



OFICINA DE PARTES 2 FIA
RECEPCIONADO
Fecha1.8. NOV. 2016.....
Hora16:10.....
Nº Ingreso37259.....

INFORME TÉCNICO FINAL

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Nombre del proyecto | PLANTA SOLAR LIPANGUE |
| Código del proyecto | PYT2014 - 0165 |
| Período de ejecución del proyecto | Inicio: 29 de Abril 2015 |
| | Término: 21 de diciembre 2015 |
| Fecha de entrega | 18 de noviembre 2016 |

INSTRUCCIONES PARA CONTESTAR Y PRESENTAR EL INFORME

Este informe debe sistematizar e integrar toda la información generada durante el desarrollo completo del proyecto, los resultados obtenidos e impactos logrados tras su ejecución; las modificaciones que se realizaron y del uso y situación actual de los recursos utilizados, especialmente de aquellos provistos por FIA.

PROCEDIMIENTOS

- Todas las secciones del informe deben ser contestadas, utilizando caracteres tipo Arial, tamaño 11.
- Sobre la información presentada en el informe:
 - La información debe ser presentada en forma clara y concordante con los objetivos del proyecto.
 - Debe estar basada en la última versión del proyecto aprobado por FIA.
 - Debe ser totalmente consistente en las distintas secciones y se deben evitar repeticiones entre ellas.
 - Debe estar directamente vinculada a la información presentada en el informe financiero y ser totalmente consistente con ella.
- Sobre los anexos del informe:
 - Deben incluir toda la información que complemente y/o respalde la información presentada en el informe, especialmente a nivel de los resultados alcanzados.
 - Se deben incluir materiales de difusión, como diapositivas, publicaciones, manuales, folletos, fichas técnicas, entre otros.
 - También se deben incluir cuadros, gráficos y fotografías, pero presentando una descripción y/o conclusiones de los elementos señalados, lo cual facilite la interpretación de la información
- Sobre la presentación a FIA del informe:
 - El Informe final deberá ser enviado a la Dirección ejecutiva de FIA, en tres copias iguales, dos en papel y una digital en formato Word (CD o pendrive), junto con una carta de presentación firmada por el Coordinador del Proyecto presentando el informe e identificando claramente el proyecto con su nombre y código.
 - La fecha de presentación debe ser la establecida en la carta de fecha de entrega de informes. El retraso en la fecha de presentación del informe generará una multa por cada día hábil de atraso equivalente al 0,2% del último aporte cancelado.
 - Debe entregarse personalmente en las oficinas de FIA.
 - FIA revisará el informe y dentro de los 45 días hábiles siguientes a la fecha de recepción enviará una carta al coordinador del proyecto informando su aceptación o rechazo. En caso de rechazo, se informará en detalle las razones. El ejecutor deberá corregir los reparos u observaciones, motivo del rechazo, dentro del plazo determinado por FIA y que no podrá ser inferior a 10 días hábiles, contados desde la fecha en que fueron comunicadas al ejecutor.
 - El FIA se reserva el derecho de publicar una versión del Informe Final editada especialmente para estos efectos.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. ANTECEDENTES GENERALES | 4 |
| 2. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO | 4 |
| 3. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO | 4 |
| 3.1 Estructura de costo del proyecto..... | 4 |
| 3.2 Resumen del presupuesto | 5 |
| 3.3 Detalle del presupuesto | 5 |
| 3.4 Gasto acumulado | 5 |
| 4. RESUMEN EJECUTIVO..... | 7 |
| 5. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO..... | 8 |
| 6. ACTIVIDADES..... | 9 |
| 7. RESULTADOS DEL PROYECTO..... | 13 |
| 7.1 Describa detalladamente el proyecto..... | 13 |
| 7.2 Diagrama..... | 14 |
| 7.3 Discrepancias | 15 |
| 7.4 Sistema de seguimiento y monitoreo | 15 |
| 7.5 Tiempo de implementación..... | 15 |
| 8. PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | 16 |
| 9. INDICADORES DE SEGUIMIENTO | 17 |
| 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 18 |
| 10.1 Problemas | 18 |
| 10.2 Inconvenientes en la instalación | 18 |
| 10.3 Proveedor..... | 19 |
| 10.4 Recomendaciones | 19 |
| 10.5 Otros aspectos | 19 |
| 11. ANEXOS | 20 |
| 12. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA..... | 31 |

INFORME TECNICO FINAL

1. ANTECEDENTES GENERALES

| | |
|-----------------------------|--|
| Nombre Ejecutor: | Agrícola Aeropuerto SpA |
| Nombre del Proveedor | Tritec Intervento SpA |
| Coordinador del Proyecto: | Gonzalo Salgado V. |
| Región de ejecución: | Hacienda Lipangue, Lampa, Región Metropolitana |
| Fecha de inicio iniciativa: | 15-mayo-2015 |
| Fecha término Iniciativa: | 21-diciembre-2015 |

2. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto "Planta Solar Fotovoltaica Lipangue" tiene por objetivo general que la empresa Agrícola Aeropuerto S.A. sea el primer productor frutícola de la Región Metropolitana que incursiona en la generación de energía fotovoltaica con impacto directo a los procesos productivos como el riego, cosecha y packing. Esto conlleva a consecuencias tales como, obtener altos estándares de buenas prácticas medioambientales y también la disminución de costos productivos en consumo eléctrico del sistema interconectado central. Nuestro anhelo es generar la experiencia necesaria con la generación fotovoltaica para que en algún futuro cercano, Agrícola Aeropuerto pueda incursionar en otras formas de energías renovables no convencionales.

3. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO

3.1 Estructura de costo del proyecto

Los valores del cuadro deben corresponder a los valores indicados en el proyecto definitivo aprobado por FIA su cofinanciamiento.

| | | |
|------------------------------------|--|--|
| Costo total del proyecto | | |
| Aporte total FIA | | |
| Aporte total Ejecutor (pecuniario) | | |

3.2 Resumen del presupuesto

| CUENTAS PRESUPUESTARIAS | SUBSIDIO (M\$) | FIA | APORTE PECUNARIO EJECUTOR (M\$) | TOTAL (M\$) |
|--------------------------|----------------|-----|---------------------------------|-------------|
| Recursos Humanos | | | | |
| Gastos de Operación | | | | |
| Gastos de Inversión | | | | |
| Gastos de Administración | | | | |
| Total | | | | |

3.3 Detalle del presupuesto

Cuantifique los gastos realizados en el proyecto para cada una de las actividades descritas en el plan de trabajo (considere las etapas de diseño, obras civiles, instalación, adquisición de equipos, montaje, etc).

| Etapas | RRHH | Inversión | Administración | Operación | Valor de adquisición (M\$) | Aporte FIA(M\$) | Aporte Ejecutor (M\$) | Total (M\$) |
|--------------|------|-----------|----------------|-----------|----------------------------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Construcción | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Total \$ | | | | | | | | |

3.4 Gasto acumulado

Detalle el gasto acumulado del proyecto correspondiente a los aportes FIA y aportes del Ejecutor.

| Gasto Acumulado | Monto (\$) |
|---------------------------------|-----------------------|
| Aportes FIA del proyecto | |
| 1. Aportes entregados | Primer aporte |
| | Segundo aporte |

| | | |
|---|----------------------|--|
| | Tercer aporte | |
| | n aportes | |
| 2. Total de aportes FIA entregados (suma N°1) | | |
| 3. Total de aportes FIA gastados | | |
| 4. Saldo real disponible (N°2 – N°3) de aportes FIA | | |
| Aportes Ejecutor del proyecto | | |
| 1. Aportes Ejecutor programado | | |
| 2. Total de aportes Ejecutor gastados | | |
| 3. Saldo real disponible (N°1 – N°2) de aportes Ejecutor | | |

4. RESUMEN EJECUTIVO

Elabore un resumen del proyecto, que incluya: una breve descripción de la empresa, el proceso productivo que es abastecido con el sistema de energía renovable, y los antecedentes técnicos generales de la tecnología (considere tipo de energía, potencia instalada, porcentaje de la demanda energética reemplazada, excedentes de energía a comercializar y los principales resultados obtenidos).
(Máximo 1 página).

Agrícola Aeropuerto SpA es una empresa frutícola con más de 500há cultivadas ubicada en la comuna de Lampa (RM) la cual comenzó sus operaciones desde a principios del 2007. Sus principales productos son Uva de Mesa, Mandarinas, Naranjas, Nogales y Cerezas que tienen por destino el mercado de exportación principalmente en Europa y Asia. Sus principales centros de consumos de energía eléctrica son sus instalaciones de packing para procesamiento y empaque de frutas y sus 4 salas de máquinas de bombeo de riego tecnificado ubicados en todo el predio productivo junto a sus múltiples bombas de re impulsión.

Se decidió trazar como objetivo la generación de energías renovables no convencionales para apoyar la demanda de consumo energético total del campo mediante la generación solar fotovoltaica que inyecte a la línea de distribución interna la cual está alimentada por el empalme de Chilectra. La planta consta de una potencia instalada de 111,6 kWp el cual se distribuyen en 360 paneles de 310 Wp sobre 18 mesas conectadas a 2 inversores.

Se estimó que la generación de energía solar podría cubrir alrededor del 20% de la demanda total de energía y se contempló establecer un contrato con Chilectra para entregar excedentes de energía bajo la modalidad de Netbilling según la ley generación distribuida n° 20.571. Actualmente se encuentra vigente el contrato con Chilectra de Netbilling.

La instalación está operativa desde a diciembre del 2015 donde se ha producido un poco mas de 150 MWh hasta la fecha.

5. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO

Describa el cumplimiento de los objetivos general y específicos planteados en el proyecto definitivo aprobado por FIA. Considere además una descripción breve de los impactos (económicos, sociales y ambientales) obtenidos tras la ejecución del proyecto.

En cuanto a los objetivos generales, la empresa Agrícola Aeropuerto ha logrado ser una de las primeras en tener una planta solar fotovoltaica ya operando dentro de la región metropolitana en donde se ha impactado directamente en el consumo de energía eléctrica, donde bien, en la temporada de mayor consumo como lo es el verano la planta estaba en su marcha blanca, se puede decir que se aportó a la demanda energética en alrededor de un 10%. Se espera poder aumentar el año próximo. Por otro lado, ésta generación de ERNC esperamos que sea de ayuda para la imagen de nuestros productos dentro del mercado señalando que disminuye el aporte a la huella de carbono.

En cuanto a los objetivos específicos, estamos aún en la curva de aprendizaje para operar con excelencia la planta solar y así sacar la máxima generación posible. Se ha aportado directamente a la disminución de consumo de electricidad del campo completo y por tanto a la huella de carbono. Dado los resultados auspiciosos se está evaluando actualmente en un potencial plan de expansión de la planta solar fotovoltaica.

6. ACTIVIDADES

Describe las principales actividades, programadas en la Carta Gantt y no programadas, ejecutadas para el correcto desarrollo del proyecto, considerando las etapas de preparación, montaje, y puesta en marcha. Se sugiere incorporar fotografías de las distintas actividades que ayuden a su descripción.

Las principales actividades que fueron descritas en la carta Gantt fueron:

1ero: Compra e internación de los paneles fotovoltaicos



2do: Mediciones para estructura y preparación de terrenos.



3ero: Instalación del sistema de montaje



4to: Instalaciones de los paneles fotovoltaicos



5to: Instalación de inversores



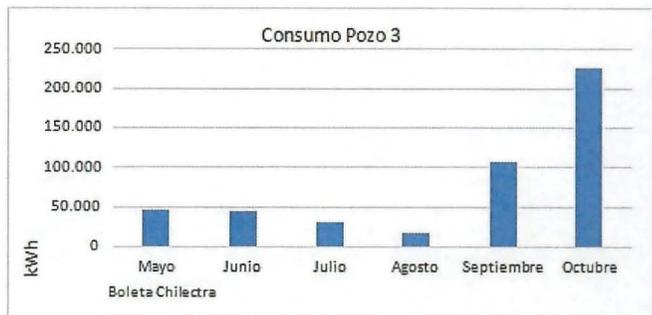
6to: Instalación de protecciones



10mo Resultados: Se presentan datos y gráficos de consumo, generación e inyección de energía en Agrícola Aeropuerto.

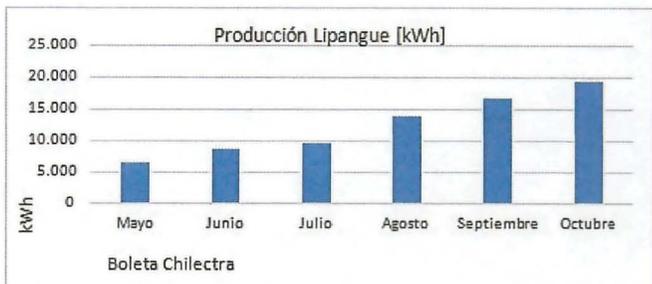
Consumo de energía Pozo 3

| N° Boleta | Medición | | Consumo Pozo 3 [kWh] |
|------------|------------|------------|----------------------|
| | Desde | Hasta | |
| Mayo | 20/04/2016 | 19/05/2016 | 46.362 |
| Junio | 19/05/2016 | 20/06/2016 | 43.743 |
| Julio | 20/06/2016 | 20/07/2016 | 32.064 |
| Agosto | 20/07/2016 | 19/08/2016 | 18.132 |
| Septiembre | 19/08/2016 | 21/09/2016 | 106.991 |
| Octubre | 21/09/2016 | 20/10/2016 | 226.182 |



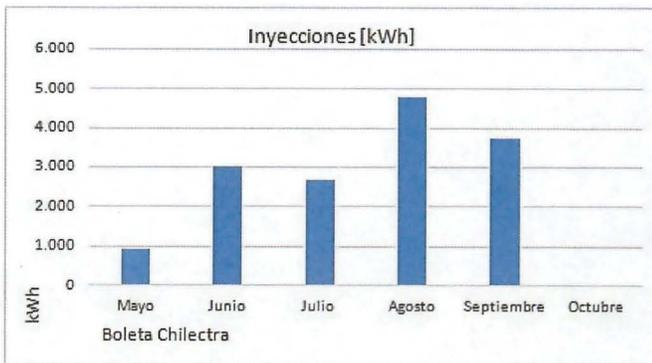
Producción de energía Planta Solar Lipangue

| N° Boleta | Medición | | Producción Lipangue [kWh] |
|------------|------------|------------|---------------------------|
| | Desde | Hasta | |
| Mayo | 20/04/2016 | 19/05/2016 | 6.428 |
| Junio | 19/05/2016 | 20/06/2016 | 8.530 |
| Julio | 20/06/2016 | 20/07/2016 | 9.538 |
| Agosto | 20/07/2016 | 19/08/2016 | 13.901 |
| Septiembre | 19/08/2016 | 21/09/2016 | 16.601 |
| Octubre | 21/09/2016 | 20/10/2016 | 19.425 |



Excedentes de energía inyectados a la red

| N° Boleta | Medición | | Inyecciones [kWh] |
|------------|------------|------------|-------------------|
| | Desde | Hasta | |
| Mayo | 20/04/2016 | 19/05/2016 | 957 |
| Junio | 19/05/2016 | 20/06/2016 | 3.020 |
| Julio | 20/06/2016 | 20/07/2016 | 2.683 |
| Agosto | 20/07/2016 | 19/08/2016 | 4.807 |
| Septiembre | 19/08/2016 | 21/09/2016 | 3.729 |
| Octubre | 21/09/2016 | 20/10/2016 | 0 |



7. RESULTADOS DEL PROYECTO

7.1 Describa detalladamente el proyecto.

Incorpore las características de la tecnología instalada, las características técnicas de los equipos, sus marcas y componentes, entre otras especificaciones técnicas que considere relevante informar. Si corresponde especificar el estado y operatividad de la conexión a la red de distribución, acogiéndose al beneficio de la Ley 20.571.

Se debe incluir en anexos las fichas técnicas de los principales equipos, tales como paneles solares, inversores, motores, según corresponda.

El proyecto fue definido como de generación solar fotovoltaica para abastecer la red de consumo de la Agrícola Aeropuerto SpA. Con la empresa proveedora se especificó que los equipos a utilizar fueran 360 paneles fotovoltaicos marca Hareon Solar de 310Wp los cuales en su conjunto tendrían una capacidad instalada de 111,6kWp, estos se conectan a dos inversores marca SMA ST6000 con una capacidad para transformar de 60kWp. Todo está montado en una estructura metálica galvanizada construida por la empresa Cintac. Desde los inversores se conecta a un gabinete de control donde existen interruptores y los elementos de seguridad. Luego mediante una línea de menos de 1km se conecta a un transformador para levantarlo de Baja Tensión a Media Tensión la cual se distribuye por el campo y luego se conecta al empalme de Chilectra. Para la entrega de éste informe, ya se encuentra operando comercialmente con Chilectra con todos los permisos necesarios. La especificación de los elementos nombrados se encuentran en los documentos de anexo.

