



ENERT/S

Preparado para:

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

Estudio de viabilidad técnica y económica de plantas fotovoltaicas.

Proyectos situados en Baja California Sur, México.

8 de agosto de 2016

Preparado para:

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

Preparado por:

Israel Sanchez Violante

Francisco Álvarez Navarro

Marta Madrona

Luis Navero

Sergio Lucas

Julia Velasco

Fecha: 8 de agosto de 2016

Revisado por

Francisco Álvarez Navarro

Iñaki Herrero Arregui

Fecha: 8 de agosto de 2016

Aprobado por:

Iñaki Herrero Arregui

Fecha: 8 de agosto de 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. ANTECEDENTES.....	4
1.2. OBJETIVO Y ALCANCE.....	4
1.3. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	4
1.4. DESTINATARIOS	4
1.5. RESPONSABILIDAD.....	4
2. RESUMEN EJECUTIVO	6
3. ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTOS.....	11
3.1. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS EMPLAZAMIENTOS.....	11
3.2. EVALUACIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS.....	12
4. DISEÑO E IMPLANTACIÓN	36
4.1. LAY-OUT DE LOS PROYECTOS	36
4.2. EQUIPOS PRINCIPALES.....	36
5. ESTUDIO DE RECURSO SOLAR Y DE LA PRODUCCIÓN NETA.....	39
5.1. RECURSO SOLAR.....	39
5.2. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.....	45
5.3. PERFORMANCE RATIO.....	49
5.4. PRODUCCIÓN ESTIMADA	58
5.5. APOORTE ESTIMADO PARA CADA UNO DE LOS EDIFICIOS.....	59
5.6. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE	59
6. EMISIONES	62
7. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	66
7.1. HIPÓTESIS TÉCNICAS	66
7.2. INVERSIÓN, INGRESOS Y COSTOS DEL PROYECTO.....	67
7.3. INDICADORES DE RENTABILIDAD DE LOS PROYECTOS.....	73
8. CONCLUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	74
ANEXO I. LISTADO DE FUENTES	76
ANEXO II: MODELO ECONÓMICO.....	78
ANEXO II. ESCENARIOS PROBABILÍSTICOS	81



ANEXO III. CONSIDERACIONES DE DISEÑO 99

ANEXO IV. IMPLANTACIÓN 102

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En el presente documento, Enertis (en adelante, Enertis o el Asesor Técnico) analizará los potenciales emplazamientos proporcionados para el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos (en adelante, los Proyectos), según lo acordado con el Banco Interamericano de Desarrollo (en adelante, BID) en el marco del programa de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (en adelante, ICES), cuyo objetivo es proveer a los gobiernos centrales y locales en el desarrollo y ejecución de planes de sostenibilidad urbana.

1.2. Objetivo y alcance

A continuación, se expone el alcance de los trabajos llevados a cabo por Enertis de acuerdo al contrato BID C0118-16 (que corresponde con la propuesta US2016-349-C01-4):

Selección de los cinco emplazamientos más aptos para el desarrollo de las plantas teniendo en cuenta criterios de facilidad de conexión a las redes eléctricas, maximización de la producción de electricidad e impacto demostrativo de los sistemas. Se debe tomar en cuenta el límite máximo de capacidad de producción de 500 kW por planta.

1.3. Fuentes de información

La documentación utilizada por el Asesor Técnico para la elaboración de este informe ha sido incluida en el Anexo I.

1.4. Destinatarios

Este informe tiene como destinatario al BID.

Este documento no puede ser entregado a ninguna otra persona o compañía, parcial o totalmente, así como reproducido sin el consentimiento escrito de Enertis.

1.5. Responsabilidad

En este documento, Enertis realiza un análisis general, con la mayor exhaustividad posible dado el alcance del servicio.

Este documento ha sido elaborado por Enertis con base a la información extraída de fuentes oficiales mexicanas, fuentes propias, bases de datos externas y noticias. Así pues, en ningún caso



Enertis será responsable de la veracidad de los datos contenidos en este informe. En cualquier caso, la responsabilidad de Enertis dentro del marco de este documento no excederá en ningún caso los correspondientes honorarios satisfechos por el cliente.

La aceptación de este documento implica que la cláusula de Responsabilidad ha sido completamente aceptada por los destinatarios.



2. RESUMEN EJECUTIVO

La siguiente tabla muestra las principales conclusiones, resultados y aspectos destacados de cada uno de los edificios.

Edificio	Estado general	Estado instalación eléctrica	Aporte	TIR Modelo Financiero
Palacio de Gobierno	- Edificio de 30 años de antigüedad en buen estado de conservación. La cubierta presenta obstáculos que dificultan la instalación de módulos.	- Estado pobre de la instalación eléctrica.	21,5%	6,8%
Congreso del Estado	- Edificio de 30 años de antigüedad en buen estado de conservación. La mayor parte de la cubierta se encuentra disponible.	- Estado pobre de la instalación eléctrica.	29,2%	4,8%
Secretaría de Finanzas	- Edificio de 30 años de antigüedad en buen estado de conservación.	- Estado pobre de la instalación eléctrica. - Durante la visita no se pudo acceder al cuarto de control.	15,4%	5,0%
Secretaría de Educación Pública	- Edificio de 30 años de antigüedad en buen estado de conservación.	- Buen estado de la instalación eléctrica. - Cuarto de control en buen estado.	16,9%	7,4%
Hospital Juan María Salvatierra	- Edificio de 7 años de antigüedad en buen estado de conservación. La cubierta está en proceso de impermeabilización por lo que la sujeción de las estructuras puede tener limitaciones.	- Buen estado de la instalación eléctrica,	13,3%	8,1%

Edificio	Estado general	Estado instalación eléctrica	Aporte	TIR Modelo Financiero
Ayuntamiento	- Edificio de 30 años de antigüedad en buen estado de conservación.	- Buen estado de la instalación eléctrica.	93,1%	7,9%
Centro de Justicia Penal	- El edificio presenta numerosos domos que pueden dificultar la instalación de los módulos.	- Buen estado de la instalación eléctrica.	46,3%	13,1%
Escuela Preparatoria Morelos	- El edificio presenta obstáculos que pueden dificultar la instalación de los módulos.	- Buen estado de la instalación eléctrica.	98,5%	7,1%
Escuela Normal Superior	- El edificio presenta obstáculos que pueden dificultar la instalación de los módulos.	- Buen estado de la instalación eléctrica.	100,0%	8,0%

Tabla 2.1. Resumen de principales conclusiones, resultados y aspectos destacados de cada uno de los edificios.

Merece la pena destacar que, a fecha del presente informe, ninguno de los edificios en análisis cuenta con seguro en vigor.

En base al análisis llevado a cabo por Enertis, cuyas conclusiones se muestran en la sección 8, la siguiente tabla muestra los resultados obtenidos:

Edificio	Edo gral instalación	Edo instalación eléctrica	Prioridad de resiliencia	Max. Prod/aporte	Factibilidad financiera	Valoración Global
Palacio	1	1	2	1	2	1.5
Congreso	2	1	2	2	1	1.6
Finanzas	1	1	1	1	1	1.0
SEP	3	3	2	1	2	2.1
Hospital	3	3	3	1	2	2.3
Ayuntamiento	2	3	2	3	2	2.5
Justicia	1	2	1	2	3	2.0
Morelos	2	2	1	3	2	2.1
Escuela	2	2	1	3	2	2.1

Tabla 2.2. Resultados numéricos de la evaluación de los edificios analizados.

Según lo cual, los edificios más adecuados, según la puntuación obtenida, son los siguientes:

- Ayuntamiento
- Hospital Juan María Salvatierra
- Secretaría de Educación
- Escuela Preparatoria José María Morelos y Pavón
- Escuela Normal Superior
- Centro de Justicia Penal
- Congreso del Estado
- Palacio de Gobierno
- Secretaría de Finanzas

Finalmente, respecto a las características climatológicas del área de interés, a continuación, se muestran los principales aspectos detectados:

Análisis del recurso solar

Después de revisar las bases de datos con los valores de GHI disponibles, el Asesor Técnico considera que SolarGIS es la base de datos más adecuada en esta etapa del desarrollo, con un valor anual de GHI de 2.250 kWh/m².

Estudio de la producción estimada

Los resultados obtenidos en la estimación de la producción, así como el aporte al consumo de cada edificio y la estimación de reducción de emisiones de CO_{2 eq} se muestran las siguientes tablas:

Parametros	Palacio	Congreso	Finanzas	SEP	Hospital
Irradiación plano de los módulos (kWh/m ²)	2.337	2.338	2.335	2.337	2.347
Potencia Pico (kW _p)	91,4	37,8	28,35	100,8	431,55
PR de diseño	72,80%	69,20%	72,30%	73,10%	74,80%
Indisponibilidad	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Degradación a largo plazo	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
PR Año 1	71,70%	68,20%	71,20%	72,10%	73,90%
Horas equivalent Año 1 (kWh/kW _p)	1.676	1.596	1.664	1.685	1.734
Producción estimada Año 1 (kWh)	153.143	60.311	47.165	169.879	748.358
Aporte enregético estimado	21,5%	29,2%	15,4%	16,9%	13,3%
Reducción emisiones CO _{2 eq} Año 1 (t)	132	52	41	147	646
Reducción emisiones CO _{2 eq} Acumulado (t)	3.116	1.227	960	3.457	15.227

Tabla 2.3. Resumen de los parámetros de producción para el Año 1.

Parametros	Ayuntamiento	Justicia	Morelos	Escuela
Irradiación plano de los módulos (kWh/m ²)	2.359	2.340	2.369	2.246
Potencia Pico (kW _p)	179,55	69,3	85,995	116,550
PR de diseño	74,50%	75,30%	74,00%	74,10%
Indisponibilidad	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Degradación a largo plazo	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
PR Año 1	73,50%	74,30%	73,00%	73,10%
Horas equivalent Año 1 (kWh/kW _p)	1.734	1.738	1.730	1714
Producción estimada Año 1 (kWh)	311.303	120.439	148.737	199.781
Aporte enregético estimado	93,1%	46,3%	98,5%	100%
Reducción emisiones CO _{2 eq} Año 1 (t)	269	104	128	173
Reducción emisiones CO _{2 eq} Acumulado (t)	6.334	2.451	3.026	4.065

Tabla 2.4. Resumen de los parámetros de producción para el Año 1.

Temperatura y lluvia en el área de interés

Enertis ha consultado la información ofrecida por CONAGUA y ha obtenido los datos de la estación meteorológica más cercana al área de interés, llamada La Paz (DGE).

Los registros indican una precipitación media anual de 183,6 mm, con una estación seca de octubre a junio. Enertis considera que, debido al bajo grado de lluvia, se espera que haya una acumulación de suciedad tal que pueda afectar al performance/producción de los Proyectos, por lo que, dentro del esquema de operación y mantenimiento de los Proyectos, se deberán definir labores de limpieza con una frecuencia suficiente para evitar pérdidas en el rendimiento.

Adicionalmente, durante el proceso de selección de los equipos, Enertis comprobará que las especificaciones técnicas son adecuadas para operar en un rango de temperatura más amplio al rango registrado históricamente en la estación.

Riesgo de ciclones

La ciudad de La Paz se encuentra dentro de una zona clasificada como de muy alta probabilidad de impacto del ciclón. A la vista de esta información, Enertis recomienda consultar el "Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por viento" de CFE para el diseño de las estructuras y el diseño de la cimentación.

Inundaciones

En cuanto a los riesgos de inundación, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, el área de interés se encuentra en una zona de riesgo de inundación medio. Si bien no se trata de un riesgo alto, Enertis considera que ha de tenerse en cuenta en el diseño.

Riesgo sísmico

De acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional, la región de La Paz es considerada una zona de baja sismicidad, por lo que no son esperables incidencias en el área de interés debido a este aspecto.

3. ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTOS

3.1. Información general de los emplazamientos

3.1.1. Datos generales de los emplazamientos

El objetivo del análisis de los edificios de las diferentes instancias del gobierno fue recoger toda la información disponible respecto a las condiciones actuales de los emplazamientos, así como detectar aquellos riesgos potenciales que puedan afectar al desarrollo, construcción y operación de los Proyectos.

Merece la pena destacar que Enertis no pudo llevar a cabo visitas a los siguientes edificios:

- Centro de Justicia Penal (en adelante, Justicia)
- Escuela Preparatoria José María Morelos y Pavón (en adelante, Morelos)
- Escuela Normal Superior (en adelante, Escuela)

Los principales aspectos que se han tenido en cuenta a la hora del análisis son los siguientes:

- **Superficie disponible y útil:** La superficie disponible en cada uno de los edificios es fundamental para la implantación del sistema fotovoltaico.
- **Estado general de instalación eléctrica:** El análisis de la instalación eléctrica tiene especial importancia dado que para este tipo de proyectos se considera hacer un uso parcial de dicha instalación para la interconexión.
- **Maximización de la producción:** Uno de los criterios que el Asesor Técnico tendrá en cuenta a la hora de la pre-selección será la maximización de la producción de electricidad y por lo tanto del porcentaje de autoconsumo de cada edificio.
- **Vulnerabilidad ante efectos climáticos:** Con el objetivo de tener en cuenta las infraestructuras críticas afectadas por efecto del huracán Odile, que impactó en Baja California Sur en septiembre de 2014. A este efecto, el BID proporcionó a Enertis el informe “Evaluación Técnica – Intervenciones Estratégicas Hacia un Futuro Resiliente”, elaborado por GeoAdaptive, LLC., en septiembre de 2015.

3.1.2. Ubicación de los emplazamientos

Los emplazamientos se encuentran distribuidos en la ciudad de La Paz, dentro de un radio aproximado de 4 km.



La siguiente figura muestra la ubicación de los Proyectos.



Figura 3.1. Ubicación de los emplazamientos en la ciudad de La Paz.

3.2. Evaluación de los emplazamientos

3.2.1. Visita a los emplazamientos

Las visitas a los emplazamientos se realizaron el día 26 de abril de 2016, y en ellas participaron:

- Israel Sánchez, por parte de Enertis
- Juan Roberto Paredes, por parte del BID
- Luis Soliz, por parte del Gobierno de La Paz
- Personal de mantenimiento de cada edificio visitado

Palacio de Gobierno

El Palacio de Gobierno (en adelante, el Palacio), de acuerdo a la información proporcionada por el personal de mantenimiento presente en la propiedad, fue construido hace aproximadamente 50 años. Se encuentra ubicado en las inmediaciones del centro de la ciudad, muy próximo a los

edificios de la Secretaría de Finanzas y el Congreso del Estado. Sin embargo, actualmente la propiedad no cuenta con planos estructurales del edificio.



Figura 3.2. Ubicación del Palacio, el Congreso del Estado y la Secretaría de Finanzas.

Las secciones en las que puede dividirse son las siguientes:

- Sección 1: En esta sección se concentran la mayoría de las oficinas del Palacio.
- Sección 2: Zona de acceso a la cubierta, esta sección cuenta con una pequeña oficina que, a través de una puerta dirige al resto de la cubierta.
- Sección 3: Techo de lámina, esta superficie presenta problemas de inclinación y orientación que dificultará la implantación de la instalación.
- Sección 4: Oficina del Gobernador. Dicha sección está un nivel por debajo de la sección.

Es importante mencionar que, pese a que la sección 2 es la zona de acceso a la cubierta y esta sea adecuada para el tránsito de personas, se requerirá de maquinaria adicional (ej. grúas) para poder transportar el equipo a instalar en las cubiertas.

La siguiente figura muestra la distribución de las secciones descritas:



Figura 3.3. Distintas secciones del edificio.

En la siguiente tabla se muestran los aspectos tanto positivos como negativos detectados durante la visita:

Aspecto	Comentario	Valoración
Superficie	Se estima una superficie útil aproximada de 600 m ²	-
Antigüedad del edificio	Se trata de un edificio con 50 años de antigüedad. Sin embargo, no se aprecian deterioros importantes en su estructura, así mismo, según información de la propiedad, el edificio no sufrió daños debido al huracán Odile.	✓
Acceso a la cubierta	El acceso a la cubierta consiste en unas escaleras que dirigen a una pequeña oficina en el último nivel, que a su vez cuenta con una puerta que da acceso a la mayor parte de la cubierta.	✓
Estado instalación eléctrica	El estado de la instalación eléctrica puede definirse como pobre, existiendo cableado expuesto a la intemperie, así como falta de organización y etiquetas en el cuarto de control.	!
Equipos de aire acondicionado (A/A)	Los equipos de A/A se encuentran localizados en unos “balcones” del edificio por lo que no interfieren con la instalación del sistema fotovoltaico.	✓
Sección 1	Presencia de antenas que pueden dificultar la implantación de la instalación, así como generar pérdidas por sombras.	!

Tabla 3.1. Resumen de aspectos detectados durante la visita – El Palacio.

Para mayor claridad, Enertis ha empleado la siguiente codificación para la valoración de los aspectos detectados durante las visitas:

- ✓ Valoración positiva del aspecto detectado.
- ! Valoración negativa del aspecto detectado.

Congreso del Estado

El Congreso del Estado (en adelante, el Congreso), de acuerdo a la información proporcionada por el personal de mantenimiento presente en la propiedad, fue construido hace aproximadamente 30 años. Se encuentra ubicado próximo al centro de la ciudad, cercano a los edificios de la Secretaría de Finanzas y al Palacio (figura 3.2). Sin embargo, actualmente la propiedad no cuenta con planos estructurales del edificio.

El edificio se puede dividir en dos secciones diferentes, que en conjunto suman aproximadamente 280 m² de superficie aprovechable para la instalación de módulos fotovoltaicos.

Es importante mencionar que, a pesar de la presencia de una oficina en el último nivel, que tiene la función de zona de acceso a la cubierta y es adecuada para el tránsito de personas, se requerirá de maquinaria adicional (ej. grúas) para poder transportar el equipo a instalar en las cubiertas.

En la siguiente tabla se muestran los aspectos tanto positivos como negativos detectados durante la visita:

Aspecto	Comentario	Valoración
Superficie	Se estima una superficie útil aproximada de 280 m ²	-
Antigüedad del edificio	Se trata de un edificio con 30 años de antigüedad. Sin embargo, no se aprecian deterioros importantes en su estructura, así mismo, según información de la propiedad, el edificio no sufrió daños debido al huracán Odile.	✓
Acceso a la cubierta	El acceso a la cubierta consiste en unas escaleras que dirigen a una pequeña oficina en el último nivel, que a su vez cuenta con una puerta que da acceso a la mayor parte de la cubierta.	✓
Estado instalación eléctrica	El estado de la instalación eléctrica puede definirse como pobre, existiendo cableado expuesto a la intemperie, así como falta de organización y etiquetas en el cuarto de control. Adicionalmente, el cuarto de control tiene unas dimensiones muy reducidas.	!
Equipos de aire acondicionado (A/A)	Los equipos de A/A están distribuidos en el perímetro de la cubierta, por lo que no suponen un impedimento para la instalación de módulos (figura 3.4).	✓

Tabla 3.2. Resumen de aspectos detectados durante la visita – El Congreso.



Figura 3.4. Ubicación de los equipos de A/A en el perímetro de la cubierta.

Secretaría de Finanzas

La Secretaría de Finanzas (en adelante, Finanzas), de acuerdo a la información proporcionada por el personal de mantenimiento presente en la propiedad, fue construido hace aproximadamente 30 años. Se encuentra ubicada en el centro de la ciudad, acompañada por los edificios del Congreso y el Palacio (figura 3.2). Sin embargo, actualmente la propiedad no cuenta con planos estructurales del edificio.

El edificio se puede dividir en dos secciones diferentes, que en conjunto suman aproximadamente 210 m² de superficie aprovechable para la instalación de módulos fotovoltaicos.

Es importante mencionar que, pese a que el acceso a la cubierta es complicado, se requerirá de maquinaria adicional (ej. grúas) para poder transportar el equipo a instalar en las cubiertas.

En la siguiente tabla se muestran los aspectos tanto positivos como negativos detectados durante la visita:

Aspecto	Comentario	Valoración
Superficie	Se estima una superficie útil aproximada de 210 m ²	-
Antigüedad del edificio	Se trata de un edificio con 30 años de antigüedad. Sin embargo, no se aprecian deterioros importantes en su estructura, así mismo según información de la propiedad, el edificio no sufrió daños debido al huracán Odile.	✓
Acceso a la cubierta	El acceso a la cubierta es complicado, teniendo que acceder a través de dos escotillas diferentes, con unas dimensiones de aprox. 0,8 m.	!
Estado instalación eléctrica	El estado de la instalación eléctrica puede definirse como pobre, existiendo cableado expuesto a la intemperie, así como falta de organización y etiquetas en el cuarto de control.	!
Equipos de Aire acondicionado (A/A)	Los equipos de A/A se encuentran organizados en el perímetro del edificio, así como en una parte central del techo.	✓

Tabla 3.3. Resumen de aspectos detectados durante la visita –Finanzas.

Secretaría de Educación Pública

La Secretaría de Educación Pública (en adelante, SEP) está formada por dos edificios que, de acuerdo a la información proporcionada por el personal de mantenimiento presente en la propiedad, fue construida hace aproximadamente 30 años y se encuentra al oeste de la ciudad. Sin embargo, actualmente la propiedad no cuenta con planos estructurales del edificio.

Las instalaciones de la SEP se pueden dividir en dos edificios diferentes (figura 3.5), que en conjunto suman aproximadamente 750 m² de superficie aprovechable para la instalación de módulos fotovoltaicos.

Es importante mencionar que, pese a que el acceso a la cubierta es complicado, se requerirá de maquinaria adicional (ej. grúas) para poder transportar el equipo a instalar en las cubiertas.

En la siguiente tabla se muestran los aspectos tanto positivos como negativos detectados durante la visita:

Aspecto	Comentario	Valoración
Superficie	Se estima una superficie útil aproximada de 750 m ²	-
Antigüedad del edificio	Se trata de un edificio con 50 años de antigüedad. Sin embargo, no se aprecian deterioros importantes en su estructura, así mismo según información de la propiedad, el edificio no sufrió daños debido al huracán Odile.	✓
Acceso a la cubierta	El acceso a la cubierta es complicado, teniendo que acceder a través de una escotilla, con unas dimensiones de aprox. 0,80 m, localizada en un aseo.	!
Estado instalación eléctrica	El estado de la instalación eléctrica puede definirse como adecuado, con una correcta organización e identificación de los circuitos en el edificio.	✓
Equipos de aire acondicionado (A/A)	Los equipos de A/A están bien distribuidos en la cubierta, por lo que no suponen un impedimento para la instalación de módulos.	✓

Tabla 3.4. Resumen de aspectos detectados durante la visita - SEP.



Figura 3.5. Instalaciones de la SEP.

Hospital Juan María Salvatierra

El Hospital Juan María Salvatierra (en adelante, Hospital) está formado por un conjunto de edificios que, de acuerdo a la información proporcionada por el personal de mantenimiento presente en la propiedad se terminó de construir en 2009. El Hospital está ubicado al sur de la ciudad. Sin embargo, actualmente la propiedad no cuenta con planos estructurales del edificio.

Las instalaciones del Hospital se pueden dividir en tres niveles (figura 3.6), que en conjunto suman aproximadamente 3.150 m² de superficie aprovechable para la instalación de módulos fotovoltaicos.

Es importante mencionar que, pese a que hay escaleras que dirigen al último nivel, que a su vez tiene la función de zona de acceso a la cubierta, hay que considerar que se requerirá de maquinaria adicional (ej. grúas) para poder transportar el equipo a instalar en las cubiertas.

En la siguiente tabla se muestran los aspectos tanto positivos como negativos detectados durante la visita:

Aspecto	Comentario	Valoración
Superficie	Se estima una superficie útil aproximada de 3.150 m ²	-
Antigüedad del edificio	Se trata de un edificio con 7 años de antigüedad. No se aprecian deterioros importantes en su estructura, así mismo según información de la propiedad, el edificio no sufrió daños debido al huracán Odile.	✓
Acceso a la cubierta	El acceso a la cubierta consiste en unas escaleras que dirigen a un pasillo, que a su vez cuenta con una puerta que da acceso a la mayor parte de la cubierta.	✓
Estado instalación eléctrica	Las instalaciones eléctricas se encuentran en buen estado, incluyendo el cuarto de control principal con espacio disponible para la incorporación de más equipamiento, en el caso de ser requerido. Adicionalmente, hay otros 25 cuartos de control distribuidos en el Hospital	✓
Equipos de aire acondicionado (A/A)	Los equipos de A/A se encuentran bien distribuidos en todo el edificio, concentrando los equipos más grandes en el primer nivel (superficie purpura en figura 3.6), lo que no supondría un impedimento para la instalación.	✓
Niveles de construcción	Los niveles más altos pueden producir sombras sobre el resto de niveles.	!
Planes de expansión	Según comentarios por parte del personal de mantenimiento, existen planes para ampliar algunas zonas del Hospital, esto incluiría la construcción de más niveles por lo que la superficie disponible podría reducirse.	!

Tabla 3.5. Resumen de aspectos detectados durante la visita – Hospital.



Figura 3.6. Diferentes niveles existentes en el Hospital (cada color representa un nivel diferente).

Ayuntamiento

El Ayuntamiento está compuesto por dos edificios (figura 3.7) que, de acuerdo a información proporcionada por el personal de mantenimiento, tiene una antigüedad aproximada de 30 años. Sin embargo, la propiedad no cuenta con planos estructurales del edificio.



Figura 3.7. Edificios del Ayuntamiento.

El Ayuntamiento se divide en dos edificios diferentes, que en conjunto suman aproximadamente 1.320 m² de superficie aprovechable para la instalación de módulos fotovoltaicos.

Es importante mencionar que el acceso a la cubierta es complicado, sin embargo, hay que considerar que se requerirá de maquinaria adicional (ej. grúas) para poder transportar el equipo a instalar en las cubiertas.

En la siguiente tabla se muestran los aspectos tanto positivos como negativos detectados durante la visita:

Aspecto	Comentario	Valoración
Superficie	Se estima una superficie útil aproximada de 1.320 m ²	-
Antigüedad del edificio	Se trata de un edificio con 30 años de antigüedad. Sin embargo, no se aprecian deterioros importantes en su estructura, así mismo según información de la propiedad, el edificio no sufrió daños debido al huracán Odile.	✓
Acceso a la cubierta	El acceso a la cubierta es complicado, teniendo que acceder a través de una escotilla de no más de 0,80 m por cada lado y que se encuentra en un baño.	!
Estado instalación eléctrica	Las instalaciones eléctricas se encuentran en un buen estado, el cuarto de control cuenta con espacio disponible para la incorporación de más equipamiento, en el caso de ser requerido.	✓
Equipos de aire acondicionados (A/A)	Los equipos de A/A están bien distribuidos por la cubierta, por lo que no suponen un impedimento para la instalación de módulos.	✓

Tabla 3.6. Resumen de aspectos detectados durante la visita – Ayuntamiento.

3.2.2.Datos Climatológicos

Temperatura y lluvia en el área de interés

Las variables climatológicas pueden influir en el rendimiento y vida útil de los equipos instalados en las plantas fotovoltaicas. Enertis ha consultado la información ofrecida por CONAGUA y ha obtenido los datos de la estación meteorológica más cercana al área de interés, llamada La Paz (DGE), que se encuentra aproximadamente 2,5 km al oeste del centro de la ciudad. Esta estación cuenta con datos de temperatura y precipitación registrados durante el periodo 1981-2010.

Los registros de la estación meteorológica de La Paz muestran una temperatura media anual de 24,1°C, con una media de las temperaturas para el mes más frío de 17,5°C (enero) y una media de las temperaturas para el mes más cálido 30,7°C (agosto). Cabe señalar que la temperatura más baja

registrada en la serie ha alcanzado los 3,0°C (febrero de 1985) y la temperatura máxima registrada ha ascendido a 43,0°C (junio de 1998).

Estos registros también indican una precipitación media anual de 183,6 mm, con una estación seca de octubre a junio, donde la precipitación media es de 6,3 mm para todo el período. La media máxima mensual es de 66,5 mm (septiembre) y la mínima de 0,2 mm (mayo).

La mayoría de los meses del año se clasifican como clima seco de acuerdo con el índice de Gaussen¹. Las precipitaciones medias mensuales y las temperaturas medias mensuales se encuentran detalladas en la siguiente figura.

