito cono de deyección	Qcd	3
Depósito fluvio-torrencial	Qft	3
Depósito antrópico	Qant	3
Formación Los Cuervos	Tplc	3
Formación Barco	Tpb	3
Formación Colón y Mito Juan	Kscm	3
Formación Bocas	Trb	1
Formación Capacho	Kic	3
Formación Aguardiente	Kia	1
Formación La Luna	Ksl	2
Formación Girón	Jg	1

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-154 se grafican los resultados porcentuales de la sectorización del área de influencia según los pesos establecidos para las litologías presentes. El 3% del área se determina como de baja susceptibilidad a procesos de erosión y remoción en masa, correspondiendo a la formación Girón (Jg); un 12% del área, con litología de las formaciones Colón y Mito Juan (Kscm), Barco (Tpb) y los cuervos (Tplc); así como los depósitos antrópicos (Qant), fluvio-torrenciales (Qft), de cono de deyección (Qcd) y de terraza (Qt), presentan susceptibilidad moderada; un 18% del área de influencia presenta susceptibilidad alta en relación con la litología, correspondiente a los depósitos coluviales (Qc); y finalmente, un 1% del área presenta susceptibilidad a procesos erosivos y de remoción muy alta, relacionada con los depósitos aluviales (Qal).

**Figura 5-154 Susceptibilidad por litología**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-155 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y de remoción en masa para el área de influencia de acuerdo a la sectorización por litología.

#### 5.1.9.1.2 Geomorfología (SG)

La calificación de susceptibilidad para las diferentes unidades geomorfológicas, se infiere sobre la base de dos factores que favorecen la remoción, los cuales corresponden a la topografía, entendida como la pendiente del terreno y los aspectos edáficos, representados por los procesos erosivos de los suelos, que se presentan de forma generalizada o focalizada.

La remoción en masa incluye de forma integral un conjunto de factores adicionales que favorecen su generación, los cuales están relacionados con la naturaleza de los materiales, clima y vegetación; éstos no son tenidos en cuenta para esta calificación de susceptibilidad desde esta perspectiva, pero implícitamente son evaluados desde otras temáticas que entran en concurso para la zonificación.

Teniendo en cuenta lo anterior y sobre la base de los dos factores caracterizados en las unidades geomorfológicas (pendiente del terreno y erosión), se estableció la susceptibilidad del área de influencia frente a los procesos de remoción en masa.

Las unidades geomorfológicas calificadas de mayor susceptibilidad a movimientos en masa corresponden a geoformas asociadas a cauce aluvial y a depósitos coluviales, considerados de muy alta susceptibilidad; de susceptibilidad moderada se consideran las geoformas de espolón moderado de longitud larga y de ladera estructural; luego, en el rango de susceptibilidad baja se encuentran las áreas con expresión morfológica de cono de deyección, espinazo, espolón faceteado y lomo denudado; finalmente, con carácter de susceptibilidad muy baja, se encuentran las áreas de terraza o berma de fallamiento, terraza de acumulación, planos y campos de llenos antrópicos y las áreas de ladera ondulada Tabla 5-139.

**Tabla 5-139 Valores de susceptibilidad por geomorfología**

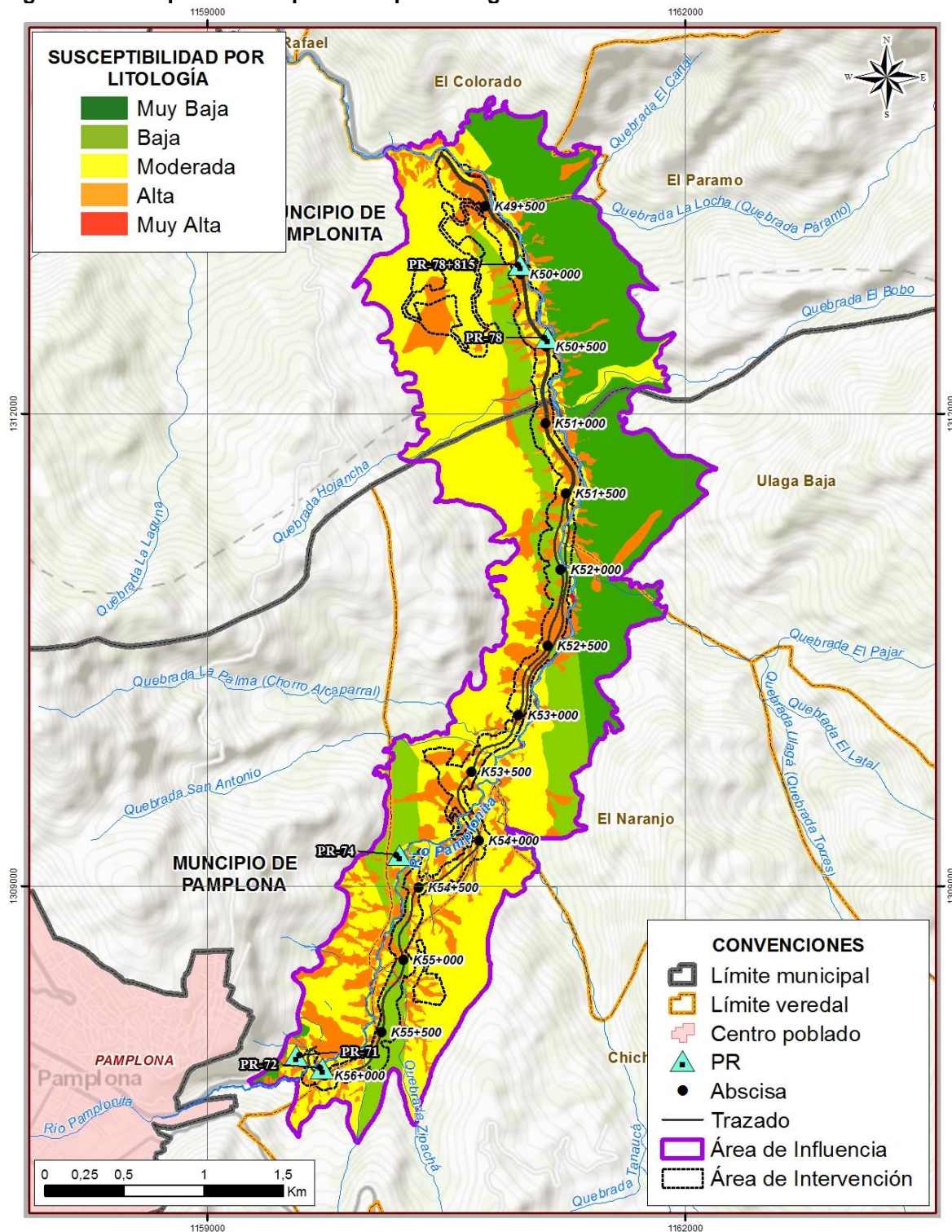
Unidad Geomorfológica	Símbolo	Peso
Cono o Lóbulo de Deslizamiento Rotacional	Sdrt	5
Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción	Sco	5
Cono de Talus	SDct	5
Cono o Lóbulo de Deslizamiento Rotacional	SDdrt	5
Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción	SDco	5
Cono o Lóbulo coluvial y de Soliflucción	SDdrt	5
Cauce Aluvial	Fca	5
Espolón moderado de longitud larga	Sesml	3
Ladera Estructural	Sdle	3
Cono de Deyección	Fcdy	2
Espinazo	Se	2
Espolón faceteado	Sefc	2



Unidad Geomorfológica	Símbolo	Peso
Lomo Denudado bajo de longitud larga	Sdldebl	2
Terraza o Berma de fallamiento	Sbf	1
Terraza o Berma de fallamiento	SDBf	1
Terraza de Acumulación	Fta	1
Planos y campos de Llenos antrópicos	Ar	1
Ladera Ondulada	Sdlo	1

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

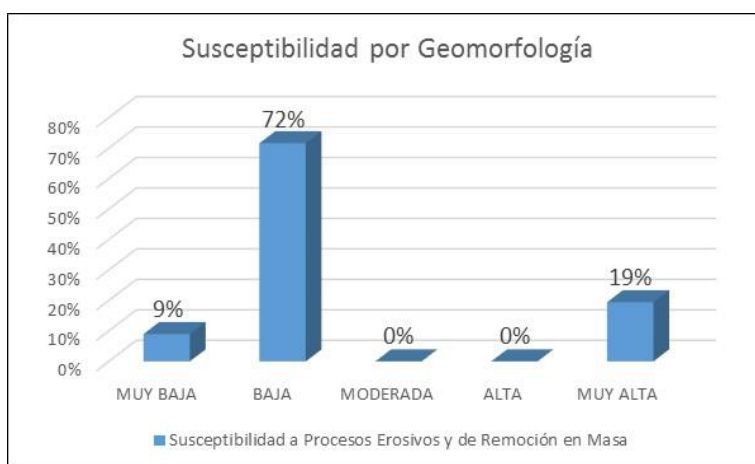
**Figura 5-155 Mapa de susceptibilidad por litología**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

La Figura 5-14 muestra que por la variable de Geomorfología el 19% del área de influencia se localiza en terrenos de muy alta susceptibilidad a procesos de erosión y movimientos en masa, correspondiente a terrenos con expresión morfológica de cono o lóbulo de deslizamiento rotacional (Sdrt) o de cono o lóbulo de solifluxión (Sco); el 72% del área presenta susceptibilidad moderada, relacionada con las zonas de espolón moderado de longitud larga (Sesml) y de ladera estructural (Sdle); y el 9% de la zona, con geoformas de cono de deyección (Fcdy) y espinazo (Se), se encuentra en terrenos de muy baja susceptibilidad a dichos procesos.

**Figura 5-156 Susceptibilidad por Geomorfología**



Fuente: AECOM – ConCol, 2018

En la Figura 5-157 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y de remoción en masa para el área de influencia de acuerdo a la sectorización por geomorfología.

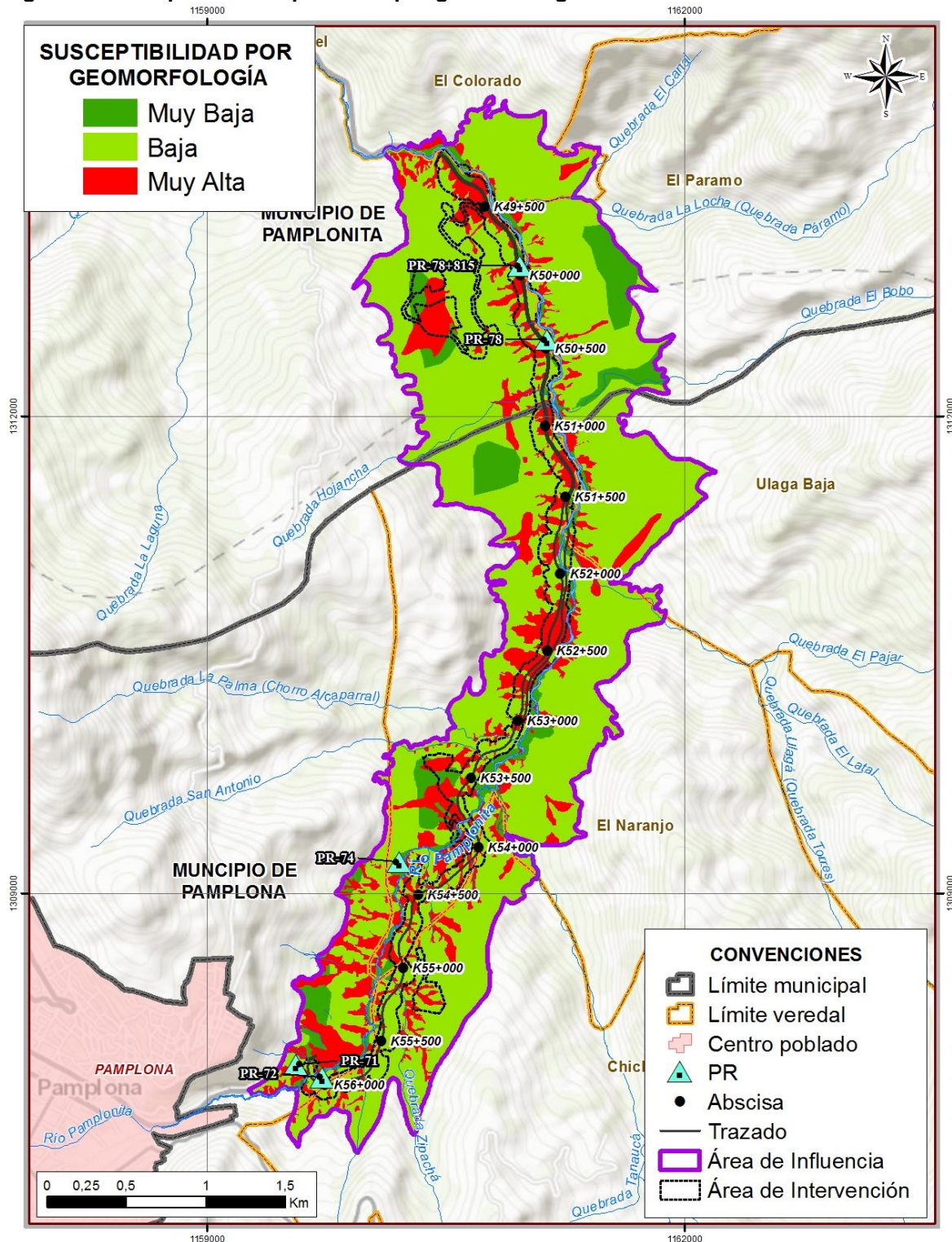
#### 5.1.9.1.3 Hidrogeología (SH)

Las diferentes formaciones geológicas se consideran a nivel de este estudio como complejo hidrogeológico independiente; luego, cada uno de estos complejos se agrupan de acuerdo con su comportamiento hidrogeológico más probable frente a las actividades que se deriven de la construcción y operación de la vía.

Los valores de susceptibilidad por hidrogeología tienen en cuenta además de la agrupación de unidades hidrogeológicas las zonas de descarga de agua y la profundidad de niveles freáticos determinada en el estudio hidrogeológico; considerando que niveles freáticos altos conllevan a la disminución de la resistencia de los suelos y por ende hacen que los terrenos sean más susceptibles a procesos de remoción en masa. En la Tabla 5-140 se relacionan los pesos establecidos de susceptibilidad por hidrogeología.



**Figura 5-157 Mapa de susceptibilidad por geomorfología**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018.



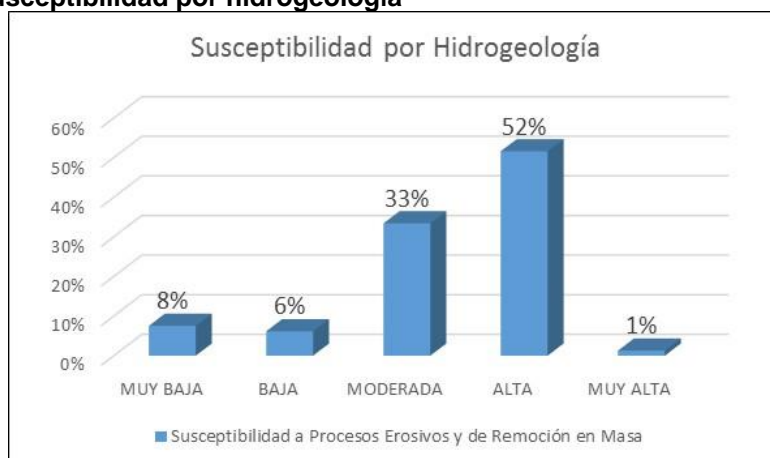
**Tabla 5-140 Valores de susceptibilidad por hidrogeología**

UCP	Símbolo	Peso
Depósito aluvial	Qal	5
Depósito coluvial	Qc	4
Depósito de terraza	Qt	4
Depósito cono de deyección	Qcd	4
Depósito fluvio-torrencial	Qft	4
Depósito antrópico	Qant	2
Formación Los Cuervos	Tplc	2
Formación Barco	Tpb	4
Formación Colón y Mito Juan	Kscm	4
Formación Bocas	Trb	2
Formación Capacho	Kic	1
Formación Aguardiente	Kia	3
Formación La Luna	Ksl	3
Formación Girón	Jg	3

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-158 se muestra la susceptibilidad a movimientos en masa por la variable hidrogeología. El 1% del área presenta susceptibilidad por factores hidrológicos muy alta, relacionada con los depósitos aluviales (Qal); el 52% del área presenta susceptibilidad alta, relacionada con el comportamiento hidrogeológico de los depósitos coluviales (Qc), de terraza aluvial (Qt) de cono de deyección (Qcd), y antrópico; así como de las formaciones Barco (Tpb) y Colón y Mito Juan (Kscm); el 33% del área presenta susceptibilidad moderada, relacionada con el comportamiento hidrogeológico de las formaciones Aguardiente (Kia), La Luna (Ksl) y Girón (Jg); un 6% del área presenta susceptibilidad baja, correspondiente a las áreas con depósito antrópico, de la formación Los Cuervos (Tplc) y Bocas (Trb); y un 8% del área presenta susceptibilidad muy baja en razón al comportamiento hidrogeológico de la formación Capacho (Kic).

**Figura 5-158 Susceptibilidad por hidrogeología**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

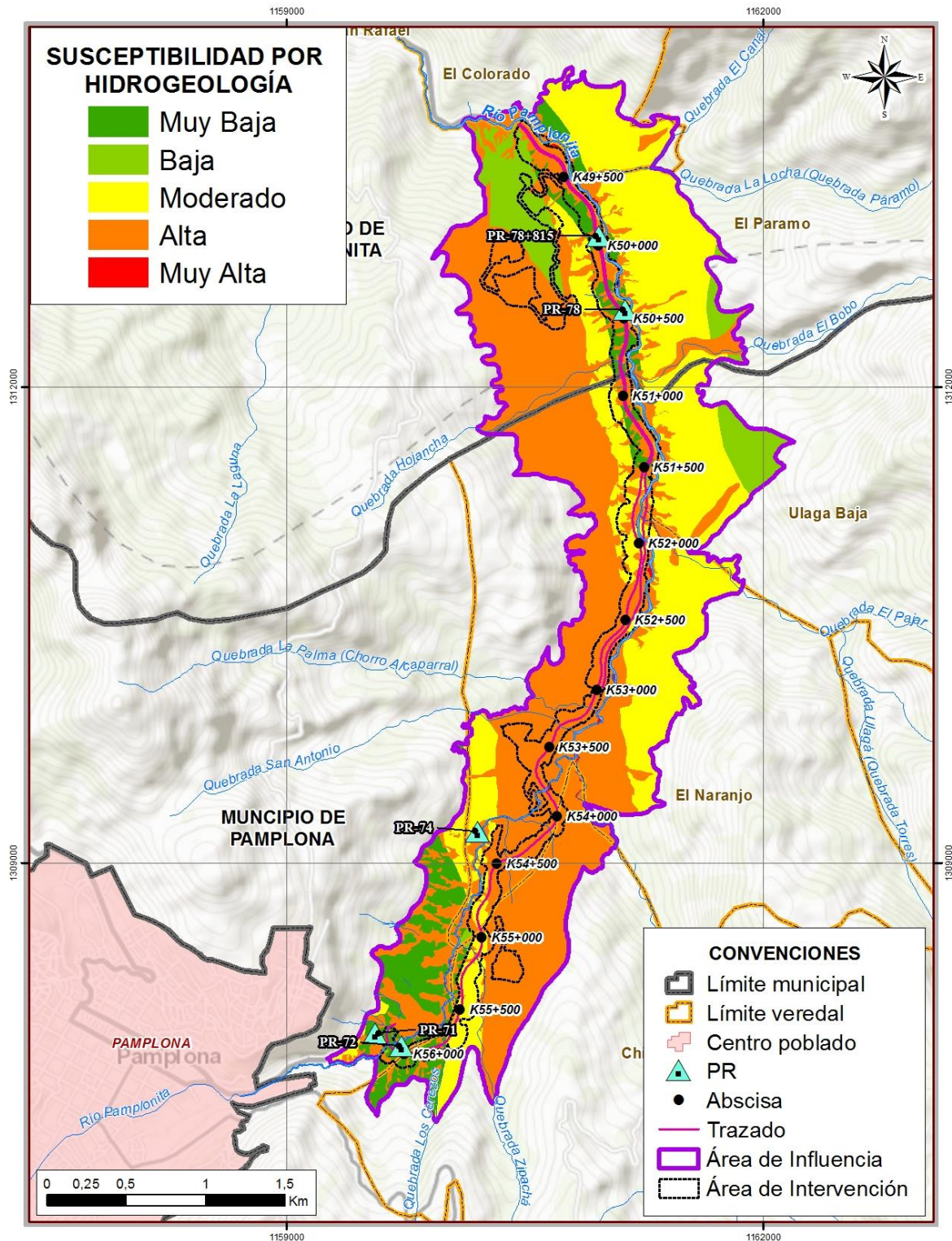
En la Figura 5-159 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y de remoción en masa para el área de influencia de acuerdo con la variable hidrogeología.

#### 5.1.9.1.4 Cobertura de la tierra (SC)

Las coberturas vegetales son elementos naturales de protección del suelo contra la erosión; según Roldan (2.005; citado por Lianes, 2.008), la vegetación juega un papel muy importante en el proceso de erosión hídrica, pues controla la energía de las gotas de lluvia, mejora la capacidad de infiltración del suelo y disminuye la escorrentía. Los componentes aéreos como hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, del agua en movimiento y del viento, de esta manera, su efecto es menor que si actuaran directamente sobre el suelo.

De igual forma, los componentes subterráneos, como los sistemas radiculares, contribuyen a la resistencia mecánica del suelo (Morgan, 1.997; citado por Lianes, 2.008); de este modo, la cantidad y calidad de la cobertura vegetal (protección vertical) disminuye notablemente los procesos erosivos (Marchamalo, 2.004; citado por Lianes, 2.008).

**Figura 5-159 Mapa de susceptibilidad por hidrogeología**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

Por lo anterior, zonas que presentan coberturas de bosque, vegetación secundaria alta y baja, arbustal denso, y plantación forestal muestran más estabilidad del relieve y menor susceptibilidad a procesos erosivos y de remoción en masa, que otras coberturas como pastos, cultivos o mosaicos de cultivos, que dadas las inadecuadas prácticas agropecuarias, dadas por remoción y labranza continua del suelo no cuentan con una vegetación o es muy débil que sirva de capa protectora o amortiguadora entre la atmosfera y el suelo.

**Tabla 5-141 Valores de susceptibilidad por cobertura de la tierra**

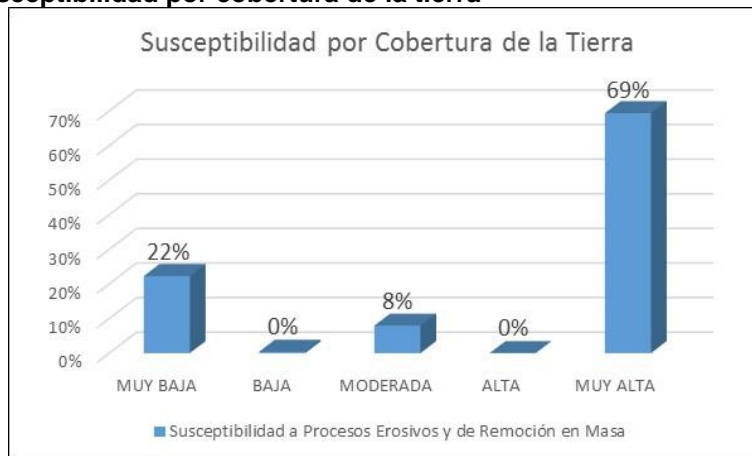
<b>Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP)</b>	<b>Peso</b>
Tejido urbano discontinuo	3
Construcciones Rurales	3
Otros cultivos transitorios	3
Pastos limpios	5
Pastos arbolados	5
Pastos enmalezados	5
Mosaico de cultivos	3
Mosaico de pastos y cultivos	5
Mosaico de pastos con espacios naturales	5
Bosque de galería y ripario	1
Ríos (50 m)	5
Zonas comerciales	3
Maíz	3
Otros cultivos permanentes arbustivos	2
Cítricos	2
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1
Vegetación secundaria baja	3
Red vial	3
Arbustal denso alto	1

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

La Figura 5-160 muestra que el 69% de la UF2 presenta susceptibilidad muy alta a procesos erosivos y de remoción por cobertura de la tierra, correspondiente a las áreas dominadas por pastos; el 22% presenta susceptibilidad muy baja, relacionada con áreas boscosas; y el restante 8% del área presenta susceptibilidad moderada a dichos procesos.



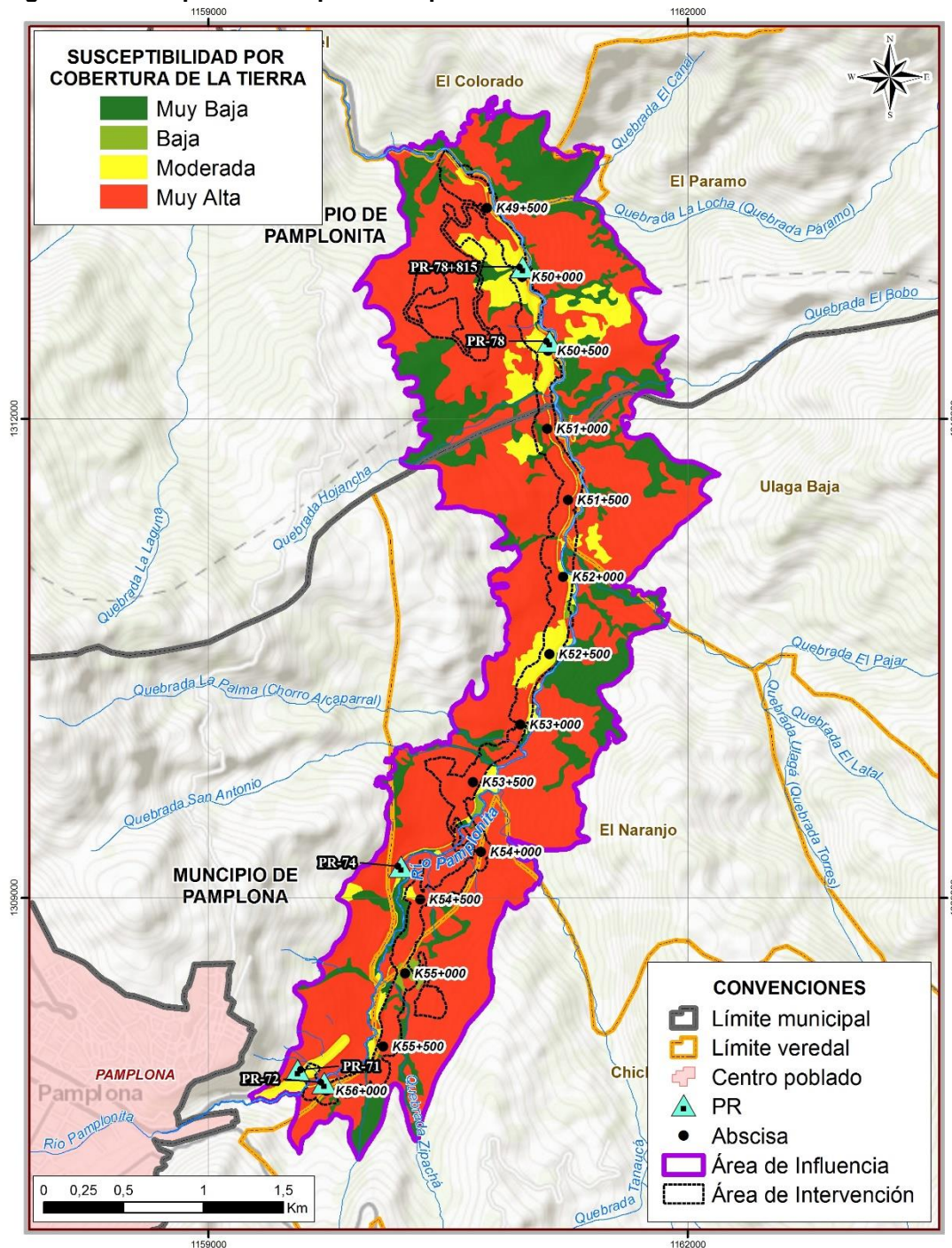
**Figura 5-160 Susceptibilidad por cobertura de la tierra**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-161 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y de remoción en masa para el área de influencia de acuerdo a la sectorización por cobertura de la tierra.

**Figura 5-161 Mapa de susceptibilidad por cobertura de la tierra**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

#### 5.1.9.1.5 Densidad de drenajes (SD)

El cálculo de densidad de drenaje se realizó mediante procesamiento de la red en SIG; calculando la densidad de drenajes por unidad de área ( $m/m^2$ ), con un radio de influencia de 100m. El resultado de esta operación permitió clasificar cada punto del mapa dentro de cinco categorías de la siguiente manera (ver Tabla 5-142).

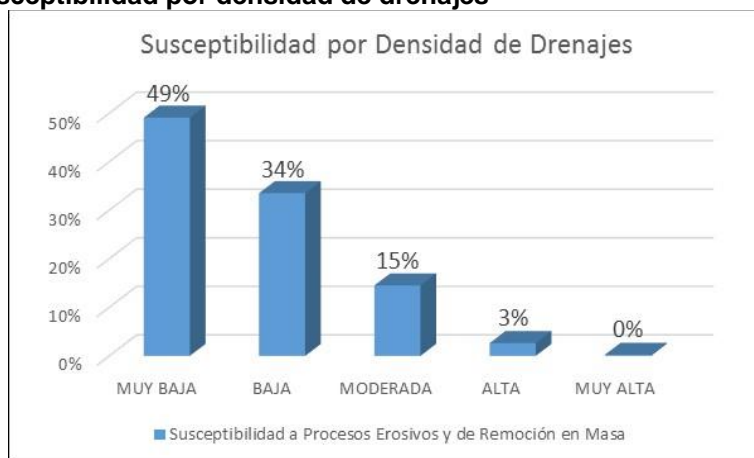
**Tabla 5-142 Valores de susceptibilidad por densidad de drenajes**

Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP) ( $m/m^2$ )	Peso
0 – 0,01	1
0,01 – 0,02	2
0,02 – 0,03	3
0,03 – 0,04	4
> 0.04	5

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-162 se muestra que el 49% del área de influencia presenta muy baja susceptibilidad a fenómenos de remoción por densidad de drenajes, el 34% es de susceptibilidad baja, el 15% es de susceptibilidad moderada y el 3% del área presenta susceptibilidad alta.

**Figura 5-162 Susceptibilidad por densidad de drenajes**

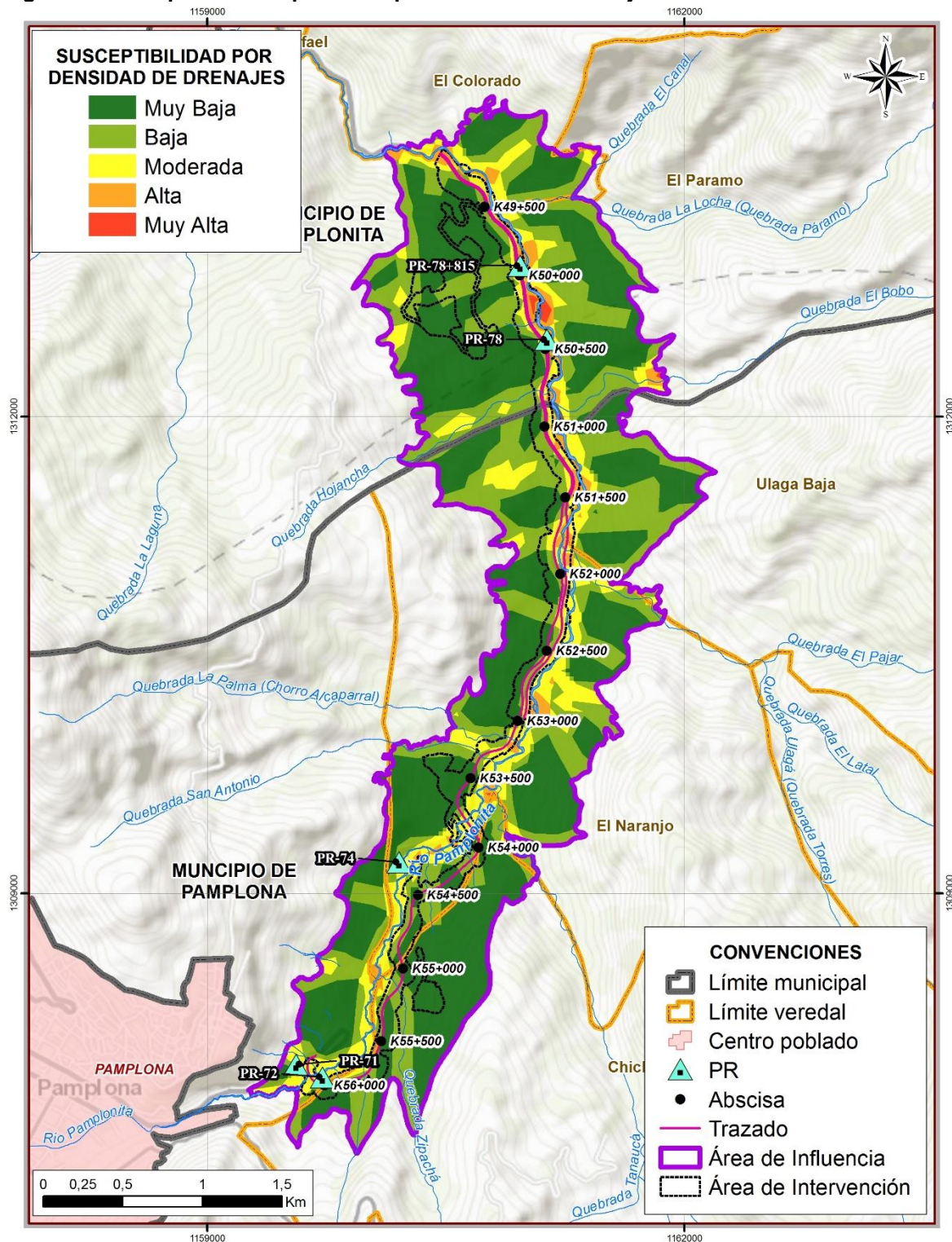


Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-163 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y de remoción en masa para el área de influencia de acuerdo a la sectorización por densidad de drenajes.



**Figura 5-163 Mapa de susceptibilidad por densidad de drenajes**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018



#### 5.1.9.1.6 Densidad de Fallas Geológicas (SF)

El estado de fracturación de las rocas depende de la presencia y magnitud de las fallas geológicas, fracturas y sistemas de diaclasamiento, las cuales permiten en los macizos rocosos el desarrollo de procesos de meteorización, y desarrollo de zonas de debilidad de las mismas, que las hacen más susceptibles a fallamiento e inestabilización del terreno. La calificación se estableció considerando la densidad de fallas en cada punto del Área de Influencia, considerando un radio de 300m, utilizando los valores de ponderación de la Tabla 5-143

**Tabla 5-143 Ponderación de fallas según su tipo**

Tipo de falla o pliegue	Ponderación
Falla definida	4
Falla inferida	3
Falla inversa o de cabalgamiento inferida	3
Lineamiento fotogeológico	3
Pliegue anticlinal	2
Pliegue sinclinal definido con cabeceo	2

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

Mediante el procesamiento de la información en SIG se hizo el cálculo de la densidad de fallas por unidad de área ( $m/m^2$ ), estableciendo el radio de influencia mencionado de 300 m. El resultado de esta operación permitió clasificar cada punto del mapa dentro de cinco categorías de la siguiente manera.

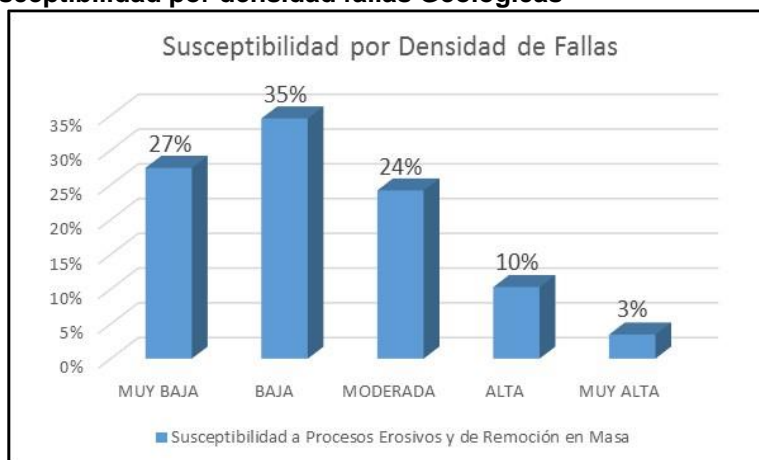
**Tabla 5-144 Valores de susceptibilidad por densidad de fallas**

Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP) ( $m/m^2$ )	Peso
0.00 a 0.29	1
0.30 a 0.99	2
0.99 a 1.49	3
1.5 a 1.99	4
2.0 a 3.0	5

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-164 se muestra que el 27% del Área de Influencia de la Unidad Funcional 2 presenta susceptibilidad muy baja a procesos erosivos y de remoción por densidad de fallas geológicas, correspondiendo a las áreas ubicadas a más de 300 m de una falla; el 35% del área es de baja susceptibilidad; el 24% de moderada susceptibilidad; el 10% de alta susceptibilidad y el restante 3% de muy alta susceptibilidad.

