

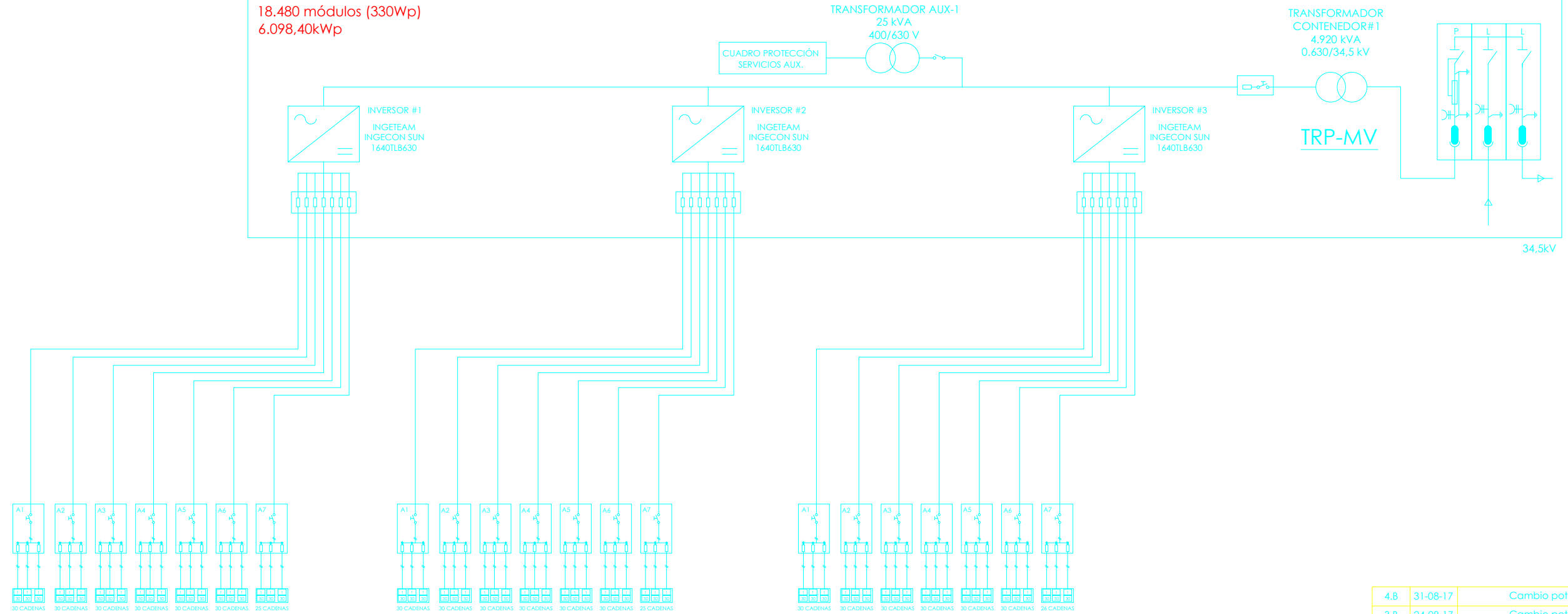
1.4.2 Esquemas unifilares CC y CA

BLOQUE TIPO 1

CONTENEDOR INVERSORES #1-#3 Y TRANSFORMADOR #1

CONTENEDOR #1

18.480 módulos (330Wp)
6.098,40kWp



BLOQUE TIPO 1 CONTENEDORES #1-#35	3 Inversores
	616 cadenas
	Inv 1: 206 cadenas
	Inv 2: 205 cadenas
	Inv 3: 205 cadenas
	TX: 4.920kVA

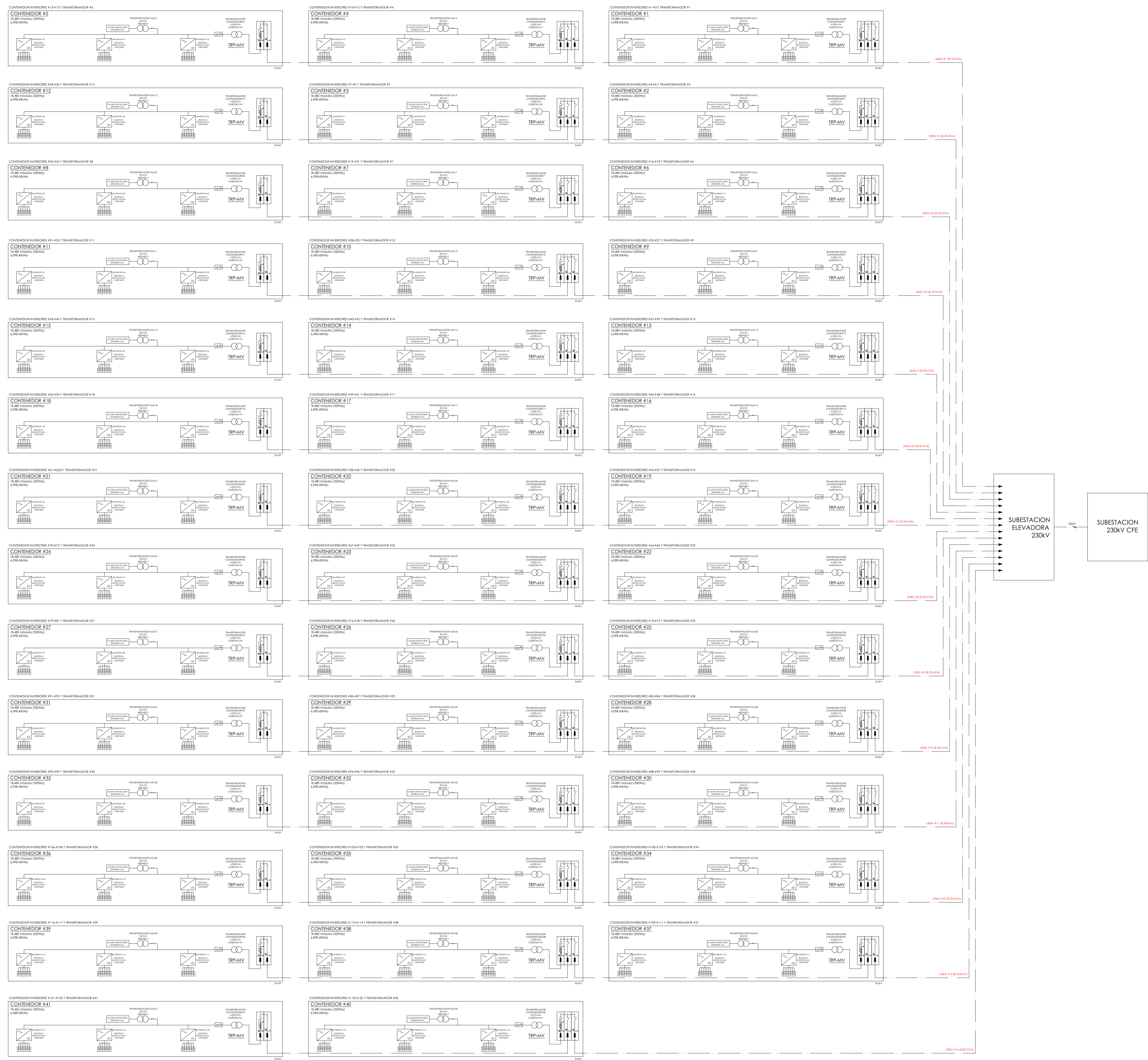
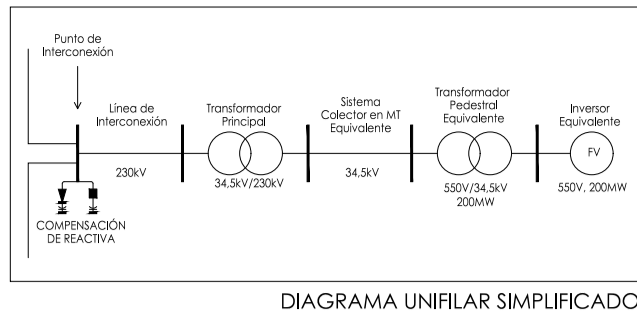
BLOQUE TIPO 2 CONTENEDOR #36-#41	3 Inversores
	615 cadenas
	Inv 1: 205 cadenas
	Inv 2: 205 cadenas
	Inv 2: 205 cadenas
	TX: 4.920kVA

REV.	FECHA	CAMBIOS	DIBUJADO	REV.
4.B	31-08-17	Cambio potencia MVA	litorregrosa	jplascencia
3.B	24-08-17	Cambio potencia MVA	litorregrosa	jplascencia
2.B	31-07-17	Cambio potencia kWp	litorregrosa	jplascencia
1.B	13-06-17	Diseño previo	litorregrosa	jplascencia



Avda/ Los Naranjos nº33
46011 VALENCIA
Telf.: 963391890 Fax.: 963932607

Proyecto:	INSTALACION FOTOVOLTAICA 200MVA		
Nombre:	PLANTA NAVOJOA SOLAR KENERGREEN, S.A.P.I. de C.V.		
Ubicación:	27°03'17"N 109°21'00"O Navojoa, Sonora, México.		
Plano:	ESQUEMA UNIFILAR BLOQUE TIPO (DC Y AC)		
Fecha:	2017/08/31	Revisión:	REV 04.B - B
Nº de plano:	4.1.2	Dibujado por:	jmgomez
Escala:	NTS	Impreso:	P.2017/08/31



CENTRAL PV 200MW	
Potencia nominal	200MVA
Potencia Pico	249.975.000W
Nº Paneles	757.500 Ud
Potencia Panel	330W
Nº Inversores	123 Ud
Nº Cajas / Inversor	7 Ud
Nº Codenas / Caja	206/205 Ud
Nº Paneles / Cadena	30 Ud

REV.	FECHA	CAMBIOS	DELIADO REV.
4.8	31-06-17	Cambio potencia MVA	Itorregrosa
3.8	24-08-17	Cambio potencia MVA	Itorregrosa
2.8	31-07-17	Cambio potencia kWp	Itorregrosa
1.8	13-06-17	Diseño previo	Itorregrosa

grupotec

Avda/ Los Hornos nº33
46011 VALENCA
Tel.: 96339 1890 Fax: 963992607

Proyecto: INSTALACION FOTOVOLTAICA 200MVA
Nombre: PLANTA NAVOJOA SOLAR KENEGREEN S.A.P.I. de C.V.
Ubicación: 270217N 109P21 00'0 Navajoa, Sonora, México.
Plano: ESQUEMA UNIFILAR GENERAL (AC)
Fecha: 2017/08/31 Revisión: REV 04.B - B
Nº de plano: 4.1.1 Dibuñado por: Itorregrosa
Escala: NTS Impreso: P.2017/08/31

1.4.3 Datasheets Equipos Principales

Eagle 1500V 72 315-335 Watos

MÓDULO POLICRISTALINO

Tolerancia positiva 0/+3%

Fábrica con certificación ISO9001:2008,
ISO14001:2004, OHSAS18001

Productos con certificación IEC61215, IEC61730



(4BB)



Principales características



Tensión del sistema:

Permite una tensión máxima del sistema de 1500V e incrementar hasta en un 50% el número de módulos por string reduciendo el BOS.



Célula solar 4 bus bar:

La célula solar 4 bus bar adopta una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de los módulos, ofrece un mejor aspecto estético, lo que es perfecto para su instalación en los tejados.



Potencia Elevada:

Los módulos de 72 células policristalinos alcanzan potencias de hasta 335Wp.



Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID):

El módulo Eagle resiste satisfactoriamente el test de PID para una tensión del sistema de 1500V bajo condiciones de 60°C/85%RH asegurando su funcionamiento en condiciones externas y la generación de energía a través de una tecnología resistente a la alta tensión.



Rendimiento con baja irradiación lumínica:

El avanzado cristal y el texturizado de la superficie de la célula fotovoltaica permiten un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.



Resistencia en condiciones climatológicas adversas:

Certificado para soportar rachas de viento (2.400 Pascal) y cargas de nieve (5.400 Pascal).



Resistencia en condiciones ambientales extremas:

Alta resistencia a la brisa marina y al amoníaco, certificado por TÜV NORD.

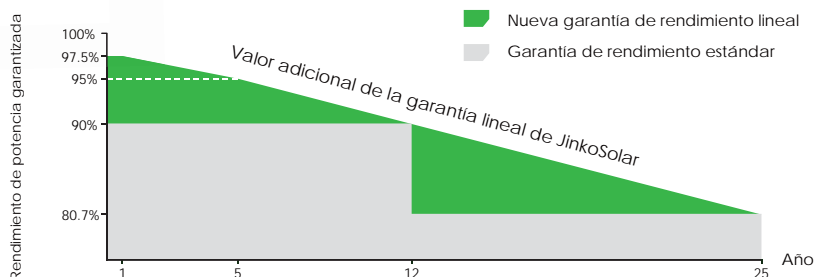


Coefficiente de Temperatura:

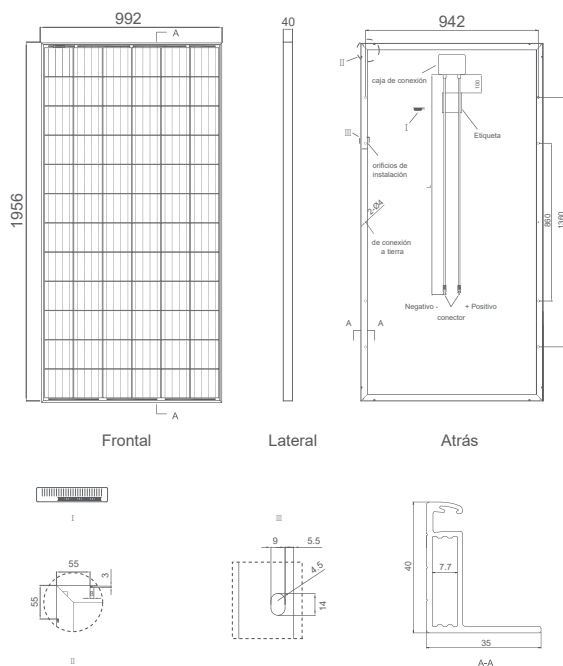
El coeficiente de temperatura mejorado reduce la pérdida de potencia en altas temperaturas.

GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

10 Años de garantía de producto • 25 Años de garantía de potencia lineal



Dibujos técnicos

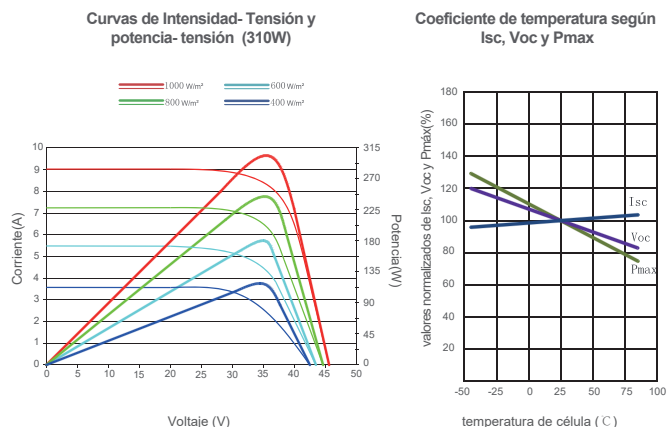


Embalaje

(Dos cajas = un palet)

26 pzs./caja, 52 pzs./caja, 624 pzs./40 'HQ contenedores

Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura



Características mecánicas

Tipo de célula	Policristalina 156×156 mm (6 pulgadas)
Nº de células	72 (6×12)
Dimensiones	1956×992×40mm (77,01×39,05×1,57 pulgadas)
Peso	26,5 kg (58,4 libras.)
Vidrio frontal	4,0mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TÜV 1×4,0 mm ² , longitud:900 mm o Longitud personalizada

ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	JKM315PP-72-V		JKM320PP-72-V		JKM325PP-72-V		JKM330PP-72-V		JKM335PP-72-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (Pmáx)	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp	325Wp	242Wp	330Wp	246Wp	335Wp	250Wp
Tensión en el punto Pmáx-VMPP (V)	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V
Corriente en el punto Pmáx-IMPP (A)	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A	8.66A	6.91A	8.74A	6.97A	8.82A	7.02A
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V	46.7V	44.0V	46.9V	44.2V	47.2V	44.4V
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A	9.10A	7.34A	9.14A	7.38A	9.18A	7.43A
Eficiencia del módulo (%)	16.23%		16.49%		16.75%		17.01%		17.26%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C									
Tensión máxima del sistema	1500VDC (IEC)									
VALORES máximos recomendados de los fusibles	15A									
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+3%									
Coefficiente de temperatura de PMAX	-0.40%/°C									
Coefficiente de temperatura de VOC	-0.30%/°C									
Coefficiente de temperatura de ISC	0.06%/°C									
TEMPERATURA operacional nominal de célula	45±2°C									

STC: Radiación 1000 W/m² Célula módulo 25°C AM=1.5

NOCT: Radiación 800 W/m² Ambiente módulo 20°C AM=1.5 Velocidad del viento 1m/s

* TOLERANCIA de medición de potencia: ± 3%

TRANSFORMERLESS CENTRAL INVERTERS WITH A SINGLE POWER BLOCK

1170TL B450 / 1400TL B540 / 1500TL B578 / 1560TL B600 / 1600TL B615 / 1640TL B630

Maximum power density

These PV central inverters feature more power per cubic foot. Thanks to the use of high-quality components, this inverter series performs at the highest possible level.

Latest generation electronics

The B Series inverters integrate an innovative control unit that runs faster and performs a more efficient and sophisticated inverter control, as it uses a last-generation digital signal processor. Furthermore, the hardware of the control unit allows some more accurate measurements and very reliable protections.

These inverters feature a low voltage ride-through capability and also a lower power consumption thanks to a more efficient power supply electronic board.

Improved AC connection

The output connection has been designed in order to facilitate a direct close-coupled connection with the MV transformer.

Maximum protection

These three phase inverters are equipped with a motorized DC switch to decouple the PV generator from the inverter. Moreover, they are also supplied with a motorized AC circuit breaker. Optionally, they can be supplied with DC fuses, smart grounding kit and input current monitoring.

Maximum efficiency values

Through the use of innovative electronic conversion topologies, efficiency values of up to 98.9% can be achieved. Thanks to a sophisticated control algorithm, this equipment can guarantee maximum efficiency depending on the PV power available.

Enhanced functionality

This new INGECON® SUN PowerMax range features a revamped, improved enclosure which, together with its innovative air cooling system, makes it possible to increase the ambient operating temperature.



1170TL B450 / 1400TL B540 / 1500TL B578 / 1560TL B600 / 1600TL B615 / 1640TL B630

Long-lasting design

The inverters have been designed to guarantee a long life expectancy, as demonstrated by the stress tests they are subjected to. Standard 5 year warranty, extendable for up to 25 years.

Grid support

The INGECON® SUN PowerMax B Series has been designed to comply with the grid connection requirements in different countries, contributing to the quality and stability of the electric system. These inverters therefore feature a low voltage ride-through capability, and can deliver reactive power and control the active power delivered to the grid. Moreover,

they can operate in weak power grids with a low short-circuit ratio (SCR).

Ease of maintenance

All the elements can be removed or replaced directly from the inverter's front side, thanks to its new design.

Easy to operate

The INGECON® SUN PowerMax inverters feature an LCD screen for the simple and convenient monitoring of the inverter status and a range of internal variables.

The display also includes a number of LEDs to show the inverter operating status with warning lights to indicate any incidents. All this helps to simplify and facilitate maintenance tasks.

Monitoring and communication

Ethernet communications supplied as standard. The following applications are included at no extra cost: INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor and its Smartphone version Web Monitor, available on the App Store. These applications are used for monitoring and recording the inverter's internal operating variables through the Internet (alarms, real time production, etc.), in addition to the historical production data.

Two communication ports available (one for monitoring and one for plant controlling), allowing fast and simultaneous plant control.

PROTECTIONS

- DC Reverse polarity.
- Short-circuits and overloads at the output.
- Anti-islanding with automatic disconnection.
- Insulation failure DC.
- Up to 15 pairs of fuse-holders.
- Lightning induced DC and AC surge arresters, type II.
- Motorized DC switch to automatically disconnect the inverter from the PV array.
- Motorized AC circuit breaker.
- Low-voltage ride-through capability.
- Hardware protection via firmware.
- IP66 protection class for the electronics.

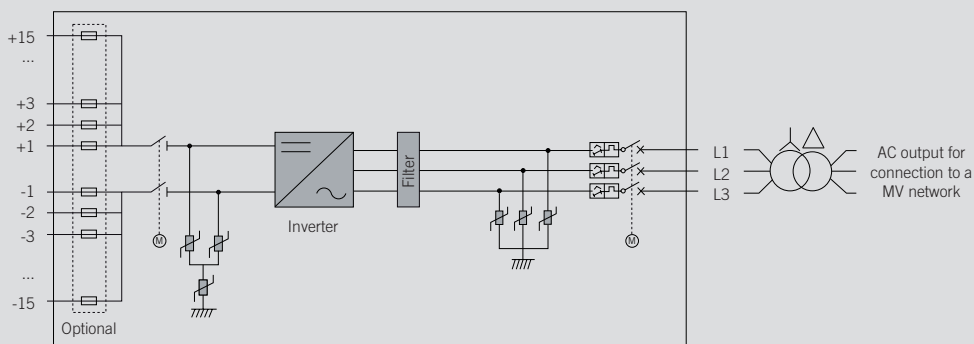
OPTIONAL ACCESSORIES

- Insulation failure AC.
- Grounding kit.
- Heating kit, for operating at an ambient temperature of down to -30 °C.
- Lightning induced DC surge arresters, type I+II.
- DC fuses.
- Monitoring of the DC currents.
- Sand trap kit.
- Wattmeter on the AC side.
- PID prevention kit (PID: Potential Induced Degradation).
- Nighttime reactive power injection.
- Integrated DC combiner box.

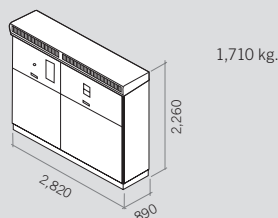
ADVANTAGES OF THE B SERIES

- Higher power density.
- Latest generation electronics.
- More efficient electronic protection.
- Night time supply to communicate with the inverter at night.
- Enhanced performance.
- Easier maintenance thanks to its new design and enclosure.
- Lightweight spares.
- It allows to ground the PV array.
- Components easily replaceable.
- IP66 protection class for the electronics.