Anexo 1: Paneles fotovoltaicos

Anexo 2: Inversores

Anexo 3: Estructuras metálicas

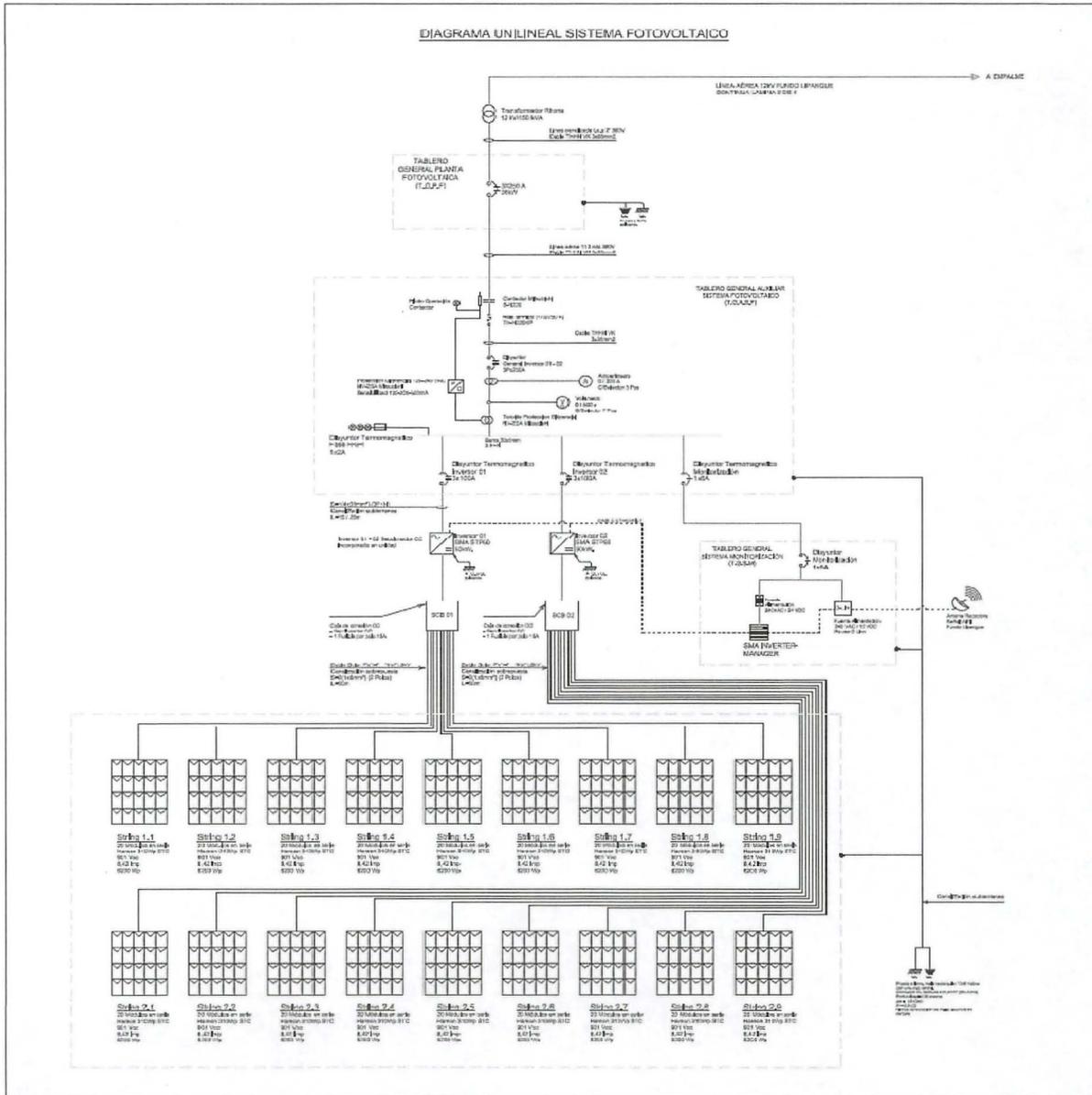
Anexo 4: Documentación para proceso de conexión de Ley de Generación Distribuida

Anexo 5: Formulario 6 Timbrado y Aceptado

Anexo 6: Contrato de inyección con Chilectra

7.2 Diagrama

Presente un diagrama de la planta, con sus principales elementos. Se debe incluir en anexos los planos de la instalación.



Anexo 7: Diagrama Unilineal de Instalación

7.3 Discrepancias

Describa las discrepancias de la tecnología implementada versus la solución propuesta inicialmente, justificando los motivos de las discrepancias presentadas.

No encontramos discrepancias dado que sabíamos que sería una curva de aprendizaje que nos llevaría a entender cómo funciona la tecnología. Si podemos aportar que la curva de aprendizaje tiene relación a como se gestiona a un proyecto, mas que algún problema de la tecnología.

7.4 Sistema de seguimiento y monitoreo

Describa, si corresponde, el sistema de seguimiento y monitoreo del proyecto, indicando el tipo y características de la información que se obtendrá.

El sistema que se está empleando es uno entregado por el proveedor mediante el constructor del inversor llamado Sunny Portal. Esto tiene una conexión web que mediante una habilitación de internet en el sitio de la planta se conecta de manera remota y entrega informes de producción y de estado de la planta. Nosotros mediante un procedimiento interno generamos reportes.

ANEXO 8: Visualización del sistema de seguimiento y monitoreo.

7.5 Tiempo de implementación

Indique cuanto tiempo tardó la implementación del proyecto y si fue acorde con los tiempos presupuestados.

La implementación del proyecto demoró alrededor de 6 meses desde la orden de compra de paneles fotovoltaicos hasta la puesta en marcha. Según lo que se acordó con el proveedor, ese sería el tiempo estimado para ejecutarlos.

8. PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Detalle el plan de operación y mantenimiento del proyecto para asegurar su correcta operación, indicando aspectos tales como: abastecimiento de insumos, horarios de funcionamiento, número de operarios, turnos, capacitaciones, medidas de seguridad, mantenciones preventivas, etc.

Hemos construido un manual de mantención con información publica de internet para que se opere cada una de las partes de la instalación solar. A continuación un pequeño resumen de cómo se opera. ANEXO 9: Manual de O&M

Plan de mantenimiento preventivo

1. Paneles Solares Fotovoltaicos
2. Estructura soporte de los paneles
3. Cajas de strings
4. Inversores
5. Sistema de monitorización de la instalación solar
6. Protecciones
7. Línea eléctrica
8. Transformador
9. Puesta a tierra

9. INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Indique si ha habido cambios en las metas de los indicadores de seguimiento y sus medios de verificación. El ejecutor debe generar los resultados de los indicadores una vez realizada la puesta en marcha del proyecto y hasta 3 años posterior a su ejecución. Indique si ha habido cambios en las metas de los indicadores de seguimiento y sus medios de verificación.

| Indicadores de seguimiento | | | |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| Nombre del indicador | Fórmula de cálculo | Meta del indicador | Medio de verificación |
| Energía generada | | | |
| Energía desplazada | | | |
| Energía comercializada | | | |
| Emisiones evitadas | | | |
| Tiempo mantención anual | | | |
| Ventas en miles de pesos (M\$) | | | |

¹ El factor de emisión dependerá de la fuente de energía que se está desplazando. En el caso de desplazar electricidad de algún sistema interconectado se tomará el promedio anual de emisión del sistema (SIC, SING) del año correspondiente (tCO_{2eq}/MWh)

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 Problemas

Comente sobre los problemas enfrentados durante la ejecución proyecto (legal, técnico, administrativo, de gestión, u otros), y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

En los aspectos técnicos, si hubo inconvenientes en cuanto a la fase de construcción. En el proceso de importación de los inversores, la empresa transportadora tuvo un accidente con estos dejándolos averiados y con incerteza respecto a su correcto funcionamiento. El proveedor nos indicó que los cambiarían por cuenta propia pero esto repercutió en que hubo alrededor de 20 días de retraso. Por otro parte y ya con la planta en operación, hubo inconvenientes con respecto al contrato con Chilectra de inyección dado que en la certificación de la SEC encontró que la caja de string box era muy básica por lo cual el proveedor tuvo que cambiarlo y ampliarlo para conseguir el permiso. Esto repercutió en otra demora. Desde el aspecto administrativo, tuvimos problemas con un descuido de nuestra parte respecto a no darle aviso a FIA respecto a los cambios técnicos que sufrimos. El proveedor tuvo que cambiar tecnología dado el desfase entre la cotización y la ejecución del proyecto, lamentablemente nosotros no hicimos el aviso apropiado lo cual trajo repercusiones. Es importante mencionar que tenemos un problema técnico con el voltaje de la red, esto significa que el voltaje que recibe la planta solar Lipangué, hace que se desconecte dado que el cambio drástico. Hemos visualizado que este problema se acrecienta en verano dado el alto consumo de la red en total y en invierno esto se revierte. Esto nos ha obligado a cambiar la configuración del transformador para que este síte el correcto voltaje.

10.2 Inconvenientes en la instalación

Relate si hubo algún tipo de inconveniente en la instalación del proyecto.

Respecto a la instalación no hubo grandes inconvenientes, lo mas importante fue el problema descrito anteriormente y algunas lluvias que impidieron el trabajo continua. En resumen no hubo grandes inconvenientes.

10.3 Proveedor

¿Cómo fue el funcionamiento y la relación con el Proveedor?

El proveedor se hizo cargo de todas las instalaciones y como tal, nosotros controlamos respecto a los estados de avance y posterior pago, tipo contrato EPC.

10.4 Recomendaciones

Comente sobre sus recomendaciones, desde el punto de vista, técnico, económico y de gestión, para el desarrollo de proyectos de similares características.

Una recomendación muy importante es saber las características de la red a la cual se está conectando, en caso de inyección de energía hacia el distribuidor. Esto podría causar problemas de operación de la planta en caso que el servicio entregado no sea el descrito por la Ley.

10.5 Otros aspectos

Mencione otros aspectos de interés

Especial interés en nombrar los asuntos de importantes, la operación y mantenimiento es algo que se debe poner atención dado que si bien la generación solar no implica grandes costos, se debe tener a un responsable siempre y que sea capaz de arreglar pequeños asuntos y que deriven en una no producción.

11. ANEXOS

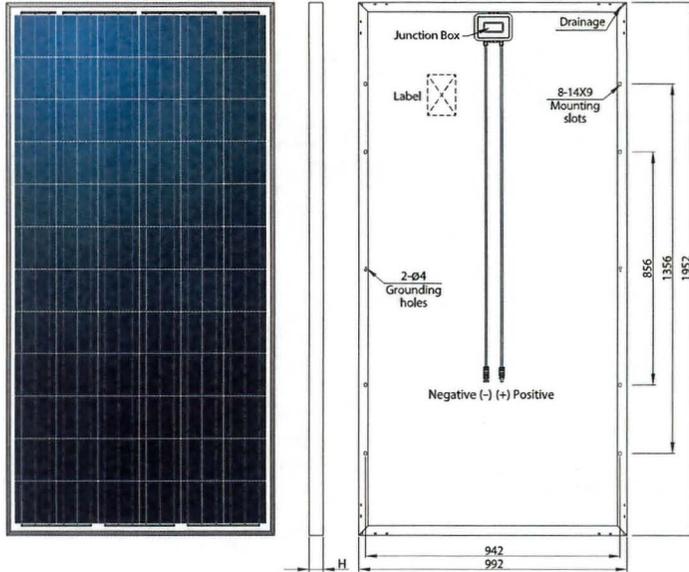
Realice y enumere una lista de documentos adjuntados como anexos. Adjunte fotografías del proyecto, en que se puedan apreciar claramente los equipos y la solución implementada, planos de la instalación, fichas técnicas de los principales componentes, manuales, etc

Se debe considerar la información histórica del desarrollo del proyecto desde su implementación hasta la puesta en marcha y todos los cambios y/o modificaciones realizadas durante su ejecución.

Anexo 1: Ficha Técnica Paneles Solares

3BB HR-280P-24/Ba — HR-310P-24/Ba

Poly-Crystalline Silicon Module



MECHANICAL PARAMETERS

| | |
|---|----------------|
| Cell (mm) | 156x156 Poly |
| Weight (kg) | 21.5/21.8 |
| Dimensions (LxWxH) (mm) | 1952x992x35/40 |
| Cable Cross Section Size (mm ²) | 4 |
| No. of Cells and Connections | 72(6x12) |
| No. of Diodes | 3 |

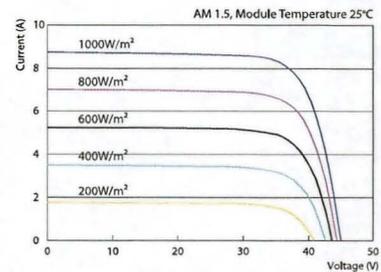
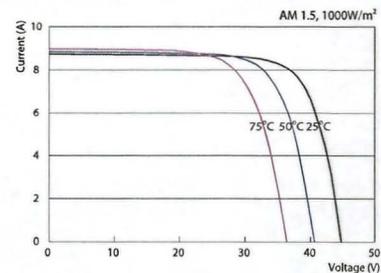
QUALIFICATION

| | |
|---------------------------------|---|
| Max. System Voltage | 1000VDC |
| Temperature Cycling Range | -40°C~+85°C |
| Max. Series Fuse | 15 A |
| Max. Wind Load / Max. Snow Load | 2400Pa / 5400Pa |
| Damp Heat Test | 85°C and 85% relative humidity for 1000h |
| Hot Spot Free | 100%EL inspection before and after lamination |

ELECTRICAL PARAMETERS

| TYPE | HR-280W | HR-285W | HR-290W | HR-295W | HR-300W | HR-305W | HR-310W | |
|---|--|------------------------------|---------|---------|---------|---------|------------|-----------|
| STC AM 1.5, 1000W/m ² , Module Temperature 25°C | Rated Max. Power at STC (W) | 280 | 285 | 290 | 295 | 300 | 310 | |
| | Max. Power Voltage / Vmp (V) | 35.39 | 35.60 | 35.86 | 35.98 | 36.30 | 36.61 | 36.82 |
| | Max. Power Current / Imp (A) | 7.91 | 8.00 | 8.09 | 8.20 | 8.26 | 8.33 | 8.42 |
| | Open Circuit Voltage / Voc (V) | 44.46 | 44.51 | 44.65 | 44.74 | 44.82 | 44.91 | 45.05 |
| | Short Circuit Current / Isc (A) | 8.40 | 8.52 | 8.64 | 8.76 | 8.88 | 8.99 | 9.10 |
| | Module Efficiency (%) | 14.46 | 14.72 | 14.98 | 15.23 | 15.49 | 15.75 | 16.01 |
| | NOCT AM 1.5, 800W/m ² , Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s | Rated Max. Power at NOCT (W) | 202.2 | 205.7 | 209.3 | 212.6 | 216.2 | 219.8 |
| Max. Power Voltage / Vmp (V) | | 32.60 | 32.70 | 32.80 | 32.90 | 33.00 | 33.10 | 33.30 |
| Max. Power Current / Imp (A) | | 6.20 | 6.29 | 6.38 | 6.46 | 6.55 | 6.64 | 6.70 |
| Open Circuit Voltage / Voc (V) | | 45.50 | 40.60 | 40.70 | 40.80 | 40.90 | 41.00 | 41.10 |
| Short Circuit Current / Isc (A) | | 6.79 | 6.89 | 6.99 | 7.08 | 7.18 | 7.27 | 7.35 |
| Module Efficiency (%) | | 13.05 | 13.28 | 13.51 | 13.72 | 13.96 | 14.19 | 14.45 |
| Temperature Coefficient of Pm | | | | | | | | -0.44%/°C |
| Temperature Coefficient of Voc | | | | | | | -0.32%/°C | |
| Temperature Coefficient of Isc | | | | | | | +0.055%/°C | |
| Nominal Operating Cell Temperature | | | | | | | 45°C±3°C | |
| Output Tolerance | | | | | | | 0~5W | |

310W CURVES



PACKING CONFIGURATION

| MODULE SIZE | CONTAINER | 20'GP | 40'HC |
|-------------|-----------------------|-------|-------|
| 1952x992x35 | Pieces Per Pallet | 28 | 28 |
| | Pallets Per Container | 5 | 22 |
| | Pieces Per Container | 140 | 616 |
| 1952x992x40 | Pieces Per Pallet | 25 | 25 |
| | Pallets Per Container | 5 | 22 |
| | Pieces Per Container | 125 | 550 |

LINEAR WARRANTY

- No more than 3% peak power degradation in 1st year;
- No more than 0.7% peak power degradation in coming 24 years;
- Free from defects of materials and workmanship for 10 years.



Anexo 2: Ficha Técnica Inversores



SUNNY TRIPOWER 60

STP 60-10



Rentable

- 98,8% de rendimiento máximo
- La mayor densidad de potencia por 60 kVA con solo 75 kg de peso

Seguro

- La mayor disponibilidad de la planta por unidades de 60 kW
- SMA Inverter Manager como unidad de control central

Flexible

- Tensión de entrada de CC hasta 1 000 V
- Soluciones de CC flexibles mediante cajas de conexión del generador

Innovador

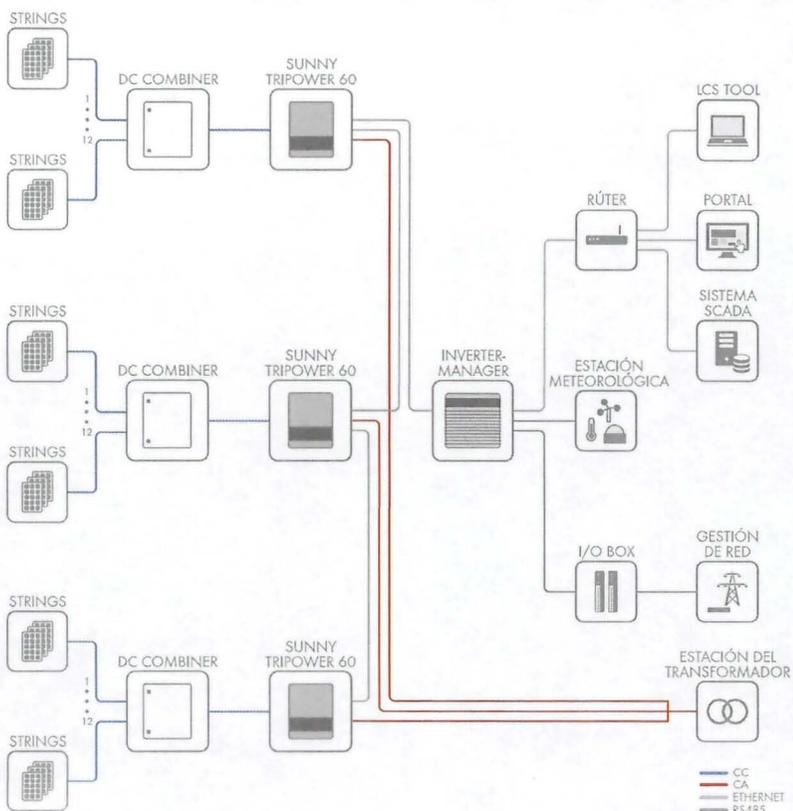
- Sistema pionero

SUNNY TRIPOWER 60

Lo mejor de dos mundos

El nuevo Sunny Tripower 60 forma parte de una solución innovadora y global para plantas fotovoltaicas comerciales e industriales. La solución aúna las ventajas de una composición de planta descentralizada con las de los sistemas con inversores centrales, para combinar lo mejor de los dos mundos. Un alto rendimiento, un diseño flexible de la planta, una instalación y puesta en marcha sencillas así como unos bajos costes de mantenimiento contribuyen de forma decisiva a reducir los costes operativos de todo el sistema.

