

# Guía de buenas y malas prácticas de instalaciones fotovoltaicas sobre techos

Documento anexo a la guía check list pre-fiscalización TE4

## Programa Techos Solares Públicos



**Ministerio de Energía**  
**Programa Techos Solares Públicos (PTSP)**

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449  
Edificio Santiago Downtown II, piso 13  
Santiago, Chile  
T +562 23656800  
www.energia.gob.cl

**Responsable:**

Christian Santana Oyarzún,  
Jefe División de Energías Renovables, Ministerio de Energía

**Apoyado por:**

**Proyecto Energía Solar para la  
Generación de Electricidad y Calor**

Marchant Pereira 150 piso 12 oficina1203  
7500654 Providencia  
Santiago, Chile  
T +56 22 30 68 600  
I www.giz.de

**Responsable:**

Matthias Grandel

**Título:**

Guía de buenas y malas prácticas de instalaciones fotovoltaicas sobre techos. Documento anexo a la guía check list pre-fiscalización TE4

**Autores:**

Guillermo Soto Olea, Encargado PTSP, División Energías Renovables, Ministerio de Energía  
Daniel Almarza, Asesor GIZ Chile  
César Morales, Asesor GIZ Chile  
Vivest Energías Renovables

Asesoría técnica: DGS Berlín e. V., Eva-Maria Schubert, Rainer E. Wuest

**Fotos:**

Ministerio de Energía  
Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)  
Vivest Energías Renovables  
DGS Berlín e.V., Alemania

Se agradece la colaboración del Proyecto PVCROPS (PhotoVoltaic Cost rÉduction, Reliability, Operational performance, Prediction and Simulation), cofinanciado por la Comisión Europea en el marco del Séptimo Programa Marco (acuerdo de financiación número 308468).