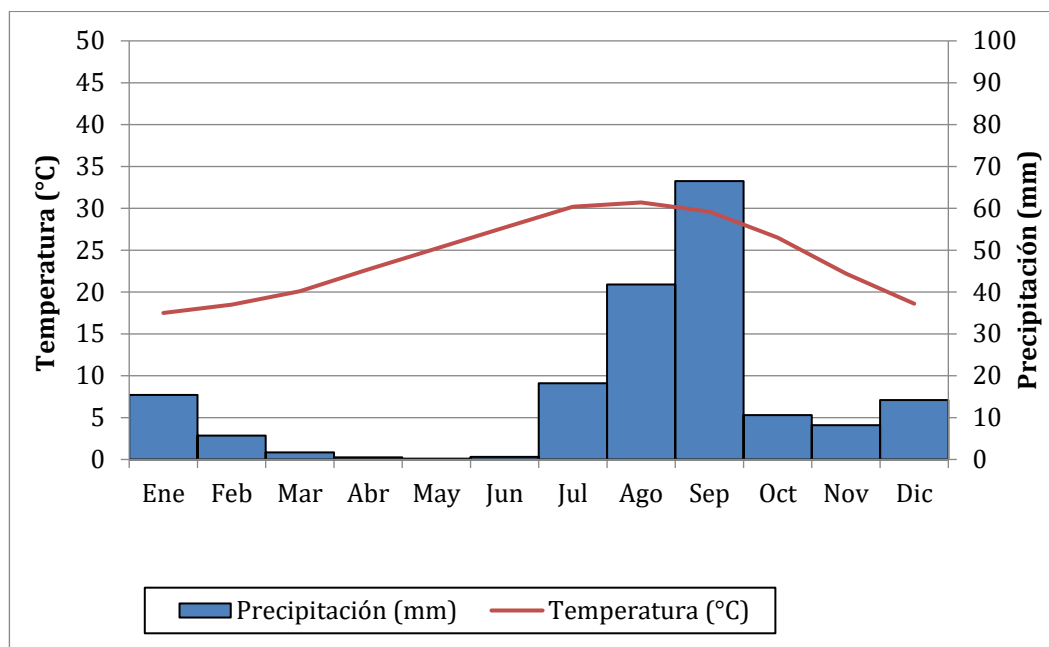


Figura 3.8. Diagrama de temperatura y pluviometría. Fuente: elaboración propia a partir de datos de CONAGUA.

Enertis considera que, debido al bajo grado de lluvia, especialmente entre octubre y junio, se espera que haya una acumulación de suciedad tal que pueda afectar al performance/producción de los Proyectos. No obstante, entre julio y septiembre la precipitación es elevada lo que favorecerá la

¹El índice de Gaussen considera un mes como "seco" si la temperatura en grados Celsius es mayor del doble de la precipitación en milímetros. En la figura 3.8 un mes se considera que es seco, si la línea de temperatura es mayor que el valor de precipitación.

limpieza de los módulos. Sin embargo, dentro del esquema de operación y mantenimiento de los Proyectos, se deberán definir labores de limpieza con una frecuencia suficiente para evitar pérdidas en el rendimiento de ésta. Enertis recomienda planificar la limpieza dentro del periodo más seco, esto es, entre marzo y junio.

Durante el proceso de selección de los equipos, Enertis comprobará que las especificaciones técnicas de los mismos (módulos fotovoltaicos, inversores y transformadores) son adecuadas para operar en un rango de temperatura más amplio al rango registrado históricamente en la estación para evitar problemas en su operativa debido a este factor, principalmente en los meses de verano.

Riesgo de ciclones

Enertis ha consultado la información disponible en CONAGUA, el Servicio Meteorológico Nacional de México² (en adelante, SMN), en el Centro Nacional de Prevención de Desastres de México³ (en adelante, CENAPRED) y en el Atlas Nacional de Riesgos de México⁴ (en adelante, ANR).

Los ciclones se clasifican de acuerdo a la intensidad de sus vientos máximos sostenidos. Cuando son mayores a 119 km/h son llamados huracanes; cuando se encuentran entre 61 km/h y 119 km/h se consideran tormentas tropicales, y cuando los vientos son menores a 61 km/h se clasifican como depresiones tropicales. La siguiente tabla muestra la escala Saffir-Simpson para la clasificación de ciclones:

Categoría	Velocidad del viento (km/h)
Depresión Tropical	< 61
Tormenta Tropical	61 < 119
Huracán H1	119 < 154
Huracán H2	154 < 178
Huracán H3	178 < 210
Huracán H4	210 < 250
Huracán H5	> 250

Tabla 3.7. Clasificación de ciclones – Escala Saffir-Simpson.

² <http://smn.cna.gob.mx/>

³ www.cenapred.unam.mx/es/

⁴ www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/

Entre 1997 y 2015, 325 ciclones tropicales impactaron las costas de México. Aunque el número de huracanes en la costa del Pacífico fue mayor, los huracanes más fuertes se han producido en mayor proporción en la costa del Atlántico.

La siguiente figura muestra los ciclones que impactaron México entre 1997 y 2015:

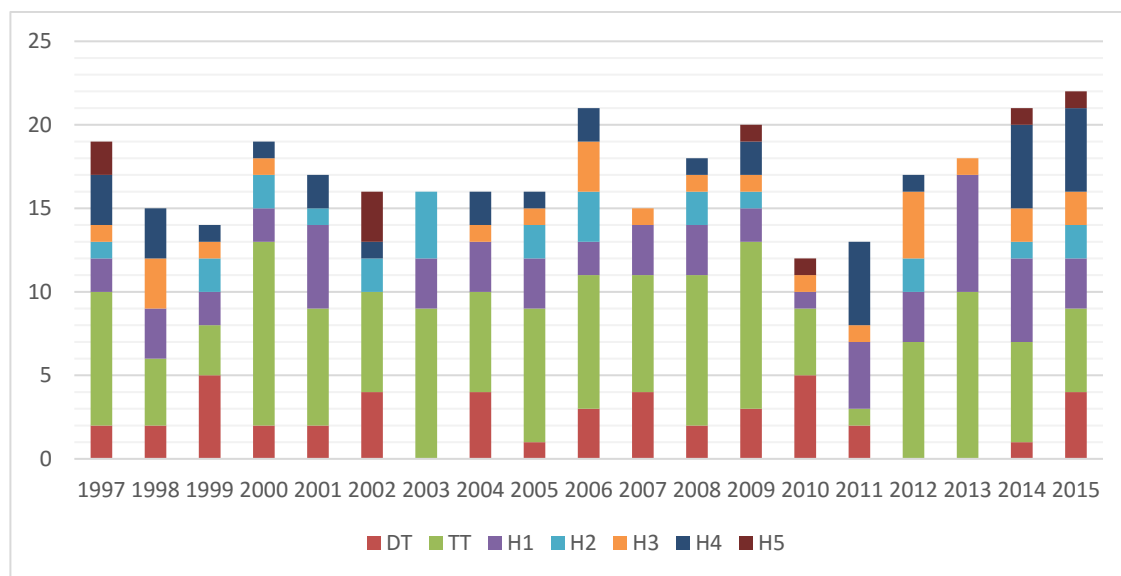


Figura 3.9. Ciclones que impactaron México entre 1997-2015. Fuente: CONAGUA.

De acuerdo con el SMN, la temporada de ciclones se produce entre mayo y noviembre.

La siguiente figura, proporcionada por el ARN, muestra el mapa de probabilidad de ciclones tropicales en México.

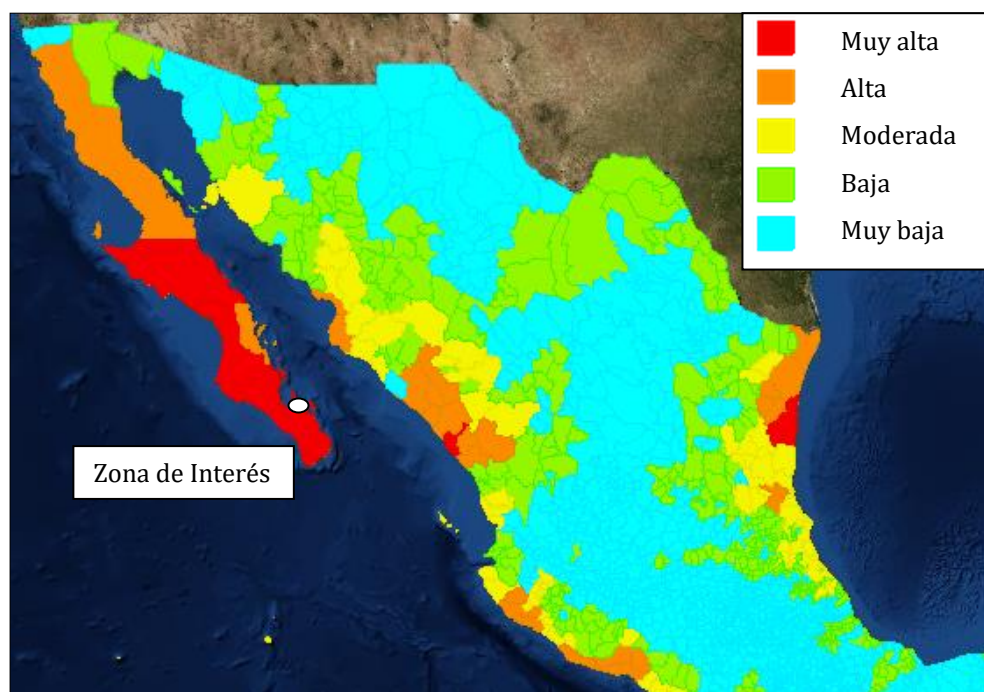


Figura 3.10. Mapa de riesgo de ciclones en México. Fuente: ANR.

La ciudad de La Paz se encuentra dentro de una zona clasificada como de muy alta probabilidad de impacto del ciclón.

De acuerdo a la información proporcionada por CONAGUA, entre 1970 y 2014 siete ciclones impactaron en las proximidades del área de interés.

Año	Nombre	Categoría	Área impactada	Periodo	Veloc. del viento (km/h)
2014	Odile	H3	La Paz	Septiembre	215
2011	Juliette	H1	La Paz	Sept-Octubre	120
1989	Kiko	H3	La Paz	Agosto	195
1984	Polo	DT	Pichilingue	Sept-Octubre	56
1981	Irwin	DT	La Paz	Sept-Octubre	55
1976	Liza	H4	La Paz	Sept-Octubre	220
1973	Irah	H1	La Paz	Septiembre	130

Tabla 3.8. Ciclones que impactaron próximos al emplazamiento del Proyecto en 1970-2011. Fuente: CONAGUA.

Conforme se observa en la tabla, uno de los siete ciclones fue un huracán de clase IV, con ráfagas de viento de 220 km/h.

Teniendo en cuenta la velocidad del viento en el área de interés, CFE publicó en 2008 un manual de diseño de estructuras específico por viento (Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por viento). Este manual define diferentes áreas en función de la velocidad del viento máxima esperada en un período de retorno.

La siguiente tabla y la siguiente figura incluyen las principales características de estas áreas para un periodo de retorno de 200 años.

Área	Intensidad	Máxima velocidad del viento (km/h)
A	Muy baja	100-136
B	Baja	137-153
C	Media	154-168
D	Alta	169-195
E	Muy alta	196-284

Tabla 3.9. Máxima velocidad del viento según áreas en México (periodo de retorno de 200 años). Fuente: CFE.

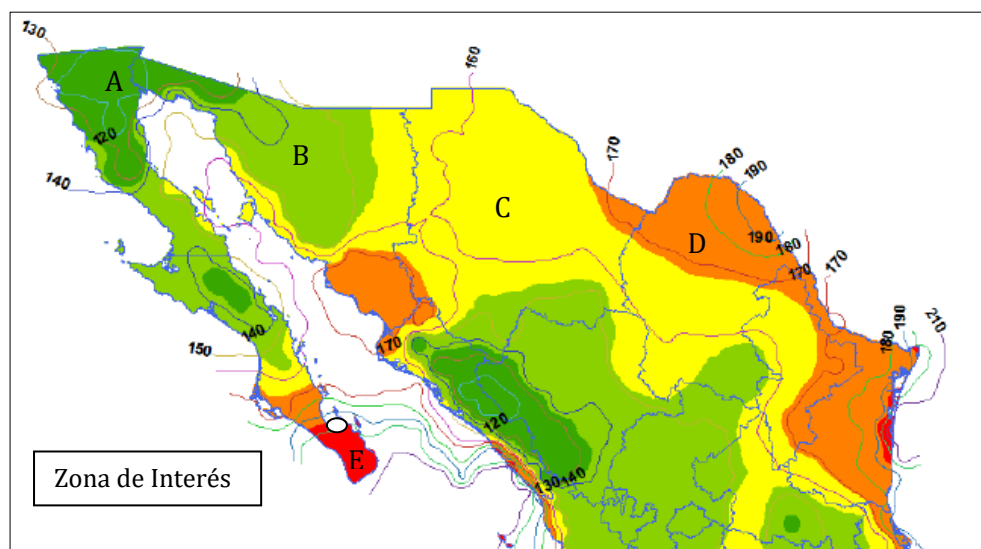


Figura 3.11. Mapa de máxima velocidad del viento (periodo de retorno 200 años). Fuente: CFE.

Como se observa, el área de interés se encuentra en una zona donde la velocidad máxima del viento es de 196 -284 km/h para un período de retorno de 200 años. Enertis recomienda consultar el "Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por viento" de CFE para el diseño de las estructuras y el diseño de la cimentación.

Teniendo en cuenta el reciente huracán de categoría III que afectó a la zona de interés y las directrices de la CFE para el emplazamiento, esto es, diseño para velocidades de viento de 196

km/h-284 km/h, el Asesor Técnico considera que estas deben ser las directrices a tener en cuenta a la hora de diseñar las estructuras.

Inundaciones

En cuanto a los riesgos de inundación, de acuerdo con ANR el área de interés se encuentra en una zona de riesgo de inundación medio, conforme muestra la siguiente figura.

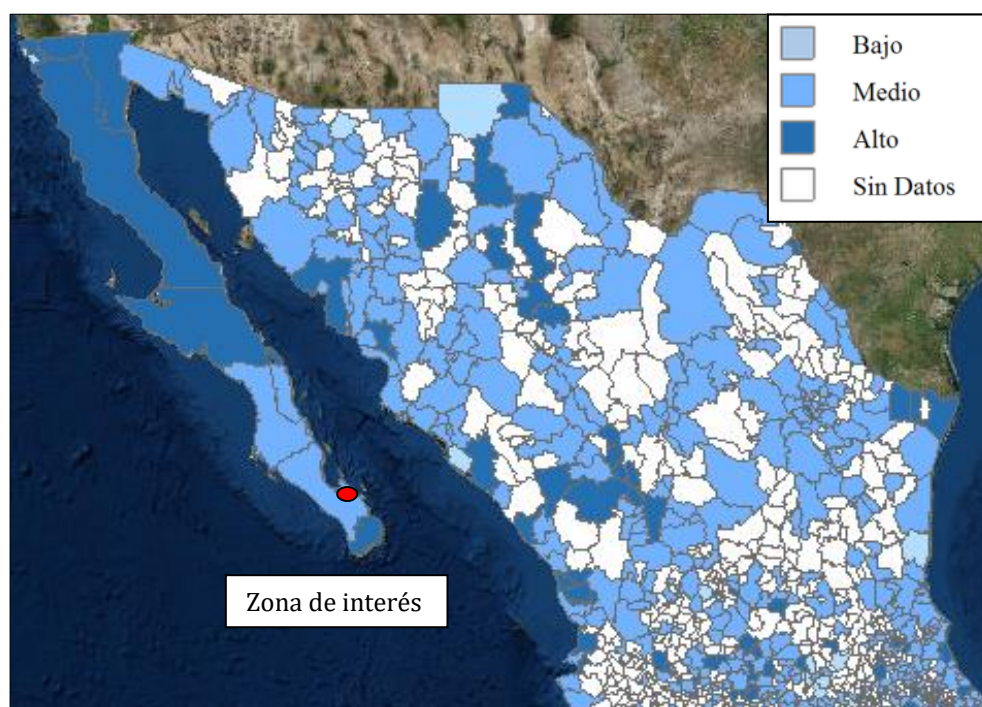


Figura 3.12. Mapa de riesgos por inundación en México. Fuente: ANR.

Si bien no se trata de un riesgo alto, Enertis considera que ha de tenerse en cuenta en el diseño.

Riesgo sísmico

Enertis ha consultado SSN y ANR. En la región de Baja California Sur se han registrado 830 eventos sísmicos desde 2006 Sin embargo, sólo dos de los eventos fueron remarcables, registrando una magnitud Richter de 6,7 y 6,8, el 4 de enero de 2006 y el 12 de abril de 2012, respectivamente. Dichos eventos se produjeron, aproximadamente, a 500 km y 600 km al norte del área de interés.

México se divide en cuatro zonas sísmicas de acuerdo a la intensidad de la actividad sísmica. La siguiente tabla recoge las principales características de estas áreas y la siguiente figura representa el mapa de sismicidad de México.

Area	Intensidad	Comentarios
A	Muy baja	No existe un histórico de la actividad sísmica en los últimos 80 años, o esta actividad genera aceleraciones de menos de 10% de la gravedad.
B	Baja	Hay actividad sísmica intermedia, con aceleraciones inferiores a 70% de la gravedad.
C	Media	La actividad sísmica o la intensidad de seísmo es mayor que la zona B.
D	Alta	Ha habido gran actividad sísmica históricamente. La aceleración del suelo puede ser mayor que 70% de la gravedad.

Tabla 3.10. Áreas sísmicas de México. Fuente: SMN.

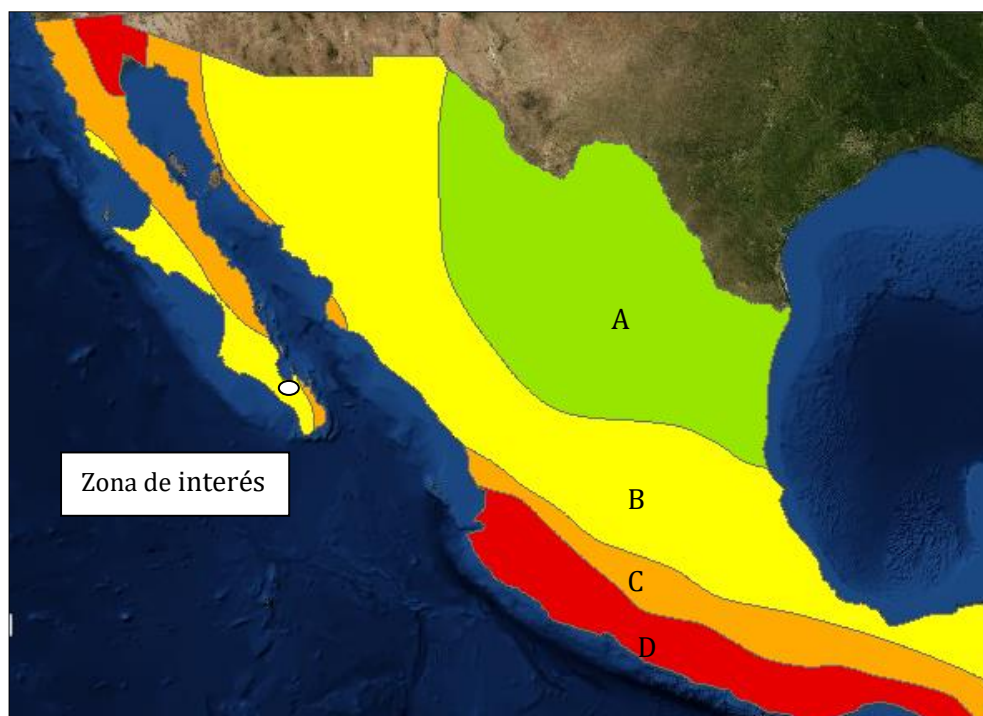


Figura 3.13. Mapa sismológico de México. Fuente: ANR.

De acuerdo con el SSN, la región de La Paz es considerada una zona de baja sismicidad, por lo que no son esperables incidencias en el área de interés debido a este aspecto. En cualquier caso, Enertis recomienda el diseño de las estructuras basadas en el "Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por Sismo", elaborado por la CFE y el Instituto de Investigaciones Eléctricas en 2008.

3.2.3. Evaluación de los emplazamientos

Estado general de la instalación

En la siguiente tabla se muestra un resumen sobre el estado general de las instalaciones de cada uno de los edificios, de acuerdo a lo observado durante las visitas.

Merece la pena destacar la situación actual de los edificio en materia de seguros. A fecha del presente informe, ninguno de los edificios en análisis cuenta con seguro en vigor.

Edificio	Estado general de la instalación	Valoración
Palacio	El edificio fue construido hace aproximadamente 50 años. La propiedad no cuenta con los planos del edificio La superficie con mayor área disponible, también es la que presenta mayor número de obstáculos que dificultan la instalación de módulos (antenas, estructuras, etc.).	1
Congreso	El edificio fue construido hace aproximadamente 30 años. La propiedad no cuenta con los planos del edificio. La mayor parte de la cubierta se encuentra disponible, ya que los equipos de A/A están localizados en la periferia de la cubierta.	2
Finanzas	El edificio fue construido hace aproximadamente 30 años. La propiedad no cuenta con los planos del edificio. Una de las áreas consideradas dentro del total de superficie disponible, es una cubierta de lámina con una estructura de metal que podría limitar la carga a aplicarle.	1
SEP	Las instalaciones fueron construidas hace aproximadamente 30 años. La propiedad no cuenta con los planos del edificio. Al este del edificio principal de la SEP están localizadas dos antenas que pudieran provocar sombras a los módulos, sin embargo, no se prevé que su impacto en la producción sea elevado.	3
Hospital	El Hospital fue construido hace 7 años, y cuenta con 4 superficies colocadas en diferentes niveles. La cubierta está en proceso de impermeabilización por lo que la sujeción de las estructuras puede tener limitaciones.	3
Ayuntamiento	Las instalaciones del Ayuntamiento fueron construidas hace aproximadamente 30 años, y cuenta con 2 edificios independientes. Algunos equipos de A/A se encuentran ubicados a una distancia de 5 metros del borde de la cubierta. Adicionalmente, el lado norte del edificio principal cuenta con una antena que podría provocar sombreado a los módulos.	2

Edificio	Estado general de la instalación	Valoración
Justicia	Merece la pena destacar que Enertis no pudo llevar a cabo la visita a este emplazamiento. Sin embargo, de acuerdo a las fotos proporcionadas a Enertis, la cubierta del edificio presenta numerosos domos que pueden dificultar la instalación de los módulos.	1
Morelos	Merece la pena destacar que Enertis no pudo llevar a cabo la visita a este emplazamiento. Sin embargo, de acuerdo a las fotos proporcionadas a Enertis, la cubierta del edificio presenta algunos equipos de aire acondicionado que podrían dificultar la instalación de los módulos.	2
Escuela	Merece la pena destacar que Enertis no pudo llevar a cabo la visita a este emplazamiento. Sin embargo, de acuerdo a las fotos proporcionadas a Enertis, la cubierta del edificio presenta algunos equipos de aire acondicionado que podrían dificultar la instalación de los módulos.	2

Tabla 3.11. Valoración del estado general de las instalaciones.

Factibilidad de conexión a la red

En la siguiente tabla se muestra un resumen sobre el estado general de la instalación eléctrica de cada uno de los edificios, de acuerdo a lo observado durante las visitas.

Edificio	Estado factibilidad de la conexión a red	Valoración
Palacio	La instalación eléctrica del edificio puede considerarse como pobre. La propiedad no cuenta con diagramas eléctricos. El cuarto de control cuenta con algunos interruptores que ya no funcionan. Adicionalmente, se han realizado cambios en la estructura del cableado eléctrico, de los cuales no hay registros.	1
Congreso	La instalación eléctrica del edificio puede considerarse como pobre. Asimismo, la propiedad no cuenta con los diagramas eléctricos de la instalación. Adicionalmente, el cuarto de control tiene unas dimensiones reducidas y se puede observar cableado colgado a través del cuarto sin identificación.	1
Finanzas	La instalación eléctrica del edificio puede considerarse como pobre, a tenor de lo percibido durante la visita, ya que no se pudo acceder al cuarto de control. La administración no posee los diagramas eléctricos de la instalación.	1
SEP	La instalación eléctrica del edificio puede considerarse como muy buena. A pesar de que la propiedad no cuenta con los diagramas eléctricos, el cuarto de control se encuentra en buen estado, estando organizados los gabinetes y con la identificación adecuada para cada circuito instalado. En la cubierta se pudo identificar el lugar por donde se hizo el cableado de los equipos de A/A hasta el cuarto de control, camino que pudiera ser utilizado para la instalación del sistema fotovoltaico.	3
Hospital	La instalación eléctrica del Hospital puede considerarse como muy buena. El personal de mantenimiento afirmó tener algunos diagramas eléctricos, sin embargo, dichos diagramas no han sido proporcionados a Enertis. Se cuenta con alrededor de 40 transformadores de pequeño tamaño distribuidos en el edificio.	3
Ayuntamiento	La instalación eléctrica del edificio puede considerarse como buena. En la cubierta se observa un tablero de control para equipos de A/A que podría tener espacio disponible para nuevas conexiones. Actualmente el cuarto de control es utilizado como almacén, sin embargo, hay espacio para la colocación de equipos nuevos.	3
Justicia	Pese a que Enertis no ha tenido oportunidad de realizar una visita al edificio, la información proporcionada muestra una instalación en buen estado.	2
Morelos	Pese a que Enertis no ha tenido oportunidad de realizar una visita al edificio, la información proporcionada muestra una instalación en buen estado.	2
Escuela	Pese a que Enertis no ha tenido oportunidad de realizar una visita al edificio, la información proporcionada muestra una instalación en buen estado.	2

Tabla 3.12. Valoración de la factibilidad de la conexión a red.

Vulnerabilidad ante efectos climáticos

Para la elaboración de esta sección, Enertis ha analizado el documento “*Intervenciones Estratégicas Hacia un Futuro Resiliente, La Paz, BCS, México*” realizado por GeoAdaptive en septiembre 2015.

En este informe, GeoAdaptive analiza la resiliencia⁵ de la ciudad de La Paz, así como la afección que supuso el huracán Odile y las medidas estratégicas que sería aconsejable tomar para evitar consecuencias similares.

En este sentido, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (en adelante, INEGI) preparó en 2010 el siguiente mapa, en el que se muestra la distribución de la ciudad de La Paz en diez zonas:



Figura 3.14. Distribución de zonas en La Paz. Fuente: INEGI.

⁵ Se define resiliencia como la habilidad para recuperarse y superar las consecuencias de las amenazas naturales y el cambio climático.

De acuerdo a esta distribución, los edificios analizados en este informe se encuentran en las siguientes zonas:

	Zona 8	Zona 10
Edificio	SEP	Palacio
	Ayuntamiento	Finanzas
	Justicia	Morelos
	Escuela	
	Hospital	Congreso

Tabla 3.13. Zonas a las que pertenecen los edificios objeto de análisis.

Posteriormente, y como parte del análisis de resiliencia, GeoAdaptive elaboró el siguiente mapa, de acuerdo a las capacidades de resiliencia de las distintas zonas de la ciudad de La Paz.