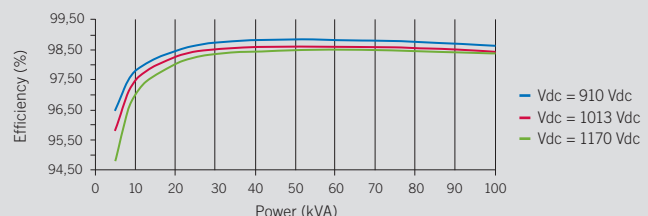
PowerMax B Series



Size and weight (mm)



Efficiency INGECON® SUN 1640TL B630



	1170TL B450	1400TL B540	1500TL B578
Input (DC)			
Recommended PV array power range ⁽¹⁾	1,157 - 1520 kWp	1,389 - 1,824 kWp	1,487 - 1,952 kWp
Voltage Range MPP ⁽²⁾	655 - 1,300 V	783 - 1,300 V	837 - 1,300 V
Maximum voltage ⁽³⁾	1,500 V		
Maximum current	1,850 A		
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)		
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)		
Type of connection	Connection to copper bars		
Power blocks	1		
MPPT	1		
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles		
Input protections			
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)		
DC switch	Motorized DC load break disconnect		
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton		
Output (AC)			
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,169 kVA / 1,052 kVA	1,403 kVA / 1,263 kVA	1,502 kVA / 1,352 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A		
Power IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,169 kVA / 1,035 kVA	1,403 kVA / 1,242 kVA	1,502 kVA / 1,330 kVA
Current IP56 @ 27°C / @ 50°C ⁽⁴⁾	1,500 A / 1,328 A		
Rated voltage	450 V IT System	540 V IT System	578 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz		
Power Factor ⁽⁵⁾	1		
Power Factor adjustable	Yes. S _{max} =1,169 kVA	Yes. S _{max} =1,403 kVA	Yes. S _{max} =1,502 kVA
THD (Total Harmonic Distortion) ⁽⁶⁾	<3%		
Output protections			
Overvoltage protections	Type II surge arresters		
AC breaker	Motorized AC circuit breaker		
Anti-islanding protection	Yes, with automatic disconnection		
Other protections	AC short circuits and overloads		
Features			
Maximum efficiency	98.9%		
Euroefficiency	98.5%		
Max. consumption aux. services	4,250 W		
Stand-by or night consumption ⁽⁷⁾	90 W		
Average power consumption per day	2,000 W		
General Information			
Ambient temperature	-20 °C to +60 °C		
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%		
Protection class	IP54 (IP56 with the sand trap kit)		
Maximum altitude	4,500 m (for installations beyond 1,000 m, please contact Ingeteam's solar sales department)		
Cooling system	Air forced with temperature control (230 V phase + neutral power supply)		
Air flow range	0 - 7,800 m ³ /h		
Average air flow	4,200 m ³ /h		
Acoustic emission (100% / 50% load)	<66 dB(A) at 10m / <54.5 dB(A) at 10m		
Marking	CE		
EMC and security standards	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100		
Grid connection standards	IEC 62116, Arrêté 23-04-2008, CEI 0-16 Ed. III, Terna A68, G59/2, BDEW-Mittelspannungsrichtlinie:2011, P.O.12.3, South African Grid code (ver 2.6), Chilean Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruan Grid code, Thailand PEA requirements, IEC61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, IEEE 1547, IEEE1547.1, GGC&CGC China, DEWA (Dubai) Grid code, Jordan Grid Code		

Notes: ⁽¹⁾ Depending on the type of installation and geographical location. Data for STC conditions ⁽²⁾ V_{mpp.min} is for rated conditions (V_{ac}=1 p.u. and Power Factor=1) ⁽³⁾ Consider the voltage increase of the 'Voc' at low temperatures ⁽⁴⁾ With the sand trap kit ⁽⁵⁾ For P_{out}>25% of the rated power ⁽⁶⁾ For P_{out}>25% of the rated power and voltage in accordance with IEC 61000-3-4 ⁽⁷⁾ Consumption from PV field when there is PV power available.

	1560TL B600	1600TL B615	1640TL B630
Input (DC)			
Recommended PV array power range ⁽¹⁾	1,543 - 2,027 kWp	1,581 - 2,077 kWp	1,620 - 2,128 kWp
Voltage Range MPP ⁽²⁾	868 - 1,300 V	890 - 1,300 V	911 - 1,300 V
Maximum voltage ⁽³⁾	1,500 V		
Maximum current	1,850 A		
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)		
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)		
Type of connection	Connection to copper bars		
Power blocks	1		
MPPT	1		
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles		
Input protections			
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)		
DC switch	Motorized DC load break disconnect		
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton		
Output (AC)			
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,559 kVA / 1,403 kVA	1,598 kVA / 1,438 kVA	1,637 kVA / 1,473 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A		
Power IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,559 kVA / 1,380 kVA	1,598 kVA / 1,415 kVA	1,637 kVA / 1,449 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,500 A / 1,328 A		
Rated voltage	600 V IT System	615 V IT System	630 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz		
Power Factor ⁽⁵⁾	1		
Power Factor adjustable	Yes. S _{max} =1,559 kVA	Yes. S _{max} =1,598 kVA	Yes. S _{max} =1,637 kVA
THD (Total Harmonic Distortion) ⁽⁶⁾	<3%		
Output protections			
Overvoltage protections	Type II surge arresters		
AC breaker	Motorized AC circuit breaker		
Anti-islanding protection	Yes, with automatic disconnection		
Other protections	AC short circuits and overloads		
Features			
Maximum efficiency	98.9%		
Euroefficiency	98.5%		
Max. consumption aux. services	4,250 W		
Stand-by or night consumption ⁽⁷⁾	90 W		
Average power consumption per day	2,000 W		
General Information			
Operating temperature	-20 °C to +60 °C		
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%		
Protection class	IP54 (IP56 with the sand trap kit)		
Maximum altitude	4,500 m (for installations beyond 1,000 m, please contact Ingeteam's solar sales department)		
Cooling system	Air forced with temperature control (230 V phase + neutral power supply)		
Air flow range	0 - 7,800 m ³ /h		
Average air flow	4,200 m ³ /h		
Acoustic emission (100% / 50% load)	<66 dB(A) at 10m / <54.5 dB(A) at 10m		
Marking	CE		
EMC and security standards	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100		
Grid connection standards	IEC 62116, Arrêté 23-04-2008, CEI 0-16 Ed. III, Terna A68, G59/2, BDEW-Mittelspannungsrichtlinie:2011, P.O.12.3, South African Grid code (ver 2.6), Chilean Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruan Grid code, Thailand PEA requirements, IEC61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, IEEE 1547, IEEE1547.1, GGC&CGC China, DEWA (Dubai) Grid code, Jordan Grid Code		

Notes: ⁽¹⁾ Depending on the type of installation and geographical location. Data for STC conditions ⁽²⁾ V_{mpp.min} is for rated conditions (V_{ac}=1 p.u. and Power Factor=1) ⁽³⁾ Consider the voltage increase of the 'Voc' at low temperatures ⁽⁴⁾ With the sand trap kit ⁽⁵⁾ For P_{out}>25% of the rated power ⁽⁶⁾ For P_{out}>25% of the rated power and voltage in accordance with IEC 61000-3-4 ⁽⁷⁾ Consumption from PV field when there is PV power available.

INGECON SUN PowerStation



40-foot MV turnkey solution,
customised up to 4920 kVA

Ingeteam



From 760 to 4920 kVA

The complete turnkey solution, customized up to 5.7 MWp, 40 ft. container with innovative forced air or air conditioned cooling systems for adverse environmental conditions

Thanks to its CSC approval for overseas shipment, The INGECON® SUN PowerStation CON 40 can be marketed and installed everywhere in the world. It is a fully equipped container with three separate compartments and different cooling systems (up to 3,275 kVA) or two separate compartments with different cooling systems and outdoor mounted LV / MV transformer (up to 4,900 kVA).

Robust and long-lasting design

The INGECON® SUN PowerStation CON40 is a standard solution specifically designed for dusty areas with innovative cooling systems to ensure the nominal output power up to 60 °C. Moreover, this solution avoids any problem regarding the corrosion generated from sandstorms. To ensure the maximum protection against weather conditions, external sides are coated with a galvanized layer and painted with polyurethane lacquer. The load-bearing structure is single-block made of welded steel, to ensure top resistance and durability over time. Roof-top and walls are coated with insulated sandwich panels. The sandwich panels are made of galvanized painted steel, filled with a 50 mm layer of rigid fire-proof polyurethane foam, ensuring perfect waterproofness over time and efficient thermal insulation.

Equipped with everything necessary

High efficiency inverters, auxiliary services switchgear, Medium Voltage cubicle and LV / MV transformer. Available with High-speed Ethernet / Fiber Optic communication infrastructure for Plug & Play connection to PV Plant Controller, monitoring and SCADA systems.

Complete accessibility

Thanks to its innovative design, all devices are readily accessible, thereby making it easier to inspect, maintain and repair the INGECON® SUN PowerStation CON 40. The transformer compartment door is equipped with AREL safety lock with a blocking code on the cabling box.

Ideal for adverse environments

The INGECON® SUN PowerStation CON40 is a standard solution able to withstand adverse environmental conditions without any loss of performance. Thanks to its recirculation air conditioning system, the "RC" version can provide its rated power up to 60 °C (ambient temperature) without derating and IP65 protection degree.

Innovative cooling systems

FA type: the internal temperature of inverters compartment is controlled by high efficiency hot air extraction plenums and centrifugal fan systems.

A number of internal and external probes guarantee a constant ambient temperature. The incoming air is filtered through special sand trap grids mounted on the bottom of the walls.

AC type: the container is equipped with an internal cooling system featuring a Free Cooling function for inverters compartment. The air conditioning units, sized for each of the inverters, feature the following operating modes:

- Pure Free Cooling: Compressor in OFF mode. The outdoor air temperature is low and the conditioner operates like a ventilation system, with an air inflow and outflow.
- Assisted Free Cooling: Compressor operates in ON-OFF mode. The outdoor air temperature is relatively low to allow operation in Free Cooling mode. However, it is not low enough to maintain the desired interior temperature.
- Cooling Compressor in ON mode: The system operates like a normal air conditioner.

RC type: the container is equipped with an internal Recirculation Air Conditioning system for inverters compartment, to maintain the correct internal temperature over the entire operating temperature range.



CON 40 FA / NA / FA



CON 40 FA / FA / FA



CON 40 AC-RC / NA / FA



CON 40 AC-RC / FA / FA

MAIN FEATURES

- Output power up to 4,920 kVA.
- Available up to 36 kV output voltage.
- Available with embedded cast resin or oil immersed hermetically sealed LV / MV transformer (up to 3,275 kVA).
- Available with outdoor mounted hermetically sealed LV / MV transformer (up to 4,920 kVA).
- Up to IP65 protection degree for inverter compartment. ⁽¹⁾
- Rated power up 60 °C ambient temperature. ⁽¹⁾
- Protected against solar and sand corrosion.
- CSC certification for container shipping.
- Plug & Play solution.
- Maximum reliability, higher safety and reduced maintenance thanks to solid aluminium and flexible copper busbars for Low Voltage power distribution.
- Different cooling systems for inverter compartment⁽¹⁾:

Type FA: Forced Air ventilation, operating temperature range from -20 °C to +55 °C.

Type AC: Free Cooling Air Conditioning system, operating temperature range from -20 °C to +55 °C without derating.

Type RC: Recirculation Air Conditioning system, operating temperature range from -20 °C to +60 °C without derating.

- Relative Humidity (non-condensing): 0-100%.
- Installation Altitude: 3000 m above sea level. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Refer to Technical Characteristics tables for further details.

ELECTRICAL PROTECTIONS

- Reverse polarity.
- Output short-circuits and overloads.
- DC fuses.
- DC switch with door control.
- AC circuit breaker with door control.
- DC and AC overvoltage suppressors.
- Anti-islanding monitoring system with automatic disconnection.
- Insulation monitoring system.
- Automatic disconnection system in case of LV / MV transformer overheat.
- Emergency disconnection button, accessible from outside.
- DGPT2 relay included in the transformer.
- MV protection with fuses or circuit breaker.

STANDARD EQUIPMENT

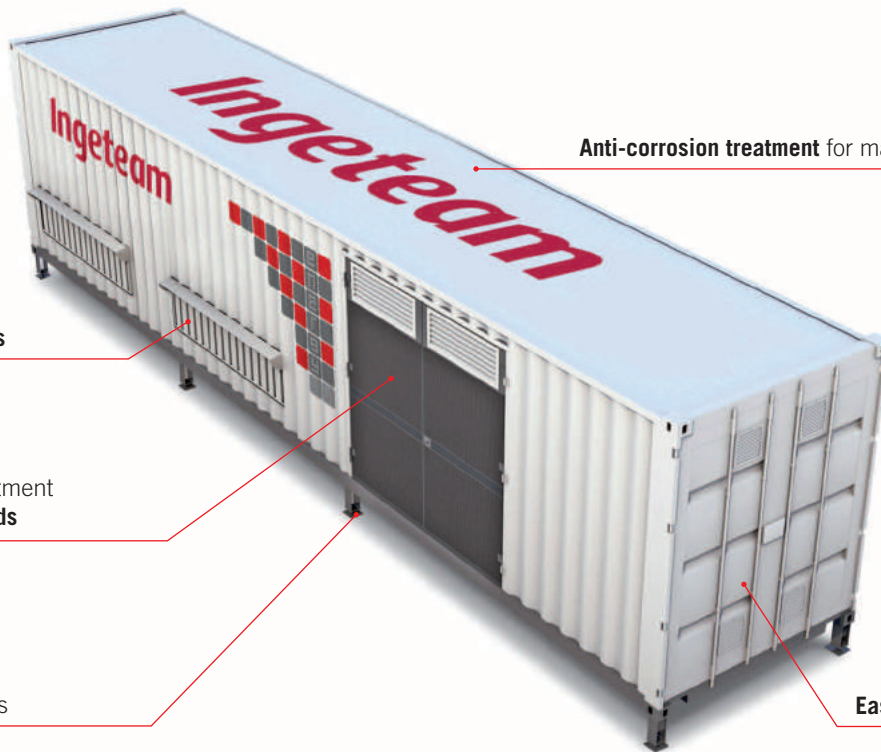
- Fully equipped auxiliary services panel.
- Internal and emergency lighting systems.
- LV / MV transformer with reduced power losses.
- Fire detection system with automatic disconnection (both DC and AC sides).
- Safety interlocks for MV transformer compartment door on the cabling box.
- Fire safety kit.
- Medium Voltage safety kit.
- First aid kit and safety signals.

OPTIONAL EQUIPMENT

In addition to the standard equipment, the INGECON® SUN PowerStation can be supplied with the following options:

- LV / LV transformer for the power supply to the auxiliary services panel.
- LV / MV transformer with reduced power losses according to EU 548/2014.
- UPS for auxiliary services.
- INGECON® SUN StringControl 16 / 24 / 32 channels intelligent or passive string combiner boxes.
- Meteo station.
- High-speed Ethernet / Fiber Optic communication infrastructure for Plug & Play connection to PV Plant Controller and SCADA systems.
- INGECON® SUN SCADA supervision, control and data acquisition system.
- INGECON® SUN EMS Plant Controller compliant with the most widely international Grid Codes.
- Gateway for monitoring and control of the PV Plant by the Grid Operator using standard protocols (like IEC 61850, IEC 60870-5-101/104, DNP 3.0, etc.).
- HV surge arresters.
- Anti-rodent system.
- Human intrusion detection system.
- External lighting system.
- Oil retention tank (separately supplied).
- Energy meter for auxiliary services and/or energy production.
- Reactive power regulation with no PV array power.

Solution up to 3275 kVA (2 PV inverters)



Anti-corrosion treatment for maximum durability

Air intake sand-trap grids

MV transformer compartment with protective metal grids

Easily adaptable to different ground surfaces

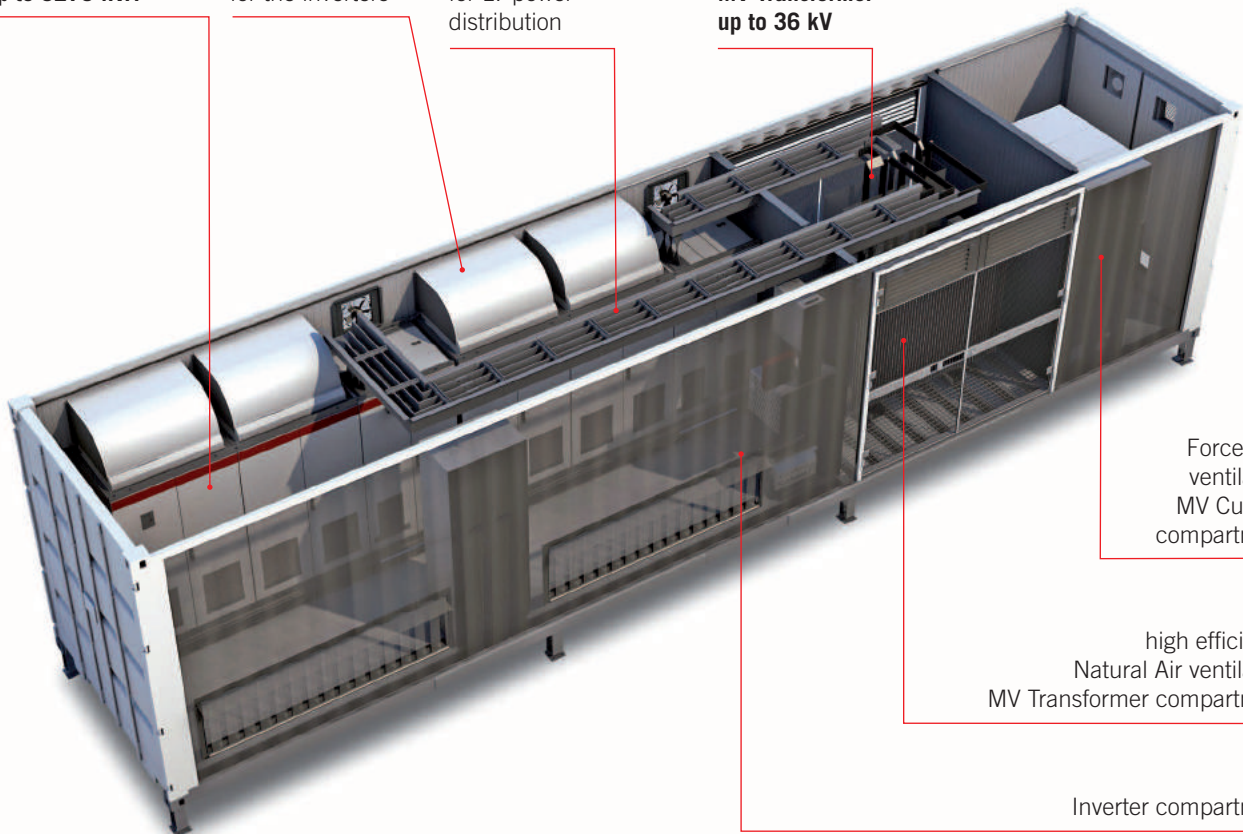
Ease of maintenance

INGECON® SUN
PowerMax inverters
up to 3275 kVA

High efficiency air
extraction plenums
for the inverters

Solid aluminium and
flexible copper busbars
for LV power
distribution

Oil immersed
hermetically sealed
MV Transformer
up to 36 kV



IP55
Forced Air
ventilation
MV Cubicle
compartment

IP21
high efficiency
Natural Air ventilation
MV Transformer compartment

IP54
Inverter compartment

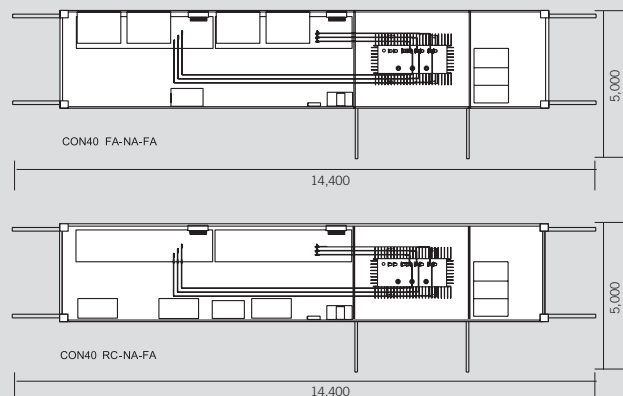
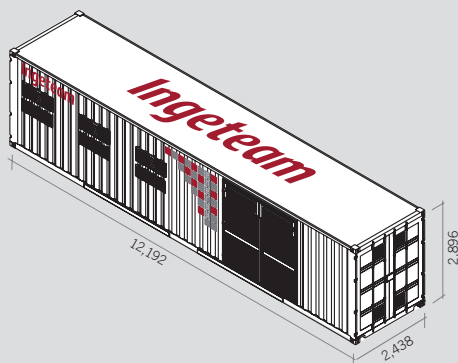
* Illustrative image. It might not correspond with the basic configuration.

	CON 40 FA / xx / FA	CON 40 AC / xx / FA	CON 40 RC / xx / FA	
General Information				
Inverter Compartment ⁽¹⁾	Cooling system	Forced air ventilation	Air conditioning with Free Cooling function / Recirculation air conditioning	
	Air extraction / Air intake	Overpressure Dampers with anti-rain covers / Filtered sand trap grids	Overpressure Dampers / Filtered grids with anti-rain covers	
	Max. power consumption	420 W	5,400 / 18,000 W ⁽²⁾	18,000 W
	Protection degree	IP54	IP54	IP65
	Max. power @ 1,000 Vdc (X, M Series)	2,328 kVA @ 30 °C 2,142 kVA @ 45 °C		
	Max. power @ 1,000 Vdc (B Series)	2,328 kVA @ 35 °C 2,142 kVA @ 50 °C		
	Max. power @ 1,500Vdc (B Series)	3,275 kVA @ 25°C / 2,728 kVA @ 50°C		
LV / MV Transformer compartment CON 40 FA or AC or RC/FA/FA	Cooling system	Forced air with temperature control		
	Air extraction / Air intake	Overpressure dampers with anti-rain covers / Filtered sand trap grids		
	Max. power consumption	2,720 W		
	Protection degree	IP54		
LV / MV Transformer compartment ⁽³⁾ CON 40 FA or AC or RC/NA/FA	Cooling system	Natural air ventilation		
	Air extraction / Air intake	Protective metal grids		
	Max. power consumption	0 W		
	Protection degree	IP21		
MV Cubicle compartment	Cooling system	Forced air with temperature control		
	Air extraction / Air intake	Filtered anti-rain grids		
	Max. power consumption	65 W		
	Protection degree	IP55		
Operating temperature range ⁽⁵⁾	from -20 °C to +55 °C ⁽⁴⁾	from -20 °C to +55 °C	from -20 °C to +60 °C	
Relative humidity (non-condensing)	0-100%			
Installation altitude ⁽⁶⁾	3,000 m above sea level			
Equipment				
Inverter version	X series (Master-Slave), M series (Multi-MPPT), B series (Monoblock) ⁽⁷⁾			
BT-AUX switchgear	Standard version (Full version and high-speed communication infrastructure optional)			
LV / MV Transformer	Dry type cast resin or Oil immersed hermetically sealed			
MV Switchgear	0L1P, 1L1P or 2L1P cells with either fuses or circuit breaker protection			
Mechanical Information				
Structure Material	Steel			
Insulation	Sandwich panels containing a 50 mm rigid fire-proof polyurethane foam filling			

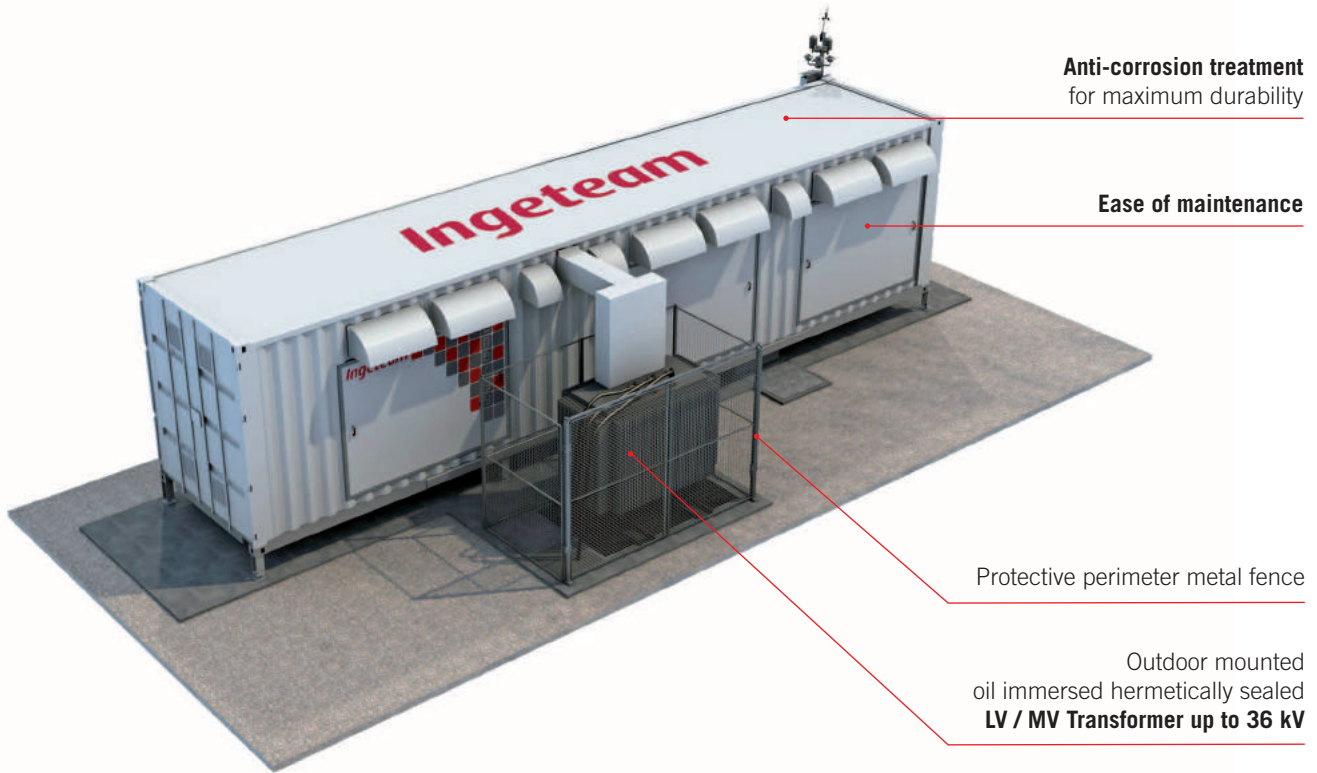
Notes: ⁽¹⁾ Including inverters, instrumentation, auxiliary services switchgear, monitoring systems ⁽²⁾ Pure Free Cooling function / Cooling function ⁽³⁾ Equipped with oil immersed hermetically sealed LV / MV transformers ⁽⁴⁾ For INGECON® SUN PowerMax, "M" and "X" series: rated output power indicated in the Technical Characteristics tables is guaranteed up to 45 °C operating temperature. Derating above 45 °C of 1.8% for each °C of increase until 60 °C operating temperature ⁽⁴⁾ For INGECON® SUN PowerMax, "B" series: rated output power indicated in the Technical Characteristics tables is guaranteed up to 50 °C operating temperature. Derating above 50 °C of 1.8% for each °C of increase until 60 °C operating temperature ⁽⁵⁾ -30 °C with optional kit ⁽⁶⁾ Please contact Ingeteam for altitudes higher than 1,000 m ⁽⁷⁾ Not available with air conditioning.