LA FILOSOFÍA INTELIGENTE DEL SISTEMA SUNNY TRIPOWER



DISEÑO DE SISTEMA FLEXIBLE

con la máxima eficiencia

El nuevo sistema de SMA lo conforman cuatro componentes: inversores centrales muy eficientes, una Combiner Box de uso flexible, el SMA Inverter Manager central y la herramienta de puesta en servicio LCS ("Local Commissioning and Service"). Esta idea de sistema convierte al Sunny Tripower 60 en único y garantiza una potencia elevada a la vez que mantiene la flexibilidad máxima en la planificación y el diseño de la planta.

Inversor Sunny Tripower 60 con un diseño convincente

Ningún otro inversor de tan solo 75 kg y una potencia de 60 kVA puede ofrecer algo así: gracias a su diseño compacto, el Sunny Tripower 60 requiere poco espacio, reduce los trabajos preparativos in situ, facilita la instalación y simplifica las labores de mantenimiento.

Gestión de la planta innovadora con el SMA Inverter Manager

El SMA Inverter Manager es el componente de comunicación central y la interfaz unitaria para todo el control de la planta:

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

La combinación perfecta de los componentes del sistema Sunny Tripower

El SMA Inverter Manager actúa como interfaz central para los hasta 42 inversores y asume las variaciones locales que sean necesarias. Las Combiner Box externas se ocupan de la conexión óptima entre generador fotovoltaico e inversor.

En resumen, el Sunny Tripower 60, junto con los componentes del sistema, es una solución innovadora para los rangos de potencia medios y grandes que aporta a los usuarios lo mejor de dos mundos.

asume todas las funciones importantes de gestión de los inversores y de la planta para hasta 42 inversores en un sistema (hasta 2,5 MW).

Gracias al Modbus TCP y a la SunSpec Alliance Communication, se puede integrar fácilmente en una comunicación de grado superior, a la vez que garantiza el intercambio de datos con proveedores externos. Además, el SMA Inverter Manager intercambia funciones de gestión de la red con el operador.

Puesta en marcha sencilla con la herramienta LCS

La herramienta LCS ("Local Commissioning and Service"), desarrollada ex profeso, simplifica la puesta en marcha, ahorra tiempo y reduce costes. La configuración de los inversores se lleva a cabo escogiendo directamente los datos específicos de la planta y transmitiéndolos a todos los inversores. Además, la localización y resolución de fallos es mucho más fácil gracias a la lectura de estados, valores actuales y eventos.

La Combiner Box externa para un diseño flexible de la planta

La conexión de los strings con los inversores se realiza mediante cajas de conexión del generador externas*. De esta forma, el sistema puede adaptarse fácilmente a cualquier estándar regional y al diseño del generador. Este nuevo concepto contribuye de forma decisiva a reducir los costes totales.

* Pueden suministrarse otras configuraciones bajo solicitud.



Datos técnicos: 02/2015

Sunny Tripower 60

Entrada (CC)

Tensión de entrada máx.
Rango de tensión del MPP
Tensión de entrada mín.
Corriente de entrada máx./corriente de cortocircuito
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP
Entrada asignada de CC

1 000 V
570 V – 800 V para 400 Vca, 685 V – 800 V para 480 Vca
565 V para 400 Vca, 680 V para 480 Vca
110 A/150 A
1/1 (distribución por cajas de conexión del generador externas)
630 Vcc a 400 Vca, 710 Vcc @ 480 Vca

Salida (CA)

Potencia asignada a tensión nominal
Potencia máx. aparente de CA
Potencia reactiva máx.
Tensión nominal de CA
Rango de tensión nominal de CA
Frecuencia de red de CA/rango
Frecuencia/tensión asignadas de red
Corriente máx. de salida
Factor de potencia a potencia asignada/factor de desfase ajustable
Fases de inyección/conexión

60 000 W
60 000 VA
60 000 VAR
3/PE, 400 V – 480 V, ±10%
400 V – 480 V
50 Hz/60 Hz ±10%
50 Hz, 60 Hz/400 V, 480 V
3 x 87 A
1/0,8 inductivo ... 0,8 capacitivo
3/3

Rendimiento

Rendimiento máx./europeo/californiano a 400 Vca/480 Vca

98,8%/98,3%/98,0%/98,5%

Dispositivos de protección

Punto de desconexión en el lado de CC
Monitorización de toma a tierra/de red
Descargador de sobretensión de CC/CA
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal
Clase de protección (según IEC 61140)/categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)

● / ●
● / ●
● / ● / –
●
I / CA: III; CC: II

Datos generales

Dimensiones (ancho x alto x fondo)/peso
Rango de temperatura de servicio
Emisiones de ruido típicas
Autoconsumo (nocturno)
Topología/sistema de refrigeración/tipo de protección (IEC 60529/UL50E)/clase climática (IEC 60721-3-4)
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)

570/740/300 mm (22,4/29,1/11,8 in)/75 kg (165,3 lb)
-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)
58 dB(A)
3 W
Sin transformador/activo/IP65/3R, 4K4H
95%

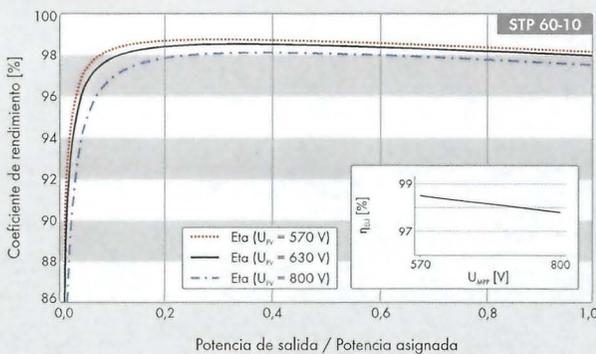
Equipamiento

Conexión de CC/CA
Pantalla
Interfaz

Borne roscado/borne roscado
Gráfico
A través del SMA Inverter Manager externo: SunSpec Modbus TCP

● De serie ○ Opcional – No disponible, datos en condiciones nominales

Curva de rendimiento



Códigos de pedido

STP 60:
STP60-10: Versión UE con punto de desconexión del lado de CC integrado
STP60-US-10: Versión US con punto de desconexión del lado de CC integrado
SMA Inverter Manager:
IM-10: SMA Inverter Manager para hasta 42 inversores
SMA Digital I/O Box:
IM-DIO-10: SMA Digital I/O Box con 6 entradas digitales

Certificados y autorizaciones

STP 60: IEC 62109-1/IEC 62109-2 (clase I, conectados a tierra – clase de comunicación II, PELV), UL1741 – con inversores sin aislamiento EPS, IEEE 1547
SMA Inverter Manager: UL 508, UL 60950-1, CSA C22.2 n.º 60950-1-07, EN 60950-1, EN 55022 clase A, EN 61000-3-2 clase D, EN 61000-3-3, EN 55024, FCC parte 15, sub-parte B clase A

Suministro de tensión

Tensión de entrada
Consumo de potencia
Datos generales
Dimensiones (ancho x alto x fondo)/peso
Tipo de protección/montaje
Rango de temperatura de servicio/humedad relativa del aire

SMA Inverter Manager

9 – 36 Vcc
< 20 W

Interfases

Interfaz de usuario
Interfaz de sensores
Norma de potencia efectiva y reactiva
Interfaz para el inversor
Interfaz para la red externa
Interfaz para el control remoto

160/125/49 mm (6,3/4,9/1,9 in)/940 g (2 lb)
IP21/carril DIN o montaje mural
-40 °C ... +85 °C/5% ... 95% (sin condensación)
Herramienta LCS para ordenador
RS485 para estaciones meteorológicas compatibles con SunSpec Alliance
Valor constante, curva, control remoto
Un puerto ethernet (RJ45)
Un puerto ethernet (RJ45) Modbus TCP, SunSpec Alliance
Modbus TCP, 6xDI vía el módulo E/S externo

STP60-10/IEC61140-1 SMA y Sunny Tripower son marcas registradas de SMA Solar Technology AG. Ingrese en papel FSC. No se reemplaza el derecho de realizar cambios en productos y servicios, incluyendo los métodos de requisitos específicos de cada país, así como modificaciones en los datos técnicos. SMA no asume ninguna responsabilidad por errores o fallos de impresión. Para obtener información actualizada consulte la página web www.SMA-Solar.com.

Anexo 3: Memoria Estructuras Metálicas

| | | |
|--|---|----------------------------|
|  MP INGENIEROS LTDA. | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 1 de 18 |

MP-MC-2013

MEMORIA DE CÁLCULO

(ALTERNATIVA 1)

PROYECTO: PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC.

ARQUITECTO: MIGUEL CARCACIA.

REGIÓN: REGION METROPOLITANA.

DESCRIPCION: 2 PANELES FOTOVOLTAICOS, 1 POSTE HINCADO.
SIN SOBRECARGA DE NIEVE

| | Nombre | Cargo | Contacto | Firma | Fecha |
|------------------|---------------|------------------------|----------|-------|----------|
| Realizado | R. Urrutia T. | Ingeniero de Proyectos | | | 05-04-13 |
| Revisado | C. Molina C. | Gerente de Proyectos | | | 05-04-13 |
| Aprobado | C. Molina C. | Gerente de Proyectos | | | 05-04-13 |

| Revisión | Fecha | Realizado | Revisado | Aprobado | Observaciones |
|----------|----------|-----------|----------|----------|--------------------------------|
| A | 05-04-13 | RUT | CMC | CMC | |
| B | 23-12-13 | DER | CMC | CMC | Se actualiza según observación |
| | | | | | |

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 2 de 18 |

CONTENIDO

| | |
|--|----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 2. LISTADO DE NORMAS, CÓDIGOS Y/O CRITERIOS DE DISEÑO | 3 |
| 2.1. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS | 3 |
| 2.2. ESTRUCTURAS DE ACERO | 3 |
| 2.2.1. Factores de seguridad | 4 |
| 3. MATERIALES | 5 |
| 3.1. PROPIEDADES | 5 |
| 3.2. RESISTENCIA | 5 |
| 3.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD | 5 |
| 4. DEFORMACIONES ADMISIBLES | 5 |
| 4.1. DEFORMACIONES ESTÁTICAS | 5 |
| 5. ANÁLISIS | 5 |
| 5.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL | 5 |
| 5.2. CARGAS DE DISEÑO | 6 |
| 5.2.1. Cargas permanentes (D) | 6 |
| 5.2.2. Cargas de uso de piso (L) y techo (Lr) | 6 |
| 5.2.3. Cargas de viento (W) | 6 |
| 5.2.4. Cargas de nieve (S) | 7 |
| 5.3. COMBINACIONES DE CARGA | 7 |
| ANEXOS | 8 |
| ANEXO 1 – ALTERNATIVA 1: 2 PANELES FOTOVOLTAICOS 1 POSTE HINCADO. SIN SOBRECARGA DE NIEVE | 8 |
| ANEXO 2 DISEÑO DE ELEMENTOS PRINCIPALES | 10 |
| • Costanera CA 80x40x15x2 | 10 |
| • Costanera CA 125x50x15x2 | 11 |
| • Canal Brazo [50x25x2 | 12 |
| • Canal Columna CA 100x50x15x2 | 13 |
| • Columna HEA 140 | 14 |
| ANEXO 3 CUBICACION ALTERNATIVA 1 | 18 |

| | | |
|---|---|----------------------------|
|  | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 3 de 18 |

1. INTRODUCCIÓN

La presente Memoria de Cálculo tiene por objetivo detallar el procedimiento empleado en el cálculo y diseño estructural del proyecto “**PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC**”.

2. LISTADO DE NORMAS, CÓDIGOS Y/O CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño estructural se realiza en conformidad con lo establecido en las siguientes normas, códigos y/o criterios de diseño indicados a continuación:

2.1. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS

- **NCh 432.Of1971 (NCh432)**
“Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- **NCh 3171.Of2010 (NCh3171)**
“Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de cargas”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.

2.2. ESTRUCTURAS DE ACERO

- **NCh 203.Of2006 (NCh203)**
“Acero para uso estructural - Requisitos”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- **ANSI/AISC 360-05 (AISC)**
“Specification for Structural Steel Buildings”, American Institute of Steel Construction.
- **ANSI/AISC 341-05 (AISC)**
“Seismic Provisions for Structural Steel Buildings”, American Institute of Steel Construction.
- **AISI S100-2007 (AISI)**
“North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members”, American Iron and Steel Institute.

| | | |
|---|---|----------------------------|
|  | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 4 de 18 |

- **AWS D1.1:2004 (AWS)**
"Structural Welding Code-Steel", American Welding Society.

2.2.1. Factores de seguridad

Elementos de acero

Los elementos de acero se diseñan utilizando los factores de seguridad especificados en la norma AISC360-05 para el caso de diseño por tensiones admisibles (ASD):

- Elementos en tracción (fluencia área gruesa) : $\Omega = 1.67$
- Elementos en tracción (rotura área neta) : $\Omega = 2.00$
- Elementos en compresión : $\Omega = 1.67$
- Elementos en flexión : $\Omega = 1.67$
- Diseño al corte : $\Omega = 1.67$

Elementos de acero conformado en frío

Los elementos de acero conformados en frío se diseñan utilizando los factores de seguridad especificados en la norma AISI S100-2007 para el caso de diseño por tensiones admisibles (ASD):

- Elementos en tracción : $\Omega = 1.67$
- Elementos en compresión : $\Omega = 1.80$
- Elementos en flexión : $\Omega = 1.67$
- Diseño al corte : $\Omega = 1.50$

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 5 de 18 |

3. MATERIALES

3.1. PROPIEDADES

- Acero estructural : A42-27ES Según NCh203
- Pernos en general : ASTM A325

3.2. RESISTENCIA

- Acero estructural : $f_y = 2700 \text{ kg/cm}^2$

3.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD

- Acero : $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$

4. DEFORMACIONES ADMISIBLES

4.1. DEFORMACIONES ESTÁTICAS

- Vigas $\Delta_{adm} = L/240$
- Columnas $\Delta_{adm} = H/66$
- Costaneras: $\Delta_{adm} = L/200$

5. ANÁLISIS

5.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

La estructura consiste en un marco (una o dos columnas) de acero que soportan una viga inclinada en donde se apoyan paneles fotovoltaicos.

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 6 de 18 |

5.2. CARGAS DE DISEÑO

5.2.1. Cargas permanentes (D)

Además de las cargas permanentes de peso propio que actúan sobre la estructura, para el análisis y diseño de los elementos estructurales se consideran las siguientes cargas permanentes:

- Carga permanente (Peso Paneles) : 7.5 kg/m²

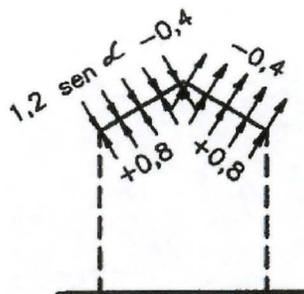
5.2.2. Cargas de uso de piso (L) y techo (Lr)

No se consideran cargas de uso sobre los paneles fotovoltaicos.

5.2.3. Cargas de viento (W)

Las cargas de viento se calculan de acuerdo a lo indicado en la norma NCh432, considerando que la estructura se sitúa en campo abierto, $W_0=70 \text{ kg/m}^2$.

- Factor de forma (C):



ANEXOS

**ANEXO 1 – ALTERNATIVA 1: 2 PANELES FOTOVOLTAICOS 1 POSTE
HINCADO. SIN SOBRECARGA DE NIEVE**

No se consideran cargas de uso (Lr) sobre los paneles fotovoltaicos.

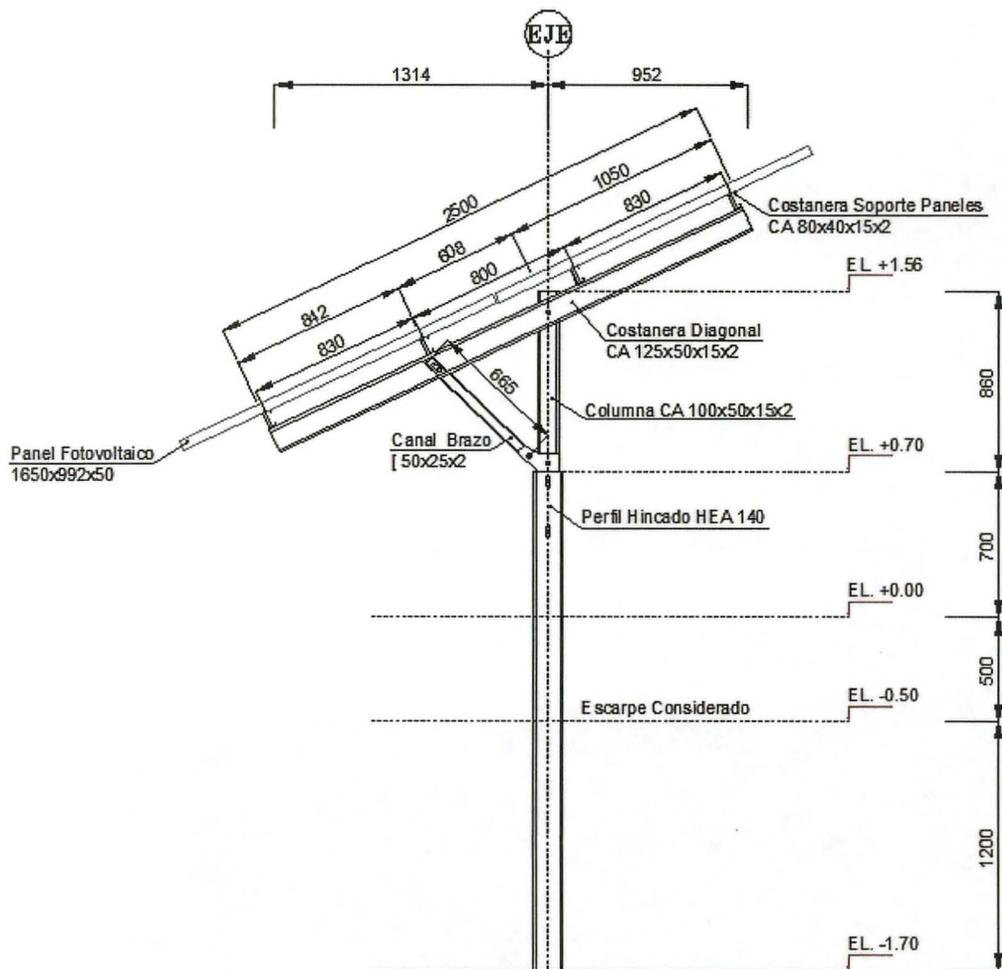


Figura N° 1: **Alternativa 1.** Estructura hincada 1 poste @ 2.8 mts.