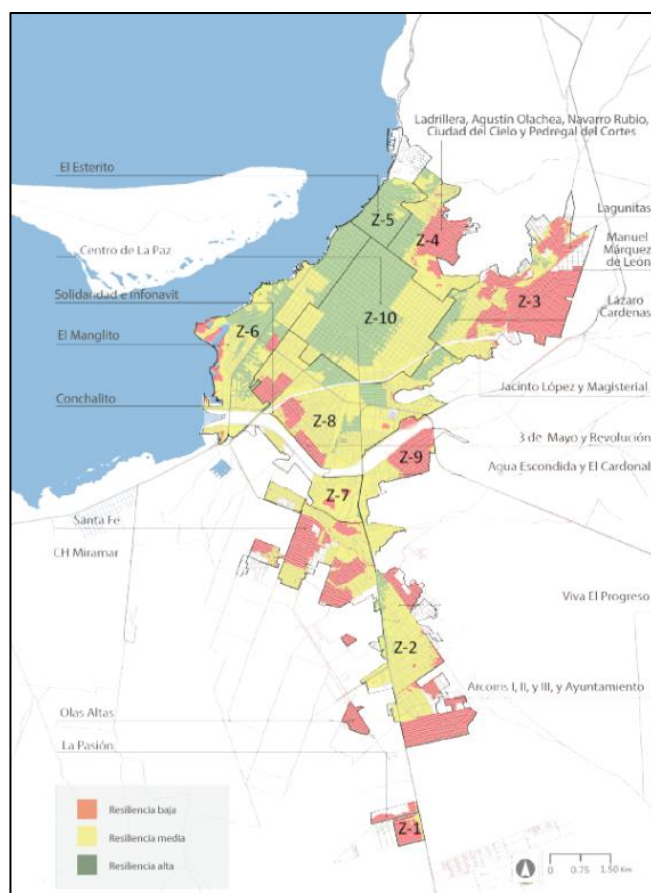


Figura 3.15. Capacidades de resiliencia. Fuente: GeoAdaptive.

De la figura anterior se desprende la elevada resiliencia que tiene la zona central de la ciudad, especialmente la zona 10.

La siguiente tabla muestra la capacidad de resiliencia asociada a cada uno de los edificios en función de la zona en la que se encuentran:

Edificio	Capacidad de resiliencia	Prioridad de resiliencia (Valoración)
Palacio	3	2
Congreso	3	2
Finanzas	3	1
SEP	2	2
Hospital	1	3
Ayuntamiento	2	2
Justicia	2	1
Morelos	3	1
Escuela	2	1

Tabla 3.14. Capacidad de resiliencia y prioridad para los distintos edificios.

4. DISEÑO E IMPLANTACIÓN

Enertis ha elaborado un diseño conceptual de los Proyectos con el objetivo de maximizar la potencia instalada y la producción de energía.

En los siguientes apartados, Enertis describe las características del diseño conceptual propuesto para los Proyectos.

4.1. *Lay-out* de los Proyectos

Enertis ha elaborado el *lay-out* de los Proyectos con el objetivo de instalar la mayor cantidad de módulos fotovoltaicos. De este modo, los módulos instalados ocupan la mayor parte de la superficie disponible. Asimismo, el Asesor Técnico ha planteado el diseño optimizando la potencia instalada, así como que las pérdidas por sombras sean aceptables.

Cabe señalar que en el Anexo IV se muestran los planos de los *lay-out* de los Proyectos diseñados por Enertis.

4.2. Equipos principales

En este apartado, Enertis describe de forma somera los equipos principales que ha considerado para el diseño de su *lay-out*, así como para la estimación de la producción neta y los análisis financiero y económico posteriores. No obstante, en una fase posterior de la promoción de los Proyectos, es conveniente valorar diferentes suministradores, atendiendo tanto a criterios técnicos como económicos.

4.2.1. Módulos fotovoltaicos

Como ha sido señalado anteriormente, Enertis ha considerado en su diseño un módulo fotovoltaico, perteneciente a la tecnología de silicio cristalino, de 72 células fotovoltaicas. Para la estimación de la potencia pico de las Plantas, el Asesor Técnico ha considerado un módulo fotovoltaico de 315 W, el modelo JKM-315P suministrado por Jinko Solar. Las principales características de estos módulos fotovoltaicos en Condiciones Estándar de Medida⁶ (en adelante, CEM) se detallan en la siguiente tabla:

⁶ Irradiancia 1.000 W/m², AM 1,5 y temperatura de célula 25°C.

JKM-315P	
Datos eléctricos STC (1.000 W/m ² , 25°C)	
Características de las células	Policristalino/ 72 células
Potencia Pico (W)	315
Tolerancia potencia de salida (%)	-0 - +3%
Eficiencia del módulo (%)	16,23%
Voltaje de máxima potencia - Vmp (V)	37,2
Corriente de máxima potencia - Imp (A)	8,48
Voltaje circuito abierto - Voc (V)	46,2
Corriente de cortocircuito - Isc (A)	9,01
NOCT	45°C ± 2°C
Coeficiente de temperatura de Pmax	-0,40%/°C
Dimensiones	1.956x992 x40 mm
Peso	26,5 kg
Caja de conexiones	IP67
Rango de temperatura	-40°C - 85°C

Tabla 4.1. Especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos.

4.2.2. Inversores

Asimismo, Enertis ha considerado adecuado emplear para este diseño conceptual inversores fotovoltaicos fabricados por Ingeteam. Concretamente, los modelos Ingecon Sun 3 Play TL con una potencia de salida de 15 kW, 20 kW, 24kW, 33kW y 40 kW.

La totalidad de los inversores de los Proyectos pertenecerán al fabricante Ingeteam. Las características más destacadas de cada uno se muestran en la tabla siguiente:

Características	15 TL M	20 TL M	24 TL M480	33 TL M	40 TL M480
Valores de entrada					
Corriente máxima	30 - 20 A	30 - 20 A	30 A	40 A	40 A
Voltaje máximo	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V
Rango MPPT (25°C)	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V
Valores de salida					
Potencia nominal	15 kW	20 kW	24 kW	33 kW	40 kW
Max temp. para potencia nominal	55°C	55°C	55°C	45°C	45°C
Corriente max.	22 A	29 A	29 A	41 A	48 A
Eficiencia					
Máx. eficiencia	98,5%	98,5%	98,5%	98,5%	98,5%
Euroeficiencia	98,3%	98,3%	98,3%	98,3%	98,3%

Tabla 4.2. Especificaciones técnicas de los inversores.

4.2.3. Estructuras portantes

Enertis ha planteado incorporar estructuras portantes para cada uno de los Proyectos. Enertis, en base a su experiencia, ha considerado adecuado plantear una estructura fija de aluminio anodizado con inclinación de 10° para soportar los módulos fotovoltaicos.

El ángulo de inclinación ha sido determinado atendiendo a criterios de diseño típicos en este tipo de estructuras, así como al criterio de maximizar ganancia de irradiación respecto al plano horizontal. En línea con lo anterior, una inclinación de 10°, proporciona una mayor sujeción y estabilidad ante huracanes, así como supone una menor carga para la estructura de la cubierta. En este sentido, Enertis recomienda realizar un estudio respecto a las capacidades portantes de las cubiertas.

Es importante destacar que Enertis ha elaborado un diseño básico de los Proyectos, los cuales deben ser tratado como punto de partida para desarrollar la ingeniería de detalle. En relación a las estructuras, Enertis considera conveniente que se tengan en cuenta los siguientes aspectos técnicos:

- i. El material a utilizar para las estructuras debe ser acero galvanizado. Asimismo, ésta debe ser protegida superficialmente contra la acción de los agentes ambientales, teniendo en cuenta la normativa local.
- ii. El diseño y la construcción de la estructura, así como el sistema de fijación de los módulos, debe permitir las dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos. Asimismo, se deben tener en cuenta las indicaciones para la instalación de los módulos del fabricante.
- iii. La estructura debe ser diseñada de tal forma que sea relativamente sencillo el montaje y el desmontaje de los equipos instalados sobre ellas, con el objetivo de facilitar las sustituciones de equipos y componentes cuando sea necesario.
- iv. El diseño y la construcción de la estructura debe tener presente la alta probabilidad de impacto de ciclón que presenta la ciudad de La Paz.



5. ESTUDIO DE RECURSO SOLAR Y DE LA PRODUCCIÓN NETA

5.1. Recurso Solar

En este apartado Enertis ha evaluado el recurso solar en el emplazamiento y ha estimado el valor de la irradiación global horizontal.

Revisión de base de datos de irradiación

Las bases de datos de irradiación ofrecen habitualmente la irradiación en el plano horizontal. La relación entre la irradiación registrada en el plano horizontal y la registrada en el plano del generador se denomina ganancia.

Enertis ha revisado varias bases de datos de irradiación para este estudio, las cuales se comentan a continuación:

Meteonorm 7

El *software* Meteonorm ofrece las estimaciones de irradiación en cualquier punto de la geografía mundial a través de la interpolación de los valores registrados en más de 8.300 estaciones meteorológicas. La base de datos de irradiación ha sido creada con un periodo de datos de 20 años, esto es, desde 1991 hasta 2010. En el caso de la base de datos de temperatura, los datos han sido registrados en un periodo de 10 años (desde 2000 a 2009) el *software* emplea datos satelitales interpolados.

Para el caso de La Paz, Meteonorm 7 utiliza datos satelitales para la obtención de la irradiación global horizontal (en adelante, GHI).

SSE NASA

La base de datos Surface meteorology and Solar Energy (en adelante, SSE) versión 6.0, ha sido elaborada con el apoyo de la *National Aeronautics and Space Administration* (en adelante, NASA). Esta base de datos ofrece estimaciones de radiación solar, así como de otros parámetros meteorológicos, los cuales se derivan de datos satelitales y registros medidos en estaciones meteorológicas. Cabe señalar que los registros satelitales han sido obtenidos por aproximadamente 200 satélites durante 22 años. Asimismo, los registros de radiación global diaria recogidos en estaciones meteorológicas han sido obtenidos por el *World Radiation Data Centre* (en adelante, WRDC) en alrededor de 1.195 estaciones meteorológicas durante un periodo de 30 años.

Enertis ha estudiado el valor de la GHI de SSE NASA para la ciudad de La Paz. La resolución especial de los valores del modelo de irradiación es de $1^\circ \times 1^\circ$, lo que representa una cuadrícula de baja resolución.

CSR NREL

El modelo Climatological Solar Radiation (en adelante, CSR) fue desarrollado por el National Renewable Energy Laboratory (en adelante, NREL) perteneciente al Departamento de Energía de EE.UU. Este modelo utiliza información de la nubosidad, vapor de agua en la atmósfera, gases y la cantidad de aerosoles en la atmósfera para calcular el valor promedio mensual de insolación incidente sobre una superficie horizontal. La nubosidad es un dato obtenido por el modelo de valores históricos registrados entre 1985 y 1992, considerando la fracción de nubosidad en cuadrículas con un tamaño aproximado de 40 km x 40 km. Los valores de vapor de agua atmosférico, gases y aerosol han sido derivados de las siguientes fuentes: George, R. et al, High-Resolution Maps of Solar Collector Performance using a Climatological Solar Radiation Model, (ii) Maxwell, E. et al, A Climatological Solar Radiation Model, (iii) Wilcox, M. et al, Solar Radiation Data Manual for Flat-plate and Concentrating Collectors y (iv) Perez, R. et al, New Operational Satellite-to-Irradiance Model. Además, para validar estas estimaciones, se han empleado mediciones en estaciones meteorológicas terrestres.

NREL NSRDB

En esta base de datos satelital desarrollada por NREL. Los datos proporcionan valores promedio mensuales y anual, con una resolución de 0,038 grados en latitud y longitud o, nominalmente, de 4 km. El algoritmo crea los datos utilizando propiedades de nubosidad que son generadas empleando los algoritmos AVHRR Pathfinder Atmospheres-Extended (en adelante, PATMOS-x). Para estimar los valores de GHI e irradiación directa, el algoritmo utiliza los modelos FARMS para aplicaciones solares, además de propiedades de nubosidad, aerosoles (en adelante, AOD) y vapor de agua precipitable (en adelante, PWV). La GHI se calcula para cielos claros utilizando el modelo de REST2. Los datos son promediados a partir de valores horarios para un periodo de 17 años (1998-2014).

El modelo PATMOS-X utiliza imágenes de irradiación en franjas de 30 minutos en los canales visible e infrarrojo de la serie de satélites meteorológicos geoestacionarios, los datos de la capa de nieve diarios provienen de NSIDC.

SolarGIS v2.1.3

SolarGIS v2.1.3 es un sistema *web* que incluye mapas, software para aplicaciones de energía solar y bases de datos climáticas de alta resolución, desarrolladas y mantenidas por GeoModel Solar. Específicamente, SolarGIS v2.1.3 se deriva de los datos satelitales obtenidos a través de Meteosat y GOES, valores medios de EUMETSAT, datos atmosféricos obtenidos de ECMWF, NOAA y NCEP, que en conjunto conforman algoritmos de alto rendimiento. La base de datos SolarGIS v2.1.3 cubre un periodo desde 1994 hasta la actualidad en Europa, África y Oriente Medio, así como desde 1999 hasta la actualidad en Asia, América del Sur y algunas regiones de América del Norte. La resolución en el tiempo de esta base de datos está entre 15 minutos y 30 minutos, mientras que la resolución espacial es de, aproximadamente, 4 km, la cual puede aumentarse empleando un modelo de alta resolución denominado Digital Elevation Model SRTM-3.

SolarGIS v2.1.3 ha proporcionado a Enertis un año meteorológico típico para el emplazamiento, cuyo valor medio de GHI anual igual a 2.250 kWh/m² para el emplazamiento donde se ubicarán los Proyectos. Asesor Técnico ha considerado los valores de irradiación ofrecidos por SolarGIS v2.1.3 como los más fiables para este estudio.

Resumen de los datos de irradiación global anual

La siguiente tabla muestra los valores obtenidos de GHI a partir de las bases de datos anteriores:

Base de datos	GHI (kWh/m ²)	Periodo	Resolución espacial
SolarGIS v2.1.3	2.250	1999 - 2015	1.000 m x 1.000 m
Meteonorm 7	2.194	1991 - 2010	Datos satelitales
SSE-NASA	2.040	Periodo de 30 años	Aprox. 111 km x 100 km ⁷ (1° x 1°)
CSR NREL	2.158	1991 - 2005	40 km x 40 km
NREL NSRDB	2.245	1998 - 2014	4 km x 4 km

Tabla 5.1. Valores de irradiación global horizontal (kWh/m²) calculados a partir de las bases de datos analizadas.

⁷ La resolución especial es 1° x 1° sin embargo, el área estudiada varía dependiendo de la localización geográfica. En la región de Temax es Francisco Alvarez Navarro aproximadamente 111 km x 100 km.

Valoración sobre la fiabilidad de las bases de datos analizadas

Enertis ha valorado la fiabilidad de las bases de datos analizadas y su idoneidad para determinar la GHI en la ubicación de los Proyectos.

El Asesor Técnico ha revisado la base de datos Meteonorm 7, y considerando que para obtener el valor de la GHI se han empleado datos satelitales y no de estaciones meteorológicas terrestres cercanas a los Proyectos, y para obtener el resto de variables que componen el año meteorológico tipo se han empleado estaciones meteorológicas terrestres muy alejadas de la localización de estudio, Enertis no ha empleado Meteonorm 7 en este estudio. La siguiente imagen muestra la distancia desde la ciudad de La Paz a las estaciones meteorológicas más alejadas que Meteonorm 7 utiliza para obtener variables tales como la temperatura:



Figura 5.1. Distancia de los Proyectos a la estaciones meteorológicas mas alejadas. Fuente: Elaboración propia.

La siguiente base de datos analizada, SSE NASA, proporciona valores para la GHI con una incertidumbre significativa. La resolución espacial del modelo para los valores de irradiación es de $1^\circ \times 1^\circ$, lo que representa una cuadrícula de baja resolución. La siguiente figura muestra sombreada la ubicación de estudio en la cuadrícula del modelo.

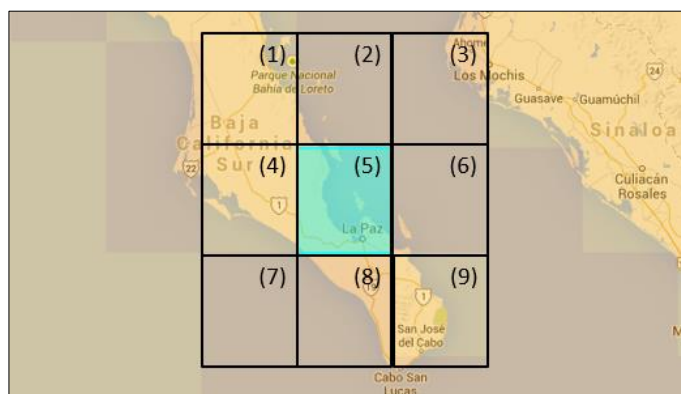


Figura 5.2. Ubicación del emplazamiento en las celdas del modelo de SSE NASA. Fuente: Mapas NREL.

Enertis ha revisado los valores de GHI proporcionados por el modelo de SSE NASA para las celdas adyacentes al emplazamiento. Dichos valores se muestran en la tabla siguiente:

2.077 (1)	2.212 (2)	2.281 (3)
2.113 (4)	2.040 (5)	2.278 (6)
2.245 (7)	2.230 (8)	2.121 (9)

Tabla 5.2. Valores de irradiación global horizontal (kWh/m²) ofrecidos por el modelo de SSE NASA para las celdas adyacentes al emplazamiento.

El Asesor Técnico ha observado una variabilidad próxima al 4,2% entre las celdas adyacentes, lo cual viene dado por la amplia superficie cubierta por cada una de ellas. De acuerdo a la experiencia del Asesor Técnico, el valor de irradiación proporcionado por SSE NASA ha sido obtenido con una precisión menor respecto a los obtenidos mediante las otras bases de datos consultadas para este estudio. Considerando lo anterior, Enertis no ha empleado la base de datos SSE NASA.

Enertis ha analizado el valor de irradiación proporcionado por el modelo CSR NREL para el emplazamiento de estudio, obteniendo un valor de GHI anual igual a 2.158 kWh/m². Asimismo, el Asesor Técnico ha evaluado los valores de irradiación obtenidos en las celdas de la cuadrícula del modelo adyacentes al emplazamiento:

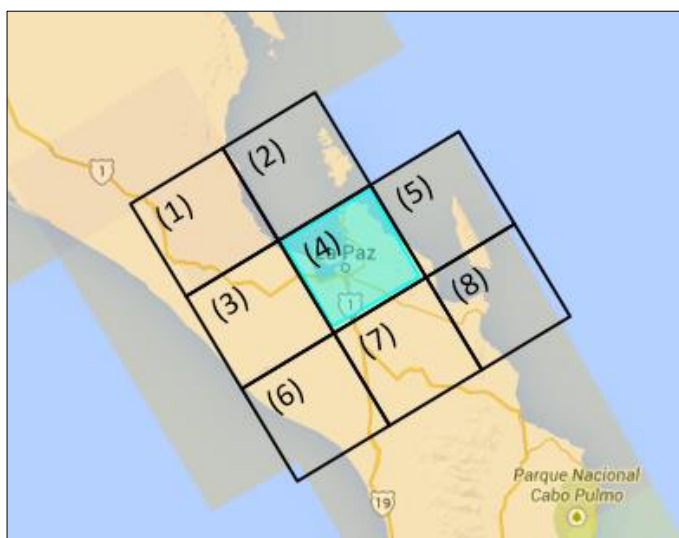


Figura 5.3. Ubicación del emplazamiento en la cuadrícula del modelo de CSR NREL. Fuente: Mapas NREL.

Los valores de GHI obtenidos para las celdas del modelo CSR NREL indicadas en la figura anterior, se muestran en la tabla siguiente.

2.207 (1)	2.074 (2)	
2.189 (3)	2.158 (4)	2.128 (5)
2.187 (6)	2.177 (7)	2.088 (8)

Tabla 5.3. Valores de irradiación global horizontal (kWh/m²) obtenidos del modelo de CSR NREL para las celdas adyacentes al emplazamiento.

Tras el análisis anterior, el Asesor Técnico ha observado una variabilidad de, aproximadamente, 2,3% respecto al valor promedio de las celdas estudiadas.

Enertis ha detectado una variabilidad moderada entre los valores de irradiación proporcionados por el modelo CSR NREL. Sin embargo, Enertis considera que los valores proporcionados por CSR NREL ofrecen una menor precisión en comparación con la asociada a otras bases de datos consultadas para este estudio. Teniendo en cuenta lo anterior, Enertis ha descartado usar el modelo CSR NREL en este estudio.

Basándose en las características de cada base de datos evaluadas por Enertis para la localización del emplazamiento, se ha considerado SolarGIS como la más precisa.

SolarGIS ha proporcionado al Asesor Técnico el conjunto de datos, compuesto 8.760 valores de GHI en base horaria para el periodo de enero de 1999 a diciembre de 2015 (17 años completos), para evaluar la variabilidad interanual, así como un año meteorológico típico en base horaria (en adelante, TMY) para ser utilizado como entrada para el modelo de estimación de la producción. Adicionalmente. Por lo tanto, Enertis sólo considera el conjunto de datos SolarGIS en este estudio.

5.2. Estimación de la producción de energía

La estimación de la energía anual (**E**) producida por una planta fotovoltaica se lleva a cabo a través de la evaluación de los siguientes parámetros independientes: potencia pico (**P_P**), irradiación sobre el plano del generador (**I_{GEN}**), *Performance Ratio* (en adelante, **PR**) y disponibilidad (**D**):

$$E = P_P \cdot \left(I_{GEN} / I^* \right) \cdot PR \cdot D$$

P_P es un parámetro de diseño que refleja la suma de la potencia pico en CEM de todos los módulos fotovoltaicos instalados en la planta fotovoltaica, **I_{GEN}** es la irradiación anual que alcanza la superficie del generador fotovoltaico, **I*** es un valor constante que corresponde con la irradiancia en CEM, 1.000 W/m², **PR** es un parámetro que refleja el rendimiento de una planta fotovoltaica y **D** es el porcentaje de tiempo en el que el sistema está en condiciones de funcionar al 100% de su capacidad.

Potencia pico

La potencia pico es la potencia que ofrece un modulo fotovoltaico cuando opera en CEM. El Asesor Técnico ha considerado en su estudio las siguientes potencias pico para los proyectos:

Proyecto	Potencia Pico
Palacio	91,4 kW _{DC}
Congreso	37,8 kW _{DC}
Finanzas	28,4 kW _{DC}
SEP	100,8 kW _{DC}
Hospital	431,6 kW _{DC}
Ayuntamiento	179,6 kW _{DC}
Justicia	69,3 kW _{DC}
Morelos	86,0 kW _{DC}
Escuela	116,6 kW _{DC}
Global	1.141,2 kW _{DC}

Tabla 5.4. Potencia pico de los Proyectos.

Como se ha comentado anteriormente, los módulos fotovoltaicos que van a ser instalados en los Proyectos, pertenecen a la tecnología de silicio policristalino. Es importante señalar que los módulos fotovoltaicos de esta tecnología se degradan a lo largo del tiempo en dos etapas diferenciadas: (i) en la primera etapa se produce la denominada degradación inicial, proceso que tiene lugar en las primeras horas de funcionamiento y que es debido a las características intrínsecas del propio silicio empleado y, (ii) en la segunda etapa, tiene lugar una degradación progresiva a largo plazo, la cual suele ser más leve y está asociada a diversos condicionantes, intrínsecos y extrínsecos a la tecnología empleada.

La degradación inicial en los módulos fotovoltaicos es consecuencia del efecto LID, *Light-Induced Degradation*. Durante el proceso productivo de los lingotes de silicio, a partir de los cuales se obtienen las células fotovoltaicas, tiene lugar la difusión de átomos de oxígeno en la estructura de silicio. En el momento de exponer por primera vez los módulos fotovoltaicos a la luz solar, se produce una recombinación de los átomos de oxígeno con los de boro, empleados para el dopado del silicio. Como consecuencia de esta recombinación, las propiedades fotovoltaicas del silicio se ven ligeramente mermadas.

D. Chianese *et al*, en su artículo *News on PV module testing at LEEE-TISO*, hacen referencia a la degradación por efecto LID. A partir de la información recogida en ensayos realizados en el laboratorio LEEE-TISO desde 1993 y, especialmente, a partir de los ensayos que comenzaron en el año 2003 sobre una muestra de 14 módulos, de los cuales 10 eran de tecnología de silicio cristalino,

los autores de este artículo señalaron un valor medio de pérdida de potencia en módulos de silicio cristalino, consecuencia de la degradación inicial, en torno al 1,1%.

Es importante señalar que la degradación inicial depende de la calidad del silicio empleado en la fabricación de las células fotovoltaicas. En opinión de Enertis, teniendo en cuenta su experiencia en su propio laboratorio, esta degradación inicial es, en media, próxima al 1%.

Por otro lado, la degradación a largo plazo que sufre el módulo fotovoltaico es un proceso causado por diversos factores. M. A. Quintana *et al*, elaboraron un estudio acerca de este fenómeno, a partir de información recogida en los laboratorios Sandia National Laboratories, National Renewable Energy Laboratory y IEEE TISO CH-Testing Centre for Photovoltaic Modules, cuyos resultados fueron publicados por el NREL en su artículo, *Commonly observed degradation in field-aged photovoltaic modules*. Los autores clasifican la degradación que puede ser observada en módulos fotovoltaicos en 5 categorías: (i) degradación de los materiales del módulo fotovoltaico, (ii) degradación por pérdida de adherencia entre los componentes del módulo fotovoltaico, (iii) degradación de las conexiones entre células y/o módulos, (iv) degradación por entrada de humedad y (v) degradación intrínseca del semiconductor empleado en los módulos fotovoltaicos.

C. R. Osterwald *et al*, en su artículo publicado por NREL, *Degradation analysis of weathered crystalline-silicon PV modules* consideran una degradación anual media de 0,71% para 4 tipos de módulos fotovoltaicos comerciales de tecnología de silicio cristalino, sometidos a procesos de envejecimiento en tiempo real y acelerado, ensayados en el National Renewable Energy Laboratory. A su vez, M. A. Quintana *et al*, en su artículo, elaborado en Sandia National Laboratories y presentado en la 28th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, *Diagnostic analysis of silicon photovoltaic modules after 20-year field exposure*, indicaron una pérdida de potencia en este periodo del 0,5% anual para módulos de silicio cristalino que no tuvieron fallos de fiabilidad.

De acuerdo a lo anteriormente comentado y en base a su experiencia, Enertis considera que la pérdida de potencia media anual que sufren los módulos fotovoltaicos tras la degradación inicial es próxima al 0,5% anual.

Enertis ha considerado adecuado emplear un 1% de degradación inicial y un 0,5% de degradación anual en la elaboración del estudio de la producción de energía de los Proyectos. Teniendo en cuenta lo anterior, la degradación de potencia pico media considerada para el primer año es de

1,25% y, para los años sucesivos, la degradación media anual de potencia pico considerada es de 0,5% respecto de la inicial.

Irradiación sobre el plano generador para el emplazamiento del Proyecto

Tras el análisis previo, Enertis ha considerado adecuado emplear la base de datos SolarGIS v2.1.3 para estimar la GHI anual, esto es, 2.250,4 kWh/m².

Los módulos fotovoltaicos de los Proyectos serán instalados sobre estructuras fijas. Por lo tanto, la irradiación que llegará a los módulos fotovoltaicos será más alta que la irradiación en el plano horizontal. La relación entre la irradiación sobre el plano horizontal y la irradiación proyectada sobre los módulos fotovoltaicos se denomina ganancia. Enertis ha utilizado el software de simulación PVSyst, desarrollado por la Universidad de Ginebra, para calcular la ganancia. Este parámetro depende de la ubicación del emplazamiento, el clima local y el lay-out de los Proyectos. En este caso, Enertis ha modelado los módulos fotovoltaicos de acuerdo al lay-out.

Según se recoge en diversos artículos científicos, hay varios modelos matemáticos para estimar el factor de transposición de la irradiación del plano horizontal al plano de los módulos fotovoltaicos. Concretamente, el *software* PVSyst da la posibilidad de elegir entre dos modelos diferentes: (i) el modelo de Hay, un modelo robusto que ofrece resultados incluso si el conocimiento de la radiación difusa no es muy preciso y (ii) el modelo de Pérez, un modelo más sofisticado que requiere un mayor conocimiento de la radiación horizontal. En este estudio, Enertis ha considerado el modelo de Perez para estimar la ganancia obtenida en los Proyectos.

Considerando lo anterior, las ganancias anuales obtenida, así como la irradiación anual estimada en el plano del generador quedan definidas según se detalla en la siguiente tabla:

Proyecto	GHI Horizontal (kWh/m ²)	Ganancia (%)	Irradiación en el plano del módulo (kWh/m ²)
Palacio	2.250	3,8%	2.337
Congreso		3,9%	2.338
Finanzas		3,8%	2.335
SEP		3,8%	2.337
Hospital		4,3%	2.347
Ayuntamiento		4,8%	2.359
Justicia		4,0%	2.340
Morelos		5,3%	2.369
Escuela		4,3%	2.346

Tabla 5.5. Irradiación global horizontal de los Proyectos.