**Figura 5-164 Susceptibilidad por densidad fallas Geológicas**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-165 se presenta el mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masa por la variable densidad de fallas.

#### 5.1.9.1.7 Pendientes del Terreno (SP)

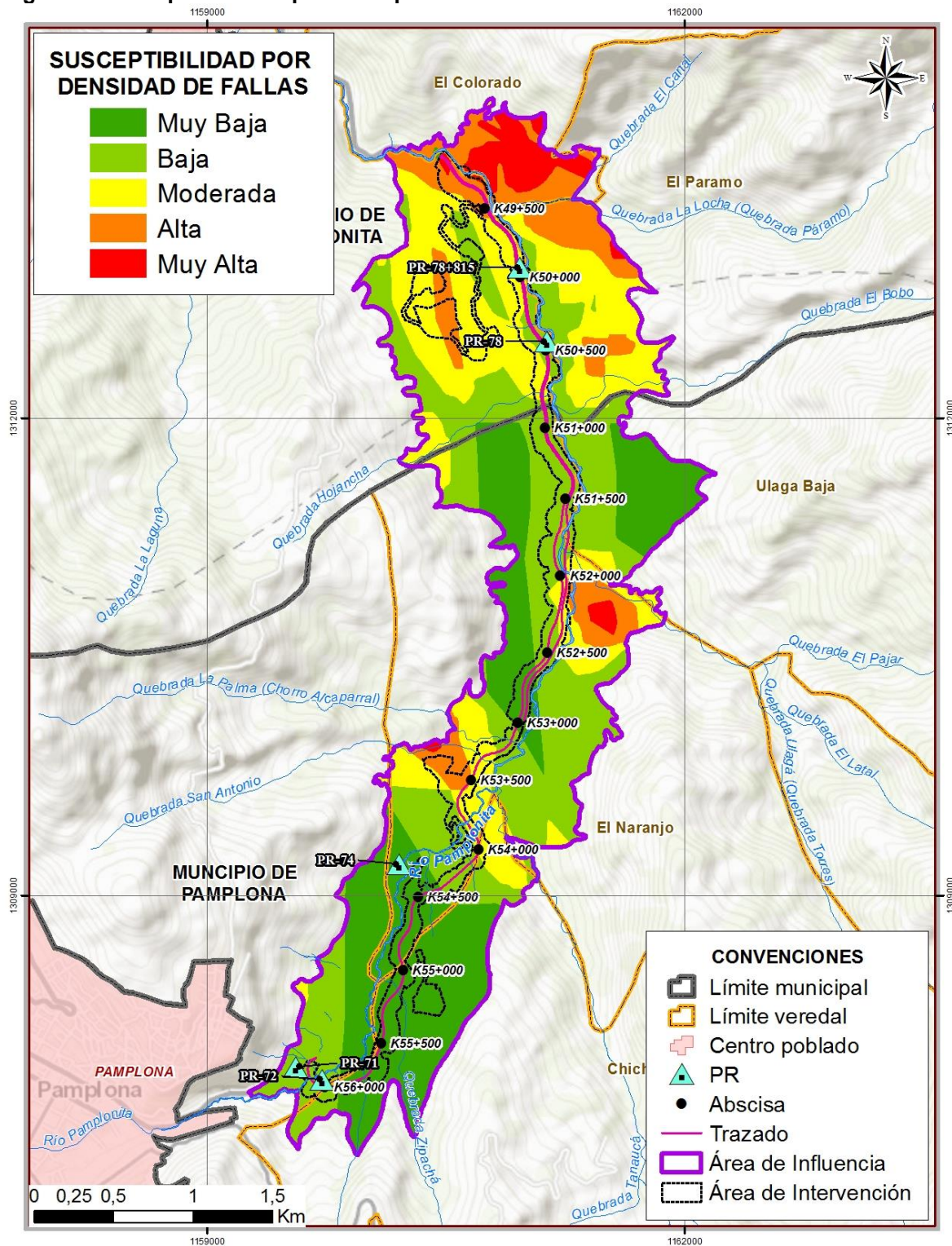
El grado de inclinación de las laderas naturales, favorece o disminuye la resistencia al corte de los diferentes materiales que conforman los taludes sobre el área de influencia. Se establecieron cinco categorías (con pesos de 1 a 5), donde a las pendientes escarpadas y muy escarpadas se les asignó el peso más alto, mientras que a los terrenos ligeramente planos y planos se les asignó el peso más bajo.

**Tabla 5-145 Valores de susceptibilidad por pendientes**

Unidad Cartográfica de Parámetro		Peso	Susceptibilidad
0-1%	Plano	1	Muy Baja
1-3%	Plano a Ligeramente Plano	1	Muy Baja
3-7%	Ligeramente Inclinado	2	Baja
7 -12%	Moderadamente Inclinado	3	Moderada
12 - 25%	Fuertemente Inclinado	3	Moderada
25 -50%	Ligeramente Escarpado o Ligeramente Empinado	4	Alta
50-75%	Moderadamente Escarpado o Moderadamente Empinado	4	Alta
>75%	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	5	Muy Alta

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

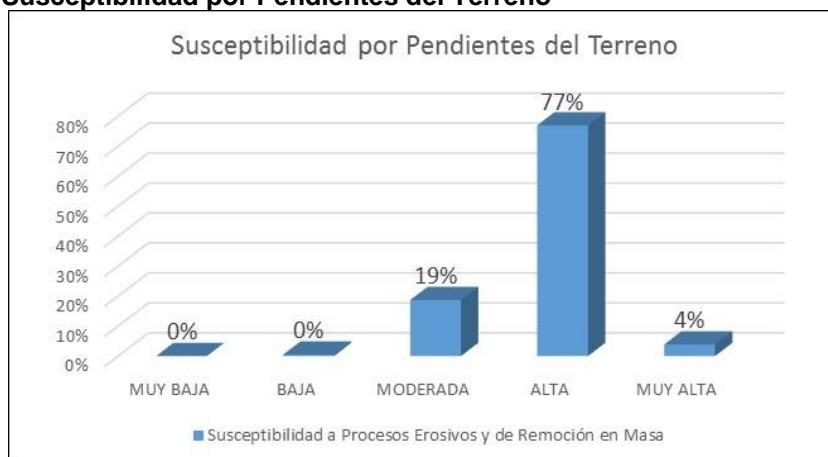
**Figura 5-165 Mapa de susceptibilidad por densidad de fallas**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

La Figura 5-166 muestra que el 77% del Área de Influencia de la UF 2 es de alta susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa según la inclinación del terreno (pendientes entre 25-75%), el 19% es de susceptibilidad moderada (pendientes entre 7-25%), el 4% es de muy alta susceptibilidad (pendientes >75%) y menos del 1% presenta baja o muy baja susceptibilidad ((pendientes <7%).

**Figura 5-166 Susceptibilidad por Pendientes del Terreno**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la Figura 5-167 se presenta el mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masa de acuerdo con la clasificación por pendientes.

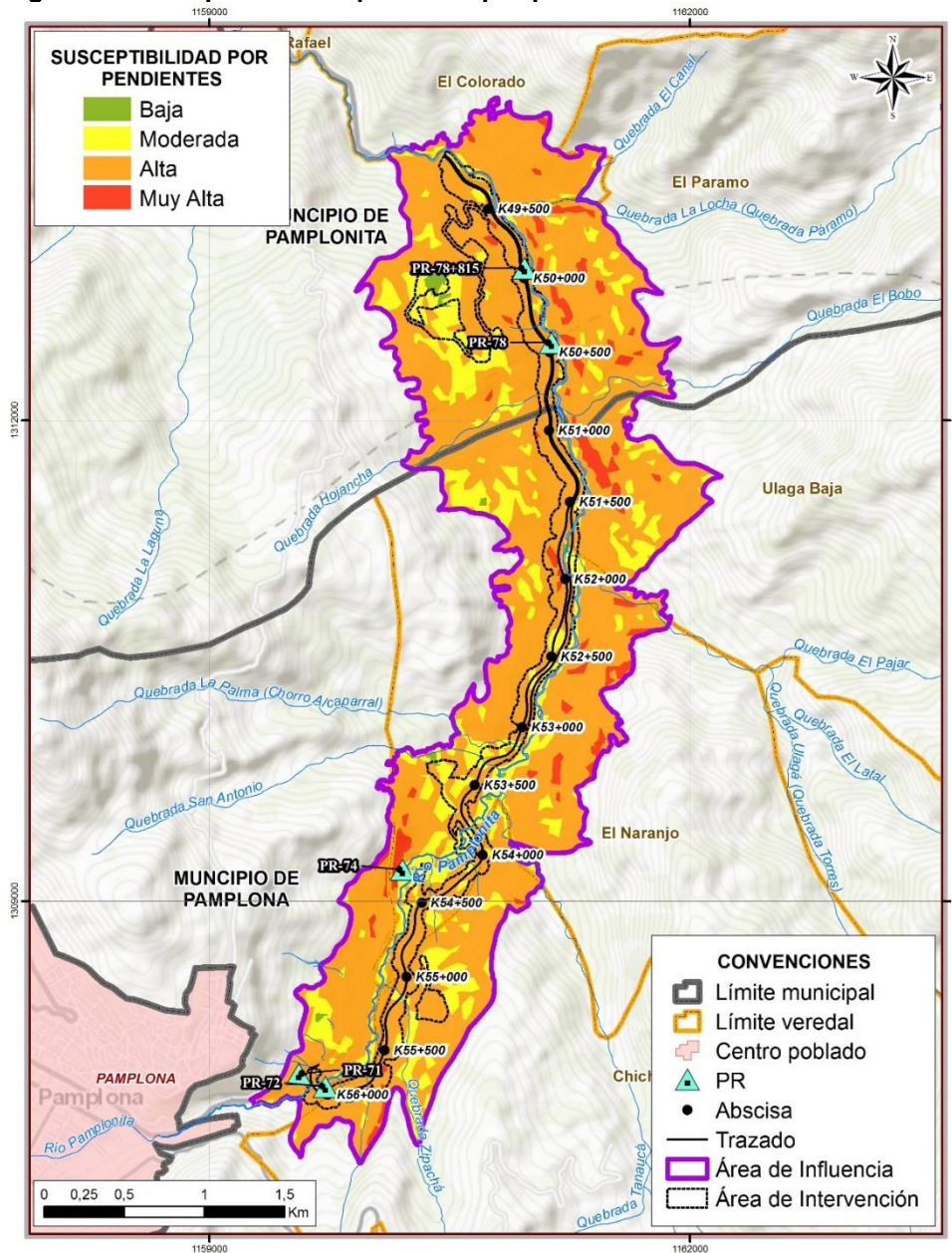
#### 5.1.9.1.8 Morfodinámica (SE)

Mediante la interpretación de imágenes y trabajo de campo, se realizó la cartografía de procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa; esto permitió establecer áreas y tipos de procesos erosivos que caracterizan el área de influencia; la Unidad Funcional 2 se trabajó con imágenes Lidar (2013 y 2017), Google Earth (2017), de Bing y fotografías aéreas (Fotos 9 a 13 del vuelo C2413 del año 1990 suministradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC). Para la evaluación de la morfodinámica se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- i. Interpretación de imágenes georreferenciadas y fotografías aéreas.
- ii. Trabajo de campo. Se hicieron recorridos de campo en el área de influencia y se obtuvo un inventario de procesos morfodinámicos, debidamente georreferenciados.
- iii. Para la cartografía de los procesos asociados a sobrepastoreo (pisadas de ganado), suelos desnudos, deslizamientos activos y cicatrices de deslizamientos, se obtuvieron unidades de área. A los procesos erosivos cartografiados como surcos y cárcavas, se les aplicó un buffer de 20m, que corresponde a la estimación de áreas potencialmente afectadas por estos procesos morfodinámicos.



**Figura 5-167 Mapa de susceptibilidad por pendientes del Terreno**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

Las áreas más susceptibles a procesos de erosión y remoción en masa son precisamente las actualmente afectadas por deslizamientos activos, flujos de suelos o reptación, que en este estudio están agrupadas en la categoría de “procesos de remoción en masa activos”, considerados de susceptibilidad muy alta; en segundo lugar de acuerdo con la susceptibilidad del terreno se encuentran los procesos de remoción en masa inactivos, cuya susceptibilidad es alta; las áreas estabilizadas con obras civiles, que corresponden a sitios con deslizamientos estabilizados con obras como muros de concreto y anclajes, se consideran de susceptibilidad moderada, al igual que los sitios con socavación lateral de cauces o con erosión en cárcavas; finalmente, las áreas afectadas por terracetas tipo “pata

de vaca” presentan susceptibilidad baja (Tabla 5-146).

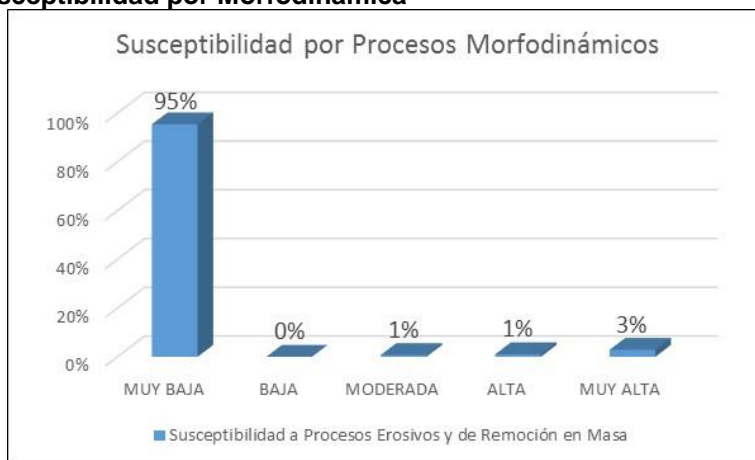
**Tabla 5-146 Susceptibilidad de procesos morfodinámicos**

<b>Procesos erosivos y/o fenómenos de remoción en masa</b>	<b>Peso</b>
Deslizamiento activo	5
Colada de solifluxión	5
Deslizamiento inactivo	4
Socavación lateral	4
Deslizamiento estabilizado	3
Desprendimiento de rocas	3
Erosión en cárcavas	2
Terracetos tipo pata de vaca (solifluxión plástica)	1

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-168 se muestra que la mayor parte del área, con un 95% del total es de muy baja susceptibilidad a procesos de remoción por influencia de procesos morfodinámicos, correspondiente a las zonas donde no existen procesos erosivos o estos se limitan a erosión laminar o a formación de terracetos por sobrepastoreo; un 1% del área es de susceptibilidad baja, correspondiente a las zonas donde la morfodinámica no va más allá de la formación de cárcavas; un 1% presenta susceptibilidad moderada, correspondiente con las zonas donde se presentan desprendimientos de roca o de deslizamientos estabilizados con obras de contención; un 1% del área de influencia presenta susceptibilidad alta, correspondiente con las áreas de deslizamiento inactivo o de socavación lateral; y un 3% del área presenta susceptibilidad muy alta, relacionada con las áreas de deslizamiento activo o de colada de solifluxión.

**Figura 5-168 Susceptibilidad por Morfodinámica**

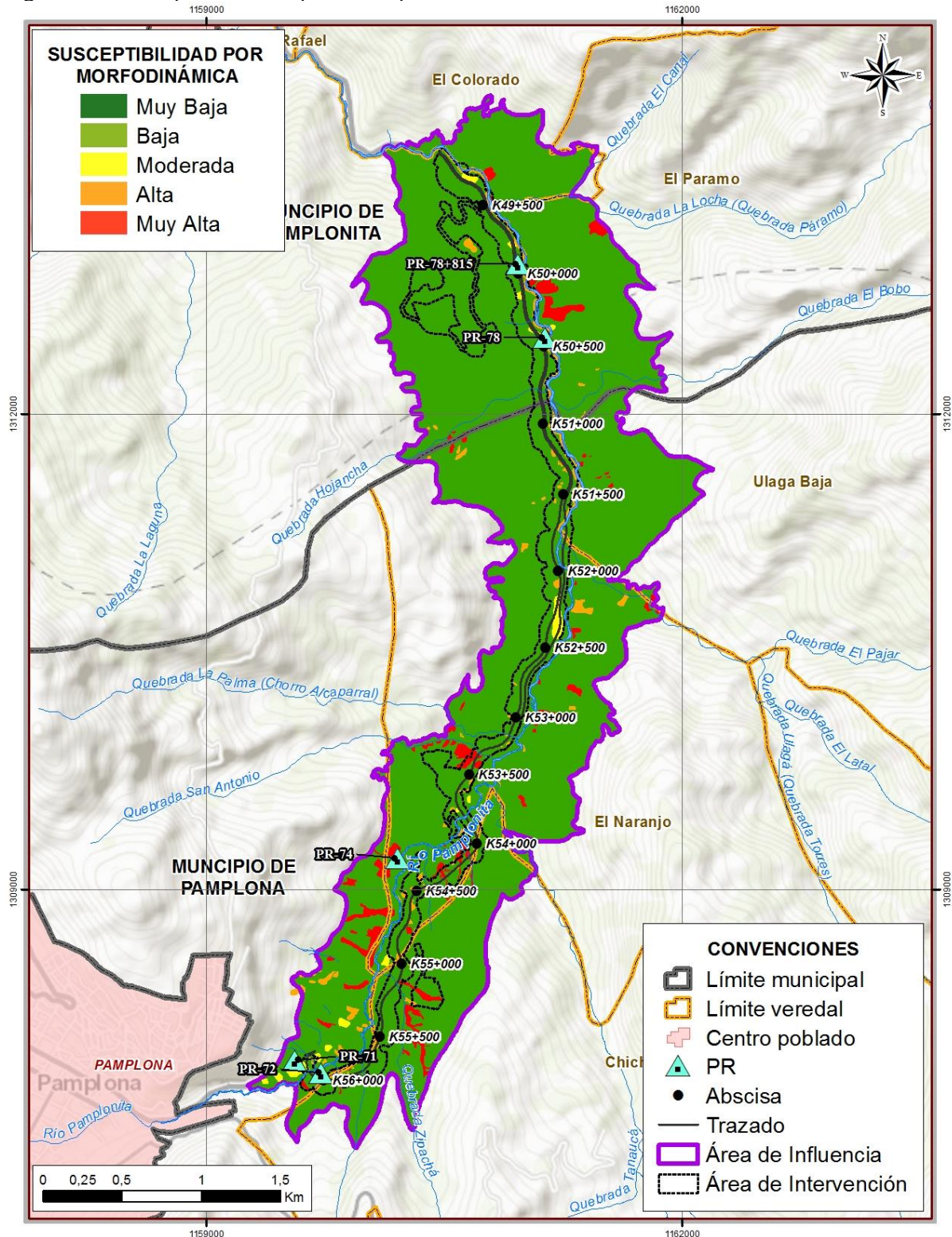


Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-169 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y de remoción en masa para el área de influencia de acuerdo a la sectorización por morfodinámica.



Figura 5-169 Mapa de susceptibilidad por Morfodinámica



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

### 5.1.9.2 Susceptibilidad General del Terreno (ST)

El mapa de susceptibilidad general del terreno se elaboró mediante análisis estadístico multivariado (Sistema de Evaluación Numérica), sumando digitalmente los ocho mapas de susceptibilidad (Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información), que representan los factores intrínsecos que condicionan la generación y reactivación de procesos de erosión y remoción en masa. Este procedimiento se realizó utilizando el SIG ArcGis10, así:

$$ST = SL + SG + SH + SC + SD + SF + SP + SE$$

Dónde:

ST = Susceptibilidad del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.

SL = Susceptibilidad del parámetro litología.

SG = Susceptibilidad del parámetro geomorfología.

SH = Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.

SC = Susceptibilidad del parámetro cobertura de la tierra.

SD = Susceptibilidad del parámetro densidad de drenajes.

SF = Susceptibilidad del parámetro densidad de fallas.

SP = Susceptibilidad del parámetro pendiente.

SE = Susceptibilidad del parámetro morfodinámica.

El procesamiento de información en SIG generó un rango de valores entre 9 y 33; por lo cual se establecen los siguientes intervalos para la categorización del mapa de susceptibilidad general del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa, como se muestra a continuación en la Tabla 5-147.

**Tabla 5-147 Intervalos para categorizar la susceptibilidad general del terreno**

Intervalos	Peso	Categorías de susceptibilidad
5 – 12	1	Muy Baja
12 – 20	2	Baja
20 – 31	3	Moderada
31 – 38	4	Alta
38 - 45	5	Muy Alta

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-170 se observa la distribución de las categorías de susceptibilidad general del terreno dentro del área de influencia. El 72% del área es de moderada susceptibilidad a movimientos en masa, correspondiendo a zonas con procesos menores, inactivos o esporádicos de remoción en masa, y zonas no indicadas de inestabilidad al presente, pero potencialmente inestable y susceptibles a movimientos del terreno por registros geomorfológicos y desfavorables factores geológicos y de cobertura vegetal. El 27% es de baja a muy baja susceptibilidad, relacionado con zonas con escasos y menores procesos de remoción en masa, en donde la combinación de parámetros como litologías resistentes sin presencia de alta humedad, distanciado de fallas geológicas, geoformas de pendientes suaves, densidad de drenaje baja y cobertura del terreno arbórea, favorecen la estabilidad



geotécnica; finalmente, el restante 2% del Área de Influencia es de alta susceptibilidad, con zonas de depósito coluvial, de suelos residuales arcillosos húmedos o de rocas blandas muy meteorizadas en donde han tenido lugar procesos de remoción en masa.

**Figura 5-170 Susceptibilidad general del terreno**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-171 se presenta el mapa de susceptibilidad general del terreno a procesos erosivos y de remoción en masa.

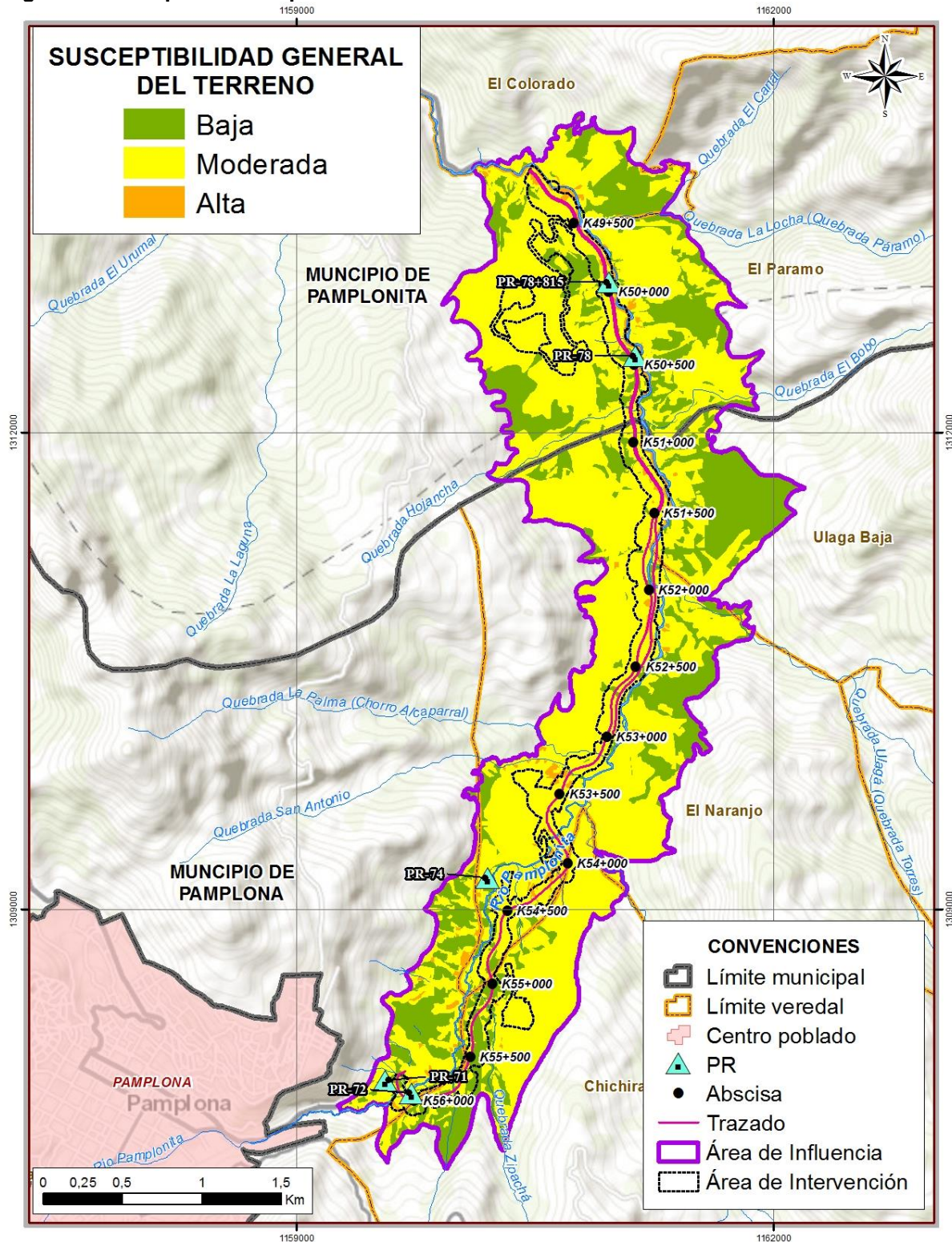
### 5.1.9.3 Factores detonantes

Los factores desencadenantes o detonantes que se contemplaron en la ejecución del modelo son precipitación y sismicidad.

#### 5.1.9.3.1 Precipitación (FP)

La acción del agua lluvia sobre el terreno aumenta la humedad de los suelos por medio de infiltración; y como consecuencia del aumento en la humedad se genera una disminución en la resistencia de los materiales aumentando la probabilidad de falla en las laderas. Por otro lado, la evapotranspiración disminuye el efecto de la precipitación en el aumento de la humedad del terreno; por lo cual, la evaluación de la precipitación como factor detonante considera en este estudio el balance hídrico resultado de restar la evapotranspiración potencial de la precipitación. Así las cosas, en los meses en los que la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación, la incidencia de las lluvias como fuente de humedad sobre el terreno y por ende como factor detonante de deslizamientos es mínima; mientras que los meses en los que la precipitación es mayor que la evapotranspiración, el clima facilita las condiciones de exceso de agua que puede aumentar por infiltración la humedad del suelo, y por ende se aumenta la probabilidad de que la precipitación se constituya en un factor detonante de procesos de remoción en masa.

**Figura 5-171 Mapa de Susceptibilidad General del Terreno**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

Considerando lo anterior, para la evaluación del factor precipitación se recurre a los promedios mensuales de precipitación y a los promedios mensuales de evapotranspiración, efectuando con ellos un balance hídrico. Precipitaciones mensuales inferiores a la evapotranspiración no conducen al aumento de la humedad del terreno; precipitaciones mensuales algo por encima de la evapotranspiración sí la incrementan; y precipitaciones mensuales muy por encima de la evapotranspiración potencial pueden conducir a una humedad muy alta.

Para la valoración de la precipitación, a los promedios mensuales de agua de excesos (precipitación – evapotranspiración) se les asignan los valores de la Tabla 5-148 y se efectúa la suma de estos valores para los doce meses del año, con lo que se obtiene un valor que puede oscilar entre 0 y 24 unidades.

**Tabla 5-148 Valor mensual por agua en exceso**

<b>Agua en exceso promedio mensual (mm)</b>	<b>Valoración Asignado</b>
0	0
0 a 70	1
>70	2

Fuente: Adaptado de Mora R. et al., 1992<sup>21</sup>

La evaluación del factor de precipitación entonces tendrá que ver con la cantidad de tiempo en el año que el sitio presenta exceso de agua según los resultados del balance hídrico; para lo cual se da una calificación de 2 puntos para cada mes con exceso de agua considerado como alto, de 1 para cada mes con exceso de agua considerado como bajo y de 0 para cada mes en el que la evapotranspiración es mayor que la precipitación; con lo cual se tiene un rango que puede variar entre 0 para lugares en los que durante todos los meses del año la evapotranspiración sea mayor que la precipitación, como podría ser el caso de un desierto; y de 24 para el caso en el que todos los meses del año la precipitación sea mucho mayor que la evapotranspiración; el resultado refleja los aspectos relacionados con la saturación y la distribución temporal de la humedad en el terreno. La valoración del parámetro se presenta en la Tabla 5-149.

**Tabla 5-149 Valoración del parámetro precipitación**

<b>Suma de valores asignados a cada mes</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valoración del parámetro</b>
0-4	Muy Baja	1
5-9	Baja	2
10-14	Moderada	3
15-19	Alta	4
20-24	Muy Alta	5

Fuente: Adaptado de Mora R. et al., 1992

21 Zonificación de la Susceptibilidad al deslizamiento: resultados para la península de Papagayo mediante la modificación del método de Mora – Vahrson (Mora, R. Et al., 1992). M.sc. Rolando Mora Chinchilla Et al



En la Tabla 5-150 se presentan los valores medios mensuales de precipitación en las cuencas hidrográficas de la Unidad Funcional 2; En la Tabla 5-151 se encuentran los valores de evapotranspiración potencial y en la Tabla 5-152 se presentan las calificaciones mes a mes, así como el valor del parámetro y la susceptibilidad determinada para cada una de las cuencas de la Unidad Funcional 2.

**Tabla 5-150 Precipitación media mensual por cuencas de la UF2**

CUENCA	Precipitación media mensual											
	Oct (mm)	Nov (mm)	Dic (mm)	Ene (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)	Abr (mm)	May (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Ago (mm)	Sep (mm)
NN1	163.14	133.06	59.57	35.92	43.35	72.18	139.86	127.73	99.11	86.64	91.15	118.23
NN2	160.76	131.12	58.20	35.32	42.74	71.68	138.70	126.12	97.54	84.88	89.58	116.65
NN3	154.01	123.89	54.07	33.61	40.81	70.08	135.32	121.91	93.55	80.55	85.55	111.66
El canal	162.07	132.55	59.58	35.35	42.86	71.60	138.54	128.70	103.19	90.60	93.74	119.58
NN4	158.28	128.41	56.69	34.67	42.02	71.04	137.37	124.77	96.62	83.91	88.46	114.76
NN5	156.72	126.80	55.80	34.26	41.58	70.66	136.55	123.86	95.92	83.06	87.60	113.55
NN7	154.13	124.18	54.21	33.61	40.87	70.06	135.30	122.21	94.38	81.32	86.15	111.98
NN8	150.53	120.47	52.34	32.64	39.77	69.09	133.12	120.80	94.42	81.24	85.45	110.06
NN9	149.44	119.31	51.65	32.38	39.46	68.87	132.64	119.85	93.05	79.80	84.36	109.07
NN10	143.11	112.66	47.68	30.80	37.58	67.48	129.48	115.32	87.64	73.87	79.27	103.65
La Palma	141.76	111.04	46.35	30.54	37.12	67.41	129.36	113.20	82.85	69.07	75.77	100.96
NN11	142.12	111.57	46.95	30.55	37.24	67.28	129.04	114.30	86.01	72.23	78.00	102.23
NN12	140.88	110.22	46.07	30.28	36.87	67.07	128.55	113.27	84.32	70.51	76.60	101.27
NN13	140.55	109.82	45.73	30.20	36.73	67.06	128.51	112.65	83.02	69.07	75.64	101.03
NN14	137.27	106.45	43.51	29.40	35.64	66.48	127.08	109.72	78.36	63.97	71.79	96.79
NN15	137.24	106.33	43.25	29.40	35.58	66.55	127.21	109.31	77.19	62.82	70.96	96.75
Zipachá	134.83	103.89	41.80	28.81	34.82	65.98	125.92	107.57	75.00	60.58	69.06	94.49
Los Cerezos	134.53	103.51	41.37	28.73	34.60	66.09	126.00	106.73	72.87	58.17	67.43	93.48
NN17	159.02	129.17	57.04	34.87	42.25	71.24	137.81	125.09	96.71	83.97	88.61	115.30
NN19	159.17	129.37	57.22	34.85	42.23	71.20	137.69	125.54	97.76	85.02	89.42	115.95
NN20	156.54	126.74	55.72	34.19	41.53	70.59	136.38	123.89	96.18	83.38	87.83	113.74
NN21	153.10	122.93	53.68	33.28	40.48	69.77	134.58	121.77	94.35	81.37	85.88	111.22
NN22	155.27	125.45	55.06	33.84	41.13	70.24	135.61	123.41	96.33	83.41	87.69	113.07
NN23	148.52	118.27	50.97	32.16	39.18	68.72	132.28	118.86	91.40	78.10	82.94	108.09
NN24	148.32	118.11	50.93	32.08	39.16	68.63	132.04	119.15	92.20	78.88	83.49	108.43
NN25	135.01	103.94	41.59	28.84	34.73	66.24	126.29	106.95	72.96	58.25	67.55	93.82
NN26	135.56	104.58	42.04	28.98	34.95	66.27	126.47	107.68	74.44	59.82	68.72	94.75
NN27	135.82	104.85	42.19	29.05	35.05	66.34	126.64	107.88	74.55	59.96	68.91	94.96
NN28	136.69	105.80	42.85	29.25	35.38	66.43	126.91	108.83	76.52	62.17	70.39	96.23
NN29	136.71	105.92	43.01	29.28	35.44	66.42	126.93	109.08	77.13	62.78	70.83	96.43
NN30	138.15	107.34	43.97	29.63	35.92	66.68	127.57	110.29	78.96	64.78	72.44	98.02
NN31	138.55	107.77	44.37	29.72	36.07	66.71	127.63	110.90	80.38	66.23	73.44	98.51



CUENCA	Precipitación media mensual											
	Oct (mm)	Nov (mm)	Dic (mm)	Ene (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)	Abr (mm)	May (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Ago (mm)	Sep (mm)
NN33	141.69	111.13	46.61	30.47	37.11	67.25	128.94	113.82	85.06	71.32	77.33	101.81
NN34	143.07	112.51	47.44	30.83	37.54	67.56	129.68	114.73	86.06	72.27	78.19	102.85
NN35	144.71	114.34	48.65	31.21	38.07	67.85	130.34	116.40	88.78	75.21	80.51	104.95
NN36	144.90	114.52	48.55	31.28	38.11	67.94	130.53	116.23	88.02	74.38	79.83	105.11
NN37	146.31	115.77	49.31	31.62	38.51	68.27	131.29	116.92	88.53	74.89	80.55	105.86
Ulagá	143.61	113.55	49.08	30.81	37.95	67.26	128.87	118.44	95.87	82.37	84.99	107.53
NN38	148.53	118.22	50.83	32.19	39.20	68.77	132.39	118.62	90.65	77.32	82.39	107.25
NN39	150.76	120.39	52.25	32.70	39.85	69.23	133.35	120.31	92.92	79.81	84.45	109.44
El Bobo	155.94	126.25	56.12	33.70	41.20	70.06	135.10	126.23	103.15	90.36	92.48	116.42
Hoja Ancha	148.65	118.32	50.93	32.27	39.28	68.83	132.57	118.49	91.11	76.84	82.10	107.51
NN40	153.87	123.09	54.17	33.45	40.69	69.88	134.82	122.51	95.60	82.58	86.84	112.60
NN41	156.13	126.36	55.57	34.04	41.34	70.45	136.07	123.88	96.56	83.73	87.98	113.50
NN42	151.96	121.79	52.89	33.07	40.22	69.57	134.18	120.78	92.74	79.70	84.58	109.85
NN43	134.89	103.86	41.52	28.82	34.69	66.20	126.22	106.91	72.96	58.26	67.59	93.90
NN44	135.66	104.66	42.18	29.01	35.01	66.27	126.49	107.88	74.90	60.32	69.07	95.02
NN45	137.86	107.05	43.79	29.56	35.83	66.61	127.41	110.13	78.82	64.56	72.22	97.80
NN46	141.97	111.55	46.73	30.57	37.21	67.35	129.18	114.02	85.05	71.24	77.27	101.99
NN47	143.03	112.56	48.51	30.81	37.54	67.53	129.61	114.89	86.54	72.76	78.51	103.56
NN48	150.58	120.42	52.23	32.64	39.79	69.17	133.26	120.39	93.18	80.05	84.65	109.73
NN49	161.37	131.07	58.67	35.40	42.82	71.72	138.82	126.90	99.11	86.43	90.74	117.44
Pamplonita	137.83	106.14	44.02	29.51	36.86	65.79	127.66	112.78	87.77	74.76	78.21	101.00
NN6	157.04	127.06	56.07	34.31	41.63	70.68	136.56	124.37	96.93	84.09	88.51	114.17
San Antonio	138.45	107.57	44.05	29.71	36.01	66.78	127.83	110.30	78.63	64.51	72.20	98.12
El Buque	136.83	105.84	42.83	29.31	35.49	66.51	127.20	108.80	76.18	61.86	70.23	96.11
NN16	134.31	103.24	41.05	28.67	34.46	66.14	126.00	106.24	71.63	56.82	66.52	93.01
Tanaucá	135.97	105.65	44.40	29.09	35.82	65.36	125.02	112.39	88.31	74.56	78.55	100.23
NN18	159.96	130.18	57.65	35.07	42.47	71.38	138.10	125.87	97.79	85.09	89.58	116.43
NN32	139.28	108.45	44.81	29.89	36.32	66.86	128.04	111.37	80.84	66.68	73.83	98.87
NN50	160.15	130.35	59.74	35.18	42.59	71.54	138.45	125.66	96.99	84.92	89.09	115.86