Se incorporan Tensores diagonales $\phi 12$, con el fin de dar a la estructura soporte lateral y control de las deformaciones, según el siguiente esquema:

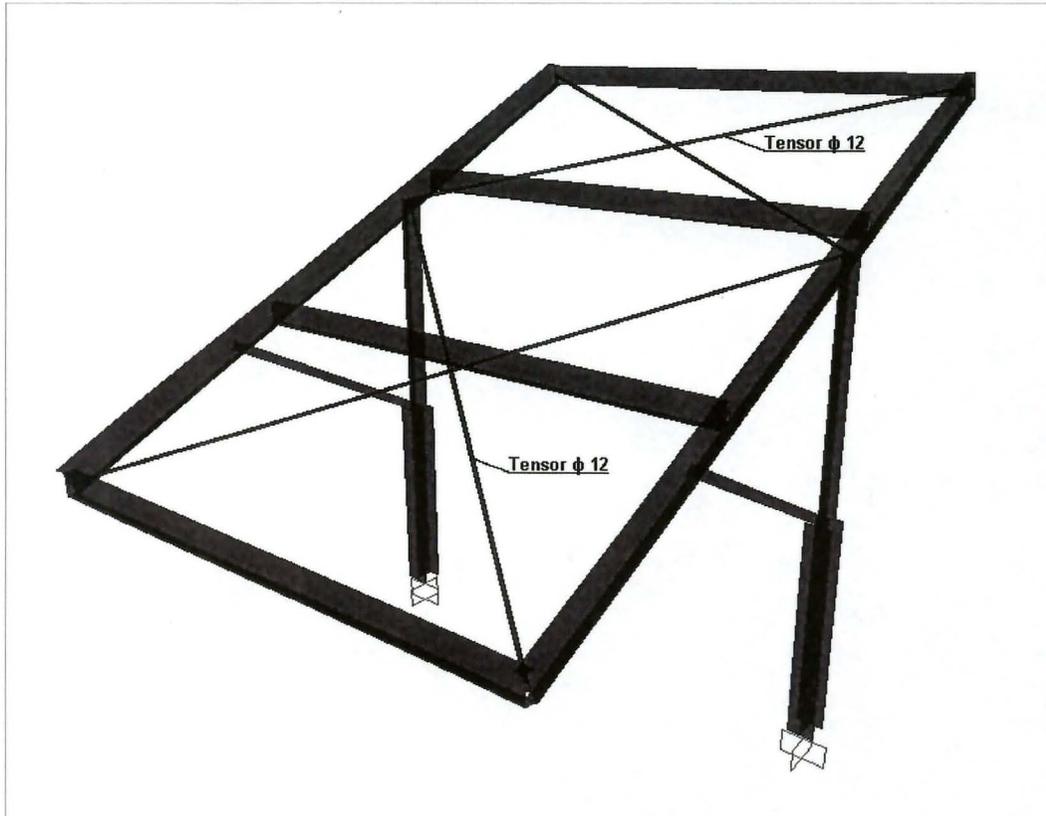


Figura N° 2: **Alternativa 1**. Estructura hincada 1 poste @ 2.8 mts.

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 10 de 18 |

ANEXO 2 DISEÑO DE ELEMENTOS PRINCIPALES

• Costanera CA 80x40x15x2

CAPACIDAD SECCION CANAL ATIESADA

| Propiedades perfil | Prop. seccion bruta | Carga Axial Admisible | Solicitaacion | |
|--|---------------------------------------|--|------------------|-------------|
| H = 80 mm | A = 3.54 cm ² | P_x^{FT} = 2.16 ton | Psol = | 0.00 |
| B = 40 mm | I _x = 35 cm ⁴ | P_y^F = 2.38 ton | | |
| C = 15 mm | W _x = 8.8 cm ³ | Momento Admisible | | |
| e = 2 mm | i _x = 3.16 cm | Mu = 0.115 ton-m | | |
| Peso = 2.78 kg/cm ² | I _y = 8.1 cm | Otros Valores | | |
| F _y = 2700 kg/cm ² | W _y = 3.18 cm ³ | Vu = 1.56 ton | V = | 0.11 |
| Condiciones | | L₂₀₀ = 0.51 m | M _x = | 0.05 |
| k _x = 0.65 | i _y = 1.51 cm | My = 0.051 ton-m | | |
| k _y = 0.65 | X _g = 1.46 cm | | | |
| K _t = 0.65 | x _o = -3.40 cm | | | |
| L = 280 cm | i _o = 4.88 cm | | My = | 0.00 |
| L _t = 182 cm | β = 0.515 | | | |
| L _v = 182 cm | j = 4.8 | | | |
| C _b = 1 | 1000J = 47 cm ⁴ | | FU | 0.45 |
| | Ca = 131 cm ⁶ | | | |

| Parametros auxiliares | Calculo Capacidad Perfil | | | |
|--------------------------------|---|--|---|--------------------------|
| | Carga axial | | Carga a flexion | Otros valores |
| | (P _x ^{FT}) | (P _y ^F) | | |
| H = 8 cm | λ _x = 57.65 | Fe = 1410 kg/cm ² | σ _{ey} = 1410 kg/cm ² | M _{max} = 0.693 |
| B = 4 cm | λ _y = 120.49 | λ _y = 120 | σ _{xt} = 1412 kg/cm ² | k _v = 5.34 |
| C = 1.5 cm | σ _{ex} = 6160 kg/cm ² | λ _c = 1.384 | My = 238 kg-m | V _n = 2.3 kg |
| e = 0.2 cm | σ _{ey} = 1410 kg/cm ² | F _n = 1212 kg/cm ² | Me = 243 kg-m | FS = 1.5 |
| E = 2074145 kg/cm ² | σ _{xt} = 1412 kg/cm ² | Aef = 3.54 cm² | Mc = 193 kg-m | |
| v = 0.25 | β = 0.515 | P _n = 4.29 ton | FS = 1.67 | |
| G = 794500 | Fe = 1256 kg/cm ² | FS = 1.80 | Wef = 8.8 cm³ | |
| r = 0.3 | λ _x = 58 | | M _n = 0.193 ton-m | |
| a = 7.2 | λ _c = 1.466 | | | |
| a _{barra} = 7.8 | F _n = 1098 kg/cm ² | | | |
| b = 3.2 | Aef = 3.54 cm² | | | |
| b _{barra} = 3.8 | P _n = 3.88 ton | | | |
| c = 1.1 | FS = 1.80 | | | |
| c _{barra} = 1.4 | | | | |
| u = 0.47 | | | | |
| m = 2.0324123 | | | | |
| β _w = -14.72739 | | | | |
| β _f = 15.602394 | | | | |
| β _j = 22.305508 | | | | |

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 11 de 18 |

• Costanera CA 125x50x15x2

CAPACIDAD SECCION CANAL ATIESADA

| Propiedades perfil | Prop. seccion bruta | Carga Axial Admisible |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| H = 125 mm | A = 4.84 cm ² | $P_x^{FT} = 5.04$ ton |
| B = 50 mm | Ix = 116 cm ⁴ | $P_y^F = 5.38$ ton |
| C = 15 mm | Wx = 18.6 cm ³ | Momento Admisible |
| e = 2 mm | ix = 4.91 cm | Mu = 0.301 ton-m |
| Peso = 3.80 kg/cm ² | Iy = 16.2 cm | Otros Valores |
| Fy = 2700 kg/cm ² | Wy = 4.70 cm ³ | Vu = 2.53 ton |
| Condiciones | iy = 1.83 cm | L ₂₀₀ = 1.67 m |
| k _x = 2 | Xg = 1.56 cm | My = 0.076 ton-m |
| k _y = 1 | x _o = -3.74 cm | |
| Kt = 1 | i _o = 6.43 cm | |
| L = 105 cm | β = 0.663 | |
| L _t = 105 cm | j = 7.0 | |
| Lv = 105 cm | 1000J = 64 cm ⁴ | |
| Cb = 1 | Ca = 541 cm ⁶ | |

| Parametros auxiliares | Calculo Capacidad Perfil | | | |
|--------------------------------|--|----------------------------------|---|--------------------------|
| | Carga axial | | Carga a flexion | Otros valores |
| | (P _x ^{FT}) | (P _y ^F) | | |
| H = 12.5 cm | λx = 42.80 | Fe = 6205 kg/cm ² | σ _{ey} = 6205 kg/cm ² | M _{max} = 0.693 |
| B = 5 cm | λy = 57.44 | λy = 57 | σ _t = 5273 kg/cm ² | kv = 5.34 |
| C = 1.5 cm | σ _{ex} = 11173 kg/cm ² | λc = 0.660 | My = 503 kg-m | Vn = 3.8 kg |
| e = 0.2 cm | σ _{ey} = 6205 kg/cm ² | Fn = 2250 kg/cm ² | Me = 1779 kg-m | FS = 1.5 |
| E = 2074145 kg/cm ² | σ _t = 5273 kg/cm ² | Aef = 4.30 cm² | Mc = 503 kg-m | |
| v = 0.25 | β = 0.663 | Pn = 9.69 ton | FS = 1.67 | |
| G = 794500 | Fe = 4342 kg/cm ² | FS = 1.80 | Wef = 18.6 cm³ | |
| r = 0.3 | λx = 43 | | Mn = 0.503 ton-m | |
| a = 11.7 | λc = 0.789 | | | |
| a _{barra} = 12.3 | Fn = 2081 kg/cm ² | | | |
| b = 4.2 | Aef = 4.36 cm² | | | |
| b _{barra} = 4.8 | Pn = 9.07 ton | | | |
| c = 1.1 | FS = 1.80 | | | |
| c _{barra} = 1.4 | | | | |
| u = 0.47 | | | | |
| m = 2.278167 | | | | |
| β _w = -52.80919 | | | | |
| β _r = 80.495223 | | | | |
| β _t = 76.823525 | | | | |

COMBINACION D + W

| | Solicitation | FU |
|-----------|--------------|------|
| Psd = | 0.08 | 0.02 |
| V = | 0.09 | 0.04 |
| Mx = | 0.16 | 0.54 |
| My = | 0.00 | 0.02 |
| FU | 0.58 | |

COMBINACION D - W

| | Solicitation | FU |
|-----------|--------------|------|
| Psd = | 0.06 | 0.02 |
| V = | 0.12 | 0.05 |
| Mx = | 0.22 | 0.73 |
| My = | 0.00 | 0.05 |
| FU | 0.79 | |

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 12 de 18 |

• Canal Brazo [50x25x2

CAPACIDAD SECCION CANAL

| Propiedades perfil | | Prop. Seccion Bruta | | Carga Axial Admisible | |
|-----------------------|--------------------|------------------------|-----------------|-----------------------|-------|
| H = 50 | mm | A = 1.87 | cm ² | $P_X^{FT} = 1.78$ | ton |
| B = 25 | mm | I _x = 7.1 | cm ⁴ | $P_Y^F = 1.52$ | ton |
| e = 2 | mm | W _k = 2.8 | cm ³ | Momento Admisible | |
| Peso = 1.47 | kg/cm ² | i _x = 1.94 | cm | $M_u = 0.046$ ton-m | |
| F _y = 2700 | kg/cm ² | i _y = 1.1 | cm ⁴ | Otros Valores | |
| Condiciones | | W _y = 0.63 | cm ³ | $V_u = 0.9$ | ton |
| k _x = 1 | | i _y = 0.778 | cm | $L_{200} = 0.028$ | m |
| k _y = 1 | | X _g = 0.718 | cm | $M_y = 0.010$ | ton-m |
| K _t = 1 | | x _o = -1.52 | cm | | |
| L = 82 | cm | i _o = 2.59 | cm | | |
| L _t = 1 | cm | β = 0.656 | | | |
| L _v = 1 | cm | j = 2.78 | cm ⁴ | | |
| C _b = 1 | | 1000J = 24.9 | cm ⁴ | | |
| | | Ca = 5 | cm ⁶ | | |

| Parametros auxiliares | Calculo Capacidad Perfil | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------|---------------|
| | Carga Axial | | Flexion | | Otros valores |
| | (P _x ^{FT}) | (P _y ^F) | | | |
| H = 5 cm | λX = 42 | Fe = 1841 kg/cm ² | α _{ey} = 12379572 kg/cm ² | M _{flex} = 2.47 | |
| B = 2.5 cm | λY = 105 | λC = 1.211 | α _x = 7606266 kg/cm ² | kv = 5.34 | |
| e = 0.2 cm | α _{ex} = 11512 | λY = 105 | My = 76 kg-m | Vn = 1.4 | |
| E = 2074145 kg/cm ² | α _{ey} = 1841 | Fn = 1461 kg/cm ² | Me = 469029 kg-m | FS = 1.5 | |
| v = 0.25 | α = 2715 | Fn = 2.73 ton | Mc = 76 kg-m | | |
| G = 794503 | β = 0.656 | Aef = 1.87 cm ² | FS = 1.67 | | |
| r = 0.3 cm | Fe = 2480 | FS = 1.80 | Wef = 2.8 cm ³ | | |
| a = 4.2 cm | λC = 1.043 | | Mh = 0.076 ton-m | | |
| a _{barra} = 4.8 cm | λX = 42 | | | | |
| b = 2.1 cm | Fn = 1712 kg/cm ² | | | | |
| b _{barra} = 2.4 cm | Fn = 3.20 ton | | | | |
| u = 0.47 | Aef = 1.87 cm ² | | | | |
| m = 0.9 | FS = 1.80 | | | | |
| b _w = -1.365366 cm | | | | | |
| b _t = 4.212893 cm | | | | | |

COMBINACION D + W

| Solicitacion | FU | |
|--------------|-------------|-------|
| Psd = | 0.18 | 0.120 |
| V = | 0.00 | 0.000 |
| Mk = | 0.00 | 0.000 |
| My = | 0.00 | 0.154 |
| FU | 0.12 | |

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 13 de 18 |

• Canal Columna CA 100x50x15x2

CAPACIDAD SECCION CANAL ATIESADA

| Propiedades perfil | | Prop. seccion bruta | | Carga Axial Admisible | |
|-----------------------|--------------------|------------------------|-----------------|--------------------------|-------|
| H= 100 | mm | A= 4.34 | cm ² | $P_x^{FT} = 3.13$ | ton |
| B= 50 | mm | I _x = 69 | cm ⁴ | $P_y^F = 1.53$ | ton |
| C= 15 | mm | W _k = 13.8 | cm ³ | Momento Admisible | |
| e= 2 | mm | i _x = 4.00 | cm | $M_u = 0.224$ | ton-m |
| Peso= 3.40 | kg/cm ² | i _y = 15.0 | cm | Otros Valores | |
| F _y = 2700 | kg/cm ² | W _y = 4.57 | cm ³ | $V_u = 1.99$ | ton |
| Condicion | 2 | i _y = 1.86 | cm | $L_{200} = 0.99$ | m |
| $k_x = 2$ | | X _g = 1.73 | cm | $M_y = 0.074$ | ton-m |
| $k_y = 2$ | | x _o = -4.04 | cm | | |
| K _t = 1 | | i _o = 5.98 | cm | | |
| L= 156 | cm | β= 0.543 | | | |
| L _t = 1 | cm | j= 6.1 | | | |
| L _v = 1 | cm | 1000J= 58 | cm ⁴ | | |
| C _b = 1 | | Ca= 342 | cm ⁶ | | |

| Parametros auxiliares | Calculo Capacidad Perfil | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--------------------------|
| | Carga axial | | Carga a flexion | Otros valores |
| | (P _x ^{FT}) | (P _y ^F) | | |
| H= 10 cm | λ _x = 78.08 | Fe= 726 kg/cm ² | c _{ley} = 70708913 kg/cm ² | M _{max} = 0.683 |
| B= 5 cm | λ _y = 167.88 | λ _y = 168 | α= 45096692 kg/cm ² | kv= 5.34 |
| C= 1.5 cm | c _{tax} = 3358 kg/cm ² | λ _c = 1.928 | M _y = 374 kg-m | V _n = 3.0 kg |
| e= 0.2 cm | c _{ley} = 726 kg/cm ² | F _n = 637 kg/cm ² | M _b = 14644918 kg-m | FS= 1.5 |
| E= 2074145 kg/cm ² | α= 2149 kg/cm ² | A_{ef}= 4.34 cm² | M _t = 374 kg-m | |
| v= 0.25 | β= 0.543 | F _n = 2.76 ton | FS= 1.67 | |
| G= 794500 | Fe= 1546 kg/cm ² | FS= 1.80 | W_{ef}= 13.8 cm³ | |
| r= 0.3 | λ _x = 78 | | M _n = 0.374 ton-m | |
| a= 9.2 | λ _c = 1.321 | | | |
| a _{barra} = 9.8 | F _n = 1300 kg/cm ² | | | |
| b= 4.2 | A_{ef}= 4.34 cm² | | | |
| b _{barra} = 4.8 | F _n = 5.64 ton | | | |
| c= 1.1 | FS= 1.80 | | | |
| c _{barra} = 1.4 | | | | |
| u= 0.47 | | | | |
| m= 2.416826 | | | | |
| β _w = -33.90941 | | | | |
| β _y = 45.175164 | | | | |
| β _x = 49.570432 | | | | |