5.3. Performance Ratio

El rendimiento de una planta fotovoltaica es comúnmente denominado PR (*performance ratio*). El PR es definido como un porcentaje y representa la relación entre la energía teórica que debería producir la planta en condiciones ideales y la energía que será producida en condiciones reales, teniendo en cuenta las pérdidas energéticas que tendrán lugar.

Equipos principales y parámetros del sistema

Las siguientes tablas muestran los equipos principales y los parámetros de los sistemas que Enertis ha aplicado para el cálculo de la estimación de energía a largo plazo.

Parámetros	Palacio	Congreso	Finanzas	SEP	Hospital
Modelo de módulo	Jinko JKM315PP				
Número de módulos	290	120	90	320	1.370
Potencia pico (kW _p)	91,4	37,8	28,4	100,8	431,6
Modelo de inversor	Ingeteam 3 Play 10/24/40TL M	Ingeteam 3 Play 33TL M	Ingeteam 3 Play 24TL M	Ingeteam 3 Play 40TL M	Ingeteam 3 Play 24/40TL M
Potencia nominal (kW _{AC})	74	33	24	80	344
Ratio (DC/AC)	123%	115%	118%	126%	125%
Número de inversores	1 / 1 / 1	1	1	2	1 / 8
Distancia entre filas	1,2 m				
Azimuth	37 / 10	36 / 10	38 / 10	37 / 10	29 / 10
Inclinación	10°				
Configuración de la estructura	1 módulo en horizontal				
Modelo de transposición	Perez				

Tabla 5.6. Equipos principales y parámetros de los sistemas.

Parámetros	Ayuntamiento	Justicia	Morelos	Escuela
Modelo de módulo	Jinko JKM315PP			
Número de módulos	570	220	273	370
Potencia pico (kW _p)	179,6	69,3	86,0	116,6
Modelo de inversor	Ingeteam 3 Play 24/40TL M	Ingeteam 3 Play 24/40TL M	Ingeteam 3 Play 33TL M	Ingeteam 3 Play 15/20/40TL M
Potencia nominal (kW _{AC})	144	55	66	95
Ratio (DC/AC)	125%	126%	130%	123%
Número de inversores	1 / 3	1 / 1	2	1 / 2 / 1
Distancia entre filas	1,2 m			
Azimuth	-28 / 10	-45 / 10	-2 / 10	-40 / 10; -43 / 10; -44 / 10
Inclinación	10°			
Configuración de la estructura	1 módulo en horizontal			
Modelo de transposición	Perez			

Tabla 5.7. Equipos principales y parámetros de los sistemas.

Enertis ha valorado cada una de las pérdidas energéticas que tendrán lugar en los Proyectos, las cuales están detalladas a continuación.

Pérdidas angulares y espectrales

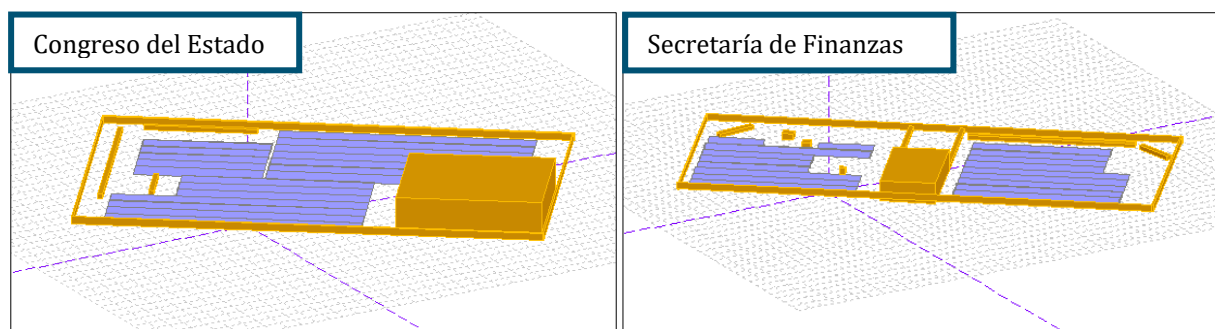
Cuando el espectro solar alcanza la superficie del módulo fotovoltaico de forma no perpendicular a éste, tienen lugar pérdidas energéticas. Parte de la irradiación que llega a la superficie del módulo es reflejada, por lo que no alcanza las células del módulo, dando lugar a pérdidas angulares.

Asimismo, dependiendo de los condicionantes atmosféricos del emplazamiento (humedad, nubosidad, etc.) y de las características de los materiales empleados en la cubierta frontal y el encapsulante de los módulos que van a ser instalados en los Proyectos, el espectro solar que llega a la célula se ve modificado, lo que puede conllevar pérdidas espectrales.

Pérdidas por sombreado

Las sombras proyectadas sobre los módulos reducen la irradiación incidente, y con ello, la energía producida. Las sombras pueden ser causadas por los propios módulos fotovoltaicos o por objetos ajenos a la planta fotovoltaica, como elementos presentes en las cubiertas, edificios o el propio horizonte.

A partir del diseño de los *lay-out* elaborado por Enertis, éste ha creado modelos de los campos generadores de los Proyectos para la simulación PVSyst. La siguiente figura muestra dichos modelos utilizados por Enertis para la simulación del efecto de las sombras en la producción energética.



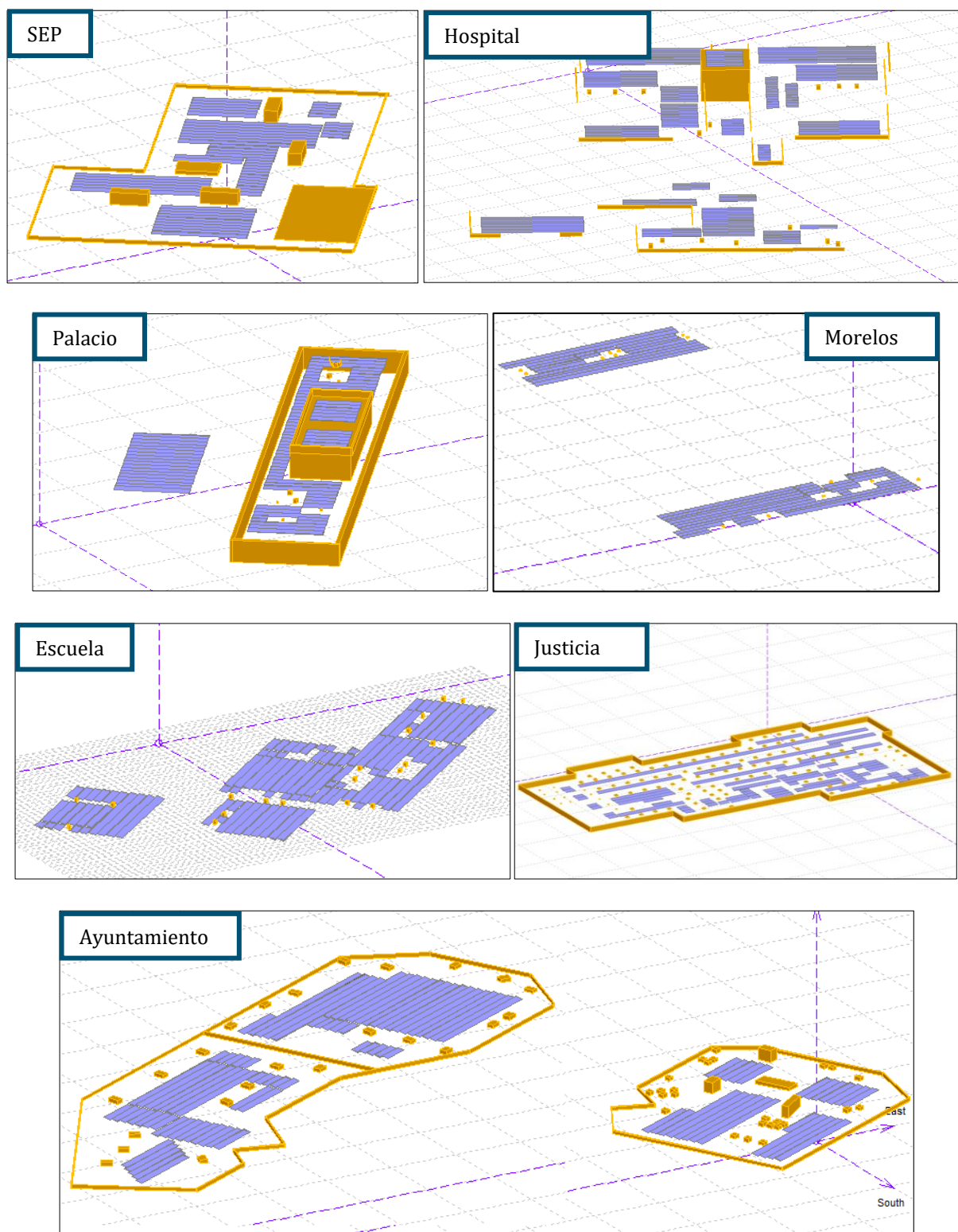


Figura 5.4. Modelos de los Proyectos desarrollado por Enertis para la simulación con PVSyst.

Pérdidas por suciedad

La suciedad sobre los módulos fotovoltaicos reduce la radiación solar que incide sobre los módulos fotovoltaicos, dando lugar a pérdidas energéticas. Estas pérdidas se estiman teniendo en cuenta la localización, las condiciones meteorológicas, el *lay-out* y la frecuencia de limpieza de los módulos fotovoltaicos.

A fecha de este informe, el Proyecto se encuentra en una fase inicial de desarrollo por lo que no ha sido definido todavía el contrato de operación y mantenimiento y, por consiguiente, la frecuencia de la limpieza de los módulos. No obstante, teniendo en cuenta las características del emplazamiento donde se ubicarán los Proyectos y las consideraciones realizadas en la sección 3.2.2, Enertis ha considerado una limpieza anual (durante el mes de mayo) para este estudio. Enertis utilizado los siguientes valores mensuales de suciedad:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1,2%	3,0%	3,4%	4,0%	3,9%	4,7%
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2,8%	1,1%	1,1%	1,8%	2,2%	2,2%

Tabla 5.8. Valores mensuales de suciedad estimados para los Proyectos.

Pérdidas por temperatura

Cuando se opera fuera de las CEM, en las cuales la temperatura de la célula es 25°C, la tensión del módulo fotovoltaico se reduce y, por lo tanto, la potencia pico de salida es menor que la que se obtiene en CEM. Cabe señalar que este factor de pérdidas depende de las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos instalados.

Para el presente estudio, Enertis ha considerado un coeficiente de pérdidas por temperatura de potencia de 0,40%/°C, según indica Jinko Solar en las especificaciones técnicas de los módulos.

El Asesor Técnico ha empleado las expresiones recogidas en el estudio *Solar Energy materials & Solar Cells*⁸ para calcular estas pérdidas de acuerdo a los valores de temperatura del

⁸ E. Skoplaki, A.G. Boudovis y J.A. Palyvos, 2008.

emplazamiento, a través de la simulación realizada en PVSyst, utilizando los parámetros recomendados para este tiempo de instalaciones.

Pérdidas debidas al nivel de irradiancia

Cuando se opera fuera de las CEM, en las cuales el nivel de irradiancia es diferente de 1.000 W/m^2 , la eficiencia del módulo es también diferente de la medida en CEM, esto es, la indicada en las especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos. Cabe señalar que durante el día, la irradiancia incidente sobre el plano del generador es habitualmente menor que 1.000 W/m^2 , por lo que las variaciones de eficiencia conllevan una pérdida energética. Considerando lo anterior, estas pérdidas se acentúan en emplazamientos de menor irradiación. Asimismo, las pérdidas por el nivel de irradiancia son mayores durante el amanecer y el atardecer que durante el mediodía.

Enertis ha evaluado estas pérdidas a través de la simulación en PVSyst de los Proyectos.

Calidad de los módulos

Enertis ha estimado una ganancia en la calidad de los módulos de 0,8%. Los módulos de los Proyectos tienen una tolerancia de potencia que van desde 0% a 3,0% de la capacidad nominal. Esto se traduce en la capacidad de "extra" de corriente continua por encima del valor de etiqueta de los módulos. Este valor se combina con las pérdidas por *mismatch* como input en PVSyst.

Pérdidas por mismatch

Debido a la dispersión de las curvas I-V de los módulos fotovoltaicos, no todos los módulos operan en las mismas condiciones. En una explicación somera, las pérdidas por *mismatch* son el resultado de la limitación de las condiciones de operación de todos módulos que estén conectados en serie a las condiciones del módulo con menor potencia pico.

Puede darse el caso de que la potencia pico real de la planta sea igual o superior a la suma de la potencia pico nominal del conjunto de sus módulos fotovoltaicos y, sin embargo, existan una serie de módulos con menor potencia que la indicada en sus especificaciones técnicas. De este modo, en una explicación muy somera, los módulos cuya potencia pico real es menor que su potencia pico nominal hacen que todos los módulos que estén conectados en serie a éstos ofrezcan su misma potencia de salida. En este caso, las pérdidas por *mismatch* implican que la potencia pico disponible en la planta sea menor que la suma de la potencia pico de cada uno de los módulos instalados.



Teniendo en cuenta que los módulos que se utilizarán en los Proyectos tienen tolerancias positivas, y de acuerdo a la experiencia de Enertis, el Asesor Técnico ha considerado las pérdidas por *mismatch* iguales a 0,8%. Como se ha señalado antes, Enertis ha considerado en este estudio la potencia de pico dada por la suma de la potencia nominal de corriente continua de cada módulo fotovoltaico en los Proyectos.

Pérdidas eléctricas en el cableado de baja tensión

Las pérdidas eléctricas en el cableado de baja tensión se deben a la resistencia óhmica que tiene lugar en el cableado que parte desde los módulos fotovoltaicos hasta llegar a los inversores.

A fecha de este informe, el proyecto de ingeniería de detalle no ha sido elaborado. Por lo tanto, Enertis ha considerado unas pérdidas eléctricas en baja tensión de 1,0%, valor típico para plantas fotovoltaicas de estas características. Cabe señalar que este valor podrá verse modificado una vez que se complete la ingeniería de detalle, el cual sería conveniente revisarlo para validar esta estimación.

Pérdidas en el inversor

La eficiencia de los inversores depende de la carga de potencia a la que están operando. Generalmente, a medida que el nivel de carga aumenta, la eficiencia aumenta.

En el caso de los Proyectos, Enertis, a través de la simulación con PVSyst, ha analizado la curva de rendimiento teórica de los inversores teniendo en cuenta las particularidades climatológicas del emplazamiento del Proyecto, así como el *lay-out* del mismo. Tras este análisis, realizado mediante la simulación con PVSyst, el Asesor Técnico ha determinado las pérdidas por eficiencia de los inversores para los Proyectos.

Adicionalmente, deben ser consideradas las pérdidas debidas al sistema del seguimiento del punto de máxima potencia del inversor. Según la experiencia de Enertis, éste ha estimado estas pérdidas para el emplazamiento de los Proyectos en un 0,6%.

Pérdidas eléctricas en el cableado de corriente alterna

Esta pérdida aparece como consecuencia de la resistencia óhmica de los cables que transcurren desde los inversores al punto de conexión.

A fecha de este informe, el proyecto de ingeniería de detalle no ha sido elaborado. Por lo tanto, Enertis ha considerado unas pérdidas eléctricas en corriente alterna de 1,0%, valor típico para plantas fotovoltaicas de estas características. Cabe señalar que este valor podrá verse modificado una vez que se complete la ingeniería de detalle, el cual sería conveniente revisarlo para validar esta estimación.

Pérdidas de producción por indisponibilidad

Existen periodos en los que las centrales fotovoltaicas no se encuentran produciendo energía al 100% de su capacidad debido a problemas de cualquier índole. Estas pérdidas se denominan pérdidas por indisponibilidad. Cabe señalar que las pérdidas de disponibilidad pueden ocurrir dentro de la planta (indisponibilidad interna), cuyo responsable es el operador y mantenedor de la planta, o fuera de ésta (indisponibilidad externa), que pueden tener lugar en las infraestructuras de evacuación que no pertenecen a la planta.

La indisponibilidad interna vendrá debida a la correcta operación y mantenimiento de la planta y será delimitada por las garantías en el contrato de operación y mantenimiento. A fecha de este informe, los Proyectos se encuentran en una fase inicial de desarrollo por lo que no ha sido definido todavía este contrato. No obstante, en base a su experiencia en plantas fotovoltaicas similares, Enertis considera que es factible alcanzar una disponibilidad de 99%, esto es, unas pérdidas por indisponibilidad del 1,0%. En una fase posterior de los Proyectos, una vez se encuentren definidos los contratos de operación y mantenimiento, el Asesor Técnico considera conveniente revisar si el esquema de operación y mantenimiento, así como las garantías del contrato, son acordes a estas hipótesis.

Resumen de las pérdidas de diseño

Teniendo en cuenta las pérdidas anteriormente detalladas, Enertis ha estimado un PR de diseño en baja tensión para cada campo generador. En la tabla siguiente se detallan todos estos factores de pérdidas, así como el PR de diseño resultante.



Parametro	Palacio	Congreso	Finanzas	SEP	Hospital
Sombras lejanas	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Sombras	6,6%	4,3%	3,1%	2,4%	2,1%
Angulares	2,5%	2,6%	2,6%	2,7%	2,6%
Suciedad	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%
Nivel de irradiancia	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,5%
Temperatura	12,0%	12,2%	12,3%	12,3%	12,4%
Pérdidas eléctricas	0,0%	7,0%	3,4%	3,4%	2,2%
Quality	-0,8%	-0,8%	-0,8%	-0,8%	-0,8%
LID	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Mismacth	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
Cableado de DC	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	0,7%
Eficiencia del inversor	1,8%	2,0%	1,7%	2,0%	2,0%
MPPT	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Sobrecarga del inversor	0,3%	0,0%	1,0%	0,1%	0,3%
Cableado en AC	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Tranformador	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	0,0%
PR de diseño	72,8%	69,2%	72,3%	73,1%	74,8%

Tabla 5.9. Pérdidas y PR de diseño de los Proyectos.

Parametro	Ayuntamiento	Justicia	Morelos	Escuela
Sombras lejanas	0,3%	0,3%	0,2%	0,3%
Sombras	1,7%	1,1%	1,1%	1,7%
Angulares	2,7%	2,7%	2,8%	2,7%
Suciedad	2,8%	2,8%	2,7%	2,8%
Nivel de irradiancia	0,5%	0,6%	0,5%	0,6%
Temperatura	12,2%	12,2%	12,3%	12,2%
Pérdidas eléctricas por sombras	2,1%	0,4%	1,5%	2,7%
Quality	-0,8%	-0,8%	-0,8%	-0,8%
LID	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Mismacth	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
Cableado de DC	0,8%	0,7%	0,8%	0,8%
Eficiencia del inversor	1,9%	1,9%	2,0%	2,0%
MPPT	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Sobrecarga del inversor	0,3%	1,6%	2,0%	0,4%
Cableado en AC	0,6%	0,5%	0,6%	0,3%
Tranformador	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
PR de diseño	74,5%	75,3%	74,0%	74,1%

Tabla 5.10. Pérdidas y PR de diseño de los Proyectos.

5.4. Producción estimada

Tras el análisis anterior, Enertis ha estimado la energía neta anual que producirán los Proyectos, así como el parámetro de las horas equivalentes⁹. La estimación de la producción de energía P50 y el rendimiento específico para los Proyectos se muestran en la siguiente tabla.

Parámetros	Palacio	Congreso	Finanzas	SEP	Hospital
Irradiación plano de los módulos (kWh/m ²)	2.337	2.338	2.335	2.337	2.347
Potencia Pico (kW _p)	91,35	37,8	28,35	100,8	431,55
PR de diseño	72,8%	69,2%	72,3%	73,1%	74,8%
Indisponibilidad	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Degradación a largo plazo	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
PR Año 1	71,7%	68,2%	71,2%	72,1%	73,9%
Horas equivalent Año 1 (kWh/kW_p)	1.676	1.596	1.664	1.685	1.734
Producción estimada Año 1 (kWh)	153.143	60.311	47.165	169.879	748.358

Tabla 5.11. Resumen de los parámetros de producción para el Año 1.

Parámetros	Ayuntamiento	Justicia	Morelos	Escuela
Irradiación plano de los módulos (kWh/m ²)	2.359	2.340	2.369	2.346
Potencia Pico (kW _p)	179,55	69,3	85,995	116,55
PR de diseño	74,5%	75,3%	74,0%	74,1%
Indisponibilidad	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Degradación a largo plazo	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
PR Año 1	73,5%	74,3%	73,0%	73,1%
Horas equivalent Año 1 (kWh/kW_p)	1.734	1.738	1.730	1.714
Producción estimada Año 1 (kWh)	311.303	120.439	148.737	199.781

Tabla 5.12. Resumen de los parámetros de producción para el Año 1.

Para estimar la energía que producirán los Proyectos, Enertis ha considerado una degradación anual en la potencia de los módulos de 0,5%. Por lo tanto, la cantidad de energía producida, así como las horas equivalentes, disminuirán anualmente un 0,5% del valor del primer año.

⁹ Parámetro empleado en la caracterización de las plantas fotovoltaicas que define los kWh que producirá cada kWp instalado en una determinada Planta.

5.5. Aporte estimado para cada uno de los edificios

Apartir de los resultados obtenidos en la sección 5.4 y de los datos de consumo para cada uno de los edificios proporcionados, Enertis ha calculado el porcentaje de energía que se estima aportarán los Proyectos.

Edificio	Producción estimada para el Año 1 (kWh)	Consumo edificios (kWh)	Maximización producción/aporte
Palacio	153.143	710.832	21,5%
Congreso	60.311	206.228	29,2%
Finanzas	47.165	306.516	15,4%
SEP	169.879	1.007.230	16,9%
Hospital	748.358	5.606.303	13,3%
Ayuntamiento	311.303	334.307	93,1%
Justicia	120.439	260.002	46,3%
Morelos	148.737	150.992	98,5%
Escuela	199.781	194.228	100,0% ¹⁰
Total	1.959.116	8.776.638	22,3%

Tabla 5.13. Resumen de los aportes estimado para cada uno de los edificios.

5.6. Análisis de incertidumbre

Con el fin de determinar la desviación estándar de la estimación de generación de energía, Enertis ha estudiado las incertidumbres de todas las variables que intervienen en dicha estimación, y ha utilizado el método basado en la media cuadrática (en adelante, RMS) para obtener su distribución probabilística. Las distribuciones para cada escenario pueden ser aproximadas a un modelo de distribución gaussiana definido por (i) las horas equivalentes para cada año y (ii) una desviación estándar igual a 4,73%

Enertis ha analizado las incertidumbres asociadas a todas las variables que intervienen en la estimación de la producción de energía:

¹⁰ La producción de energía estimada para el año 1 sería ligeramente superior al 100% de la demanda estimada.

- I. La incertidumbre de la GHI depende de la precisión de la base de datos de irradiación utilizada en la estimación de producción de energía. La incertidumbre de SolarGIS para el emplazamiento es de 4,5%, con un nivel de confianza del 68%.
- II. Enertis ha calculado la variabilidad interanual (en adelante, IAV) como la desviación estándar de la GHI anual durante la serie temporal proporcionada por SolarGIS. La variabilidad interanual resultante es 2,3% con un nivel de confianza del 68%.
- III. El modelo de transposición (en adelante, MT) calcula la irradiación solar sobre el plano de los módulos a partir de la irradiación solar medida en un plano horizontal. El resultado se expresa como una ganancia. Enertis ha analizado la incertidumbre asociada con la ganancia en varias plantas en operación, y ha comparado los resultados de PVSyst con ganancias reales. Basado en este análisis, Enertis define la incertidumbre de este modelo como 1,5%, con un nivel de confianza del 95%.
- IV. Enertis considera la incertidumbre asociada al performance ratio en 4,4%, con un nivel de confianza del 95%, teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a todas las pérdidas que afectan al performance ratio de los Proyectos.

Enertis, con el fin de combinar las incertidumbres individuales en una incertidumbre global, ha utilizado el método basado en la RMS para determinar la distribución probabilística de las estimaciones de producción de energía anuales para el proyecto:

$$\text{Incertidumbre Total} = \sqrt{(BBDD^2 + IAV^2 + MT^2 + PR^2)}$$

Antes de utilizar la fórmula, los valores deben ajustarse de tal manera que todos estén dentro de un nivel de confianza del 68%. Para lograr esto, la incertidumbre asociada a la base de datos se divide por 1,28155, y la incertidumbre asociada al MT y al PR se dividen por un factor de 1,96¹¹:

La siguiente tabla resume las variables y su incertidumbre asociada con un nivel de confianza del 68%.

¹¹ <http://physics.nist.gov/cuu/Uncertainty/typeb.html>

Desviación estándar del Proyecto	
Incertidumbre de la base de datos	3,5%
Variabilidad interanual	2,3%
Incertidumbre en el cálculo de la ganancia	0,8%
Incertidumbre en el cálculo de PR	2,1%
Desviación estándar del Proyecto	4,7%

Tabla 5.14. Incertidumbre de la estimación de energía de los Proyectos.

En el Anexo II se encuentran las tablas que recogen las horas equivalentes (kWh/kWp), y la producción anual de energía (kWh) estimadas para todo el periodo de vida útil de los Proyectos y para diferentes escenarios probabilísticos.

6. EMISIONES

En esta sección, y a partir de los resultados obtenidos en la sección 5, Enertis ha realizado una estimación del potencial de reducción de contaminantes. Adicionalmente, el Asesor Técnico ha analizado el establecimiento del protocolo para el registro y verificación de reducción de emisiones durante la vida útil de los Proyectos.

El método para llevar a cabo la estimación, consiste en el uso de factores de conversión que representan la cantidad de CO₂, u otros contaminantes, generado por cada kWh producido (g CO₂/kWh). Enertis ha obtenido los factores de conversión para México¹², actualizados a fecha de 2013, a través de la Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales (en adelante, Semarnat).

Merece la pena destacar que la práctica habitual no se refiere a emisiones de CO₂, sino que se vincula a emisiones de CO₂ eq. El CO₂ eq no tiene en cuenta únicamente las emisiones de CO₂, sino la combinación de aquellos gases cuyas emisiones producen el llamado Efecto Invernadero. De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (en adelante, INEGEI¹³), los factores de conversión para los distintos gases para México se muestran a continuación.

Contaminante	Factor de conversión (g/kWh)
CO ₂	468,49
SO ₂	1,20
NO _x	0,38
PM2,5	0,07
PM10	0,08
CO	0,08
CH ₄	96,76
N ₂ O	15,63
CO ₂ eq	582,70

Tabla 6.1. Factores de conversión de contaminantes. Fuente: Semarnat

¹² La emisión de CO₂ por kWh de electricidad producida, varía mucho entre los distintos países puesto que depende de la combinación de las fuentes de energía utilizadas para producir la energía.

¹³ http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf

Adicionalmente, y con el objetivo de particularizar los factores de conversión para el Estado de Baja California Sur¹⁴, Enertis ha consultado los siguientes documentos: (i) Reporte Técnico de Estancia Posdoctoral titulado "Viabilidad de la generación de electricidad solar fotovoltaica en Baja California Sur", elaborado por el Dr. Alfredo Sergio Bermúdez Contreras en julio de 2013, y (ii) *A methodology to estimate the potential of grid-connected PV residential systems for greenhouse gas emission reductions*, elaborado por A. Bermudez Contreras, Ivanova-Boncheva y A. Martínez de la Torre en septiembre de 2014, en los que se indican que los factores de conversión de CO₂ y CO_{2 eq} específicos para el Estado de Baja California Sur a fecha de 2010 son los siguientes:

- Factor de conversión de CO₂: 726 g/kWh.
- Factor de conversión de CO_{2 eq}: 863,8 g/kWh.

Con esta información de partida, Enertis ha realizado la estimación de la reducción de emisiones de los contaminantes indicados. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

¹⁴ Debido al Mix Energético del Estado, su emisión de contaminantes es muy superior a la del resto de México.