Santiago, Marzo 2017

## CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Introducción</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1. Organización de la Guía</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2. Medidas de Seguridad</b>  | <b>7</b>  |
| a. Los trabajadores deberán contar con equipos de protección personal (EPP) correspondiente a trabajos eléctricos en altura.  | 7         |
| b. Los instaladores deben poseer y utilizar su equipo de protección individual contra descargas eléctricas.   | 7         |
| c. Previo a la instalación de la planta se deben instalar correctamente las cuerdas de vida provisoria o definitiva por seguridad del personal que transita y ejecuta las instalaciones.  | 8         |
| d. Es recomendable contar con pasillos técnicos en buen estado e instalados de acuerdo a las instrucciones del fabricante previo a la instalación de la planta. Especialmente importante son los accesos donde se encuentran los mayores riesgos. | 8         |
| e. Es recomendable contar con una escalera tipo gatera en buen estado para acceder de forma segura al campo fotovoltaico en altura.   | 9         |
| f. Los materiales en el techo deben ser asegurados y la carga bien distribuida sobre el techo.  | 10        |
| <b>3. Instalación del Generador Fotovoltaico</b>  | <b>11</b> |
| a. Se deben realizar pruebas de impermeabilización para comprobar la estanqueidad de la cubierta existente.   | 11        |
| b. El montaje del sistema debe permitir la dilatación térmica de todos sus componentes sin afectar los módulos.   | 11        |
| c. Los ganchos del tejado para el montaje en techos inclinados nunca debe poner carga en las tejas.   | 12        |
| d. Las instalaciones fotovoltaicas sobre techo deben permitir una adecuada ventilación de los módulos fotovoltaicos y un fácil y rápido drenaje de agua en caso de aguaceros.   | 13        |
| e. Todo el material empleado en las estructuras debe ser compatible para evitar corrosión electroquímica.   | 13        |
| f. Todas las partes de la estructura deben ser mecánicamente compatibles entre sí.  | 14        |
| g. Las estructuras de soporte ubicadas en techo sin sistemas de fijación rígidos se deben lastrar adecuadamente.  | 15        |
| h. Todas las partes metálicas del sistema deben estar conectadas a un sistema de puesta a tierra.   | 15        |
| <b>4. Instalación de los módulos fotovoltaicos</b>  | <b>16</b> |
| a. Los módulos se deben transportar de manera adecuada para prevenir roturas y daños.   | 16        |
| b. Los módulos fotovoltaicos deben ser manejados adecuadamente.   | 17        |
| c. Las grapas deben ser usadas tal y como indican sus instrucciones de instalación y deben ser adecuadas a los módulos usados.  | 17        |
| d. El alineamiento de módulos debe ser uniforme en toda la instalación.   | 18        |
| e. La distancia entre las filas de módulos fotovoltaicos debe ser lo suficientemente amplia para evitar sombras sobre filas consecutivas.   | 19        |
| f. La distancia entre módulos fotovoltaicos y otros elementos en el techo debe ser adecuada.  | 20        |
| g. La distancia entre módulos fotovoltaicos y ventilaciones del interior debe ser adecuada  | 20        |
| h. El marco de cada módulo se debe conectar al sistema de puesta a tierra de la instalación.  | 20        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| i.        | Los módulos fotovoltaicos deben instalarse de acuerdo a las instrucciones de instalación del fabricante y bajo ningún caso realizar modificaciones físicas.   | 21        |
| j.        | En la etapa de construcción de la planta se debe tener precaución con la acumulación de materiales metálicos y herramientas sobre los módulos fotovoltaicos.  | 21        |
| <b>5.</b> | <b>Conexión CC</b>  | <b>22</b> |
| a.        | Caja de conexión CC debe ser operable desde su exterior.  | 22        |
| b.        | Las entradas de los conductores a las cajas de conexión o bandejas metálicas deben ser instaladas con manguitos y/o prensa estopas de cable.  | 23        |
| c.        | Cada string debe ser marcado.   | 23        |
| d.        | Las cajas de conexión deben tener el nivel de protección IP seleccionado de acuerdo al entorno y/o condiciones ambientales.   | 24        |
| <b>6.</b> | <b>Cableado CC</b>  | <b>25</b> |
| a.        | Los conectores deben ser cerrados completamente.  | 25        |
| b.        | Los conectores deben ser del mismo tipo para asegurar una buena unión.  | 26        |
| c.        | Los cables se deben conectar con fijaciones adecuadas.  | 26        |
| d.        | Los cables nunca deben ser aplastados.  | 27        |
| e.        | El radio permitido de flexión de cada cable para la conexión debe ser cumplido según lo establecido por la norma.   | 27        |
| f.        | Protección de los cables contra UV  | 28        |
| g.        | Los cables que entran al edificio deben ser protegidos.   | 29        |
| h.        | Los puntos de entrada de los cables en los edificios deben ser impermeables.  | 29        |
| i.        | Los conectores y enchufes deben estar correctamente aislados.   | 30        |
| j.        | Los tableros deben contener el volumen adecuado para la manipulación de los elementos en el interior.   | 31        |
| k.        | Las conexiones eléctricas deben estar correctamente apretadas para evitar un sobrecalentamiento.  | 31        |
| l.        | Las canalizaciones en el exterior deben ser cerradas y sin ranuras en los costados.   | 32        |
| <b>7.</b> | <b>Conexión CA</b>  | <b>33</b> |
| a.        | Los inversores se deben proteger de la radiación directa del sol para evitar limitación de potencia (derating o derrateo) a causa de temperaturas altas.  | 33        |
| b.        | Los soportes para los inversores deben estar contruidos con materiales resistentes y no inflamables.  | 33        |
| c.        | Los inversores se deben situar según las instrucciones del fabricante, en áreas frescas bien ventiladas, respetando las distancias de ventilación entre sí y otros objetos indicados por el fabricante. | 33        |
| d.        | El cableado al inversor debe ser de forma ordenada  | 34        |
| <b>8.</b> | <b>Cableado CA</b>  | <b>35</b> |
| a.        | Los cables deben estar protegidos y ordenados en su canalización para evitar daños.   | 35        |
| b.        | Los cables deben estar bien identificados.  | 35        |
| c.        | Nunca se debe cortar el aislamiento de los cables.  | 36        |
| d.        | Terminales, conductores y bornes deben tener diámetros compatibles y deben estar bien apretados.  | 37        |
| e.        | Cuando el cableado se realiza de forma aérea y se emplean para ello postes, estos deberán estar instalados correctamente.   | 37        |

## 9. Antes de la Puesta en Servicio

38

- a. La unidad de generación (UG) debe tener asociado un procedimiento para el apagado, operación y mantenimiento. 38
- b. Todos los componentes eléctricos con partes activas y/o energizadas deben estar identificados con etiquetas. 38

## INTRODUCCIÓN

Los desafíos de Chile en materia energética son disponer de energía confiable, sustentable, inclusiva y a precios razonables para un crecimiento y desarrollo económico y avanzar a una mayor inclusión social.