COMBINACION D – W

| Solicitacion | FU |
|--------------------|-------------|
| P _{scl} = | 0.44 0.29 |
| V = | 0.16 0.08 |
| M _x = | 0.14 0.61 |
| M _y = | 0.00 0.04 |
| FU | 0.86 |

COMBINACION D + W

| Solicitacion | FU |
|--------------------|-------------|
| P _{scl} = | 0.36 0.24 |
| V = | 0.06 0.03 |
| M _x = | 0.05 0.25 |
| M _y = | 0.00 0.02 |
| FU | 0.47 |



PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC

| | |
|-----------|------------|
| Proyecto: | MP 2013 |
| Doc. N°: | MP-MC-2013 |
| Revisión: | B |
| Fecha: | 23-12-13 |
| Página: | 14 de 18 |

- Columna HEA 140

DISEÑO VIGAS SECCIONES 2T DOBLE SIMETRIA

PROPIEDADES DE LA SECCION

| Dimensiones | | |
|-------------|-----|----|
| H | 133 | mm |
| B | 140 | mm |
| e | 8,5 | mm |
| t | 5,5 | mm |

| | | |
|---------------------|-------|-----------------|
| h= | 116,0 | mm |
| b= | 70,0 | mm |
| A _{ala} = | 11,90 | cm ² |
| A _{alma} = | 6,38 | cm ² |

| Propiedades | | |
|------------------------------|---------|--------------------|
| A | 30,18 | cm ² |
| k | 995 | cm ⁴ |
| I _y | 389 | cm ⁴ |
| I _{xk} | 150 | cm ⁴ |
| I _{yk} | 56 | cm ⁴ |
| Z _x | 167 | cm ³ |
| Z _y | 84 | cm ³ |
| r _x | 5,74 | cm |
| r _y | 3,59 | cm |
| P | 23,69 | Kg/m |
| i _a | 4,16 | cm |
| i _t | 0,895 | cm |
| I _{av} | 15064 | cm ⁴ |
| J | 6,42 | cm ⁴ |
| F _y | 2512 | Kg/cm ² |
| F _L | 1758 | Kg/cm ² |
| E | 2100000 | Kg/cm ² |
| aw | 0,536 | |
| r _{ts} ² | 16,17 | cm ² |
| r _{ts} | 3,87 | cm |
| r _t | 3,87 | cm |
| I _{yc} | 194,4 | |
| h _o | 125 | mm |

COMBINACION D + W

Solicitud

| Esfuerzos | | | |
|----------------|------|--------|--------------------|
| M _k | 0,19 | Tonf-m | Momento X, Flexión |
| V | 0,19 | Tonf | Corte |
| N | 0,51 | Tonf | Axial, Compresión |
| T | 0,00 | Tonf | Axial, Tracción |
| M _y | 0,00 | Tonf-m | Momento Y, Flexión |

| Condiciones | | | |
|------------------|------|----|--|
| L | 156 | cm | Largo de la viga |
| K _x | 2,00 | | |
| K _y | 2,00 | | |
| K _z | 2,00 | | Factor de longitud efectiva para la flexotorsión |
| λ _x | 54,3 | | |
| λ _y | 86,9 | | |
| λ _{max} | 86,9 | | OK |

PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC

Proyecto: MP 2013
 Doc. Nº: MP-MC-2013
 Revisión: B
 Fecha: 23-12-13
 Página: 15 de 18

FLEXION

CLASIFICACION DE LA SECCION EN FLEXION

| ESEBILIDAD LOCAL | | |
|------------------|-------|------------------|
| b/e = | 8,24 | Alta |
| h/t = | 21,09 | Alta |
| kc = | 0,780 | 0,35 < kc < 0,75 |

| | |
|-------|------|
| F.S = | 1,67 |
| φ = | 0,90 |

| LIMITE ALA | | |
|------------|-------|--|
| λp = | 10,99 | |
| λr = | 28,62 | |

ALA COMPACTA

| LIMITE ALMA | | |
|-------------|--------|--|
| λp = | 108,71 | |
| λr = | 164,81 | |

ALMA COMPACTA

CLASIFICACION DEL CAPITULO A UTILIZAR

POSIBLES MODOS DE FALLA EN FLEXION

Y: FUENCIA DE LA ALA COMPRIMIDA

f6

Y: Fluencia del ala comprimida
 FLB: Pandeo Local del ala comprimida

| | CASO F2 | CASO F3 | CASO F4 | CASO F5 | CASO F6 | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Mp = | 42 | 42 | 42 | - | 21 | ton-m |
| Mpc = | - | - | 3,8 | - | - | ton-m |
| Fpc = | - | - | 1,11 | - | - | |
| Fpg = | - | - | - | 1,00 | - | |
| Mh = | 42 | - | 42 | 3,8 | 21 | ton-m |
| Maxim = | 2,5 | - | 2,5 | 2,3 | 1,3 | ton-m |

LTB: PANDEO LATERAL-TORSIONAL

| | CASO F2 | CASO F3 | CASO F4 | CASO F5 | CASO F6 | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| Lb = | 312 | 312 | 312 | 312 | - | cm |
| Lp = | 183 | 183 | 123 | 123 | - | cm |
| Lr = | 782 | 782 | 782 | 430 | - | cm |
| Fcr = | 6632 | 6632 | 6632 | 2512 | - | Kg/cm ² |
| Mh = | 42 | 42 | 42 | 3,8 | - | ton-m |
| Maxim = | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,3 | - | ton-m |

FLB: PANDEO LOCAL DEL ALA COMPRIMIDA

| | CASO F2 | CASO F3 | CASO F4 | CASO F5 | CASO F6 | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| Fcr = | - | - | - | - | - | Kg/cm ² |
| Mh = | - | - | - | - | - | ton-m |
| Maxim = | - | - | - | - | - | ton-m |

ESTADO LIMITE

| | CASO F2 | CASO F3 | CASO F4 | CASO F5 | CASO F6 | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Mh = | 42 | 42 | 42 | 3,8 | 21 | ton-m |
| Maxim = | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,3 | 1,3 | ton-m |

| | | |
|--------------|-----|-------|
| Mh (f6) = | 21 | ton-m |
| Maxim (f6) = | 1,3 | ton-m |
| Mu (f6) = | 2,3 | ton-m |

VERIFICA EN FLEXION PURA: FU = 0,15

INTERACCION FLESION COMPRESION

| | | |
|---------|------|-------|
| Maxim = | 1,27 | ton-m |
| M = | 0,19 | ton-m |

| | |
|-----------|------|
| F.U (M) = | 0,15 |
| F.U (N) = | 0,02 |

| | | |
|--------|-------|-----|
| N = | 0,51 | ton |
| Nadm = | 30,95 | ton |

| | |
|------|------|
| FU = | 0,16 |
|------|------|

VERIFICA

INTERACCION FLESION CORTANTE

| | | |
|---------|------|-------|
| Maxim = | 1,27 | ton-m |
| M = | 0,19 | ton-m |

| | |
|-----------|------|
| F.U (M) = | 0,15 |
| F.U (V) = | 0,03 |
| FU = | 0,23 |

VERIFICA

| | | |
|--------|------|-----|
| V = | 0,19 | ton |
| Vadm = | 6,60 | ton |



PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC

| | |
|-----------|------------|
| Proyecto: | MP 2013 |
| Doc. N°: | MP-MC-2013 |
| Revisión: | B |
| Fecha: | 23-12-13 |
| Página: | 16 de 18 |

COMBINACION D - W

Solicitud

| Esfuerzos | | | |
|-----------|------|--------|--------------------|
| Mx | 0.37 | Tonf·m | Momento X Flexión |
| V | 0.33 | Tonf | Corte |
| N | 0.60 | Tonf | Axial, Compresión |
| T | 0.00 | Tonf | Axial, Tracción |
| My | 0.00 | Tonf·m | Momento Y, Flexión |

| Condiciones | | | |
|-------------------|------|----|--|
| L = | 156 | cm | Largo de la viga |
| Kx = | 2.00 | | |
| Ky = | 2.00 | | |
| Kz = | 2.00 | | Factor de longitud efectiva para la flexotorsión |
| λ_x = | 54.3 | | |
| λ_y = | 86.9 | | |
| λ_{max} = | 86.9 | | OK |

| FLEXION | | | | | | |
|---|---------|--------------------|---------------|---------------|---------|--------------------|
| CLASIFICACION DE LA SECCION EN FLEXION | | | | | | |
| ESEBELTEZ LOCAL | | LIMITE ALA | | ALA COMPACTA | | |
| b/e = | 8.24 | Ala | λ_p = | 10.99 | | |
| h/t = | 21.09 | Alma | λ_r = | 28.62 | | |
| kc = | 0.760 | 0.35 < kc < 0.76 | | | | |
| F.S. = 1.67 | | LIMITE ALMA | | ALMA COMPACTA | | |
| ϕ = | 0.90 | λ_p = | 108.71 | | | |
| | | λ_r = | 164.81 | | | |
| CLASIFICACION DEL CAPITULO A UTILIZAR | | | | | | |
| POSIBLES MODOS DE FALLA EN FLEXION | | | | | | |
| Y: FLENDIA DEL ALA COMPRIMIDA | | | | | | |
| | CASO F2 | CASO F3 | CASO F4 | CASO F5 | CASO F6 | |
| Mp = | 4.2 | 4.2 | 4.2 | - | 2.1 | ton·m |
| Mpc = | - | - | 3.8 | - | - | ton·m |
| Fpc = | - | - | 1.11 | - | - | |
| Fpg = | - | - | - | 1.00 | - | |
| Mh = | 4.2 | - | 4.2 | 3.8 | 2.1 | ton·m |
| Madm = | 2.5 | - | 2.5 | 2.3 | 1.3 | ton·m |
| LTB: PANDEO LATERAL-TORSIONAL | | | | | | |
| | CASO F2 | CASO F3 | CASO F4 | CASO F5 | CASO F6 | |
| Lb = | 312 | 312 | 312 | 312 | - | cm |
| Lp = | 183 | 183 | 123 | 123 | - | cm |
| Lr = | 782 | 782 | 782 | 400 | - | cm |
| Fcr = | 10420 | 10420 | 10420 | 2512 | - | Kg/cm ² |
| Mh = | 4.2 | 4.2 | 4.2 | 3.8 | - | ton·m |
| Madm = | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.3 | - | ton·m |
| FLB: PANDEO LOCAL DEL ALA COMPRIMIDA | | | | | | |
| | CASO F2 | CASO F3 | CASO F4 | CASO F5 | CASO F6 | |
| Fcr = | - | - | - | - | - | Kg/cm ² |
| Mh = | - | - | - | - | - | ton·m |
| Madm = | - | - | - | - | - | ton·m |
| ESTADO LIMITE | | | | | | |
| | CASO F2 | CASO F3 | CASO F4 | CASO F5 | CASO F6 | |
| Mh = | 4.2 | 4.2 | 4.2 | 3.8 | 2.1 | ton·m |
| Madm = | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.3 | 1.3 | ton·m |
| Mh (f6) = | 2.1 | ton·m | | | | |
| Madm (f6) = | 1.3 | ton·m | | | | |
| Mu (f6) = | 2.3 | ton·m | | | | |
| VERIFICACION EN FLEXION PURA: EU = | | | | | | 0.29 |

PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC

| | |
|-----------|------------|
| Proyecto: | MP 2013 |
| Doc. N°: | MP-MC-2013 |
| Revisión: | B |
| Fecha: | 23-12-13 |
| Página: | 17 de 18 |

INTERACCION FLEJO COMPRESION

| | | |
|--------------------|------|-------|
| M _{adm} = | 1.27 | ton-m |
| M= | 0.37 | ton-m |

| | |
|-----------|------|
| F.U (M) = | 0.29 |
| F.U (N) = | 0.02 |

| | | |
|--------------------|-------|-----|
| N= | 0.60 | ton |
| N _{adm} = | 30.95 | ton |

| | |
|-------|------|
| F.U = | 0.30 |
|-------|------|

VERIFICA

INTERACCION FLEJO NCORTE

| | | |
|--------------------|------|-------|
| M _{adm} = | 1.27 | ton-m |
| M= | 0.37 | ton-m |

| | |
|-----------|------|
| F.U (M) = | 0.29 |
| F.U (V) = | 0.05 |
| F.U = | 0.36 |

VERIFICA

| | | |
|--------------------|------|-----|
| V= | 0.33 | ton |
| V _{adm} = | 6.60 | ton |

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | PANELES FOTOVOLTAICOS CINTAC | Proyecto: MP 2013 |
| | | Doc. N°: MP-MC-2013 |
| | | Revisión: B |
| | | Fecha: 23-12-13 |
| | | Página: 18 de 18 |

ANEXO 3 CUBICACION ALTERNATIVA 1

MP INGENIEROS



PROYECTO: PANELES FOTOVOLTAICOS ALTERNATIVA 1

Sigo 31/05/2013
M2 37

CUBICACIÓN:

Luz: 2,3 m (Exterior)
 Largo: 16,3 m (Exterior)
 Distancia entre marcos: 2,8 m
 Cantidad marcos Tipo: 6
 i: 25,0 %

| Tipo | Perfil | Cantidad | Largo O (m) | Largo C (m) | Peso (kg/m) | Total Kg. |
|------------|----------------|----------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| MARCO TIPO | | | | | | |
| Columnas | CA 100x50x15x2 | 6 | 0,85 | 0,9 | 3,40 | 18 |
| Vigas | CA 125x50x15x2 | 6 | 2,50 | 2,5 | 3,80 | 57 |
| | | | | | | 75 |
| | | | | | Kilos | 75 |

| Tipo | Perfil | Cantidad | Largo O | Largo C | Peso m | Total Kg. |
|------------|---------------|----------|---------|---------|--------|------------|
| Costaneras | | | | | | |
| Tramo | CA 80x40x15x2 | 12 | 6,00 | 6,0 | 2,78 | 200 |
| | | | | | | 200 |
| Brazo | | | | | | |
| Puntal | [50x25x2 | 6 | 0,85 | 0,9 | 1,47 | 8 |
| | | | | | | 8 |
| | | | | | Kilos | 208 |

KILOS PERFILES

TOTAL KILOS PROYECTO

Kg/m²

| |
|-------------|
| 283 |
| 283 |
| 7.66 |

CRITERIOS DE DISEÑO:

CARGAS PERMANENTES 7.5 Kg/m²

SOBRECARGA 0 Kg/m²

WINDO 70 Kg/m²

MARCOS

DEFORMACION VERTICAL L/240

DEFORMACION HORIZONTAL L/66

COSTANERAS

DEFORMACION VERTICAL L/ 200

DEFORMACION HORIZONTAL L/ 100

En esta cubicación, NO se considero el perfil hincado.