Parametros	Palacio	Congreso	Finanzas	SEP	Hospital	Ayunt.	Justicia	Morelos	Escuela
Producción Año 1 (kWh)	153.143	60.311	47.165	169.879	748.358	311.303	120.439	148.737	199.781
Producción acumulada (kWh)	3.607.438	1.420.684	1.111.015	4.001.661	17.628.287	7.333.034	2.837.052	3.503.639	4.706.020
Reducción emisiones CO₂ eq Año 1 (t) BCS	132	52	41	147	646	269	104	128	173
Reducción emisiones CO₂ eq Acumulado (t) BCS	3.116	1.227	960	3.457	15.227	6.334	2.451	3.026	4.065
Reducción emisiones CO₂ Año 1 (t) BCS	111	44	34	123	543	226	87	108	145
Reducción emisiones CO₂ Acumulado (t) BCS	2.619	1.031	807	2.905	12.798	5.324	2.060	2.544	3.417
Reducción emisiones CO ₂ eq Año 1 (t)	89	35	27	99	436	181	70	87	116
Reducción emisiones CO ₂ eq Acumulado (t)	2.102	828	647	2.332	10.272	4.273	1.653	2.042	2.742
Reducción emisiones CO ₂ eq Año 1 (t) BCS	132	52	41	147	646	269	104	128	173
Reducción emisiones CO ₂ eq Acumulado (t) BCS	3.116	1.227	960	3.457	15.227	6.334	2.451	3.026	4.065
Reducción emisiones SO ₂ Año 1 (t)	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Reducción emisiones SO ₂ Acumulado (t)	4	2	1	5	21	9	3	4	6
Reducción emisiones NO _x Año 1 (t)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reducción emisiones NO _x Acumulado (t)	1	1	0	2	7	3	1	1	2
Reducción emisiones PM _{2,5} Año 1 (t)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reducción emisiones PM _{2,5} Acumulado (t)	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Reducción emisiones PM ₁₀ Año 1 (t)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reducción emisiones PM ₁₀ Acumulado (t)	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Reducción emisiones CO Año 1 (t)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reducción emisiones CO Acumulado (t)	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Reducción emisiones CH ₄ Año 1 (t)	15	6	5	16	72	30	12	14	19
Reducción emisiones CH ₄ Acumulado (t)	349	137	108	387	1.706	710	275	339	455

Tabla 6.2. Estimación de reducción de emisiones de contaminantes.

En cuanto a la identificación para el registro y verificación de la reducción de emisiones durante la vida útil de los Proyectos, y dado que el factor de emisión de contaminantes de la tecnología solar fotovoltaica es cero, el registro y verificación se basará en la adecuada medida de la energía producida por las instalaciones, considerando posteriormente los factores de conversión indicados.

De cara al adecuado registro de la energía producida por la instalación, dentro del Contrato de Interconexión a Red, CFE exige la instalación de un medidor bidireccional, dentro de los fabricantes y modelos pre-seleccionados, que será el responsable del registro y verificación de reducción de emisiones durante la vida útil de los Proyectos.



7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Enertis ha realizado un estudio preliminar de la viabilidad económica de los Proyectos. Para lo anterior, Enertis ha estructurado el capítulo en los siguientes apartados:

- Exposición de las hipótesis técnicas consideradas
- Análisis de la inversión, así como de los ingresos y costes
- Presentación de los indicadores de rentabilidad en un escenario base
- Modelo económico teniendo en cuenta el coste social de la emisión de carbono

Cabe señalar que el modelo financiero ha sido construido utilizando como divisa el dólar estadounidense (USD), y aplicando a las cantidades definidas en pesos mexicanos (MXN) el tipo de cambio del día 22 de julio de 2016 (1 MXN = 0,05363 USD¹⁵).

7.1. Hipótesis técnicas

Los principales supuestos técnicos que Enertis ha tenido en cuenta para la elaboración del modelo financiero de los Proyectos se enumeran a continuación.

Variación anual de producción debido a la degradación de los módulos fotovoltaicos

Como se ha comentado anteriormente en la sección 5 del presente informe, los módulos fotovoltaicos se degradan a lo largo del tiempo en dos etapas diferenciadas: (i) en la primera etapa se produce la denominada degradación inicial, proceso que tiene lugar en las primeras horas de funcionamiento y, (ii) en la segunda etapa, tiene lugar una degradación progresiva a largo plazo. Como se ha razonado anteriormente, Enertis considera como hipótesis de partido una degradación inicial de los módulos de 1%, así como una degradación anual de largo plazo del 0,5%. Teniendo en cuenta lo anterior, la degradación de potencia pico media considerada para el primer año es de 1,25% y, para los años sucesivos, la degradación media anual de potencia pico considerada es de 0,5% respecto de la inicial.

¹⁵ Fuente: Oanda

Pérdidas de producción por indisponibilidad de los Proyectos

Enertis ha valorado este punto en la sección 5 del presente informe. Teniendo en cuenta el razonamiento realizado, la indisponibilidad esperada para los Proyectos alcanza el 1%.

Vida útil

Con el objetivo de analizar la rentabilidad de la inversión, Enertis ha considerado que la vida útil de los Proyectos será de 25 años. No obstante lo anterior, cabe destacar que Enertis ha participado en varios estudios de valoración de la vida útil de plantas fotovoltaicas. Sin entrar en detalles, los resultados de dichos estudios han arrojado cifras de vida útil media superiores a 35 años.

7.2. Inversión, ingresos y costos del Proyecto

A continuación se detalla el coste de la inversión, así como los ingresos previsibles y los diferentes costos de los Proyectos.

7.2.1. Inversión

Enertis ha valorado el coste de construcción de los Proyectos para el diseño propuesto anteriormente. Para esta valoración, Enertis ha partido de los presupuestos que le han remitido tres contratistas diferentes con experiencia suficiente para acometer una obra de este tipo. Asimismo, Enertis ha contactado con fabricantes de módulos fotovoltaicos de primer nivel para conocer de primera mano el precio que estarían en condiciones de ofrecer para un suministro de módulos fotovoltaicos entregados en México. Finalmente, el Asesor Técnico ha valorado y validado esta información haciendo uso de su experiencia en proyectos similares construidos mediante un contrato de construcción EPC.

De este modo, tras el análisis de los presupuestos, Enertis ha estimado una horquilla del precio de construcción EPC, siendo razonable pensar que el precio final de construcción se encuentre dentro de la misma. Los márgenes inferior y superior de dicha horquilla se muestran a continuación:

Edificio	Margen inferior	Margen superior
Precio unitario (USD/Wp)	1,30	1,52
Precio total Palacio (USD)	109.746	128.318
Precio total Congreso (USD)	49.140	57.456
Precio total Finanzas (USD)	36.855	43.092
Precio total SEP (USD)	131.040	153.216
Precio total Hospital (USD)	561.015	655.956
Precio total Ayuntamiento (USD)	233.415	272.916
Precio total Justicia (USD)	90.090	105.336
Precio total Morelos (USD)	111.794	130.712
Precio total Escuela (USD)	151.515	177.156
Precio total Global (USD)	1.474.610	1.724.159

Tabla 7.1. Márgenes inferior y superior de la horquilla de precios estimada por Enertis para la construcción de los Proyectos.

Para el estudio del coste de construcción se ha desglosado el presupuesto en cinco partidas diferentes:

1. *Módulos fotovoltaicos*; incluye el coste de suministro de los módulos fotovoltaicos.
2. *Centros de transformación* (inversores y transformadores); incluye el coste de suministro de los centros de transformación.
3. *Estructura portante*; incluye coste de suministro de la estructura metálica que soporta los módulos y, los anclajes a la cubierta.
4. *Obra Civil*; incluye coste de la maquinaria, la mano de obra y los materiales utilizados para las excavaciones, las cimentaciones y el acondicionamiento del terreno para la construcción de los Proyectos.
5. *Otros*; incluye el resto de componentes, trabajos o servicios para la construcción de los Proyectos. Las sub-partidas más importantes se componen del desarrollo de la ingeniería de los Proyectos, del suministro de la infraestructura eléctrica y de los sistemas de seguridad, así como el montaje de éstos.

Tras el análisis de los presupuestos remitidos a Enertis, el Asesor Técnico considera que la diferencia entre los presupuestos recibidos puede derivar de que las mismas están basadas en el

lay-out preliminar, por lo tanto, Enertis opina que una vez la ingeniería de detalle esté elaborada, los presupuestos ofertados deberán ser más homogéneos.

Finalmente cabe señalar que el coste de la obra civil puede variar considerablemente en función de la morfología constructiva de los Proyectos, aspecto que quedará más detallado en una fase en que los Proyectos se encuentren más avanzados. Enertis considera razonable pensar, que independientemente del diseño final de los Proyectos, el coste se encontrará de la horquilla reflejada.

Adicionalmente, de cara a estimar los costes de promoción de los Proyectos, es preciso tener en cuenta que los proyectos de pequeña y mediana escala¹⁶, no es necesario la solicitud de los siguientes permisos:

- Permiso de Generación
- Solicitud de evaluación del impacto ambiental

Y únicamente sería necesario la solicitud de interconexión con CFE

Por lo tanto, Enertis ha estimado que los costes de promoción de los Proyectos, principalmente la realización de los trámites ante diversos organismos, estarán dentro de la horquilla de 5.000-10.000 USD depende del tamaño de las instalaciones.

Por último, cabe destacar que para los modelos tanto financiero como económico, Enertis ha considerado que la inversión inicial ascenderá a 1,3 USD/Wp, dado que, en la opinión del Asesor Técnico, y en virtud de las ofertas recibidas, este sería el precio actual de mercado para este tipo de instalaciones.

7.2.2. Ingresos

En una explicación muy somera, la modalidad de producción de energía eléctrica como *Fuente de Energía Renovable de Pequeña y Mediana Escala* permite realizar el neteo de la energía producida por la planta en una determinada instalación de producción con los consumos de electricidad de

¹⁶ Se consideran proyectos de pequeña y mediana escala aquellos proyectos con una potencia nominal inferior a 500 kW.



este usuario. El usuario puede usar el denominado Banco de Energía para acumular excedentes de energía para ser consumida dentro de los siguientes 12 meses.

De este modo, los ingresos de los Proyectos se pueden considerar como los ahorros producidos en el consumo eléctrico, en el caso de los edificios de estudio bajo la tarifa HM.

De acuerdo a la información proporcionada, el consumo anual de los edificios, y el coste medio de la facturación correspondiente a electricidad, es el siguiente:

Edificio	Consumo anual estimado (kWh)	Ahorro estimado año 1 (kWh)	Coste medio anual estimado (MXN/kWh)	Ahorro estimado Año 1 (MXN)	Ahorro estimado Año 1 (USD)
Palacio	710,832	153,143	1.08	165,394	8,870
Congreso	206,228	60,311	1.11	66,945	3,590
Finanzas	306,516	47,165	1.11	52,353	2,808
SEP	1,007,230	169,879	1.12	190,264	10,204
Hospital	5,606,303	748,358	1.12	838,161	44,951
Ayuntamiento	334,307	311,303	1.11	345,546	18,532
Justicia	260,002	120,439	1.09	131,279	7,040
Morelos	150,992	148,737	1.18	175,510	9,413
Escuela	194,228	194,228	1.14	221,420	11,875
Global	8,776,638	1,953,563	1.12	2,187,991	117,342

Tabla 7.2. Resumen de los consumos y costes medios anuales estimados de los edificios.

A la hora de estimar la evolución del precio de la Tarifa HM, Enertis ha analizado los valores de dicha tarifa en los últimos años, disponibles en la página web de la CFE, y ha observado que, si bien la tendencia es al alza, con incrementos del entorno del 6% anual, en los últimos tiempos ha experimentado tanto bajadas como subidas pronunciadas. Por lo tanto, Enertis ha considerado tomar como referencia para la evolución del precio promedio de tarifa el Índice General Anual de Precios al Consumo (en adelante, el IGAP) de México de los últimos 17 años, esto es 4,02%. La siguiente tabla muestra la evolución del IGAP:

Año	Evolución IGAP
2016 (mayo)	2,60%
2015	2,13%
2014	4,08%
2013	3,57%
2012	3,57%
2011	3,82%
2010	4,40%
2009	3,57%
2008	6,53%
2007	3,76%
2006	4,05%
2005	3,33%
2004	5,19%
2003	3,98%
2002	5,70%
2001	4.40%
2000	8.96%
Promedio últimos 10 años:	3,80%
Promedio últimos 17 años:	4,02%

Tabla 7.3. Resumen evolución IGAP 2000-2016.

7.2.3. Costes de explotación

A continuación, se analizan los principales costes de explotación de los Proyectos. Cabe señalar que no han sido considerados aquí los costes derivados de la financiación, así como tampoco los costes fiscales que pudieran soportar los Proyectos.

Costos de Operación y mantenimiento

El modelo financiero llevado a cabo por Enertis contempla unos costos de operación y mantenimiento que variarían en función de la potencia pico de la planta.

De este modo, y en base a su experiencia en el sector, Enertis ha establecido dos ratios de precios: (i) uno aplicable a plantas con una potencia pico inferior a los 100 kW, y (ii) otro para el caso de plantas cuya potencia pico sea mayor que 100 kW. La siguiente tabla muestra los ratios considerados:

Coste inicial O&M	
Tamaño de la planta	Ratio (USD/Wp)
Instalación <100 kW	0,018
Instalación >100 kW	0,012

Tabla 7.4. Estimación de costes de Operación y Mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

En estos ratios estaría incluido además el costo por la gestión administrativa, el cual se supone incluido en el hipotético contrato de operación y mantenimiento.

Adicionalmente, apartir del Año 3 Enertis ha considerado un coste adicional de 0,004 USD/Wp en concepto de mantenimiento de stock.

Para el modelo financiero, dichos ratios se han actualizado a lo largo de los años de funcionamiento de los Proyectos aumentándola un 4,02% anual, por ser dicha cantidad el promedio del Índice General Anual de Precios al consumo de México de los últimos 17 años (en adelante, el IGAP).

Seguros

En el modelo financiero de Enertis ha considerado un costo anual del seguro de responsabilidad civil y operación de acuerdo a los siguientes ratios, en función de la potencia pico de la planta. Enertis ha establecido dos ratios de precios: (i) uno aplicable a plantas con una potencia pico inferior a los 100 kW, y (ii) otro para el caso de plantas cuya potencia pico sea mayor que 100 kW. La siguiente tabla muestra los ratios considerados:

Coste inicial Seguros	
Tamaño de la planta	Ratio (USD/Wp)
Instalación <100 kW	0,015
Instalación >100 kW	0,010

Tabla 7.5. Estimación de costes de los Seguros. Fuente: Elaboración propia.

Para el modelo financiero, dichos ratios se han actualizado a lo largo de los años de funcionamiento de los Proyectos de acuerdo al IGAP.

Arrendamiento de los terrenos

Enertis no ha considerado un coste por el uso o arrendamiento de las cubiertas de los edificios, al ser esta propiedad del Municipio de la Paz y del Gobierno de Baja California Sur.

7.3. Indicadores de rentabilidad de los Proyectos

Teniendo en cuenta todas las hipótesis técnicas y económicas enunciadas en los dos apartados anteriores, Enertis ha calculado los siguientes indicadores de rentabilidad para los Proyectos:

Como se ha señalado en la sección 7.2.1, los ingresos equivaldrían a los ahorros producidos en el consumo eléctrico bajo la tarifa HM. En la siguiente tabla se muestran los indicadores de rentabilidad para los Proyectos:

Edificio	TIR ¹⁷	VAN ¹⁸	Periodo de Retorno
Palacio	6.8%	25,240	14
Congreso	4.8%	1,205	17
Finanzas	5.0%	1,930	16
SEP	7.4%	35,724	14
Hospital	8.1%	189,014	13
Ayuntamiento	7.9%	74,856	13
Justicia	13.1%	83,123	10
Morelos	7.1%	28,033	14
Escuela	8.0%	50,332	13
Global	7.7%	454,239	13

Tabla 7.6. Principales indicadores de rentabilidad de los Proyectos.

Cabe señalar que para la elaboración de los modelos financieros Enertis ha los impuestos correspondientes, esto es:

- Impuesto sobre el valor añadido: 16%
- Impuesto de Sociedades: 30%

Merece la pena destacar que, de acuerdo a lo indicado por el BID, Enertis ha realizado el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) utilizando como tasa de retorno 4.5%.

¹⁷ Tasa Interna de Retorno.

¹⁸ Valor Actual Neto

8. CONCLUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con el objetivo de tener en cuenta los condicionantes analizados en el informe para pre-seleccionar los edificios más adecuados para el posterior desarrollo, Enertis ha asignado a cada uno de ellos un peso específico que se muestra en la siguiente tabla.

Condicionante	Peso específico
Estado general de la instalación	10%
Estado/factibilidad de la instalación eléctrica	20%
Prioridad de resiliencia	20%
Maximización/aporte de la producción de energía	25%
Factibilidad financiera	25%
Total	100%

Tabla 8.1. Peso específico asignado a cada uno de los condicionantes analizados.
Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento seguido para la evaluación consiste en utilizar las valoraciones asignadas a cada condicionante, para posteriormente ponderarlas según los pesos específicos asignados y de este modo obtener una valoración global para cada uno de los edificios.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos utilizando el procedimiento descrito anteriormente:

Edificio	Edo gral instalación	Edo instalación eléctrica	Prioridad de resiliencia	Max. Prod/aporte	Factibilidad financiera	Valoración Global
Palacio	1	1	2	1	2	1.5
Congreso	2	1	2	2	1	1.6
Finanzas	1	1	1	1	1	1.0
SEP	3	3	2	1	2	2.1
Hospital	3	3	3	1	2	2.3
Ayuntamiento	2	3	2	3	2	2.5
Justicia	1	2	1	2	3	2.0
Morelos	2	2	1	3	2	2.1
Escuela	2	2	1	3	2	2.1

Tabla 8.2. Resultados numéricos de la evaluación de los edificios analizados. Fuente: Elaboración propia.

A tenor de los resultados obtenidos de acuerdo a los criterios asignados, los edificios más adecuados, según la puntuación obtenida, son los siguientes:

- Ayuntamiento
- Hospital Juan María Salvatierra
- Secretaría de Educación
- Escuela Preparatoria José María Morelos y Pavón
- Escuela Normal Superior
- Centro de Justicia Penal
- Congreso del Estado
- Palacio de Gobierno
- Secretaría de Finanzas

ANEXO I. LISTADO DE FUENTES

- ✓ Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. Elaborado por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística de México (INEGI) con fecha de junio de 2010 y revisado por Enertis en junio de 2016.
- ✓ Información recabada durante las visitas realizadas por personal de Enertis, con fecha de 26 de abril de 2016.
- ✓ Condiciones meteorológicas en la estación La Paz (DGE), información publicada por CONAGUA, revisado en junio de 2016 por Enertis.
- ✓ *Evaluación Técnica – Intervenciones Estratégicas Hacia un Futuro Resiliente*, documento elaborado por GeoAdaptive, LLC con fecha de septiembre de 2015, y recibido por Enertis con fecha 24 de mayo de 2016
- ✓ Información meteorológica obtenida del sitio web del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), revisado por Enertis en junio de 2016.
- ✓ Mapa de riesgo de ciclones en México, desarrollado por el Atlas Nacional de Riesgos y revisado por Enertis en junio de 2016.
- ✓ Mapa sismológico de México, desarrollado por el Atlas Nacional de Riesgos y revisado por Enertis en junio de 2016.
- ✓ Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por viento. Elaborado por Comisión Federal de Electricidad (CFE) con fecha de diciembre de 2008. Revisado por Enertis en junio de 2016.
- ✓ Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por sismo. Elaborado por Comisión Federal de Electricidad (CFE) con fecha de diciembre de 2008. Revisado por Enertis en junio de 2016.
- ✓ Cálculos propios a partir de los datos ofrecidos por una base de datos satelital de reconocido prestigio (Meteonorm7), descargados de su página web, con fecha de 3 de junio de 2016.
- ✓ Diagramas unifilares y archivos dwg de los 9 emplazamientos.
- ✓ Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Documento publicado por SEMARNAT en 2010 y revisado por Enertis en julio de 2016.
- ✓ Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. Documento publicado por Interagency Working Group



on Social Cost of Carbon, United States Government en febrero de 2010 y revisado por Enertis en julio de 2016.

- ✓ Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. Documento publicado por Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government en mayo de 2013 y revisado por Enertis en julio de 2016.
- ✓ Casablanca and Giacote Solar Power Project (UR- L1100) - Economic Analysis. Documento elaborado por el BID y revisado por Enertis en junio de 2016.
- ✓ Manual for calculating ghg benefits of gef projects: energy efficiency and renewable energy projects. Documento publicado por Global Environment Facility en abril de 2008, y revisado por Enertis en junio de 2016.
- ✓ Reporte Técnico de Estancia Posdoctoral titulado "Viabilidad de la generación de electricidad solar fotovoltaica en Baja California Sur". Documento elaborado por el Dr. Alfredo Sergio Bermúdez Contreras en julio de 2013. Recibido por Enertis con fecha de 22 de julio de 2016.
- ✓ *A methodology to estimate the potential of grid-connected PV residential systems for greenhouse gas emission reductions.* Documento elaborado por A. Bermudez Contreras, Ivanova-Boncheva y A. Martínez de la Torre en septiembre de 2014. Recibido por Enertis con fecha de 25 de julio de 2016.

ANEXO II: MÓDELO ECONÓMICO

La elaboración del modelo económico consiste en añadir al modelo financiero los costes y beneficios sociales que el proyecto conlleva. Para ello, es necesario estimar por un lado las emisiones de CO₂ eq cuya emisión evitaría el proyecto, y por otro lado, asignar un valor monetario a estas emisiones.

Merece la pena destacar que algunos costes y beneficios sociales tienen una complejidad especial para su cuantificación, por lo que únicamente se evaluarán cualitativamente.

Los factores sociales considerados por Enertis son los siguientes:

Factores cuantitativos

- Valor estimado de los beneficios para la sociedad que conlleva generar electricidad a partir de energía solar frente a otras energías convencionales, en términos de emisiones de CO₂.

Factores cualitativos:

Como se ha indicado anteriormente, los factores cualitativos son muy difícilmente cuantificables y por lo tanto no se incluyen en el modelo económico. Estos son:

- El valor para la sociedad que supone evitar los efectos negativos de la contaminación producida al emplear generadores convencionales frente a los beneficios del uso de una planta fotovoltaica.
- Potenciación de la economía local.

ASUNCIONES REALIZADAS

Cuantificación de la reducción de emisiones

- El proyecto se evalúa tanto en términos de precios de energía, como en la cantidad de emisiones evitadas.
- Para estimar las emisiones de CO₂ eq evitadas por el proyecto, Enertis se ha basado en el factor de conversión de emisiones específico para Baja California Sur, 863,8 g/kWh.

Valor económico de la reducción de emisiones

Enertis se ha basado en el estudio *Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866*, elaborado por Interagency Working Group on Social

Cost of Carbon (United States Government) en febrero de 2010, y actualizado en julio de 2015, en el que se establecen las siguientes estimaciones para los costes sociales de CO₂ eq:

Año	Coste Social de de CO ₂ eq ¹⁹
2010	31
2015	36
2020	42
2025	46
2030	50
2035	55
2040	60
2045	64
2050	69

Tabla II.1. Coste Social de CO₂ eq. Fuente: Interagency Working Group on Social Cost of Carbon.

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES

Enertis ha revisado la metodología elaborada por Global Environment Facility en el documento *Manual for calculating ghg benefits of gef projects: energy efficiency and renewable energy projects*, publicado en abril de 2008, que se basa en el cálculo de la reducción de emisiones en dos etapas:

- Cálculo de la reducción de emisiones directas
- Cálculo de la reducción de emisiones indirectas

La reducción de emisiones directas presenta a su vez una diferenciación: (i) reducción directa durante la vida útil del proyecto y (ii) reducción directa tras la vida útil del proyecto. Enertis ha considerado adecuado tener únicamente en cuenta aquellas reducciones de emisiones directas que tengan lugar durante la vida útil. Asimismo, debido a la incertidumbre que presenta la estimación de la reducción de emisiones indirectas, Enertis ha valorado no tenerlas en cuenta con el objetivo de no agregar más incertidumbre a los cálculos y de evitar llegar a resultados excesivamente optimistas.

¹⁹ t/USD en precios del dolar de 2007. De acuerdo al documento revisado, Enertis ha seleccionado la opción de tasa de descuento del 3%.

Por lo tanto, Enertis únicamente ha tenido en cuenta la reducciones directas de emisiones que tendrán lugar durante la vida útil del proyecto. El cálculo realizado ha sido el siguiente:

$$Costes\ Sociales\ de\ CO_{eq\ i} = CS_i \times FC \times EG_i$$

Siendo:

- $CO_{eq\ i}$: Costes Sociales de $CO_{2\ eq}$ para cada año de vida útil
- CS_i : Coste Social anual y unitario establecido por Interagency Working Group on Social Cost of Carbon
- FC_i : Factor de conversión de $CO_{2\ eq}$, 863,8 g/kWh.
- EG_i : Energía generada por la instalación para cada año de vida

Es importante destacar que Enertis ha realizado el modelo económico de manera conjunta, considerando en conjunto la totalidad de los Proyectos.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Edificio	TIR	VAN	Periodo de Retorno
Valoración global de los Proyectos	12,6%	49.135	10

Tabla II.2. Principales indicadores de rentabilidad de los Proyectos.

Merece la pena destacar que, de acuerdo a lo indicado por el BID, Enertis ha realizado el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) utilizando como tasa de retorno 12%.

ANEXO II. ESCENARIOS PROBABILÍSTICOS

Palacio de Gobierno

Año	Porcentaje de potencia pico	Horas equivalentes (kWh/kWp)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	1.676	1.656	1.635	1.610	1.575	1.546	1.492
2	98,25%	1.668	1.648	1.627	1.602	1.567	1.538	1.484
3	97,75%	1.659	1.640	1.618	1.593	1.559	1.530	1.477
4	97,25%	1.651	1.631	1.610	1.585	1.551	1.522	1.469
5	96,75%	1.642	1.623	1.602	1.577	1.543	1.515	1.462
6	96,25%	1.634	1.614	1.593	1.569	1.535	1.507	1.454
7	95,75%	1.626	1.606	1.585	1.561	1.527	1.499	1.447
8	95,25%	1.617	1.598	1.577	1.553	1.519	1.491	1.439
9	94,75%	1.609	1.589	1.569	1.544	1.511	1.483	1.431
10	94,25%	1.600	1.581	1.560	1.536	1.503	1.475	1.424
11	93,75%	1.592	1.572	1.552	1.528	1.495	1.468	1.416
12	93,25%	1.583	1.564	1.544	1.520	1.487	1.460	1.409
13	92,75%	1.575	1.556	1.536	1.512	1.479	1.452	1.401
14	92,25%	1.566	1.547	1.527	1.504	1.471	1.444	1.394
15	91,75%	1.558	1.539	1.519	1.496	1.463	1.436	1.386
16	91,25%	1.549	1.531	1.511	1.487	1.455	1.429	1.379
17	90,75%	1.541	1.522	1.502	1.479	1.447	1.421	1.371
18	90,25%	1.532	1.514	1.494	1.471	1.439	1.413	1.363
19	89,75%	1.524	1.505	1.486	1.463	1.431	1.405	1.356
20	89,25%	1.515	1.497	1.478	1.455	1.423	1.397	1.348
21	88,75%	1.507	1.489	1.469	1.447	1.415	1.389	1.341
22	88,25%	1.498	1.480	1.461	1.439	1.407	1.382	1.333
23	87,75%	1.490	1.472	1.453	1.430	1.399	1.374	1.326
24	87,25%	1.481	1.463	1.444	1.422	1.391	1.366	1.318
25	86,75%	1.473	1.455	1.436	1.414	1.383	1.358	1.311

Tabla III.1. Horas equivalentes para los distintos escenarios probabilísticos – Palacio de Gobierno.