Size (mm)	Length	Width	Height
Body dimensions	12,192	2,438	2,896
Overall dimensions with all doors open	14,400	3,700	2,896
Foundation dimensions	14,142	5,000	300

CON 40



Solution up to 4920 kVA (3 PV inverters)



INGECON® SUN
PowerMax inverters
up to 4920 kVA

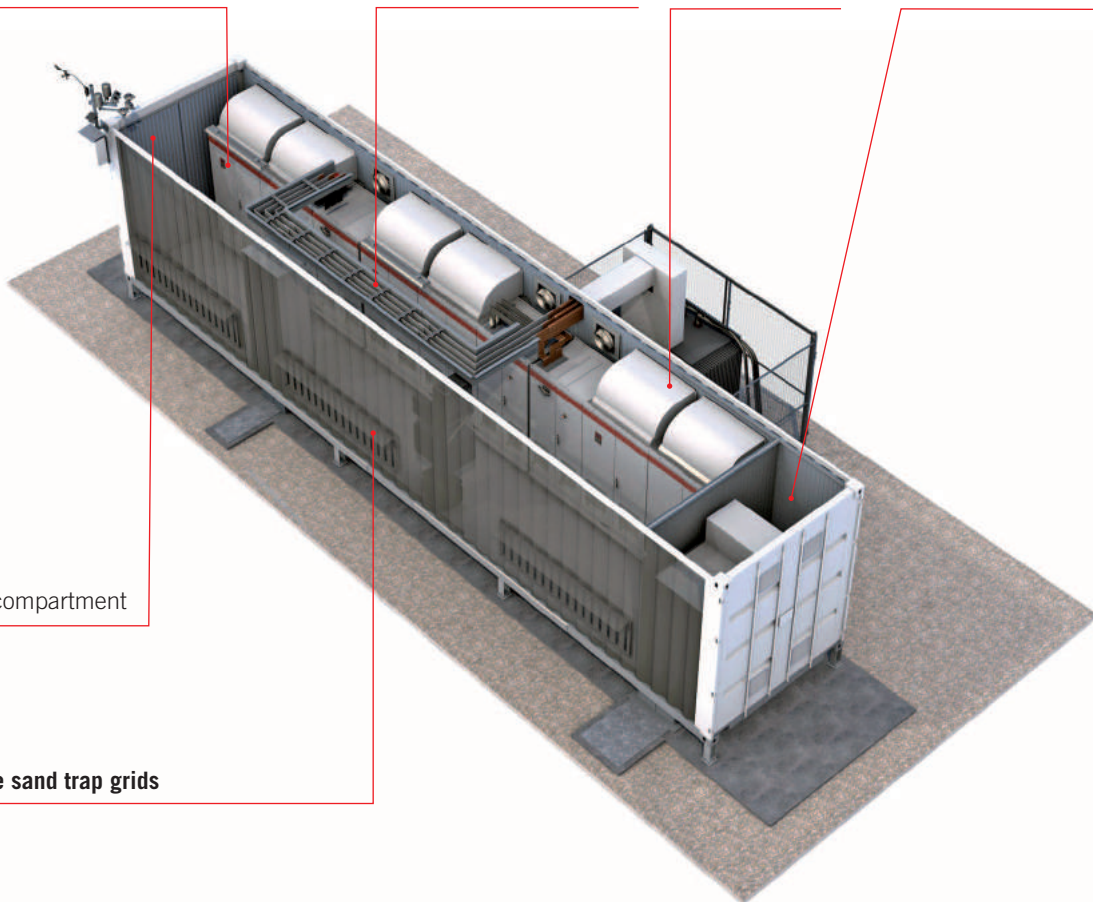
Solid aluminium and
flexible copper busbars for
LV power distribution

**High efficiency air
extraction plenums**
for the inverters

IP55
Forced Air ventilation
MV Cubicle compartment

IP54
Inverter compartment

Air intake sand trap grids



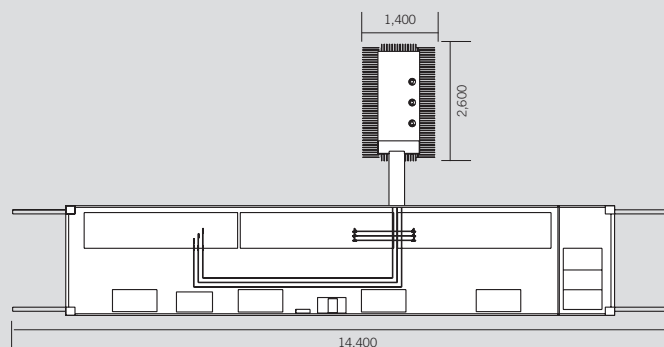
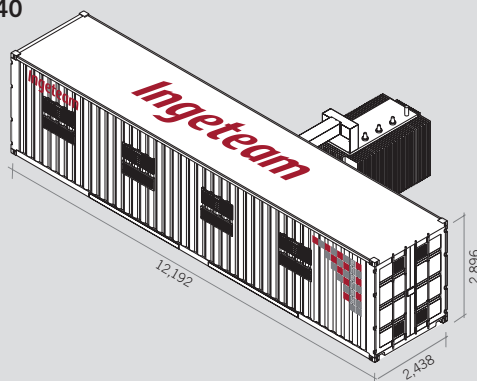
* Illustrative image. It might not correspond with the basic configuration.

		CON 40 FA / OD / FA	CON 40 AC / OD / FA	CON 40 RC / OD / FA
General Information				
Inverter Compartment ⁽¹⁾	Cooling system	Forced air ventilation	Air conditioning with Free Cooling function	Recirculation air conditioning
	Air extraction / Air intake	Overpressure dampers with anti-rain covers / Filtered sand trap grids	Overpressure Dampers / Filtered grids with anti-rain covers	Overpressure Dampers / Standard grids with anti-rain covers
	Max. power consumption	630 W	7,200 / 24,000 W ⁽²⁾	24,000 W
	Protection degree	IP54	IP54	IP65
	Max. power @ 1,000 Vdc (X, M Series)	3,492 kVA @ 30 °C 3,213 kVA @ 45 °C		
	Max. power @ 1,000 Vdc (B Series)	3,492 kVA @ 35 °C 3,213 kVA @ 50 °C		
	Max. power @ 1,500 Vdc (B Series)	4,911 kVA @ 25°C / 4,092 kVA @ 50°C		
MV Cubicle compartment	Cooling system	Forced air with temperature control		
	Air extraction / Air intake	Filtered anti-rain grids		
	Max. power consumption	65 W		
	Protection degree	IP55		
LV / MV Transformer	Mounting type	Outdoor mounting with protective perimeter metal fence		
	Cooling system	Natural air ventilation		
Operating temperature range ⁽⁴⁾		from -20 °C to +55 °C ⁽³⁾	from -20 °C to +55 °C	from -20 °C to +60 °C
Relative humidity (non-condensing)		0-100%		
Installation altitude ⁽⁵⁾		3,000 m above sea level		
Equipment				
Inverter version		X series (Master-Slave), M series (Multi-MPPT), B series (Monoblock) ⁽⁶⁾		
BT-AUX switchgear		Standard version (Full version and high-speed communication infrastructure optional)		
LV / MV Transformer		Oil immersed hermetically sealed		
MV Switchgear		0L1A, 1L1A or 2L1A cells with circuit breaker protection		
Mechanical Information				
Structure Material		Steel		
Insulation		Sandwich panels containing a 50 mm rigid fire-proof polyurethane foam filling		

Notes: ⁽¹⁾ Including inverters, instrumentation, auxiliary services switchgear, monitoring systems ⁽²⁾ Pure Free Cooling function / Cooling function ⁽³⁾ For INGECON® SUN PowerMax, "M" or "X" series: rated output power indicated in the Technical Characteristics tables is guaranteed up to 45 °C operating temperature. Derating above 45 °C of 1.8% for each °C of increase until 55 °C operating temperature ⁽³⁾ For INGECON® SUN PowerMax, "B" series: rated output power indicated in the Technical Characteristics tables is guaranteed up to 50 °C operating temperature. Derating above 50 °C of 1.8% for each °C of increase until 55 °C operating temperature ⁽⁴⁾ -30 °C with optional kit ⁽⁵⁾ Please contact Ingeteam for altitudes higher than 1,000 m ⁽⁶⁾ Not available with air conditioning.

	Length	Width	Height
Size (mm)			
CON 40 dimensions	12,192	2,438	2,896
CON 40 overall dimensions with doors open	14,400	3,700	2,896
LV / MV transformer indicative dimensions	2,600	1,400	2,700
Foundation dimensions	14,142	7,500	300

CON 40





Ingeteam

Ingeteam Power Technology, S.A.
Avda. Ciudad de la Innovación, 13
31621 SARRIGUREN (Navarra) - Spain
Tel.: +34 948 288 000 / Fax: +34 948 288 001
e-mail: solar.energy@ingeteam.com

Ingeteam S.r.l.
Via Emilia Ponente, 232
48014 CASTEL BOLOGNESE (RA) - Italy
Tel.: +39 0546 651 490 / Fax: +39 054 665 5391
e-mail: italia.energy@ingeteam.com

Ingeteam SAS
La Naurouze B - 140 rue Carmin
31670 Labège - France
Tel: +33 (0)5 61 25 00 00 / Fax: +33 (0)5 61 25 00 11
e-mail: france@ingeteam.com

Ingeteam INC.
3550 W. Canal St.
MILWAUKEE, WI 53208 - USA
Tel.: +1 (414) 934 4100 / +1 (855) 821 7190 / Fax: +1 (414) 342 0736
e-mail: solar.us@ingeteam.com

Ingeteam, a.s.
Technologická 371/1
70800 OSTRAVA - PUSTKOVEC
Czech Republic
Tel.: +420 59 732 6800 / Fax: +420 59 732 6899
e-mail: czech@ingeteam.com

Ingeteam Shanghai, Co. Ltd.
Shanghai Trade Square, 1105
188 Si Ping Road
200086 SHANGHAI - P.R. China
Tel.. +86 21 65 07 76 36 / Fax: +86 21 65 07 76 38
e-mail: shanghai@ingeteam.com

Ingeteam, S.A. de C.V.
Ave. Revolución, nº 643, Local 9
Colonia Jardín Español - MONTERREY
64820 - NUEVO LEÓN - México
Tel.: +52 81 8311 4858 / Fax: +52 81 8311 4859
e-mail: northamerica@ingeteam.com

Ingeteam Ltda.
Rua Estácio de Sá, 560
Jd. Santa Genebra
13080-010 Campinas/SP - Brazil
Tel.: +55 19 3037 3773
e-mail: brazil@ingeteam.com

Ingeteam Pty Ltd.
Unit 2 Alphen Square South
16th Road, Randjiespark
Midrand 1682 - South Africa
Tel.: +2711 314 3190 / Fax: +2711 314 2420
e-mail: southafrica@ingeteam.com

Ingeteam SpA
Los militares 5890, Torre A, oficina 401
7560742 - Las Condes
Santiago de Chile - Chile
Tel.: +56 2 29574531
e-mail: chile@ingeteam.com

Ingeteam Power Technology India Pvt. Ltd.
2nd Floor, 431
Udyog Vihar, Phase III
122016 Gurgaon (Haryana) - India
Tel.: +91 124 420 6491-5 / Fax: +91 124 420 6493
e-mail: india@ingeteam.com

Ingeteam Sp. z o.o.
Ul. Koszykowa 60/62 m 39
00-673 Warszawa - Poland
Tel.: +48 22 821 9930 / Fax: +48 22 821 9931
e-mail: polska@ingeteam.com

Ingeteam Australia Pty Ltd.
iAccelerate Centre, Building 239
Innovation Campus, Squires Way
North Wollongong, NSW 2500 - Australia
Tel.: +61 499 988 022
e-mail: australia@ingeteam.com

Ingeteam Panama S.A.
Calle Manuel Espinosa Batista, Ed. Torre Internacional
Business Center, Apto./Local 407 Urb.C45 Bella Vista
Bella Vista - Panama
Tel.: +50 761 329 467

Ingeteam Service S.R.L.
Bucuresti, Sector 2, Bulevardul Dimitrie Pompeiu Nr 5-7
Cladirea Hermes Business Campus 1, Birou 236, Etaj 2
Romania
Tel.: +40 728 993 202

Ingeteam Philippines Inc.
Office 2, Unit 330, Milelong Bldg.
Amorsolo corner Rufin St.
1230 Makati
Gran Manila - Philippines
Tel.: +63 0917 677 6039

1.4.4 PVSyst Report P50

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Navojoa

Geographical Site Sonora Country Mexico

Situation Latitude 27.05° N Longitude -109.35° W
 Time defined as Legal Time Time zone UT-7 Altitude 77 m
 Albedo 0.20

Meteo data: Navojoa Solargis v2.1.13 - TMY

Simulation variant : VC2_Navojoa_REV T-B-72P-60°-C-7.25-SG
 Simulation date 06/09/17 12h13

Simulation parameters

Tracking plane, tilted Axis Axis Tilt 0° Axis Azimuth 0°
 Rotation Limitations Minimum Phi -60° Maximum Phi 60°

Backtracking strategy Tracker Spacing 7.25 m Collector width 3.04 m
 Inactive band Left 0.20 m Right 0.20 m

Models used Transposition Perez Diffuse Imported

Horizon Free Horizon

Near Shadings According to strings Electrical effect 100 %

PV Array Characteristics

PV module Si-poly Model **JKM330PP-72-V-2016**
 Custom parameters definition Manufacturer Jinkosolar
 Number of PV modules In series 30 modules In parallel 25250 strings
 Total number of PV modules Nb. modules 757500 Unit Nom. Power 330 Wp
 Array global power Nominal (STC) **249975 kWp** At operating cond. 225261 kWp (50°C)
 Array operating characteristics (50°C) U mpp 1022 V I mpp 220373 A
 Total area Module area **1469817 m²** Cell area 1327504 m²

Inverter Model **INGECON SUN 1640TLB630**

Custom parameters definition Manufacturer Ingeteam
 Characteristics Operating Voltage 915-1300 V Unit Nom. Power 1637 kWac
 Inverter pack Nb. of inverters 123 units Total Power 201351 kWac

PV Array loss factors

Array Soiling Losses Loss Fraction 1.5 %
 Thermal Loss factor Uc (const) 29.0 W/m²K Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
 Wiring Ohmic Loss Global array res. 0.094 mOhm Loss Fraction 1.8 % at STC
 LID - Light Induced Degradation Loss Fraction 1.8 %
 Module Quality Loss Loss Fraction -0.8 %
 Module Mismatch Losses Loss Fraction 0.6 % at MPP
 Incidence effect (IAM): User defined IAM profile

0°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.950	0.770	0.000

System loss factors

AC wire loss inverter to transfo Inverter voltage 630 Vac tri
 Wires: 3x30000.0 mm² 10 m Loss Fraction 0.4 % at STC
 External transformer Iron loss (24H connexion) 615619 W Loss Fraction 0.3 % at STC
 Resistive/Inductive losses 0.0 mOhm Loss Fraction 1.8 % at STC
 Unavailability of the system 3.6 days, 3 periods Time fraction 1.0 %

Grid-Connected System: Simulation parameters (continued)

User's needs :

Unlimited load (grid)

Grid power limitation

Active Power 200 MW

Pnom ratio 1.250

Grid-Connected System: Near shading definition

Project : Navojoa

Simulation variant : VC2_Navojoa_REV T-B-72P-60°-C-7.25-SG

Main system parameters

System type **Grid-Connected**

Near Shadings

	According to strings		Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tracking, tilted axis, Axis Tilt	0°	Axis Azimuth	0°
PV modules	Model	JKM330PP-72-V-2016	Pnom	330 Wp
PV Array	Nb. of modules	757500	Pnom total	249975 kWp
Inverter	Model	INGECON SUN 1640TLB630		1637 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	123.0	Pnom total	201351 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene

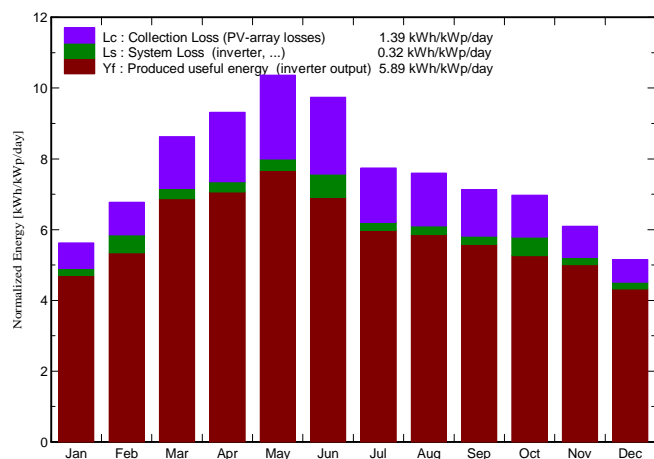
Grid-Connected System: Main results

Project : Navojoa
Simulation variant : VC2_Navojoa_REV T-B-72P-60°-C-7.25-SG

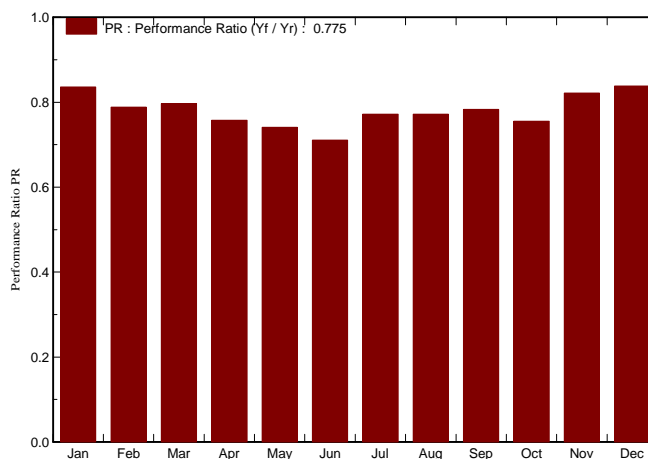
Main system parameters		System type	Grid-Connected
Near Shadings	According to strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tracking, tilted axis, Axis Tilt	0°	Axis Azimuth 0°
PV modules	Model	JKM330PP-72-V-2016	Pnom 330 Wp
PV Array	Nb. of modules	757500	Pnom total 249975 kWp
Inverter	Model	INGECON SUN 1640TLB630	1637 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	123.0	Pnom total 201351 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
System Production **Produced Energy** **537009 MWh/year** Specific prod. 2148 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **77.47 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 249975 kWp



Performance Ratio PR



VC2_Navojoa_REV T-B-72P-60°-C-7.25-SG Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	
January	130.2	30.63	17.27	174.4	166.3	38015	36442	0.836
February	141.9	29.63	17.33	189.8	181.7	40974	37419	0.789
March	201.3	39.41	19.31	267.5	256.7	55526	53277	0.797
April	217.0	51.22	23.19	279.6	267.6	55149	52951	0.758
May	248.7	45.52	26.78	321.4	308.8	61932	59502	0.741
June	230.3	56.92	30.62	292.3	279.8	56784	51916	0.711
July	198.7	78.41	32.06	240.0	228.0	48186	46300	0.772
August	193.1	68.67	31.18	235.4	223.9	47293	45431	0.772
September	168.4	54.20	29.97	213.9	203.5	43601	41874	0.783
October	164.4	40.29	27.61	216.1	206.4	44877	40814	0.755
November	134.9	28.88	22.29	182.8	174.8	39161	37560	0.822
December	119.2	27.80	19.01	160.0	152.6	34991	33523	0.838
Year	2148.1	551.57	24.76	2773.2	2650.1	566490	537009	0.775