Para estos fines, el Gobierno ha elaborado la Agenda de Energía, la cual esgrime líneas de acción a ser implementadas en el corto, mediano y largo plazo, a través de 7 ejes estratégicos. Entre ellos, se considera el Eje 3: Desarrollo de Recursos Energéticos Propios, el cual incluye entre sus líneas de acción la promoción del desarrollo de un mercado de energías renovables no convencionales (ERNC) de autoconsumo socialmente eficiente y transversal a todos los actores económicos.

Una de las medidas de esta línea de acción es la Promoción de Energía Fotovoltaica a través de la implementación del Programa de Techos Solares Públicos (PTSP). Este programa tiene como objetivo principal contribuir a la maduración del mercado fotovoltaico (FV) para autoconsumo, a través de la instalación de sistemas fotovoltaicos en edificios públicos conectados a la red de distribución bajo el esquema de la Ley 20.571.

Desde el año 2015 a la fecha el PSTS licitó la instalación de sistemas fotovoltaicos en 99 edificios públicos, totalizando una potencia de un poco más de 3 MW.

Por otro lado, uno de los objetivos específicos del Programa, es generar información de acceso público y gratuito sobre costos y condiciones de los proyectos fotovoltaicos orientados a autoconsumo en el contexto chileno.

Este documento es un anexo a la Guía Check List Pre Fiscalización TE4 y se ha preparado principalmente en base a lo observado durante el montaje y la puesta en operación de más de 40 edificios públicos, los cuales se encuentran conectados a la red de distribución eléctrica bajo el esquema de la Ley. Así, el objetivo de esta guía es mostrar las buenas y malas prácticas que se han detectado, para así contribuir a que las futuras instalaciones incorporen estos aprendizajes.

El diseño, la ejecución y puesta en operación de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, a través de la Ley 20.571, se encuentra normado mediante los instructivos técnicos de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). Las buenas prácticas constituyen experiencias concretas de cómo implementar e interpretar correctamente esta normativa para conseguir que los proyectos se ejecuten y operen adecuadamente. Las malas prácticas actúan como ejemplos de aquellos errores que ya han sido cometidos y que deben evitarse en el futuro. Es necesario destacar que las buenas prácticas aquí presentadas, no representan la totalidad de una instalación fotovoltaica y no garantizan el correcto funcionamiento de la misma. Como base para el diseño y ejecución, primero se debe velar por el cumplimiento de la normativa vigente. También se destaca, que la aplicación de buenas prácticas de diseño e instalación pierde eficacia si el sistema fotovoltaico no cuenta con un apropiado plan de mantenimiento que incluya tareas preventivas, correctivas y un monitoreo ya sea presencial o remoto de permanente.

El hecho que esta guía presente malas prácticas no debe interpretarse como errores comunes en plantas existentes, ya que la mayoría de los sistemas fotovoltaicos presentan buenas instalaciones. Las instalaciones fotovoltaicas que presentaron situaciones anómalas o no conformes aquí presentadas ya fueron mejoradas.

## 1. ORGANIZACIÓN DE LA GUÍA

La guía de buenas y malas prácticas de Instalación de sistemas fotovoltaicos sobre techos se ha elaborado y planteado en 5 etapas cronológicas establecidas de acuerdo al proceso de desarrollo y/o instalación de un sistema fotovoltaico. Cada etapa presenta buenas y malas prácticas encontradas. La ilustración N° 1 muestra las etapas en las cuales se ha dividido esta guía.