Año	Porcentaje de potencia pico	Producción de energía (kWh)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	153.143	151.307	149.342	147.042	143.853	141.220	136.280
2	98,25%	152.368	150.541	148.586	146.298	143.125	140.505	135.590
3	97,75%	151.593	149.775	147.830	145.553	142.397	139.790	134.900
4	97,25%	150.817	149.009	147.074	144.809	141.668	139.075	134.210
5	96,75%	150.042	148.242	146.317	144.064	140.940	138.360	133.520
6	96,25%	149.266	147.476	145.561	143.320	140.212	137.645	132.830
7	95,75%	148.491	146.710	144.805	142.575	139.483	136.930	132.140
8	95,25%	147.715	145.944	144.049	141.831	138.755	136.215	131.450
9	94,75%	146.940	145.178	143.293	141.086	138.026	135.500	130.760
10	94,25%	146.165	144.412	142.537	140.342	137.298	134.785	130.070
11	93,75%	145.389	143.646	141.780	139.597	136.570	134.070	129.380
12	93,25%	144.614	142.880	141.024	138.853	135.841	133.355	128.690
13	92,75%	143.838	142.114	140.268	138.108	135.113	132.639	128.000
14	92,25%	143.063	141.347	139.512	137.364	134.385	131.924	127.309
15	91,75%	142.288	140.581	138.756	136.619	133.656	131.209	126.619
16	91,25%	141.512	139.815	138.000	135.875	132.928	130.494	125.929
17	90,75%	140.737	139.049	137.243	135.130	132.200	129.779	125.239
18	90,25%	139.961	138.283	136.487	134.386	131.471	129.064	124.549
19	89,75%	139.186	137.517	135.731	133.641	130.743	128.349	123.859
20	89,25%	138.411	136.751	134.975	132.897	130.014	127.634	123.169
21	88,75%	137.635	135.985	134.219	132.152	129.286	126.919	122.479
22	88,25%	136.860	135.219	133.463	131.408	128.558	126.204	121.789
23	87,75%	136.084	134.452	132.706	130.663	127.829	125.489	121.099
24	87,25%	135.309	133.686	131.950	129.919	127.101	124.774	120.409
25	86,75%	134.534	132.920	131.194	129.174	126.373	124.059	119.719

Tabla II.2. Producción estimada según para los distintos escenarios probabilísticos – Palacio de Gobierno.

Congreso del Estado

Año	Porcentaje de potencia pico	Horas equivalentes (kWh/kWp)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	1.596	1.576	1.556	1.532	1.499	1.471	1.420
2	98,25%	1.587	1.568	1.548	1.524	1.491	1.464	1.413
3	97,75%	1.579	1.560	1.540	1.516	1.484	1.456	1.405
4	97,25%	1.571	1.552	1.532	1.509	1.476	1.449	1.398
5	96,75%	1.563	1.544	1.524	1.501	1.468	1.442	1.391
6	96,25%	1.555	1.536	1.517	1.493	1.461	1.434	1.384
7	95,75%	1.547	1.529	1.509	1.485	1.453	1.427	1.377
8	95,25%	1.539	1.521	1.501	1.478	1.446	1.419	1.370
9	94,75%	1.531	1.513	1.493	1.470	1.438	1.412	1.362
10	94,25%	1.523	1.505	1.485	1.462	1.430	1.404	1.355
11	93,75%	1.515	1.497	1.477	1.454	1.423	1.397	1.348
12	93,25%	1.507	1.489	1.469	1.447	1.415	1.389	1.341
13	92,75%	1.499	1.481	1.461	1.439	1.408	1.382	1.334
14	92,25%	1.491	1.473	1.454	1.431	1.400	1.374	1.326
15	91,75%	1.482	1.465	1.446	1.423	1.393	1.367	1.319
16	91,25%	1.474	1.457	1.438	1.416	1.385	1.360	1.312
17	90,75%	1.466	1.449	1.430	1.408	1.377	1.352	1.305
18	90,25%	1.458	1.441	1.422	1.400	1.370	1.345	1.298
19	89,75%	1.450	1.433	1.414	1.392	1.362	1.337	1.290
20	89,25%	1.442	1.425	1.406	1.385	1.355	1.330	1.283
21	88,75%	1.434	1.417	1.398	1.377	1.347	1.322	1.276
22	88,25%	1.426	1.409	1.390	1.369	1.339	1.315	1.269
23	87,75%	1.418	1.401	1.383	1.361	1.332	1.307	1.262
24	87,25%	1.410	1.393	1.375	1.354	1.324	1.300	1.254
25	86,75%	1.402	1.385	1.367	1.346	1.317	1.293	1.247

Tabla III.3. Horas equivalentes para los distintos escenarios probabilísticos – Congreso del Estado.

Año	Porcentaje de potencia pico	Producción de energía (kWh)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	60.311	59.588	58.814	57.908	56.652	55.615	53.670
2	98,25%	60.006	59.286	58.516	57.615	56.366	55.334	53.398
3	97,75%	59.700	58.984	58.218	57.322	56.079	55.052	53.126
4	97,25%	59.395	58.683	57.921	57.029	55.792	54.771	52.855
5	96,75%	59.090	58.381	57.623	56.736	55.505	54.489	52.583
6	96,25%	58.784	58.079	57.325	56.442	55.218	54.207	52.311
7	95,75%	58.479	57.778	57.027	56.149	54.931	53.926	52.039
8	95,25%	58.173	57.476	56.729	55.856	54.645	53.644	51.768
9	94,75%	57.868	57.174	56.432	55.563	54.358	53.363	51.496
10	94,25%	57.563	56.872	56.134	55.270	54.071	53.081	51.224
11	93,75%	57.257	56.571	55.836	54.976	53.784	52.799	50.952
12	93,25%	56.952	56.269	55.538	54.683	53.497	52.518	50.681
13	92,75%	56.647	55.967	55.240	54.390	53.210	52.236	50.409
14	92,25%	56.341	55.666	54.943	54.097	52.923	51.955	50.137
15	91,75%	56.036	55.364	54.645	53.803	52.637	51.673	49.865
16	91,25%	55.730	55.062	54.347	53.510	52.350	51.391	49.594
17	90,75%	55.425	54.760	54.049	53.217	52.063	51.110	49.322
18	90,25%	55.120	54.459	53.752	52.924	51.776	50.828	49.050
19	89,75%	54.814	54.157	53.454	52.631	51.489	50.547	48.778
20	89,25%	54.509	53.855	53.156	52.337	51.202	50.265	48.507
21	88,75%	54.204	53.554	52.858	52.044	50.916	49.983	48.235
22	88,25%	53.898	53.252	52.560	51.751	50.629	49.702	47.963
23	87,75%	53.593	52.950	52.263	51.458	50.342	49.420	47.691
24	87,25%	53.287	52.648	51.965	51.165	50.055	49.139	47.420
25	86,75%	52.982	52.347	51.667	50.871	49.768	48.857	47.148

Tabla II.4. Producción estimada según para los distintos escenarios probabilísticos – Congreso del Estado.

Secretaría de Finanzas

Año	Porcentaje de potencia pico	Horas equivalentes (kWh/kWp)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	1.664	1.644	1.622	1.597	1.563	1.534	1.480
2	98,25%	1.655	1.635	1.614	1.589	1.555	1.526	1.473
3	97,75%	1.647	1.627	1.606	1.581	1.547	1.519	1.465
4	97,25%	1.638	1.619	1.598	1.573	1.539	1.511	1.458
5	96,75%	1.630	1.610	1.590	1.565	1.531	1.503	1.450
6	96,25%	1.622	1.602	1.581	1.557	1.523	1.495	1.443
7	95,75%	1.613	1.594	1.573	1.549	1.515	1.488	1.435
8	95,25%	1.605	1.585	1.565	1.541	1.507	1.480	1.428
9	94,75%	1.596	1.577	1.557	1.533	1.499	1.472	1.421
10	94,25%	1.588	1.569	1.548	1.525	1.492	1.464	1.413
11	93,75%	1.579	1.560	1.540	1.517	1.484	1.456	1.406
12	93,25%	1.571	1.552	1.532	1.508	1.476	1.449	1.398
13	92,75%	1.563	1.544	1.524	1.500	1.468	1.441	1.391
14	92,25%	1.554	1.536	1.516	1.492	1.460	1.433	1.383
15	91,75%	1.546	1.527	1.507	1.484	1.452	1.425	1.376
16	91,25%	1.537	1.519	1.499	1.476	1.444	1.418	1.368
17	90,75%	1.529	1.511	1.491	1.468	1.436	1.410	1.361
18	90,25%	1.520	1.502	1.483	1.460	1.428	1.402	1.353
19	89,75%	1.512	1.494	1.475	1.452	1.420	1.394	1.346
20	89,25%	1.504	1.486	1.466	1.444	1.412	1.387	1.338
21	88,75%	1.495	1.477	1.458	1.436	1.404	1.379	1.331
22	88,25%	1.487	1.469	1.450	1.428	1.397	1.371	1.323
23	87,75%	1.478	1.461	1.442	1.419	1.389	1.363	1.316
24	87,25%	1.470	1.452	1.433	1.411	1.381	1.355	1.308
25	86,75%	1.461	1.444	1.425	1.403	1.373	1.348	1.301

Tabla III.5. Horas equivalentes para los distintos escenarios probabilísticos – Secretaría de Finanzas.

Año	Porcentaje de potencia pico	Producción de energía (kWh)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	47.165	46.599	45.994	45.286	44.304	43.493	41.971
2	98,25%	46.926	46.363	45.761	45.057	44.080	43.273	41.759
3	97,75%	46.687	46.127	45.528	44.827	43.855	43.052	41.546
4	97,25%	46.448	45.891	45.296	44.598	43.631	42.832	41.334
5	96,75%	46.210	45.656	45.063	44.369	43.407	42.612	41.121
6	96,25%	45.971	45.420	44.830	44.140	43.182	42.392	40.909
7	95,75%	45.732	45.184	44.597	43.910	42.958	42.171	40.696
8	95,25%	45.493	44.948	44.364	43.681	42.734	41.951	40.484
9	94,75%	45.254	44.712	44.131	43.452	42.509	41.731	40.271
10	94,25%	45.016	44.476	43.898	43.222	42.285	41.511	40.059
11	93,75%	44.777	44.240	43.665	42.993	42.061	41.291	39.846
12	93,25%	44.538	44.004	43.432	42.764	41.836	41.070	39.634
13	92,75%	44.299	43.768	43.200	42.534	41.612	40.850	39.421
14	92,25%	44.060	43.532	42.967	42.305	41.388	40.630	39.209
15	91,75%	43.822	43.296	42.734	42.076	41.163	40.410	38.996
16	91,25%	43.583	43.060	42.501	41.847	40.939	40.190	38.784
17	90,75%	43.344	42.824	42.268	41.617	40.715	39.969	38.571
18	90,25%	43.105	42.588	42.035	41.388	40.490	39.749	38.359
19	89,75%	42.866	42.352	41.802	41.159	40.266	39.529	38.146
20	89,25%	42.628	42.116	41.569	40.929	40.042	39.309	37.934
21	88,75%	42.389	41.880	41.337	40.700	39.817	39.088	37.721
22	88,25%	42.150	41.644	41.104	40.471	39.593	38.868	37.509
23	87,75%	41.911	41.409	40.871	40.241	39.369	38.648	37.296
24	87,25%	41.672	41.173	40.638	40.012	39.144	38.428	37.084
25	86,75%	41.433	40.937	40.405	39.783	38.920	38.208	36.871

Tabla II.6. Producción estimada según para los distintos escenarios probabilísticos – Secretaría de Finanzas.

Secretaría de Educación Pública

Año	Porcentaje de potencia pico	Horas equivalentes (kWh/kWp)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	1.685	1.665	1.643	1.618	1.583	1.554	1.500
2	98,25%	1.677	1.657	1.635	1.610	1.575	1.546	1.492
3	97,75%	1.668	1.648	1.627	1.602	1.567	1.538	1.485
4	97,25%	1.660	1.640	1.619	1.594	1.559	1.530	1.477
5	96,75%	1.651	1.631	1.610	1.585	1.551	1.523	1.469
6	96,25%	1.643	1.623	1.602	1.577	1.543	1.515	1.462
7	95,75%	1.634	1.615	1.594	1.569	1.535	1.507	1.454
8	95,25%	1.626	1.606	1.585	1.561	1.527	1.499	1.447
9	94,75%	1.617	1.598	1.577	1.553	1.519	1.491	1.439
10	94,25%	1.609	1.589	1.569	1.544	1.511	1.483	1.431
11	93,75%	1.600	1.581	1.560	1.536	1.503	1.475	1.424
12	93,25%	1.591	1.572	1.552	1.528	1.495	1.468	1.416
13	92,75%	1.583	1.564	1.544	1.520	1.487	1.460	1.409
14	92,25%	1.574	1.555	1.535	1.512	1.479	1.452	1.401
15	91,75%	1.566	1.547	1.527	1.503	1.471	1.444	1.393
16	91,25%	1.557	1.539	1.519	1.495	1.463	1.436	1.386
17	90,75%	1.549	1.530	1.510	1.487	1.455	1.428	1.378
18	90,25%	1.540	1.522	1.502	1.479	1.447	1.420	1.371
19	89,75%	1.532	1.513	1.494	1.471	1.439	1.412	1.363
20	89,25%	1.523	1.505	1.485	1.462	1.431	1.405	1.355
21	88,75%	1.515	1.496	1.477	1.454	1.423	1.397	1.348
22	88,25%	1.506	1.488	1.469	1.446	1.415	1.389	1.340
23	87,75%	1.498	1.480	1.460	1.438	1.407	1.381	1.333
24	87,25%	1.489	1.471	1.452	1.430	1.399	1.373	1.325
25	86,75%	1.481	1.463	1.444	1.422	1.391	1.365	1.317

Tabla III.7. Horas equivalentes para los distintos escenarios probabilísticos – Secretaría de Educación Pública.

Año	Porcentaje de potencia pico	Producción de energía (kWh)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	169.879	167.842	165.662	163.111	159.574	156.653	151.173
2	98,25%	169.019	166.992	164.823	162.286	158.766	155.859	150.407
3	97,75%	168.159	166.142	163.985	161.460	157.958	155.066	149.642
4	97,25%	167.299	165.292	163.146	160.634	157.150	154.273	148.876
5	96,75%	166.438	164.442	162.307	159.808	156.342	153.480	148.111
6	96,25%	165.578	163.593	161.468	158.982	155.534	152.687	147.345
7	95,75%	164.718	162.743	160.629	158.156	154.726	151.893	146.580
8	95,25%	163.858	161.893	159.791	157.330	153.918	151.100	145.815
9	94,75%	162.998	161.043	158.952	156.504	153.110	150.307	145.049
10	94,25%	162.138	160.193	158.113	155.679	152.302	149.514	144.284
11	93,75%	161.278	159.343	157.274	154.853	151.494	148.721	143.518
12	93,25%	160.417	158.494	156.435	154.027	150.686	147.928	142.753
13	92,75%	159.557	157.644	155.597	153.201	149.878	147.134	141.987
14	92,25%	158.697	156.794	154.758	152.375	149.070	146.341	141.222
15	91,75%	157.837	155.944	153.919	151.549	148.262	145.548	140.457
16	91,25%	156.977	155.094	153.080	150.723	147.454	144.755	139.691
17	90,75%	156.117	154.244	152.241	149.897	146.646	143.962	138.926
18	90,25%	155.256	153.395	151.403	149.071	145.838	143.169	138.160
19	89,75%	154.396	152.545	150.564	148.246	145.030	142.375	137.395
20	89,25%	153.536	151.695	149.725	147.420	144.222	141.582	136.629
21	88,75%	152.676	150.845	148.886	146.594	143.415	140.789	135.864
22	88,25%	151.816	149.995	148.048	145.768	142.607	139.996	135.099
23	87,75%	150.956	149.146	147.209	144.942	141.799	139.203	134.333
24	87,25%	150.096	148.296	146.370	144.116	140.991	138.409	133.568
25	86,75%	149.235	147.446	145.531	143.290	140.183	137.616	132.802

Tabla II.8. Producción estimada según para los distintos escenarios probabilísticos – Secretaría de Educación Pública.

Hospital Salvatierra

Año	Porcentaje de potencia pico	Horas equivalentes (kWh/kWp)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	1.734	1.713	1.691	1.665	1.629	1.599	1.543
2	98,25%	1.725	1.705	1.683	1.657	1.621	1.591	1.535
3	97,75%	1.717	1.696	1.674	1.648	1.612	1.583	1.528
4	97,25%	1.708	1.687	1.665	1.640	1.604	1.575	1.520
5	96,75%	1.699	1.679	1.657	1.631	1.596	1.567	1.512
6	96,25%	1.690	1.670	1.648	1.623	1.588	1.559	1.504
7	95,75%	1.681	1.661	1.640	1.614	1.579	1.551	1.496
8	95,25%	1.673	1.653	1.631	1.606	1.571	1.542	1.488
9	94,75%	1.664	1.644	1.623	1.598	1.563	1.534	1.481
10	94,25%	1.655	1.635	1.614	1.589	1.555	1.526	1.473
11	93,75%	1.646	1.627	1.605	1.581	1.546	1.518	1.465
12	93,25%	1.638	1.618	1.597	1.572	1.538	1.510	1.457
13	92,75%	1.629	1.609	1.588	1.564	1.530	1.502	1.449
14	92,25%	1.620	1.601	1.580	1.555	1.522	1.494	1.442
15	91,75%	1.611	1.592	1.571	1.547	1.513	1.486	1.434
16	91,25%	1.602	1.583	1.563	1.539	1.505	1.478	1.426
17	90,75%	1.594	1.575	1.554	1.530	1.497	1.470	1.418
18	90,25%	1.585	1.566	1.546	1.522	1.489	1.461	1.410
19	89,75%	1.576	1.557	1.537	1.513	1.480	1.453	1.403
20	89,25%	1.567	1.548	1.528	1.505	1.472	1.445	1.395
21	88,75%	1.559	1.540	1.520	1.496	1.464	1.437	1.387
22	88,25%	1.550	1.531	1.511	1.488	1.456	1.429	1.379
23	87,75%	1.541	1.522	1.503	1.480	1.447	1.421	1.371
24	87,25%	1.532	1.514	1.494	1.471	1.439	1.413	1.363
25	86,75%	1.523	1.505	1.486	1.463	1.431	1.405	1.356

Tabla III.9. Horas equivalentes para los distintos escenarios probabilísticos – Hospital Salvatierra.

Año	Porcentaje de potencia pico	Producción de energía (kWh)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	748.358	739.384	729.782	718.545	702.962	690.092	665.952
2	98,25%	744.569	735.640	726.087	714.907	699.402	686.598	662.580
3	97,75%	740.780	731.896	722.392	711.269	695.843	683.104	659.208
4	97,25%	736.991	728.153	718.697	707.631	692.284	679.610	655.836
5	96,75%	733.201	724.409	715.002	703.992	688.724	676.116	652.464
6	96,25%	729.412	720.665	711.307	700.354	685.165	672.622	649.092
7	95,75%	725.623	716.921	707.612	696.716	681.606	669.128	645.720
8	95,25%	721.834	713.178	703.917	693.078	678.047	665.633	642.348
9	94,75%	718.045	709.434	700.221	689.440	674.487	662.139	638.977
10	94,25%	714.256	705.690	696.526	685.801	670.928	658.645	635.605
11	93,75%	710.467	701.947	692.831	682.163	667.369	655.151	632.233
12	93,25%	706.677	698.203	689.136	678.525	663.809	651.657	628.861
13	92,75%	702.888	694.459	685.441	674.887	660.250	648.163	625.489
14	92,25%	699.099	690.715	681.746	671.249	656.691	644.669	622.117
15	91,75%	695.310	686.972	678.051	667.610	653.131	641.174	618.745
16	91,25%	691.521	683.228	674.356	663.972	649.572	637.680	615.373
17	90,75%	687.732	679.484	670.661	660.334	646.013	634.186	612.001
18	90,25%	683.942	675.741	666.966	656.696	642.454	630.692	608.629
19	89,75%	680.153	671.997	663.270	653.058	638.894	627.198	605.257
20	89,25%	676.364	668.253	659.575	649.419	635.335	623.704	601.886
21	88,75%	672.575	664.509	655.880	645.781	631.776	620.210	598.514
22	88,25%	668.786	660.766	652.185	642.143	628.216	616.715	595.142
23	87,75%	664.997	657.022	648.490	638.505	624.657	613.221	591.770
24	87,25%	661.208	653.278	644.795	634.867	621.098	609.727	588.398
25	86,75%	657.418	649.535	641.100	631.228	617.538	606.233	585.026

Tabla II.10. Producción estimada según para los distintos escenarios probabilísticos – Hospital Salvatierra.

Ayuntamiento

Año	Porcentaje de potencia pico	Horas equivalentes (kWh/kWp)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	1.734	1.713	1.691	1.665	1.629	1.599	1.543
2	98,25%	1.725	1.704	1.682	1.656	1.620	1.591	1.535
3	97,75%	1.716	1.696	1.674	1.648	1.612	1.583	1.527
4	97,25%	1.707	1.687	1.665	1.639	1.604	1.575	1.519
5	96,75%	1.699	1.678	1.657	1.631	1.596	1.566	1.512
6	96,25%	1.690	1.670	1.648	1.623	1.587	1.558	1.504
7	95,75%	1.681	1.661	1.639	1.614	1.579	1.550	1.496
8	95,25%	1.672	1.652	1.631	1.606	1.571	1.542	1.488
9	94,75%	1.664	1.644	1.622	1.597	1.563	1.534	1.480
10	94,25%	1.655	1.635	1.614	1.589	1.554	1.526	1.473
11	93,75%	1.646	1.626	1.605	1.580	1.546	1.518	1.465
12	93,25%	1.637	1.618	1.597	1.572	1.538	1.510	1.457
13	92,75%	1.628	1.609	1.588	1.564	1.530	1.502	1.449
14	92,25%	1.620	1.600	1.579	1.555	1.521	1.494	1.441
15	91,75%	1.611	1.592	1.571	1.547	1.513	1.485	1.434
16	91,25%	1.602	1.583	1.562	1.538	1.505	1.477	1.426
17	90,75%	1.593	1.574	1.554	1.530	1.497	1.469	1.418
18	90,25%	1.585	1.566	1.545	1.521	1.488	1.461	1.410
19	89,75%	1.576	1.557	1.537	1.513	1.480	1.453	1.402
20	89,25%	1.567	1.548	1.528	1.505	1.472	1.445	1.394
21	88,75%	1.558	1.540	1.520	1.496	1.464	1.437	1.387
22	88,25%	1.549	1.531	1.511	1.488	1.455	1.429	1.379
23	87,75%	1.541	1.522	1.502	1.479	1.447	1.421	1.371
24	87,25%	1.532	1.514	1.494	1.471	1.439	1.413	1.363
25	86,75%	1.523	1.505	1.485	1.462	1.431	1.405	1.355

Tabla III.11. Horas equivalentes para los distintos escenarios probabilísticos – Ayuntamiento.

Año	Porcentaje de potencia pico	Producción de energía (kWh)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	311.303	307.570	303.576	298.901	292.419	287.065	277.023
2	98,25%	309.727	306.012	302.039	297.388	290.938	285.612	275.621
3	97,75%	308.150	304.455	300.501	295.874	289.458	284.158	274.218
4	97,25%	306.574	302.898	298.964	294.361	287.977	282.705	272.815
5	96,75%	304.998	301.340	297.427	292.848	286.496	281.251	271.413
6	96,25%	303.422	299.783	295.890	291.334	285.016	279.798	270.010
7	95,75%	301.846	298.226	294.353	289.821	283.535	278.344	268.607
8	95,25%	300.269	296.668	292.816	288.307	282.055	276.891	267.205
9	94,75%	298.693	295.111	291.279	286.794	280.574	275.437	265.802
10	94,25%	297.117	293.554	289.742	285.280	279.093	273.984	264.400
11	93,75%	295.541	291.997	288.205	283.767	277.613	272.530	262.997
12	93,25%	293.964	290.439	286.668	282.254	276.132	271.077	261.594
13	92,75%	292.388	288.882	285.131	280.740	274.652	269.623	260.192
14	92,25%	290.812	287.325	283.593	279.227	273.171	268.170	258.789
15	91,75%	289.236	285.767	282.056	277.713	271.690	266.716	257.386
16	91,25%	287.660	284.210	280.519	276.200	270.210	265.263	255.984
17	90,75%	286.083	282.653	278.982	274.686	268.729	263.809	254.581
18	90,25%	284.507	281.095	277.445	273.173	267.249	262.356	253.178
19	89,75%	282.931	279.538	275.908	271.660	265.768	260.902	251.776
20	89,25%	281.355	277.981	274.371	270.146	264.287	259.449	250.373
21	88,75%	279.778	276.423	272.834	268.633	262.807	257.995	248.970
22	88,25%	278.202	274.866	271.297	267.119	261.326	256.542	247.568
23	87,75%	276.626	273.309	269.760	265.606	259.846	255.088	246.165
24	87,25%	275.050	271.751	268.223	264.093	258.365	253.635	244.762
25	86,75%	273.474	270.194	266.685	262.579	256.884	252.182	243.360

Tabla II.12. Producción estimada según para los distintos escenarios probabilísticos – Ayuntamiento.

Centro de Justicia

Año	Porcentaje de potencia pico	Horas equivalentes (kWh/kWp)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	1.738	1.717	1.695	1.669	1.633	1.603	1.547
2	98,25%	1.729	1.708	1.686	1.660	1.624	1.595	1.539
3	97,75%	1.720	1.700	1.678	1.652	1.616	1.586	1.531
4	97,25%	1.712	1.691	1.669	1.643	1.608	1.578	1.523
5	96,75%	1.703	1.682	1.660	1.635	1.599	1.570	1.515
6	96,25%	1.694	1.674	1.652	1.626	1.591	1.562	1.507
7	95,75%	1.685	1.665	1.643	1.618	1.583	1.554	1.500
8	95,25%	1.676	1.656	1.635	1.610	1.575	1.546	1.492
9	94,75%	1.668	1.648	1.626	1.601	1.566	1.538	1.484
10	94,25%	1.659	1.639	1.618	1.593	1.558	1.530	1.476
11	93,75%	1.650	1.630	1.609	1.584	1.550	1.521	1.468
12	93,25%	1.641	1.621	1.600	1.576	1.542	1.513	1.460
13	92,75%	1.632	1.613	1.592	1.567	1.533	1.505	1.453
14	92,25%	1.624	1.604	1.583	1.559	1.525	1.497	1.445
15	91,75%	1.615	1.595	1.575	1.550	1.517	1.489	1.437
16	91,25%	1.606	1.587	1.566	1.542	1.509	1.481	1.429
17	90,75%	1.597	1.578	1.557	1.534	1.500	1.473	1.421
18	90,25%	1.588	1.569	1.549	1.525	1.492	1.465	1.413
19	89,75%	1.580	1.561	1.540	1.517	1.484	1.457	1.406
20	89,25%	1.571	1.552	1.532	1.508	1.475	1.448	1.398
21	88,75%	1.562	1.543	1.523	1.500	1.467	1.440	1.390
22	88,25%	1.553	1.535	1.515	1.491	1.459	1.432	1.382
23	87,75%	1.544	1.526	1.506	1.483	1.451	1.424	1.374
24	87,25%	1.536	1.517	1.497	1.474	1.442	1.416	1.366
25	86,75%	1.527	1.508	1.489	1.466	1.434	1.408	1.359

Tabla III.13. Horas equivalentes para los distintos escenarios probabilísticos – Centro de Justicia Penal.