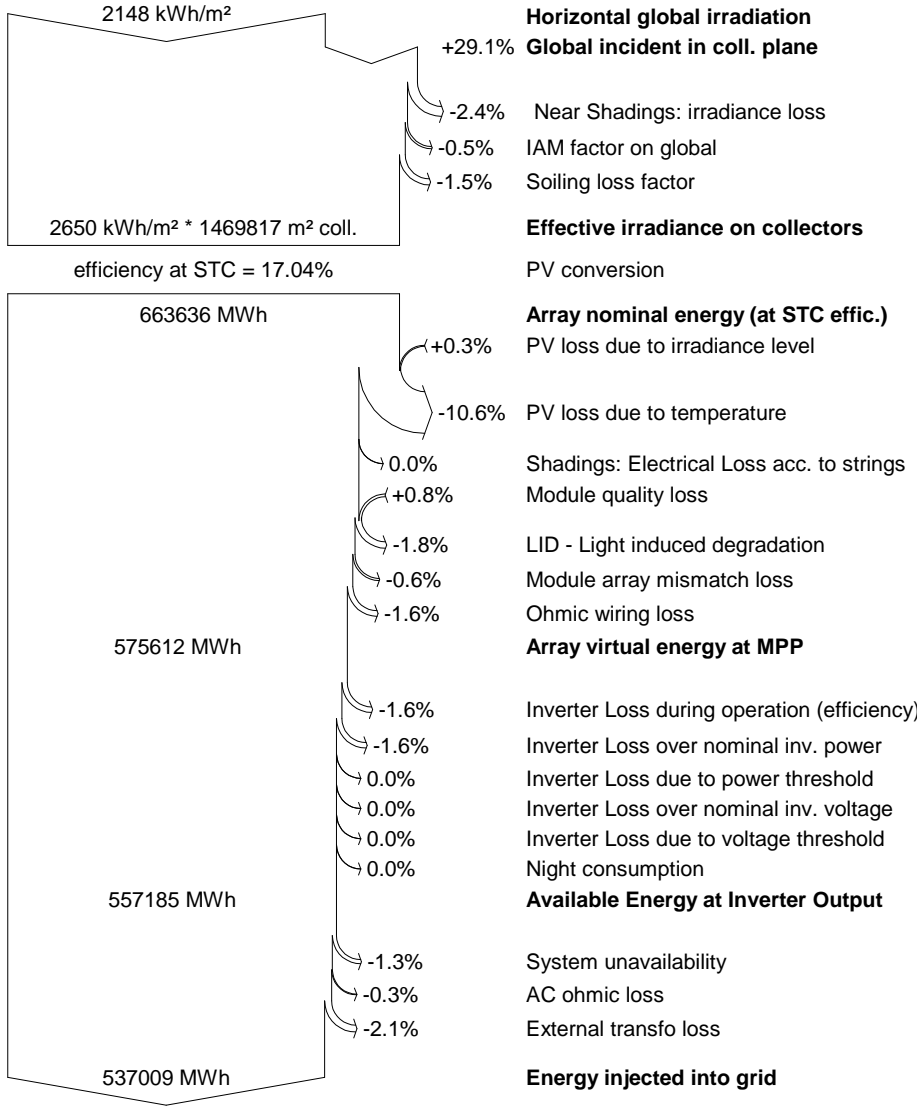
Legends:	GlobHor Horizontal global irradiation	GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
	DiffHor Horizontal diffuse irradiation	EArray Effective energy at the output of the array
	T Amb Ambient Temperature	E_Grid Energy injected into grid
	GlobInc Global incident in coll. plane	PR Performance Ratio

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Navojoa
Simulation variant : VC2_Navojoa_REV T-B-72P-60°-C-7.25-SG

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
Near Shadings	According to strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tracking, tilted axis, Axis Tilt	Axis Azimuth	0°
PV modules	Model	Pnom	330 Wp
PV Array	Nb. of modules	Pnom total	249975 kWp
Inverter	Model		1637 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	Pnom total	201351 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



1.4.5 PVSyst Report P90

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Navojoa

Geographical Site	Sonora	Country	Mexico
Situation	Latitude 27.05° N	Longitude	-109.35° W
Time defined as	Legal Time Time zone UT-7	Altitude	77 m
	Albedo 0.20		
Meteo data:	Sonora	SolarGIS v2.1.13 - TMY	

Simulation variant : VC3_Navojoa_REV T-B-72P-60°-C-7.25-SG

Simulation date 06/09/17 12h25

Simulation parameters

Tracking plane, tilted Axis	Axis Tilt	0°	Axis Azimuth	0°
Rotation Limitations	Minimum Phi	-60°	Maximum Phi	60°
Backtracking strategy	Tracker Spacing	7.25 m	Collector width	3.04 m
Inactive band	Left	0.20 m	Right	0.20 m
Models used	Transposition	Perez	Diffuse	Imported
Horizon	Free Horizon			
Near Shadings	According to strings		Electrical effect	100 %

PV Array Characteristics

PV module	Si-poly	Model	JKM330PP-72-V-2016	
Custom parameters definition	Manufacturer	Jinkosolar		
Number of PV modules	In series	30 modules	In parallel	25250 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	757500	Unit Nom. Power	330 Wp
Array global power	Nominal (STC)	249975 kWp	At operating cond.	225261 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	1022 V	I mpp	220373 A
Total area	Module area	1469817 m²	Cell area	1327504 m²

Inverter

Custom parameters definition	Model	INGECON SUN 1640TLB630		
Characteristics	Manufacturer	Ingeteam		
Inverter pack	Operating Voltage	915-1300 V	Unit Nom. Power	1637 kWac
	Nb. of inverters	123 units	Total Power	201351 kWac

PV Array loss factors

Array Soiling Losses			Loss Fraction	1.5 %
Thermal Loss factor	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	0.094 mOhm	Loss Fraction	1.8 % at STC
LID - Light Induced Degradation			Loss Fraction	1.8 %
Module Quality Loss			Loss Fraction	-0.8 %
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	0.6 % at MPP
Incidence effect (IAM): User defined IAM profile				

0°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.950	0.770	0.000

System loss factors

AC wire loss inverter to transfo	Inverter voltage	630 Vac tri		
	Wires: 3x30000.0 mm²	10 m	Loss Fraction	0.4 % at STC
External transformer	Iron loss (24H connexion)	615619 W	Loss Fraction	0.3 % at STC
	Resistive/Inductive losses	0.0 mOhm	Loss Fraction	1.8 % at STC
Unavailability of the system	3.6 days, 3 periods		Time fraction	1.0 %

Grid-Connected System: Simulation parameters (continued)

User's needs :

Unlimited load (grid)

Grid power limitation

Active Power 200 MW

Pnom ratio 1.250

Grid-Connected System: Near shading definition

Project : Navojoa

Simulation variant : VC3_Navojoa_REV T-B-72P-60°-C-7.25-SG

Main system parameters

System type **Grid-Connected**

Near Shadings

	According to strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tracking, tilted axis, Axis Tilt	Axis Azimuth	0°
PV modules	Model	JKM330PP-72-V-2016	Pnom 330 Wp
PV Array	Nb. of modules	757500	Pnom total 249975 kWp
Inverter	Model	INGECON SUN 1640TLB630	1637 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	123.0	Pnom total 201351 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene

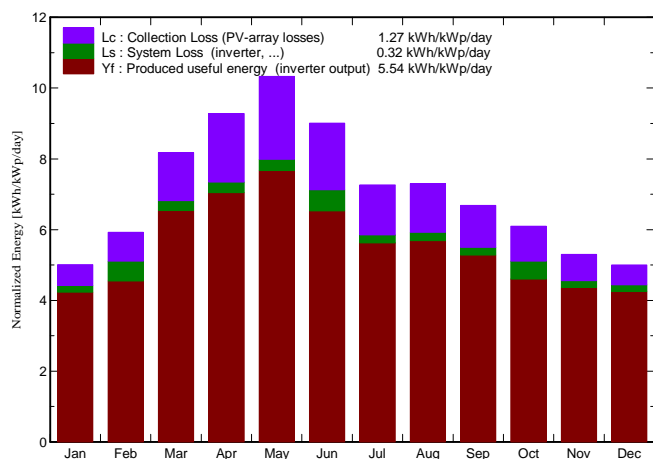
Grid-Connected System: Main results

Project : Navojoa
Simulation variant : VC3_Navojoa_REV T-B-72P-60°-C-7.25-SG

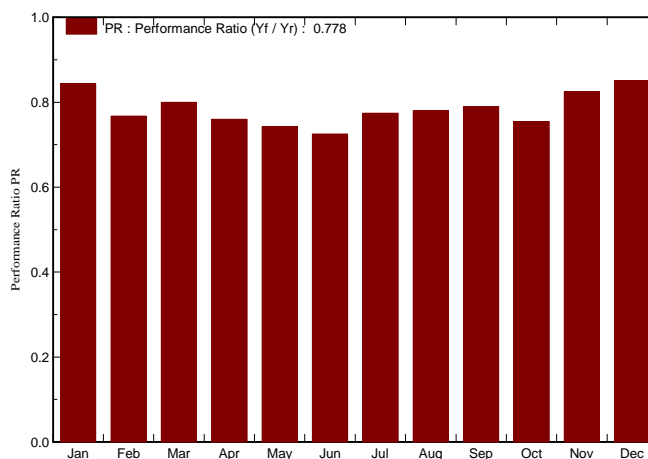
Main system parameters		System type	Grid-Connected	
Near Shadings	According to strings	Electrical effect	100 %	
PV Field Orientation	tracking, tilted axis, Axis Tilt	0°	Axis Azimuth	0°
PV modules	Model	JKM330PP-72-V-2016	Pnom	330 Wp
PV Array	Nb. of modules	757500	Pnom total	249975 kWp
Inverter	Model	INGECON SUN 1640TLB630		1637 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	123.0	Pnom total	201351 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results
System Production **Produced Energy** **505261 MWh/year** Specific prod. 2021 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **77.77 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 249975 kWp



Performance Ratio PR



VC3_Navojoa_REV T-B-72P-60°-C-7.25-SG Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	
January	116.9	29.09	16.31	155.4	148.1	34253	32781	0.844
February	129.5	38.64	17.63	166.0	158.2	35780	31821	0.767
March	193.1	45.16	19.96	253.6	242.7	52823	50683	0.800
April	216.2	51.22	23.19	278.5	266.5	55063	52869	0.759
May	247.7	51.63	27.00	320.2	307.4	61865	59445	0.743
June	219.4	79.13	31.12	270.3	257.0	53457	48964	0.725
July	186.7	79.09	30.82	225.3	213.6	45367	43577	0.774
August	185.0	70.26	30.21	226.3	214.9	45939	44124	0.780
September	159.5	61.03	29.11	200.5	190.2	41250	39604	0.790
October	145.2	47.74	25.79	189.1	179.7	39598	35660	0.754
November	119.7	32.74	22.17	158.9	151.6	34207	32756	0.825
December	115.8	30.37	15.64	155.0	147.6	34441	32977	0.851
Year	2034.8	616.12	24.11	2599.0	2477.5	534044	505261	0.778

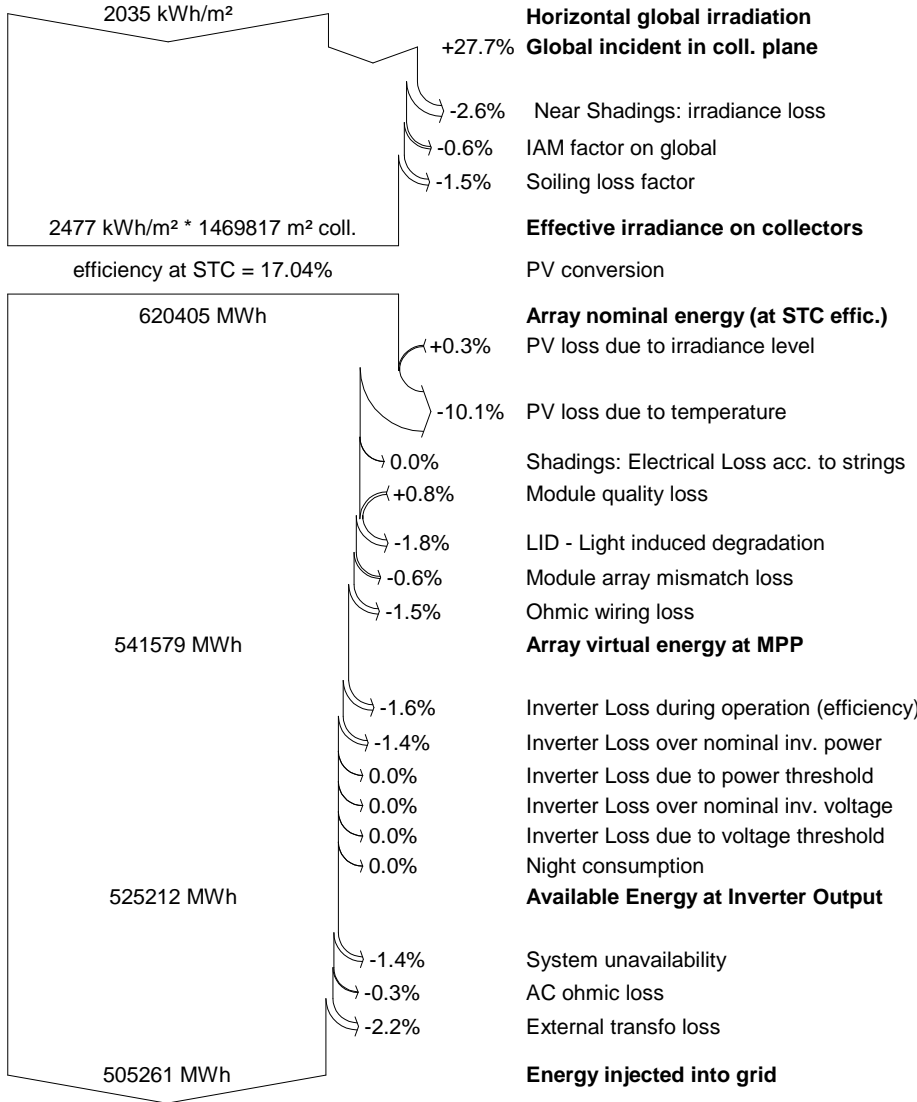
Legends:	GlobHor Horizontal global irradiation	GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
	DiffHor Horizontal diffuse irradiation	EArray Effective energy at the output of the array
	T Amb Ambient Temperature	E_Grid Energy injected into grid
	GlobInc Global incident in coll. plane	PR Performance Ratio

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Navojoa
Simulation variant : VC3_Navojoa_REV T-B-72P-60°-C-7.25-SG

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
Near Shadings	According to strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tracking, tilted axis, Axis Tilt	Axis Azimuth	0°
PV modules	Model	Pnom	330 Wp
PV Array	Nb. of modules	Pnom total	249975 kWp
Inverter	Model		1637 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	Pnom total	201351 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



ANEXO 5. MEMORIA DE CALCULO DE LA EVALUACION AMBIENTAL

ANEXO 5 Valoración de magnitud e importancia de todos los componentes de la matriz.

		Preparación del sitio					Construcción										Operación y mantenimiento										Cierre y abandono					Rangos de valoración						
		Planeación diseño e ingeniería	Estudios previos	Permisos y autorizaciones	Rescate y protección de especies de	Rescate y reubicación de especies	Recuperación y resguardo de suelo fértil	Desmonte y despalme del terreno	Movimiento de maquinaria y equipo	Cortes y rellenos	Construcción de obras de apoyo temporal	Vallado, recepción e hincado de	Colocación de losas prefabricadas	Zanjas, viates y cunetas	Instalación eléctrica y subestación de	Manejo de residuos	Señalización y seguridad del personal e	Pruebas de arranque y desempeño de	Edificio de monitorización	Instalación eléctrica y cableado solar	Sistema de tierras	Equipos de control de las instalaciones	Suministro y manejo de insumos	Planes de seguridad y emergencia	Capacitación del personal	Procedimientos seguros de trabajo	Obras de mantenimiento	Manejo de residuos	Mantenimiento de maquinaria y equipo	Supervisión y controles ambientales	Repotenciación de la planta solar		Actividades previas al cierre	Desmantelamiento de obras	Restauración biológica	Monitoreo posterior al cierre		
Atmosfera	Generación de polvos	Magnitud (1 - 10) -->																																				<-- Importancia (1 - 5)
		Extensión																																				Reversibilidad
		Duración																																				Mitigabilidad
		Continuidad																																				Residualidad
		Intensidad del impacto																																				Valor económico
		Acumulación / Sinergia																																				Valor Socio- cultural
	MAGNITUD -->																																				<-- IMPORTANCIA	
	Ruido y vibraciones	Extensión																																				Reversibilidad
		Duración																																				Mitigabilidad
		Continuidad																																				Residualidad
		Intensidad del impacto																																				Valor económico
		Acumulación / Sinergia																																				Valor Socio- cultural
		MAGNITUD -->																																				<-- IMPORTANCIA
	Humos y olores	Extensión																																				Reversibilidad
		Duración																																				Mitigabilidad
		Continuidad																																				Residualidad
		Intensidad del impacto																																				Valor económico
		Acumulación / Sinergia																																				Valor Socio- cultural
		MAGNITUD -->																																				<-- IMPORTANCIA
	Calidad del aire	Extensión																																				Reversibilidad
Duración																																					Mitigabilidad	
Continuidad																																					Residualidad	
Intensidad del impacto																																					Valor económico	
Acumulación / Sinergia																																					Valor Socio- cultural	
MAGNITUD -->																																					<-- IMPORTANCIA	
Relieve	Extensión																																				Reversibilidad	
	Duración																																				Mitigabilidad	
	Continuidad																																				Residualidad	
	Intensidad del impacto																																				Valor económico	
	Acumulación / Sinergia																																				Valor Socio- cultural	
	MAGNITUD -->																																				<-- IMPORTANCIA	
Geología	soforma	Extensión																																				Reversibilidad
		Duración																																				Mitigabilidad
		Continuidad																																				Residualidad
		Intensidad del impacto																																				Residualidad
	MAGNITUD -->																																				<-- IMPORTANCIA	

Gt																																										Acumulación / Sinergia				-2		-1																																										-2		-1		2		2		2		2		2		Valor económico					
																																										MAGNITUD -->				-6		-5																																										-13		-7		8		9		8		9		8		9		8		Valor Socio- cultural	
																																										15				12																																												11		-7		9		8		9		8		9		8		9		-<-- IMPORTANCIA	
Propiedades del suelo	Extensión	3																																		Reversibilidad																																																																									
	Duración	4																																		Mitigabilidad																																																																									
	Continuidad	2																																		Residualidad																																																																									
	Intensidad del impacto	4																																		Valor económico																																																																									
	Acumulación / Sinergia	2																																		Valor Socio- cultural																																																																									
	MAGNITUD -->	15																																		-<-- IMPORTANCIA																																																																									
Erosión	Extensión	3																																		Reversibilidad																																																																									
	Duración	2																																		Mitigabilidad																																																																									
	Continuidad	3																																		Residualidad																																																																									
	Intensidad del impacto	1																																		Valor económico																																																																									
	Acumulación / Sinergia	2																																		Valor Socio- cultural																																																																									
	MAGNITUD -->	11																																		-<-- IMPORTANCIA																																																																									
Uso actual	Extensión	-2																																		Reversibilidad																																																																									
	Duración	-2																																		Mitigabilidad																																																																									
	Continuidad	-2																																		Residualidad																																																																									
	Intensidad del impacto	-2																																		Valor económico																																																																									
	Acumulación / Sinergia	-3																																		Valor Socio- cultural																																																																									
	MAGNITUD -->	-11																																		-<-- IMPORTANCIA																																																																									
Calidad	Extensión	2																																		Reversibilidad																																																																									
	Duración	2																																		Mitigabilidad																																																																									
	Continuidad	1																																		Residualidad																																																																									
	Intensidad del impacto	2																																		Valor económico																																																																									
	Acumulación / Sinergia	2																																		Valor Socio- cultural																																																																									
	MAGNITUD -->	9																																		-<-- IMPORTANCIA																																																																									
Estabilidad	Extensión	3																																		Reversibilidad																																																																									
	Duración	2																																		Mitigabilidad																																																																									
	Continuidad	3																																		Residualidad																																																																									
	Intensidad del impacto	1																																		Valor económico																																																																									
	Acumulación / Sinergia	2																																		Valor Socio- cultural																																																																									
	MAGNITUD -->	11																																		-<-- IMPORTANCIA																																																																									
Calidad	Extensión	3																																		Reversibilidad																																																																									
	Duración	3																																		Mitigabilidad																																																																									
	Continuidad	3																																		Residualidad																																																																									
	Intensidad del impacto	2																																		Valor económico																																																																									
	Acumulación / Sinergia	2																																		Valor Socio- cultural																																																																									
	MAGNITUD -->	13																																		-<-- IMPORTANCIA																																																																									
Calidad	Extensión	-2																																		Reversibilidad																																																																									
	Duración	-2																																		Reversibilidad																																																																									

Fuente: encuesta socioeconómica

F	Fragilidad	Acumulación / Sinergia	-1	4						1	-1																									Valor económico		
		MAGNITUD -->	-12	15							9	-11											9	8													Valor Socio-cultural	
	Arreglo visual	Extensión		3							3	-2											2	1													Reversibilidad	
		Duración		2							2	-1											2	2														Mitigabilidad
		Continuidad		1							1	-1											1	2														Residualidad
		Intensidad del impacto		2							2	-1											2	3														Valor económico
		Acumulación / Sinergia		1							1	-1											2	2														Valor Socio-cultural
		MAGNITUD -->		9							9	-6											9	8														IMPORTANCIA
		Extensión		3							3	-1												3	1													
	Duración		4							4	-2												2	2														Mitigabilidad
	Continuidad		2							2	1												2	2														Residualidad
	Intensidad del impacto		4							4	4												4	4														Valor económico
	Acumulación / Sinergia		2							2	4												2	4														Valor Socio-cultural
	MAGNITUD -->		15							15	12												12														IMPORTANCIA	
	Población	Extensión		1						1	-1																											Reversibilidad
		Duración		3						3	-1																											Mitigabilidad
		Continuidad		3						3	-1																											Residualidad
		Intensidad del impacto		2						2	-1																											Valor económico
Acumulación / Sinergia			2						2	-1																											Valor Socio-cultural	
MAGNITUD -->			11						11	11	-4																										IMPORTANCIA	
Extensión			2	2	3					2	2	-1											2	2														Reversibilidad
Duración		2	2	4					2	2	-1											2	2														Mitigabilidad	
Continuidad		3	3	2					3	3	-1											3	3														Residualidad	
Intensidad del impacto		1	2	4					1	2	0											2	2														Valor económico	
Acumulación / Sinergia		2	2	4					2	2	-1											2	2														Valor Socio-cultural	
MAGNITUD -->		10	11	15					10	11	-5											10	11														IMPORTANCIA	
Servicios e infraestructura	Extensión		2	2					3	1	1											3	1														Reversibilidad	
	Duración		2	2					2	2	2											2	2														Mitigabilidad	
	Continuidad		3	3					3	3	3											3	3														Residualidad	
	Intensidad del impacto		1	2	3					1	2	3											2	2														Valor económico
	Acumulación / Sinergia		2	3	2					2	2	2											2	2														Valor Socio-cultural
	MAGNITUD -->		10	12					11	10	10												11	10														IMPORTANCIA
	Servicios y acceso	Extensión		1	1																																	Reversibilidad
Duración			3	2																																	Mitigabilidad	
Continuidad			3	3																																	Residualidad	
Intensidad del impacto			2	3																																	Valor económico	
Acumulación / Sinergia			2	3																																	Valor Socio-cultural	
MAGNITUD -->			11	11																																	IMPORTANCIA	
Extensión			3	1																																	Reversibilidad	
Duración		2	2																																	Mitigabilidad		
Continuidad		3	3																																	Residualidad		
Intensidad del impacto		2	2																																	Valor económico		
Acumulación / Sinergia		2	3																																	Valor Socio-cultural		
MAGNITUD -->		11	11																																	IMPORTANCIA		

Seguimiento ambiental del proyecto	Extensión	9	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	-3	-5	8	9	9	9	-8	11	<-- IMPORTANCIA	
	Duración		1	1	1	1	1	1	1	1		1	3	3	1	3	1	3	1	3	1	Reversibilidad
	Continuidad		2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Mitigabilidad
	Intensidad del impacto		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Residualidad
	Acumulación / Sinergia		2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Valor económico
	MAGNITUD -->		7	8	7	7	7	7	7	7		8	9	9	8	9	8	8	9	8	8	Valor Socio-cultural
			9	9	9	9	9	9	9	9		9	8	8	8	9	8	9	8	9	8	<-- IMPORTANCIA

ANEXO 6. ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

**ESTUDIO HIDROLOGICO E
HIDRAULICO**

DEL

PROYECTO NAVOJOA SOLAR

**A LA ATENTA CONSIDERACION DE LA
COMISION NACIONAL DE AGUA (CONAGUA),
DELEGACION SONORA**

AGOSTO 2017

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

ESTUDIO HIDROLOGICO Y PLUVIAL PROYECTO NAVOJOA SOLAR

1. INTRODUCCION

El proyecto Navojoa Solar se ubica a unos 7 km de la Ciudad de Navojoa, Sonora, y a 2.5 km al Sur de la carretera que conduce de Navojoa a la ciudad de Álamos.