**Tabla 5-151 – Evapotranspiración media mensual por cuencas de la UF2**

CUENCA	Evapotranspiración media mensual											
	Oct (mm)	Nov (mm)	Dic (mm)	Ene (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)	Abr (mm)	May (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Ago (mm)	Sep (mm)
NN1	74.12	70.81	67.45	60.12	58.94	72.57	76.46	79.06	79.58	77.39	78.01	77.17
NN2	79.62	75.32	71.19	61.37	59.06	74.14	81.64	84.51	84.51	83.29	83.89	82.63
NN3	73.76	70.25	66.45	57.74	56.26	71.15	76.04	78.73	78.49	77.16	77.50	76.66
El canal	65.80	63.29	60.81	56.49	56.28	65.24	68.38	70.34	69.61	68.17	68.32	67.83
NN4	79.86	75.63	71.17	60.77	58.34	73.86	81.74	84.91	84.91	84.03	84.03	83.46

CUENCA	Evapotranspiración media mensual											
	Oct (mm)	Nov (mm)	Dic (mm)	Ene (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)	Abr (mm)	May (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Ago (mm)	Sep (mm)
NN5	78.59	74.64	70.31	59.96	57.69	73.20	80.72	83.66	83.66	82.45	82.50	81.66
NN7	75.51	71.88	67.76	58.35	56.60	71.79	77.75	80.54	80.39	79.08	79.47	78.51
NN8	71.71	68.37	64.72	56.33	54.94	69.74	74.15	76.55	76.17	74.83	75.12	74.71
NN9	74.34	70.72	66.58	56.83	55.08	70.62	76.59	79.35	79.15	77.86	78.15	77.31
NN10	69.66	66.53	62.49	53.92	52.49	68.01	72.38	74.59	74.22	73.14	73.02	72.45
La Palma	66.00	63.18	59.37	52.16	51.43	65.36	68.67	70.90	70.37	68.58	69.15	68.41
NN11	70.81	67.96	63.53	54.02	52.45	68.54	73.75	76.32	76.03	74.67	74.94	73.91
NN12	71.32	68.21	63.58	53.62	52.02	68.38	73.71	76.32	76.35	74.61	75.26	74.58
NN13	75.33	71.53	66.08	54.70	52.34	69.63	77.65	80.49	80.44	78.72	79.08	78.51
NN14	70.98	67.55	62.66	52.59	50.78	67.88	73.35	76.13	75.67	73.90	74.27	73.86
NN15	68.66	65.53	60.87	51.85	50.44	67.05	71.17	73.61	73.25	71.47	71.96	71.46
Zipachá	64.29	61.65	57.55	49.88	49.01	63.70	66.93	69.12	68.47	66.92	67.32	66.60
Los Cerezos	62.16	59.67	55.75	48.97	48.42	61.62	64.88	66.96	66.25	64.43	65.02	64.28
NN17	81.38	77.13	72.08	61.39	58.73	74.46	83.35	86.48	86.48	85.33	85.39	84.71
NN19	77.84	74.15	81.36	57.03	56.25	73.13	79.96	82.82	82.72	81.48	81.92	81.13
NN20	79.90	75.95	70.88	60.16	57.88	73.44	81.54	84.61	84.61	83.73	83.89	83.02
NN21	78.35	74.38	69.55	58.83	56.53	72.44	80.05	83.12	83.07	81.91	82.26	81.41
NN22	76.87	73.01	68.56	58.96	57.03	72.42	78.59	81.89	81.26	79.98	80.37	79.69
NN23	76.42	72.57	67.76	57.14	54.99	71.19	78.59	81.31	81.40	80.01	80.33	79.41
NN24	74.30	70.72	66.37	56.54	54.70	70.47	76.59	79.20	79.10	77.86	78.20	77.54
NN25	65.64	62.75	58.56	50.28	49.16	64.84	68.17	70.60	69.90	68.10	68.68	68.24
NN26	70.09	66.53	61.52	51.87	50.05	67.41	72.56	75.13	74.85	72.55	72.93	72.89
NN27	64.73	61.84	58.01	50.16	49.29	64.13	67.39	69.58	69.06	67.34	67.74	67.25
NN28	71.02	67.80	62.69	52.41	50.55	67.88	73.48	76.23	75.99	73.75	74.32	74.00
NN29	71.19	67.55	62.50	52.37	50.56	67.77	73.31	75.86	75.62	73.62	74.07	73.69
NN30	69.96	66.90	62.04	52.49	51.02	67.65	72.43	74.95	74.63	73.16	73.30	73.20
NN31	73.63	69.96	64.59	53.68	51.51	68.88	75.86	78.73	78.49	76.63	77.01	76.66
NN33	74.65	70.93	65.76	55.01	52.76	69.57	77.24	80.06	79.96	78.57	78.56	78.05
NN34	74.48	70.51	65.85	55.18	53.10	70.12	76.46	79.20	79.44	77.62	78.11	77.17
NN35	74.97	71.11	66.30	55.73	53.70	70.07	77.05	79.87	79.96	78.37	78.81	77.68
NN36	74.74	70.76	66.15	55.75	53.72	70.11	76.78	79.49	79.63	78.03	78.62	77.54
NN37	71.45	67.92	64.04	55.07	53.66	69.17	73.84	76.41	76.13	74.56	75.03	74.22
Ulagá	61.03	58.83	56.18	50.90	50.98	60.94	63.89	65.78	64.96	63.29	63.71	63.07
NN38	73.24	69.75	65.56	56.23	54.62	70.16	75.54	78.22	77.98	76.70	77.04	76.11
NN39	78.35	74.20	69.63	58.17	55.86	72.10	80.34	83.31	83.31	82.23	82.50	81.51
El Bobo	59.58	57.40	55.37	52.09	52.66	59.46	62.27	63.68	62.99	61.22	61.55	61.12
Hoja Ancha	72.01	68.66	64.75	55.98	54.57	69.74	74.60	77.01	76.68	75.38	75.53	75.07
NN40	76.05	72.36	68.26	58.51	56.57	71.92	78.35	81.21	80.92	79.65	80.18	79.17
NN41	77.93	73.84	69.25	59.72	57.50	72.90	80.05	82.77	82.87	81.43	81.97	80.74

CUENCA	Evapotranspiración media mensual											
	Oct (mm)	Nov (mm)	Dic (mm)	Ene (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)	Abr (mm)	May (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Ago (mm)	Sep (mm)
NN42	73.63	70.13	66.16	57.22	55.67	70.79	75.91	78.59	78.35	77.12	77.36	76.62
NN43	69.75	66.45	61.23	51.54	49.66	67.24	72.25	74.55	74.22	71.87	72.34	72.54
NN44	71.45	67.96	62.68	52.07	50.27	67.86	73.57	76.55	76.30	73.76	74.18	74.44
NN45	73.81	70.09	64.54	53.51	51.27	68.81	76.09	78.87	78.73	76.65	76.94	76.84
NN46	75.06	71.11	66.11	55.00	52.89	69.74	77.28	80.25	80.01	78.48	79.03	78.23
NN47	75.96	72.01	66.95	55.87	53.43	70.19	78.21	81.12	80.87	79.55	80.01	78.89
NN48	77.98	74.42	69.20	58.22	55.78	71.95	80.10	83.07	83.51	81.80	82.21	81.08
NN49	73.24	69.92	66.22	59.46	58.22	71.67	75.27	78.08	77.46	76.38	76.72	76.16
Pamplonita	57.66	55.54	53.04	47.81	48.49	57.54	60.37	62.20	61.42	59.79	59.83	59.12
NN6	78.31	74.55	70.01	59.97	57.74	73.13	80.34	83.27	83.16	81.96	81.87	81.51
San Antonio	66.97	64.11	59.99	51.60	50.58	66.24	69.63	71.98	71.49	70.11	70.29	69.66
El Buque	66.04	63.10	59.04	50.77	49.85	65.16	68.54	70.82	70.29	68.67	69.07	68.49
NN16	60.73	58.40	54.96	48.40	47.89	60.46	63.50	65.50	64.72	63.34	63.32	63.07
Tanaucá	65.32	62.60	58.88	50.90	50.10	64.68	67.96	70.17	69.57	68.12	68.36	67.66
NN18	78.96	75.27	71.23	60.76	58.61	73.96	81.54	83.96	83.91	82.70	83.39	82.48
NN32	72.19	68.83	63.94	53.63	51.61	68.69	75.05	77.24	77.32	75.30	76.27	75.52
NN50	81.10	76.99	72.65	62.15	59.37	74.68	83.20	86.22	86.43	83.78	85.59	84.76

**Tabla 5-152 – Susceptibilidad por precipitación en la UF 2**

CUENCA	Calificación													Ran go	Valor del parámetro	Susceptibili dad
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total			
NN1	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN2	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN3	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
El canal	2	1	0	0	0	1	2	1	1	1	1	1	11	10-14	3	Moderada
NN4	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	8	5-9	2	Baja
NN5	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN7	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN8	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN9	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN10	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
La Palma	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	10	10-14	3	Moderada
NN11	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	8	5-9	2	Baja
NN12	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	7	5-9	2	Baja
NN13	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja
NN14	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja

CUENCA	Calificación													Ran go	Valor del parámetro	Susceptibili dad
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total			
NN15	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja
Zipachá	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	9	5-9	2	Baja
Los Cerezos	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	9	5-9	2	Baja
NN17	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	8	5-9	2	Baja
NN19	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN20	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	8	5-9	2	Baja
NN21	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	8	5-9	2	Baja
NN22	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN23	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	8	5-9	2	Baja
NN24	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN25	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	7	5-9	2	Baja
NN26	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	5	5-9	2	Baja
NN27	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	9	5-9	2	Baja
NN28	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja
NN29	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja
NN30	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja
NN31	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja
NN33	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja
NN34	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	7	5-9	2	Baja
NN35	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	7	5-9	2	Baja
NN36	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	8	5-9	2	Baja
NN37	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
Ulagá	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	10-14	3	Moderada	
NN38	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN39	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	8	5-9	2	Baja
El Bobo	2	1	1	0	0	1	2	1	1	1	1	1	10-14	3	Moderada	
Hoja Ancha	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN40	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN41	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN42	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN43	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	5	5-9	2	Baja
NN44	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	5	5-9	2	Baja
NN45	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja
NN46	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja
NN47	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja

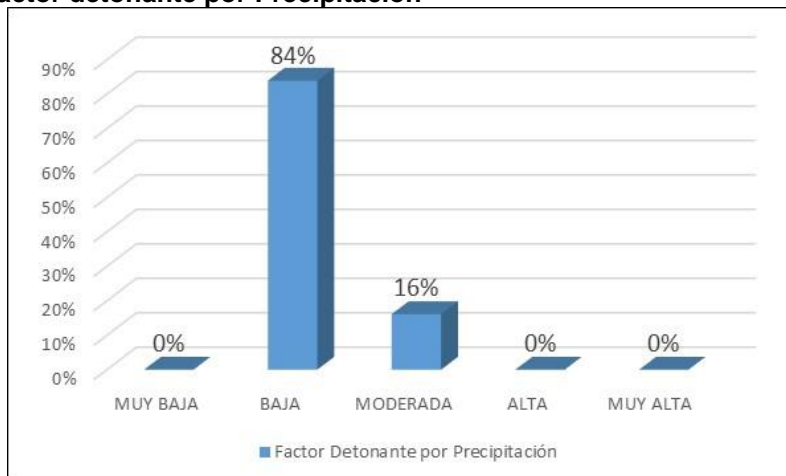


CUENCA	Calificación													Ran go	Valor del parámetro	Susceptibili dad
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total			
NN48	2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	8	5-9	2	Baja
NN49	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	10 0	10- 14	3	Moderada
Pamplonit a	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	10 0	10- 14	3	Moderada
NN6	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
San Antonio	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	9	5-9	2	Baja
El Buque	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	9	5-9	2	Baja
NN16	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	9	5-9	2	Baja
Tanaucá	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	10 0	10- 14	3	Moderada
NN18	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja
NN32	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	6	5-9	2	Baja
NN50	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	5-9	2	Baja

Fuente: Adaptado de Mora R. et al., 1992

La Figura 5-172 y la Figura 5-173 muestran la influencia de la precipitación como factor detonante de procesos erosivos y de remoción en masa en la Unidad Funcional 2; con el 84% del área con susceptibilidad baja y el 16% con susceptibilidad moderada a movimientos en masa.

**Figura 5-172 Factor detonante por Precipitación**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

#### 5.1.9.3.2 Sismicidad (FS)

La Unidad Funcional 2 se encuentra dentro de una región geográfica afectada por la interacción de las placas tectónicas Nazca, Caribe y Suramérica, con la consecuente generación de eventos sísmicos. En la zona donde se encuentra la Unidad Funcional 2 se

encuentran fallas inversas de cabalgamiento de dirección predominante N-S, que conforman bloques y pliegues en dirección NNE-SSW. El área de influencia, ubicada en el departamento del Norte de Santander, corresponde a la provincia tectonoestratigráfica de dicho departamento, considerada subprovincia geológica de la cordillera oriental, y donde se encuentran rocas sedimentarias de edades desde el Jurásico hasta el Terciario-Paleoceno. En la Figura 5-174 se puede observar el fallamiento geológico de la zona, notándose que el área de estudio es cruzada por el sistema de fallas Pamplona – Chitagá.

La historia de Colombia registra más de un centenar de sismos destructores, ubicados principalmente en la región andina, el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental y el Océano Pacífico, y con menor frecuencia en el Caribe. Las extensas fallas que delimitan las cadenas montañosas, y las zonas de convergencia de placas litosféricas que se hallan en el territorio colombiano, muestran también evidencias de actividad sísmica en el pasado geológico reciente, sugiriendo posibles zonas de generación de sismos.

**FACTOR DETONANTE POR PRECIPITACIÓN**

- Baja
- Moderada

**MUNICIPIO DE PAMPLONITA**

**MUNICIPIO DE PAMPLONA**

**PAMPLONA**

**CONVENCIONES**

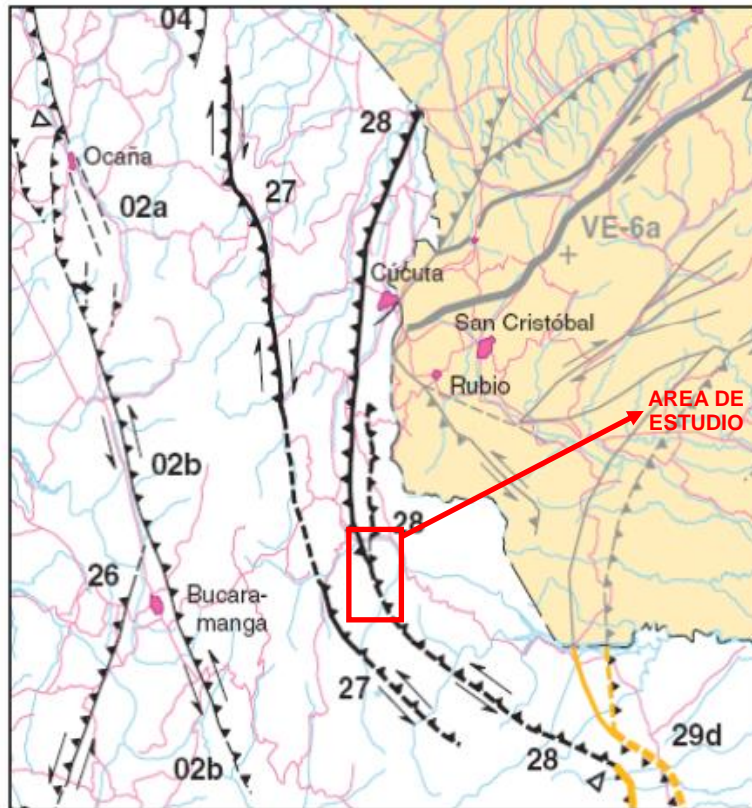
- Límite municipal
- Límite veredal
- PR
- Abscisa
- Centro poblado
- Trazado
- Área de Influencia
- Área de Intervención

El mapa muestra la zona de influencia y área de intervención para el estudio de factibilidad del proyecto de construcción y rehabilitación de la carretera PR-78 en el Municipio de Pamplonita. La zona de influencia está delimitada por una línea roja discontinua, y la zona de intervención por una línea roja continua. El mapa incluye la red vial principal (PR-78) y secundaria (PR-71, PR-74), así como las abscisas correspondientes. Se muestran también los límites municipales de Pamplona y Pamplonita, y los límites veredales. Las áreas de precipitación baja y moderada están sombreadas en verde claro y verde oscuro, respectivamente. El mapa incluye una escala gráfica (0 a 1,5 km) y una brújula.

Fuente: AECOM - ConCol., 2018



**Figura 5-174 Sistema Regional de fallas Pamplona-Chitagá (28)**



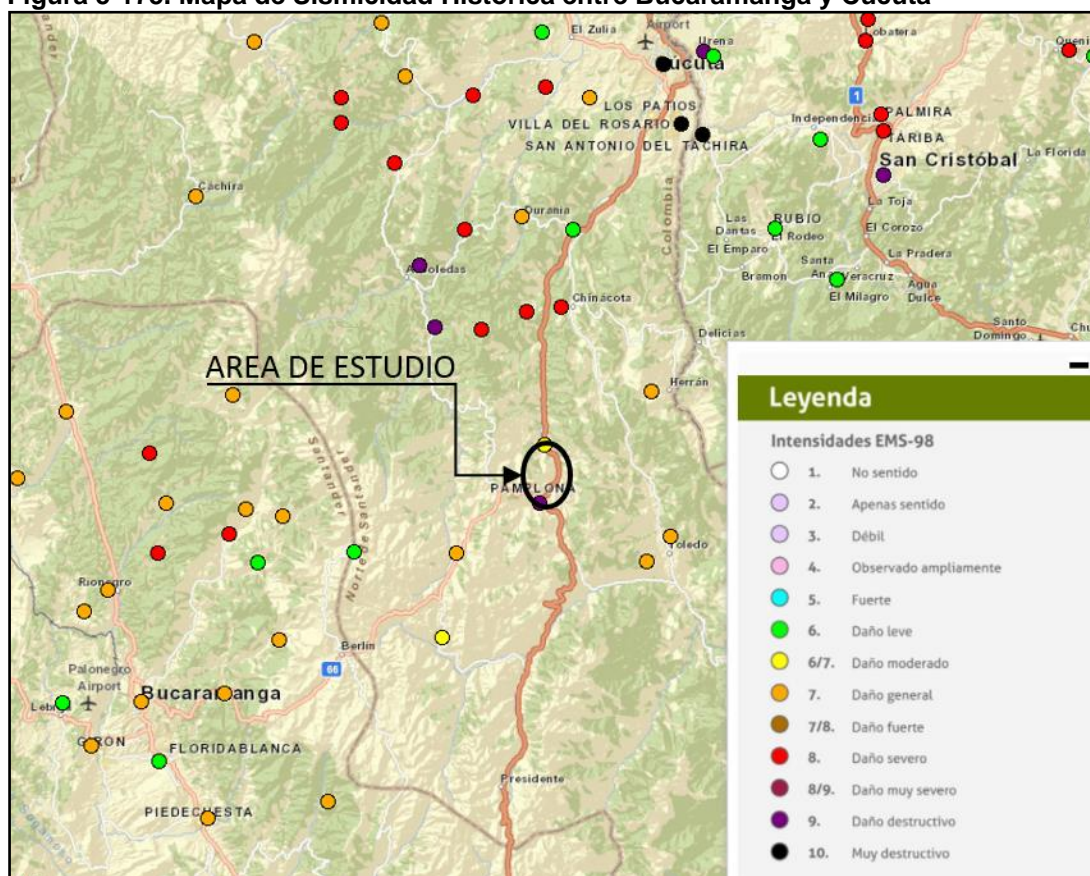
Fuente: Modificado del (SGC, 2011)

La Figura 5-175 muestra el mapa de sismicidad histórica en Colombia suministrado en su página Web por el Servicio Geológico Colombiano, en la región que cubre la zona entre Bucaramanga y Cúcuta. La Unidad Funcional 2 queda en cercanías del casco urbano del municipio de Pamplona, ubicado aproximadamente en la parte central de la Figura. Se destaca el registro histórico de sismos con intensidades de daño general, severo y destructivo en la región; especialmente el sismo de daño destructivo ocurrido en Pamplona el 15 de Febrero de 1796, a escasos kilómetros de la UF2.

El Servicio Geológico Colombiano en el mapa nacional de amenaza sísmica integra los avances en el conocimiento de la tectónica regional, de la actividad de las estructuras sismogénicas en Colombia, y de los efectos de la atenuación en la transmisión de ondas sísmicas. Estos conocimientos provienen de las nuevas fuentes locales de información instrumental, de los estudios de las manifestaciones en el terreno de grandes eventos, de la información más completa de los efectos de sismos históricos y de la disponibilidad de bases de datos globales estandarizadas y, en general, de los avances en el conocimiento en el tema de la amenaza sísmica.



**Figura 5-175. Mapa de Sismicidad Histórica entre Bucaramanga y Cúcuta**



Fuente: Mapa sismicidad histórica de Colombia – Servicio Geológico Colombiano

Para este estudio de impacto ambiental el factor detonante por sismicidad se determinó con base en los resultados del Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), el cual presenta una zonificación de la amenaza sísmica en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA por sus siglas en inglés), que representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia. El Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), considera valores de PGA ( $\text{cm/s}^2$ ) en un rango desde 50 – 250 PGA como se ilustra en la Tabla 5-153.

**Tabla 5-153 Intervalos de categorías de sismicidad**

Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP)	Peso	Susceptibilidad
0 – 50 PGA ( $\text{cm/s}^2$ )	1	Muy baja
50 – 100 PGA ( $\text{cm/s}^2$ )	2	Baja
100 – 250 PGA ( $\text{cm/s}^2$ )	3	Moderada
250 – 350 PGA ( $\text{cm/s}^2$ )	4	Alta
>350 PGA ( $\text{cm/s}^2$ )	5	Muy alta

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

La totalidad del Área de Influencia de la Unidad Funcional 2 se ubica en el rango de 250 a

350 PGA, que corresponde a amenaza sísmica alta (Ver Figura 5-176), Lo cual va en línea con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, que cataloga los municipios de Pamplona y Pamplonita como de amenaza sísmica alta, con valores de aceleración horizontal pico efectiva  $A_a$  de 0.30 para Pamplona y de 0.35 para Pamplonita, y de velocidad pico efectiva  $A_v$  de 0.25 para ambos municipios.

#### 5.1.9.4 Amenaza geotécnica del terreno (ZG)

La amenaza relativa del terreno se establece considerando la interacción de los factores intrínsecos y los factores desencadenantes o detonantes que intervienen en la generación de procesos de remoción en masa y erosivos. Para la elaboración del mapa de amenaza relativa se emplearon como factores detonantes la precipitación y la amenaza sísmica, empleando el siguiente algoritmo:

$$ZG = ST * (FP + FS)$$

Donde:

ZG = Zonificación Geotécnica (Amenaza relativa del terreno por procesos erosivos y de remoción en masa).

ST = Susceptibilidad total del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.

FP = Factor detonante por precipitación.

FS = Factor detonante por sismicidad.

La zonificación geotécnica del área de estudio se dividió en cinco categorías de amenaza (Tabla 5-154), que van desde muy alta a muy baja (IA, IB, II, IIIA y IIIB) y corresponden a la agrupación metodológica de zonas homogéneas de los factores de ponderación evaluados.

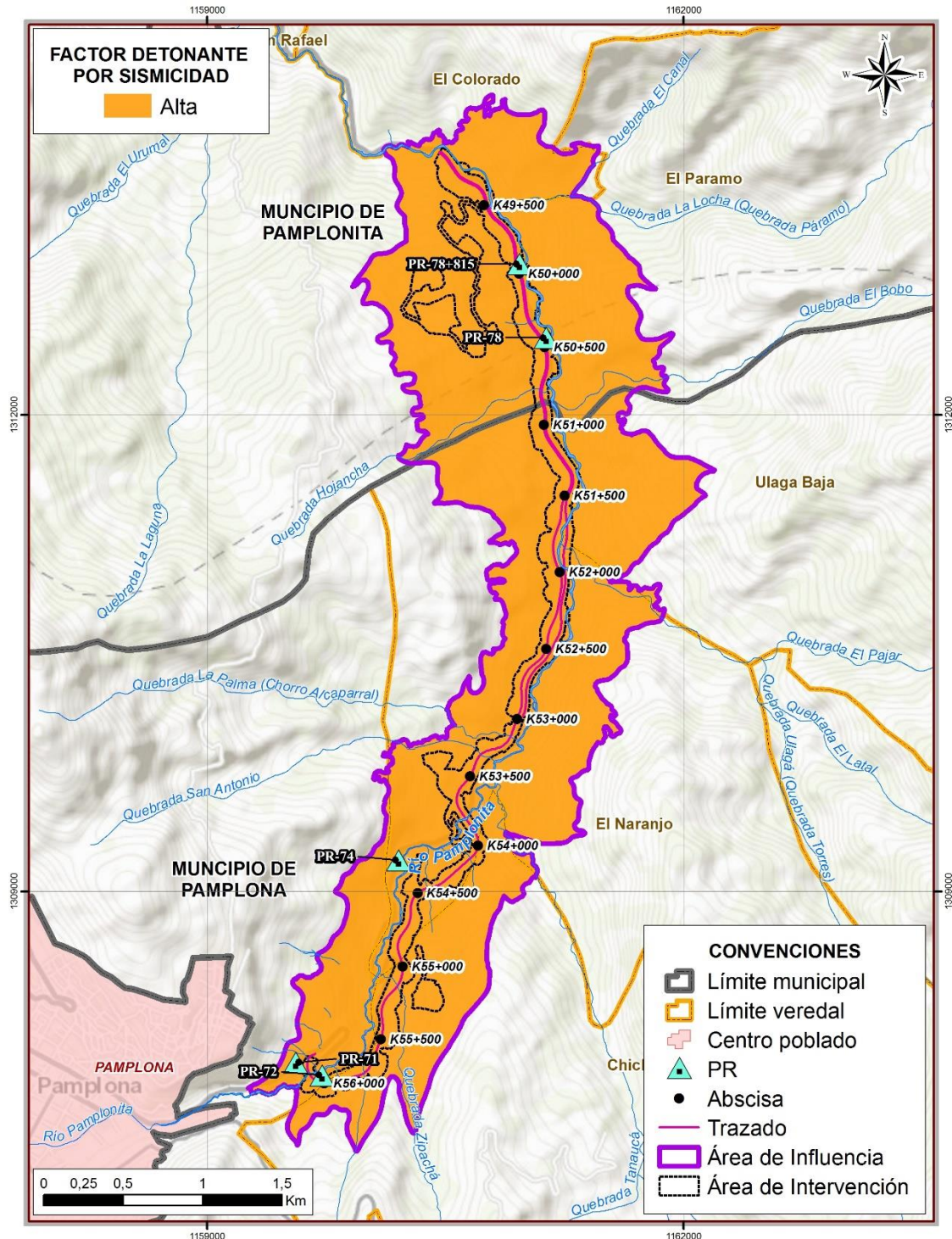
**Tabla 5-154 Categorías para la zonificación geotécnica**

Rangos de valores	Símbolo	Amenaza Relativa	Estabilidad Geotécnica	Peso
1 – 5	IIIB	Muy Baja	Muy Alta	1
6 – 14	IIIA	Baja	Alta	2
15 – 20	II	Moderada	Moderada	3
21 – 30	IB	Alta	Baja	4
>30	IA	Muy Alta	Muy Baja	5

Fuente: AECOM - ConCol., 2018



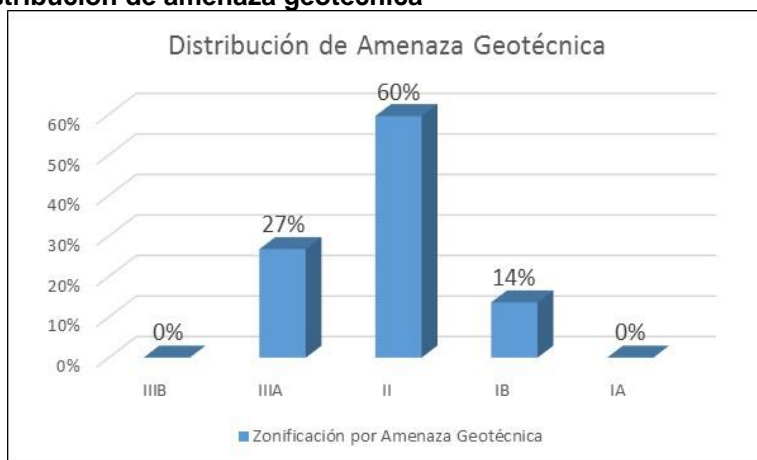
**Figura 5-176 Mapa de factor detonante por sismicidad**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-177 y en la Figura 5-178 se observa la distribución de las categorías de amenaza geotécnica dentro del área de influencia, donde el 60% es de amenaza moderada y estabilidad geotécnica moderada (Zona II); el 27% presenta amenaza relativa baja y estabilidad geotécnica alta (Zona IIIA); y el 14% restante amenaza relativa alta y estabilidad baja (Zona IB).

**Figura 5-177 Distribución de amenaza geotécnica**

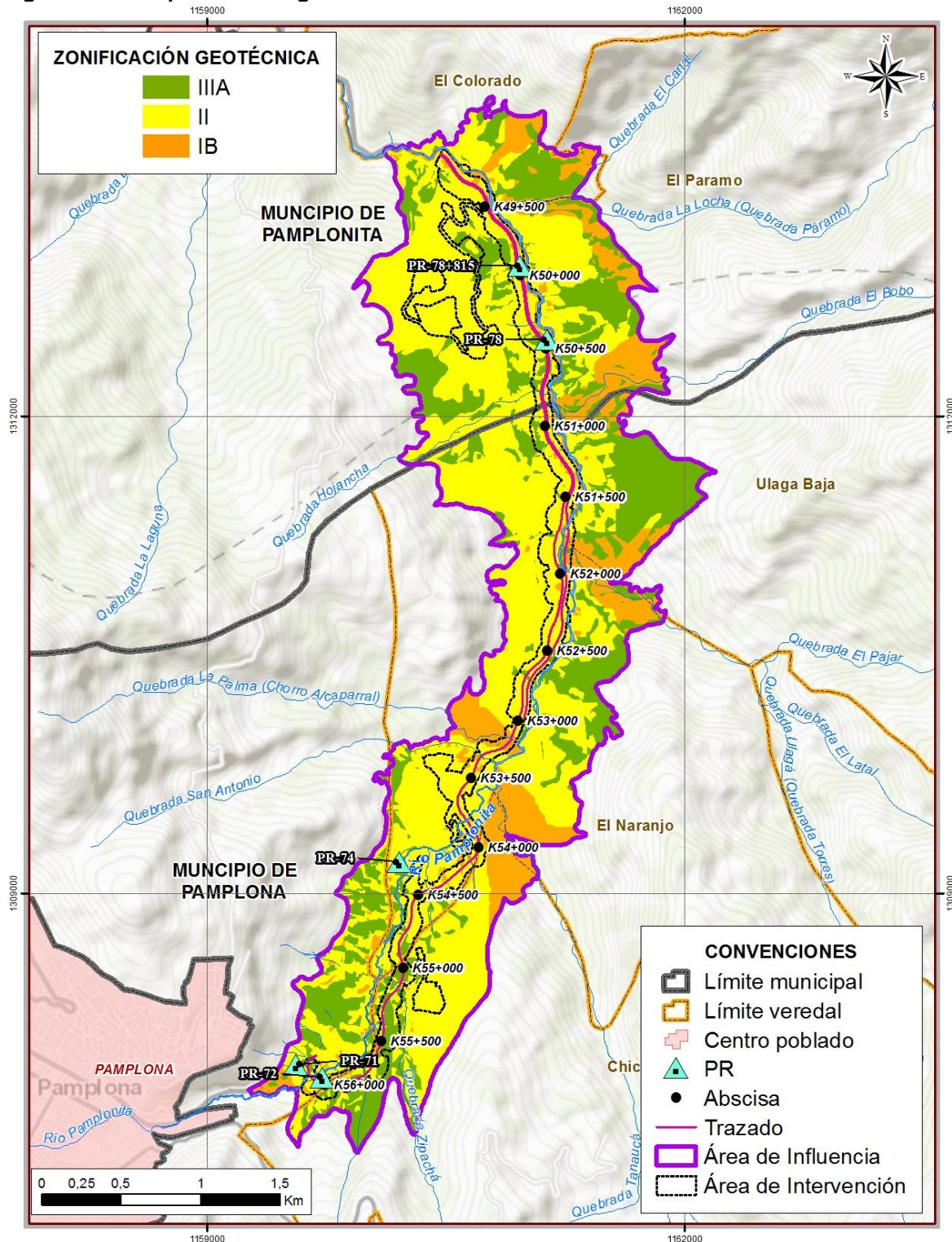


Fuente: AECOM - ConCol., 2018

En la Figura 5-178 se muestran los resultados de las características de las áreas resultantes en la clasificación de zonificación geotécnica por procesos erosivos y de remoción en masa.



**Figura 5-178 Mapa amenaza geotécnica**



Fuente: AECOM - ConCol., 2018

**Tabla 5-155 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica**

Símbolo	Amenaza Relativa	Estabilidad geotécnica	Descripción	Área (ha)
IIIB	Muy Baja	Muy Alta	Áreas no sujetas a movimientos en masa, relieves planos no expuestos a socavación fluvial. En el área de Influencia de la Unidad Funcional 2 no se determinó ninguna área con zonificación geotécnica IIIB.	0
IIIA	Baja	Alta	Zonas con escasos y menores procesos de remoción en masa o de erosión acentuada, en donde la combinación de parámetros geológicos, geomorfológicos y de cobertura vegetal favorece la estabilidad geotécnica. Los parámetros que pueden favorecer la estabilidad son litologías resistentes sin presencia de alta humedad, distancia a fallas geológicas, geoformas de pendientes suaves, densidad de drenaje baja y cobertura del terreno arbórea.	199.0
II	Moderada	Moderada	Zonas con procesos de remoción en masa menores, inactivos o esporádicos, y zonas no indicadas de inestabilidad al presente, pero potencialmente inestables y susceptibles a movimientos del terreno por registros geomorfológicos y desfavorables factores geológicos y de cobertura vegetal. Por lo general incluye macizos rocosos y suelos residuales de las formaciones La Luna (K2I), Aguardiente (Kia), Capacho (Kic), Tablazo (Kit) y Colón y Mito Juan (Kscm); en áreas donde los procesos morfodinámicos no son muy acentuados gracias a la combinación de factores geológicos, geomorfológicos y de cobertura de la tierra. La presencia de depósitos coluviales o aluviales es menor y sin afectación por procesos de remoción o erosión acentuada.	445.1
IB	Alta	Baja	Zonas afectadas por numerosos procesos de remoción en masa y/o con suelos no consolidados de origen coluvial susceptibles a remoción; donde la combinación de factores geológicos, geomorfológicos y de cobertura del suelo no es favorable a la estabilidad geotécnica. Por lo general incluye suelos de depósito coluvial, zonas de suelos residuales arcillosos húmedos o rocas blandas muy meteorizadas en donde han tenido lugar procesos de remoción en masa.	101.4
IA	Muy Alta	Muy Baja	Zonas con erosión muy severa o con deslizamientos activos de grandes proporciones. En el área de Influencia de la Unidad Funcional 2 no se determinó ninguna área con zonificación geotécnica IA.	0

Fuente: AECOM - ConCol., 2018

### 5.1.9.5 Descripción geotécnica del corredor vial

En el tramo del K49+050 al K49+150 el corredor se proyecta interviniendo por terrenos clasificados como de amenaza geotécnica alta, cuya calificación está influenciada principalmente por estar conformado por suelos de depósito coluvial, presencia de fallas geológicas, cobertura vegetal poco favorable; así como su posible comportamiento hidrogeológico.