Anexo 4: Aprobación TE4 SEC

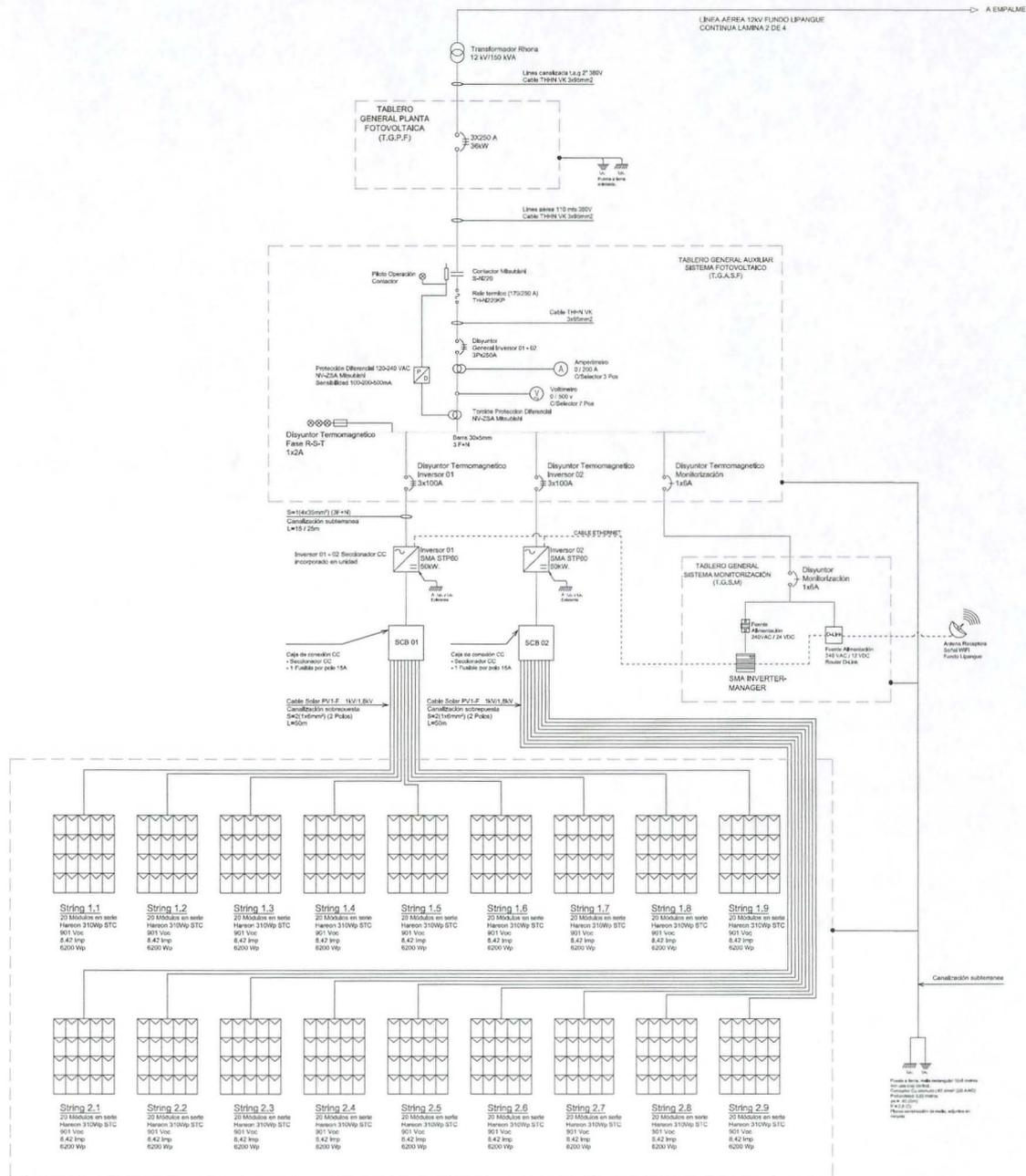
Anexo 4: Formulario 5 Chilectra

Anexo 5: Formulario 6

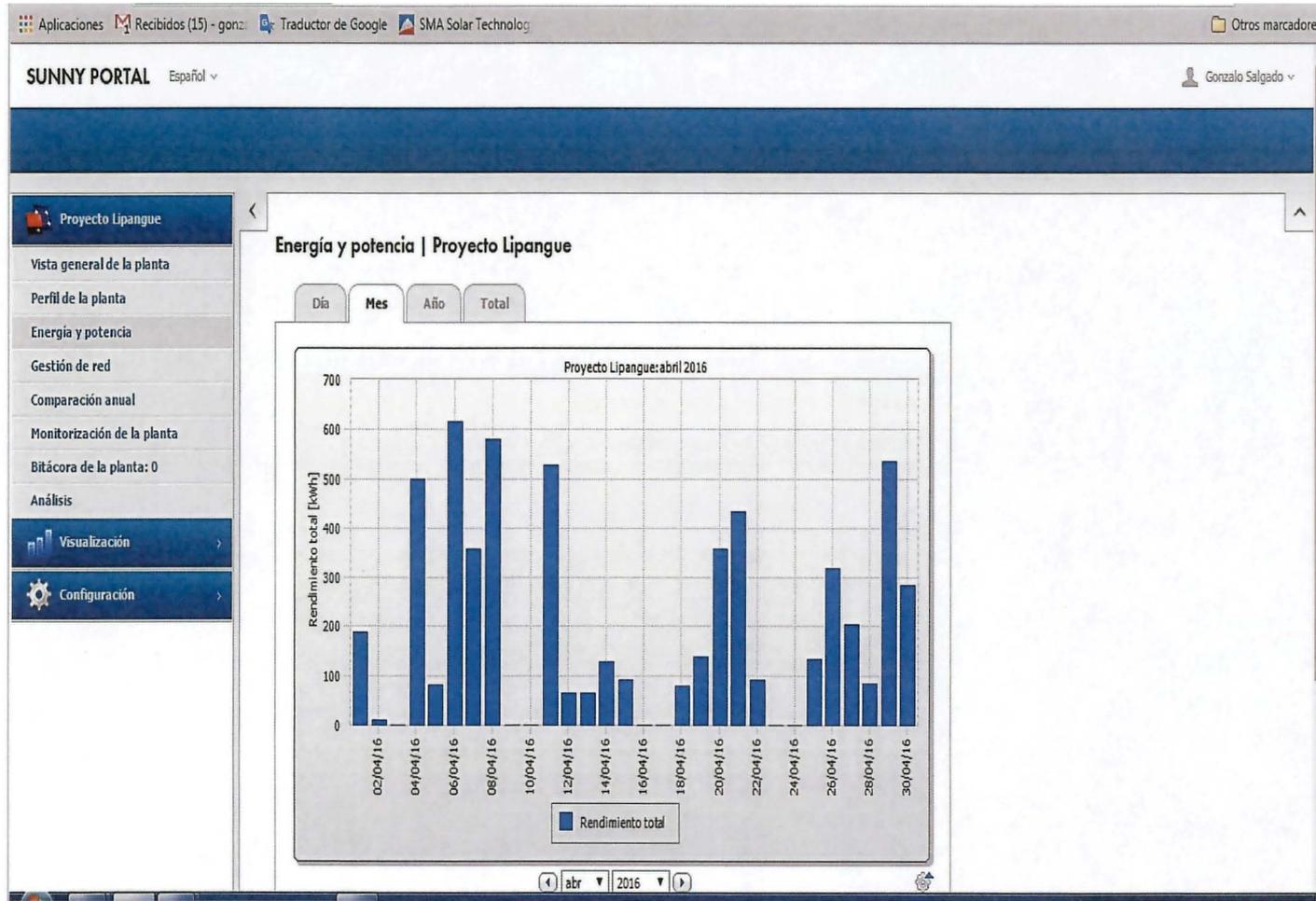
Anexo 6: Contrato conexión

Anexo 7: Diagrama Unilineal Planta Solar Lipangue

DIAGRAMA UNILINEAL SISTEMA FOTOVOLTAICO



Anexo 8: Visualización Sunny Portal – Seguimiento y monitoreo de Planta Solar Lipangue



Anexo 9: Manual de Operación y Mantenimiento

Contenido

- 1. Generalidades..... 3
- 2. Plan de mantenimiento preventivo 4
 - 2.1. Paneles Solares Fotovoltaicos 4
 - 2.1.1. Limpieza del panel 4
 - 2.1.2. Inspección visual de posibles degradaciones (bimensualmente)..... 5
 - 2.1.3. Control de la temperatura del panel (semestralmente) 6
 - 2.1.4. Control anual de las características eléctricas del panel 6
 - 2.2. Estructura soporte de los paneles 7
 - 2.3. Cajas de strings 8
 - 2.4. Inversores 11
 - 2.5. Sistema de monitorización de la instalación solar 14
 - 2.6. Protecciones 16
 - 2.7. Línea eléctrica 18
 - 2.8. Transformador 19
 - 2.9. Puesta a tierra 21
- 3. Anexos 23
 - 3.1. Anexo: Diagrama Unilineal 23
 - 3.2. Anexo: Lista de puntos de control (sugerida por constructor: TRITEC) 24
 - 3.3. Anexo: Ficha Técnica Paneles Fotovoltaicos 25
 - 3.4. Anexo: Ficha Técnica Inversores 26

Manual de mantenimiento Planta Fotovoltaica

1. Generalidades

Las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red se caracterizan por ser instalaciones que requieren escaso mantenimiento si están bien diseñadas, por lo que siguiendo el presente Plan de Mantenimiento no es de esperar que se produzcan averías en la instalación. La experiencia muestra que los sistemas fotovoltaicos tienen muy pocas posibilidades de avería, especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y si se realizan mantenimientos preventivos. Básicamente las posibles reparaciones que puedan ser necesarias son las mismas que cualquier aparato o sistema eléctrico, y al alcance de cualquier electricista.

El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos tiene un carácter preventivo y correctivo. Las plantas fotovoltaicas de estructura fija¹ no poseen partes móviles sometidas a desgaste, ni requieren cambio de piezas ni lubricantes.

Entre otras cuestiones, es muy recomendable realizar revisiones periódicas de las instalaciones, para asegurar que todos los componentes estén funcionando correctamente.

Ilustración 1 Planta Solar Fotovoltaica Lipangue, de 100KW



Cada vez que se realice una visita de mantención a la planta solar, se deberá realizar un informe técnico, en que se refleje los aspectos relevantes encontrados en la instalación.

¹ Existen plantas solares donde la estructura es móvil con el objetivo de "seguir" la trayectoria del sol, pero no es el caso de la planta solar de Lipangue.

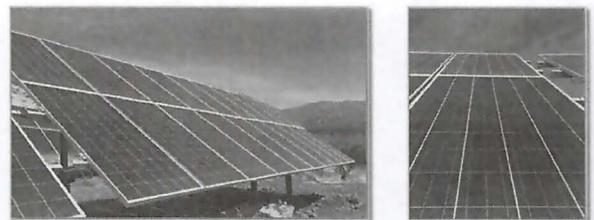
2. Plan de mantenimiento preventivo

2.1. Paneles Solares Fotovoltaicos

Por su propia configuración carente de partes móviles, los paneles fotovoltaicos requieren muy poco mantenimiento. Al mismo tiempo, el control de calidad de los fabricantes es general y rara vez presenta problemas.

Dos aspectos a tener en cuenta primordialmente son, por un lado, asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los módulos, y por el otro, mantener limpia la parte expuesta a los rayos solares de los módulos fotovoltaicos.

Ilustración 2 Paneles solares fotovoltaicos de la planta Lipangue



2.1.1. Limpieza del panel

La suciedad que se deposita en los paneles (principalmente polvo) reduce la potencia de generación eléctrica. Es por ello que las labores de limpieza de los paneles se realizarán mensualmente, o bien después de una lluvia poco intensa, nevada u otros fenómenos meteorológicos similares. Se debe tener especial atención a la presencia de excremento de ave en los paneles, ya que puede causar daños graves.

La limpieza se realizará con agua sin agentes abrasivos o detergentes, a través de la pértiga proporcionada para este propósito (ver Ilustración 3). Se debe tener cuidado de no rayar la superficie de los paneles.

De preferencia, la limpieza deberá ser realizada antes de las 10 am o después de las 6 pm, para evitar cambios bruscos de temperatura en los paneles. Los cambios repentinos de temperatura (agua vs. temperatura ambiente) pueden producir quiebres en los paneles fotovoltaicos.

Ilustración 3 Pértiga con manguera, para limpiar los paneles fotovoltaicos



2.1.2. Inspección visual de posibles degradaciones (bimensualmente)

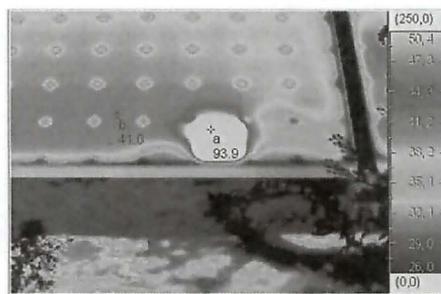
- ✓ Se controlará que ningún panel se encuentre en mal estado (cristal de protección roto, normalmente debido a acciones externas).
- ✓ Se comprobará que el marco del módulo se encuentra en correctas condiciones (ausencia de deformaciones o roturas).

5

2.1.3. Control de la temperatura del panel (semestralmente)

Se controlará, de ser posible mediante termografía infrarroja, que ningún punto del panel fotovoltaico esté fuera del rango de temperatura permitido por el fabricante, sobre todo en los meses de verano.

Ilustración 4 Panel fotovoltaico visto a través de termografía infrarroja. Se puede ver que una de las celdas se encuentra a mayor temperatura que el resto del panel, lo que es una señal de que está dañada



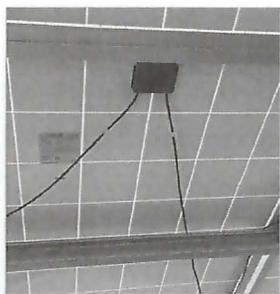
2.1.4. Control anual de las características eléctricas del panel

Se revisará el estado de las conexiones eléctricas:

- ✓ Ausencia de sulfatación de contactos.
- ✓ Ausencia de oxidaciones en los circuitos y soldadura de las celdas, normalmente debido a la entrada de humedad.
- ✓ Comprobación de estado y adherencia de los cables a los terminales de los
- ✓ Paneles: se deben tirar suavemente las conexiones, para confirmar que no se encuentren sueltas o en mal estado.
- ✓ Comprobación de la estanqueidad de la caja de terminales o del estado de los capuchones de seguridad. Si procede, se sustituirán las piezas en mal estado y/o se limpiarán los terminales.
- ✓ Comprobar la toma a tierra y la resistencia de paso al potencial de tierra.

6

- ✓ Temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60°C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión.



Advertencia: Debido al peligro inminente por riesgo eléctrico, es imperativo realizar todas las operaciones de mantenimiento con las **cajas desconectadas y sin tensión.**

2.2. Estructura soporte de los paneles

La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos está fabricada íntegramente con perfiles de aluminio y tornillería de acero inoxidable, por lo que no requiere mantenimiento anticorrosivo. Gran parte de la estructura está construida en acero galvanizado, los pernos y sujeciones están fabricados en acero galvanizado.

El mantenimiento de las mismas se realizará cada seis meses y consistirá en:

7

- ✓ Comprobación de posibles degradaciones (deformaciones, grietas, óxido, etc.).
- ✓ Comprobación del estado de fijación de la estructura a cubierta. Se controlará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, revisando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se debe sustituir por otro nuevo.
- ✓ Comprobación de la estanqueidad de la cubierta. Consiste básicamente en cerciorarse de que todas las juntas se encuentran correctamente selladas, reparándolas en caso necesario.
- ✓ Comprobación del estado de fijación de módulos a la estructura. Operación análoga a la fijación de la estructura soporte a la cubierta.
- ✓ Comprobar la toma a tierra y la resistencia de paso al potencial de tierra.

Ilustración 5 Fotografía tomada durante la instalación de las estructuras de los paneles fotovoltaicos.



2.3. Cajas de strings

Las cajas de strings (en inglés, *string boxes*) son resistentes a la intemperie cuando se encuentran a la sombra.

8

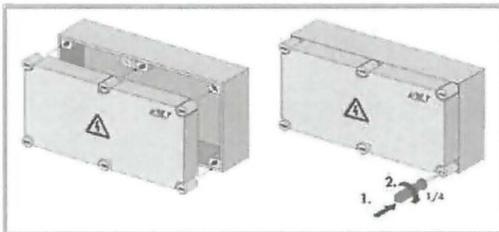


Advertencia: Debido al peligro inminente por riesgo eléctrico, es imperativo realizar todas las operaciones de mantenimiento con las **cajas desconectadas y sin tensión**.

Se recomienda realizar las siguientes operaciones de mantenimiento anualmente:

- ✓ Comprobar el correcto anclaje de la caja a la estructura soporte correspondiente y horizontalidad de la misma, asegurándose de que la tornillería esté correctamente apretada (comprobando el par de apriete si es necesario), sustituyendo algún elemento de fijación si se encuentra en mal estado.
- ✓ Comprobar que la carcasa de la caja se encuentra en correcto estado y no presente síntomas de deterioro debido a agentes externos.
- ✓ Comprobar la estanqueidad de la caja, cerciorándose de que no ha entrado humedad en el interior. Sustituir las juntas de estanqueidad o burletes en caso necesario.
- ✓ Comprobar si la tapa está bien asentada y su estanqueidad. Asegurarse al cerrar la tapa que los cierres estén bien bloqueados, ejerciendo una ligera presión con un destornillador hasta que estos encajen.

Ilustración 6 Instrucción para atornillar una caja de strings



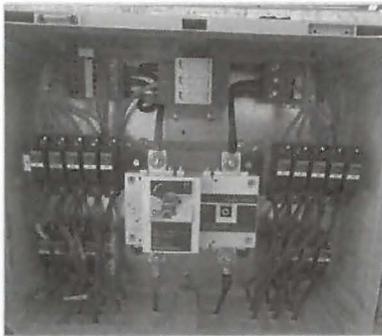
- ✓ Comprobar si se ha acumulado agua de condensación en el equipo. Si es así, absorber el agua que exista, comprobar la causa de la infiltración de agua y subsanar el defecto.

9

- ✓ Comprobar si la conexión roscada de compensación de presión presenta suciedad o daños y, si fuera necesario, sustituirla
- ✓ Comprobar las fijaciones de las cubiertas de plexiglás situadas por encima de los fusibles String.
- ✓ Comprobar las etiquetas de advertencias de peligro, tanto en el exterior como en el interior del equipo. Si son ilegibles o están dañadas se deben reponer.
- ✓ Realizar una inspección visual de los fusibles existentes y de los muelles (resortes) tensores en los porta-fusibles.
- ✓ Controlar la firmeza del apriete de todas las conexiones del cableado eléctrico y, si fuera necesario, apretarlas. Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan descoloración o alteraciones de otro tipo. Cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de contacto oxidados.
- ✓ Controlar la firmeza del apriete de todas las conexiones del cableado String y, si fuera necesario, apretarlas. Ver si el aislamiento en los bornes del subgrupo y en la barra colectora presentan descoloración o alteraciones de otro tipo.
- ✓ Comprobar el apriete de todas las conexiones del interruptor-seccionador y de ser necesario apretarlas. Ver si el aislamiento o el interruptor presentan descoloración o alteraciones de otro tipo.
- ✓ Comprobar el descargador de sobretensión. Su indicador debe estar en verde.
- ✓ Es recomendable comprobar la temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60°C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión.

10

Ilustración 7 Caja de strings presente en la planta solar Lipangue



2.4. Inversores

Los inversores son uno de los equipos más delicados de la instalación, y como tales requieren un mantenimiento más exhaustivo. Los intervalos de mantenimiento dependen su emplazamiento y de las condiciones ambientales (polvo, humedad, etc). En la planta solar Lipangue hay 2 inversores marca SMA, modelo STP MLX60. La ficha técnica se encuentra en "3.4 Anexo: Ficha Técnica Inversores".

Las instrucciones que a continuación se muestran son válidas para rangos de temperatura normales (0-40°C a la sombra). Los trabajos de mantenimiento son los siguientes:

- ✓ Se debe revisar los dos inversores dispuestos, además del *inverter manager* el cual cumple la función de controlar la inyección de energía a la red mediante un computador. En la Ilustración 8 se muestra la disposición del inverter 2 además con la caja del *inverter manager* y la caja de *strings*.

11

Ilustración 8 De izquierda a derecha: Caja de Inverter manager, Inversor N°2, y caja de strings.

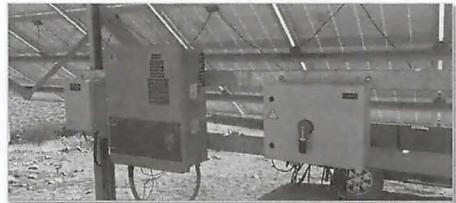
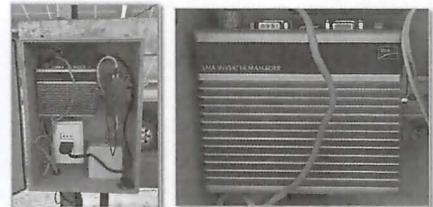


Ilustración 9 Caja de Inverter Manager (izquierda) e Inverter Mangaer (derecha). Más abajo se muestra el Inversor.