El proyecto se encuentra dentro de la cuenca del río Mayo, misma que se localiza en el extremo sur-oriente de la Región Hidrológica 9, Sonora Sur. Casi la totalidad de su cuenca alta pertenece al estado de Chihuahua; y a partir de la sierra de San Luis hasta su desembocadura en el Golfo de California, al estado de Sonora.

En la parte baja de la cuenca se pretende desarrollar el proyecto de energía solar, en un predio localizado al Este de la ciudad de Navojoa, en el municipio de Navojoa, Sonora.

Objetivo

El presente trabajo tiene como propósito llevar a cabo los estudios hidrológicos e hidráulicos en los arroyos que se localizan en el sitio donde se pretende construir el proyecto de energía solar, para estimar los gastos en las cuencas, realizar el tránsito de avenidas y determinar los límites del agua dentro del polígono del predio del parque solar.

2. SITUACION ACTUAL

2.1. Localización política y geográfica

Geográficamente, el sitio de estudio se localiza en la parte Sur del estado de Sonora, en el municipio de Navojoa (Figura 2.1). El predio del proyecto de energía solar tiene un área de 657 ha.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

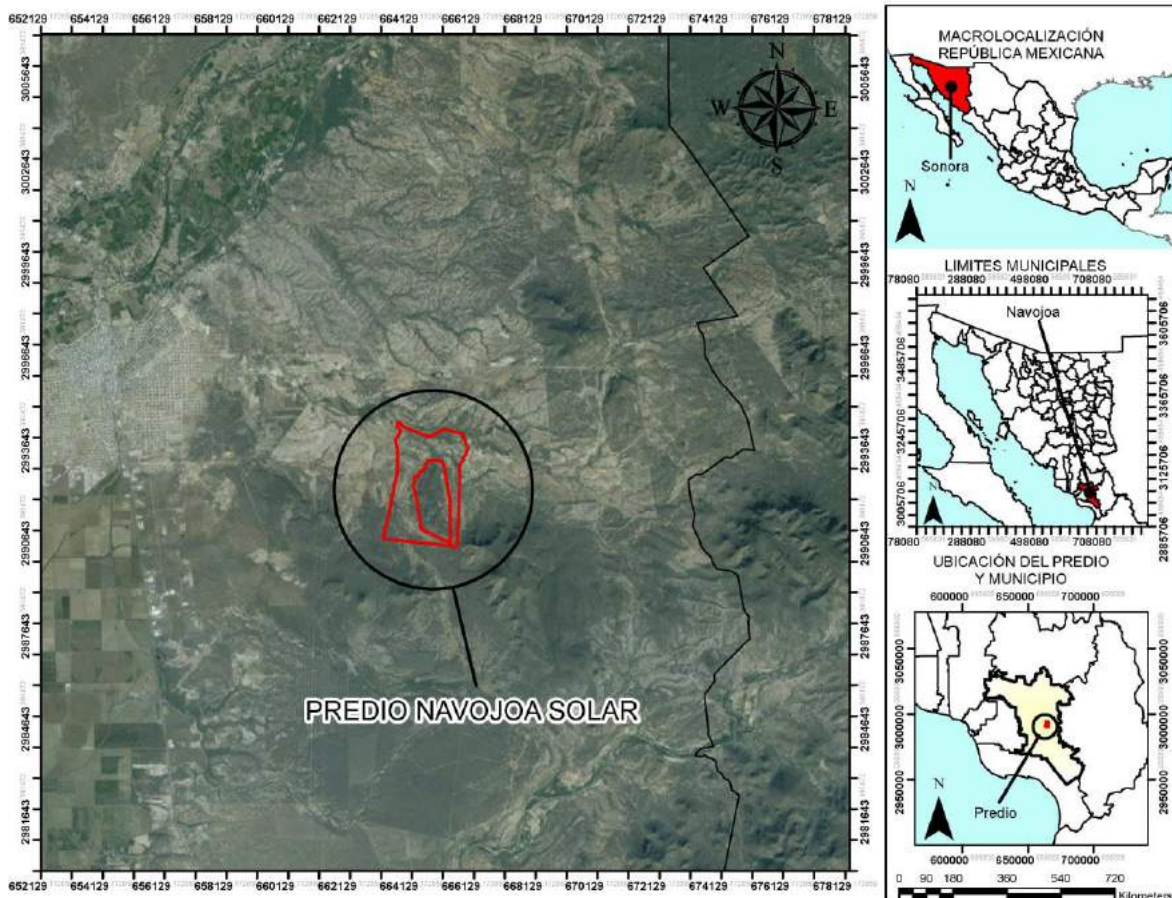


Figura 2.1. Localización del sitio de estudio

2.2. Características de la infraestructura existente

En el sitio de proyecto no existe infraestructura hidráulica. Hacia el Este del sitio se localiza la presa El Veranito, sin embargo, esta obra hidráulica se encuentra fuera de la cuenca donde se encuentra el Proyecto Solar.

La presa El Veranito se encuentra ubicada en el sitio de coordenadas $26^{\circ} 59' 58''$ latitud Norte y $109^{\circ} 11' 16''$ longitud Oeste, sobre el arroyo Promontorios afluente del arroyo Bacavachi y situada a 5 km aguas arriba del poblado El Veranito, en el municipio de Álamos, Sonora.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Frac. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

3. CONDICIONES NATURALES DE LA CUENCA

3.1. Hidrografía

El área de estudio se localiza dentro de la Región Hidrológica No. 9 Sonora Sur, en la cuenca del río Mayo. De acuerdo con los términos administrativos de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), el proyecto se ubica dentro de la cuenca hidrológica Río Mayo 3, que comprende desde la presa Adolfo Ruiz Cortines (El Mocuzari), hasta su desembocadura en el Mar de Cortés.

El Río Mayo es el colector principal de un área de captación de 14,534 km² (SRH, 1962), desemboca en el Golfo de California, cerca de Huatabampo, Sonora.

La cuenca del río Mayo se localiza en el extremo Suroriente de la región. Colinda con la cuenca del Río Fuerte de la Región 10, al Norte con los orígenes del río Yaqui y los ríos Tutuaca y Mulatos afluentes del mismo, y al Oeste con la cuenca del río Chico, afluente del río Yaqui y con la del arroyo Cocoraque. Casi la totalidad de la cuenca alta pertenece al estado de Chihuahua, y a partir de la sierra de San Luis hasta su desembocadura en el Golfo de California, al estado de Sonora.

La topografía de la cuenca es accidentada con altitudes de 2,800 m, principalmente al Noreste en el parteaguas con la cuenca del río Oteros, afluente del río Fuerte. El curso general del colector es hacia el Sureste y sus escurrimientos se controlan en la presa Adolfo Ruiz Cortines. La corriente tiene sus orígenes en el parteaguas común con los ríos Tutuaca y Verde, afluente del Yaqui, con elevaciones de 2,600 m, a 13 km al sur de Agua Caliente, Chihuahua, pasando por la estación hidrométrica San Bernardo, hasta descargar en el embalse de la presa Adolfo Ruiz Cortines. En este tramo desembocan al río Mayo dos afluentes importantes por la margen derecha: el arroyo Guajaray situado aguas arriba de la estación hidrométrica San Bernardo, y el arroyo Quiriego o Cedros que descarga directamente en el embalse de la presa Adolfo Ruiz Cortines.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

KENERGREEN, S.A.P.I. DE C.V.

Aguas abajo de la presa Adolfo Ruiz Cortines, el río Mayo fluye por zonas de topografía plana, hasta penetrar en la zona deltáica. El lugar de su descarga en el mar es conocido como Boca del Mayo, al Norte de la bahía de Santa Bárbara. El área de cuenca hasta la desembocadura es de 14,543 km².

El Distrito de Riego 038, Río Mayo, se localiza en la parte baja de la cuenca, con una extensión de 233,112 ha.

Otras corrientes de menor importancia las constituyen los arroyos de Masiaca, Bacabachi y Bacorehuis; los dos primeros nacen en la sierra de Álamos y desembocan en las comunidades indígenas de Bachoco y Las Bocas, respectivamente. El último nace en el estado de Sinaloa y al tocar territorio con el municipio de Huatabampo, corre cercano a la línea divisoria entre Sonora y Sinaloa, poco antes de desembocar en la Bahía de Agiabampo.

Para realizar el análisis hidrológico se obtuvieron dos subcuencas denominadas Cuenca A y Cuenca B; en la Figura 3.1 se presenta la hidrografía de la zona del proyecto, así como el polígono del predio y en la Tabla 3.1 se presenta el área de cada una de ellas.

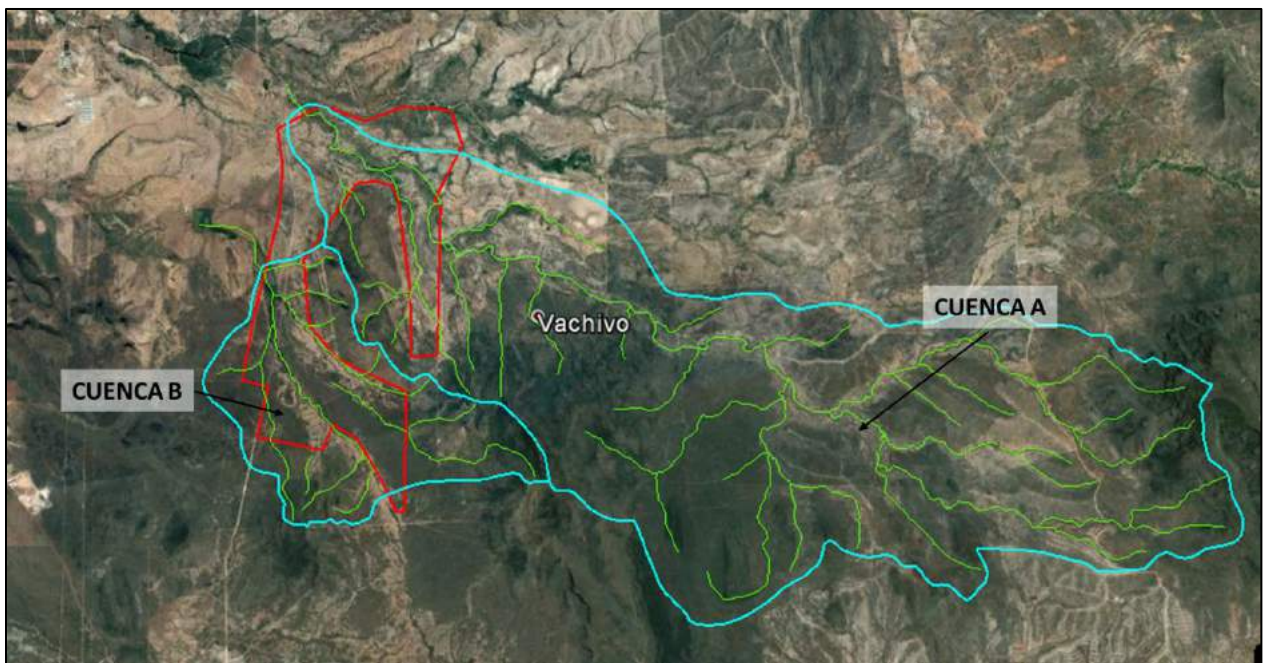


Figura 3.1. Hidrografía de la zona de estudio.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Tabla 3.1. Subcuencas analizadas.

NOMBRE	AREA (Km ²)
Cuenca A	36.03
Cuenca B	7.75

Localmente, en la zona del proyecto de energía solar existen arroyos bien definidos, y los escurrimientos que se generan en el área de estudio son drenados hasta el río Mayo, cerca de la ciudad de Navojoa. La altitud en los terrenos del proyecto se encuentra entre los 74 m y 125 m sobre el nivel del mar.

El cauce principal de la cuenca A conduce los escurrimientos de una cuenca de 36.03 km² que tiene sus orígenes al Este del predio, en elevaciones de 420 m sobre el nivel del mar. Su curso es de Oeste a Este y tiene una longitud de 16.1 km hasta los límites del polígono, aguas abajo del mismo.

El cauce principal de la cuenca B conduce los escurrimientos de una cuenca de 7.75 km² y sus orígenes se encuentran al Sur del polígono del predio, en una elevación de 440 m sobre el nivel del mar. Su curso es de Sur a Norte y tiene una longitud de 4.2 km hasta los límites del polígono, aguas abajo del mismo.

3.2. Fisiografía

De acuerdo con la clasificación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1991), el territorio del estado de Sonora comprende áreas que corresponden a cuatro provincias o regiones fisiográficas del país: Llanura Sonorense, en el noroeste y oeste; Sierra Madre Occidental, en la parte oriental; Sierras y Llanuras del Norte, en la porción boreal; y Llanura Costera del Pacífico, en el sur (Figura 3.2).

El área del proyecto Navojoa Solar se encuentra ubicado dentro de la provincia fisiográfica Llanura Costera del Pacífico, la cual en Sonora adopta la forma de una cuña orientada hacia el sur.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

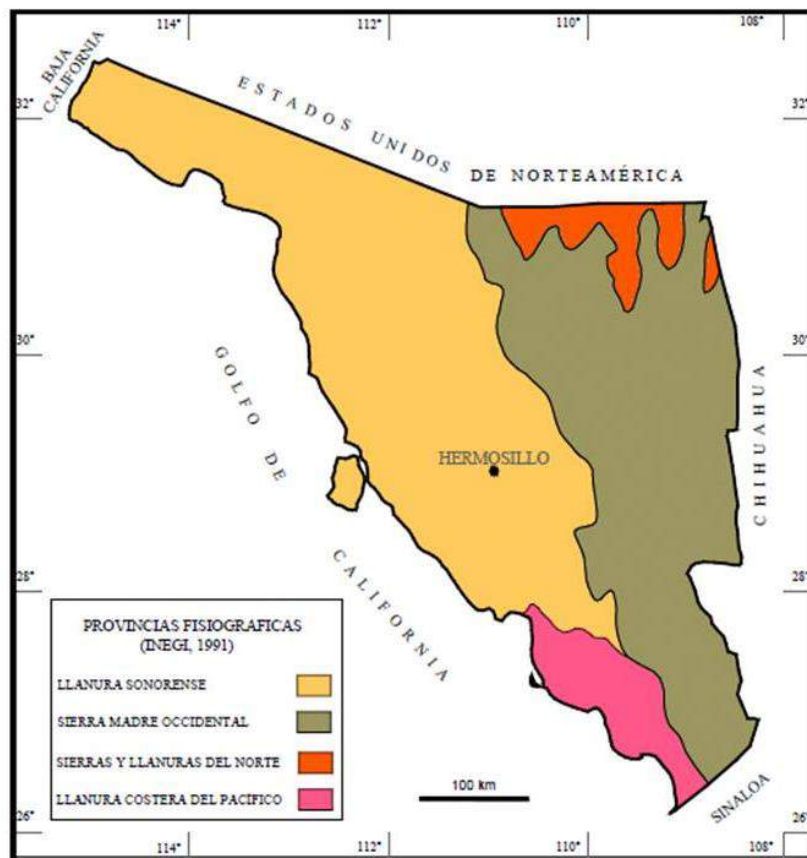


Figura 3.3. Provincias fisiográficas de Sonora (INEGI, 1991).

4. INFORMACION DISPONIBLE

4.1. Climatológica

En el río Mayo existen diversas estaciones climatológicas distribuidas en la cuenca, las cuales son operadas por la Comisión Nacional del Agua. En el análisis hidrometeorológico de las cuencas del sitio de Proyecto se utilizó la información de las estaciones climatológicas Navojoa y El Veranito.

Considerando los datos de las estaciones Navojoa y El Veranito con la serie completa para el período 1986 a 2015, se obtuvieron las variables climatológicas de precipitación máxima media para cada subcuenca.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Tabla 4.1. Estaciones climatológicas utilizadas (CONAGUA).

ESTACION	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTITUD (m)
Navojoa	27° 04' 13.17"	109° 26' 35.56"	47
El Veranito	26°59'1.00"	109°13'23.00"	160

4.2. Hidrométrica

La cuenca donde se encuentra el sitio de proyecto carece de información hidrométrica, por lo cual se llevó a cabo el análisis a partir de las características de la cuenca y de la información de los parámetros climatológicos de las estaciones climatológicas Navojoa y El Veranito, para obtener los gastos máximos asociados a diferentes períodos de retorno.

4.3. Topográfica

Para el análisis de la cuenca se utilizó la topografía LIDAR del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, en archivos magnéticos vectoriales en formato DXF, los cuales fueron procesados con el sistema AutoCad.

Además, la topografía de las cartas G12B45, G12B46 y G12B56 del INEGI.

5. ESTUDIO HIDROMETEOROLOGICO

5.1. Climatología de la zona de proyecto

Considerando la estación climatológica de Navojoa como representativa de la zona de proyecto, la precipitación media anual en la cuenca es de 408.1 mm, con una temperatura media anual de 25.3°C; las precipitaciones más importantes se presentan en el verano durante los meses de julio, agosto y septiembre, en tanto que el periodo de estiaje se presenta en los meses de marzo a junio.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

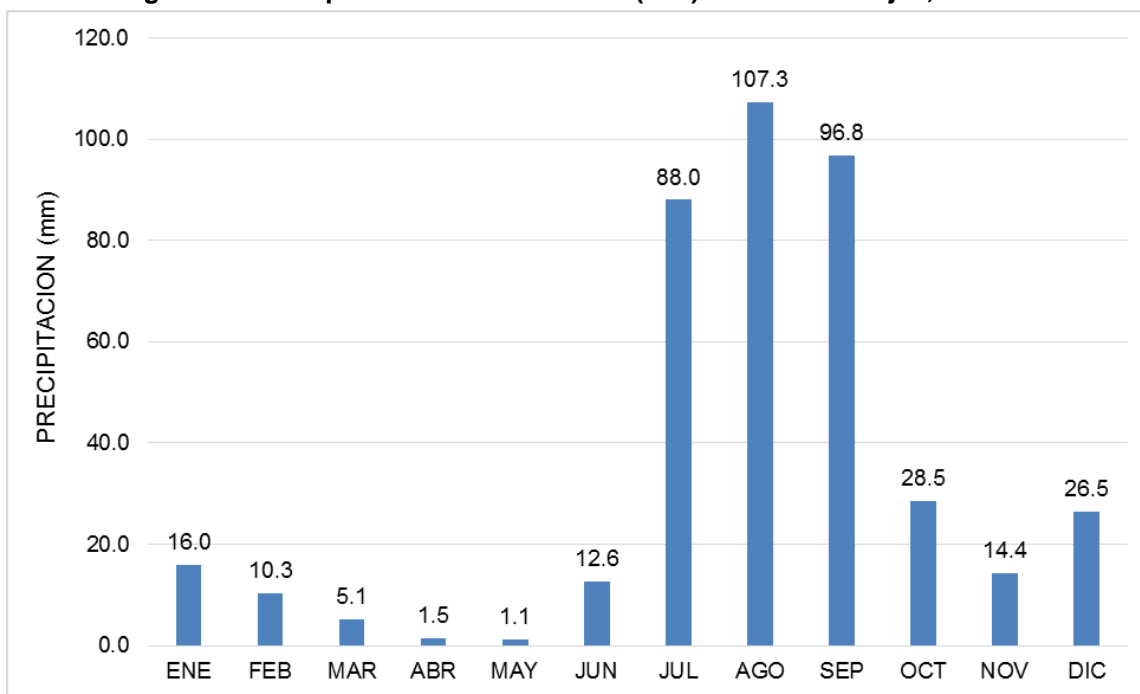
Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

5.2. Datos climatológicos

Precipitación

El régimen pluvial en la zona presenta en términos generales dos períodos de ocurrencia, uno de julio a septiembre correspondiente a la temporada de verano que es cuando se registran los valores más altos, y otro de lluvias invernales que abarca de diciembre a febrero, con precipitaciones menos significativas originadas principalmente por los sistemas frontales que afectan a la región (Figura 5.1). La precipitación media anual es de 408.1 mm.

Figura 5.1. Precipitación media mensual (mm) estación Navojoa, Sonora.



La mayor cantidad de lluvia ocurre en los meses de julio, agosto y septiembre, siendo agosto el mes con mayor lámina de lluvia, con 107.3 mm. El valor mínimo de lluvia se registra en el mes de mayo con 1.1 mm.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

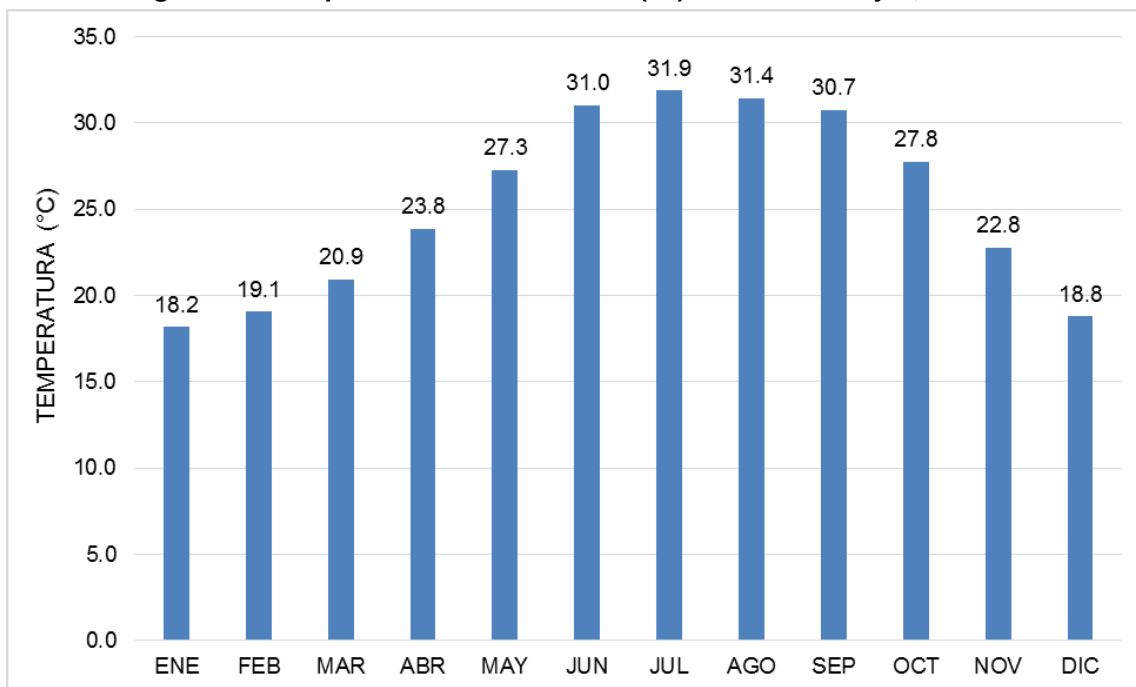
Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Temperatura media

La información de temperatura en la estación climatológica Navojoa indica que la temperatura media anual es de 25.3°C. La temperatura media máxima se registra en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, con valores por arriba de los 31.0°C, mientras que las temperaturas medias mínimas se presentan en diciembre y enero, con 18.8°C y 18.2°C, respectivamente (Figura 5.2).