Entre el K49+150 y el K49+790 el corredor se proyecta por una zona de amenaza geotécnica moderada, avanzando por tramos de depósito coluvial y por sectores de macizo

rocoso susceptible a meteorización química con afectación principalmente de lutitas, con desarrollo de suelos residuales arcillosos o macizo completamente meteorizado, con gravas angulosas frágiles infrayacidas por lutitas. Entre el K49+150 y el K49+310 la vía se intervendrá suelos de terraza aluvial conformados por cantos gravas y arenas con ocasionales bloques.

Entre el K49+790 y el K49+850 la vía cruzará una zona de amenaza geotécnica alta, que se ve desfavorecida principalmente por tener una cobertura vegetal poco conveniente a la estabilidad y suelos de depósito coluvial.

Entre el K49+850 y el K50+860 el sitio presenta amenaza geotécnica moderada con sectores de amenaza baja; avanzando por un macizo rocoso susceptible a meteorización química con afectación principalmente de lutitas, con desarrollo de suelos residuales arcillosos o macizo completamente meteorizado, con gravas angulosas frágiles infrayacidas por lutitas; en menor grado avanzando por suelos de depósito coluvial y ocasionalmente sobre depósitos de cono de deyección y depósitos de terraza.

Entre el K50+860 y el K50+990 la vía intervendrá una zona de depósito coluvial con deslizamiento estabilizado con obras de contención.

Entre el K50+990 y el K51+180 la segunda calzada tendrá lugar en zonas de amenaza geotécnica moderada y ocasionalmente baja, interviniendo tramos con suelos de depósito coluvial y tramos de macizo rocoso susceptible a meteorización química con afectación principalmente de lutitas, con desarrollo de suelos residuales arcillosos o macizo completamente meteorizado, con gravas angulosas frágiles infrayacidas por lutitas.

Entre el K51+180 y el K51+360 la vía se construirá en materiales de depósito coluvial en donde se presentan deslizamientos menores inactivos; este tramo presenta amenaza geotécnica alta con sectores de amenaza moderada.

En el tramo del K51+360 al K52+060 la segunda calzada intervendrá zonas clasificadas como de amenaza geotécnica moderada, interviniendo tramos con suelos de depósito coluvial; tramos de macizo rocoso susceptible a meteorización química con afectación principalmente de lutitas, con desarrollo de suelos residuales arcillosos o macizo completamente meteorizado, con gravas angulosas frágiles infrayacidas por lutitas; y tramos de macizo rocoso de estratificación centimétrica a decimétrica, muy diaclasado, con desarrollo de suelos residuales granulares y cohesivos.

Entre el K52+060 y el K52+320 el trazado se proyecta por una zona clasificada como de amenaza geotécnica alta con sectores de amenaza moderada, debido principalmente a presentar un deslizamiento menor inactivo, un deslizamiento estabilizado con obras de contención, y a la presencia de suelos de depósito coluvial.

Del K52+320 al K53+100 el corredor se proyecta por terrenos clasificados como de amenaza geotécnica moderada, interviniendo tramos con suelos de depósito coluvial y tramos de macizo rocoso sedimentario de estratificación centimétrica, muy diaclasado; en el cual hacia la superficie puede presentar suelos residuales arcilloarenosos con gravas y/o macizo completamente meteorizado, con gravas angulosas frágiles infrayacidas por lutitas y areniscas.



Del K53+100 al K53+300 el corredor se proyecta por una zona de amenaza geotécnica alta, interviniendo un macizo rocoso sedimentario de estratificación centimétrica, muy diaclasado; en el cual hacia la superficie puede presentar suelos residuales arcilloarenosos con gravas y/o macizo completamente meteorizado, con gravas angulosas frágiles infrayacidas por lutitas y areniscas.

Entre el K53+300 y el K64+060 la segunda calzada se construirá en sectores de amenaza geotécnica moderada con algunos pequeños puntos de amenaza geotécnica alta; interviniendo tramos de depósito coluvial y tramos de macizo rocoso sedimentario de estratificación centimétrica, muy diaclasado, el cual hacia la superficie puede presentar suelos residuales arcilloarenosos con gravas y/o macizo completamente meteorizado, con gravas angulosas frágiles infrayacidas por lutitas y areniscas.

Del K54+060 al K54+360 la vía se construirá en una zona de amenaza geotécnica moderada con sitios de amenaza geotécnica alta; interviniendo tramos de depósito coluvial y tramos de macizo rocoso sedimentario de estratificación centimétrica, muy diaclasado, el cual hacia la superficie puede presentar suelos residuales arcilloarenosos con gravas y/o macizo completamente meteorizado, con gravas angulosas frágiles infrayacidas por lutitas y areniscas.

Del K54+360 al K56+240 el corredor tendrá lugar en una zona de amenaza geotécnica moderada con sectores puntuales de amenaza geotécnica baja, interviniendo tramos de depósito coluvial; tramos de macizo rocoso sedimentario de estratificación centimétrica, muy diaclasado, el cual hacia la superficie puede presentar suelos residuales arcilloarenosos con gravas y/o macizo completamente meteorizado, con gravas angulosas frágiles infrayacidas por lutitas y areniscas; y tramos de macizo rocoso susceptible a meteorización química con afectación principalmente de lutitas, con desarrollo de suelos residuales arcillosos o macizo completamente meteorizado, con gravas angulosas frágiles infrayacidas por lutitas.

#### **5.1.9.6 Conclusiones**

- i. La zonificación geotécnica se desarrolló siguiendo la metodología de Vargas modificada, considerando en el análisis la susceptibilidad general del terreno determinada a partir de parámetros de susceptibilidad a la generación de procesos erosivos y de remoción en masa por litología, geomorfología, hidrogeología, cobertura de la tierra, densidad de drenajes, densidad de fallas, pendientes del terreno y morfodinámica; y considerando la precipitación y la sismicidad como factores detonantes de procesos de remoción en masa.
- ii. El 60% del área de influencia de la Unidad Funcional 2 presenta moderada susceptibilidad a movimientos en masa, correspondiendo a zonas con procesos menores, inactivos o esporádicos de remoción en masa, y zonas no indicadas de inestabilidad en el presente, pero potencialmente inestables y susceptibles a movimientos del terreno por registros geomorfológicos y desfavorables factores geológicos y de cobertura vegetal. El 27% es de baja a muy baja susceptibilidad, relacionado con zonas con escasos y menores procesos de remoción en masa, en



donde la combinación de parámetros como litologías resistentes sin presencia de alta humedad, distanciado de fallas geológicas, geoformas de pendientes suaves, densidad de drenaje baja y cobertura del terreno arbórea, favorecen la estabilidad geotécnica; finalmente, el restante 14% del Área de Influencia es de alta susceptibilidad, con zonas de depósito coluvial, de suelos residuales arcillosos húmedos o de rocas blandas muy meteorizadas en donde han tenido lugar procesos de remoción en masa.

- iii. La zonificación geotécnica se dividió en cinco categorías de amenaza relativa y estabilidad geotécnica, que van desde muy alta a muy baja estabilidad (IA, IB, II, IIIA y IIIB) y corresponden a la agrupación metodológica de zonas homogéneas de los factores de ponderación evaluados.
- iv. La Zona IA, de estabilidad muy baja y amenaza muy alta, corresponde a terrenos con erosión muy severa o con deslizamientos activos de grandes proporciones. En el área de Influencia de la Unidad Funcional 2 no se determinó ninguna área con zonificación geotécnica IA.
- v. La Zona IB, de estabilidad baja y amenaza alta, corresponde a zonas afectadas por numerosos procesos de remoción en masa y/o con suelos no consolidados de origen coluvial susceptibles a remoción, donde la combinación de factores geológicos, geomorfológicos y de cobertura del suelo no es favorable a la estabilidad geotécnica. Por lo general incluye suelos de depósito coluvial, zonas de suelos residuales arcillosos húmedos o rocas blandas muy meteorizadas en donde han tenido lugar procesos de remoción en masa.
- vi. La Zona II, de estabilidad moderada y amenaza moderada, corresponde a Zonas con procesos de remoción en masa menores, inactivos o esporádicos, y zonas no indicadas de inestabilidad al presente, pero potencialmente inestables y susceptibles a movimientos del terreno por registros geomorfológicos y desfavorables factores geológicos y de cobertura vegetal.
- vii. La Zona IIIA, de estabilidad alta y amenaza baja, corresponde a zonas con escasos y menores procesos de remoción en masa o de erosión acentuada, en donde la combinación de parámetros geológicos, geomorfológicos y de cobertura vegetal favorecen la estabilidad geotécnica. Los parámetros que pueden favorecer la estabilidad son litologías resistentes sin presencia de alta humedad, distancia a fallas geológicas, geoformas de pendientes suaves, densidad de drenaje baja y cobertura del terreno arbórea.
- viii. La Zona IIIB, de estabilidad muy alta y amenaza muy baja, corresponde a áreas no sujetas a movimientos en masa, con relieves planos no expuestos a socavación fluvial. En el área de Influencia de la Unidad Funcional 2 no se determinó ninguna área con zonificación geotécnica IIIB.
- ix. La distribución de las categorías de amenaza geotécnica dentro de la Unidad Funcional 2 indica que el 60% del Área de Influencia, correspondiente a 444.2 ha, presenta amenaza moderada y estabilidad geotécnica moderada (Zona II); el 27%, correspondiente a 199.6 ha, presenta amenaza relativa baja y estabilidad

geotécnica alta (Zona IIIA); y el 14% restante, correspondiente a 101.6 ha, presenta amenaza relativa alta y estabilidad baja (Zona IB).

## 5.1.10 Atmósfera

### 5.1.10.1 Meteorología

#### 5.1.10.1.1 Temperatura

La temperatura es la medida relativa de calentamiento presente en el aire y en la superficie terrestre y sus variaciones se deben a la ganancia o pérdida de la energía radiante; dicha energía se transforma en calor sensible, la cual es medida indirectamente por medio de termómetros. La importancia del estudio de la temperatura en medio físico radica en que sus variaciones pueden definir meso a microclimas, además condiciona la distribución de los seres vivos y proporciona características específicas al medio que rodea la fauna y la flora.

La temperatura está determinada por factores como: exposición solar, nubosidad, intensidad y procedencia de los vientos y aspectos locales como relieve, zonas de transición y micro-climas.

Para el análisis del factor de temperatura se tomó información de dicho parámetro para las estaciones la esperanza, Parque Tama. Salazar, Iser Pamplona, Ragonvalia y Carmen de Tonchala, las cuales cuentan con información a nivel diario de temperatura máxima y mínima. En la Tabla 5.156 se muestran las estaciones de información meteorológica y sus respectivos periodos de datos aportantes.

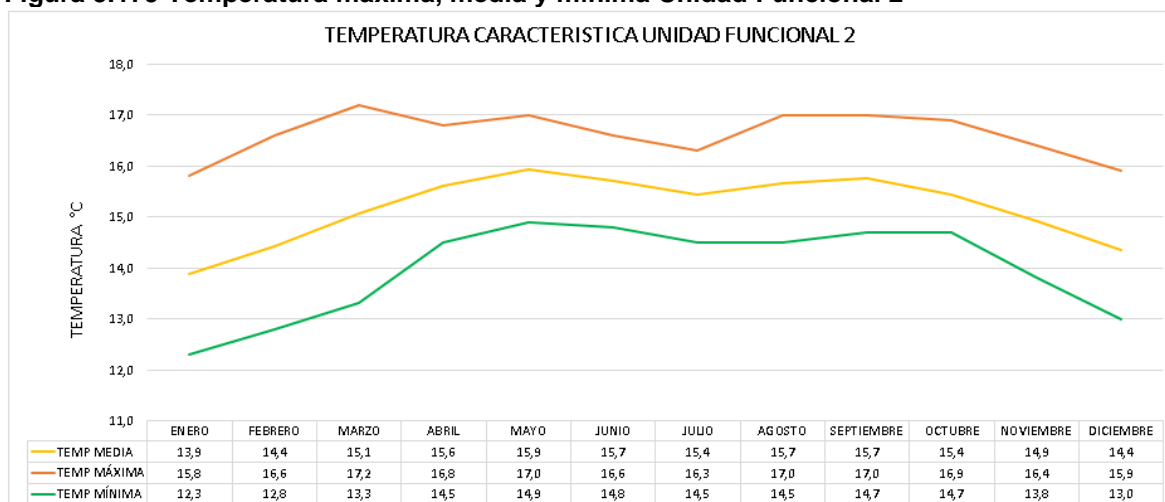
**Tabla 5.156 Años de registro de temperatura de estaciones IDEAM**

Código	Nombre	Años de registro	
16015030	LA ESPERANZA	1979	2017
16015090	PARQUE TAMA	1989	2017
16025030	SALAZAR	1979	2017
16015020	ISER PAMPLONA	1972	2017
16015100	RAGONVALIA	2000	2017
16025010	CARMEN DE TONCHALA	1987	2017

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

De acuerdo con la información evaluada de cada una de las estaciones de monitoreo de temperatura, en la Figura 5.179 se muestra el comportamiento de la temperatura a nivel multianual en la zona de influencia de la unidad funcional 2 (UF2) teniendo en cuenta que la estación cuya área de representatividad abarca dicha unidad funcional es la estación Iser Pamplona, aunque para algunos parámetros la información de dicha estación no es del todo representativa, debido a condiciones tales como topografía, altitud, entonces se realiza interpolación de información con estaciones que cumplan con similitud en sus datos.

**Figura 5.179 Temperatura máxima, media y mínima Unidad Funcional 2**



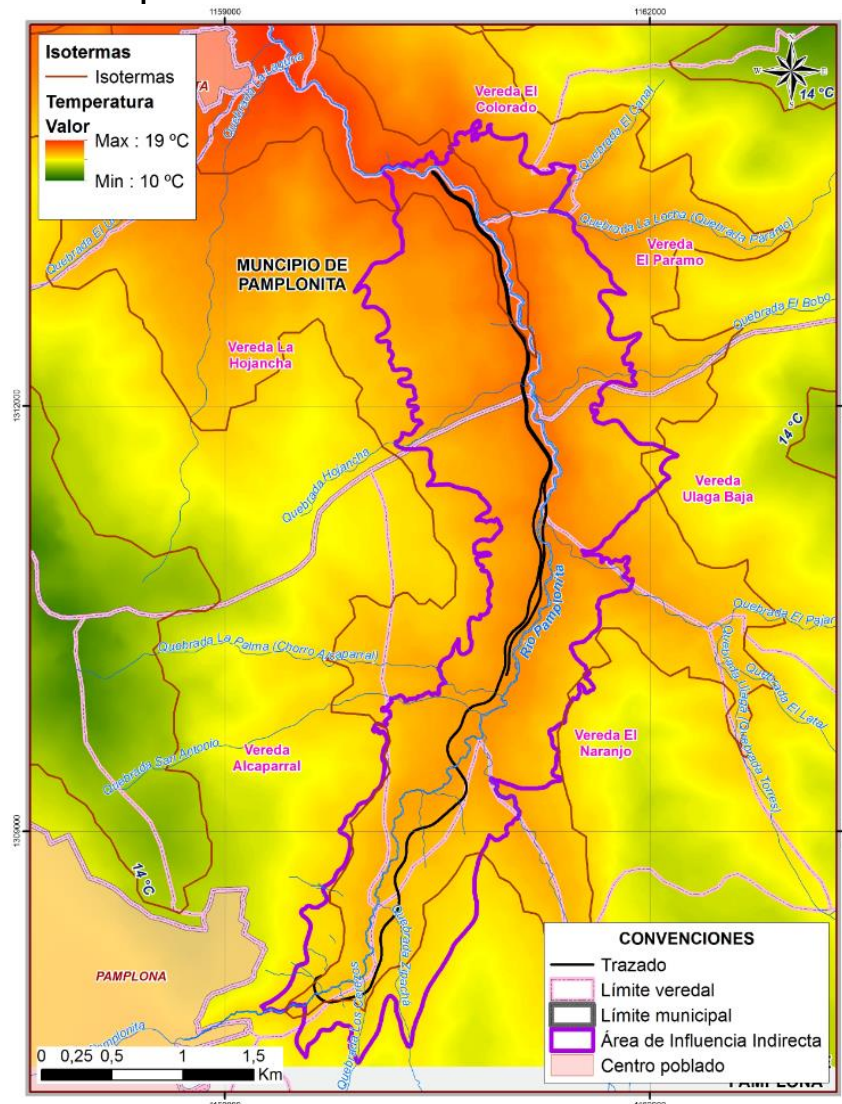
Fuente: Aecom - ConCol, 2017

De acuerdo con la información de la Figura 5.179 se puede observar que la temperatura media oscila entre 13.9 °C y 15.9 °C, así mismo la temperatura máxima para la zona en estudio se encuentra en el rango de 15.8 °C y 17.2 °C; y la temperatura mínima se encuentra entre 12.3 °C y 13 °C.

Cabe destacar que hay dos épocas en el año en los cuales se registraron altas temperaturas multianuales para la zona, las cuales corresponden a los meses de mayo y septiembre con 17.2 °C y 17°C respectivamente. Así mismo para los meses de enero, febrero y diciembre para el periodo de datos representados en la Tabla 5.156, se registraron las temperaturas más bajas de la zona, con registros de 12.3 °C, 12.8 °C y 13 °C respectivamente para el área de estudio.

Para la unidad funcional 2 (UF2), se realiza la distribución espacial de temperatura teniendo en cuenta los valores medios mensuales multianuales de temperatura de las estaciones representadas en la Tabla 5.156 y el gradiente altitudinal del área de estudio. En la Figura 5.180 se muestra dicha distribución mediante isotermas de las cuales se puede apreciar el aumento en la temperatura conforme se va acercando al norte de la unidad funcional 2 (UF2).

**Figura 5.180 Isotermas para el área de estudio**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.10.1.2 Presión atmosférica

Las estaciones meteorológicas asociadas al área del proyecto no cuentan con registros históricos de valores en la variación de la presión atmosférica. La única estación de la región que cuenta con este tipo de registros es la estación Aeropuerto Camilo Daza [16015010], pero los datos de esta estación no son representativos para toda el área de estudio y el uso de modelos de pronóstico está limitado a registros en tiempo real, por lo cual no es posible tener un histórico en este ítem.

Al no existir valores históricos de presión atmosférica para la Unidad Funcional 2 (UF2), se tomaron los datos puntuales captados por los puntos de monitoreo de ruido, con el fin de tener valores de referencia que permitan identificar el comportamiento atmosférico en la zona de estudio.



Los valores de presión atmosférica se muestran en la Tabla 5.177 donde se muestran variaciones de presión que van desde 594,5 mmHg hasta 627,9 mmHg.

### 5.1.10.1.3 Precipitación

La evaluación de los valores de precipitación se realizó teniendo en cuenta los registros de precipitación de 15 estaciones meteorológicas las cuales se relacionan en la Tabla 5.157.

**Tabla 5.157 Estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio de precipitación**

Código	Estación	Tipo	Periodo de registro
16010010	VILLA DEL ROSARIO	PM	1967-2017
16010080	LA DONJUANA 1	PM	1954-1977
16010110	MANZANARES	PM	1990-2017
16015030	LA ESPERANZA	CO	1979-2017
16015090	PARQUE TAMA	CP	1989-2017
16020080	CUCUTILLA	PM	1959-2017
16020110	LA CALDERA	PM	1976-2017
16025030	SALAZAR	CP	1987-2017
16010020	LA DONJUANA 2	PM	1973-2017
16015020	ISER PAMPLONA	AM	1972-2017
16015100	RAGONVALIA	CP	2000-2017
16020050	ARBOLEDAS	PM	1959-2017
16025010	CARMEN DE TONCHALA	CP	1987-2017
37010010	LABATECA	PM	1956-2017
37010030	CACOTA	PM	1959-2017
16015010	AEPTO CAMILO DAZA	SP	1944-2017

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

De acuerdo con la información de precipitación de las estaciones meteorológicas descritas en la Tabla 5.157, se muestran a continuación los valores de precipitación media mensual multianual en la Tabla 5.158 y la Figura 5.181.

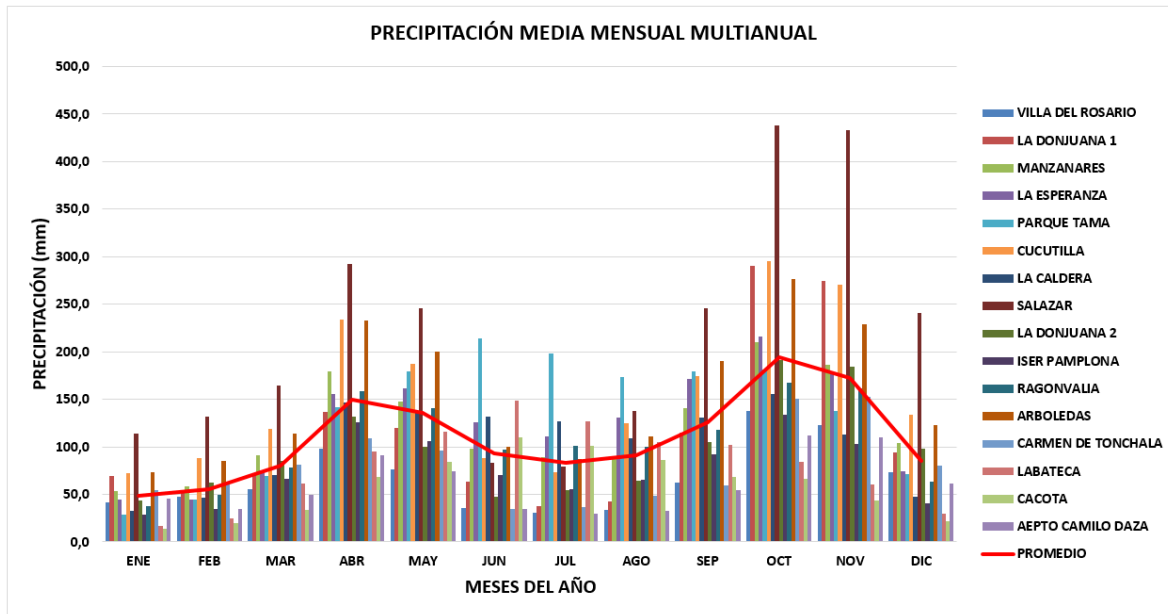
**Tabla 5.158 Valores de precipitación total media mensual multianual (mm)**

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
V.ROSARIO	41,2	47,3	55,8	97,8	76,3	35,5	30,8	33,2	62,8	137,7	122,9	73,8	815,1
DONJUANA	69,7	51,6	72,3	137,1	119,9	63,7	37,4	42,8	115,1	290,3	274,8	94,5	1369
MANZANARES	53,9	58,5	91,28	179	147,8	98,27	88,9	87,39	140,9	210,1	186,6	104	1446,5
ESPERANZA	44,7	44,8	75,06	156	161,3	125,8	111,1	131,3	171,3	216,2	176,6	74,7	1487,4
P. TAMA	28,8	44,4	69,8	142	179,3	213,7	198,6	173,5	179,3	181,3	138	71,7	1620,6
CUCUTILLA	72,6	88,4	118,9	234	187,3	88,31	72,828	125,2	174,8	295,5	270,1	134	1859,3
LA CALDERA	32,3	46,6	69,94	147	135,5	131,5	126,7	109,1	131,2	155,4	113,4	47,3	1245,6
SALAZAR	114	131	164,5	292	245,7	82,76	79,437	137,5	245,9	438,1	433,3	241	2605,4
DONJUANA 2	43,7	62,9	85,11	132	100,4	47,35	54,299	64,31	104,7	191,3	183,8	98,3	1167,9
I. PAMPLONA	28,6	34,3	66,17	126	105,8	70,59	55,639	65,76	92,52	134,1	103	40,8	923,4
RAGONVALIA	37,4	49,9	78,71	158	140,7	96,94	100,7	99,62	118,2	167	161,5	63,7	1272,6

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
ARBOLEDAS	72,9	85,7	114,3	233	200,2	99,93	86,766	111,2	190,5	276,9	229,4	122	1823,3
C. TONCHALA	54,3	60,3	81,21	109	95,81	34,84	36,973	48,53	59,67	150,5	152,9	80,3	964
LABATECA	17,2	25,2	61,48	95	116,2	148,8	127,03	105,3	102	84,06	60,92	29,8	972,9
CACOTA	14,0	19,7	33,6	68,5	83,9	109,7	101,4	86,4	68,6	66,5	43,9	21,3	717,4
A. CAMILO D.	45,5	34,9	49,6	91,5	74,2	35,0	30,0	32,5	54,6	111,9	110,3	61,6	731,7

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

**Figura 5.181 Precipitación media mensual multianual (mm)**



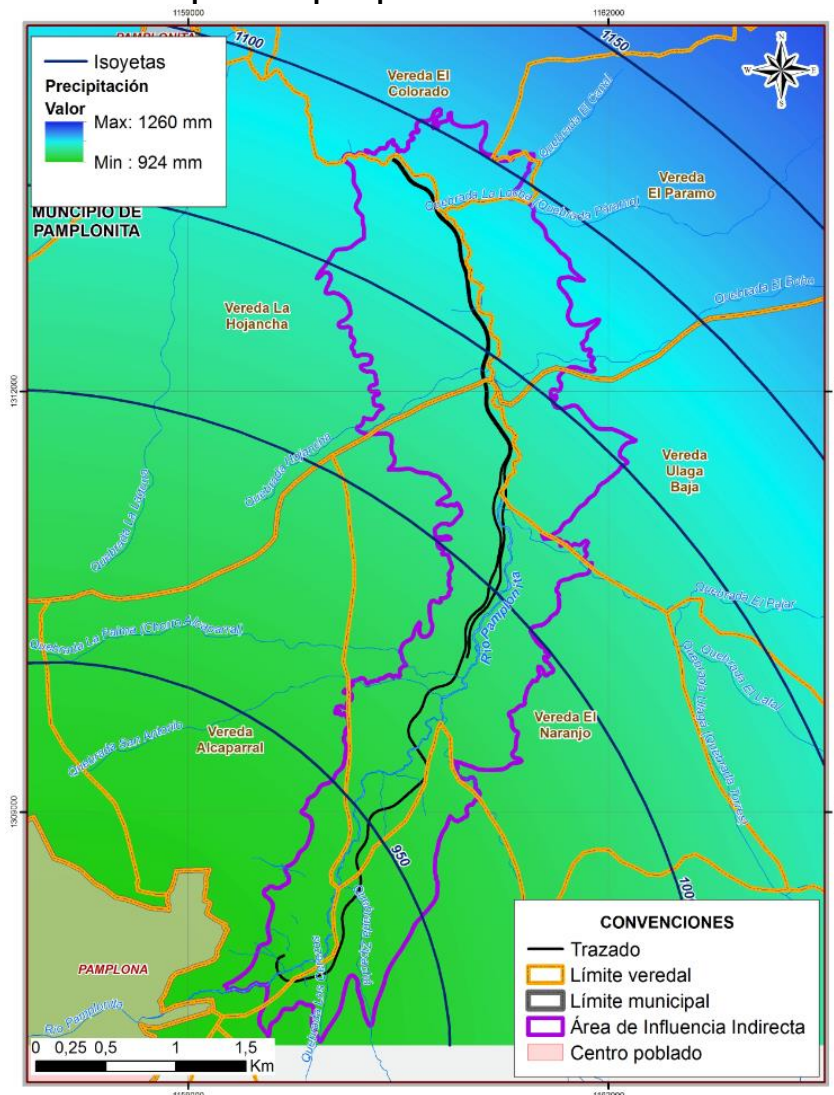
Fuente: Aecom - ConCol, 2017

La gráfica permite identificar el comportamiento de la lluvia promedio mensual multianual, donde se muestra un patrón de lluvias bimodal con precipitaciones bajas en los meses de diciembre, enero y febrero, destacándose el área de la unidad funcional 2 (UF2) con una precipitación de 40.82 mm, 29 mm y 34.3 mm respectivamente.

Es destacable la máxima precipitación promedio para la unidad funcional 2 (UF2), donde los valores mostrados en el mes de octubre (134.1 mm) se da debido a la alteración del promedio de precipitaciones mensuales para dicho mes del año 2010, en los cuales se presentó el fenómeno de La Niña, desatando la ola invernal que azotó gran parte del territorio nacional.

De acuerdo con los registros anuales de precipitación, a continuación en la Figura 5.182 se muestra la representación espacial de la lluvia sobre el área de estudio.

**Figura 5.182 Distribución espacial de precipitación en el área de estudio**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

#### 5.1.10.1.4 Humedad relativa

Para la zona de influencia de la unidad funcional 2 (UF2), se toman los datos de humedad relativa proporcionados por el IDEAM para las estaciones relacionadas en la Tabla 5.159. En la Figura 5.183 se muestran los valores de humedad relativa máximos, medios y mínimos asociados a la zona de influencia de la unidad funcional 2 (UF2).

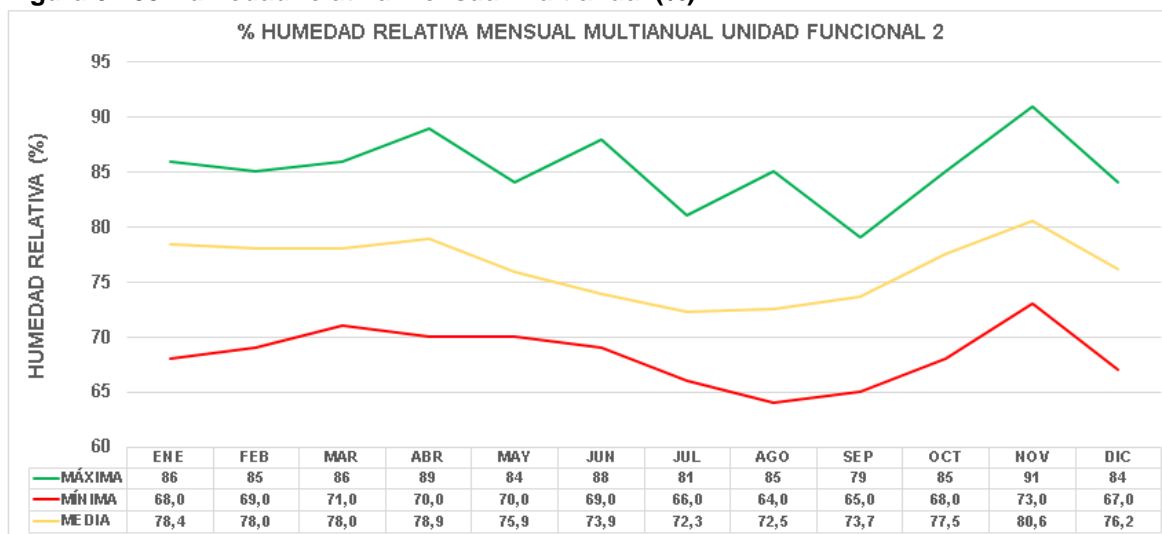
**Tabla 5.159 Estaciones meteorológicas utilizadas para análisis de humedad relativa**

Código	Estación	Tipo	Periodo de registro
16015030	LA ESPERANZA	CO	1979-2017
16015090	PARQUE TAMA	CP	1989-2017
16025030	SALAZAR	CP	1987-2017

Código	Estación	Tipo	Periodo de registro
16015020	ISER PAMPLONA	AM	1972-2017
16015100	RAGONVALIA	CP	2000-2017
16025010	CARMEN DE TONCHALA	CP	1987-2017

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

**Figura 5.183 Humedad relativa mensual multianual (%)**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

De la Figura 5.183 se destaca el mes de noviembre por registrar los mayores valores de humedad relativa (91 %). Caso contrario en el mes de agosto donde se registra el menor valor de humedad relativa (61.9 %).

Igualmente es de notar que los picos de las humedades en cualquiera de sus contextos (máximos, mínimos y medios) coinciden con los picos de precipitación, lo cual supone una relación directa de los dos parámetros atmosféricos.

#### 5.1.10.1.5 Viento

El viento es el movimiento del aire. La velocidad del viento en superficie se refiere a la velocidad que alcanza esta variable meteorológica a 10 metros de altura, que es la norma internacional establecida por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como estándar para la medición y seguimiento del viento<sup>22</sup>.

Para la evaluación de la velocidad y dirección de viento se tiene en cuenta los valores suministrados por la estación Iser Pamplona, la cual tiene registros de datos del periodo de 1988 a 1994, con unas mediciones intermitentes que datan del periodo 2007 a 2010.

<sup>22</sup> Capítulo 1. Velocidad del viento en superficie. Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia. Ministerio de Minas y energías -UPME – IDEAM. (pág. 19)



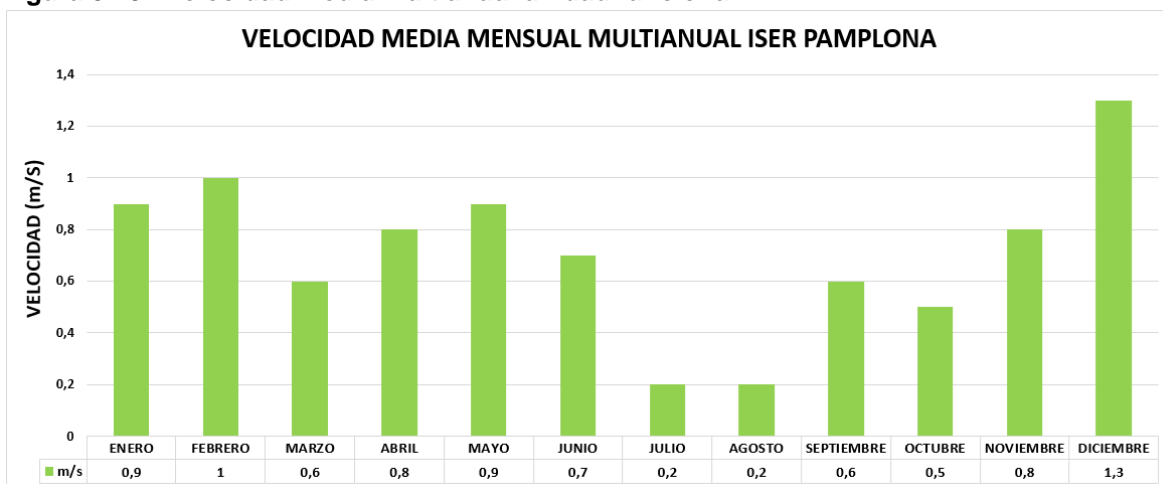
En la Tabla 5.160 y en la se muestran los valores medios mensuales multianuales de velocidad de viento para la estación Iser Pamplona, asociada a la unidad funcional 2 (UF2).

**Tabla 5.160 Velocidad del viento media mensual multianual (m/s)**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
0.9	1	0.6	0.8	0.9	0.7	0.2	0.2	0.6	0.5	0.8	1.3	0.71

Fuente: Aecom - ConCol, 2017

**Figura 5.184 Velocidad media multianual unidad funcional 2**

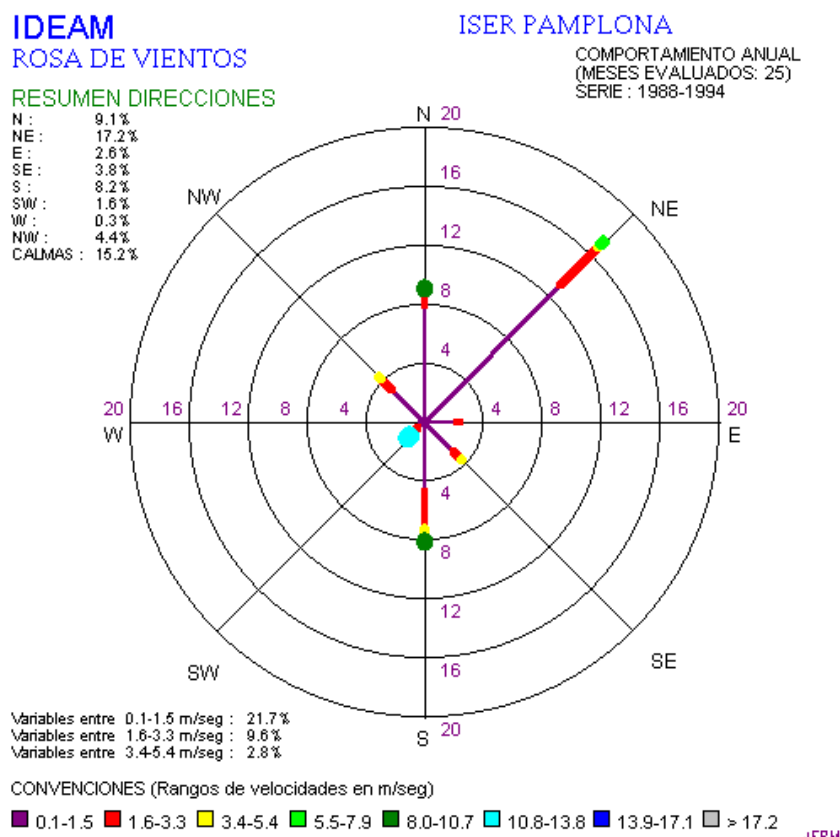


Fuente: Aecom - ConCol, 2017

En la Figura 5.184 se muestra que la máxima velocidad de viento se registra en el mes de diciembre con una velocidad de 1.3 m/s, y la mínima en los meses de junio y agosto con un valor de 0.2 m/s.