Año	Porcentaje de potencia pico	Producción de energía (kWh)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	120.439	118.995	117.449	115.641	113.133	111.062	107.177
2	98,25%	119.829	118.392	116.855	115.055	112.560	110.499	106.634
3	97,75%	119.219	117.790	116.260	114.470	111.987	109.937	106.091
4	97,25%	118.609	117.187	115.665	113.884	111.414	109.375	105.549
5	96,75%	118.000	116.585	115.071	113.299	110.842	108.812	105.006
6	96,25%	117.390	115.982	114.476	112.713	110.269	108.250	104.463
7	95,75%	116.780	115.380	113.881	112.128	109.696	107.688	103.921
8	95,25%	116.170	114.777	113.287	111.542	109.123	107.125	103.378
9	94,75%	115.560	114.175	112.692	110.957	108.550	106.563	102.835
10	94,25%	114.950	113.572	112.097	110.371	107.977	106.001	102.293
11	93,75%	114.341	112.969	111.502	109.786	107.405	105.438	101.750
12	93,25%	113.731	112.367	110.908	109.200	106.832	104.876	101.207
13	92,75%	113.121	111.764	110.313	108.615	106.259	104.314	100.665
14	92,25%	112.511	111.162	109.718	108.029	105.686	103.751	100.122
15	91,75%	111.901	110.559	109.124	107.444	105.113	103.189	99.579
16	91,25%	111.292	109.957	108.529	106.858	104.540	102.627	99.037
17	90,75%	110.682	109.354	107.934	106.272	103.968	102.064	98.494
18	90,25%	110.072	108.752	107.340	105.687	103.395	101.502	97.951
19	89,75%	109.462	108.149	106.745	105.101	102.822	100.940	97.409
20	89,25%	108.852	107.547	106.150	104.516	102.249	100.377	96.866
21	88,75%	108.243	106.944	105.556	103.930	101.676	99.815	96.323
22	88,25%	107.633	106.342	104.961	103.345	101.104	99.253	95.781
23	87,75%	107.023	105.739	104.366	102.759	100.531	98.690	95.238
24	87,25%	106.413	105.137	103.772	102.174	99.958	98.128	94.695
25	86,75%	105.803	104.534	103.177	101.588	99.385	97.566	94.153

Tabla II.14. Producción estimada según para los distintos escenarios probabilísticos – Centro de Justicia Penal.

Escuela Preparatoria Morelos

Año	Porcentaje de potencia pico	Horas equivalentes (kWh/kWp)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	1.730	1.709	1.687	1.661	1.625	1.595	1.539
2	98,25%	1.721	1.700	1.678	1.652	1.616	1.587	1.531
3	97,75%	1.712	1.692	1.670	1.644	1.608	1.579	1.524
4	97,25%	1.703	1.683	1.661	1.635	1.600	1.571	1.516
5	96,75%	1.695	1.674	1.653	1.627	1.592	1.563	1.508
6	96,25%	1.686	1.666	1.644	1.619	1.584	1.555	1.500
7	95,75%	1.677	1.657	1.635	1.610	1.575	1.546	1.492
8	95,25%	1.668	1.648	1.627	1.602	1.567	1.538	1.485
9	94,75%	1.660	1.640	1.618	1.593	1.559	1.530	1.477
10	94,25%	1.651	1.631	1.610	1.585	1.551	1.522	1.469
11	93,75%	1.642	1.622	1.601	1.577	1.542	1.514	1.461
12	93,25%	1.633	1.614	1.593	1.568	1.534	1.506	1.453
13	92,75%	1.625	1.605	1.584	1.560	1.526	1.498	1.446
14	92,25%	1.616	1.596	1.576	1.551	1.518	1.490	1.438
15	91,75%	1.607	1.588	1.567	1.543	1.510	1.482	1.430
16	91,25%	1.598	1.579	1.559	1.535	1.501	1.474	1.422
17	90,75%	1.589	1.570	1.550	1.526	1.493	1.466	1.414
18	90,25%	1.581	1.562	1.541	1.518	1.485	1.458	1.407
19	89,75%	1.572	1.553	1.533	1.509	1.477	1.450	1.399
20	89,25%	1.563	1.544	1.524	1.501	1.468	1.441	1.391
21	88,75%	1.554	1.536	1.516	1.493	1.460	1.433	1.383
22	88,25%	1.546	1.527	1.507	1.484	1.452	1.425	1.375
23	87,75%	1.537	1.519	1.499	1.476	1.444	1.417	1.368
24	87,25%	1.528	1.510	1.490	1.467	1.435	1.409	1.360
25	86,75%	1.519	1.501	1.482	1.459	1.427	1.401	1.352

Tabla III.15. Horas equivalentes para los distintos escenarios probabilísticos – Escuela Preparatoria Morelos.

Año	Porcentaje de potencia pico	Producción de energía (kWh)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	148.737	146.953	145.045	142.812	139.714	137.157	132.359
2	98,25%	147.984	146.209	144.310	142.088	139.007	136.462	131.688
3	97,75%	147.231	145.465	143.576	141.365	138.299	135.768	131.018
4	97,25%	146.478	144.721	142.842	140.642	137.592	135.073	130.348
5	96,75%	145.724	143.977	142.107	139.919	136.885	134.379	129.678
6	96,25%	144.971	143.233	141.373	139.196	136.177	133.684	129.008
7	95,75%	144.218	142.489	140.638	138.473	135.470	132.990	128.338
8	95,25%	143.465	141.745	139.904	137.750	134.762	132.295	127.667
9	94,75%	142.712	141.001	139.170	137.027	134.055	131.601	126.997
10	94,25%	141.959	140.257	138.435	136.304	133.348	130.906	126.327
11	93,75%	141.206	139.513	137.701	135.581	132.640	130.212	125.657
12	93,25%	140.453	138.768	136.966	134.857	131.933	129.517	124.987
13	92,75%	139.700	138.024	136.232	134.134	131.225	128.823	124.317
14	92,25%	138.947	137.280	135.498	133.411	130.518	128.128	123.646
15	91,75%	138.194	136.536	134.763	132.688	129.810	127.434	122.976
16	91,25%	137.440	135.792	134.029	131.965	129.103	126.740	122.306
17	90,75%	136.687	135.048	133.294	131.242	128.396	126.045	121.636
18	90,25%	135.934	134.304	132.560	130.519	127.688	125.351	120.966
19	89,75%	135.181	133.560	131.826	129.796	126.981	124.656	120.295
20	89,25%	134.428	132.816	131.091	129.073	126.273	123.962	119.625
21	88,75%	133.675	132.072	130.357	128.350	125.566	123.267	118.955
22	88,25%	132.922	131.328	129.622	127.627	124.859	122.573	118.285
23	87,75%	132.169	130.584	128.888	126.903	124.151	121.878	117.615
24	87,25%	131.416	129.840	128.154	126.180	123.444	121.184	116.945
25	86,75%	130.663	129.096	127.419	125.457	122.736	120.489	116.274

Tabla II.16. Producción estimada según para los distintos escenarios probabilísticos – Escuela Preparatoria Morelos.

Escuela Normal Superior

Año	Porcentaje de potencia pico	Horas equivalentes (kWh/kWp)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	1.714	1.694	1.672	1.646	1.610	1.581	1.525
2	98,25%	1.705	1.685	1.663	1.637	1.602	1.573	1.518
3	97,75%	1.697	1.676	1.655	1.629	1.594	1.565	1.510
4	97,25%	1.688	1.668	1.646	1.621	1.586	1.557	1.502
5	96,75%	1.679	1.659	1.638	1.612	1.578	1.549	1.494
6	96,25%	1.671	1.651	1.629	1.604	1.569	1.541	1.487
7	95,75%	1.662	1.642	1.621	1.596	1.561	1.533	1.479
8	95,25%	1.653	1.634	1.612	1.587	1.553	1.525	1.471
9	94,75%	1.645	1.625	1.604	1.579	1.545	1.517	1.464
10	94,25%	1.636	1.616	1.595	1.571	1.537	1.509	1.456
11	93,75%	1.627	1.608	1.587	1.562	1.529	1.501	1.448
12	93,25%	1.619	1.599	1.578	1.554	1.520	1.493	1.440
13	92,75%	1.610	1.591	1.570	1.546	1.512	1.485	1.433
14	92,25%	1.601	1.582	1.562	1.537	1.504	1.477	1.425
15	91,75%	1.593	1.574	1.553	1.529	1.496	1.469	1.417
16	91,25%	1.584	1.565	1.545	1.521	1.488	1.461	1.410
17	90,75%	1.575	1.556	1.536	1.512	1.480	1.453	1.402
18	90,25%	1.567	1.548	1.528	1.504	1.472	1.445	1.394
19	89,75%	1.558	1.539	1.519	1.496	1.463	1.437	1.386
20	89,25%	1.549	1.531	1.511	1.487	1.455	1.429	1.379
21	88,75%	1.541	1.522	1.502	1.479	1.447	1.421	1.371
22	88,25%	1.532	1.513	1.494	1.471	1.439	1.413	1.363
23	87,75%	1.523	1.505	1.485	1.462	1.431	1.405	1.355
24	87,25%	1.514	1.496	1.477	1.454	1.423	1.397	1.348
25	86,75%	1.506	1.488	1.468	1.446	1.414	1.389	1.340

Tabla III.17. Horas equivalentes para los distintos escenarios probabilísticos – Escuela Normal Superior.

Año	Porcentaje de potencia pico	Producción de energía (kWh)						
		P50	P60	P70	P80	P90	P95	P99
1	98,75%	199.781	197.385	194.822	191.822	187.662	184.226	177.781
2	98,25%	198.769	196.385	193.835	190.850	186.711	183.293	176.881
3	97,75%	197.757	195.386	192.849	189.879	185.761	182.360	175.981
4	97,25%	196.746	194.387	191.862	188.908	184.811	181.428	175.081
5	96,75%	195.734	193.387	190.876	187.937	183.861	180.495	174.181
6	96,25%	194.723	192.388	189.889	186.966	182.911	179.562	173.281
7	95,75%	193.711	191.388	188.903	185.994	181.960	178.629	172.381
8	95,25%	192.700	190.389	187.916	185.023	181.010	177.696	171.480
9	94,75%	191.688	189.389	186.930	184.052	180.060	176.764	170.580
10	94,25%	190.677	188.390	185.944	183.081	179.110	175.831	169.680
11	93,75%	189.665	187.391	184.957	182.109	178.160	174.898	168.780
12	93,25%	188.654	186.391	183.971	181.138	177.210	173.965	167.880
13	92,75%	187.642	185.392	182.984	180.167	176.259	173.033	166.980
14	92,25%	186.630	184.392	181.998	179.196	175.309	172.100	166.079
15	91,75%	185.619	183.393	181.011	178.224	174.359	171.167	165.179
16	91,25%	184.607	182.394	180.025	177.253	173.409	170.234	164.279
17	90,75%	183.596	181.394	179.039	176.282	172.459	169.301	163.379
18	90,25%	182.584	180.395	178.052	175.311	171.508	168.369	162.479
19	89,75%	181.573	179.395	177.066	174.339	170.558	167.436	161.579
20	89,25%	180.561	178.396	176.079	173.368	169.608	166.503	160.678
21	88,75%	179.550	177.396	175.093	172.397	168.658	165.570	159.778
22	88,25%	178.538	176.397	174.106	171.426	167.708	164.637	158.878
23	87,75%	177.526	175.398	173.120	170.454	166.757	163.705	157.978
24	87,25%	176.515	174.398	172.133	169.483	165.807	162.772	157.078
25	86,75%	175.503	173.399	171.147	168.512	164.857	161.839	156.178

Tabla II.18. Producción estimada según para los distintos escenarios probabilísticos – Escuela Normal Superior.

ANEXO III. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

A la hora de realizar el diseño de las cubiertas requeridas por el Cliente, el Asesor técnico ha considerado los siguientes criterios:

CRITERIOS DE DISEÑO

Consideraciones de carácter general

- Se ha observado que la escala incluida en la leyenda de los planos proporcionados, no se corresponde con la real. Se ha considerado por tanto que todos los planos facilitados están a 1:100.
- En aquellos edificios en donde no se había confirmado el punto de conexión, se ha estimado que estos se encuentran en la primera planta de cada edificio.
- En general, se han situado todos los inversores en la cubierta para minimizar cableado DC.
- Se ha considerado la existencia de bajantes o bien la posibilidad de realizar la tirada del cable en canaleta por la fachada de los edificios.

Ayuntamiento

- Existen discrepancias entre la posición del norte en los planos proporcionados y a su vez con lo comprobado con la imagen satelital de Google Earth. Se consideró el Norte observado en Google Earth.
- La planta de los edificios proporcionada en el plano no correspondía con la vista aérea obtenida a través de Google Earth. Esta diferencia no influía significativamente en la forma de la cubierta.
- Se ha considerado un único punto de conexión ubicado en el edificio situado más al norte. La conexión entre la cubierta del edificio sur y el punto de conexión se ha realizado a través de tubo de PVC enterrado.

SEP

- Los planos facilitados no disponían de rosa de los vientos, por lo que se orientaron en base a lo observado en Google Earth.

Palacio de Gobierno

- Existen discrepancias entre la posición del norte en los planos proporcionados y a su vez con lo comprobado a través de Google Earth. Se consideró el Norte observado en Google Earth.
- Se ha considerado que, de acuerdo a la información proporcionada por la Secretaría de Planeación Urbana, Infraestructura y Transporte del Gobierno de Baja California Sur, el techo de lámina de la Sección 3, así que como las estructuras metálicas que hay en ella serán retiradas en su totalidad para la instalación del Proyecto.

Hospital Salvatierra

- En el caso del Hospital, se han ubicado todos los inversores en la sala de control principal.

Secretaría de Finanzas

- En la Secretaría de Finanzas, no se han instalado Cajas de Nivel 1 dado que el inversor contaba con entradas suficientes para los strings establecidos.

Centro de Justicia Penal

- Los planos facilitados no disponían de rosa de los vientos, por lo que se orientaron en base a lo observado en Google Earth.
- En el bloque de 15kW tampoco se ha considerado la instalación de cajas de nivel 1, al no ser necesarias.

Escuela Normal Superior

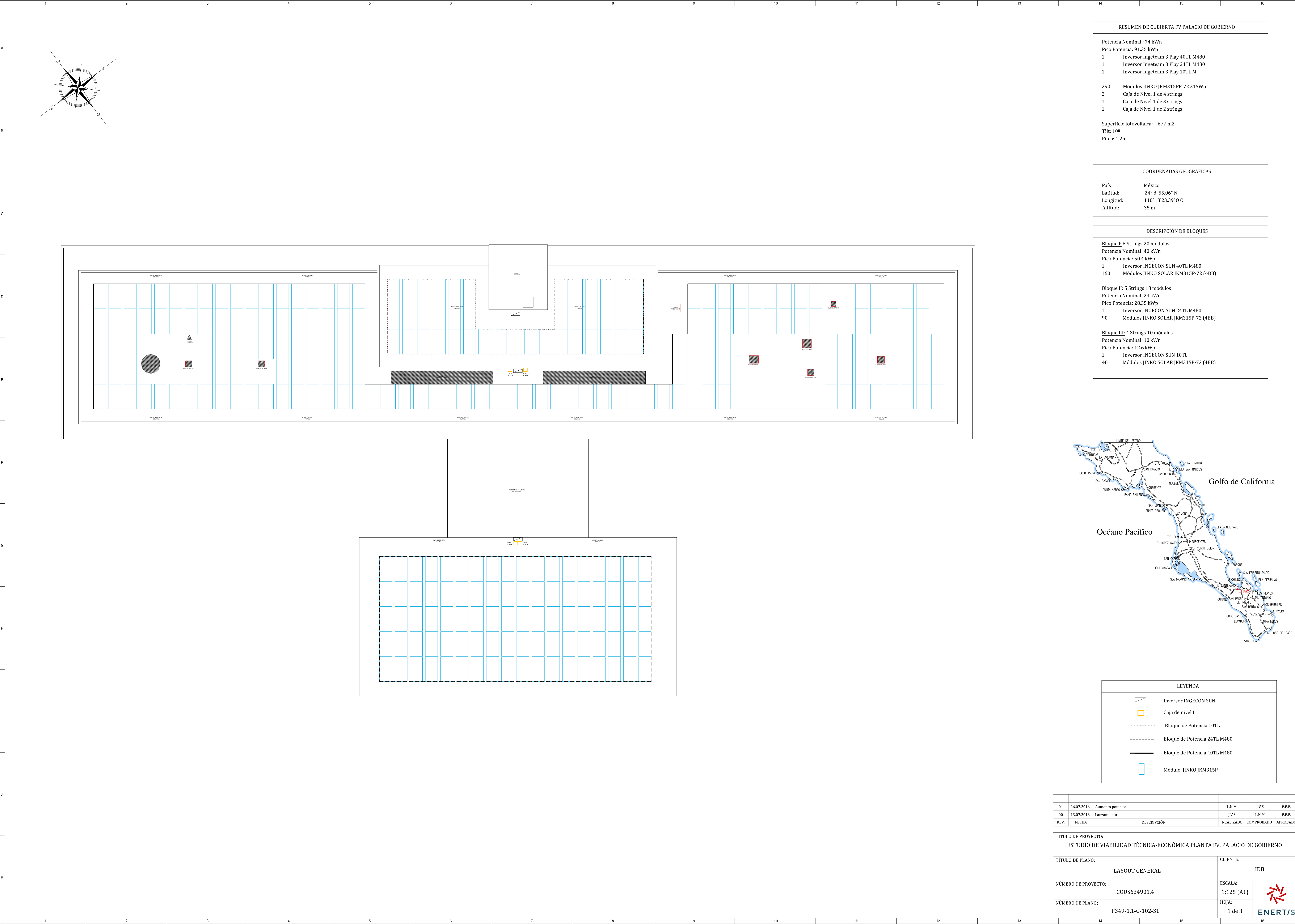
- Existen discrepancias entre la posición del norte en los planos proporcionados con lo comprobado a través de Google Earth. Esta discrepancia afecta sólo a algunos de los edificios del complejo de la Escuela y no era muy significativa, por lo que se consideró la posición fijada en los planos.
- Además se ha modificado la cantidad de obstáculos (aire acondicionado, etc) situados en las cubiertas en base a lo observado en Google Earth.

Escuela Preparatoria J.M. Morelos

- Existen discrepancias entre la posición del norte en los planos proporcionados con lo comprobado a través de Google Earth. Se consideró el Norte observado en Google Earth.

- El tamaño de los edificios no se correspondía con el observado en Google Earth. Se modificaron, colocaron y añadieron obstáculos en base a la imagen satelital obtenida a través de Google Earth.

ANEXO IV. IMPLANTACIÓN



RESUMEN DE CUBIERTA FV PALACIO DE GOBIERNO		
Potencia Nominal : 74 kWn		
Pico Potencia: 91.35 kWp		
1	Inversor Ingeteam 3 Play 40TL M480	
1	Inversor Ingeteam 3 Play 24TL M480	
1	Inversor Ingeteam 3 Play 10TL M	
290	Módulos JINKO JKM315PP-72 315Wp	
2	Caja de Nivel 1 de 4 strings	
1	Caja de Nivel 1 de 3 strings	
1	Caja de Nivel 1 de 2 strings	
Superficie fotovoltaica: 677 m2		
Tilt: 10º		
Pitch: 1.2m		

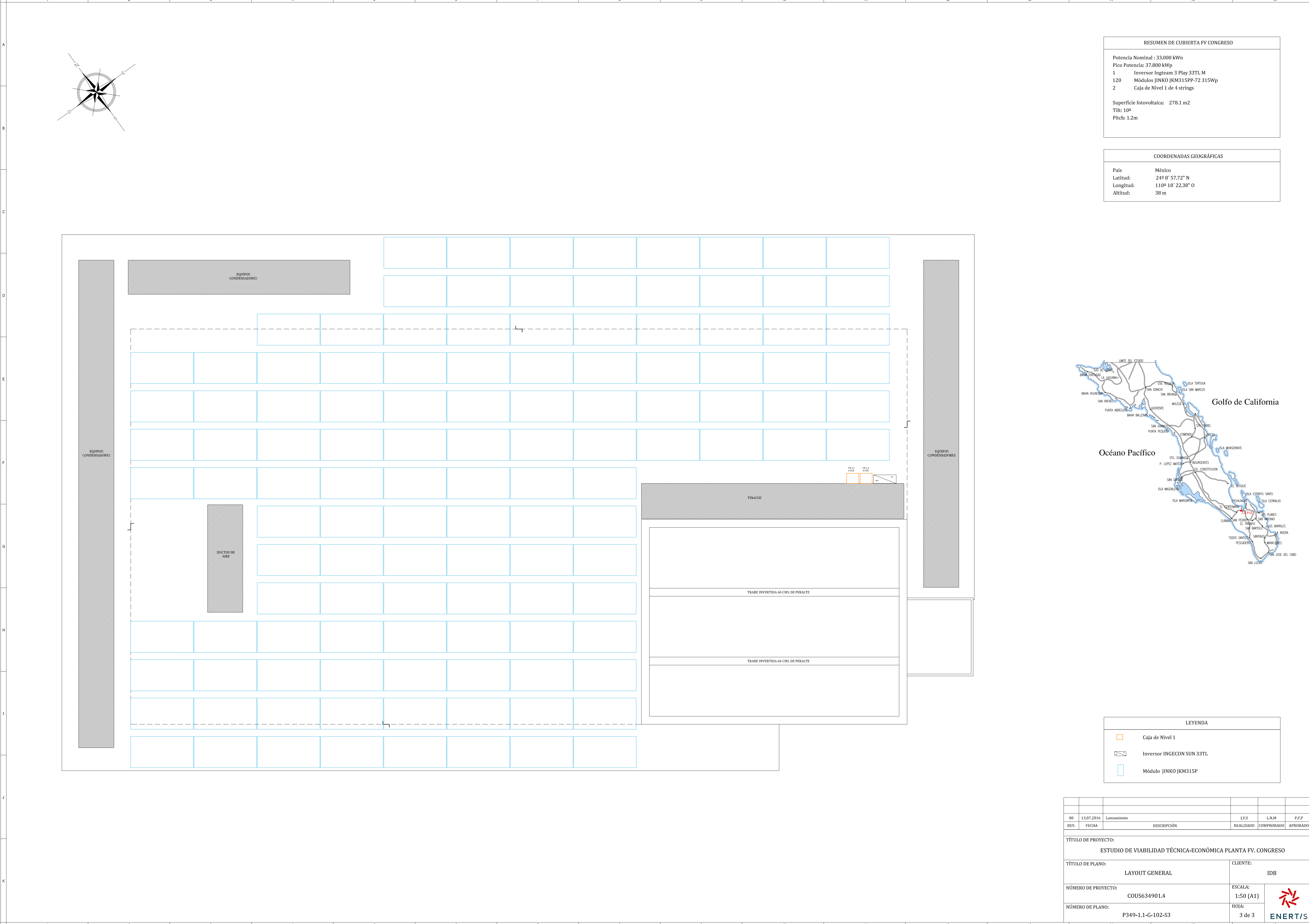
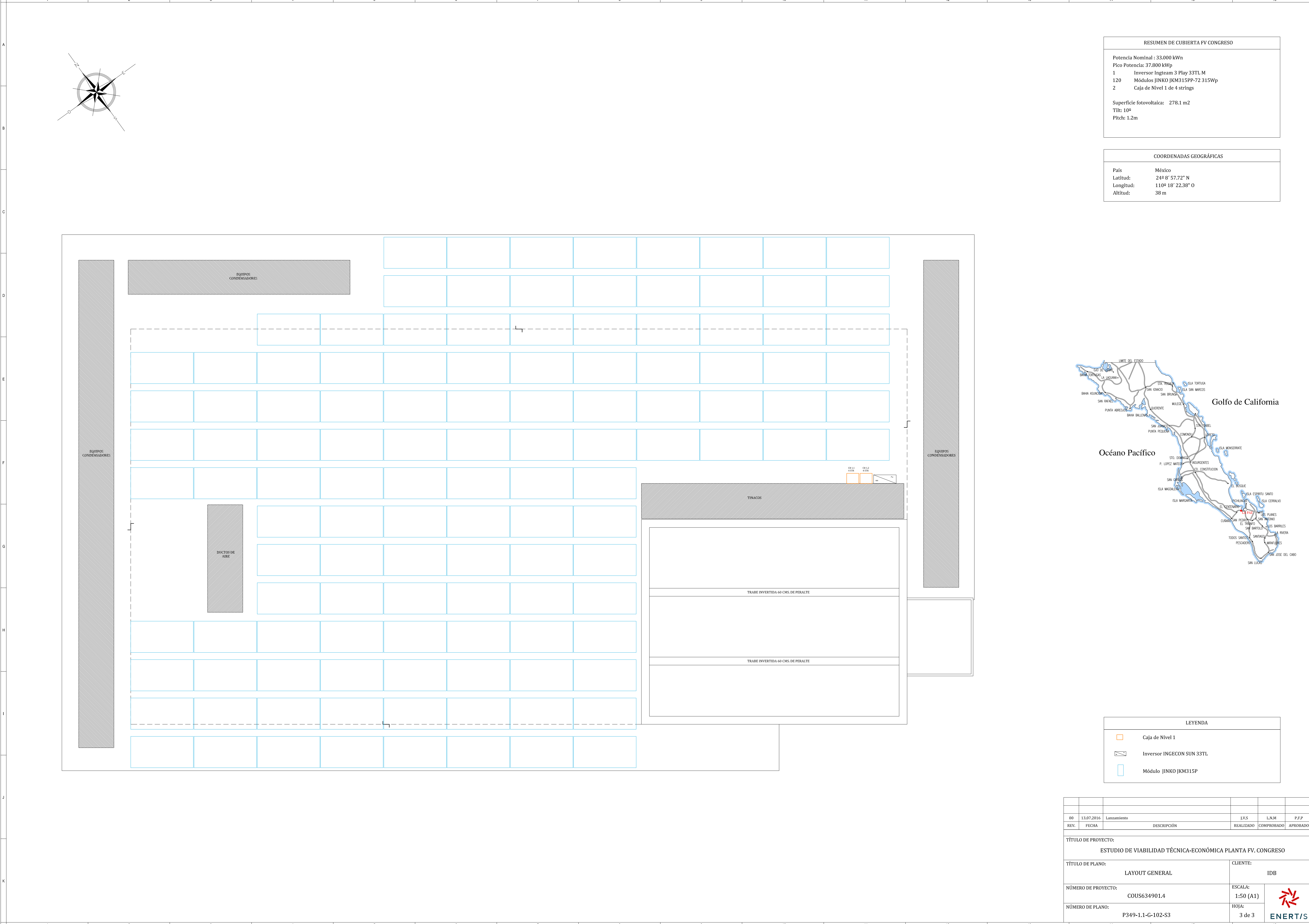
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
País	México
Latitud:	24° 8' 55.06" N
Longitud:	110°18'23.39"O O
Altitud:	35 m