Figura 5.2. Temperatura media mensual (°C) estación Navojoa, Sonora.



5.3. Datos hidrométricos

No existe información hidrométrica en las cuencas del proyecto Navojoa Solar, por lo que se utilizarán métodos indirectos para estimar el escurrimiento medio anual en el sitio, aplicando el método de lluvia-escurrimiento.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

6. ESTUDIO DE AVENIDAS

6.1. Avenidas máximas históricas

En la zona del proyecto de energía solar Navojoa no existe información de avenidas máximas históricas.

6.2. Cálculo de avenidas para diferentes periodos de retorno

6.2.1. Método indirecto de la lluvia-escurrimiento

Análisis estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas

Con el propósito de estimar la lluvia de diseño para obtener los gastos en las cuencas, se realizó el análisis para diferentes periodos de retorno, utilizando la serie de datos de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones Navojoa y el Veranito. Los datos disponibles corresponden a las estaciones climatológicas con influencia en la cuenca; se dispuso de datos de lluvias máximas en el periodo de 1986 a 2015 (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Precipitación máxima en 24 horas de las estaciones con influencia en la cuenca (mm).

AÑO	EL VERANITO	NAVOJOA
1986	91.0	211.0
1987	80.0	71.0
1988	47.0	52.2
1989	73.0	46.0
1990	75.0	73.0
1991	100.0	65.0
1992	38.0	67.0
1993	47.0	56.0
1994	130.0	75.0
1995	146.0	84.0
1996	82.0	68.5
1997	63.0	61.5

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

KENERGREEN, S.A.P.I. DE C.V.

AÑO	EL VERANITO	NAVOJOA
1998	83.0	70.0
1999	55.0	45.0
2000	33.0	33.5
2001	21.0	110.5
2002	49.0	26.0
2003	58.0	57.0
2004	68.0	64.5
2005	86.0	38.0
2006	133.0	59.0
2007	119.0	101.0
2008	99.5	138.0
2009	91.0	118.0
2010	49.5	50.0
2011	110.5	65.0
2012	46.0	60.0
2013	89.5	56.0
2014	57.5	57.5
2015	61.0	69.0
MAXIMA	146.0	211.0

Con esta información se realizó el análisis para diferentes períodos de retorno, utilizando la serie de datos de precipitaciones máximas en 24 horas obtenida.

Se llevó a cabo un análisis probabilístico para diferentes períodos de retorno, T_r . Para ello, se utilizó la función de distribución de probabilidad Doble Gumbel.

Tomando en cuenta esta función se extrapoló para diferentes períodos de retorno desde 2 hasta 10,000 años. En la Tabla 6.2 se presenta un resumen de los valores de precipitación obtenidos para los diferentes T_r analizados.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

**Tabla 6.2. Precipitaciones (mm) asociadas a diferentes períodos de retorno,
Tr**

Tr	CUENCA A	CUENCA B
2	66.48	63.66
5	99.70	94.29
10	112.38	113.26
25	125.65	133.76
50	137.04	151.45
100	147.10	167.14
500	170.19	203.12
1000	180.09	218.55
5000	203.06	254.33
10000	212.95	269.73

Es posible observar que para el período de retorno de 10 años, común en la delimitación de zonas federales, la precipitación es de 112.38 mm en la cuenca A y 113.26 mm en la cuenca B.

Características generales de las cuencas

Tipo de suelo y vegetación

En la Figura 6.1 se presenta una imagen con la distribución espacial de los suelos en las cuencas del proyecto de energía solar Navojoa. Este plano fue obtenido de INEGI en escala 1:250,000. En la cuenca predomina el tipo de suelos de textura media, profundos, localmente con gravas en la superficie. Luvisol crómico. Regosol eútrico. Cambisol crómico.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

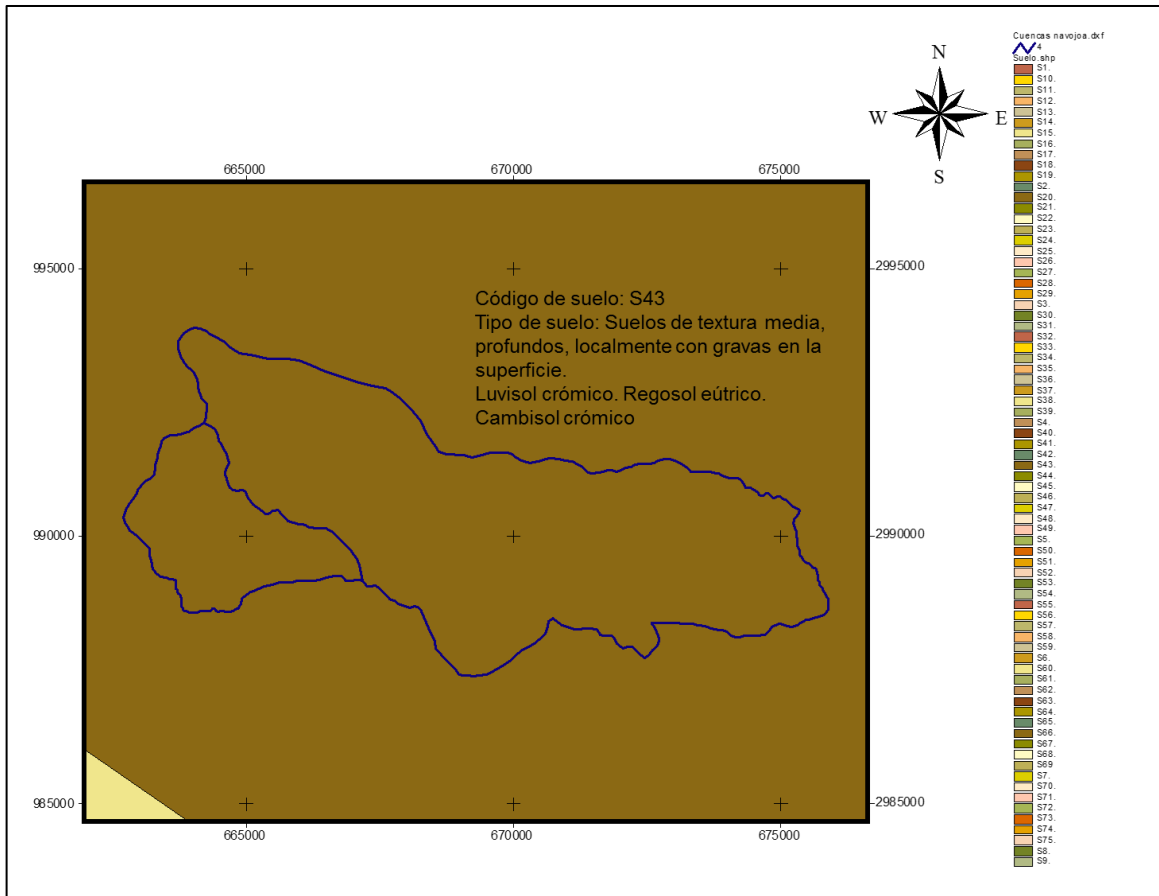


Figura 6.1. Tipos de suelo en las cuencas del proyecto de energía Navjoa Solar.

En la Figura 6.2 se presenta la distribución espacial de la vegetación en la cuenca. En éstas predomina la vegetación de galería, categoría matorral, en la mayor área, seguida por selva baja caducifolia

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

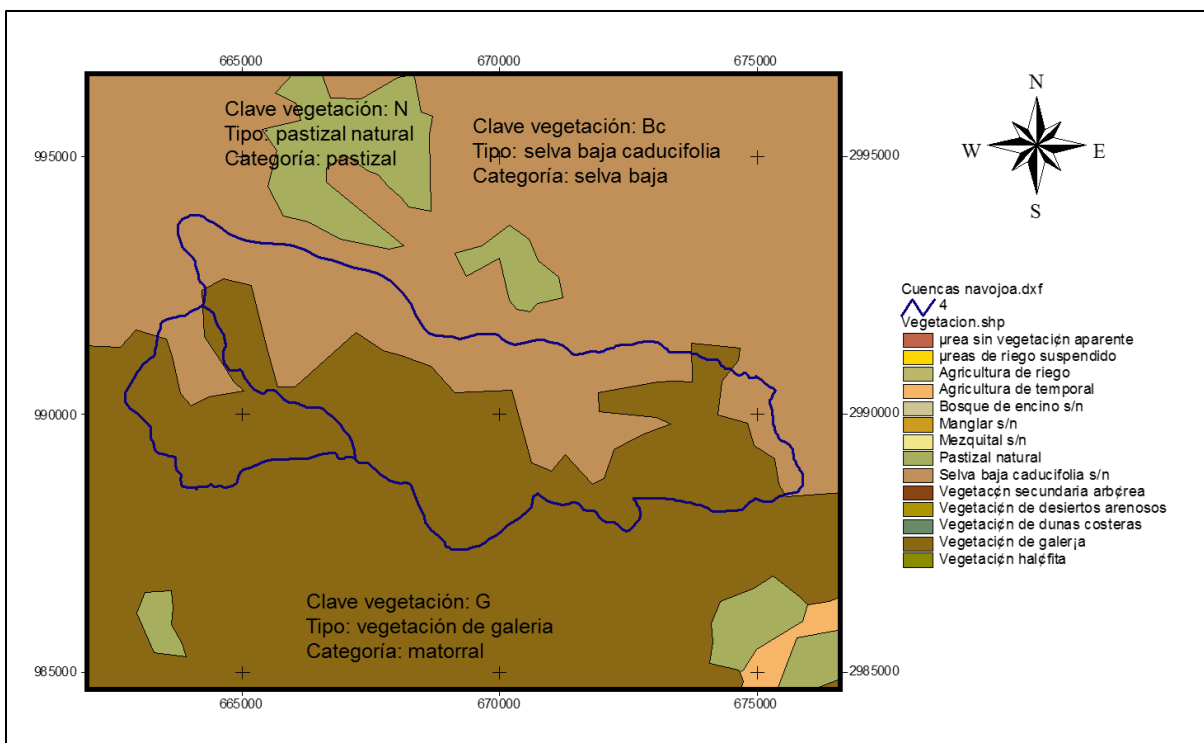


Figura 6.3. Tipos de vegetación en las cuencas del Proyecto Navojoa Solar.

Pendiente media de los cauces

La pendiente de los cauces se obtuvo utilizando el método de Taylor. En las Tablas 6.4 y 6.5 se presenta el cálculo de la pendiente media de las 2 cuencas. Para la cuenca A la pendiente es del 0.66% y para la B de 2.09%.

Tabla 6.4. Pendiente media del cauce cuenca A. Método de Taylor- Schwarz

TRAMO	LONGITUD (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE	S ^{1/2}	LONG/S ^{1/2}
1	991.7	220.0	0.2218	0.47101	2105.4007
2	732.7	20.0	0.0273	0.16521	4434.9115
3	1111.9	20.0	0.0180	0.13412	8289.9957
4	1439.2	20.0	0.0139	0.11788	12208.3799
5	1663.1	20.0	0.0120	0.10966	15165.9301
6	3900.9	20.0	0.0051	0.07160	54479.3722
7	6246.5	24.0	0.0038	0.06198	100774.6818
SUMA	16,085.94	344.0			197,458.6719
PENDIENTE, S					0.0066

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Frac. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Tabla 6.5. Pendiente media del cauce cuenca B. Método de Taylor- Schwarz.

TRAMO	LONGITUD (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE	S ^{1/2}	LONG/S ^{1/2}
1	727.9	240.0	0.3297	0.57422	1267.5575
2	285.9	40.0	0.1399	0.37404	764.3783
3	508.9	20.0	0.0393	0.19825	2566.8335
4	833.5	20.0	0.0240	0.15490	5380.9065
5	585.8	10.0	0.0171	0.13066	4483.2117
6	593.1	10.0	0.0169	0.12985	4567.4819
7	697.4	10.0	0.0143	0.11974	5824.2650
8	943.9	7.0	0.0074	0.08611	10961.3396
SUMA	5,176.37	357.0			35,815.9740
PENDIENTE, S					0.0209

Tiempo de concentración

El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina tiempo de concentración, y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca. En este caso, se utilizaron los métodos de Rowe, Kirpich y del SCS. A continuación se presentan las ecuaciones de cada uno de ellos.

Método de Rowe: Se utiliza para calcular el t_c de cuencas naturales de áreas cuya extensión excede los 3,000 km². Se utiliza la expresión:

$$t_c = \left(\frac{0.87L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde t_c es el tiempo de concentración, en h; L es la longitud del cauce principal, en km; y H es la diferencia de elevación entre los extremos del cauce principal, en m.

Método de Kirpich: es el criterio más común en México, y propone la ecuación:

$$t_c = 0.0003245 \left(\frac{L}{S^{1/2}} \right)^{0.077}$$

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Donde t_c es el tiempo de concentración, en h; L es la longitud del cauce principal, en m; y S es la pendiente media del cauce principal.

Método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos: El método plantea que el tiempo de concentración es la relación entre la velocidad y la longitud, por lo que el tiempo de viaje es calculado como la suma de los tiempos de viaje para cada tramo de flujo. La ecuación es:

$$t_c = \frac{L^{1.15}}{3085D^{0.38}}$$

En la Tabla 6.6 se presenta un resumen con los resultados de la aplicación de los métodos anteriores.

Tabla 6.6. Tiempos de concentración (horas).

MÉTODO	CUENCA A	CUENCA B
Fórmula de Rowe	2.48	0.66
Método del SCS	2.42	0.65
Fórmula de Kirpich	3.88	1.04

Considerando que con la fórmula del SCS se obtiene el menor tiempo de concentración lo que arroja los resultados más críticos, se utilizará un tiempo de concentración de 2.42 horas en el método de la lluvia escurrimiento para la cuenca A y de 0.65 horas para la cuenca B.

Número de escurrimiento

Teniendo en cuenta el uso, cobertura, tipo de suelo, estructura, textura y condición de humedad se determina el Número de Escurrimiento N. Para estimar el Número de escurrimiento N se clasifican los suelos con su grado de permeabilidad designándose por letras A, B, C y D de acuerdo al uso y/o vegetación de dicho suelo (Tabla 6.7).

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Tabla 6.7. Selección del Número de escurrimiento.

Suelo tipo A	Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias y mezclas de ambas (escurrimiento mínimo)
Suelo tipo B	Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo
Suelo tipo C	Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcillas
Suelo tipo D	Incluye principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos, con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques (sembrados y cultivados)	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	Superficie dura	74	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso, alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso, alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria o al voleo) o potrero de rotación	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potrero (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

De acuerdo con las características de cada cuenca, se obtuvo el número de escurrimiento mostrado en las Tablas 6.8 y 6.9.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condessa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Frac. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Tabla 6.8. Número de escurrimiento en la cuenca A

Uso de Suelo	Tipo de suelo	Area (Km ²)	%	N parcial	N parcial* %
Selva baja	B	17.66	0.49	60	29.4
Matorral	B	18.38	0.51	66	33.7
				N =	63.1

Tabla 6.9. Número de escurrimiento en la cuenca B

Uso de Suelo	Tipo de suelo	Area (Km ²)	%	N parcial	N parcial* %
Selva baja	B	1.55	0.20	60	12.0
Matorral	B	6.20	0.80	65	52.0
				N =	64.0

Gasto de diseño

Con base en la precipitación asociada a diferentes períodos de retorno, del tipo de suelo y vegetación, y de los diferentes parámetros de la cuenca, se llevó a cabo el cálculo de los gastos máximos mediante los métodos de la Fórmula Racional, Hidrograma Unitario Triangular y Ven Te Chow.

- *Método de la Fórmula Racional*

La fórmula Racional es posiblemente el método más antiguo de la relación lluvia-escurrimiento. Su origen se remonta a 1851 ó 1889, de acuerdo con diversos autores; este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación y es muy utilizado, particularmente en el diseño de drenajes urbanos.

El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina tiempo de concentración, y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca. El tiempo de concentración t_c depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de la velocidad que adquiere, en promedio, dentro de la misma. Una manera de estimar el tiempo de concentración es mediante la fórmula de Kirpich:

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde S es la pendiente del cauce principal, L se expresa en m, y t_c resulta en h.

En una cuenca no impermeable, solo una parte de la lluvia con intensidad I escurre directamente hasta la salida. Si se acepta que durante la lluvia, o al menos una vez que se ha establecido el gasto de equilibrio, no cambia la capacidad de infiltración en la cuenca, se puede escribir la fórmula racional, en su forma general:

$$Q_d = C * I * A$$

Donde C es un coeficiente de escurrimiento que representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa y Q es el gasto máximo posible que puede producirse con una lluvia de intensidad I en una cuenca de área A . El coeficiente de escurrimiento puede variar entre 0 y 1 y varía apreciablemente de una cuenca a otra y de una tormenta a otra debido a las condiciones de humedad inicial.

Para la estimación de crecientes en cuencas no aforadas, como es el caso de estudio, se utiliza la fórmula de Emil Kuishiling y C.E. Gransky, quienes consideran que la duración de la tormenta es igual al tiempo de concentración. El factor k requerido para estimar la intensidad de la tormenta es:

$$k = \frac{H_p(1-e)}{24^{(1-e)}}$$

Para apegar la distribución de la tormenta a la forma de la curva de máxima intensidad, el método sugiere emplear un factor e , del cual depende del tiempo de concentración t_c y cuyo valor oscila entre 0.45 y 0.80. Con los resultados obtenidos, se procede al cálculo del gasto máximo por el método de la Fórmula Racional, con las ecuaciones siguientes:

$$Q_d = 0.278 * C * I * A$$

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Donde Q_d es el gasto de diseño, en m^3/s , C coeficiente de escurrimiento, adimensional, I es la intensidad de la lluvia, en mm/h y A el área de la cuenca, en km^2 .

Para determinar el coeficiente de escurrimiento, se puede hacer uso de la ecuación:

$$C = \frac{H_e}{H_p}$$

Donde H_e es la lluvia efectiva y H_p la lluvia total, en mm .

Para obtener la lluvia efectiva, se hace uso de la ecuación propuesta por el U.S. Soil Conservation Service, llamado método de los números de escurrimiento.

$$P_e = \frac{\left(P - \frac{508}{N} + 5.08\right)^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

La intensidad de la lluvia, en mm/h , se obtiene con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{K}{(1 - e)^* t_c}$$

Donde t_c es el tiempo de concentración

En la Tabla 6.10 se resumen los resultados del método de la Fórmula Racional.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Tabla 6.10. Gastos máximos. Método de la Fórmula Racional.

Tr años	GASTO MAXIMO (m ³ /s)	
	CUENCA A	CUENCA B
5	7.36	3.97
10	12.90	9.91
25	20.06	18.77
50	27.23	28.17
100	34.27	37.70
500	52.69	63.12
1000	61.45	75.33
5000	83.54	106.16
10000	93.74	120.38

- *Método del Hidrograma Unitario Triangular*

En este método se parte del conocimiento de la magnitud y distribución de la tormenta sobre la cuenca en estudio, ya sea la máxima registrada o la asociada a un período de retorno. Si se conocen los datos pluviométricos de una serie anual, pueden obtenerse las lluvias máximas anuales asociadas a un período de retorno. De la geometría del hidrograma unitario el gasto pico es:

$$q_p = \frac{0.208A}{t_p}$$

Dónde:

$$t_b = 2.67t_p$$

$$t_p = \frac{D_e}{2} + t_r$$

$$t_r = 0.6t_c$$

$D_e = 2 \sqrt{t_c}$ para cuencas grandes

$D_e = T_c$ para cuencas pequeñas

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6 t_c$$

En las ecuaciones anteriores:

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Frac. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

q_p : gasto pico, $m^3/s/mm$

A : área de la cuenca, km^2

D_e : duración en exceso, hr

t_p : tiempo de pico, desde el inicio del hidrograma hasta que se presenta el gasto máximo, hr

t_r : tiempo de retraso, hr

t_b : tiempo base, hr

t_c : tiempo de concentración, hr

En la Tabla 6.11 se resumen los resultados del análisis con el método del Hidrograma Unitario Triangular.

Tabla 6.11. Resumen de resultados del método del Hidrograma Unitario Triangular.

Tr años	GASTO MAXIMO (m^3/s)	
	CUENCA A	CUENCA B
5	6.69	3.61
10	11.72	9.01
25	18.24	17.06
50	24.75	25.61
100	31.16	34.27
500	47.90	57.38
1000	55.86	68.48
5000	75.95	96.51
10000	85.22	109.43

- *Método de Chow*

El método de Chow fue deducido basándose en el concepto de hidrogramas unitarios e hidrogramas unitarios sintéticos. El desarrollo de este método se presenta a continuación. El gasto de pico del escurrimiento directo de una cuenca puede calcularse como el producto de la lluvia en exceso por el gasto pico de un hidrograma unitario, o sea:

$$Q_m = q_m P_e$$

Considerando una lluvia en exceso igual a 1 cm por d horas y un área drenada de A km^2 , el equilibrio del escurrimiento será igual a $2.78 A/d$. La relación del gasto de

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Frac. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

pico del hidrograma unitario q_m a $2.78 A/d$, se define como factor de reducción del pico, Z .

$$Z = \frac{q_m d}{2.78A}$$

Y entonces

$$q_m = \frac{2.78AZ}{d}$$

Sustituyendo ecuaciones se tiene

$$Q_m = \frac{2.78AZP_e}{d}$$

El factor $2.78P_e/d$ puede reemplazarse por el producto de dos factores: X y Y . Donde X es el factor de escurrimiento expresado por:

$$X = \frac{P_{eb}}{d}$$

El factor climático es Y . Considerando que $P_e/P_{eb}=P/P_b$, este factor se puede representar por:

$$Y = 2.78 \frac{P}{P_b}$$

Por lo tanto, la ecuación para el gasto pico puede escribirse

$$Q_m = AXYZ$$

Si el gasto base en el tiempo del gasto de pico es Q_b , entonces el de diseño es:

$$Q_d = Q_b + Q_m$$

Factores que afectan al escurrimiento

Los factores que afectan al escurrimiento, considerados en este método, pueden dividirse en dos grupos. Uno que afecta directamente a la cantidad de lluvia en exceso o escurrimiento directo, el cual consiste principalmente en el uso de la

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Frac. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

tierra, condición de la superficie, tipo de suelo, y la cantidad y duración de la lluvia. El otro grupo afecta la distribución del escurrimiento directo e incluye el tamaño y forma de la cuenca, la pendiente del terreno y el efecto de retención del flujo por medio del tiempo de retraso. Esta distribución del escurrimiento directo está expresada en términos del hidrograma unitario.

Existe una cierta interdependencia entre los dos grupos de factores. Sin embargo, esta interdependencia es desconocida y, para propósitos prácticos, puede considerarse que no afecta a la relación entre el escurrimiento directo y la lluvia en exceso.

Para tomar en cuenta el efecto del primer grupo, se tiene el número de escurrimiento, N . Este número N es un coeficiente de peso del escurrimiento directo, y es función del uso del suelo y de las características de éste.