De acuerdo con los datos de dirección del viento suministrados por la estación Iser pamplona, se cuenta con datos con un periodo de 25 meses evaluados entre 1988 – 1994, donde la dirección predominante del viento es noreste tal como se muestra en la rosa de vientos en la Figura 5.185.

**Figura 5.185 Rosa de vientos estación Iser Pamplona**



Fuente: IDEAM, Aecom - ConCol, 2017

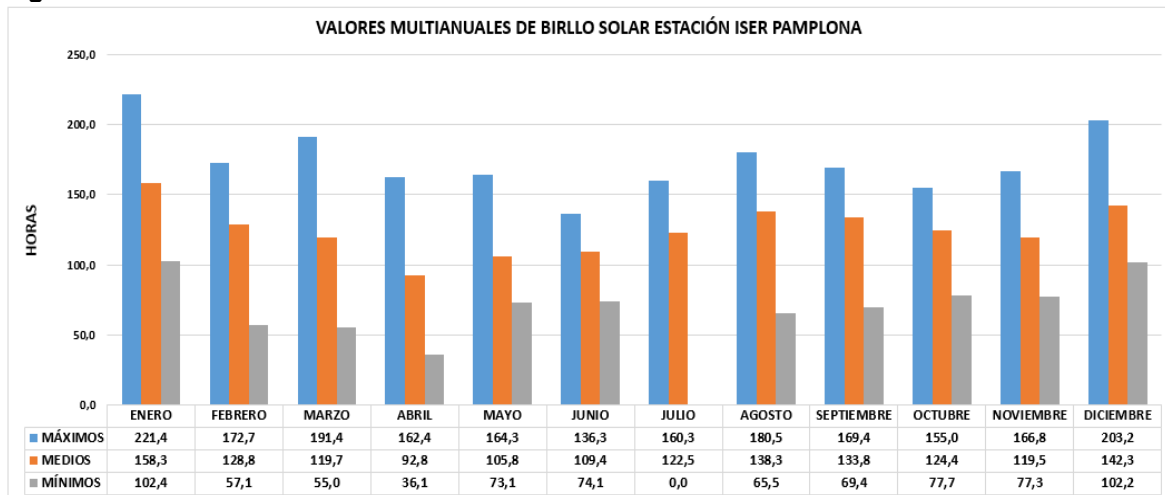
La velocidad máxima registrada se encuentra dentro del rango de 5.5 a 7.9 m/s en dirección al noreste, hacia el valle del río Pamplonita.

#### 5.1.10.1.6 Radiación solar (Brillo solar)

La radiación solar es la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. Los niveles de radiación en la superficie dependen de varios factores como son: la posición del sol, la altitud, la latitud, el cubrimiento de las nubes, la cantidad de ozono en la atmósfera y la reflexión terrestre

En la Figura 5.186 se muestra el comportamiento de los valores mensuales multianuales máximos, medios y mínimos de brillo solar para la estación Iser Pamplona.

**Figura 5.186 valores multianuales de brillo solar**



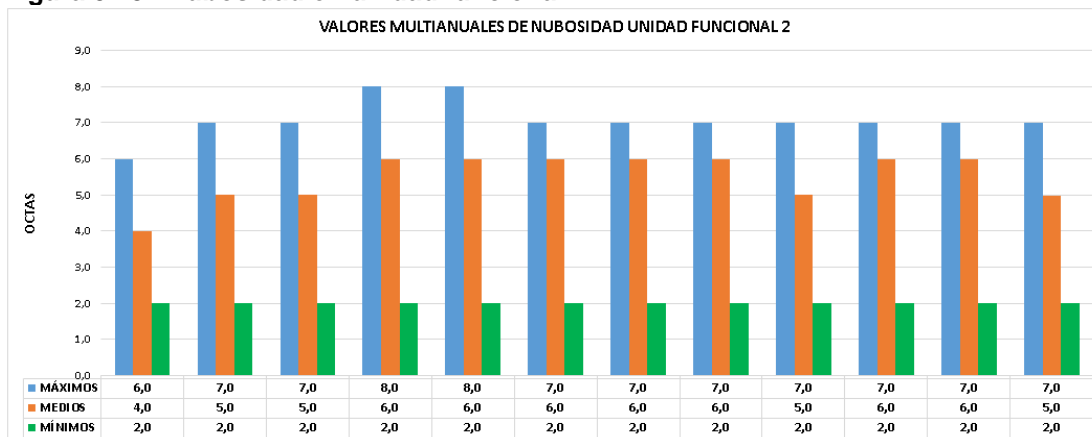
Fuente: Aecom - ConCol, 2017

El máximo de horas de brillo solar se presenta en el mes de enero por lo cual se deduce que es uno de los meses sobre los cuales cae la mayor cantidad de radiación ultravioleta sobre la zona de estudio, caso contrario sucede en el mes de abril donde las horas de brillo solar no superan las 36.1 horas, lo que tiene sentido si se considera que para ese mes de acuerdo con el régimen de lluvias en la zona es temporada húmeda.

#### 5.1.10.1.7 Nubosidad

La octa es la medida utilizada para el cálculo de la nubosidad presente en una zona determinada y equivale a un octavo de la porción de cielo observado, o sea 5/8 del cielo cubierto en clasificación general del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, correspondería a un cielo parcialmente cubierto. A continuación se muestra la Figura 5.187 en la que se presentan los registros mensuales multianuales para la unidad funcional 2 (UF2).

**Figura 5.187 Nubosidad en unidad funcional 2**



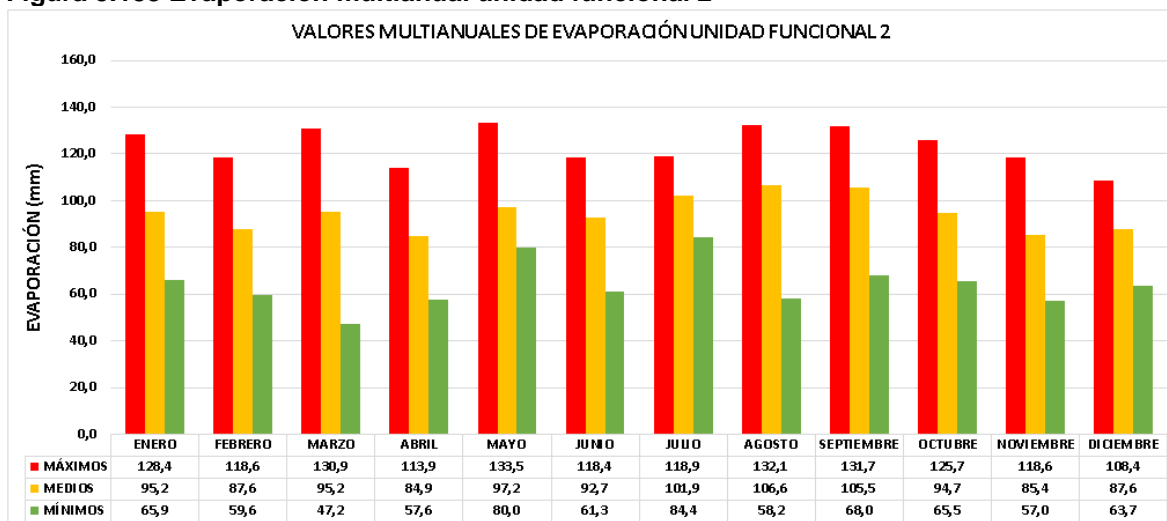
Fuente: Aecom - ConCol, 2017

### 5.1.10.1.8 Evaporación

La evaporación refleja las condiciones de retorno del agua a la atmósfera y relaciona otras variables climatológicas tales como temperatura, precipitación y brillo solar.

A continuación en la Figura 5.188 se muestra la distribución mensual de los valores de evaporación para la unidad funcional 2 (UF2).

**Figura 5.188 Evaporación multianual unidad funcional 2**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

El máximo de evaporación se da en el mes de mayo con 133.5 mm, a finales de la época lluviosa, justo cuando hay picos de humedad relativa producto del brillo solar y la precipitación acumulada en el suelo y la escorrentía. El mínimo se encuentra en el mes de marzo con un valor de 47.2 mm, cuando recién empiezan las épocas lluviosas de acuerdo con el régimen de lluvias existente en la zona de estudio.

### 5.1.10.1.9 Zonificación climática

Para el presente estudio, la clasificación climática se basó en el estudio de ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia, en el que para la caracterización climática se utiliza diferentes metodologías tales como los de Köeppen, Thornthwaite, Caldas, Lang, Martone y Holdridge, entre otras. Se eligió un sistema cuya caracterización aplicara los regímenes térmicos y de humedad propios de la geografía de la zona de estudio, considerándolos como los elementos meteorológicos más relevantes y útiles para la caracterización de un ecosistema desde el punto de vista climático (IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 2007)<sup>23</sup>.

Se debe tener en cuenta que los elementos considerados mas relevantes para el mapa de caracterización climática son las características térmicas de la zona de estudio y la espacialización de la lluvia en la misma, aclarando que estos parametros ya fueron

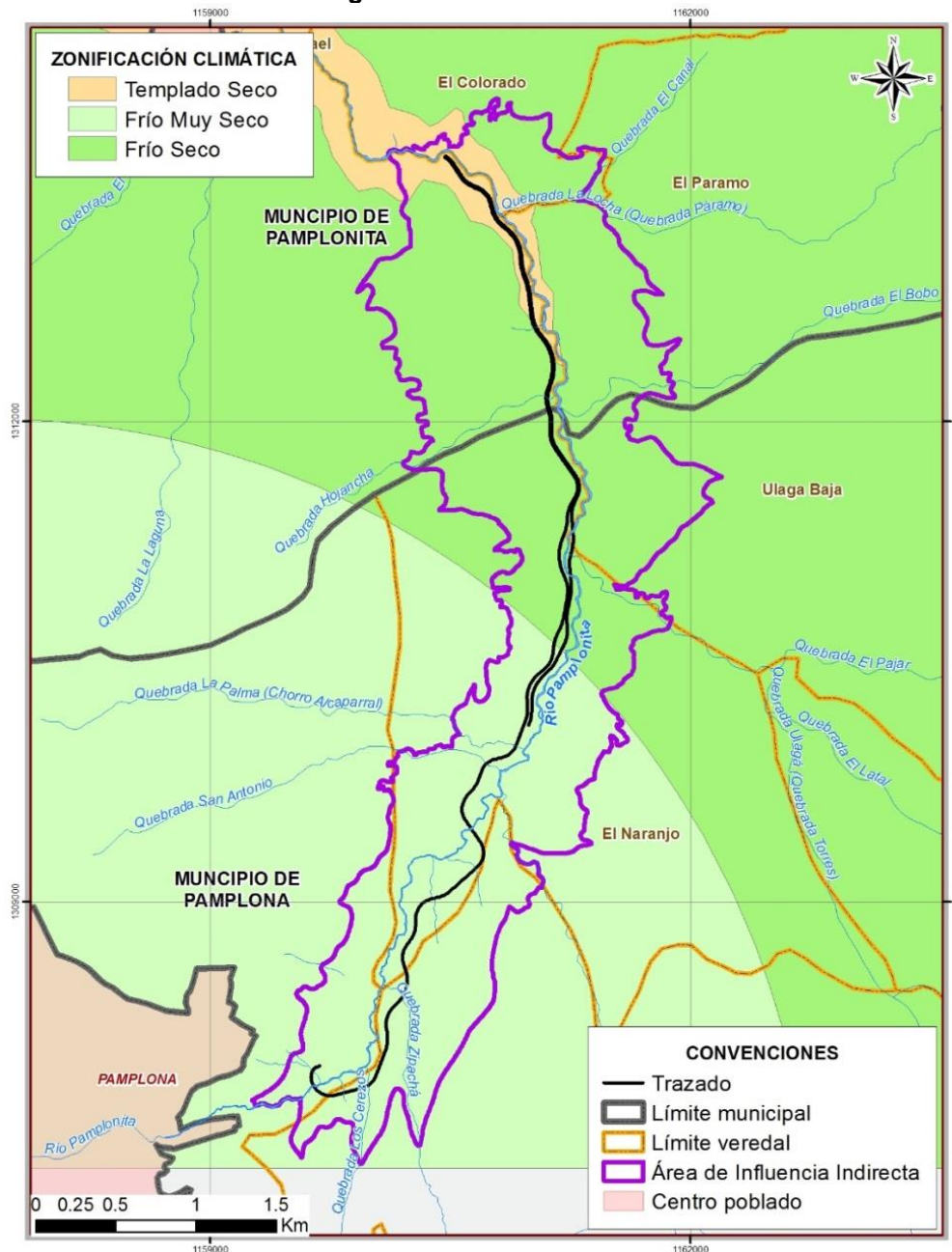
<sup>23</sup> IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP. (2007). *Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia*. Bogotá: IGAC.



analizados anteriormente, retomando así su clasificación para la delimitación de las unidades climáticas en el área de estudio.

Una vez categorizados los dos elementos meteorológicos principales se realizó una intersección espacial entre las dos capas, cuyos polígonos relacionan un rango de precipitación con un rango termal la cual se presenta en la Figura 5.189.

**Figura 5.189 Zonificación climatológica de la zona de estudio**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

En la Figura 5.189 se puede apreciar la zonificación climatológica a través del corredor vial que compone la unidad funcional 2 (UF2), donde la zona sur de la misma se caracteriza por ser de clima frío muy seco debido a la altitud geográfica de la zona, y cambia gradualmente hasta encontrar un clima templado seco conforme va avanzando hacia el norte.

#### **5.1.10.2 Identificación de fuentes de emisiones**

En el mes de noviembre de 2017 se desarrolló el inventario de fuentes de emisión susceptibles de generar contaminación atmosférica en el área de influencia para la unidad funcional 2, se identificaron tanto fuentes fijas como fuentes móviles siendo clasificadas de acuerdo con lo estipulado en el artículo 18 del decreto 948 de 1995 así:

- i. Fuentes Fijas: Puntuales, dispersas o áreas-fuente
- ii. Fuentes Móviles: aéreas, terrestres, fluviales y marítimas.

Además se consultó con la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor) los permisos otorgados en el tema de emisiones atmosféricas en el área de la cuenca del río Pamplonita, de lo anterior y mediante la respuesta con número de radicado 14243 07-11-2017 se concluyó que en el área de influencia de la unidad funcional 2 no se encuentran concedidos permisos de emisiones atmosféricas (Ver anexo 2 – Certificaciones entidades). Según el documento, los permisos otorgados se encuentran en los municipios de Los Patios, Villa del Rosario y Cúcuta.

En la Tabla 5.161 se presenta el inventario general de las fuentes de emisión identificadas en el área de influencia.

##### **5.1.10.2.1 Fuentes Fijas**

Se definen como aquellas en las que la fuente de emisión está situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa (Decreto 948 de 1995). A continuación se describen los diferentes tipos de fuentes fijas y la identificación de estas.

##### **5.1.10.2.1.1 Fuente fijas puntuales**

De acuerdo con el decreto 948 de 1995, es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas. Las fuentes identificadas se relacionan con actividades comerciales como restaurantes que generan la emisión al usar como combustible leña, estos se ubican en la vereda Alcaparral en el municipio de Pamplona (Fotografía 5-36, Fotografía 5-37)

**Tabla 5.161 Inventario general de fuentes de emisión UF2**

ID	Municipio	Vereda	Descripción	Tipo de fuente				Coordenada Magna Sirgas- Origen Bogotá	
				Fija Puntual	Fija de área	Móvil	Lineal	Este	Norte
1	Pamplona	Alcaparral	Restaurante Asadero Los Adioses	X				1159820,29	1308085,33
2	Pamplona	Alcaparral	Fábrica de producción de bocadillos "El príncipe"	X				1159770,00	1308078,01
3	Pamplona	Alcaparral	Estación de servicio "Coomulpinort"		X			1159796,68	1308126,66
4	Pamplona	El Naranjo	Fábrica de ladrillo	X				1160223,04	1309146,00
5	Pamplona	El Naranjo	Mina de carbón subterránea		X			1161132,87	1311248,94
6	Pamplona	Alcaparral	Parqueadero de vehículos		X			1159848,95	1308124,22
7	Pamplona	El Naranjo	Vivienda (Combustible leña)	X				1159584,43	1307815,02
8	Pamplona	Alcaparral	Vivienda (Combustible leña)	X				1159795,88	1307879,37
9	Pamplona	Chichira	Vivienda (Combustible leña)	X				1160171,14	1308467,69
10	Pamplona	El Naranjo	Vivienda (Combustible leña)	X				1160161,18	1308531,84
11	Pamplona	El Naranjo	Vivienda (Combustible leña)	X				1160189,08	1308601,04
12	Pamplona	El Naranjo	Vivienda (Combustible leña)	X				1160204,60	1309128,22
13	Pamplona	El Naranjo	Vivienda (Combustible leña)	X				1160310,99	1309260,33
14	Pamplona	El Naranjo	Vivienda (Combustible leña)	X				1160928,84	1309990,40
15	Pamplona	El Naranjo	Vivienda (Combustible leña)	X				1160992,94	1310303,84
16	Pamplona	El Naranjo	Vivienda (Combustible leña)	X				1161160,91	1310605,25
17	Pamplona	Alcaparral	Caserío de alrededor de 15 familias(Combustible leña)		X			1159814,94	1308081,76
18	Pamplona	Alcaparral	Caserío de alrededor de 4 familias (Combustible leña)		X			1160018,46	1308022,84

ID	Municipio	Vereda	Descripción	Tipo de fuente				Coordenada Magna Sirgas- Origen Bogotá	
				Fija Puntual	Fija de área	Móvil	Lineal	Este	Norte
19	Pamplona	El Naranjo	Caserío (Combustible leña)		X			1160831,23	1309840,75
20	Pamplona	El Naranjo	Caserío (combustible leña)		X			1161198,28	1310538,97
21	Pamplona	La Hojancha	Caserío (combustible leña)		X			1160593,12	1313522,78
22	Pamplona	Chíchira	Vía de acceso sin pavimentar a vereda El Naranjo, Pamplona				X	1160158,23	1308472,65
23	Pamplona	El Naranjo	Vía de acceso sin pavimentar a vereda Ulagá				X	1161720,81	1311484,12
24	Pamplona	El Naranjo	Vía de acceso sin pavimentar a vereda El Páramo				X	1161182,78	1311879,22
25	Pamplonita	La Hojancha	Vía de acceso 1 sin pavimentar a vereda La Hojancha				X	1160801,30	1311950,76
26	Pamplonita	La Hojancha	Vía de acceso 2 sin pavimentar a vereda La Hojancha				X	1160592,99	1313223,33
27	Pamplonita	El Colorado	Vía de acceso sin pavimentar a vereda El Colorado				X	1160591,82	1313532,14

Fuente: Aecom-ConCol, 2017



Por otro lado, también se relacionan actividades industriales como la fabricación de bocadillos y ladrillos con uso de combustibles como carbón y leña, la primera ubicada en la vereda Alcaparral del municipio de Pamplona y la segunda en la vereda El Naranjo.

**Fotografía 5-36: Restaurantes curva de los adioses. Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1159820,29 NORTE: 1308085,33**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

**Fotografía 5-37 Fábrica de bocadillos "El Principe". Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1159770,00 NORTE: 1308078,01**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

**Fotografía 5-38 Fábrica de elaboración de ladrillos. Vereda El Naranjo, Pamplona. ESTE: 1160223,04 NORTE: 1309146,00**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

En general las fuentes fijas puntuales identificadas están relacionadas con el uso de leña como combustible en diversos procesos, por tanto, los principales contaminantes asociados son:

- i. Materia particulada o partículas de material (PM)
- ii. Monóxido de carbono (CO)
- iii. Compuestos irritantes como la acroleína
- iv. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)
- v. Compuestos orgánicos volátiles
- vi. Dioxinas

#### **5.1.10.2.1.2 Fuentes fijas dispersas**

Se constituyen como aquellas en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales (Decreto 948 de 1995). Se identificaron fuentes de emisión relacionadas con actividades comerciales como el caso de una estación de servicio ubicada en la vereda Alcaparral en el sector conocido como curva

de los adioses (Fotografía 5-39), estas generan emisiones de compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs) Entre los VOCs emitidos se encuentran el benceno, tolueno, xileno, hexano, heptano, octano, ciclohexano, esto debido al almacenamiento y distribución de los combustibles, su emisión principalmente se da en el proceso de carga y descarga de combustibles (Evequoz, y otros).

En este mismo punto se identificó un parqueadero de vehículos de carga pesada (Fotografía 5-40) donde se dan emisiones evaporativas del vehículo en reposo con el motor frío que ocurren debido a la permeabilidad de los componentes del sistema de combustible, también se dan emisiones evaporativas del vehículo recién apagado con el motor caliente debido a la volatilización del combustible por calor residual (Instituto nacional de ecología, 2007).

**Fotografía 5-39 Estación de servicio "Coomulpinort". Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1159796,68 NORTE: 1308126,66**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

**Fotografía 5-40 Parqueadero de vehículos. Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1159848,95 NORTE: 1308124,22**



Fuente: Google Earth, 2017

También se identificó en esta clasificación las emisiones atmosféricas producto de las

actividades de extracción minera subterránea de carbón, esta cuenta con licencia ambiental otorgada mediante la resolución 0622 de 01 de Julio de 2011 (Fotografía 5-41).

**Fotografía 5-41 Mina de carbón "Los Naranjos". Vereda El Naranjo, Pamplona. ESTE: 1161132,87 NORTE: 1311248,94**






Fuente: Aecom-ConCol, 2017




En el área de estudio también se encuentran fuentes lineales de emisión al aire, donde se incluyen las vías que pueden generar emisiones a la atmosfera como el caso de aquellas que por su material de construcción son susceptibles de emitir material particulado, en cuyo caso se identifican aquellas que se encuentran sin pavimentar en afirmado. Las vías que en el área de influencia cumplen estas características son las vías de acceso vehicular a unidades territoriales menores, las cuales se puede decir que no se encuentran totalmente construidas en afirmado ya que en algunos puntos cuentan con estructuras de placa huella, esto se muestra en la Tabla 5.162

En esta clasificación también se encuentran los asentamientos humanos identificados como los potenciales receptores y emisores de la contaminación atmosférica debido a la concentración de la población, desarrollo de viviendas y actividades económicas, además es importante tener en cuenta que la mayoría de viviendas cuentan con estufa de leña para la cocción de sus alimentos. En algunos casos estas están construidas de modo que cuentan con chimeneas o buitrones que son ductos de escape de los gases producto de la actividad (Fotografía 5-42), en otros casos la leña se quema en fogones abiertos o estufas de mal funcionamiento, lo cual es común en zonas rurales.



**Tabla 5.162 Descripción de fuentes lineales de emisión.**

ID	Municipio	Vereda	Descripción	Material de conformación	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Registro Fotográfico
					Este	Norte	
22	Pamplona	Chíchira	Vía de acceso a vereda El Naranjo, Pamplona	Placa huella y Afirmado	1160158,23	1308472,65	
23	Pamplona	El Naranjo	Vía de acceso a vereda Ulagá	Placa huella y Afirmado	1161720,81	1311484,12	
24	Pamplona	El Naranjo	Vía de acceso a vereda El Páramo	Placa huella y Afirmado	1161182,78	1311879,22	

ID	Municipio	Vereda	Descripción	Material de conformación	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Registro Fotográfico
					Este	Norte	
25	Pamplonita	La Hojancha	Vía de acceso 1 a vereda La Hojancha	Placa huella y Afirmado	1160801,30	1311950,76	
26	Pamplonit	La Hojancha	Vía de acceso 2 vereda La Hojancha	Placa huella y Afirmado	1160592,99	1313223,33	
27	Pamplonita	El Colorado	Vía de acceso a vereda El Colorado	Placa huella y Afirmado	1160591,82	1313532,14	

Fuente: Aecom-ConCol, 2017

Las emisiones atmosféricas producidas dependen de la combustión de la leña, ya que si es completa se libera dióxido de carbono y agua, sin embargo, cuando esta es incompleta se da lugar a monóxido de carbono, benceno, butadieno, formaldehído y otros compuestos perjudiciales para la salud. Según la OMS “en viviendas mal ventiladas el humo puede producir concentraciones de partículas finas 100 veces superiores a las aceptables”, por otro lado la leña también es un emisor de material particulado (Smith, 2006). Las estructuras de estufas predominantes se muestran en la Fotografía 5-42 y Fotografía 5-43.

**Fotografía 5-42 Chimeneas típicas en las viviendas y leña como combustible**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

**Fotografía 5-43 Estufas de leña en las viviendas**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

De acuerdo con lo anterior, en esta unidad funcional se encuentran caseríos asociados a los municipios de Pamplona y Pamplonita de entre 4 y 9 viviendas, es de tener en cuenta que esta zona es rural donde predominan los centros poblados dispersos, identificándose algunos centros poblados nucleados.

**Fotografía 5-44 Centro poblado nucleado, curva de los adioses. Vereda Alcaparral, Pamplona  
ESTE: 1159814,94 NORTE: 1308081,76**



Fuente: Google Earth, 2017

**Fotografía 5-45 Centro poblado disperso. Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1160018,46  
NORTE: 1308022,84**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

**Fotografía 5-46 Centro poblado disperso. Vereda El Naranjo, Pamplona. ESTE: 1160831,23  
NORTE: 1309841,75**



Fuente: Google Earth, 2017



**Fotografía 5-47 Centro educativo rural Chíchira. Sede escolar El Naranjo. Vereda el Naranjo, Pamplona. ESTE: 1160741 NORTE: 1309768**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

**Fotografía 5-48 Centro poblado disperso. Vereda el Naranjo, Pamplona. ESTE: 1161198 NORTE: 1310539**



Fuente: Google Earth, 2017

**Fotografía 5-49 Centro poblado disperso. Vereda La Hojancha, Pamplonita. ESTE: 1160593 NORTE: 1313523**



Fuente: Google Earth, 2017

### 5.1.10.2.2 Fuentes móviles

Se define como una fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza (Decreto 948 de 1995). Teniendo en cuenta que se tiene presencia de un corredor vial, es decir la vía existente Pamplona-Cúcuta, se cuenta con la presencia continua y permanente de vehículos de toda clase como lo son automóviles, autobuses, motocicletas, camiones, tracto mulas, etc.

Estos emiten una serie de gases de combustión por el tubo de escape producto de la quema del combustible como hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), material particulado (PM), Metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Algunos de los anteriores no son solo nocivos en altas concentraciones para la salud, sino para el ambiente siendo gases con importante efecto invernadero que contribuyen con el calentamiento global. Por otro lado, las emisiones dependen de las características del vehículo y su sistema de control de estas, de esta forma los vehículos más pesados tienden a generar mayores emisiones por kilómetro recorrido (Instituto nacional de ecología, 2007).

**Fotografía 5-50 Fuentes móviles sobre la vía existente Pamplona-Cúcuta**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

### 5.1.10.2.3 Potenciales receptores

Como se mencionó anteriormente, las viviendas se ubican de forma dispersa identificándose los siguientes caseríos como receptores distribuidos a lo largo de la unidad funcional 2. Lo anterior se muestra en la Tabla 5.163.

**Tabla 5.163 Potenciales receptores en el área de influencia de la UF 2**

Municipio	Unidad territorial	Coordenadas Magna Sirga Colombia Bogotá		Tipo de asentamiento
		Este	Norte	
Pamplona	Alcaparral	1159575	1307800	Disperso
Pamplona	Alcaparral	1159815	1308082	Nucleado
Pamplona	Alcaparral	1160018	1308023	Disperso
Pamplona	El Naranjo	1160831	1309841	Disperso
Pamplona	El Naranjo	1161198	1310539	Disperso
Pamplona	La Hojancha	1160593	1313523	Disperso

Fuente: Aecom-ConCol, 2017

### **5.1.10.3 Calidad del Aire**

La evaluación de la calidad del aire tiene como propósito fundamental hacer el seguimiento al estado de preservación del recurso, velando porque la posible carga de contaminantes gaseosos, vapores y/o material particulado no sobrepase los límites permisibles establecidos en la normatividad ambiental. Para tal efecto y con el fin de garantizar la calidad y trazabilidad del muestreo se sigue la metodología establecida por la United States Environmental Protection Agency (U.S EPA) para la evaluación técnica de la calidad del aire.

El muestreo de calidad de aire se realizó para la unidad funcional 2 entre los días 12 Y 16 de Noviembre de 2017 por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente C.I.M.A acreditado por el IDEAM mediante Resolución 2085 del 01 de Octubre de 2015, extendida en la Resolución 0918 del 17 de mayo de 2016, bajo la norma NTC ISO/IEC 17025:2005 (Ver anexo 5.1.5 Atmosférico, carpeta A - Anexos aire). En el presente informe se consignan los resultados obtenidos en el muestreo de calidad del aire, realizado con el propósito de generar una caracterización de este componente en el área de influencia de las actividades humanas actualmente desarrolladas en la zona y realizar la comparación de estos con los parámetros establecidos en la normatividad ambiental vigente contenida en la resolución 610 de 2010 del MAVDS.

El informe detallado de calidad de aire se encuentra en el anexo 5.1.5 Atmosférico, carpeta A - Anexos aire.

#### **5.1.10.3.1 Inventario de fuentes generadoras de emisiones atmosféricas**

Con el fin de dar cumplimiento a la resolución 751 de 2015 relacionado con el elemento de Aire, se realizó un inventario de las fuentes de contaminación del aire y se programó una campaña de monitoreo de calidad del aire en las zonas que se consideraron de interés.

Como se mencionó anteriormente las actividades identificadas, se asocian a comerciales e industriales, tránsito vehicular, poblamientos y asentamientos humanos.

#### **5.1.10.3.2 Análisis y evaluación de la calidad de aire**

El muestreo y análisis de calidad de aire fue realizado por la Corporación Integral del Medio Ambiente – CIMA, mediante el análisis preliminar de las posibles fuentes de emisión en la zona de estudio y los factores climatológicos. A partir de tal análisis se ubicaron dos (2) estaciones de calidad de aire en el área de estudio para la unidad funcional 2 (estación 1 y estación 2), además se ubicó una estación blanco en una zona veredal aledaña (estación 3).

En estas estaciones se determinaron las concentraciones de los siguientes compuestos: Material Particulado menor a 10 micras (PM-10), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) mediante muestreos de 24 horas durante dieciocho (18) días, día de por medio. Las mediciones de Monóxido de Carbono (CO) se efectuaron de manera puntual, cada uno de los días de muestreo.

A continuación, se describen los aspectos principales y relevantes del monitoreo; el informe

detallado presentado por el laboratorio encargado CIMA se incluyen en el Anexo Calidad del Aire del presente documento.

- i. **Determinación de material particulado menor a diez micras (PM-10):** El método de muestreo y análisis corresponde al método de referencia US EPA CFR Título 40 Parte 50 Apéndice J: PM 10. La muestra de aire se succiona por 24 +/- 1 horas y se hace pasar a través de un impactador que clasifica las partículas y solo deja pasar las que tienen un diámetro aerodinámico menor a 10 micras. Las partículas llegan al filtro de celulosa el cual se pesa en las mismas condiciones de humedad y temperatura antes y después de ser expuesto, para determinar el peso neto ganado. El volumen de muestra se calcula con base en las mediciones de flujo y tiempo de muestreo. La medición de flujo requiere de una calibración previa del equipo con respecto a un medidor patrón.
- ii. **Determinación de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre:** La muestra de aire para análisis de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> se toma simultánea con la de partículas mediante el tren de muestreo tipo Andersen, usando la bomba de vacío para hacer pasar el aire por 24 horas a través de burbujeadores con soluciones absorbentes. El Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es absorbido de la muestra de aire por una solución de trietanolamina y n-butanol, contenida en uno de los burbujeadores. El NO<sub>2</sub> colectado se derivatiza en el laboratorio a un azo-compuesto con sulfanilamida y NEDA, y se cuantifica por medición espectrofotométrica a 540 nm. Por su parte, el Dióxido de Azufre se mide por el método de referencia de la Resolución 19622 de 1985 que corresponde al US EPA CFR Título 40 Parte 50 Apéndice A2. La muestra de aire se pasa por una solución absorbente de tetracloromercurato de potasio en el mismo tren de muestreo Andersen. Una vez terminado el periodo de muestreo, las muestras se refrigeran y envían al laboratorio donde se desarrolla el color de la solución absorbente con pararosanilina y se lee la absorbancia en un espectrofotómetro.
- iii. **Determinación de monóxido de carbono:** Para la determinación de monóxido de carbono se emplea el analizador modelo APMA (Método Automático Equivalente RFCA-0506-158 para rango de concentraciones 0 - 50 ppm), de acuerdo al método de referencia US EPA CFR, Título, 40, Parte 50. Appendix C to Part 50—Measurement Principle and Calibration Procedure for the Measurement of Carbon Monoxide in the Atmosphere (Non-Dispersive Infrared Photometry). APMA-370 es un analizador de monóxido de carbono (CO) en aire ambiente, que emplea como principio de medición el análisis por infrarrojo no dispersivo (IRND). Este analizador permite medir continuamente las concentraciones de CO en aire ambiente. Para la determinación de monóxido de carbono el analizador usa el efecto de modulación, que ocurre en la absorción infrarroja del gas de muestra, cuando el gas en mención y el gas cero son enviados alternativamente a la célula de medida con un caudal fijo usando una válvula solenoide que actúa a una frecuencia de 1 Hz.

Los puntos de toma de muestras se establecieron en toda la zona de estudio, a continuación en la Tabla 5.164 se describen los aspectos generales del área donde se localizan las estaciones de monitoreo para la UF2 y en Figura 5.190 se observa la ubicación espacial de las mismas.




**Tabla 5.164 Generalidades estaciones de muestreo – Estación 1**

Tabla 6764: Características de las Estaciones de Monitoreo				
Punto De Monitoreo	Coordenadas Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Central		Fuentes de emisión	Registro Fotográfico
Estación 1 Colegio.	N:	1309748,01	<b>CLIMA:</b> El clima durante los días de monitoreo fue templado con cielo nublado la mayoría de los días.	
	E:	1160729,08	<b>MÓVILES:</b> En la vía localizada frente a la estación de monitoreo el paso de vehículos es frecuente (camiones y automóviles).	
	Altitud :	1994 msnm	<b>FIJAS:</b> En algunas casas se cocina con leña, por lo que se evidencien emisiones de chimeneas.	
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL:</b> la estación fue ubicada en el centro educativo rural Chíchira, en la vereda El Naranjo en jurisdicción del municipio de Pamplona, Norte de Santander.				


Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

**Tabla 5.165 Generalidades estaciones de muestreo – Estación 2**

Puntos De Monitoreo	Coordenadas Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Central		Fuentes de emisión	Registro Fotográfico
Estación 2 Los Adioses	N:	1308091,71	<b>CLIMA:</b> el cielo estuvo nublado la mayoría de los días del monitoreo.	
	E:	1159801,90	<b>MÓVILES:</b> El paso de vehículos es frecuente, especialmente automóviles y motos.	
	Altitud:	2205 msnm	<b>FIJAS:</b> No se evidencian fuentes fijas de emisión.	
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL:</b> la estación fue ubicada en la curva Los Adioses de la Vereda Alcaparral, en jurisdicción del municipio de Pamplona, Norte de Santander.				

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

**Tabla 5.166 Generalidades estaciones de muestre - Estación 3**

Tabla 3.100 Generalidades estaciones de monitoreo - Estación 3				
Puntos De Monitoreo	Coordenadas Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Central		Fuentes de emisión	Registro Fotográfico
Estación 3 Simón Bolívar	N:	1309391,92	<b>CLIMA:</b> Clima templado durante la ejecución del monitoreo. Durante la mayoría de días el cielo estuvo parcialmente nublado.	
	E:	1158954,07	<b>MÓVILES:</b> el paso de vehículos (pesados y livianos) es frecuente en la vía cercana.	
	Altitud:	2433 msnm	<b>FIJAS:</b> Se evidencian chimeneas de cocinas en algunos predios aledaños.	
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL:</b> la estación fue ubicada en la vereda Alcaparral, en jurisdicción del municipio de Pamplona, Norte de Santander.				