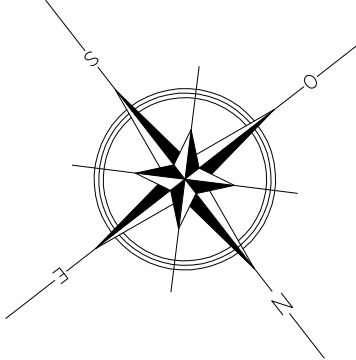
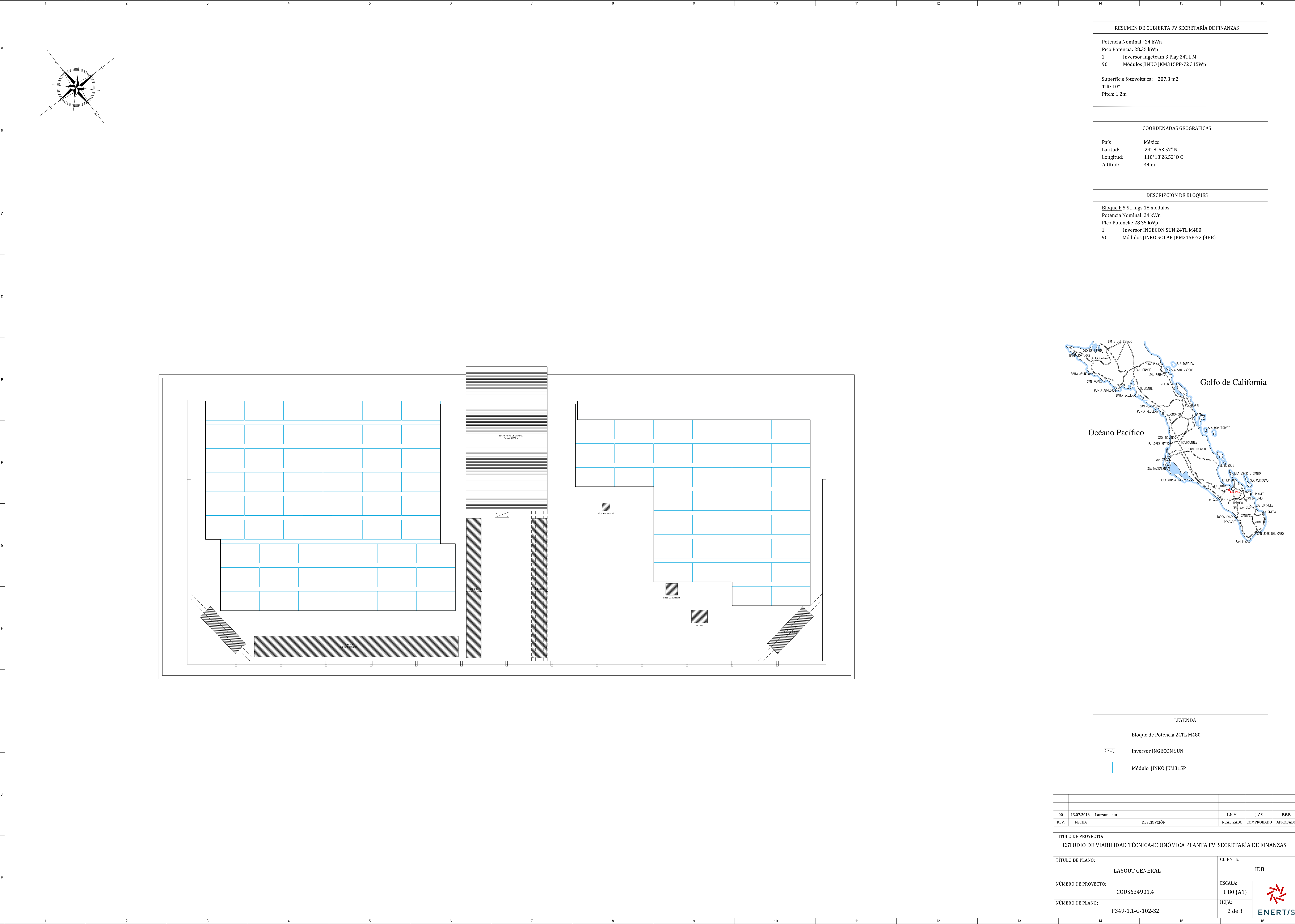
DESCRIPCIÓN DE BLOQUES	
Bloque I: 8 Strings 20 módulos	
Potencia Nominal: 40 kWn	
Pico Potencia: 50.4 kWp	
1	Inversor INGECON SUN 40TL M480
160	Módulos JINKO SOLAR JKM315P-72 (4BB)
Bloque II: 5 Strings 18 módulos	
Potencia Nominal: 24 kWn	
Pico Potencia: 28.35 kWp	
1	Inversor INGECON SUN 24TL M480
90	Módulos JINKO SOLAR JKM315P-72 (4BB)
Bloque III: 4 Strings 10 módulos	
Potencia Nominal: 10 kWn	
Pico Potencia: 12.6 kWp	
1	Inversor INGECON SUN 10TL
40	Módulos JINKO SOLAR JKM315P-72 (4BB)



LEYENDA	
	Inversor INGECON SUN
	Caja de nivel I
	Bloque de Potencia 10TL
	Bloque de Potencia 24TL M480
	Bloque de Potencia 40TL M480
	Módulo JINKO JKM315P

01	26.07.2016	Aumento potencia	L.N.M.	J.V.S.	P.F.P.
00	13.07.2016	Lanzamiento	J.V.S.	L.N.M.	P.F.P.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	REALIZADO	COMPROBADO	APROBADO
TÍTULO DE PROYECTO:					
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PLANTA FV. PALACIO DE GOBIERNO					
TÍTULO DE PLANO:			CLIENTE:		
LAYOUT GENERAL			IDB		
NÚMERO DE PROYECTO:			ESCALA:		
COUS634901.4			1:125 (A1)		
NÚMERO DE PLANO:			HOJA:		
P349-1.1-G-102-S1			1 de 3		

[illegible][illegible][illegible][illegible]



RESUMEN DE CUBIERTA FV SECRETARÍA DE FINANZAS	
Potencia Nominal : 24 kWn	
Pico Potencia: 28.35 kWp	
1	Inversor Ingeteam 3 Play 24TL M
90	Módulos JINKO JKM315PP-72 315Wp
Superficie fotovoltaica: 207.3 m2	
Tilt: 10º	
Pitch: 1.2m	

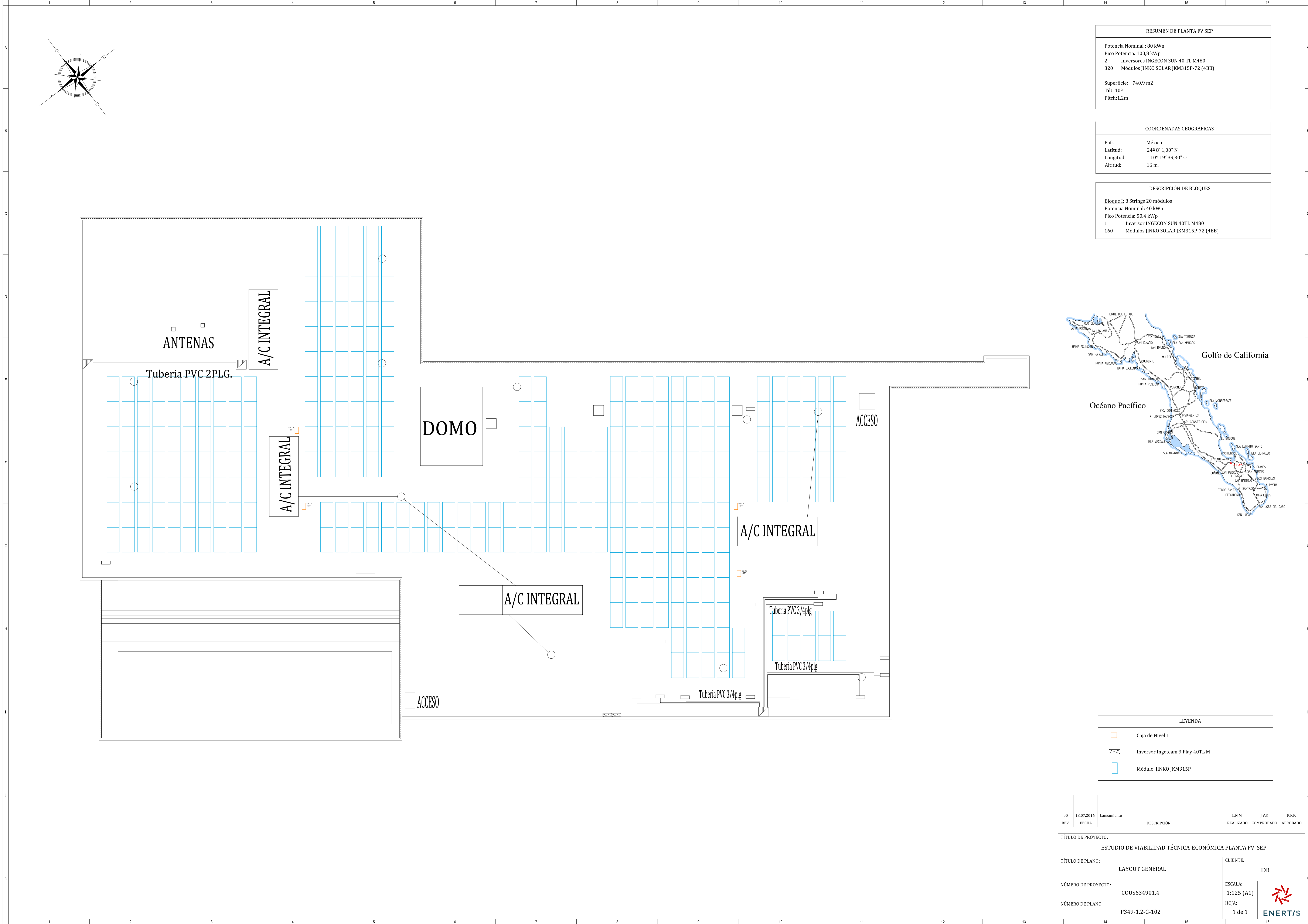
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Pais	México
Latitud:	24° 8' 53.57" N
Longitud:	110° 18' 26.52" O
Altitud:	44 m

DESCRIPCIÓN DE BLOQUES	
Bloque I: 5 Strings 18 módulos	
Potencia Nominal: 24 kWn	
Pico Potencia: 28.35 kWp	
1	Inversor INGECON SUN 24TL M480
90	Módulos JINKO SOLAR JKM315P-72 (4BB)



LEYENDA		
	Bloque de Potencia 24TL M480	
	Inversor INGECON SUN	
	Módulo JINKO JKM315P	



00	13.07.2016	Lanzamiento	L.N.M.	J.V.S.	P.F.P.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	REALIZADO	COMPROBADO	APROBADO
TÍTULO DE PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PLANTA FV. SECRETARÍA DE FINANZAS					
TÍTULO DE PLANO: LAYOUT GENERAL			CLIENTE: IDB		
NÚMERO DE PROYECTO: COUS634901.4			ESCALA: 1:80 (A1)		
NÚMERO DE PLANO: P349-1.1-G-102-S2			HOJA: 2 de 3		



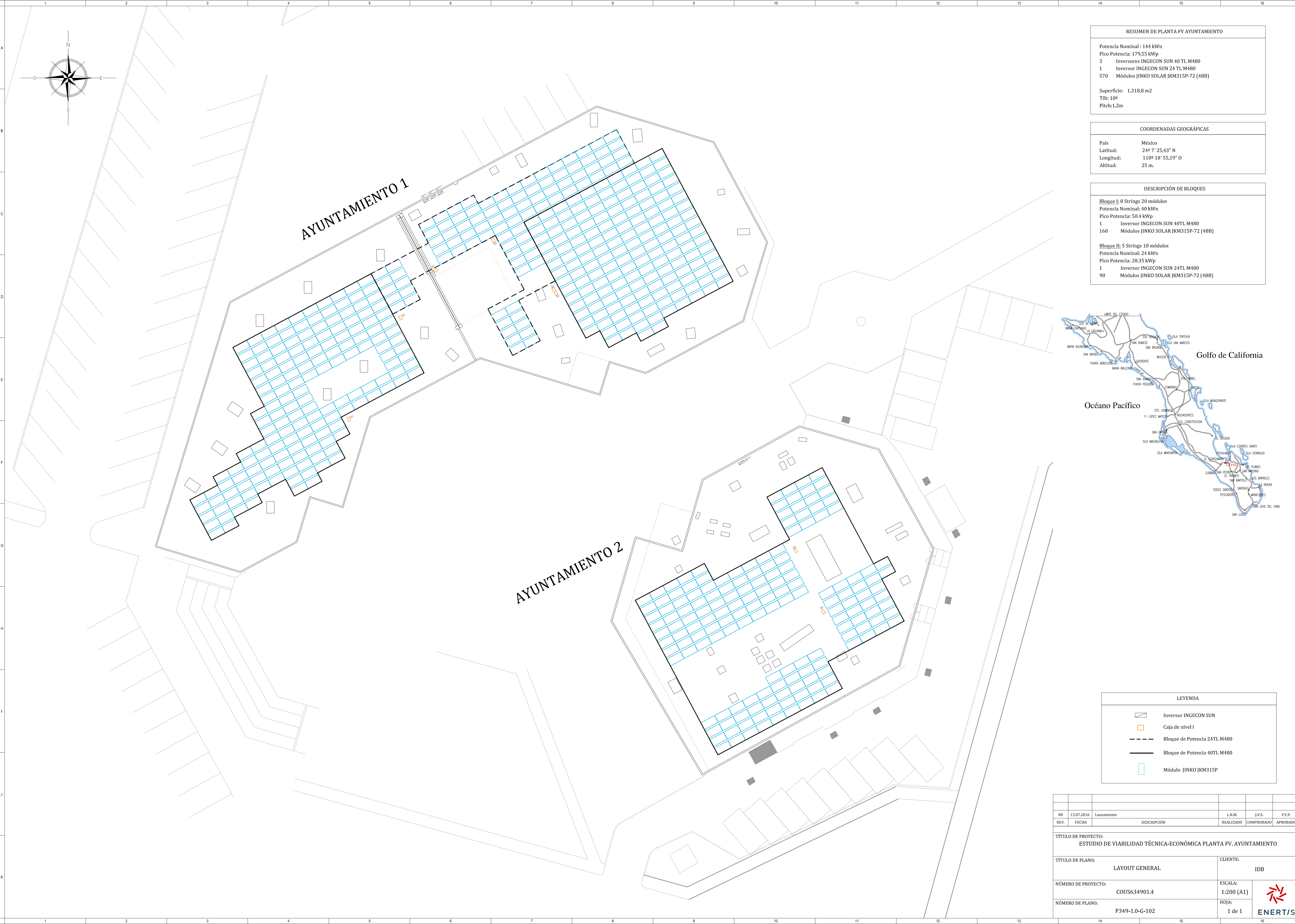
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
País	México
Latitud:	24º 8' 1,00" N
Longitud:	110º 19' 39,30" O
Altitud:	16 m.

DESCRIPCIÓN DE BLOQUES	
<p>Bloque I: 8 Strings 20 módulos</p> <p>Potencia Nominal: 40 kWn</p> <p>Pico Potencia: 50.4 kWp</p> <p>1 Inversor INGECON SUN 40TL M480</p> <p>160 Módulos JINKO SOLAR JKMC315P-72 (4BB)</p>	



LEYENDA	
	Caja de Nivel 1
	Inversor Ingeteam 3 Play 40TL M
	Módulo JINKO JKM315P

00	13.07.2016	Lanzamiento				L.N.M.	J.V.S.	P.E.P.		
REV.	FECHA		DESCRIPCIÓN			REALIZADO	COMPROBADO	APROBADO		
TÍTULO DE PROYECTO:										
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PLANTA FV. SEP										
TÍTULO DE PLANO: LAYOUT GENERAL						CLIENTE: IDB				
NÚMERO DE PROYECTO: COUS634901.4						ESCALA: 1:125 (A1)		 ENERT/S		
NÚMERO DE PLANO: P349-1.2-G-102						HOJA: 1 de 1				



RESUMEN DE PLANTA FV AYUNTAMIENTO	
Potencia Nominal : 144 kWn	
Pico Potencia: 179,55 kWp	
3 Inversores INGECON SUN 40 TL M480	
1 Inversor INGECON SUN 24 TL M480	
570 Módulos JINKO SOLAR JKM315P-72 (4BB)	
Superficie: 1.318,8 m2	
Tilt: 10º	
Pitch: 1.2m	

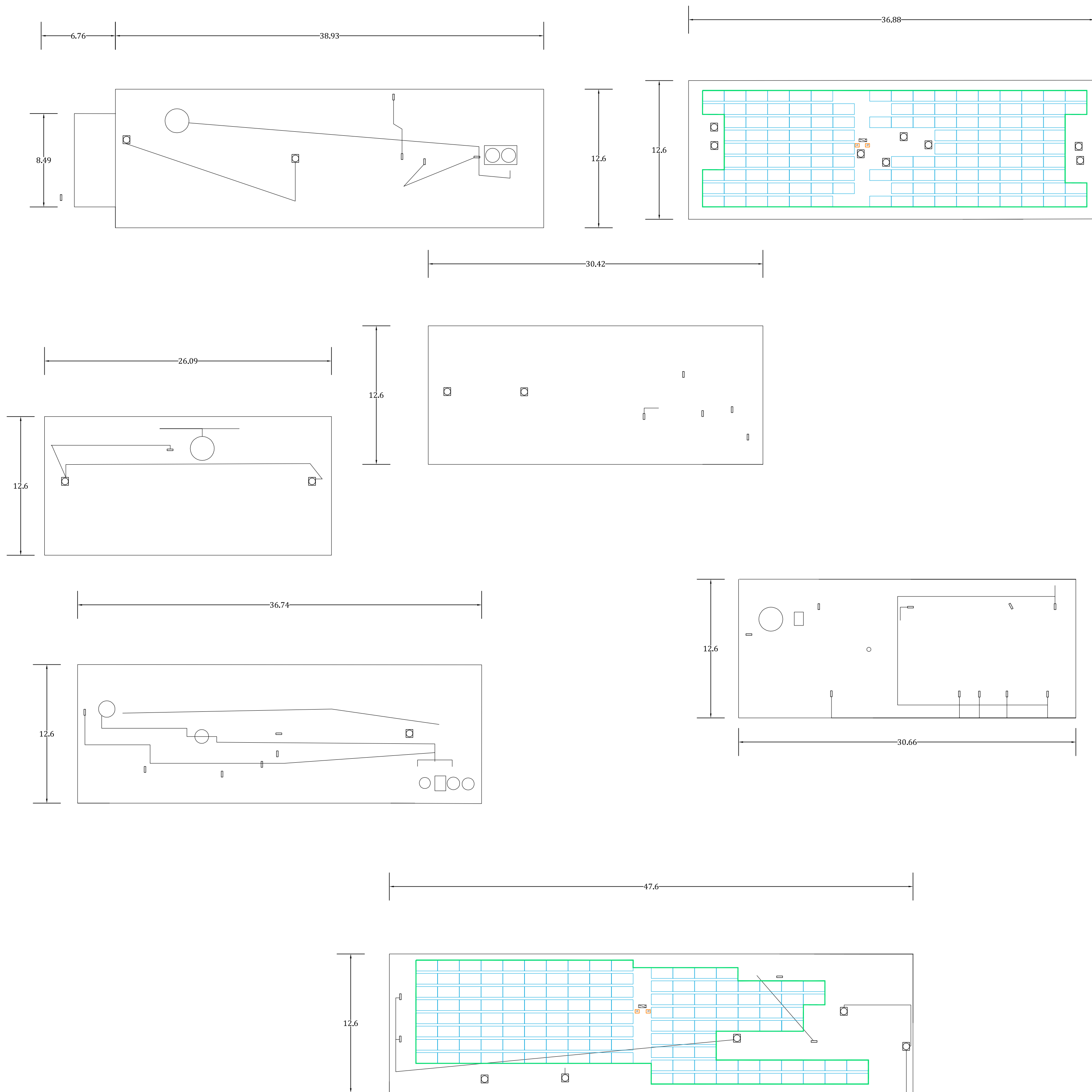
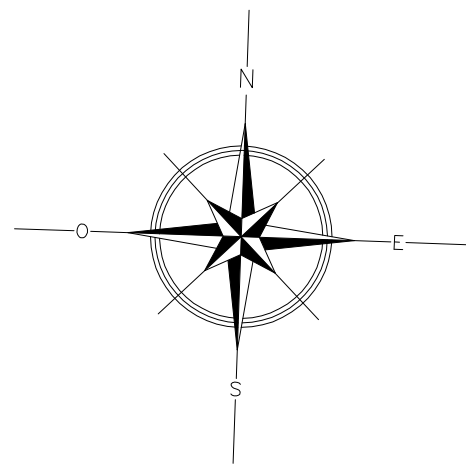
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Pais	México
Latitud:	24º 7' 25,43" N
Longitud:	110º 18' 55,19" O
Altitud:	25 m.

DESCRIPCIÓN DE BLOQUES	
Bloque I: 8 Strings 20 módulos	
Potencia Nominal: 40 kWn	
Pico Potencia: 50.4 kWp	
1 Inversor INGECON SUN 40TL M480	
160 Módulos JINKO SOLAR JKM315P-72 (4BB)	
Bloque II: 5 Strings 18 módulos	
Potencia Nominal: 24 kWn	
Pico Potencia: 28.35 kWp	
1 Inversor INGECON SUN 24TL M480	
90 Módulos JINKO SOLAR JKM315P-72 (4BB)	



LEYENDA	
	Inversor INGECON SUN
	Caja de nivel I
	Bloque de Potencia 24TL M480
	Bloque de Potencia 40TL M480
	Módulo JINKO JKM315P

00	13.07.2016	Lanzamiento		L.N.M.	J.V.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN		REALIZADO	COMPROBADO
P.F.P.					
TÍTULO DE PROYECTO:					
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PLANTA FV. AYUNTAMIENTO					
TÍTULO DE PLANO:				CLIENTE:	
LAYOUT GENERAL				IDB	
NÚMERO DE PROYECTO:				ESCALA:	
COUS634901.4				1:200 (A1)	
NÚMERO DE PLANO:				HOJA:	
P349-1.0-G-102				1 de 1	









RESUMEN DE CUBIERTA FV E. PREPARATORIA J.M. MORELOS Y PAVÓN	
Potencia Nominal :	66 kWn
Pico Potencia :	85.995 kWp
2	Inversor Ingeteam 3 Play 33TL M
273	Módulos JINKO JKM315PP-72 315Wp
2	Caja de Nivel 1 de 4 strings
2	Caja de Nivel 1 de 3 strings
Superficie fotovoltaica :	682.23 m2
Tilt:	10º
Pitch:	1.2m

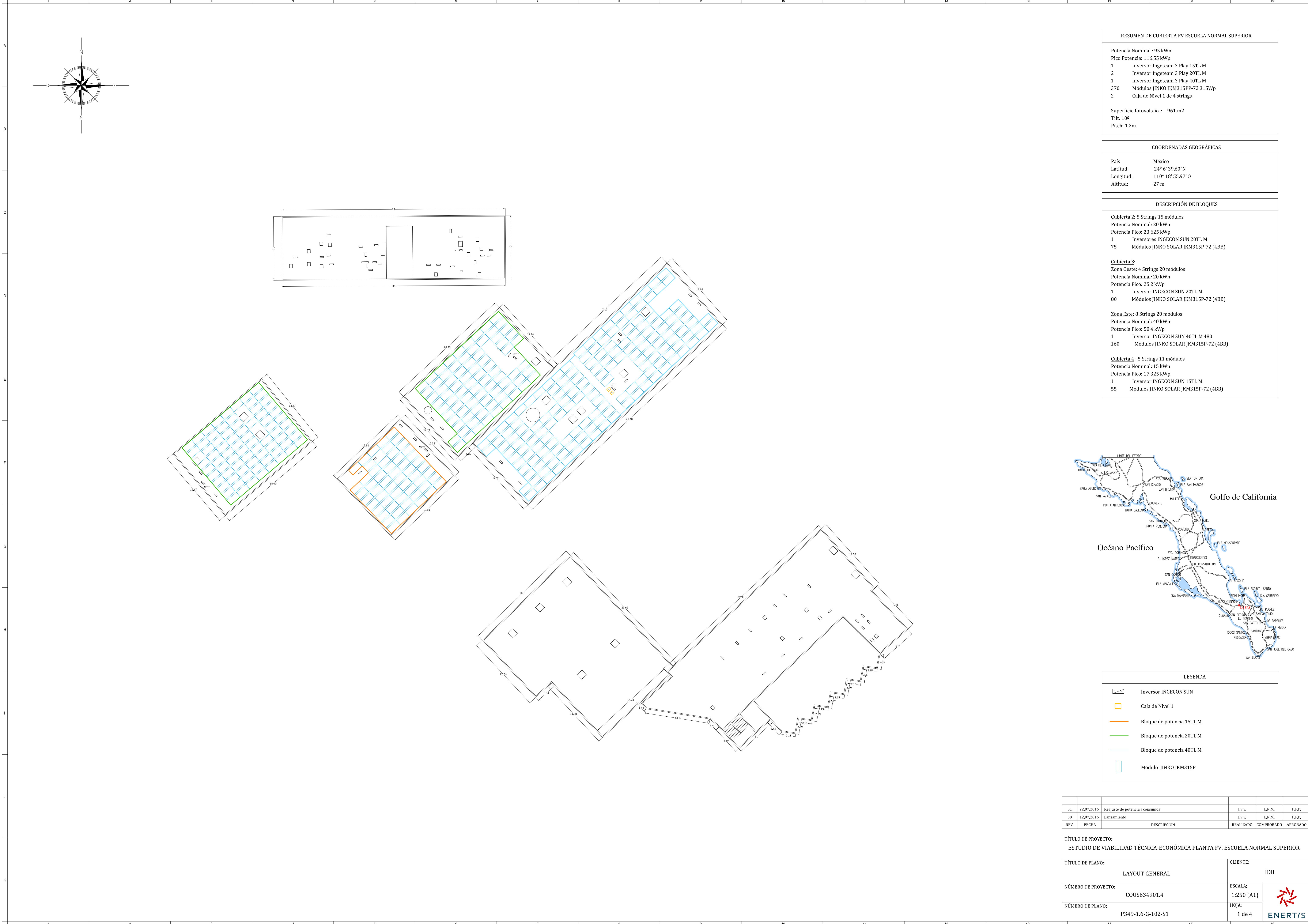
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
País	México
Latitud:	24° 8' 20.54"N
Longitud:	110° 18' 48.56"O
Altitud:	30 m

DESCRIPCIÓN DE BLOQUES	
Cubierta 2: 7 Strings 19 módulos	
Potencia Nominal: 33 kWn	
Potencia Pico: 41.895 kWp	
1	Inversor INGECON SUN 33TL M
133	Módulos JINKO SOLAR JKM315P-72 (4BB)
Cubierta 7 : 7 Strings 20 módulos	
Potencia Nominal: 33 kWn	
Potencia Pico: 44.1 kWp	
1	Inversor INGECON SUN 33TL M
140	Módulos JINKO SOLAR JKM315P-72 (4BB)









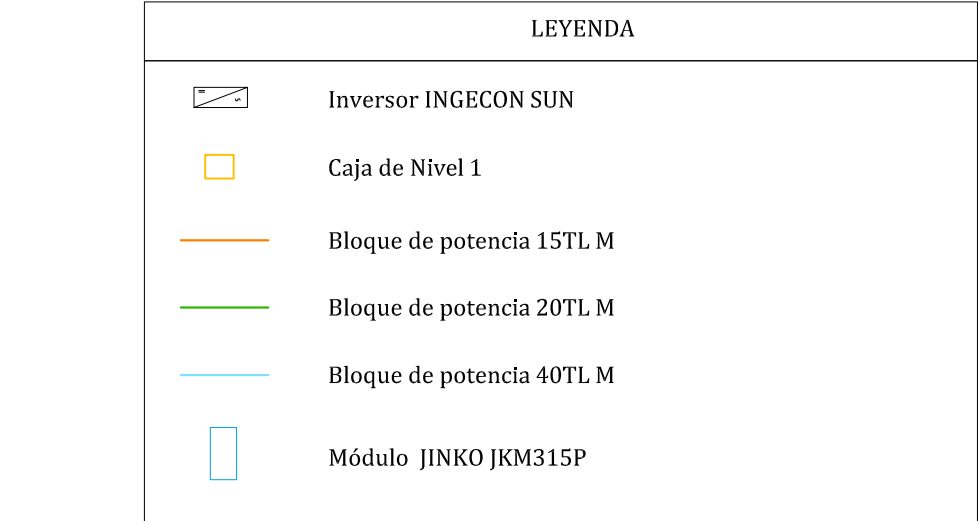
LEYENDA	
	Inversor INGECON SUN 33TL M
	Caja de Nivel 1
	Bloque de potencia 33TL M
	Módulo JINKO JKM315P


01	21.07.2016	Reajuste de potencia a consumos	J.V.S.	L.N.M.	P.F.P.
00	14.07.2016	Lanzamiento	J.V.S.	L.N.M.	P.F.P.
REV.	FECHA	DESCRIPCION	REALIZADO	COMPROBADO	APROBADO
TÍTULO DE PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PLANTA FV. E. PREPARATORIA J.M. MORELOS Y PAVÓN					
TÍTULO DE PLANO: LAYOUT GENERAL			CLIENTE: IDB		
NÚMERO DE PROYECTO: COUS634901.4			ESCALA: 1:250 (A1)		
NÚMERO DE PLANO: P349-1.4-G-102-S1			HOJA: 1 de 3		
					



COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
País	México
Latitud:	24° 6' 39.60"N
Longitud:	110° 18' 55.97"O
Altitud:	27 m

LEYENDA	
	Inversor INGECON SUN
	Caja de Nivel 1
	Bloque de potencia 15TL M
	Bloque de potencia 20TL M
	Bloque de potencia 40TL M
	Módulo JINKO JK315P



TÍTULO DE PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PLANTA FV. ESCUELA NORMAL SUPERIOR		
TÍTULO DE PLANO: LAYOUT GENERAL	CLIENTE: IDB	
NÚMERO DE PROYECTO: COUS634901.4	ESCALA: 1:250 (A1)	
NÚMERO DE PLANO: P349-1.6-G-102-S1	HOJA: 1 de 4	
		ENERT/S



ENERTIS