Una vez conocido el número de escurrimiento, el valor de la lluvia en exceso, P_e , puede calcularse para un tirante de lluvia dada, P , a partir de la ecuación propuesta por el U.S. Soil Conservation Service, llamado método de los números de escurrimiento.

Determinación del factor de escurrimiento, X .

Para calcular el valor de X , se requiere conocer la precipitación en exceso de la estación base, P_{eb} . La estación base es donde se conoce la distribución de la lluvia respecto al tiempo, o sea, donde se tiene un pluviógrafo.

Determinación del factor climático, Y

Este factor trata de tomar en cuenta, por una parte, la forma como se distribuye el escurrimiento y, por otra, el hecho de que el sitio donde se quiere valorar el gasto está alejado de la estación base. Sirve para transportar la tormenta.

Determinación del factor de reducción del pico, Z .

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

El factor Z , es igual a la relación entre el gasto del pico de un hidrograma unitario debido a una lluvia de duración dada, d , y el escurrimiento de equilibrio, o sea, el escurrimiento de la misma intensidad de lluvia pero de duración infinita.

El valor de Z se puede calcular como una función de la relación entre la duración de la tormenta d y el tiempo de retraso t_p . Dicho tiempo t_p se define como el intervalo de tiempo medido del centro de masa de un bloque de intensidad de lluvia al pico resultante del hidrograma. Para un hidrograma unitario instantáneo este tiempo de retraso es igual al tiempo de pico del escurrimiento.

Debe aclararse que el tiempo de retraso así definido no corresponde exactamente al concepto básico de tiempo de concentración. Para cuencas de gran tamaño y configuración de drenaje complejo, el escurrimiento de agua originado en la parte más remota de la cuenca, generalmente llegará a la salida demasiado tarde para contribuir al pico del flujo. De acuerdo con esto, el tiempo de retraso generalmente es menor que el tiempo de concentración para una cuenca grande. Para cuencas pequeñas y de configuración de drenaje simple, el tiempo de retraso se aproxima mucho al de concentración.

Por otra parte, el tiempo de retraso depende principalmente de la forma del hidrograma y de las características fisiográficas de la cuenca, y es independiente de la duración de la lluvia. Chow encontró para su zona en estudio que el tiempo de retraso se podía representar como:

$$T_p = 0.0050 \left[\frac{L}{S^{0.5}} \right]^{0.64}$$

Conocido el valor de t_p en la zona de estudio, para cada duración de tormenta se puede calcular Z . La relación d/t_p , con Z obtenida por Chow, se muestra en la Figura 6.4.

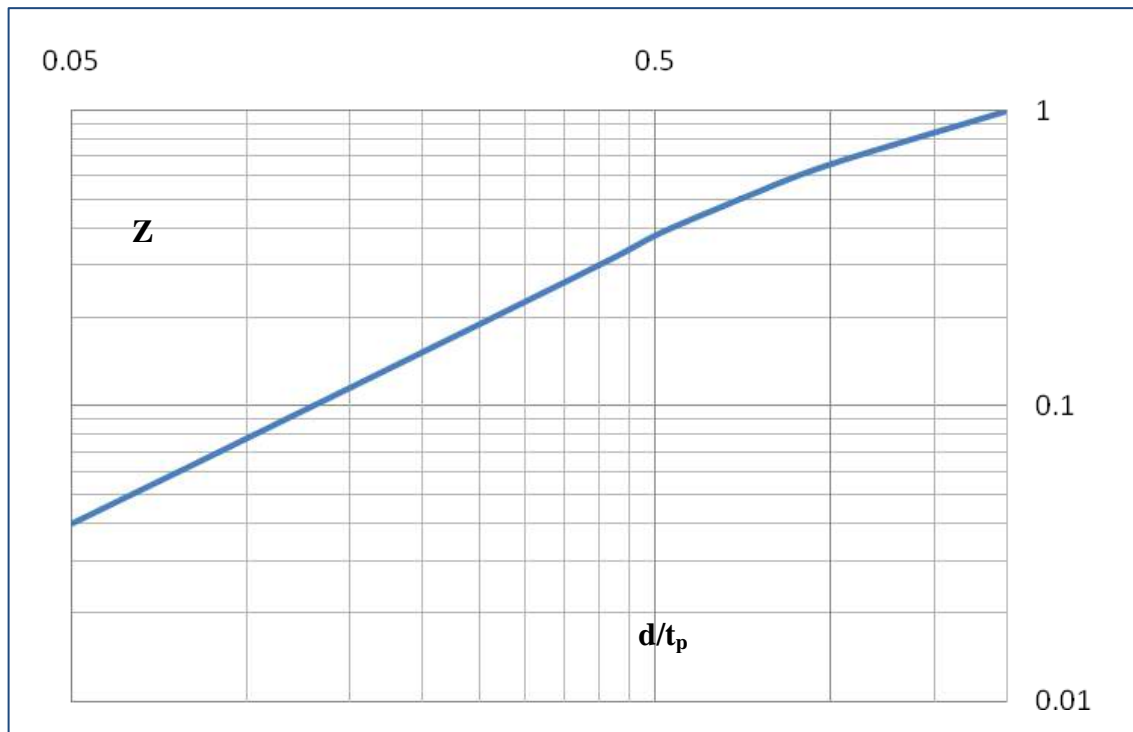
Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Figura 6.4. Relación entre Z y d/tp.



Teóricamente, la Figura 6.4 indica que d no puede ser mayor que $2t_p$, ya que el gasto de pico ocurrirá antes de que termine la lluvia en exceso. Si $d \geq 2t_p$, el hidrograma unitario alcanzará y mantendrá un valor máximo. En otras palabras, $Z=1$ para $d/t_p=2$.

En la Tabla 6.12 se presenta un resumen de los resultados obtenidos con el método de Chow.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Tabla 6.12. Gastos asociados a diferentes períodos de retorno. Método de Chow.

Tr años	GASTO MAXIMO (m ³ /s)	
	CUENCA A	CUENCA B
5	4.34	1.94
10	7.61	4.83
25	11.84	9.15
50	16.07	13.73
100	20.22	18.38
500	31.09	30.77
1000	36.26	36.72
5000	49.30	51.75
10000	55.32	58.68

Gasto de diseño considerado

Aplicando las metodologías del Hidrograma Unitario Triangular, la Fórmula Racional y el Método de Chow, se obtuvieron los gastos máximos para diferentes períodos de retorno en las 2 subcuencas del proyecto de energía solar Navojoa. Teniendo en cuenta la aplicación de cada uno de los métodos, así como el tamaño de la cuenca, se recomienda utilizar los resultados obtenidos con el método de Chow.

En la Tabla 6.13 se presenta un resumen de los gastos pico que se tendrían para períodos de retorno que varían de 2 a 10000 años con el método de Chow.

Tabla 6.13. Gastos máximos (m³/s) recomendados hasta el sitio de proyecto Navojoa solar.

Tr años	GASTO MAXIMO (m ³ /s)	
	CUENCA A	CUENCA B
5	4.34	1.94
10	7.61	4.83
25	11.84	9.15
50	16.07	13.73
100	20.22	18.38
500	31.09	30.77
1000	36.26	36.72
5000	49.30	51.75
10000	55.32	58.68

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

7. TRANSITO DE AVENIDAS

Se llevó a cabo el tránsito de la avenida para el periodo de retorno de 10 años; para transitar la avenida por el cauce se utilizó el programa HEC-RAS Ver. 4.1.0, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos, el cual resuelve la Ecuación de la Energía con un procedimiento iterativo. El HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) es un sistema capaz de realizar cálculos de perfiles de flujo unidimensional permanente para redes completas de canales naturales o artificiales, así como también la simulación de flujo no permanente y cálculo de transporte de sedimentos con fronteras móviles.

Para la utilización del sistema se tomó en cuenta que fue desarrollado por una institución seria y que tiene aplicaciones a nivel mundial. En este sistema se cargó la información topográfica de cada una de las secciones transversales del cauce principal de la cuenca.

7.1. Tránsito de avenidas por el cauce principal de la cuenca A

En la cuenca A se seleccionó la corriente principal la cual tiene una mayor longitud, a fin de determinar los límites del cauce de propiedad federal, dentro del polígono del predio del proyecto de energía solar Navojoa (Figura 7.1).

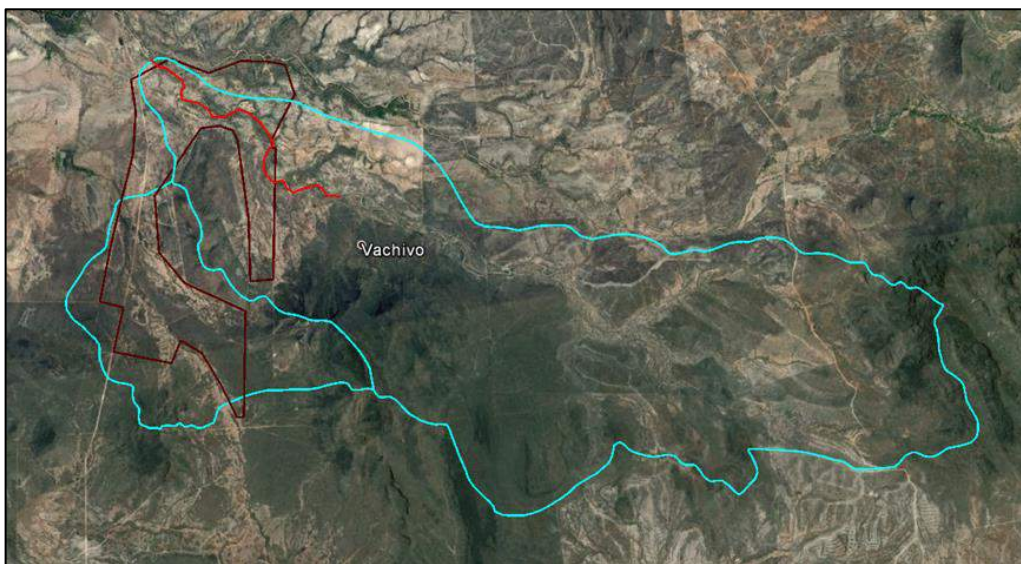


Figura 7.1. Trazo del cauce analizado en la cuenca A.

Of. Cd de México:

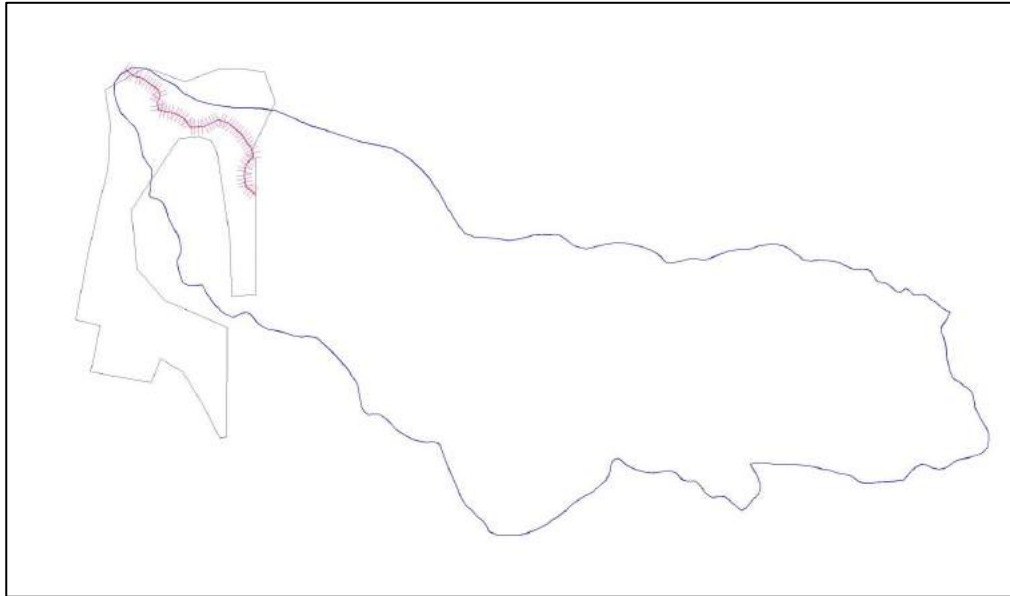
Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

En la Figura 7.2 se muestra la ubicación del trazo y secciones transversales al cauce en el tramo analizado, el cual tiene una longitud de 3,150 m, desde su entrada al polígono en su lado Este, hasta aguas abajo de los límites del predio en su lado Noroeste.

Figura 7.2. Ubicación del trazo del cauce en la cuenca A



Para el tránsito hidráulico en condiciones naturales en HEC-RAS se consideró el gasto de ingreso al cauce principal. Las consideraciones del modelo hidráulico, son:

Régimen de flujo:	Análisis mixto
Gasto de diseño:	7.6 m ³ /s
Coefficiente de Rugosidad <i>n</i> de Manning:	0.035

Condiciones de frontera:

Pendiente normal aguas arriba:	0.001608
Pendiente normal aguas abajo:	0.019516

Bajo estas condiciones, de la simulación hidráulica realizada se obtienen los trazos que definen los límites del agua para un período de retorno de 10 años. En

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

KENERGREEN, S.A.P.I. DE C.V.

la Tabla 7.1 se presentan los resultados del tránsito hidráulico para cada una de las secciones del cauce; se presenta cada columna en el siguiente orden: sección, gasto, elevación mínima del terreno, elevación crítica del agua, pendiente hidráulica, velocidad de flujo, área de flujo, ancho de la superficie libre del agua y número de Froude.

Tabla 7.1. Resultados del tránsito de la avenida por el cauce de la cuenca A, utilizando HEC-RAS

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
3150	7.6	85.50	86.05	85.74	0.001034	0.50	15.13	37.38	0.25
3100	7.6	85.00	86.04		0.000185	0.28	27.45	45.53	0.11
3050	7.6	85.61	85.91	85.91	0.021390	1.36	5.60	30.30	1.01
3000	7.6	85.00	85.69	85.39	0.000433	0.30	25.11	69.09	0.16
2950	7.6	85.00	85.47	85.47	0.019058	1.65	4.62	17.09	1.01
2900	7.6	84.50	85.14	84.84	0.001249	0.54	14.19	36.74	0.27
2800	7.6	83.83	85.08		0.000362	0.38	20.11	34.59	0.16
2750	7.6	84.82	85.00	84.97	0.013258	0.82	9.28	74.71	0.74
2700	7.6	84.50	84.91		0.000894	0.34	22.59	91.36	0.22
2650	7.6	84.50	84.87	84.64	0.000787	0.34	22.16	79.16	0.21
2500	7.6	84.00	84.45	84.45	0.022222	1.30	5.86	34.83	1.01
2450	7.6	83.50	83.94	83.83	0.006010	0.99	7.65	25.42	0.58
2400	7.6	83.12	83.39	83.39	0.022740	1.22	6.21	40.98	1.00
2350	7.6	82.00	83.29	82.37	0.000075	0.19	39.03	55.66	0.07
2300	7.6	82.76	83.21		0.010082	1.12	6.76	27.53	0.72
2250	7.6	82.00	82.45	82.45	0.018631	1.69	4.50	15.75	1.01
2200	7.6	81.35	82.30	81.64	0.000119	0.23	32.82	51.24	0.09
2150	7.6	80.76	82.29	81.22	0.000071	0.20	38.34	51.31	0.07
2100	7.6	81.10	82.29		0.000027	0.11	67.36	100.93	0.04
2050	7.6	81.13	82.28	81.64	0.000251	0.35	21.88	32.22	0.13
2000	7.6	82.00	82.17	82.17	0.023666	1.19	6.41	45.81	1.01
1950	7.6	80.51	81.49	80.86	0.000215	0.30	24.97	40.28	0.12
1900	7.6	80.89	81.47		0.000545	0.37	20.77	51.14	0.18
1850	7.6	81.00	81.42		0.001722	0.50	15.27	56.08	0.30
1800	7.6	81.00	81.29		0.003735	0.61	12.49	60.75	0.43
1750	7.6	80.50	80.85	80.84	0.017151	1.45	5.23	21.64	0.94

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

KENERGREEN, S.A.P.I. DE C.V.

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1700	7.6	80.02	80.78		0.001086	0.52	14.74	36.34	0.26
1650	7.6	80.46	80.59	80.59	0.027464	0.93	8.14	93.00	1.01
1600	7.6	79.66	80.17	80.00	0.003013	0.69	11.01	37.67	0.41
1550	7.6	79.50	79.77	79.77	0.020508	1.44	5.26	25.09	1.01
1500	7.6	78.50	79.33	78.87	0.000589	0.43	17.52	35.36	0.20
1450	7.6	78.50	79.31		0.000296	0.33	22.99	41.62	0.14
1400	7.6	78.00	79.31	78.35	0.000088	0.18	41.52	73.69	0.08
1350	7.6	78.00	79.31	78.29	0.000036	0.15	50.32	60.76	0.05
1300	7.6	79.00	79.21	79.21	0.022875	1.26	6.05	38.61	1.01
1250	7.6	78.51	78.75	78.75	0.021608	1.30	5.85	34.05	1.00
1200	7.6	78.00	78.67	78.29	0.000704	0.45	16.85	36.57	0.21
1150	7.6	78.00	78.60	78.41	0.002621	0.63	12.09	42.79	0.38
1100	7.6	77.91	78.22	78.22	0.021234	1.38	5.49	28.61	1.01
1050	7.6	77.00	77.78	77.41	0.001163	0.58	13.11	28.51	0.27
1000	7.6	76.66	77.76		0.000257	0.32	23.72	40.51	0.13
950	7.6	77.41	77.70	77.66	0.011975	0.70	10.90	103.28	0.69
850	7.6	76.50	76.67		0.008915	0.71	10.64	78.04	0.62
800	7.6	74.79	76.69		0.000013	0.11	68.23	59.38	0.03
750	7.6	76.00	76.66		0.001874	0.66	11.45	29.11	0.34
700	7.6	76.08	76.37	76.37	0.021684	1.31	5.81	33.44	1.00
650	7.6	75.26	75.90	75.67	0.002581	0.76	10.04	26.59	0.39
600	7.6	75.00	75.50	75.50	0.019034	1.66	4.58	16.77	1.01
550	7.6	74.50	75.32	74.79	0.000332	0.35	21.43	38.03	0.15
500	7.6	73.56	75.31		0.000046	0.16	46.33	58.95	0.06
450	7.6	74.94	75.20	75.20	0.021503	1.36	5.58	30.10	1.01
400	7.6	74.19	74.94	74.56	0.000671	0.43	17.47	38.73	0.21
350	7.6	74.23	74.79		0.008570	1.21	6.29	20.35	0.69
300	7.6	74.00	74.66	74.36	0.001713	0.68	11.17	25.53	0.33
250	7.6	74.00	74.60	74.29	0.001002	0.42	18.01	56.49	0.24
200	7.6	74.00	74.51	74.32	0.002623	0.66	11.57	38.48	0.38
150	7.6	73.77	74.16	74.16	0.021417	1.28	5.95	35.16	0.99
100	7.6	72.67	73.45	73.12	0.001104	0.55	13.81	31.23	0.26
50	7.6	72.50	73.42		0.000454	0.40	19.21	36.62	0.17
0	7.6	72.72	73.22	73.22	0.019516	1.61	4.73	18.51	1.01

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

En la figura 7.3 se presenta el perfil hidráulico del tramo de cauce del arroyo analizado.

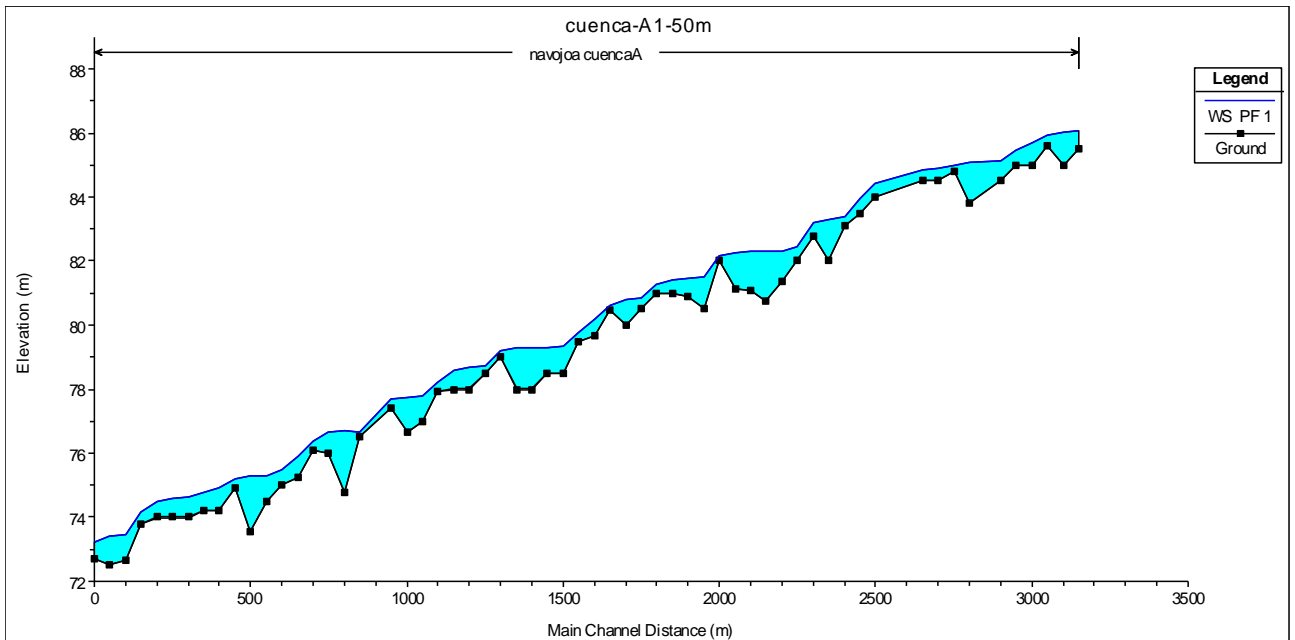


Figura 7.3. Perfil hidráulico del tramo de cauce de la cuenca A.

Enseguida se presenta una de las secciones transversales al cauce, indicando la superficie del agua.

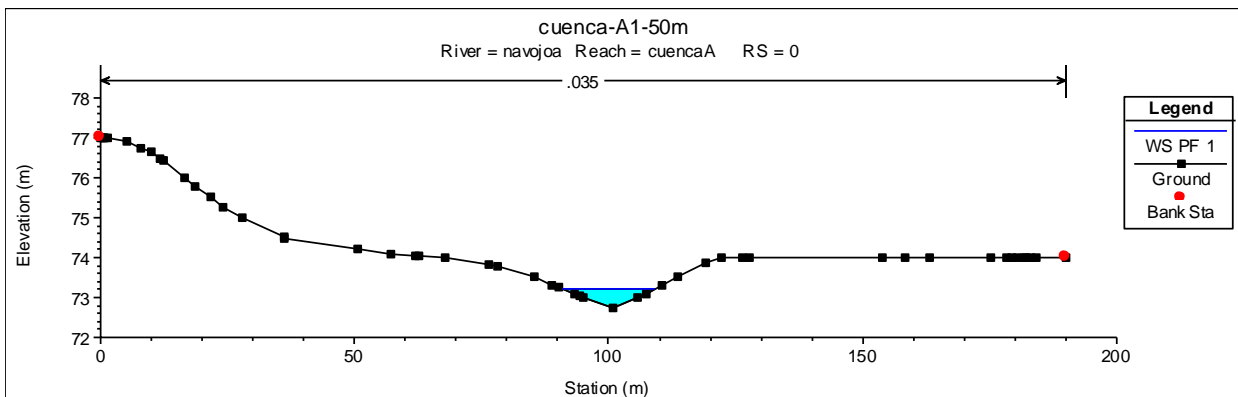


Figura 7.4. Sección transversal del cauce (0+000).