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

Para la localización de las estaciones de calidad del aire se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La distancia entre la estación de calidad del aire y el obstáculo más cercano, debe ser dos veces la altura del obstáculo.
- Los equipos de muestreo pueden estar ubicados mínimo a 1.20 m desde el nivel del suelo.
- No se deben instalar cerca (menos de 10 m) de fuentes fijas puntuales de emisión.
- Tener un radio de 270° libre de restricciones de flujo alrededor del Muestreador.

La selección de los puntos de monitoreo en el área de influencia de la UF2 se realizó respondiendo a lo indicado en los términos de referencia M-M-INA-02 Versión No.2 adoptados por la Resolución 0751 de marzo de 2015 del MADS, en los que se establece que se debe presentar una evaluación de la calidad del aire, considerando:

- Fuentes de emisiones atmosféricas existentes: fijas, móviles y de área
- Ubicación cartográfica de los posibles receptores

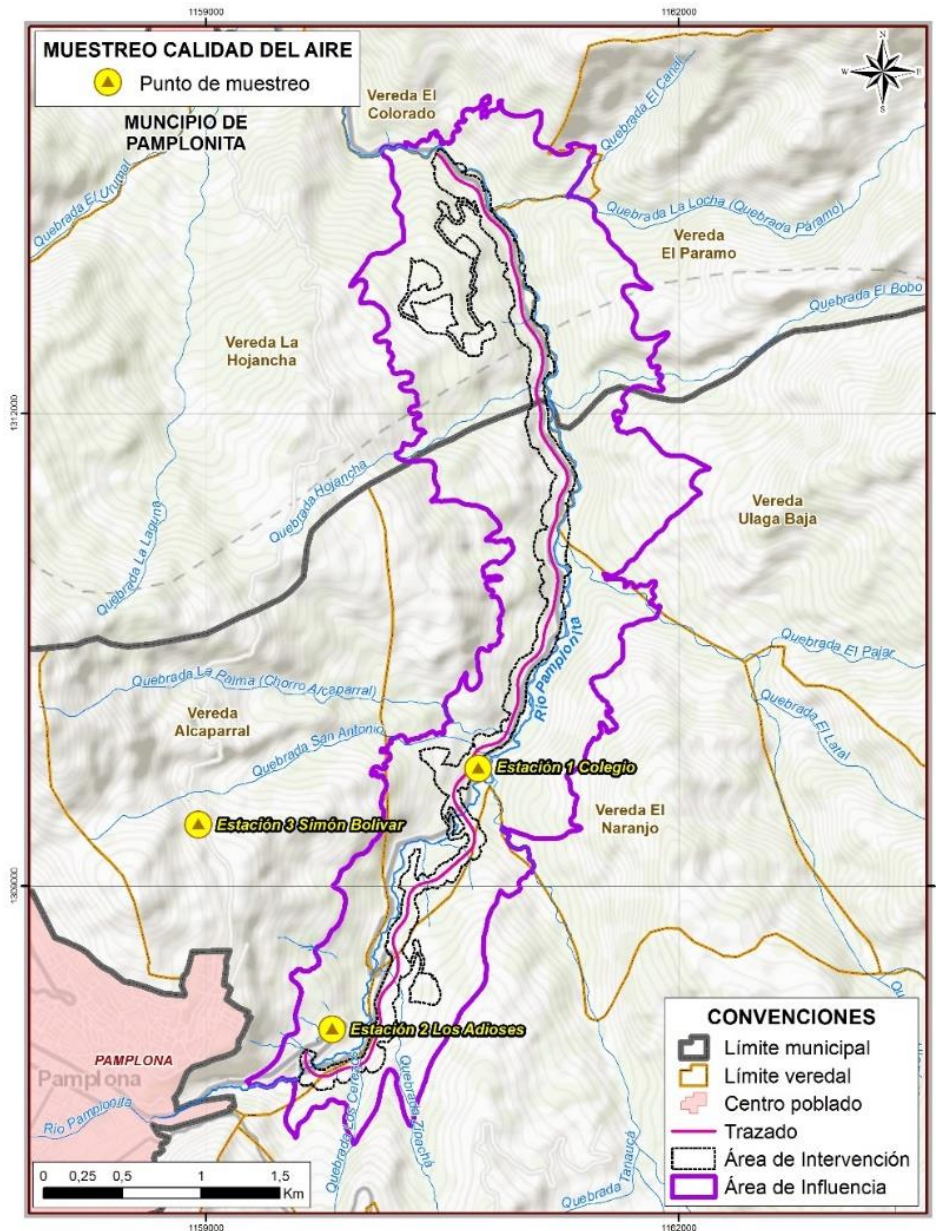
De acuerdo con lo anterior, la estación 1 Colegio, se ubicó en una institución educativa veredal que representa un posible receptor sensible de contaminación y a la vez por su

ubicación sobre la vía existente se considera también como un punto de monitoreo influenciado por las emisiones atmosféricas de fuentes móviles que transitan la vía. La estación 2 Los Adioses, se ubicó en un área que presenta tanto posibles receptores como fuentes de emisión, lo anterior debido a que en la zona hay presencia de establecimientos comerciales (restaurantes), industriales (fabricación de bocadillo) y de servicios (talleres mecánicos, lavadero de carros, distribución de combustibles).

Por otro lado, la estación 3 ubicada como una estación de fondo se situó en un área veredal con presencia limitada de fuentes de emisión y receptores sensibles con el fin de generar una línea base de la calidad de aire en zonas equivalentes en el área de influencia de la UF2.

Estas estaciones se ubicaron en el municipio de Pamplona debido a que presentaron las condiciones descritas anteriormente, mientras que en el área del municipio de Pamplonita, que hace parte de la UF2, no se encuentran fuentes de emisión de contaminantes representativos, ni posibles receptores agrupados sino dispersos.

**Figura 5.190 Puntos de muestreo de calidad de aire**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

Los equipos utilizados durante el muestreo de calidad de aire se relacionan en la Tabla 5.167.

**Tabla 5.167 Equipos utilizados durante el muestreo de calidad aire**

Equipo	Código interno	Estación	Serial
Hi Vol PM-10	CA_159_EM	Estación 1	No reportado
Hi Vol PM-10	CA_220_EM	Estación 2	No reportado
Hi Vol PM-10	CA_067_EM	Estación 3	No reportado



Equipo	Código interno	Estación	Serial
Rack de gases	CA_186_EM	Estación 1	No reportado
Rack de gases	CA_128_EM	Estación 2	No reportado
Rack de gases	CA_129_EM	Estación 3	No reportado
Calibrador Variflow	CA_140_EC	Todas las estaciones	No reportado
Analizador de CO Horiba APMA-370	CA_303_EM	Todas las estaciones	TE 116311

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017.

- Información meteorológica

Las características meteorológicas y climatológicas influyen directamente en la calidad del aire y cualquier medición de esta que se haga, por esto para el presente estudio se realiza un análisis climático del área evaluada a partir de información recolectada en campo obtenida de la estación meteorológica de la estación Universidad de Pamplona.

Las variables más relevantes para los estudios de calidad de aire son precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento; a continuación se presenta información de medias y totales diarias de datos climáticos presentados durante el periodo comprendido entre el 12 de Noviembre y el 16 de Diciembre de 2017.

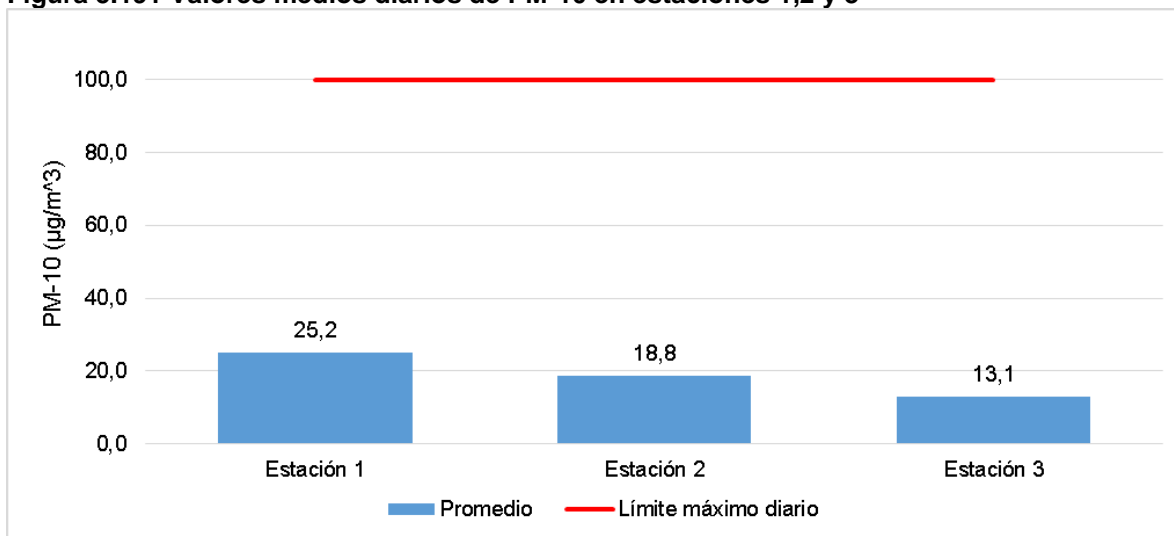
- Temperatura y Precipitación: El análisis de la precipitación realizada tuvo como objetivo la caracterización del régimen de lluvias en el área y determinar la distribución espacial y variación en el periodo de muestreo. Así cuantificar la atenuación de las emisiones contaminantes por parte de las lluvias en los sitios de interés.
- De acuerdo a la información de precipitación en la zona se observa que durante el periodo de estudio se presentaron nueve (9) eventos de precipitación, registrando el día 16 de Noviembre el mayor valor, de 44 mm de agua a lo largo del día. Adicionalmente se puede establecer que la temperatura media en la zona fue de 14,7 °C, la temperatura media máxima reportada fue de 15,6 °C el día 26 de noviembre de 2017 y la temperatura media mínima reportada en la zona fue de 13,7 °C el día 04 de diciembre de 2017. En la Gráfica 2 se muestra el comportamiento de esta variable.
- Humedad relativa: La humedad relativa tiene un valor medio de 81,2 %, evidenciando baja fluctuación durante los días de monitoreo. Además, es posible observar que el día 18 de noviembre se presentó el mayor porcentaje de humedad relativa con un valor de 92,0 %, mientras que en el día 14 de diciembre se presentó el menor valor con un porcentaje de 67,6 %.
- Velocidad y dirección del viento: El viento es el principal agente meteorológico que determina las condiciones de dispersión de la contaminación, tanto horizontal como verticalmente. Sus características de velocidad y dirección son importantes para determinar lo que se denomina área de dispersión o alcance. En términos generales los vientos en la zona de estudio son leves y no fluctuantes, la predominancia de la dirección del viento en los días evaluados viene desde el Sur- Este hacia el Nor-Oeste, con velocidad promedio de 3,3 m/s.

- Resultados

A continuación, se presentan los datos y resultados de las tres (3) estaciones en donde se determinó la concentración de PM-10, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, y CO. Los valores obtenidos fueron comparados con la norma de calidad del aire establecida en la resolución 610 de 2010 del MAVDS.

- Material Particulado menor a 10 micras (PM-10): A continuación se presentan las gráficas con los resultados medios obtenidos en las tres estaciones de monitoreo.

**Figura 5.191 Valores medios diarios de PM-10 en estaciones 1,2 y 3**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

El promedio aritmético de PM-10, resultado del monitoreo efectuado entre los días 12 de noviembre y 16 de diciembre de 2017 (realizando muestreo día de por medio para un total de 18 muestras) en la Estación 1 “Colegio”, fue de 25,2 µg/m³ con valor máximo de 33,9 µg/m³ reportado el día 16 de diciembre de 2017 y un mínimo de 14,6 µg/m³ obtenido el día 12 de diciembre de 2017. Para esta estación no se superó el límite máximo permisible en ninguno de los días de monitoreo, el valor máximo reportado se encuentra 66,1 µg/m³ por debajo del límite máximo permisible diario establecido en la resolución 610 de 2010 del MAVDS (100 µg/m³). La representatividad de la estación fue del 100 %, ya que la totalidad de los días planeados fueron muestreados.

El promedio aritmético de PM-10, resultado del muestreo efectuado entre los días 12 de noviembre y 16 de diciembre de 2017 (realizando muestreo día de por medio para un total de 18 muestras) en la Estación 2 “Los Adioses”, fue de 18,2 µg/m³ con valor máximo de 24,0 µg/m³ reportado el día 10 de diciembre de 2017 y un mínimo de 4,7 µg/m³ obtenido el día 02 de diciembre de 2017. Para esta estación no se superó el límite máximo permisible en ninguno de los días de monitoreo, el valor máximo reportado se encuentra 76,0 µg/m³ por debajo del límite máximo permisible diario establecido en la resolución 610 de 2010 del MAVDS (100 µg/m³). La representatividad de la estación fue de 88%, debido a que en dos

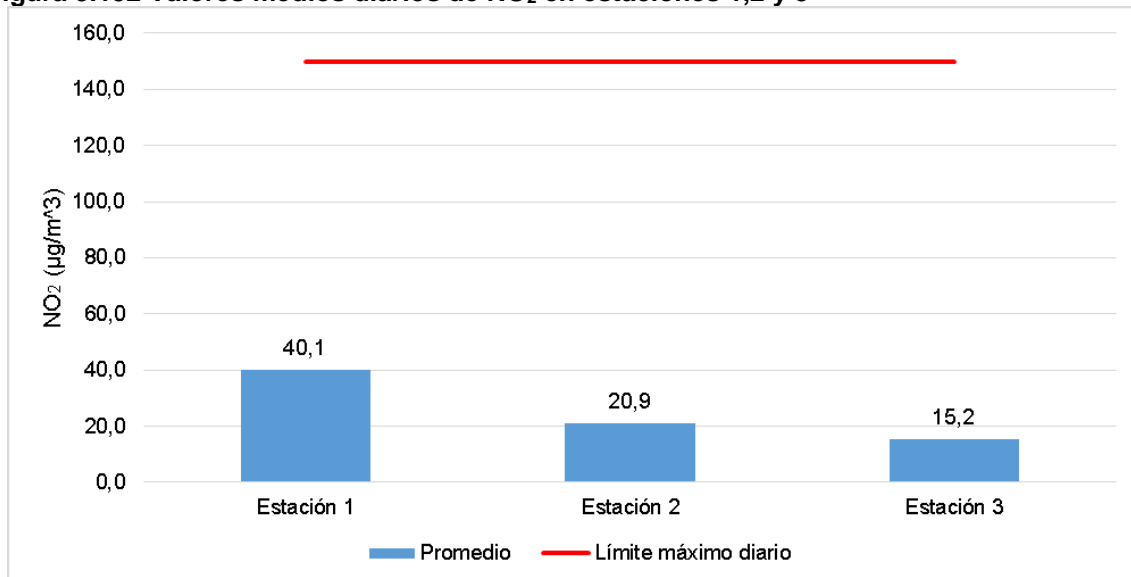
días del monitoreo (28 de noviembre y 04 de diciembre) se presentaron fallas eléctricas.

El promedio aritmético de PM-10, resultado del muestreo efectuado entre los días 12 de noviembre y 16 de diciembre de 2017 (realizando muestreo día de por medio para un total de 18 muestras) en la Estación 3 “Simón Bolívar” fue de 13,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con valor máximo de 20,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  reportado el día 10 de diciembre de 2017 y un mínimo de 6,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  obtenido el día 06 de diciembre de 2017. Para esta estación no se superó el límite máximo permisible en ninguno de los días de monitoreo; el valor máximo reportado se encuentra 79,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por debajo del límite máximo permisible diario establecido en la resolución 610 de 2010 del MAVDS. La representatividad de la estación fue del 100 %, ya que la totalidad de los días planeados fueron muestreados.

De acuerdo con los resultados en la Figura 5.191 se puede observar que ninguna estación superó la norma para tiempos de exposición diario ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), siendo el valor más alto el obtenido en la Estación 1 (25,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 74,8% por debajo del límite normativo establecido en la resolución 610 de 2010 del MAVDS, resultado asociado al flujo vehicular que circula en la vía localizada frente al colegio. Además de lo anterior, se puede evidenciar que la Estación 3 usada como blanco es la que menores valores de PM-10 presenta pues está ubicada en zona alta veredal donde hay escaso tráfico vehicular, mientras que las estaciones 1 y 2 se ubican en cercanías a la vía existente Pamplona – Cúcuta por la cual hay tráfico vehicular frecuente.

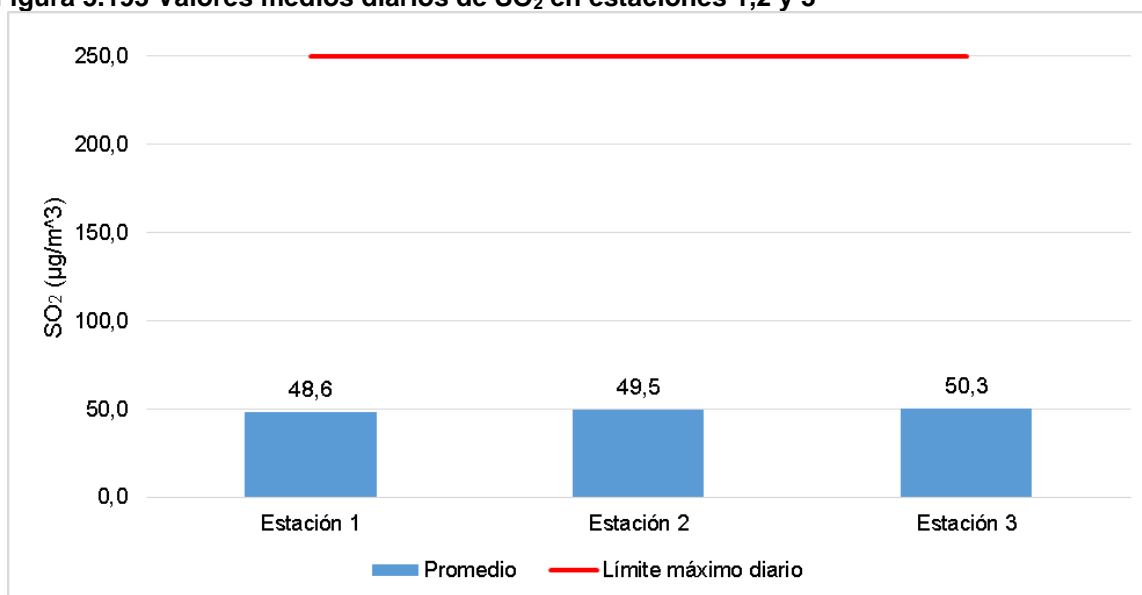
- Dióxidos de nitrógeno y azufre: A continuación se presentan los resultados obtenidos para los parámetros dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en las tres estaciones monitoreadas y su comparación con la resolución 610 de 2010 del MAVDS.

**Figura 5.192 Valores medios diarios de  $\text{NO}_2$  en estaciones 1,2 y 3**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

**Figura 5.193 Valores medios diarios de SO<sub>2</sub> en estaciones 1,2 y 3**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

El promedio de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, resultado del muestreo efectuado entre los días 12 de noviembre y 16 de diciembre de 2017 (realizando muestreo día de por medio para un total de 18 muestras) en la Estación uno (1), Colegio fue de **40,1 µg/m³** para NO<sub>2</sub> y **<45,9 µg /m³** para SO<sub>2</sub> con valor máximo de **77,3 µg /m³** para NO<sub>2</sub> (08 de diciembre de 2017) y de **50,6 µg /m** para SO<sub>2</sub> (14 de diciembre de 2017). La representatividad de la estación fue de 94,4% para NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> debido a fallas eléctricas presentadas el día 12 de noviembre de 2017.

El promedio de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, resultado del muestreo efectuado entre los días 12 de noviembre y 16 de diciembre de 2017 (realizando muestreo día de por medio para un total de 18 muestras) en la Estación dos (2) Los Adioses fue de 20,9 µg/m³ para NO<sub>2</sub> y **<49,5 µg /m³** para SO<sub>2</sub> con valor máximo de 66,1 µg /m³ para NO<sub>2</sub> (12 de diciembre de 2017) y de **<51,9 µg /m** para SO<sub>2</sub> (18 de noviembre de 2017). La representatividad de la estación fue del 88,8 % para NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>.

El promedio de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, resultado del muestreo efectuado entre los días 12 de noviembre y 16 de diciembre de 2017 (realizando muestreo día de por medio para un total de 18 muestras) en la Estación tres (3) Simón Bolívar fue de 15,2 µg/m³ para NO<sub>2</sub> y **<50,3 µg g/m³** para SO<sub>2</sub> con valor máximo de 25,6 µg g/m³ para NO<sub>2</sub> (10 de diciembre de 2017) y de **<53,8 µg g/m** para SO<sub>2</sub> (14 de noviembre). La representatividad de la estación fue del 100% para NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>.

Las muestras anuladas en cada una de las estaciones no ocasionan una invalidación del monitoreo puesto que el Protocolo Para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire en su Manual de Operación indica que “es necesario que el porcentaje de datos validos empleados en la realización de los correspondientes cálculos de promedios, comparaciones con la norma de calidad del aire y estimación del número de excedencias no sea inferior al 75%”.

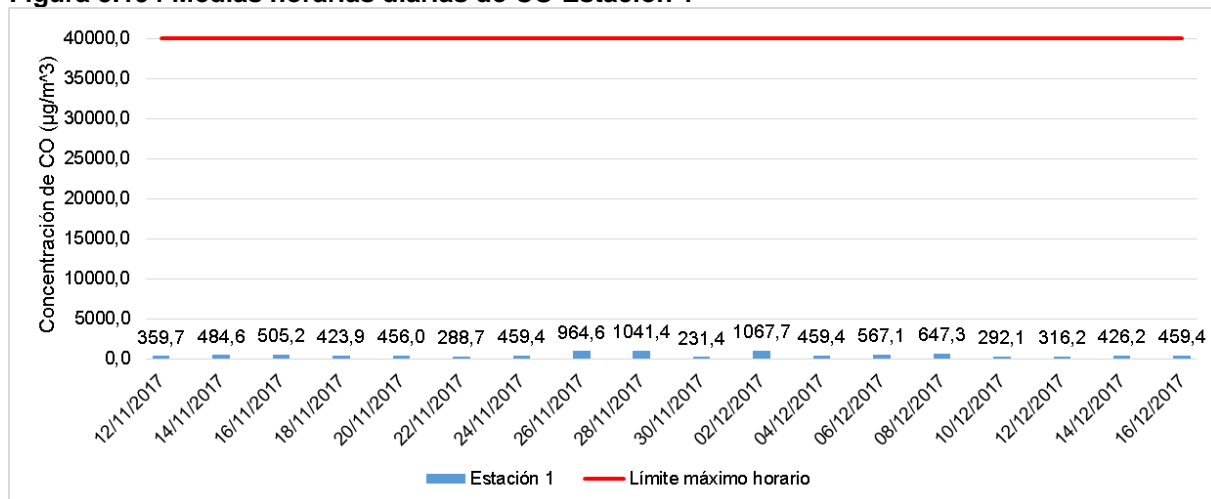


De acuerdo con los resultados anteriores representados en las Figura 5.192 y Figura 5.193, se puede observar que en ninguna de las tres (3) estaciones se superó el límite normativo de  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{SO}_2$ ) y  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{NO}_2$ ) para tiempos de exposición diaria. Estos gases se atribuyen a la combustión en motores de los vehículos, motos y transporte pesado que circulan por la zona.

En el caso de  $\text{NO}_2$  la estación que presenta el promedio más alto es la estación 1 con  $40,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  73,26 % por debajo de la norma diaria ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) por otro lado para  $\text{SO}_2$  la estación que presenta el promedio más alto es la estación 3 con un valor de  $<50,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 79,88 % por debajo de la norma diaria ( $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), se debe tener en cuenta que estos gases se atribuyen a la combustión en motores de los vehículos, motos y transporte pesado que circulan por la zona y que la principal fuente de emisión de las estaciones son el tráfico vehicular de las vías aledañas.

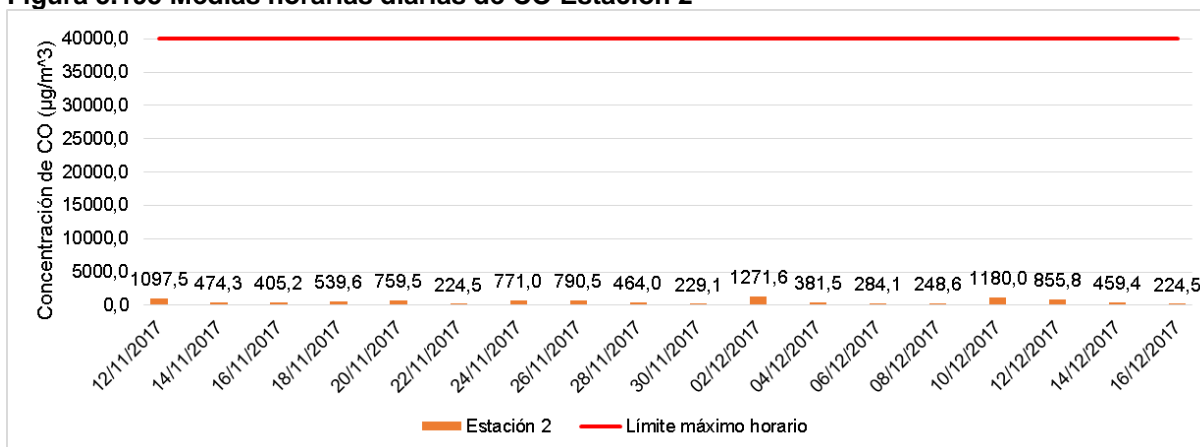
Monóxido de carbono: los resultados se monóxido de carbono para cada una de las estaciones se muestran en la Figura 5.194, la Figura 5.195 y la Figura 5.196.

**Figura 5.194 Medias horarias diarias de CO Estación 1**



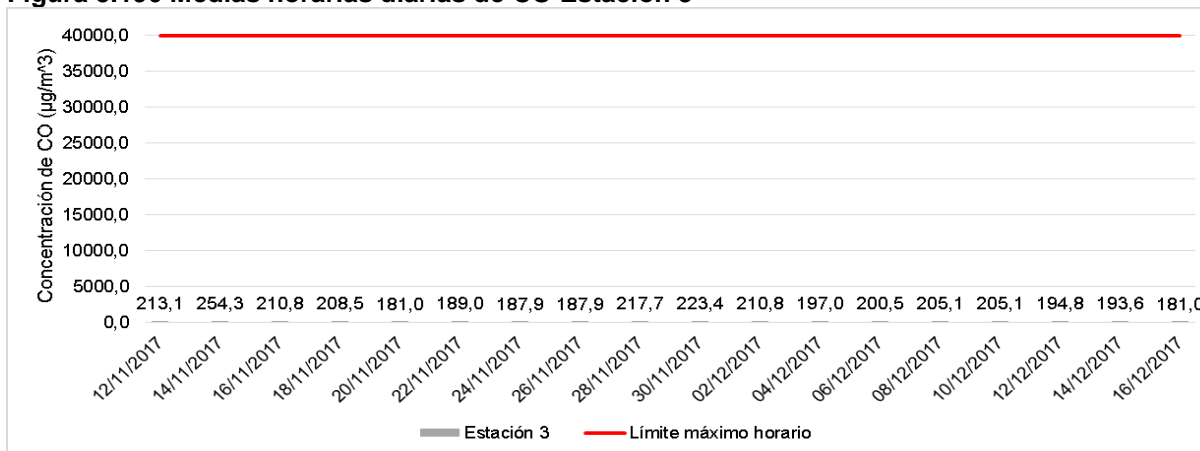
Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

**Figura 5.195 Medias horarias diarias de CO Estación 2**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

**Figura 5.196 Medias horarias diarias de CO Estación 3**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

De acuerdo con la Figura 5.194, la Figura 5.195 y la Figura 5.196 es posible evidenciar que las concentraciones horarias de monóxido de carbono obtenidas en las estaciones 1, 2 y 3 no exceden en ninguno de los 18 días de muestreo el límite normativo establecido en la resolución 610 de 2010 del MAVDS, para tiempos de exposición de 1 hora (40000 µg/m³).

#### – Índice de calidad de aire (ICA)

El índice de calidad de aire (ICA) permite comparar los niveles de contaminación del aire de las estaciones de monitoreo que conforman un sistema de vigilancia de calidad de aire en un tiempo t, que está ligado al periodo de exposición previsto en la norma para cada contaminante que medido. Este índice ha sido adoptado a partir de las recomendaciones técnicas consignadas en el *Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – The Air Quality Index (AQI)* que es un documento de la agencia de protección del medio ambiente de los estados unidos –EPA- y que se explica en el manual de operación de sistemas de vigilancia.

Los valores del ICA se ubican en una escala adimensional de 0 a 500, que han sido

agrupados en 6 rangos relacionados con la amenaza que, a la salud humana, representan dichos niveles de contaminación al aire. En la Tabla 5.168 se presentan los rangos en los que han sido calificados los valores que puede tomar el índice, junto con el color asignado y la calificación de acuerdo con su efecto en la salud humana.

**Tabla 5.168 Rangos del ICA de acuerdo con el color asignado y calificación.**

Rango ICA	Calificación con respecto a su efecto sobre la salud humana
$0 \leq \text{ICA} \leq 50$	Buena
$50 \leq \text{ICA} \leq 100$	Moderada
$101 \leq \text{ICA} \leq 150$	Dañina a la salud para grupos sensibles
$151 \leq \text{ICA} \leq 200$	Dañina a la salud
$201 \leq \text{ICA} \leq 300$	Muy dañina a la salud

Fuente: Ajustado de [http://www.epa.gov/airnow/aqikids/spanish/pdf/files/spanish\\_aqirefer.pdf](http://www.epa.gov/airnow/aqikids/spanish/pdf/files/spanish_aqirefer.pdf)

Teniendo en cuenta los contaminantes monitoreados en el país, el índice se calcula de forma independiente para cada uno de los seis principales contaminantes, los cuales son  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  Y  $\text{CO}$ .

En el presente estudio el cálculo de ICA aire se llevó a cabo para  $\text{SO}_2$  y  $\text{PM}_{10}$  únicamente, ya que para  $\text{NO}_2$  y  $\text{CO}$  se requieren tiempos de exposición de 1 hora y 8 horas respectivamente y en el muestreo desarrollado las mediciones de los contaminantes en mención fueron de 24 horas para  $\text{NO}_2$  y 1 hora para  $\text{CO}$ .

▪ Índice de calidad de aire (ICA) diario  $\text{SO}_2$

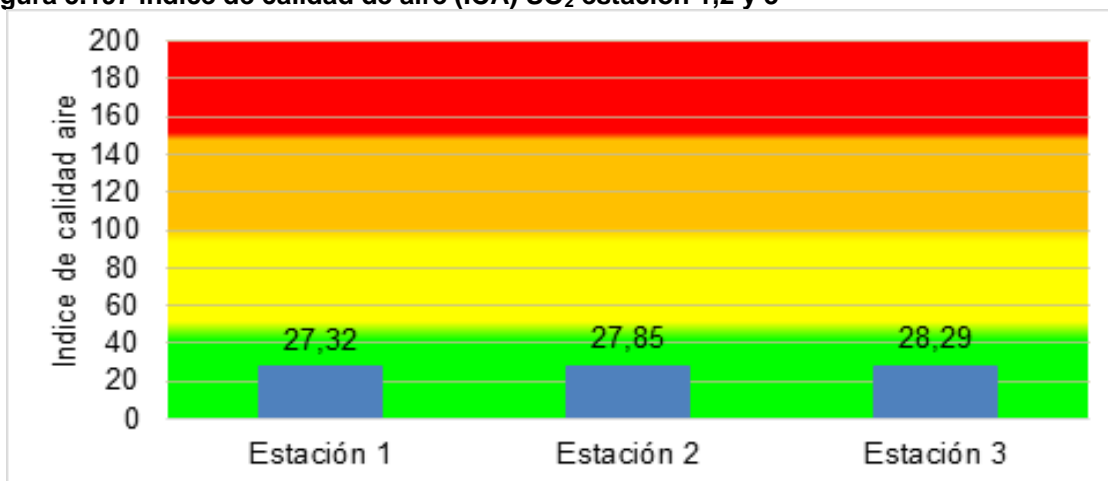
A partir de las concentraciones medias de  $\text{SO}_2$ , calculadas y siguiendo la metodología sugerida en Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire del Protocolo para el Muestreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (MAVDT, 2010 Pág. 134), se calcularon los ICAs. En la Tabla 5.169 se muestra el índice de calidad de aire acumulado o promedio de los 18 días de muestreo; esto se calculó a partir de la concentración promedio del muestreo. Este cálculo solo se determinó para dióxido de azufre, debido a que para el cálculo de dióxido de nitrógeno se requieren mediciones horarias. Para el caso del dióxido de azufre el  $\text{CP}_{jt}$  (Concentración medida del contaminante) es necesaria determinarla en ppm.

**Tabla 5.169 Índices de calidad de Aire acumulados para  $\text{SO}_2$  en los puntos evaluados**

	Estación 1	Estación 2	Estación 3
$C_{pjt}$	0,0186	0,0189	0,0192
$BP_{Hi}$	0,034	0,034	0,034
$BP_{Lo}$	0	0	0
$I_{Hi}$	50	50	50
$I_{Lo}$	0	0	0
$ICA_{Pjt}$	27,32	27,85	28,29

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

**Figura 5.197 Índice de calidad de aire (ICA) SO<sub>2</sub> estación 1,2 y 3**



Fuente: Aecom-ConCol, 2017

De acuerdo con la Figura 5.197 se determina que en la zona de estudio la calidad del aire tiene un índice “BUENO” Según el parámetro Dióxido de Azufre ya que en las tres estaciones para todos los días de muestreo se reportaron valores ICA por debajo de 50.

- Índice de calidad de aire (ICA) diario PM-10

A partir de las concentraciones medias de PM-10, calculadas y siguiendo la metodología sugerida en Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire del Protocolo para el Muestreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (MAVDT, 2010 Pág. 134), se calcularon los ICA's. En la Tabla 5.170 se muestra el índice de calidad de aire acumulado o promedio de los 18 días de muestreo, esto se calculó a partir de la concentración promedio del muestreo. Este cálculo solo se determinó para el material Particulado menor a 10 micras.