12

- Mantenimiento de Inverter Manager
- ✓ Revisión de estado de cables
- ✓ Revisión de estado de conexiones de cables
- ✓ Retirar algún tipo de estancamiento de líquidos
 - Mantenimiento mensual:
- ✓ Lectura de los datos archivados y de la memoria de fallas de manera remota.
 - Mantenimiento cada 6 meses:
- ✓ Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.
 - Mantenimiento anual:
- ✓ Limpieza del disipador de calor del componente de potencia.
- ✓ Comprobar cubiertas y funcionamiento de bloques.
- ✓ Inspección de polvo, suciedad, humedad y filtraciones de agua en el interior del armario de distribución y del resistor EVR.
- ✓ Si es necesario, limpiar el inversor y tomar las medidas pertinentes.
- ✓ Revisar la firmeza de todas las conexiones del cableado eléctrico y, dado el caso, apretarlas.
- ✓ Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan decoloración o alteraciones de otro tipo. En caso necesario cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados.
- ✓ Comprobar la temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60°C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión.
- ✓ Inspeccionar y, dado el caso, reponer las etiquetas de indicación de advertencia.
- ✓ Comprobar el funcionamiento de los ventiladores y atender a ruidos. Los ventiladores pueden ser encendidos si se ajustan los termostatos o durante el funcionamiento.
- ✓ Intervalos de sustitución preventiva de componentes (ventiladores).
- ✓ Revisión de funcionamiento de la calefacción.
- ✓ Verificar el envejecimiento de los descargadores de sobretensión y, dado el caso, cambiarlos.

13

- ✓ Inspección visual de los fusibles y seccionadores existentes y, dado el caso, engrase de los contactos
- ✓ Revisión de funcionamiento de los dispositivos de protección
- ✓ Interruptores de protección de la corriente de defecto.
- ✓ Interruptores automáticos e interruptores de potencia.
- ✓ Revisión de las tensiones de mando y auxiliares de 230 V y 24 V
- ✓ Control de la función de sobre temperatura y revisar el funcionamiento del circuito de seguridad de esta función
- ✓ Revisión de funcionamiento de los contactos de la puerta

2.5. Sistema de monitorización de la instalación solar

En este apartado nos centraremos en los elementos que complementan al sistema de control formado por las cajas de campo SSM y los inversores. Aunque no son fundamentales para el correcto funcionamiento de la instalación solar, estos elementos son muy importantes para el control de la misma así como para la detección de averías.

Es muy recomendable guardar y archivar regularmente los datos del Sunny Portal con el programa suministrado por el fabricante: Sunny Portal. Esto puede realizarse por consulta a distancia o durante el mantenimiento de rutina.



Advertencia: Debido al peligro inminente por riesgo eléctrico, es imperativo realizar todas las operaciones de mantenimiento con los **inversores desconectados y sin tensión**.

- Mantenimiento mensual:
- ✓ Supervisión visual de los distintos equipos a través de *Sunny Portal*², es decir, controlar los parámetros de producción (tensión, intensidad, potencia, etc.) registro de alarmas, etc.

² Portal web de monitoreo remoto de la planta solar Lipangue: www.sunnyportal.com

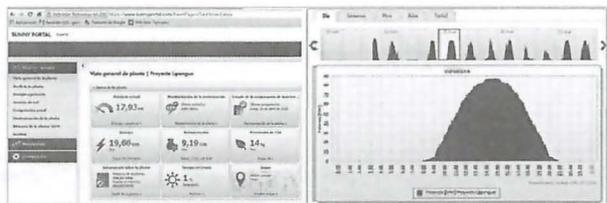
14

- ✓ Comprobación del sistema de aviso de alarmas. Para ello se enviará un mensaje de prueba al dispositivo móvil o correo electrónico configurado.



Advertencia: Se debe solicitar el **registro del mantenimiento anterior** antes de realizar el mantenimiento y así, tener datos comparables.

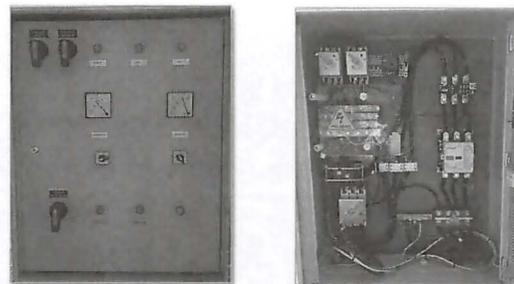
Ilustración 10 Pantallazo de la página de inicio de Sunny Portal (izquierda) y potencia eléctrica horaria (derecha)



- Mantenimiento anual:
- ✓ Revisión de las conexiones de los distintos elementos, tarjetas, sensores, Router, PC, etc.
- ✓ Comprobación de todos los sensores, cerciorándose de que se encuentran en buen estado y no presentan síntomas de deterioro o roturas. En caso necesario, sustituir estos.

15

2.6. Protecciones



Las protecciones del circuito eléctrico de la instalación solar fotovoltaica han de encontrarse siempre en perfecto estado de funcionamiento ya que de estas depende la totalidad de las condiciones de seguridad tanto de equipos como de los usuarios. Las operaciones de mantenimiento que habrá que realizar son:

- a) Por el usuario
 - Mantenimiento cada 3 meses:
 - ✓ Inspección visual de mecanismos interiores para posible detección de anomalías visibles y dar aviso a especialistas.
 - Mantenimiento anual:
 - ✓ Comprobación del correcto funcionamiento de los interruptores diferenciales mediante el siguiente procedimiento:
 - Acción manual sobre el botón de prueba que incluye el propio interruptor diferencial.

16

- Desconexión automática del paso de la corriente eléctrica mediante la recuperación de la posición de reposo (0) de mando de conexión desconexión.
 - Acción manual sobre el mismo mando para colocarlo en su posición de conexión (1) para recuperar el suministro eléctrico.
 - Comprobación del correcto funcionamiento de los interruptores magneto térmicos. Cuando por sobre intensidad o cortocircuito saltara un interruptor magneto térmico habría que actuar de la siguiente manera:
 - Desconexión de aquel receptor eléctrico con el que se produjo la avería o, en su caso, desconectar el correspondiente interruptor.
 - Rearme (o activado) del magneto térmico del fallo para recuperar el suministro habitual.
 - Revisión del receptor eléctrico que ha originado el problema o, en su caso, comprobación de que su potencia es menor que la que soporta el magneto térmico.
 - Mantenimiento cada 5 años:
 - ✓ Limpieza superficial de las clavijas y receptores eléctricos, siempre con bayetas secas y en estado de desconexión.
 - ✓ Limpieza superficial de los mecanismos, siempre con bayetas secas y preferiblemente con desconexión previa de la corriente eléctrica.
- b) Por personal cualificado
- Mantenimiento anual:
 - ✓ Comprobación del funcionamiento de todos los interruptores del cuadro de mando y protección, verificando que son estables en sus posiciones de abierto y cerrado.
 - Mantenimiento cada 2 años:
 - ✓ Revisión general, comprobando el estado del cuadro de mando y protección, los mecanismos alojados y conexiones.
 - ✓ Comprobación mediante inspección visual del estado del interruptor de corte y de los fusibles de protección, el estado frente a la corrosión de la puerta del armario y la continuidad del conductor de puesta a tierra del marco metálico de la misma.

- ✓ Verificación del estado de conservación de las cubiertas aislantes de los interruptores, reparándose los defectos encontrados.
 - Mantenimiento cada 5 años:
- ✓ Comprobación de los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación a la sección de los conductores que protegen, reparándose los defectos encontrados. Revisión de la rigidez dieléctrica entre los conductores.
 - Mantenimiento cada 10 años:
- ✓ Revisión general de la instalación. Todos los temas de cableado son exclusivos de la empresa autorizada. Se tomaran todas las precauciones referidas a trabajos con inminente riesgo eléctrico.

2.7. Línea eléctrica

De una buena conservación de la misma dependerá el correcto funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica y de las protecciones de la misma. La parte más delicada de la línea eléctrica corresponde a la línea de Corriente Continua (CC) protegida, por estar sometida a las inclemencias atmosféricas y agentes externos.

- Mantenimiento cada 2 años:
- ✓ Comprobación del estado de los bornes de abroche de la línea general de alimentación mediante inspección visual.
- ✓ Abrir las cámaras de registro y comprobar el estado de empalmes y conexiones (sulfatación de contactos, óxido, etc.) sustituir las terminaciones deterioro.

Ilustración 11 Línea eléctrica vista desde la planta solar Lipangue en Baja Tensión



2.8. Transformador

No suelen dar problemas si se encuentran bien dimensionados en cuanto a sobrecargas y la ventilación del mismo es adecuada, de forma que no se sobre-calienten. Es un elemento fundamental en la instalación, ya que cumple el rol de inyectar la producción a la red. Si llegase a fallar, se perderá la generación eléctrica mientras se encuentre inoperativo.

El transformador que se ubica en la planta solar Lipangue realiza la conversión de la potencia de Baja Tensión (BT) a Media Tensión (MT), con capacidad de 150 kVA.

Ilustración 12 Transformador existente en la planta solar Lipangue



Advertencia: Se debe desconectar el seccionador de línea para trabajos sobre el transformador sin energía.

Los trabajos descritos los debe realizar un técnico eléctrico certificado SEC

- Mantenimiento semestral:
- ✓ Limpieza o recambio de las esteras de los filtros de entrada de aire.
- ✓ Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.
 - Mantenimiento anual:
- ✓ Controlar el apriete de las conexiones y las barras de las tomas de regulación.
- ✓ Retirar el polvo del transformador mediante aspiración, terminando la limpieza del mismo soplando con aire comprimido o con nitrógeno.
- ✓ Comprobar los aislamientos MT/masa, BT/masa y MT/BT.
- ✓ Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan decoloración o alteraciones de otro tipo. En caso necesario cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados.
- ✓ Inspeccionar y, dado el caso, reponer las etiquetas de indicación de advertencia.

- ✓ Comprobar el funcionamiento de los ventiladores y atender a ruidos. Los ventiladores pueden ser encendidos si se ajustan los termostatos o durante el funcionamiento.
- ✓ Intervalos de sustitución preventiva de componentes (ventiladores, calefacción).
- ✓ Control de la función de sobre-temperatura y revisar el funcionamiento del circuito de seguridad de esta función.

2.9. Puesta a tierra

Es imprescindible mantener la puesta a tierra tanto de la instalación solar fotovoltaica como la de las instalaciones auxiliares de las distintas casetas ya que de esta depende el correcto funcionamiento de las protecciones.

- Mantenimiento anual:
 - ✓ En la época en que el terreno esté más seco y después de cada descarga eléctrica, comprobación de la continuidad eléctrica y reparación de los defectos encontrados en los distintos puntos de puesta a tierra (masas metálicas, enchufes, neutros de los equipos)
 - Mantenimiento cada 2 años:
 - ✓ Comprobación de la línea principal y derivadas de tierra, mediante inspección visual de todas las conexiones y su estado frente a la corrosión, así como la continuidad de las líneas. Reparación de los defectos encontrados. Comprobación de que el valor de la resistencia de tierra sigue siendo inferior a 20 Ohm. En caso de que los valores obtenidos de resistencia a tierra fueran superiores al indicado, se suplementarán electrodos en contacto con el terreno hasta restablecer los valores de resistencia a tierra de proyecto.
 - Mantenimiento cada 5 años:
 - ✓ Comprobación del aislamiento de la instalación interior (entre cada conductor y tierra y entre cada dos conductores no deberá ser inferior a 250.000 Ohm). Se reparan los defectos encontrados.
 - ✓ Comprobación del conductor de protección y de la continuidad de las conexiones equipotenciales entre masas y elementos conductores, especialmente si se han realizado

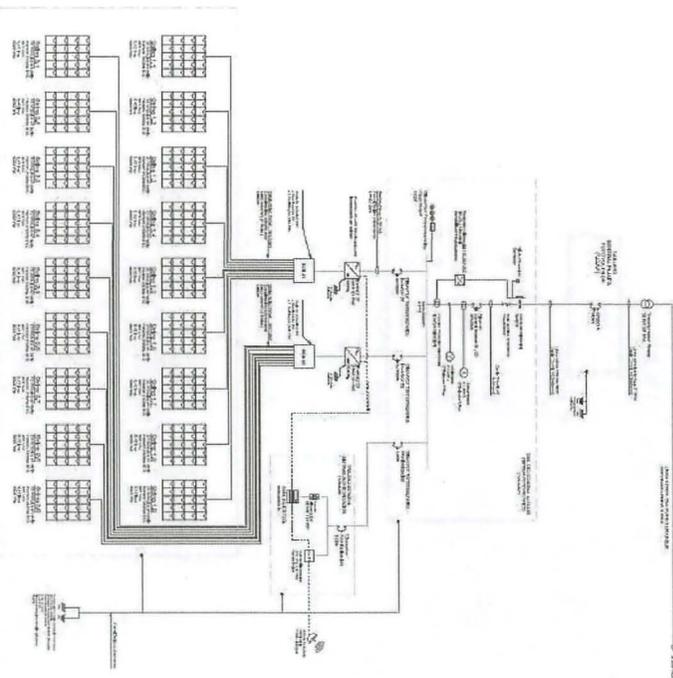
obras en aseos, que hubiesen podido dar lugar al corte de los conductores. Reparación de los defectos encontrados.

Ilustración 13 Puesta a tierra de la planta solar Lipangue



3. Anexos

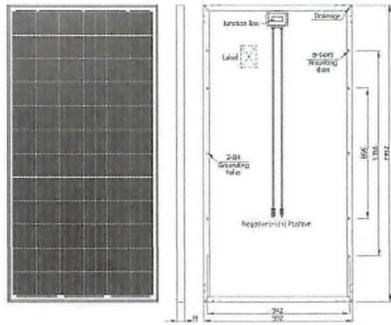
3.1. Anexo: Diagrama Unilineal



3.2. Anexo: Lista de puntos de control (sugerida por constructor: TRITEC)

- Paneles Fotovoltaicos
- Toma de mediciones
- Limpieza completa del panel
- Reaprietos a la estructura del panel
- Cajas de conexión y conexiones
- Comprobar el estado frontal del panel
- Comprobar el estado posterior del panel
- Estado de marcos
- Canalización y estado de cables
- Puntos calientes
- Limpieza de módulos
- Estado de pernos y anclajes
- Canalizaciones y Cableados
- Revisión del cableado CC/CA
- Revisión canalizaciones CC/CA
- Estado de toma de tierra
- Tensión
- Intensidad
- Conexión y cableado

3.3. Anexo: Ficha Técnica Paneles Fotovoltaicos



MECHANICAL PARAMETERS

| | |
|--------------------------------|----------------|
| Cell (mm) | 156-156 Poly |
| Weight (kg) | 21.6-21.8 |
| Dimensions (LxWxH (mm)) | 1652x912x35-40 |
| Cable Cross Section Size (mm²) | 4 |
| Mo. of Cells and Connections | 72 (6x12) |
| Mo. of Diodes | 3 |

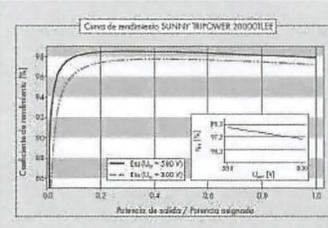
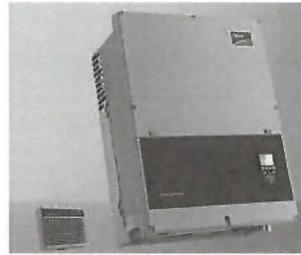
QUALIFICATION

| | |
|---------------------------------|---|
| Max. Systems Voltage | 1000VDC |
| Temperature Cycling Range | -40°C-+85°C |
| Max. Series Fuse | 15 A |
| Max. Wind Load / Max. Snow Load | 2400Pa / 5000Pa |
| Temp. Hum. Test | 85°C and 85% relative humidity for 1000h |
| Hot Spot Free | 100% HT, inspection before and after burn-in test |

ELECTRICAL PARAMETERS

| TYPE | HR-250W | HR-325W | HR-200W | HR-250W | HR-350W | HR-350W | HR-410W |
|------------------------------------|---------------------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| STC | Rated Max. Power at STC (W) | 250 | 263 | 290 | 205 | 300 | 305 |
| | Max. Power Voltage - Vmp (V) | 32.39 | 32.69 | 32.85 | 32.95 | 36.39 | 36.51 |
| | Max. Power Current - Imp (A) | 7.81 | 8.00 | 8.29 | 8.20 | 8.26 | 8.31 |
| | Open Circuit Voltage - Voc (V) | 44.40 | 44.51 | 44.63 | 44.74 | 44.82 | 44.91 |
| Temperature 25°C | Short Circuit Current - Isc (A) | 8.40 | 8.52 | 8.84 | 8.75 | 8.79 | 9.10 |
| | Module Efficiency (%) | 16.48 | 16.72 | 16.96 | 17.23 | 17.45 | 17.50 |
| NOCT | Rated Max. Power at NOCT (W) | 203.2 | 205.7 | 226.3 | 212.6 | 299.2 | 291.8 |
| | Max. Power Voltage - Vmp (V) | 32.06 | 32.79 | 32.80 | 32.80 | 35.90 | 35.10 |
| | Max. Power Current - Imp (A) | 6.20 | 6.29 | 6.30 | 6.16 | 8.35 | 8.61 |
| | Open Circuit Voltage - Voc (V) | 45.30 | 45.60 | 45.70 | 45.80 | 45.90 | 46.10 |
| Temperature 45°C | Short Circuit Current - Isc (A) | 8.79 | 8.89 | 8.90 | 9.06 | 9.18 | 9.27 |
| | Module Efficiency (%) | 13.05 | 13.28 | 13.51 | 13.72 | 13.94 | 14.14 |
| Temperature Coefficient of Pm | | | | -0.44%/°C | | | |
| Temperature Coefficient of Voc | | | | -0.37%/°C | | | |
| Temperature Coefficient of Isc | | | | +0.05%/°C | | | |
| Nominal Operating Cell Temperature | | | | 45°C±2°C | | | |
| Output Voltage | | | | 0-30V | | | |

3.4. Anexo: Ficha Técnica Inversores



Accesorios



* Pm es el máximo punto de potencia alcanzado de la curva Pm (W) vs. Vm (V). Datos provisionales, no garantizados, enero 2019.