En la Figura 7.5 se muestran las trazas que definen los límites del agua para un período de retorno de 10 años, de acuerdo con la normatividad de la Comisión

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Frac. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Nacional del Agua para delimitar el cauce y zona federal de corrientes de propiedad nacional.



Figura 7.5. Límites del cauce principal de la cuenca A.

7.2. Tránsito de avenidas por el cauce principal de la cuenca B

En la cuenca B se seleccionó la corriente principal de la cuenca, la cual tiene la mayor longitud, con el fin de determinar los límites del cauce propiedad federal, tal como se muestra en la Figura 7.6.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

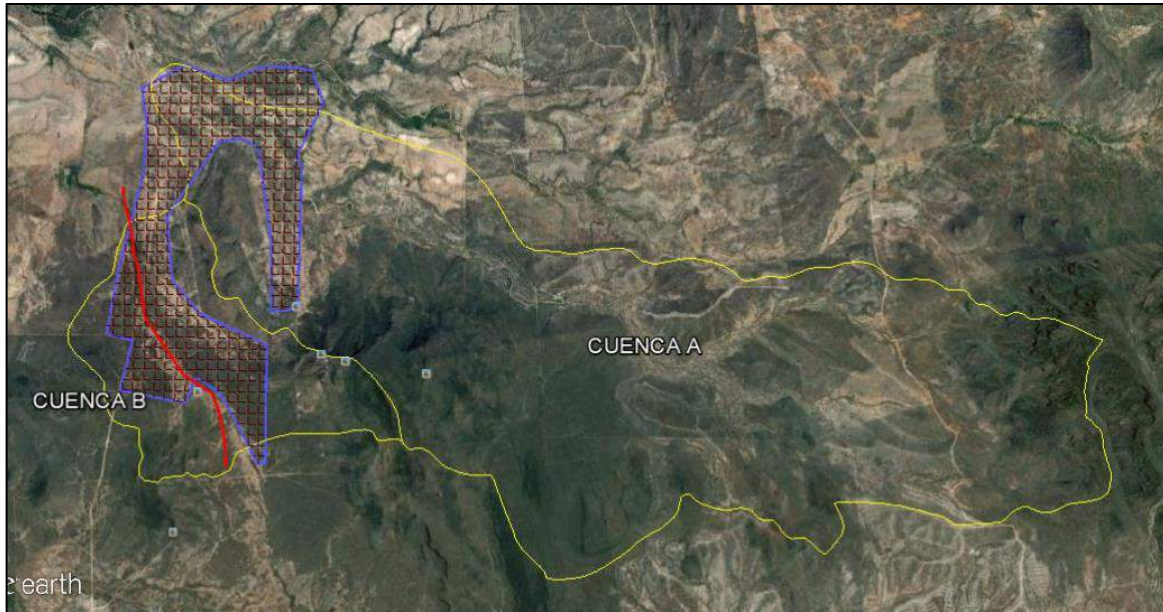


Figura 7.6. Trazo del cauce analizado en la cuenca B.

En la Figura 7.7 se muestra la ubicación del trazo y secciones transversales al cauce en el tramo analizado. Se puede apreciar que la cuenca B fue subdividida para considerar primero el gasto que ingresa de la parte alta de la cuenca (Cauce Central), y posteriormente el gasto que aportan dos arroyos que confluyen al cauce principal, denominados Subcuenca Margen Izquierda y Subcuenca Margen Derecha.

Para el tránsito hidráulico en condiciones naturales en HEC-RAS se consideraron y obtuvieron gastos parciales de ingreso al cauce, por relación de áreas de las dos subcuencas aportadoras al cauce principal, como se muestra en la Tabla 7.2. En la Tabla 7.3 se presentan los gastos obtenidos para cada tramo.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

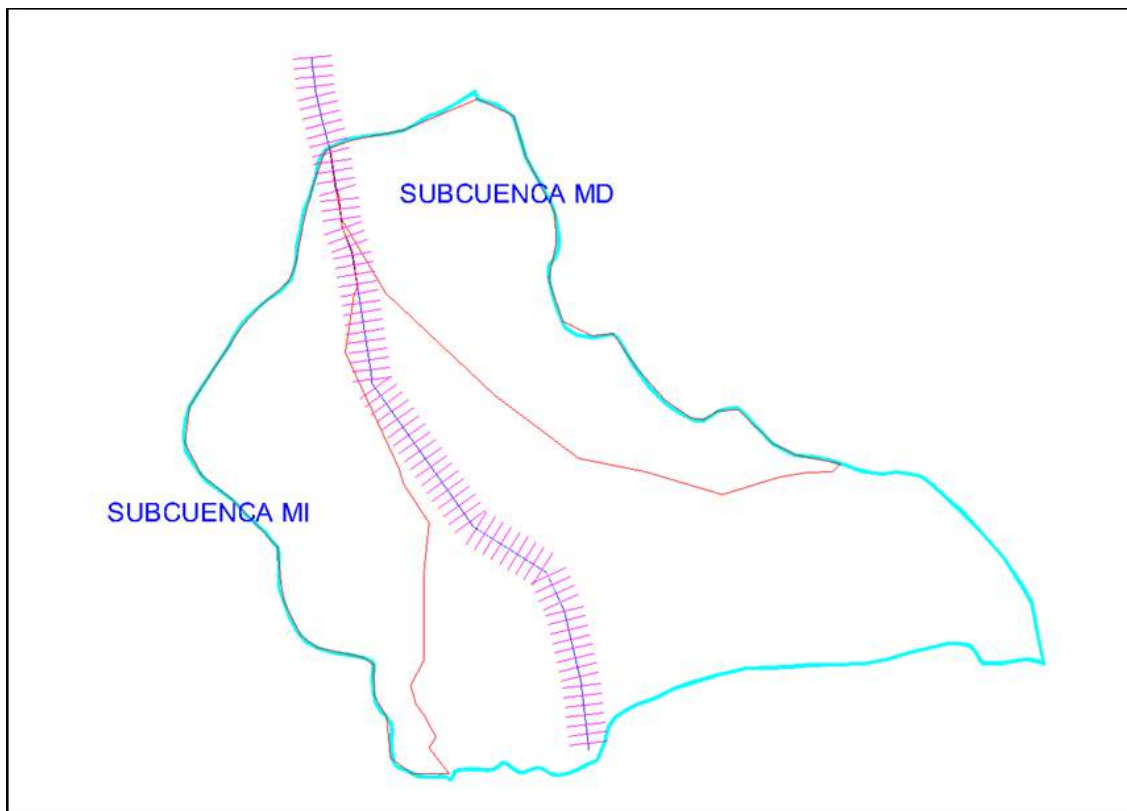


Figura 7.7. Ubicación del trazo del cauce en la cuenca B

Tabla 7.2. Áreas de las subcuencas y cadenamiento de ingreso al cauce principal.

SUBCUENCA	ÁREA (km ²)	
SUBCUENCA MARGEN DERECHA	1.761	0.227
SUBCUENCA CENTRAL	4.259	0.550
SUBCUENCA MARGEN IZQUIERDA	1.728	0.223
TOTAL	7.748	1.000

	ÁREA	FACTOR	CADENAMIENTO	
TRAMO 1	4.259	0.550	1+200	3+650
TRAMO 2	5.987	0.773	0+850	1+150
TRAMO 3	7.748	1.000	0+000	0+800

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

Tabla 7.3. Gastos máximos para cada tramo analizado.

Tr años	GASTO (m ³ /s)		
	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3
2	0.000	0.000	0.000
5	1.065	1.497	1.937
10	2.656	3.733	4.831
25	5.030	7.070	9.150
50	7.550	10.612	13.734
100	10.101	14.199	18.376
500	16.914	23.775	30.769
1000	20.186	28.375	36.722
5000	28.447	39.987	51.750
10000	32.256	45.341	58.678

Para el tránsito hidráulico en condiciones naturales en HEC-RAS se consideró el gasto de ingreso al cauce principal, a partir de los gastos calculados para cada tramo o subcuenca. Las consideraciones del modelo hidráulico, son:

Régimen de flujo: análisis mixto
 Gastos de diseño: 2.66, 3.73 y 4.831 m³/s
 Coeficiente de Rugosidad n de Manning: 0.035

Condiciones de frontera:

Pendiente normal aguas arriba: 0.0276
 Pendiente normal aguas abajo: 0.00415

Bajo estas condiciones, de la simulación hidráulica realizada se obtienen los trazos que definen los límites del agua para un período de retorno de 10 años. En la Tabla 7.4 se presentan los resultados del tránsito hidráulico para cada una de las secciones del cauce; se presenta cada columna en el siguiente orden: sección, gasto, elevación mínima del terreno, elevación crítica del agua, pendiente hidráulica, velocidad de flujo, área de flujo, ancho de la superficie libre del agua y número de Froude.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
 CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
 (México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
 Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
 Tel Of. 662 2109828

Tabla 7.5. Resultados del tránsito de la avenida por el cauce de la cuenca B, utilizando HEC-RAS

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
4000	2.59	131.03	134.11	134.14	0.027633	1.8	1.44	6.09	1.18
3950	2.59	127.37	127.42	127.51	6.105886	6.01	0.43	17.37	12.17
3900	2.59	122.8	123.41	123.42	0.030061	1.06	2.44	24.67	1.08
3800	2.59	117.32	119.51	119.53	0.051743	1.32	1.97	21.61	1.39
3750	2.59	115.85	117.1	117.13	0.045167	1.24	2.09	22.72	1.3
3650	2.59	112.96	114.08	114.06	0.014102	0.67	3.84	43.26	0.72
3250	2.59	106.73	107.03	107.03	0.022156	1.31	1.98	11.61	1.01
3200	2.59	105.45	105.6	105.62	0.038102	1.3	1.99	17.54	1.24
3150	2.59	104.48	104.61	104.61	0.027103	0.95	2.72	29.94	1.01
3100	2.59	103.05	103.28	103.29	0.025011	1.2	2.16	15.75	1.04
3050	2.59	102.5	102.81	102.7	0.003914	0.6	4.34	22.45	0.43
3000	2.59	102.19	102.37	102.37	0.02568	1.02	2.54	24.08	1
2950	2.59	101.14	101.51	101.34	0.001157	0.36	7.18	31.75	0.24
2900	2.59	101.21	101.32	101.32	0.028492	0.85	3.06	41.61	1
2850	2.59	99.89	100.06	100.03	0.009244	0.61	4.25	40.56	0.6
2800	2.59	99.08	99.3	99.3	0.025627	1.06	2.45	22.1	1.01
2750	2.59	98.5	98.84	98.69	0.001937	0.4	6.41	35.12	0.3
2700	2.59	98.42	98.56	98.56	0.027903	0.92	2.8	32.83	1.01
2650	2.59	97.75	98.01	97.95	0.005135	0.53	4.88	36.99	0.47
2600	2.59	97.5	97.73	0	0.005999	0.61	4.25	29.39	0.51
2550	2.59	97.2	97.31	0	0.01266	0.59	4.4	56.01	0.67
2500	2.59	96.44	96.61	96.59	0.015078	0.77	3.36	32.5	0.77
2450	2.59	95.5	95.6	95.6	0.02739	0.93	2.77	31.6	1.01
2400	2.59	94.89	95.13	95.06	0.004955	0.54	4.82	34.86	0.46
2350	2.59	94.5	94.61	94.61	0.027094	0.92	2.83	32.87	1
2300	2.59	93.54	93.82	93.72	0.003393	0.54	4.81	26.19	0.4
2250	2.59	93.5	93.59	0	0.00675	0.47	5.56	62.91	0.5
2200	2.59	92.83	92.93	92.93	0.031704	0.81	3.19	50.07	1.03
2150	2.59	92.5	92.66	92.58	0.002216	0.36	7.19	51.83	0.31
2100	2.59	92.24	92.36	92.36	0.031174	0.74	3.48	61.43	1
2050	2.59	91	91.33	91.14	0.001698	0.37	6.95	38.98	0.28
2000	2.59	91	91.07	91.07	0.029523	0.82	3.15	45.83	1
1950	2.59	90	90.26	90.18	0.005942	0.69	3.74	21.23	0.53
1900	2.59	89.5	89.68	89.68	0.026044	1.02	2.53	24.17	1.01
1850	2.59	89	89.26	89.14	0.002403	0.43	6	35.13	0.33
1800	2.59	89	89.07	89.04	0.007389	0.38	6.83	112.74	0.49
1750	2.59	88.5	88.73	88.66	0.005752	0.6	4.31	29.54	0.5
1650	2.59	87.5	87.63	87.63	0.026001	1.01	2.58	25.26	1.01

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

KENERGREEN, S.A.P.I. DE C.V.

River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1600	2.59	87	87.18	87.14	0.004907	0.33	7.75	113.41	0.41
1400	2.59	85	85.23	85.23	0.025294	1.09	2.39	20.44	1.01
1350	2.59	83.6	85.03	83.92	0.000016	0.08	31.15	50.93	0.03
1300	2.59	84.5	85.03	0	0.000362	0.19	13.56	65.04	0.13
1250	2.59	84.74	84.92	84.92	0.027728	0.94	2.76	31.49	1.01
1200	2.59	83.14	83.93	83.41	0.000122	0.18	14.17	32	0.09
1150	3.73	83.5	83.9	83.77	0.002948	0.52	7.24	37.83	0.38
1100	3.73	83.5	83.7	83.63	0.00521	0.57	6.56	45.32	0.48
1050	3.73	83	83.34	83.29	0.009275	0.85	4.4	25.66	0.65
1000	3.73	82.5	82.61	82.61	0.025797	0.93	4.02	44.15	0.98
900	3.73	82	82.19	82.17	0.016032	1.03	3.64	24.09	0.84
850	3.73	81.58	81.92	0	0.003054	0.52	7.23	38.72	0.38
800	2.59	81.5	81.6	81.6	0.028157	0.87	2.99	39.04	1
700	2.59	80.5	80.94	80.83	0.002325	0.38	6.73	45.54	0.32
650	2.59	80.5	80.73	80.68	0.007987	0.61	4.26	36.71	0.57
600	2.59	80.16	80.34	80.3	0.007853	0.52	4.94	52.42	0.55
500	2.59	78.75	79.88	79.8	0.002975	0.39	6.63	52.85	0.35
450	2.59	79.5	79.66	79.62	0.006748	0.52	5.01	48.39	0.51
400	2.59	79	79.3	79.26	0.007746	0.53	4.9	50.91	0.54
350	2.59	78.5	78.6	78.6	0.029814	0.79	3.26	50.61	1
300	2.59	78	78.45	78.21	0.000682	0.29	8.97	37.26	0.19
250	2.59	78	78.45	0	0.000056	0.09	27.61	94.97	0.06
200	2.59	78.2	78.38	78.38	0.027077	0.98	2.65	27.83	1.01
150	2.59	77.59	77.78	77.72	0.00395	0.4	6.43	60.53	0.39
350	4.83	81.15	81.82	0	0.000053	0.11	45.02	120.61	0.06
300	4.83	81.4	81.82	0	0.00037	0.22	22.39	91.1	0.14
250	4.83	81.5	81.76	0	0.003601	0.5	9.76	62.88	0.4
200	4.83	81.15	81.37	81.36	0.020388	0.92	5.26	49.23	0.9
150	4.83	80.69	80.94	80.87	0.00514	0.56	8.7	61.61	0.47
100	4.83	80.23	80.4	80.4	0.026887	0.98	4.94	51.68	1.01
50	4.83	79.79	79.99	79.92	0.004157	0.47	10.32	80.46	0.42

En la Figura 7.8 se presenta el perfil hidráulico del tramo de cauce del arroyo analizado.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

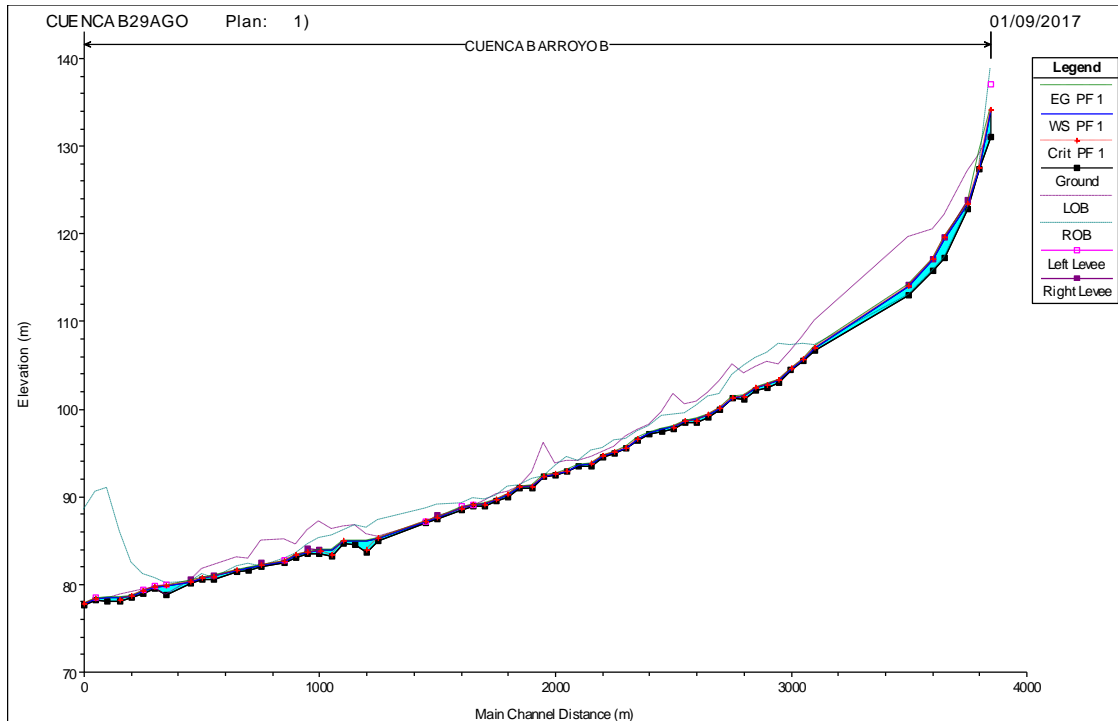


Figura 7.8. Perfil hidrúlico del tramo de cauce de la cuenca B

En la Figura 7.9 se presenta una de las secciones transversales al cauce, indicando la superficie del agua.

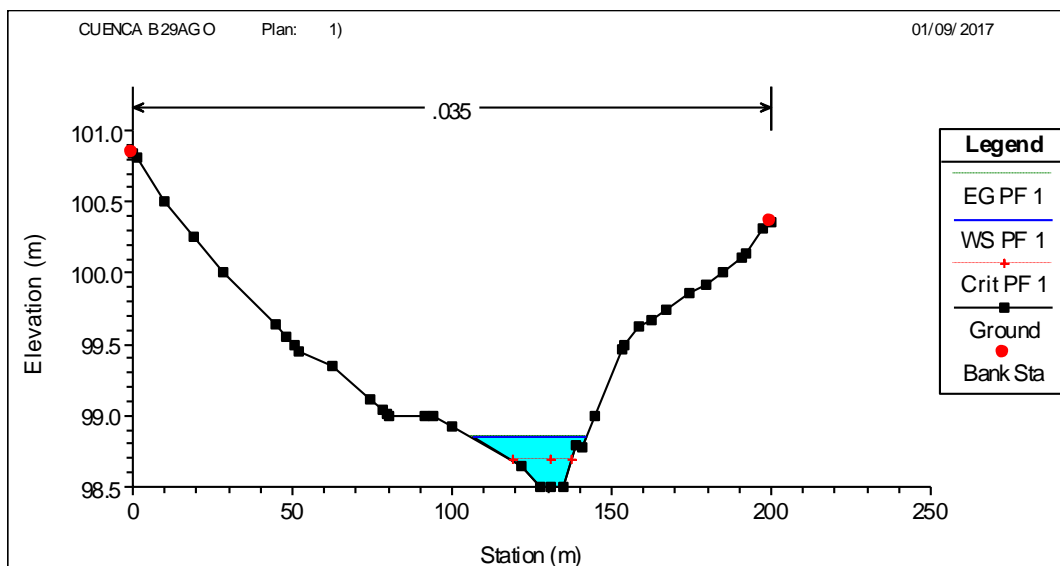


Figura 7.9. Sección transversal al cauce (2+750)

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

En la Figura 7.10 se muestran las trazas que definen los límites del agua para un período de retorno de 10 años, de acuerdo con la normatividad de la Comisión Nacional del Agua para delimitar el cauce y zona federal de corrientes de propiedad nacional.



Figura 7.10. Límites del cauce principal de la cuenca B.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se llevó a cabo la delimitación de dos cuencas en la zona del proyecto de energía solar Navojoa en el municipio de Navojoa, considerando la topografía del INEGI. Se les denominó cuenca A y cuenca B.

Aplicando diversas metodologías, se obtuvieron los gastos máximos asociados a períodos de retorno desde 2 hasta 10,000 años, y se recomendó utilizar los gastos calculados con

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

KENERGREEN, S.A.P.I. DE C.V.

el método de Chow, considerando la magnitud de los gastos y que su aplicación es adecuada a cuencas pequeñas.

A partir de la topografía LIDAR de INEGI, se llevó a cabo el estudio topográfico de los cauces que impactan en la zona de proyecto; posteriormente se obtuvieron las secciones de terreno de los cauces principales de las cuencas A y B.

Con las secciones de terrenos obtenidas a cada 50 m de separación, se realizó el tránsito de la avenida por los cauces principales de las cuencas A y B utilizando el sistema HEC-RAS considerando las condiciones actuales.

De acuerdo con el régimen de flujo, y las condiciones de frontera de cada cauce, se obtuvo el límite de la superficie libre del agua para el período de retorno de 10 años, considerando la normatividad de la Comisión Nacional del Agua para la delimitación de cauces de propiedad nacional.

Se recomienda considerar el arreglo del campo de energía solar que se pretende desarrollar, y ubicar y dimensionar en su caso las obras de protección y encauzamiento que se requieran, tomando en cuenta los límites de los cauces obtenidos.

Of. Cd de México:

Calle Vicente Suarez 38 Dpto. 16. Hipódromo Condesa
CP. 06170, Delegación Cuauhtemoc, CD de México.
(México)

Of. Hermosillo Son.:

Paseo de la Paz 50
Fracc. Valle Grande, 83205 Hermosillo, Sonora
Tel Of. 662 2109828

ANEXO 7. MEMORIA FOTOGRAFICA DEL PROYECTO

FOTOGRAFIAS DEL PREDIO
PREDIO LA LAGUNA Y EL RANCHITO



Fotografía hacia el interior de los predios en área de la línea de evacuación



Al fondo Sub estación Pueblo Nuevo de CFE

FOTOGRAFÍAS DEL PREDIO
PREDIO LA LAGUNA Y EL RANCHITO



Sub estación de interconexion



Interior del Predio San Jose, contiguo a la derecha la instalación del gasoducto existente

FOTOGRAFIAS DEL PREDIO
PREDIO LA LAGUNA Y EL RANCHITO



Vista del exterior al interior de los predios. Derecho de vía del gasoducto existente



Vista al interior del predio del proyecto

FOTOGRAFIAS DEL PREDIO
PREDIO LA LAGUNA Y EL RANCHITO



Vista hacia el interior del predio



Otra vista del interior del predio