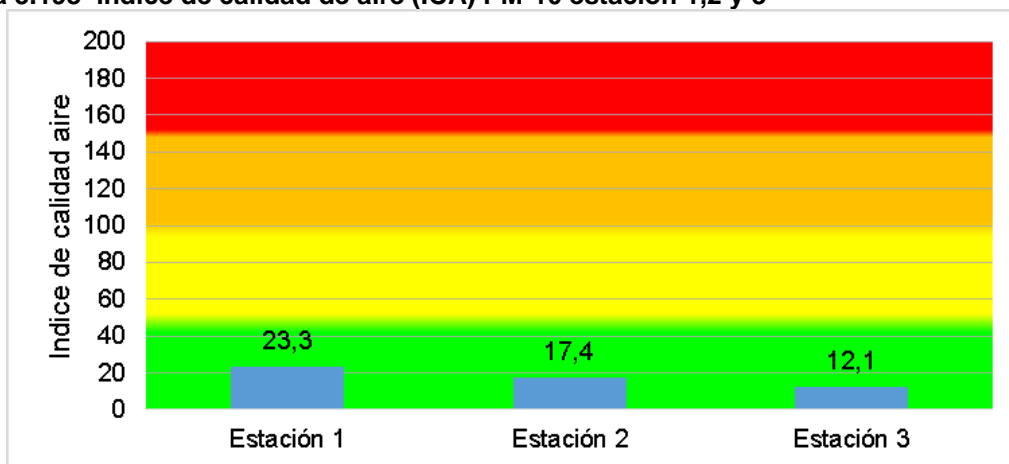
**Tabla 5.170 Índices de calidad de Aire acumulados para PM10 en los puntos evaluados**

	Estación 1	Estación 2	Estación 3
<i>C<sub>pjt</sub></i>	25,2	18,8	13,1
<i>BP<sub>Hi</sub></i>	54	54	54
<i>BP<sub>Lo</sub></i>	0	0	0
<i>I<sub>Hi</sub></i>	50	50	50
<i>I<sub>Lo</sub></i>	0	0	0
<i>ICA<sub>Pjt</sub></i>	23,3	17,4	12,1

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017



**Figura 5.198 Índice de calidad de aire (ICA) PM-10 estación 1,2 y 3**



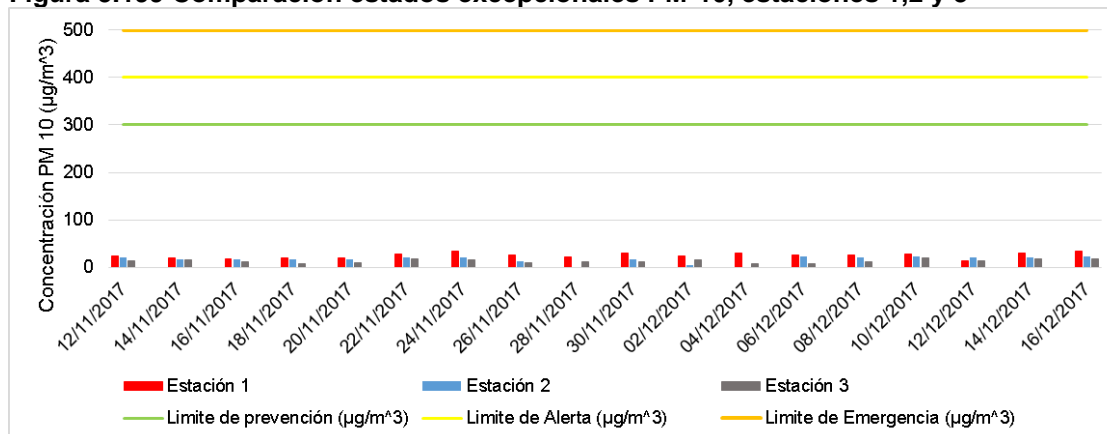
Fuente: Aecom-ConCol, 2017

De acuerdo con la Figura 5.198 se determina que en la zona de estudio la calidad del aire tiene un índice “BUENO”, según el parámetro Material Particulado menor a 10 micras, ya que en todas las estaciones 1, 2 y 3, para todos los días de muestreo, se reportaron valores ICA por debajo de 50.

- Comparación con estados excepcionales PM-10 y SO<sub>2</sub>

En el artículo sexto de la resolución 610 de 2010 del MAVDS. se establecen las concentraciones de contaminantes criterio para declarar los niveles de prevención, alerta y emergencia en la zona evaluada, por lo tanto se hace necesario comparar las concentraciones obtenidas en el presente estudio con los límites establecidos en el artículo en mención, estas comparaciones se harán solamente para los contaminantes PM-10 y SO<sub>2</sub>, ya que para los contaminantes de NO<sub>2</sub> y CO se requieren tiempos de exposición de 1 hora y 8 horas respectivamente y en el muestreo las mediciones de estos contaminantes fueron de 24 horas para NO<sub>2</sub> y 1 hora para CO.

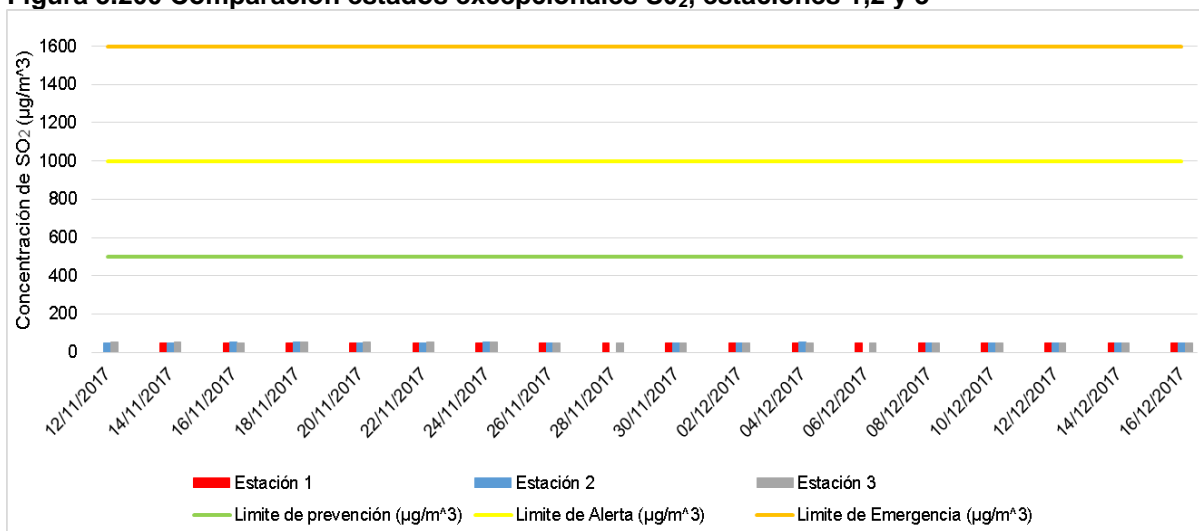
**Figura 5.199 Comparación estados excepcionales PM-10, estaciones 1,2 y 3**



Nota: Los días 16 de noviembre y 4 de diciembre de 2017 se presentaron fallas eléctricas en la estación 2, por lo tanto las muestras fueron anuladas.

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

**Figura 5.200 Comparación estados excepcionales SO<sub>2</sub>, estaciones 1,2 y 3**



Nota: Los días 28 de noviembre y 06 de diciembre de 2017 se presentaron fallas eléctricas en la estación 2, y el día 12 de noviembre de 2017 en la estación 1, por lo tanto las muestras fueron anuladas.

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

En la Figura 5.199 y Figura 5.200 es posible evidenciar que durante los 18 días de muestreo en las tres estaciones, las concentraciones de PM-10 y SO<sub>2</sub> presentan valores muy inferiores a los estados excepcionales definidos en la norma de referencia, por tanto no es necesario considerar declarar ningún nivel de prevención, alerta o emergencia en la zona de estudio.

#### 5.1.10.4 Ruido

En la actualidad el crecimiento de las poblaciones, el aumento en el tráfico vehicular, la construcción de edificios y obras públicas, las actividades industriales y de comercio, se ha convertido en un factor de contaminación constante que aumenta los niveles de ruido ambiental lo que causa deterioro de la calidad de vida y salud de la población. Uno de los principales efectos sobre la salud a causa del ruido es la pérdida de audición o hipoacusia, dentro de los efectos del ruido se encuentran los trastornos del sueño, a corto plazo se presentan alteraciones como la dificultad para conciliarlo, alteraciones de la intensidad del sueño e interrupciones del mismo; las alteraciones a largo plazo se relacionan con la fatiga, modificaciones del carácter y comportamiento y alteraciones del bienestar (Observatorio de salud ambiental de Bogotá, 2015).

El sonido se define como la sensación percibida por el órgano auditivo, debida generalmente a la incidencia de ondas de compresión (longitudinales) propagadas en el aire. Por extensión se aplica el calificativo del sonido, a toda perturbación que se propaga en un medio elástico, produzca sensación audible o no (Resolución 627 del 7 de abril de 2006). El ruido puede clasificarse de la siguiente forma (Cortés Díaz, 2007):

- i. Ruido de impacto: es aquel en el que el nivel de presión acústica (NPA) decrece exponencialmente con el tiempo y las variaciones entre dos máximos consecutivos de nivel acústico se efectúa en un tiempo superior a un segundo, con un tiempo de actuación inferior o igual a 0,2 segundos.

- ii. Ruido continuo: es aquel en el que el nivel de presión acústica se mantiene constante en el tiempo y si posee máximos estos se dan en intervalos menores de un segundo.
- iii. Ruido variable: Cuando el nivel de presión acústica oscila más de 5 dB a lo largo del tiempo.

#### 5.1.10.4.1 Identificación de fuentes generadoras de ruido

Para la identificación se realizó un inventario de fuentes generadoras y se programó una campaña de monitoreo de calidad de presión sonora en las zonas que de acuerdo con lo observado se consideraron de interés por la evidente incidencia de ruido. Este inventario para la unidad funcional UF2 se llevó a cabo en el mes de noviembre del 2017, a continuación, se presenta al identificación y descripción de estas.

Se entiende como emisión de ruido, la presión sonora que, generada en cualesquiera condiciones, trasciende al medio ambiente o al espacio público (Resolución 0627 de 2006), esta se mide en Nivel de presión sonora que es la cantidad expresada en decibeles (dB).

En la Tabla 5.171 se muestra el inventario total de las fuentes emisores de ruido identificadas.

- i. **Centros poblados:** A lo largo de la unidad funcional solo se identifica un centro poblado nucleado ubicado en la vereda Alcaparral en el sector conocido como curva de los adioses. Esta es una fuente de emisión de ruido debido a las actividades realizadas y concentradas en la zona donde se encuentran viviendas, restaurantes, estación de servicio, lavadero de carros y fábrica de producción de bocadillos.

**Fotografía 5-51 Centro poblado nucleado, curva de los adioses. Vereda Alcaparral, Pamplona. ESTE: 1.159.814 NORTE: 1.308.081**



Fuente: Google Earth, 2017 – Aecom - Concol, 2017.

**Tabla 5.171 Inventario fuentes de emisión de ruido**

ID_Fuente	Municipio	Vereda	Nombre	Descripción	Coordenadas Magna Sirgas - Origen Bogotá	
					Este	Norte
R-1	PAMPLONA	Alcaparral	Centro poblado nucleado, curva de los adioses	Viviendas, restaurantes, estación de servicio, lavadero de carros, fábrica de bocadillos, fábrica de muebles y montallantas y cambio de aceite.	1159814	1308081
R-2	PAMPLONA	El Naranjo	Centro educativo rural Chíchira	Escuela primaria	1160741	1309768
R-3	PAMPLONA	La Hojancha	Caseta 3 Esquinas	Establecimiento comercial	1161163,98	1312256,33
R-4	PAMPLONA	La Hojancha	Establecimiento comecial sin nombre	Establecimiento comercial y cría y sacrificio de marranos	1160594,69	1313517,88
R-5	PAMPLONA	El Naranjo	Establecimiento comecial sin nombre	Establecimiento comercial y venta de combustible	1160190,09	1309129,98
R-6	PAMPLONA	El Naranjo	Establecimiento comecial sin nombre	Establecimiento comercial	1160679,71	1309560,18
R-7	PAMPLONA	El Naranjo	Establecimiento comecial sin nombre	Establecimiento comercial	1160688,64	1309674,28
R-8	PAMPLONA	El Naranjo	Tienda El Naranjo	Establecimiento comercial	1160755,12	1309795,99
R-9	PAMPLONA	El Naranjo	Establecimiento comecial sin nombre	Establecimiento comercial	1161012,1	1310148,21
R-10	PAMPLONA	El Naranjo	Restaurante Brisas del Mar	Establecimiento comercial	1161268,61	1310978,21
R-11	PAMPLONA	El Naranjo	Restaurante La Isla	Establecimiento comercial	1161263,85	1310921,45

Fuente: Aecom-ConCol, 2017



- ii. **Centros educativos:** A lo largo del corredor se identificó una escuela primaria ubicada en la vereda El Naranjo en el municipio de Pamplona.

**Fotografía 5-52 Centro educativo rural Chichirá. Sede escolar El Naranjo. ESTE: 1.160.741 NORTE: 1.309.768**



Fuente: Aecom - Concol, 2017.

### iii. **Tráfico vehicular**

A lo largo del corredor vial se presenta movimiento continuo y permanente de vehículos ya sean particulares, de transporte público como buses y microbuses, de carga pesada como camiones y tracto multas y motocicletas. Teniendo en cuenta que es la vía que de Bucaramanga conduce a Cúcuta, se presenta gran tráfico vehicular de tipo público, este genera cambios en los niveles de presión sonora que son percibidos por la población.

**Fotografía 5-53 Tráfico vehicular sobre vía existente Pamplona-Cúcuta**



Fuente: Google Earth, 2017 – Aecom - Concol, 2017

#### **5.1.10.4.2 Monitoreo de Generación de Ruido**

La evaluación de ruido ambiental para el área de influencia de la unidad funcional 2 se realizó entre los días 17 y 18 de diciembre de 2017, esta se realizó bajo los lineamientos establecidos en la (Resolución 0627 de 2006) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Este estudio busca identificar áreas sensibles en el área de influencia a fin de caracterizar

los niveles de presión sonora ambiental actuales en concordancia con las metodologías establecidas en la resolución ya mencionada. En la unidad funcional objeto el presente estudio se ubicaron 5 puntos de monitoreo en horario diurno y nocturno y en jornadas de día hábil y no hábil, lo anterior fue desarrollado por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente –CIMA el cual se encuentra acreditado por el IDEAM mediante Resolución 2085 de 01 de octubre de 2015 bajo la norma NTC/IEC 17025:2005. El informe detallado de ruido ambiental se encuentra en el anexo 5.1.5 Atmosférico, carpeta B – Anexos de ruido.

En la Tabla 5.172 se muestra la localización de los puntos de monitoreo, los cuales se representan en la Figura 5.201.

**Tabla 5.172 Puntos de medición de ruido ambiental**

Punto	Nombre del punto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas planas Magna Sirgas Origen Central	
		Latitud	Longitud	Norte	Este
P01*	Punto 1	7° 22' 47.3"	72° 37' 48.5"	1308088,669	1159811,114
P02*	Punto 2	7° 23' 42.1"	72° 37' 18.5"	1309775,659	1160725,928
P03*	Punto 3	7° 24' 30.8"	72° 36' 58.1"	1311274,257	1161346,805
P04**	Punto 4	7° 25' 02.2"	72° 37' 04.4"	1312238,541	1161150,378
P05**	Punto 5	7° 25' 47.1"	72° 37' 21.9"	1313616,549	1160609,044

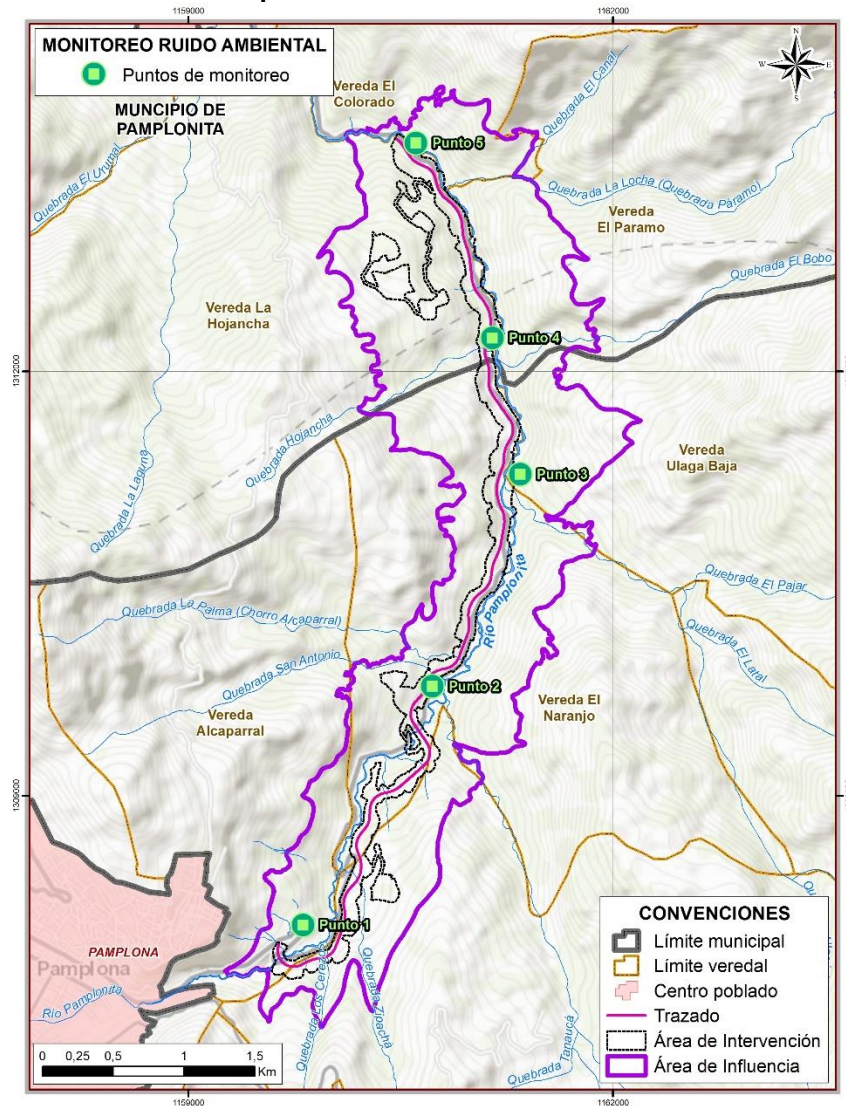
\*Los puntos P01, P02 y P03 están ubicados en el municipio de Pamplona

\*\*Los puntos P04 y P05 se ubican en el municipio de Pamplonita

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

Para el estudio de ruido ambiental se debe desarrollar una calibración acústica del micrófono del sonómetro que luego se ubica a una altura de 4,00 m, las mediciones se toman empleando la escala de ponderación A (dBA) y en respuesta lenta (slow) o ponderado lento (S). Estos parámetros de medida son establecidos por el artículo 4 de la (Resolución 0627 de 2006) como los principales parámetros para la medida de ruido. La escala de ponderación A pretende simular la respuesta del oído a niveles de presión acústica bajos, por lo que tiene una correlación muy fuerte con el riesgo de daño auditivo e incluso con la sensación de molestia, para el rango usual de niveles sonoros (Giménez, 2007).

**Figura 5.201 Localización de los puntos de medición de ruido ambiental UF2**



Fuente: Aecom - ConCol, 2017

Cada medición debe constar de cinco mediciones parciales distribuidas en tiempo iguales, cada uno de las cuales debe tener una posición orientada del micrófono, norte, sur, este, oeste y vertical. El formato utilizado para la recolección de información describe los siguientes parámetros:

**Tabla 5.173 Datos generales de la medición. Parámetros del estudio**



<b># Loc Quest</b>	<b>El número de archivo en la memoria del sonómetro QUEST</b>
<b>L1 (Leq),dBA</b>	<b>Nivel continuo equivalente de ruido en el periodo de medición (resultado de la medición)</b>
<b>Lmax, dBA</b>	<b>Máximo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición.</b>
<b>Lmin. dBA</b>	<b>Mínimo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición.</b>

<b>L10.dBA</b>	<b>Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de medición.</b>
<b>L90.dBA</b>	<b>Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de medición.</b>
<b>Horarios</b>	<b>Las lecturas diurnas se realizaron entre las 7:01 y las 21:00, y las nocturnas entre las 21:01 y las 7:00, cumpliendo así con los horarios establecidos en la normatividad.</b>


Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

Los equipos utilizados para la medición de emisión de ruido ambiental corresponden a sonómetros marca QUEST Sound Pro (Tabla 5.174), para la calibración de los equipos se emplearon calibradores acústicos marca Quest QC; ambos equipos cuentan con los certificados de calibración vigente al momento de desarrollar las mediciones (Ver anexo 5.1.5 – Atmosférico, carpeta B Anexos ruido)

**Tabla 5.174 Equipos utilizados para la medición**

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO		
	Sonómetro Quest SoundPro DL 2-1/3 BIN030016 RU-150-EM	
	Clase	Tipo 2
	Precisión	± 1dBA
	Sensibilidad	Sensibilidad de micrófono independiente de la frecuencia.
	Funciones	Lectura en tiempo real con analizador frecuencias en tercios de octava.
	Características Generales	<u>Filtros de ponderación de frecuencia</u> A, B, C y Z. <u>Modos de respuesta</u> rápida, lenta, impulsos y picos. Determinación del <u>nivel equivalente</u> , máximo y mínimo. Provisto con cable de extensión de micrófono.
	Normatividad	Cumple norma IEC 61672-1:2002
	Certificados	Certificado de calibración vigente adjunto en el <i>Anexo 1</i>
	Calibrador acústico Quest AC 300 AC300002716	
	Nivel de calibración	94 dB y 114 dB.
	Normatividad	Cumple norma IEC 60942:2003.
	Certificados	Certificado de calibración vigente, adjunto en el <i>Anexo 1</i>
	SOFTWARE	
	Referencia	QuestSuite® Professional II
	Versión	4.2.2296
	Características	Descarga datos de los estudios realizados por el sonómetro



CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO		
	Trípode	
	Características Generales	Ajustable a altura de cuatro (4) metros. Capacidad de giro de 360 grados. Desarmable. Orientación variable.

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

### • Resultados

Los resultados obtenidos de las mediciones se compraron con los valores de referencia tomados de la (Resolución 0627 de 2006). Los valores de referencia son tomados del capítulo III, artículo 17, tabla 2 de la misma resolución, de la fila referente al sector C y sector D. Los valores de referencia o estándares máximos permisibles de niveles de ruido de acuerdo con la legislación se muestran en la Tabla 5.175. En esta tabla se subrayan con color verde los sectores y subsectores cuyos valores de referencia aplican en el presente estudio y los cuales son susceptibles de comparación.

- Sector C: Ruido intermedio restringido. Subsector: Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.
- Sector D. Zona suburbano o rural de tranquilidad y ruido moderado. Subsector, Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.

**Tabla 5.175 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dBA**

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermédio Restringido.	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como	70	55

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
	centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.		
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017; de resolución 627 del 07 de Abril de 2006, emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- Datos meteorológicos

Las características meteorológicas influyen en las mediciones de ruido ambiental, por la razón en la Tabla 5.176 se presenta el comportamiento de dichas variables a partir de información medida durante el monitoreo en cada punto. Las mediciones de ruido ambiental fueron realizadas en ausencia de precipitaciones tal como se indica en la (Resolución 0627 de 2006). La presión atmosférica se muestra en la Tabla 5.176.

**Tabla 5.176 Principales variables meteorológicas – Monitoreo de Ruido**

		Velocidad del viento (m/s)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
<b>Día hábil</b>	Promedio	1	16,8	51
	Máximo	2,3	25	94,4
	Mínimo	0	8,2	17,9
<b>Día no hábil</b>	Promedio	1,1	16,3	50,7
	Máximo	2,8	25	99,9
	Mínimo	0	8,8	19,8

Fuente: (Corporación Integral del Medio Ambiente - CIMA, 2018).

**Tabla 5.177 Presión atmosférica en puntos de monitoreo de ruido**

PUNTO	ALTURA (m.s.n.m.)	Presión atmosférica (mmHg)
P01	2189	594,5
P02	1996	609,1
P03	1908	615,8
P04	1832	621,5
P05	1747	627,9

Fuente: (Corporación Integral del Medio Ambiente - CIMA, 2018)

De acuerdo con los resultados obtenidos es posible evidenciar que en la totalidad de mediciones se presentaron velocidad de viento inferiores a 3 m/s, (siendo el valor máximo 2,8 m/s), motivo por el cual no es necesario aplicar la respectiva corrección.

- Ruido ambiental día hábil

La jornada de monitoreo diurno inicio el 18 de diciembre de 2017 a las 12:05 p.m. y finalizado a las 14:02 p.m. del mismo día, el monitoreo nocturno se llevó a cabo el mismo día en el horario desde 00:01 a.m. a la 1:50 a.m. De los 5 puntos establecidos, 3 fueron catalogados en el sector C vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales (puntos 1, 2 y 4) mientras que los otros dos (3 y 5) se catalogaron como sector D zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado, los resultados se muestran en la Tabla 5.178.

**Tabla 5.178 Resultados corregidos horario diurno día hábil**

Punto	Nombre del punto	LAeq, d dBA	Ki	Kt	LRAeq, d dBA	Sector	Estandar máximo permisible dBA
P01	Punto 1	72,1	3	0	75,1	C	80
P02	Punto 2	74,4	0	0	74,4	C	80
P03	Punto 3	58,5	6	6	64,5	D	55
P04	Punto 4	68	3	0	71	C	80
P05	Punto 5	59,7	6	3	65,7	D	55

Fuente: Modificado por Aecom-Concol de CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017



**Corrección Ki Horario Diurno Hábil:** De los cinco (5) puntos evaluados, el punto 1 y 4 presentaron **componentes impulsivos netos** por lo que fue necesario sumar tres (3) dBA al dato obtenido en campo, mientras que los puntos 3 y 5 presentaron **componentes impulsivos fuertes** por lo que se sumó seis (6) dBA al valor obtenido en campo. Finalmente el punto 2 no presentó componentes impulsivos.


**Corrección por tono y contenido de información Kt diurno hábil:** En horario diurno, se presentó **percepción neta de componentes tonales** en el punto 5 por lo se agregaron tres (3) dBA a los datos de campo, además el punto 3 presentó **percepción fuerte de componentes tonales** por lo que en la corrección se sumó seis (6) dBA al dato de campo. Los demás puntos no presentan componentes tonales.

**Tabla 5.179 Descripción de puntos de monitoreo de ruido**

Tabla 6.1. Descripción de puntos de monitoreo de ruido					
Punto de Monitoreo	Coordenadas Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Central		Aspectos		Registro Fotográfico
Punto 1	N:	1308088,669	Climático	Durante el periodo de monitoreo predominó el tiempo soleado, no se presentaron lluvias	
	E:	1159811,114	Fuentes potenciales de ruido	Tránsito continuo de vehículos livianos, de carga pesada y motos en vía principal	
	m.s.n.m	2198			
	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUNTO:</b> Punto ubicado en la curva de los Adioses, vereda Alcaparral, en el municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander. Zona con alto tráfico vehicular en vía principal (Vehículos de carga pesada, Vehículos Livianos y Motos)				
Punto 2	N:	1309775,659	Climático	Durante el periodo de monitoreo predominó el tiempo soleado, no se presentaron lluvias	
	E:	1160725,928	Fuentes potenciales de ruido	Tránsito continuo de vehículos livianos, de carga pesada y motos en vía principal. Fauna local	
	m.s.n.m	1996			
	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUNTO:</b> Punto ubicado en la escuela rural Chichira vereda El Naranjo, en inmediaciones a vía principal en la cual transitan vehículos de carga pesada, vehículos livianos y Motos de manera continua. Se percibe sonido de fauna local.				



Punto de Monitoreo	Coordenadas Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Central		Aspectos		Registro Fotográfico
Punto 3	N:	1311274,257	Climático	Durante el periodo de monitoreo predominó el tiempo nublado, no se presentaron lluvias	
	E:	1161346,805	Fuentes potenciales de ruido	Flujo de vehículos livianos, vehículos de carga pesada y motos aproximadamente a 100 metros. Cuerpo hídrico (Río) aproximadamente a 50 metros.	
	m.s.n.m	1908			
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUNTO: Punto ubicado sobre zona rural en la vereda Ulaga Baja, donde se evidencia flujo vehicular aproximadamente a 100 metros y se percibe sonido procedente de cuerpo hídrico (Río) aproximadamente a 50 metros.					
Punto 4	N:	1312238,541	Climático	Durante el periodo de monitoreo predominó el tiempo nublado, no se presentaron lluvias	
	E:	1161150,378	Fuentes potenciales de ruido	Flujo de vehículos livianos, vehículos de carga pesada y motos. Cuerpo hídrico (Río) aproximadamente a 20 metros.	
	m.s.n.m	1831			
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUNTO: Punto ubicado en la vereda La Hojanca en jurisdicción del municipio de Pamplona, departamento del Norte de Santander. Zona rural en inmediaciones de vía principal. Se observa flujo vehicular continuo (Vehículos de carga pesada, vehículos livianos y motos) y cuerpo hídrico (Río) aproximadamente a 20 metros.					

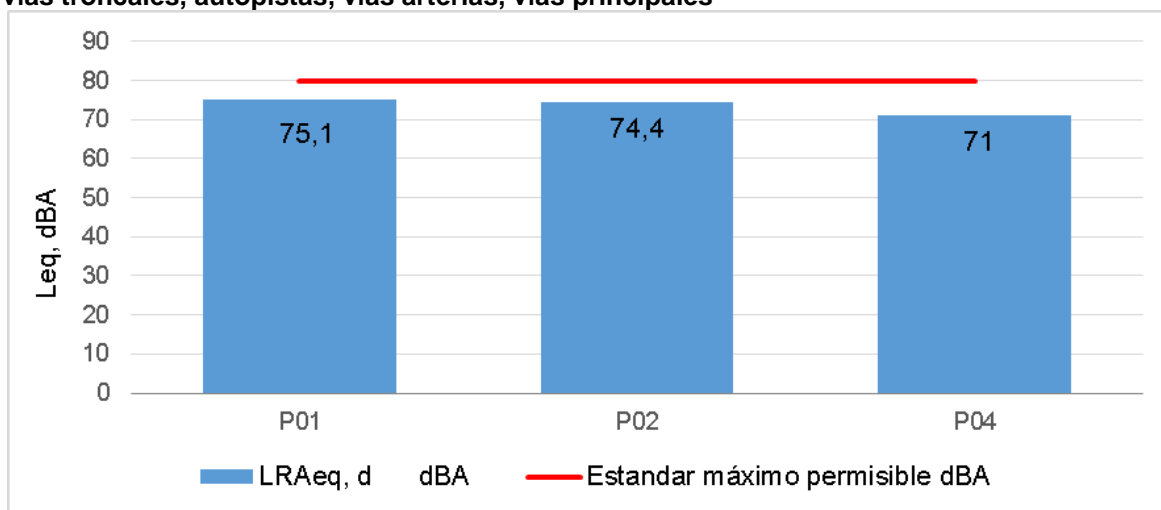
Punto de Monitoreo	Coordenadas Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Central		Aspectos		Registro Fotográfico
Punto 5	N:	1313616,549	Climático	Durante el periodo de monitoreo predominó el tiempo nublado, no se presentaron lluvias	
	E:	1160609,044	Fuentes potenciales de ruido	Flujo de vehículos livianos, vehículos de carga pesada y motos aproximadamente a 100 metros. Cuerpo hídrico (Río) aproximadamente a 60 metros.	
	m.s.n.m				
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUNTO: Punto ubicado en la vereda La Hojanca en jurisdicción del municipio de Pamplona, departamento de Norte de Santander. Se observa flujo vehicular aproximadamente a 100 metros y cuerpo hídrico (Río) aproximadamente a 60 metros.					

Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

Es importante tener en cuenta que el nivel de presión sonora continua equivalente ponderado A (LAeq, T) debe ser corregido por un solo factor K, que es el de mayor valor en dB(A). El valor corregido se muestra en la Tabla 5.178 en la columna “LRAeq, d”, tal valor ajustado es el que debe ser comparado con la normatividad.

De acuerdo con los resultados obtenidos y visualizados en la Figura 5.202, es posible evidenciar que los tres (3) puntos evaluados en el sector C cumplen con el límite máximo permisible establecido en la Resolución 627 de 2006 (80 dBA), siendo el nivel más alto el obtenido en el punto 1, registrando un valor de 75,1 dBA, siendo la principal fuente de ruido el tránsito constante de vehículos de carga pesada, vehículos livianos y motocicletas en vía principal.

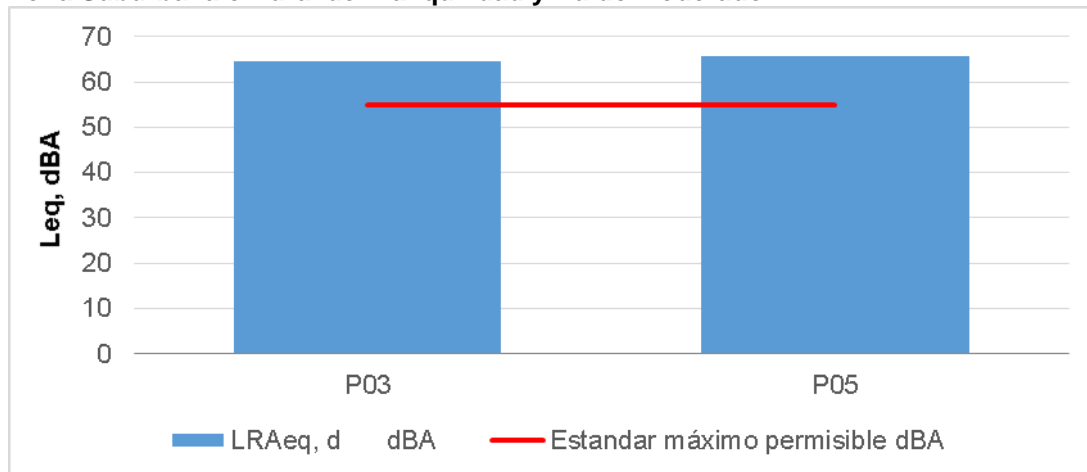
**Figura 5.202 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental diurno día hábil. Sector C vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

En la Figura 5.203 se ilustran los niveles de ruido ambiental diurno registrados en la zona *suburbana o rural*, es posible evidenciar que los dos (2) puntos exceden el límite de 55 dBA establecido en la Resolución 627 de 2006, siendo el nivel más alto el obtenido en el punto 5 registrando un valor de 65,7 dBA, las principales fuentes de ruido en este punto se encuentran asociadas a las condiciones naturales de la zona (Río cercano) y el tránsito de vehículos y motos en vía circundante.

**Figura 5.203 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental diurno día hábil. Sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

En la Figura 5.204 se muestra el mapa de isófonas a partir de los niveles de presión sonora corregidos, obtenidos en las mediciones de la jornada diurno día hábil.

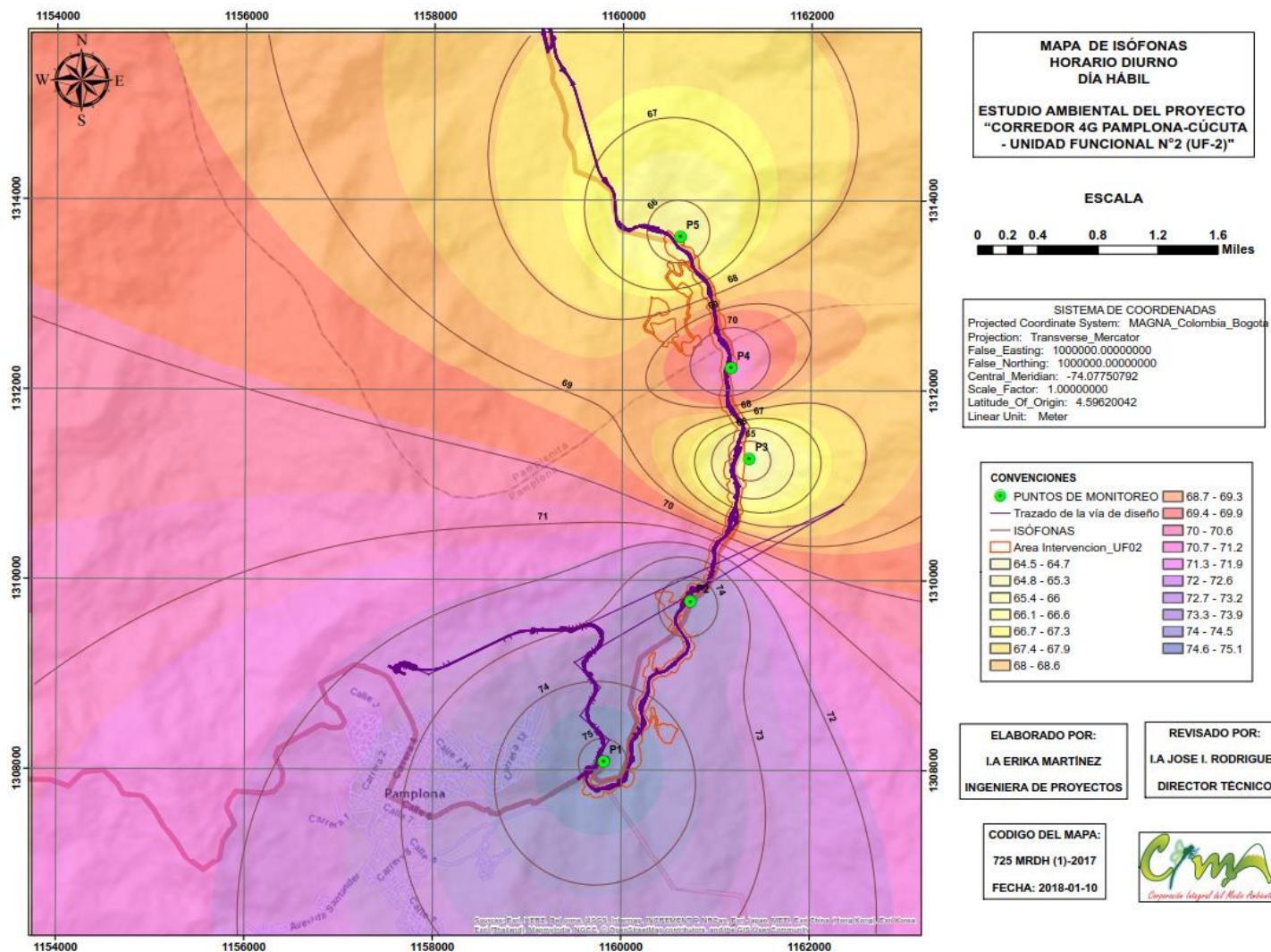
Un mapa de ruido es una representación de datos sobre la situación acústica existente o pronosticada en función de un indicador de ruido, en el que se muestra si se supera un límite y las áreas afectadas. Este permite visualizar el estado ambiental actual de contaminación por ruido por lo que es usada como herramienta de planificación, donde es posible identificar zonas críticas y posibles fuentes de contaminación. En la Figura 5.204 que corresponde al mapa de isófonas diurno de día hábil es posible evidenciar los valores mínimos y máximos de ruido además de su distribución a través del área de influencia.