| Datos técnicos provisionales | Sunny Tripower 2000TL | Sunny Tripower 1500TL |
|--|-----------------------|-----------------------|
| Entrada (CC) | | |
| Potencia máxima de CC (con cos φ = 1) | 70450 W | 13660 W |
| Tensión de entrada máx. | 1000 V | 600 V |
| Rango de tensión (del punto de máxima potencia con una tensión de red de 230 V / tensión asignada de entrada) | 593 V - 800 V / 590 V | 580 V - 800 V / 580 V |
| Tensión de entrada mín. / tensión de entrada de inicio | 370 V / 420 V | 370 V / 420 V |
| Corriente máx. de entrada | 36 A | 36 A |
| Corriente máx. de entrada por línea | 35 A | 36 A |
| Número de entradas de punto de máxima potencia (MPPT) independientes / strings por sistema de punto de máxima potencia (APP) | 1 / 6 | 1 / 6 |

| Salida (CA) | 20000 W | 15000 W |
|---|--|---------------------------------|
| Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz) | 20000 W | 15000 W |
| Potencia aparente de CA máxima | 20000 VA | 15000 VA |
| Tensión nominal de CA | 3 / N / PE 230 V / 400 V | 3 / N / PE 230 V / 400 V |
| Rango de tensión nominal de CA | 180 V - 280 V | 160 V - 280 V |
| Frecuencia de red de CA / rango | 50 Hz, 40 Hz / -8 Hz, 45 Hz | 50 Hz, 40 Hz / -8 Hz, 5 Hz |
| Frecuencia asignada de red / tensión asignada de red | 50 Hz / 230 V | 50 Hz / 230 V |
| Corriente máx. de salida | 29 A | 24 A |
| Factor de potencia o potencia asignada | 1 | 1 |
| Factor de distorsión armónica | 0,8 inductivo... 0,8 capacitivo | 0,8 inductivo... 0,8 capacitivo |
| Tiempo de inyección / tasa de conexión | 3 / 3 | 3 / 3 |
| Rendimiento | | |
| Eficiencia máx. / rendimiento europeo | 98,5% / 98,2% | 98,5% / 98,2% |
| Dispositivos de protección | | |
| Protección de desconexión en el lado de CC | 0 | 0 |
| Monitorización de tensión línea / monitorización de red | 0 / 0 | 0 / 0 |
| Dispositivo de protección de CC tipo II integrable | 0 / 0 | 0 / 0 |
| Protección contra polarización inversa (CPI) / Resistencia al cortocircuito (CA) / Con separación galvánica | 0 / 0 / - | 0 / 0 / - |
| Unidad de regulación de la corriente residual sensible a la conexión manual | 0 | 0 |
| Clase de protección según IEC 61031 / categoría de sobretensión según IEC 60664-1 | I / III | I / III |
| Datos generales | | |
| Dimensiones (ancho / alto / fondo) en mm | 645 / 680 / 265 | 665 / 680 / 265 |
| Peso | 45 kg (99,2 lb) | 43 kg (94,7 lb) |
| Rango de temperatura de operación | -25°C (-13°F) a +40°C (+104°F) | -25°C (-13°F) a +40°C (+104°F) |
| Distancia de la red, líneas | 21 dB(A) | 51 dB(A) |
| Autocoste promedio | 1 W | 1 W |
| Tecnología / sistema de refrigeración | Sin transformador / OptCool | Sin transformador / OptCool |
| Tipo de protección (según IEC 60529) | IP65 | IP65 |
| Clase de eficiencia (según IEC 62711-3-4) | 4KWH | 4KWH |
| Valor mínimo puntaje para la tensión máxima (de conformidad) | 100% | 100% |
| Características | | |
| Conexión de CC | SLURCLIX | SLURCLIX |
| Conexión de CA | Bornas de conexión por rosario | Bornas de conexión por rosario |
| Terminal | Gráfico | Gráfico |
| Interfaces RS485 / Balcan® / SpineView / Webconnect | 0 / 0 / 0 | 0 / 0 / 0 |
| Résultados de Power Control Module | 0 / 0 | 0 / 0 |
| Garantía 5 / 10 / 15 / 20 / 25 años | 0 / 0 / 0 / 0 | 0 / 0 / 0 / 0 |
| Características y calificaciones (sobre protección) | A5 4777, IEC 61008, IEC 61011, IEC 61021, IEC 61048, IEC 61052, IEC 61057, IEC 61058, IEC 61059, IEC 61060, IEC 61061, IEC 61062, IEC 61063, IEC 61064, IEC 61065, IEC 61066, IEC 61067, IEC 61068, IEC 61069, IEC 61070, IEC 61071, IEC 61072, IEC 61073, IEC 61074, IEC 61075, IEC 61076, IEC 61077, IEC 61078, IEC 61079, IEC 61080, IEC 61081, IEC 61082, IEC 61083, IEC 61084, IEC 61085, IEC 61086, IEC 61087, IEC 61088, IEC 61089, IEC 61090, IEC 61091, IEC 61092, IEC 61093, IEC 61094, IEC 61095, IEC 61096, IEC 61097, IEC 61098, IEC 61099, IEC 61100, IEC 61101, IEC 61102, IEC 61103, IEC 61104, IEC 61105, IEC 61106, IEC 61107, IEC 61108, IEC 61109, IEC 61110, IEC 61111, IEC 61112, IEC 61113, IEC 61114, IEC 61115, IEC 61116, IEC 61117, IEC 61118, IEC 61119, IEC 61120, IEC 61121, IEC 61122, IEC 61123, IEC 61124, IEC 61125, IEC 61126, IEC 61127, IEC 61128, IEC 61129, IEC 61130, IEC 61131, IEC 61132, IEC 61133, IEC 61134, IEC 61135, IEC 61136, IEC 61137, IEC 61138, IEC 61139, IEC 61140, IEC 61141, IEC 61142, IEC 61143, IEC 61144, IEC 61145, IEC 61146, IEC 61147, IEC 61148, IEC 61149, IEC 61150, IEC 61151, IEC 61152, IEC 61153, IEC 61154, IEC 61155, IEC 61156, IEC 61157, IEC 61158, IEC 61159, IEC 61160, IEC 61161, IEC 61162, IEC 61163, IEC 61164, IEC 61165, IEC 61166, IEC 61167, IEC 61168, IEC 61169, IEC 61170, IEC 61171, IEC 61172, IEC 61173, IEC 61174, IEC 61175, IEC 61176, IEC 61177, IEC 61178, IEC 61179, IEC 61180, IEC 61181, IEC 61182, IEC 61183, IEC 61184, IEC 61185, IEC 61186, IEC 61187, IEC 61188, IEC 61189, IEC 61190, IEC 61191, IEC 61192, IEC 61193, IEC 61194, IEC 61195, IEC 61196, IEC 61197, IEC 61198, IEC 61199, IEC 61200, IEC 61201, IEC 61202, IEC 61203, IEC 61204, IEC 61205, IEC 61206, IEC 61207, IEC 61208, IEC 61209, IEC 61210, IEC 61211, IEC 61212, IEC 61213, IEC 61214, IEC 61215, IEC 61216, IEC 61217, IEC 61218, IEC 61219, IEC 61220, IEC 61221, IEC 61222, IEC 61223, IEC 61224, IEC 61225, IEC 61226, IEC 61227, IEC 61228, IEC 61229, IEC 61230, IEC 61231, IEC 61232, IEC 61233, IEC 61234, IEC 61235, IEC 61236, IEC 61237, IEC 61238, IEC 61239, IEC 61240, IEC 61241, IEC 61242, IEC 61243, IEC 61244, IEC 61245, IEC 61246, IEC 61247, IEC 61248, IEC 61249, IEC 61250, IEC 61251, IEC 61252, IEC 61253, IEC 61254, IEC 61255, IEC 61256, IEC 61257, IEC 61258, IEC 61259, IEC 61260, IEC 61261, IEC 61262, IEC 61263, IEC 61264, IEC 61265, IEC 61266, IEC 61267, IEC 61268, IEC 61269, IEC 61270, IEC 61271, IEC 61272, IEC 61273, IEC 61274, IEC 61275, IEC 61276, IEC 61277, IEC 61278, IEC 61279, IEC 61280, IEC 61281, IEC 61282, IEC 61283, IEC 61284, IEC 61285, IEC 61286, IEC 61287, IEC 61288, IEC 61289, IEC 61290, IEC 61291, IEC 61292, IEC 61293, IEC 61294, IEC 61295, IEC 61296, IEC 61297, IEC 61298, IEC 61299, IEC 61300, IEC 61301, IEC 61302, IEC 61303, IEC 61304, IEC 61305, IEC 61306, IEC 61307, IEC 61308, IEC 61309, IEC 61310, IEC 61311, IEC 61312, IEC 61313, IEC 61314, IEC 61315, IEC 61316, IEC 61317, IEC 61318, IEC 61319, IEC 61320, IEC 61321, IEC 61322, IEC 61323, IEC 61324, IEC 61325, IEC 61326, IEC 61327, IEC 61328, IEC 61329, IEC 61330, IEC 61331, IEC 61332, IEC 61333, IEC 61334, IEC 61335, IEC 61336, IEC 61337, IEC 61338, IEC 61339, IEC 61340, IEC 61341, IEC 61342, IEC 61343, IEC 61344, IEC 61345, IEC 61346, IEC 61347, IEC 61348, IEC 61349, IEC 61350, IEC 61351, IEC 61352, IEC 61353, IEC 61354, IEC 61355, IEC 61356, IEC 61357, IEC 61358, IEC 61359, IEC 61360, IEC 61361, IEC 61362, IEC 61363, IEC 61364, IEC 61365, IEC 61366, IEC 61367, IEC 61368, IEC 61369, IEC 61370, IEC 61371, IEC 61372, IEC 61373, IEC 61374, IEC 61375, IEC 61376, IEC 61377, IEC 61378, IEC 61379, IEC 61380, IEC 61381, IEC 61382, IEC 61383, IEC 61384, IEC 61385, IEC 61386, IEC 61387, IEC 61388, IEC 61389, IEC 61390, IEC 61391, IEC 61392, IEC 61393, IEC 61394, IEC 61395, IEC 61396, IEC 61397, IEC 61398, IEC 61399, IEC 61400, IEC 61401, IEC 61402, IEC 61403, IEC 61404, IEC 61405, IEC 61406, IEC 61407, IEC 61408, IEC 61409, IEC 61410, IEC 61411, IEC 61412, IEC 61413, IEC 61414, IEC 61415, IEC 61416, IEC 61417, IEC 61418, IEC 61419, IEC 61420, IEC 61421, IEC 61422, IEC 61423, IEC 61424, IEC 61425, IEC 61426, IEC 61427, IEC 61428, IEC 61429, IEC 61430, IEC 61431, IEC 61432, IEC 61433, IEC 61434, IEC 61435, IEC 61436, IEC 61437, IEC 61438, IEC 61439, IEC 61440, IEC 61441, IEC 61442, IEC 61443, IEC 61444, IEC 61445, IEC 61446, IEC 61447, IEC 61448, IEC 61449, IEC 61450, IEC 61451, IEC 61452, IEC 61453, IEC 61454, IEC 61455, IEC 61456, IEC 61457, IEC 61458, IEC 61459, IEC 61460, IEC 61461, IEC 61462, IEC 61463, IEC 61464, IEC 61465, IEC 61466, IEC 61467, IEC 61468, IEC 61469, IEC 61470, IEC 61471, IEC 61472, IEC 61473, IEC 61474, IEC 61475, IEC 61476, IEC 61477, IEC 61478, IEC 61479, IEC 61480, IEC 61481, IEC 61482, IEC 61483, IEC 61484, IEC 61485, IEC 61486, IEC 61487, IEC 61488, IEC 61489, IEC 61490, IEC 61491, IEC 61492, IEC 61493, IEC 61494, IEC 61495, IEC 61496, IEC 61497, IEC 61498, IEC 61499, IEC 61500, IEC 61501, IEC 61502, IEC 61503, IEC 61504, IEC 61505, IEC 61506, IEC 61507, IEC 61508, IEC 61509, IEC 61510, IEC 61511, IEC 61512, IEC 61513, IEC 61514, IEC 61515, IEC 61516, IEC 61517, IEC 61518, IEC 61519, IEC 61520, IEC 61521, IEC 61522, IEC 61523, IEC 61524, IEC 61525, IEC 61526, IEC 61527, IEC 61528, IEC 61529, IEC 61530, IEC 61531, IEC 61532, IEC 61533, IEC 61534, IEC 61535, IEC 61536, IEC 61537, IEC 61538, IEC 61539, IEC 61540, IEC 61541, IEC 61542, IEC 61543, IEC 61544, IEC 61545, IEC 61546, IEC 61547, IEC 61548, IEC 61549, IEC 61550, IEC 61551, IEC 61552, IEC 61553, IEC 61554, IEC 61555, IEC 61556, IEC 61557, IEC 61558, IEC 61559, IEC 61560, IEC 61561, IEC 61562, IEC 61563, IEC 61564, IEC 61565, IEC 61566, IEC 61567, IEC 61568, IEC 61569, IEC 61570, IEC 61571, IEC 61572, IEC 61573, IEC 61574, IEC 61575, IEC 61576, IEC 61577, IEC 61578, IEC 61579, IEC 61580, IEC 61581, IEC 61582, IEC 61583, IEC 61584, IEC 61585, IEC 61586, IEC 61587, IEC 61588, IEC 61589, IEC 61590, IEC 61591, IEC 61592, IEC 61593, IEC 61594, IEC 61595, IEC 61596, IEC 61597, IEC 61598, IEC 61599, IEC 61600, IEC 61601, IEC 61602, IEC 61603, IEC 61604, IEC 61605, IEC 61606, IEC 61607, IEC 61608, IEC 61609, IEC 61610, IEC 61611, IEC 61612, IEC 61613, IEC 61614, IEC 61615, IEC 61616, IEC 61617, IEC 61618, IEC 61619, IEC 61620, IEC 61621, IEC 61622, IEC 61623, IEC 61624, IEC 61625, IEC 61626, IEC 61627, IEC 61628, IEC 61629, IEC 61630, IEC 61631, IEC 61632, IEC 61633, IEC 61634, IEC 61635, IEC 61636, IEC 61637, IEC 61638, IEC 61639, IEC 61640, IEC 61641, IEC 61642, IEC 61643, IEC 61644, IEC 61645, IEC 61646, IEC 61647, IEC 61648, IEC 61649, IEC 61650, IEC 61651, IEC 61652, IEC 61653, IEC 61654, IEC 61655, IEC 61656, IEC 61657, IEC 61658, IEC 61659, IEC 61660, IEC 61661, IEC 61662, IEC 61663, IEC 61664, IEC 61665, IEC 61666, IEC 61667, IEC 61668, IEC 61669, IEC 61670, IEC 61671, IEC 61672, IEC 61673, IEC 61674, IEC 61675, IEC 61676, IEC 61677, IEC 61678, IEC 61679, IEC 61680, IEC 61681, IEC 61682, IEC 61683, IEC 61684, IEC 61685, IEC 61686, IEC 61687, IEC 61688, IEC 61689, IEC 61690, IEC 61691, IEC 61692, IEC 61693, IEC 61694, IEC 61695, IEC 61696, IEC 61697, IEC 61698, IEC 61699, IEC 61700, IEC 61701, IEC 61702, IEC 61703, IEC 61704, IEC 61705, IEC 61706, IEC 61707, IEC 61708, IEC 61709, IEC 61710, IEC 61711, IEC 61712, IEC 61713, IEC 61714, IEC 61715, IEC 61716, IEC 61717, IEC 61718, IEC 61719, IEC 61720, IEC 61721, IEC 61722, IEC 61723, IEC 61724, IEC 61725, IEC 61726, IEC 61727, IEC 61728, IEC 61729, IEC 61730, IEC 61731, IEC 61732, IEC 61733, IEC 61734, IEC 61735, IEC 61736, IEC 61737, IEC 61738, IEC 61739, IEC 61740, IEC 61741, IEC 61742, IEC 61743, IEC 61744, IEC 61745, IEC 61746, IEC 61747, IEC 61748, IEC 61749, IEC 61750, IEC 61751, IEC 61752, IEC 61753, IEC 61754, IEC 61755, IEC 61756, IEC 61757, IEC 61758, IEC 61759, IEC 61760, IEC 61761, IEC 61762, IEC 61763, IEC 61764, IEC 61765, IEC 61766, IEC 61767, IEC 61768, IEC 61769, IEC 61770, IEC 61771, IEC 61772, IEC 61773, IEC 61774, IEC 61775, IEC 61776, IEC 61777, IEC 61778, IEC 61779, IEC 61780, IEC 61781, IEC 61782, IEC 61783, IEC 61784, IEC 61785, IEC 61786, IEC 61787, IEC 61788, IEC 61789, IEC 61790, IEC 61791, IEC 61792, IEC 61793, IEC 61794, IEC 61795, IEC 61796, IEC 61797, IEC 61798, IEC 61799, IEC 61800, IEC 61801, IEC 61802, IEC 61803, IEC 61804, IEC 61805, IEC 61806, IEC 61807, IEC 61808, IEC 61809, IEC 61810, IEC 61811, IEC 61812, IEC 61813, IEC 61814, IEC 61815, IEC 61816, IEC 61817, IEC 61818, IEC 61819, IEC 61820, IEC 61821, IEC 61822, IEC 61823, IEC 61824, IEC 61825, IEC 61826, IEC 61827, IEC 61828, IEC 61829, IEC 61830, IEC 61831, IEC 61832, IEC 61833, IEC 61834, IEC 61835, IEC 61836, IEC 61837, IEC 61838, IEC 61839, IEC 61840, IEC 61841, IEC 61842, IEC 61843, IEC 61844, IEC 61845, IEC 61846, IEC 61847, IEC 61848, IEC 61849, IEC 61850, IEC 61851, IEC 61852, IEC 61853, IEC 61854, IEC 61855, IEC 61856, IEC 61857, IEC 61858, IEC 61859, IEC 61860, IEC 61861, IEC 61862 | |

12. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Curso CAMCHAL – Ingeniería, Construcción, Puesta en Marcha y O&M de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red y aisladas. Noviembre 2015