Considerando el estándar máximo permitido para el horario diurno (80 dBA) para el sector C correspondiente a zona de ruido intermedio, es posible determinar que a través de toda el área de influencia de la UF2 no se sobrepasa el valor máximo permisible según la (Resolución 0627 de 2006). Por otro lado, teniendo en cuenta el estándar máximo permitido en el mismo horario para el sector D (55 dBA) correspondiente a zonas suburbanas o rurales de tranquilidad, se puede decir que los valores en toda el área de influencia se encuentran encima del valor máximo permisible según la (Resolución 0627 de 2006).

Ahora bien, el comportamiento de las isófonas para horario diurno hábil refleja los mayores niveles en inmediaciones del punto de monitoreo P1 ubicado en el lugar conocido localmente como la curva de los adioses. El punto se sitúa en una zona con alto tráfico vehicular en vía principal Pamplona-Cúcuta por donde transitan vehículos de carga pesada, vehículos livianos y motos. Además en el punto se encuentran diversos establecimientos comerciales como una estación de servicio, restaurantes, lavaderos de carros, monta llantas.



**Figura 5.204 Mapa de isófonas horario diurno día hábil**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

En la Figura 5.204 es posible evidenciar que a medida que las isófonas se alejan del punto 1 y 2 y se acercan al punto 3 existe una disminución de su valor alcanzando niveles mínimos de 65 dBA a distancias superiores a 700 metros. Sin embargo, alrededor de 0,5 kilómetros después del punto 3 se evidencia un aumento en los niveles de ruido alcanzando valores máximos de 70 dBA en el punto 4 que vuelven a disminuir acercándose al punto 5. Lo anterior se explica con la ubicación de los puntos de monitoreo de ruido, pues el primero, el segundo y el cuarto se ubicaron en zonas de alto tráfico vehicular, mientras que el tercero y el quinto se situaron a una distancia de aproximadamente 100 metros de la vía principal donde el flujo de vehículos es menor.

A continuación, en la Tabla 5.180 se presentan los resultados ya corregidos para los mismos puntos mencionados en horario nocturno hábil.

**Tabla 5.180 Resultados corregidos horario nocturno día hábil**

Punto	Nombre del punto	LAeq, d dBA	Ki	Kt	LRAeq, d dBA	Sector	Estandar máximo permisible dBA
P01	Punto 1	64,3	0	0	64,3	C	70
P02	Punto 2	60,4	3	0	63,4	C	70
P03	Punto 3	54	6	3	60	D	45
P04	Punto 4	63,8	0	3	66,8	C	70
P05	Punto 5	53,5	6	0	59,5	D	45

Fuente: Modificado por Aecom-Concol de CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

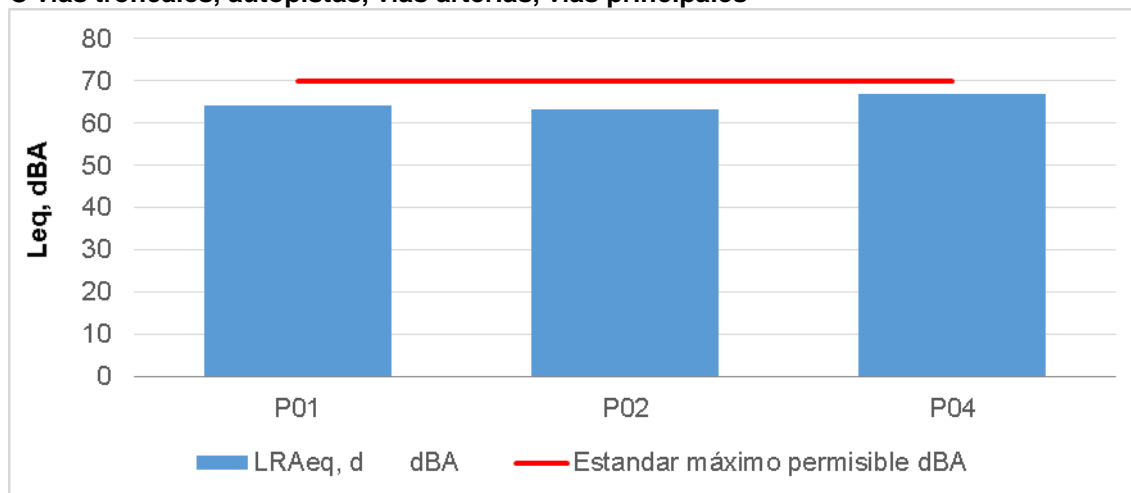
*Corrección Ki Horario nocturno Hábil:* De los cinco (5) puntos evaluados, el punto 3 y 5 presentaron **componentes impulsivos fuertes** por lo que es necesario sumar seis (6) dBA al dato obtenido en campo, mientras que el punto 2 presentó **componentes impulsivos netos** por lo que se deben sumar tres (3) dBA al valor obtenido en campo. Los demás puntos no poseen componentes impulsivos.

*Corrección por tono y contenido de información Kt nocturno hábil:* En horario nocturno, se presenta **percepción neta de componentes tonales** en los puntos 3 y 4 por lo que debe agregarse tres (3) dBA a los datos de campo. Los demás puntos no presentan componentes tonales.

De acuerdo a los resultados obtenidos y representados en Figura 5.205 es posible evidenciar que los tres (3) puntos evaluados cumplen con el límite máximo permisible establecido en la Resolución 627 de 2006 (70 dBA), siendo el nivel más alto el obtenido en el punto 4, registrando un valor de 66,8 dBA, siendo la principal fuente de ruido el paso constante de vehículo y motocicletas en vías principal y las condiciones naturales de la zona de estudio (río cercano).

En la Figura 5.206 se muestran los valores corregidos de ruido ambiental registrados en la zona de estudio, para aquellos puntos catalogados en *zonas suburbanas o rurales*, es posible determinar que los dos (2) puntos de medición exceden el límite de 45 dBA establecido en la Resolución 627 de 2006, siendo el nivel más alto el obtenido en el punto 3, registrando un valor de 60,0 dBA. Las principales fuentes de ruido en este punto se encuentran asociadas a las condiciones naturales de la zona de estudio (río cercano) y al tránsito de vehículos.

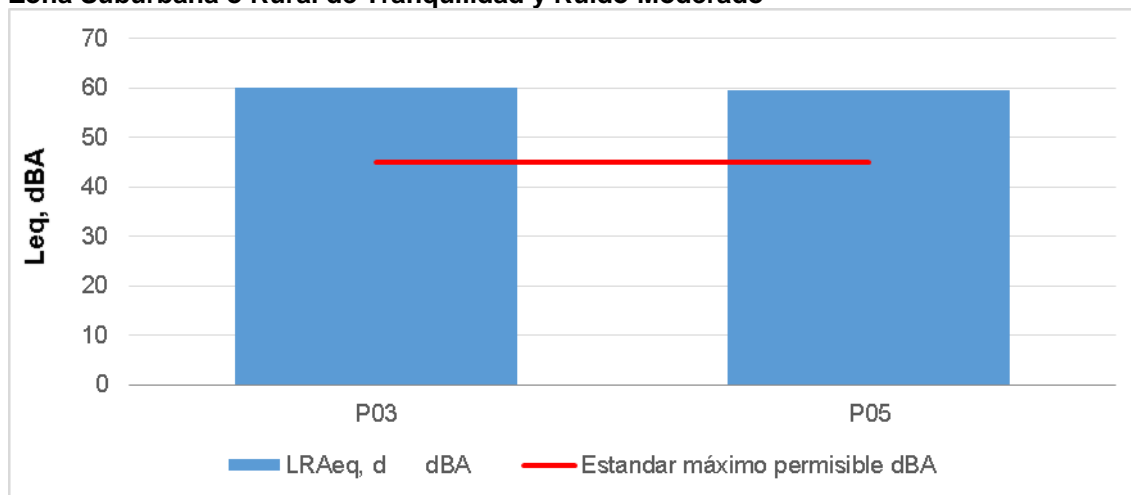
**Figura 5.205 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental nocturno día hábil. Sector C vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

En la Figura 5.207 se muestra el mapa de isófonas a partir de los niveles de presión sonora corregidos, obtenidos en las mediciones de la jornada nocturno día hábil.

**Figura 5.206 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental nocturno día hábil sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado**

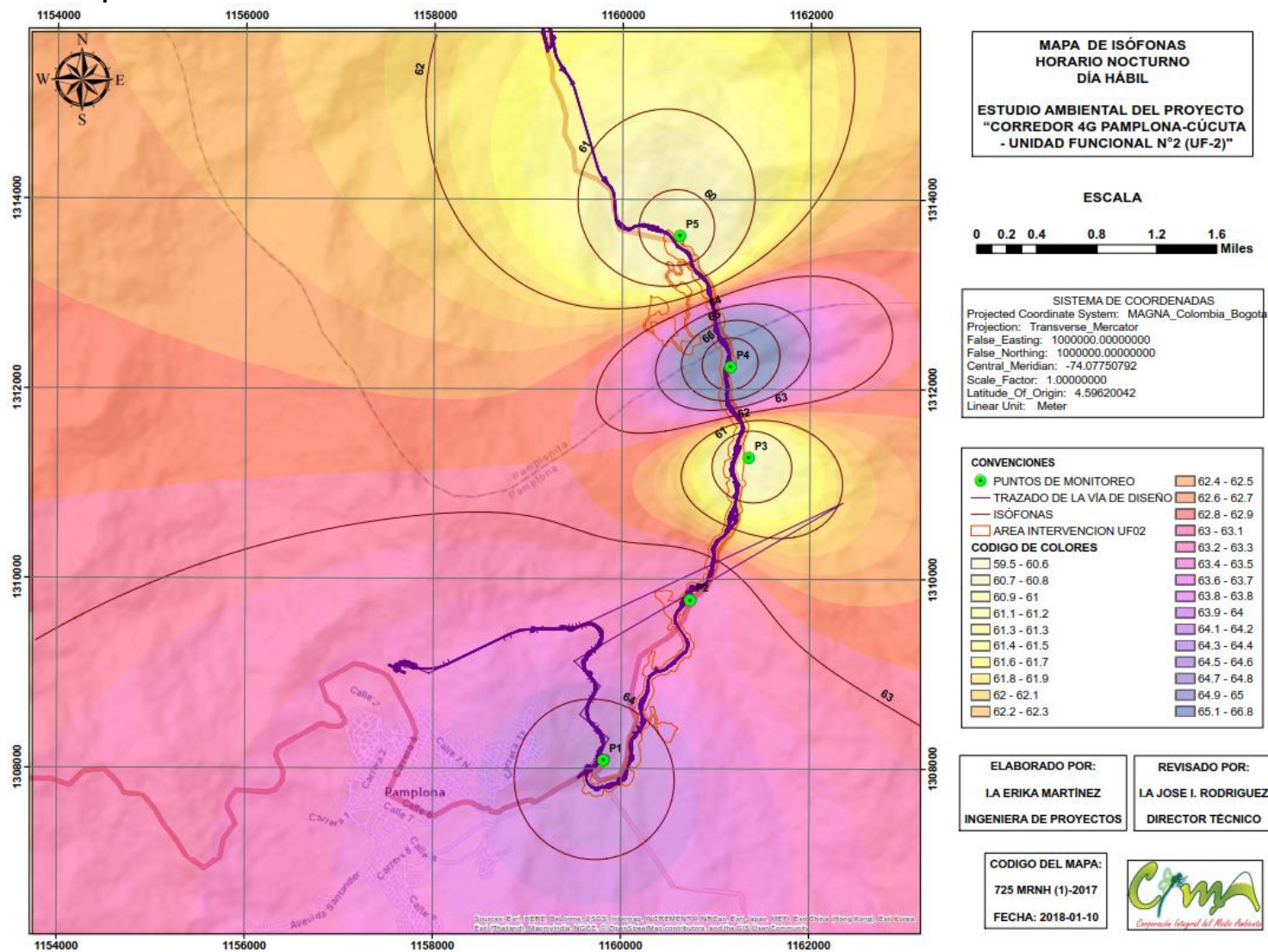


Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

Considerando el estándar máximo permitido para el horario nocturno (70 dBA) para el sector C correspondiente a zona de ruido intermedio, es posible determinar que a través de toda el área de influencia de la UF2 no se sobrepasa el valor máximo permisible según la (Resolución 0627 de 2006). Por otro lado, teniendo en cuenta el estándar máximo permitido en el mismo horario para el sector D (45 dBA) correspondiente a zonas suburbanas o rurales de tranquilidad, se puede decir que los valores en toda el área de influencia se encuentran encima del valor máximo permisible según la (Resolución 0627 de 2006).



**Figura 5.207 Mapa de isófonas horario nocturno día hábil**



Fuente: (Corporación Integral del Medio Ambiente - CIMA, 2018)



Ahora bien, el comportamiento de las isófonas para horario nocturno día hábil reflejan los mayores niveles en inmediaciones del punto de monitoreo P4, situado en una zona donde se observó flujo vehicular y cercanía a río Pamplonita de apropiadamente 20 metros.

En la Figura 5.207 es posible evidenciar que a medida que las isófonas se alejan del punto 1 y se acercan al punto 3 existe una disminución de su valor alcanzando niveles mínimos de 61 dBA a distancias superiores de 700 metros. Sin embargo, alrededor de 0,5 kilómetros después del punto 3 se evidencia un aumento en los niveles de ruido alcanzando valores máximos de 66 dBA en el punto 4 que vuelven a disminuir acercándose al punto 5 (60 dBA). Lo anterior se explica con la ubicación de los puntos de monitoreo de ruido, pues el primero, el segundo y el cuarto se ubicaron en zonas de alto tráfico vehicular, mientras que el tercero y el quinto se situaron a una distancia de aproximadamente 100 metros de la vía principal donde el flujo de vehículos es menor.

- Ruido ambiental día no hábil

La jornada de monitoreo diurno se inició el día 17 de diciembre de 2017 a las 10:38 a.m. y finalizó a las 13:21 p.m. del mismo día. El monitoreo nocturno se realizó el día 17 de diciembre de 2017 de 21:09 p.m. a 23:29 p.m. del mismo día, llevando a cabo el monitoreo de ruido ambiental en cinco (5). De los cinco (5) puntos monitoreados, los puntos 1, 2 y 4 fueron catalogados en el sector C de vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales y los puntos 3 y 5 fueron catalogados en el sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado. Los resultados corregidos se muestran en la Tabla 5.181 donde se incluye el estándar máximo permisible de acuerdo con la resolución 0627 de 2006.

**Tabla 5.181 Resultados corregidos horario diurno día no hábil**

Punto	Nombre del punto	LAeq, d dBA	Ki	Kt	LRAeq, d dBA	Sector	Estándar máximo permisible dBA
P01	Punto 1	68,8	0	3	71,8	C	80
P02	Punto 2	68,6	0	3	71,6	C	80
P03	Punto 3	55,4	6	0	61,4	D	55
P04	Punto 4	70,3	0	0	70,3	C	80
P05	Punto 5	59,0	6	0	65	D	55

Fuente: Modificado por Aecom-Concol de CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

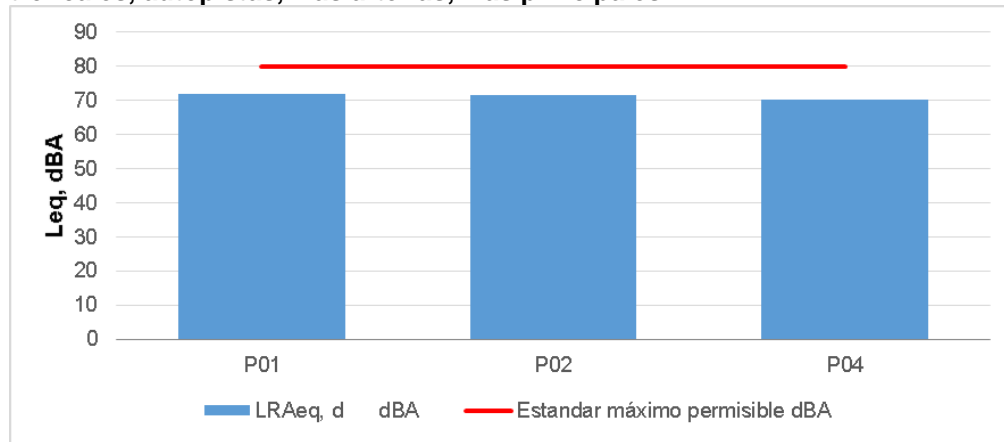
**Corrección Ki Horario Diurno No Hábil:** De los cinco (5) puntos evaluados, el punto 3 y 5 presentaron **componentes impulsivos fuertes** por lo que es necesario sumar seis (6) dBA al dato obtenido en campo, los demás puntos no poseen componentes impulsivos.

**Corrección por tono y contenido de información Kt Diurno no hábil:** En horario diurno, se presenta **percepción neta de componentes tonales** en los puntos 1 y 2 por lo que debe agregarse tres (3) dBA a los datos de campo. Los demás puntos no presentan componentes tonales.

De acuerdo a los resultados obtenidos es posible evidenciar que los tres (3) puntos evaluados cumplen con el límite máximo permisible establecido en la resolución 627 de 2006 (80 dBA), siendo el nivel más alto el obtenido en el punto 1, registrando un valor de 71,8 dBA, donde la principal fuente de ruido es el paso constante de vehículos livianos, motocicletas y vehículos de carga pesada en vía principal. Lo anterior se muestra en la

Figura 5.208.

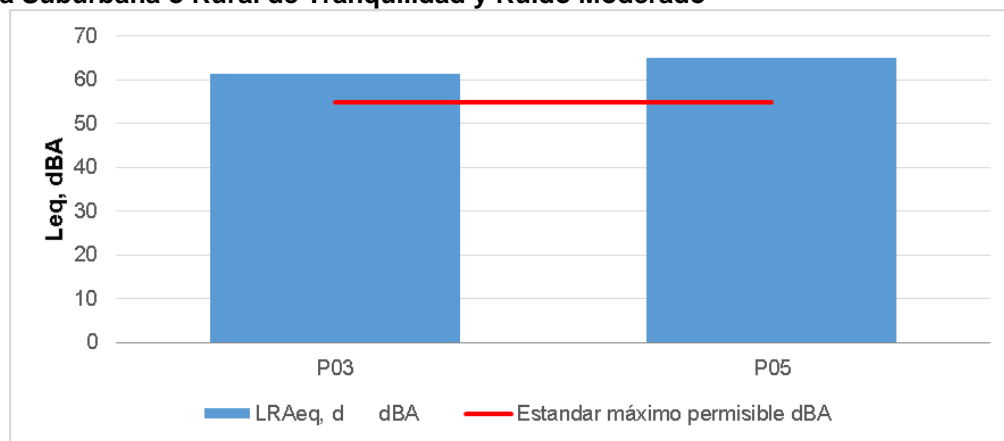
**Figura 5.208 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental diurno día no hábil - Sector C vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

En la Figura 5.209 se evidencia que los dos (2) puntos de medición catalogados en la zona *suburbana o rural*, exceden el límite de 55 dBA establecido en la resolución 627 de 2006, siendo el nivel más alto el obtenido en el punto 5 el cual registra un valor de 65,0 dBA donde las principales fuentes de ruido son las condiciones naturales de la zona (rio cercano), el paso de motos y personas y actividades inherentes a la comunidad (juego de tejo).

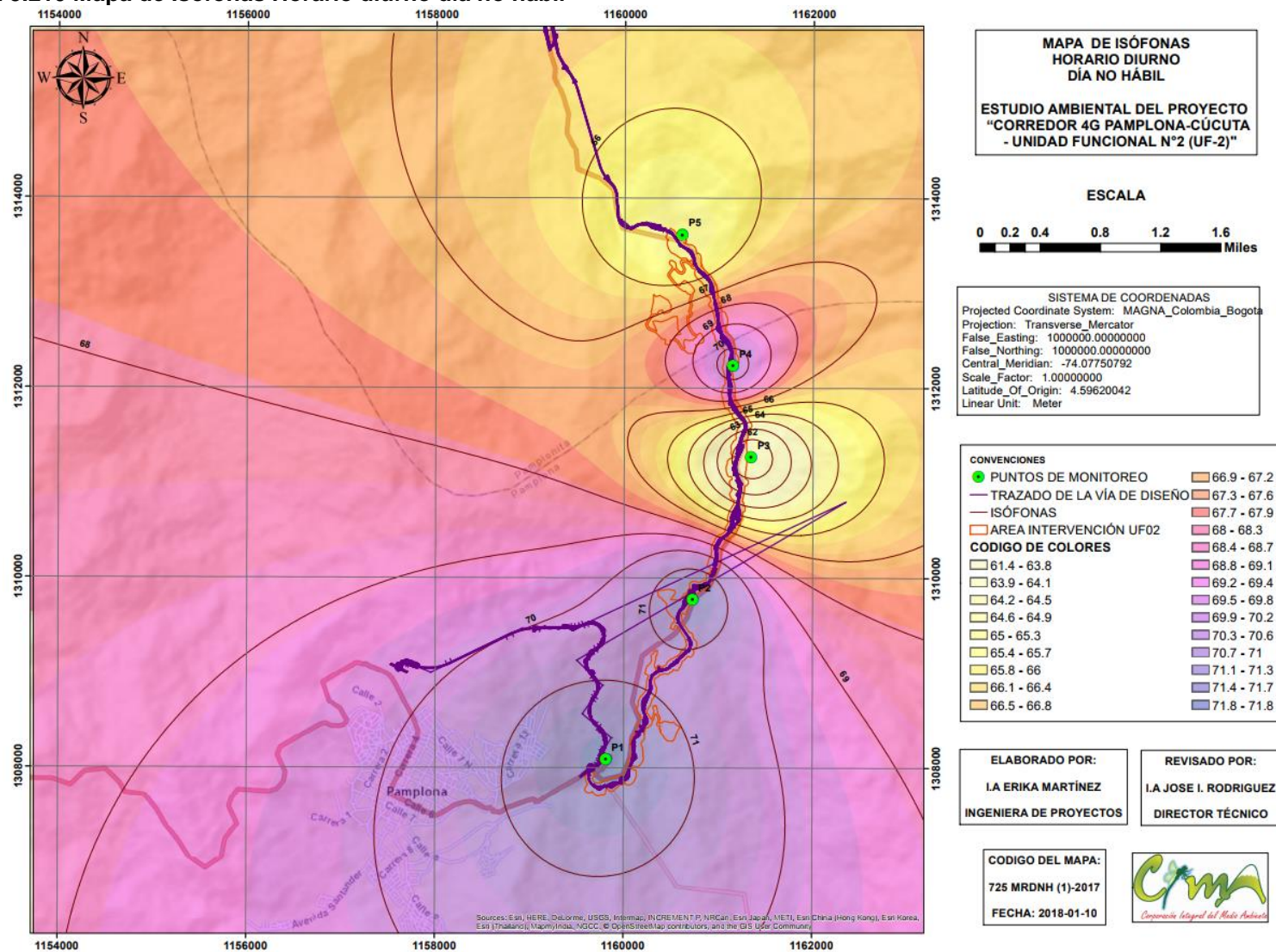
**Figura 5.209 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental diurno día no hábil - Sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

En la Figura 5.210 se muestra el mapa de isófonas a partir de los niveles de presión sonora corregidos, obtenidos en las mediciones de la jornada diurno día no hábil.

**Figura 5.210 Mapa de Isófonas Horario diurno día no hábil**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

Considerando el estándar máximo permitido para el horario diurno (80 dBA) para el sector C correspondiente a zona de ruido intermedio, es posible determinar que a través de toda el área de influencia de la UF2 no se sobrepasa el valor máximo permisible según la (Resolución 0627 de 2006). Por otro lado, teniendo en cuenta el estándar máximo permitido en el mismo horario para el sector D (55 dBA) correspondiente a zonas suburbanas o rurales de tranquilidad, se puede decir que los valores en toda el área de influencia se encuentran encima del valor máximo permisible según la (Resolución 0627 de 2006).

Ahora bien, el comportamiento de las isófonas para horario diurno no hábil refleja los mayores niveles en inmediaciones de los puntos de monitoreo P1 y P2 ubicados en zonas con alto tráfico vehicular en vía principal Pamplona-Cúcuta por donde transitan vehículos de carga pesada, vehículos livianos y motos. Además, en el punto 1 se encuentran diversos establecimientos comerciales como una estación de servicio, restaurantes, lavaderos de carros, monta llantas.

En la Figura 5.210 es posible evidenciar que a medida que las isófonas se alejan del punto 1 y se acercan al punto 3 existe una disminución de su valor alcanzando niveles mínimos de 62 dBA a distancias superiores a 700 metros. Sin embargo, alrededor de 0,5 kilómetros después del punto 3 se evidencia un aumento en los niveles de ruido alcanzando valores máximos de 70 dBA en el punto 4 que vuelven a disminuir acercándose al punto 5 (66 dBA). Lo anterior se explica con la ubicación de los puntos de monitoreo de ruido, pues el primero, el segundo y el cuarto se ubicaron en zonas de alto tráfico vehicular, mientras que el tercero y el quinto se situaron a una distancia de aproximadamente 100 metros de la vía principal donde el flujo de vehículos es menor.

A continuación, se presentan los resultados para horario nocturno de día no hábil para los puntos ya mencionados en la Tabla 5.182.

**Tabla 5.182 Resultados corregidos horario nocturno día no hábil**

Punto	Nombre del punto	LAeq, d dBA	Ki	Kt	LRAeq, d dBA	Sector	Estandar máximo permisible dBA
P01	Punto 1	69,6	0	0	69,6	C	70
P02	Punto 2	68,7	0	0	68,7	C	70
P03	Punto 3	54,4	6	3	60,4	D	45
P04	Punto 4	66,4	0	0	66,4	C	70
P05	Punto 5	56,8	6	3	62,8	D	45

Fuente: Modificado por Aecom-Concol de CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

*Corrección Ki Horario nocturno No Hábil:* De los cinco (5) puntos evaluados, el punto 3 y 5 presentaron **componentes impulsivos fuertes** por lo que es necesario sumar seis (6) dBA al dato obtenido en campo, los demás puntos no poseen componentes impulsivos.

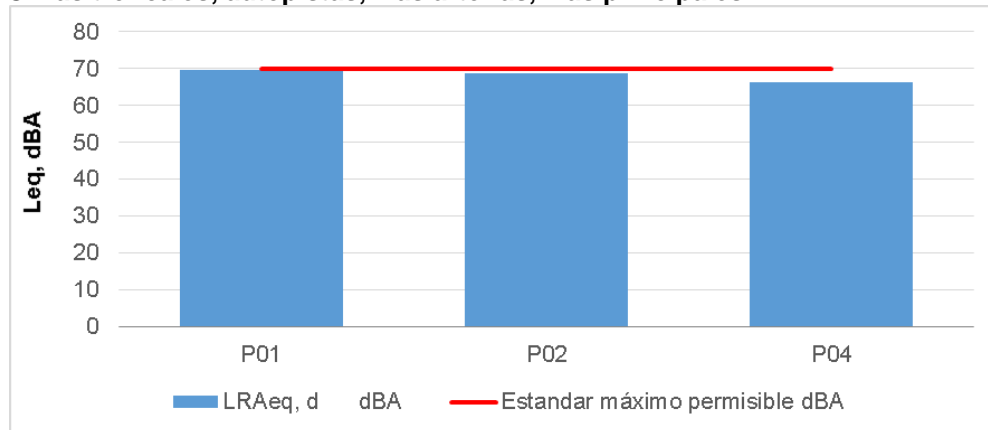
*Corrección por tono y contenido de información Kt horario nocturno no hábil:* En horario diurno, se presenta **percepción neta de componentes tonales** en los puntos 3 y 5 por lo que debe agregarse tres (3) dBA a los datos de campo. Los demás puntos no presentan componentes tonales.

De acuerdo a los resultados obtenidos y representados en la Figura 5.211 es posible



evidenciar que los tres (3) puntos cumplen con el límite máximo permisible establecido en la resolución 627 de 2006 (70 dBA), siendo el nivel más alto el obtenido en el punto 1, registrando un valor de 69,6 dBA, siendo la principal fuente de ruido el tránsito de vehículos durante la medición.

**Figura 5.211 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental nocturno día no hábil - Sector C vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales**

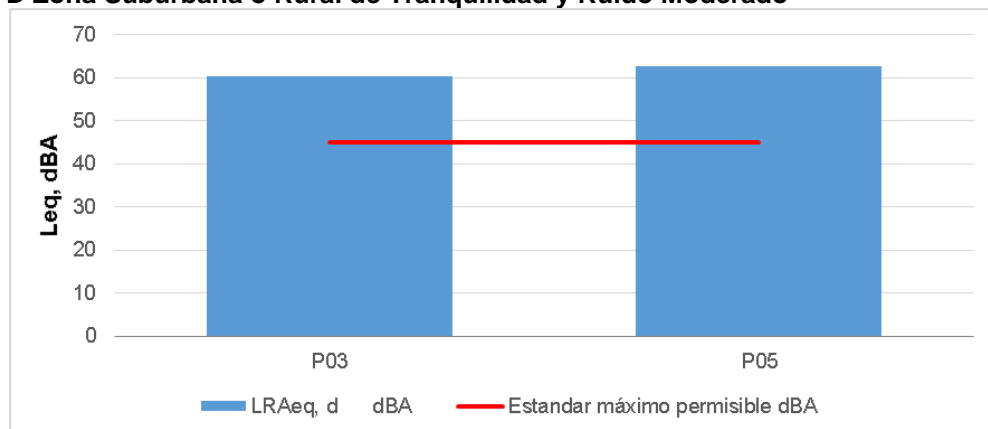


Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

En la Figura 5.212 es posible determinar que los dos (2) puntos de medición catalogados en la zona *suburbana o rural*, exceden el límite de 45 dBA establecido en la resolución 627 de 2006, siendo el nivel más alto el obtenido en el punto 5 registrando un valor de 62,8 dBA, las principales fuentes de ruido en este punto se encuentran asociadas a condiciones naturales de la zona de estudio (Rio cercano) y el tránsito de vehículos durante la medición.

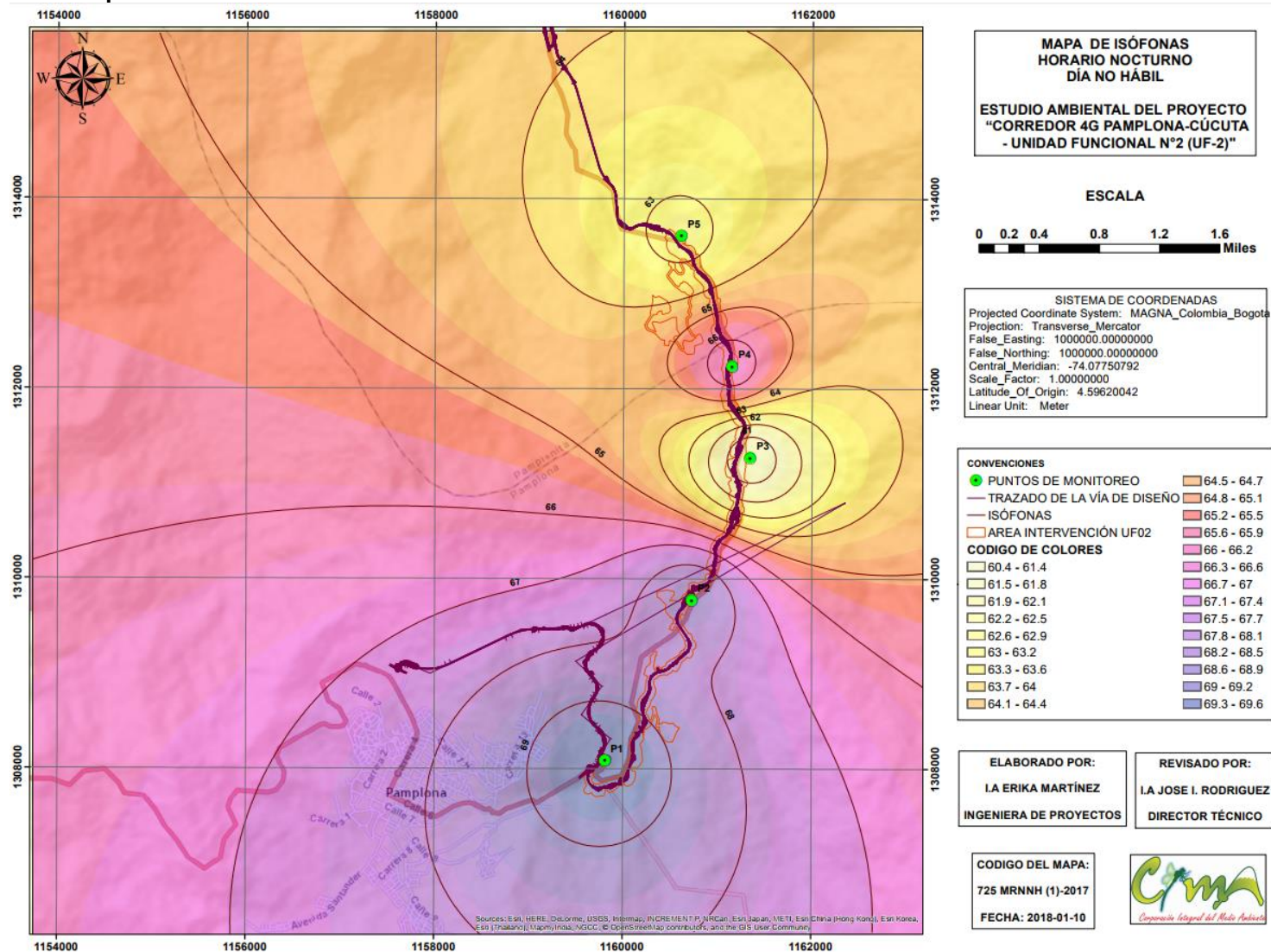
En la Figura 5.210 se muestra el mapa de isófonas a partir de los niveles de presión sonora corregidos, obtenidos en las mediciones de la jornada diurno día no hábil.

**Figura 5.212 Resultados corregidos monitoreo de ruido ambiental nocturno día no hábil - Sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

**Figura 5.213 Mapa de isófonas horario nocturno día no hábil**



Fuente: CIMA. Corporación Integral del Medio Ambiente, 2017

Considerando el estándar máximo permitido para el horario nocturno (70 dBA) para el sector C correspondiente a zona de ruido intermedio, es posible determinar que a través de toda el área de influencia de la UF2 no se sobrepasa el valor máximo permisible según la (Resolución 0627 de 2006). Por otro lado, teniendo en cuenta el estándar máximo permitido en el mismo horario para el sector D (45 dBA) correspondiente a zonas suburbanas o rurales de tranquilidad, se puede decir que los valores en toda el área de influencia se encuentran encima del valor máximo permisible según la (Resolución 0627 de 2006).

Ahora bien, el comportamiento de las isófonas para horario nocturno no hábil refleja los mayores niveles en inmediaciones del punto de monitoreo P1 ubicado en la zona localmente conocida como curva de los adioses. En este punto se observó un alto tráfico vehicular en vía principal Pamplona-Cúcuta, además de establecimientos comerciales como restaurantes, lavaderos de carros, talleres, parqueaderos y una estación de servicio.

En la Figura 5.213 Figura 5.204 es posible evidenciar que a medida que las isófonas se alejan del punto 1 y se acercan al punto 3 existe una disminución de su valor alcanzando niveles mínimos de 61 dBA a distancias superiores a 300 metros. Sin embargo, alrededor de 200 metros después del punto 3, se evidencia un aumento en los niveles de ruido alcanzando valores máximos de 66 dBA que vuelven a disminuir a medida que se acerca al punto 5 con valores de 65 dBA. Lo anterior se explica con la ubicación de los puntos de monitoreo de ruido, pues el primero, el segundo y el cuarto se ubicaron en zonas de alto tráfico vehicular, mientras que el tercero y el quinto se situaron a una distancia de aproximadamente 100 metros de la vía principal donde el flujo de vehículos es menor.