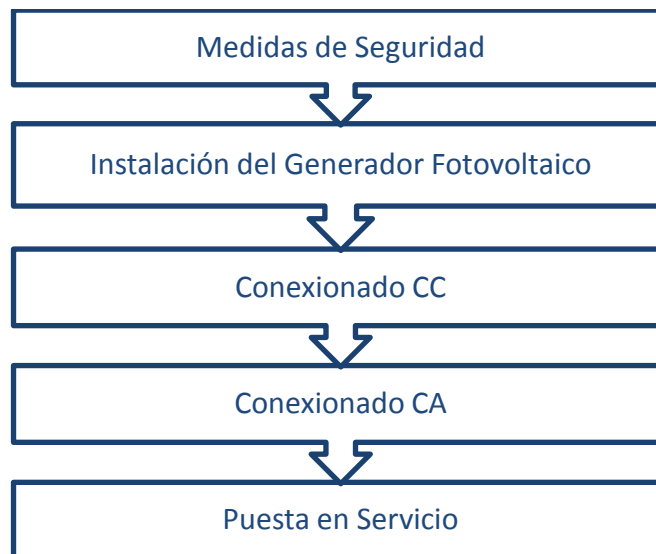


Ilustración 1: Etapas generales de desarrollo de una planta fotovoltaica

Por otro lado, cada práctica es descrita y representada mediante una consigna identificadora, indicando si corresponde a una buena o mala práctica. Además, se indica si las prácticas pueden ejecutarse de una mejor forma.

Los íconos empleados para clasificar la(s) imagen(es) de cada práctica son los siguientes:

Para las buenas prácticas:



Para las malas prácticas:



Para las buenas prácticas que podrían mejorar:



## 2. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- a. Los trabajadores deberán contar con equipos de protección personal (EPP) correspondiente a trabajos eléctricos en altura.

Los instaladores de un sistema fotovoltaico sobre techo están propensos a caídas desde altura, por lo que obligatoriamente deberán usar sus elementos de protección personal y tomar las medidas de resguardo en función de sus labores. Por lo anterior, es recomendable instalar en primera instancia las medidas de seguridad que permitan ejecutar una instalación sin riesgos, como una escalera de acceso permanente, cuerdas de vida, barandas, pisos técnicos, entre otros.

Es importante destacar que el Artículo N°184 del Código de Trabajo señala que *“El empleador estará obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores, informando de los posibles riesgos y manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas, como también los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales”*.

En la imagen 1 se presenta un grupo de personas con sus equipos de protección anti caídas, mientras que la imagen 2 muestra a un instalador trabajando en el techo sin su cuerda de vida o andamio.



Imagen 1



Imagen 2

- b. Los instaladores deben poseer y utilizar su equipo de protección individual contra descargas eléctricas.

En los sistemas fotovoltaicos existe el riesgo de electrocución, quemaduras, etc., tanto en la parte de corriente continua como en la parte de corriente alterna. Por esta razón, los instaladores eléctricos y montajistas deberán contar y utilizar todos sus elementos de protección y seguridad en todo momento durante la ejecución de la obra.

La instrucción técnica RGR N° 02/2014 en el ítem N° 20.2.3 señala que *“los trabajos en instalaciones eléctricas, aun cuando no estén con presencia de tensión, deberán ser ejecutados por personal preparado y protegido de equipos y elementos de protección personal apropiado”*.



En la imagen 3 se presenta una mala práctica, ya que el instalador no usa sus guantes aislantes, ni protección facial contra arco eléctrico mientras está realizando la conexión del cableado CC.



Imagen 3

- c. Previo a la instalación de la planta se deben instalar correctamente las cuerdas de vida provisoria o definitiva por seguridad del personal que transita y ejecuta las instalaciones.

Las caídas son una de las principales causas de muerte en las obras de instalación fotovoltaica. Es esencial que se instalen correctamente las cuerdas de vida para garantizar la seguridad del personal que trabaja en las instalaciones. En caso de instalar cuerdas de vida en techos inclinados, se recomienda agregar a la cuerda un carro de ascenso que trabaje el deslizamiento en sentido descendente.

La imagen 4 muestra la cuerda de vida instalada, la que hace más seguro el tránsito de personas sobre el pasillo. Además de los pasillos, que deben estar libres de obstáculos que puedan interferir en el desplazamiento. En la imagen 5 se muestra una mala práctica, en la cual no existe una cuerda de vida aun cuando la planta está en proceso de instalación.

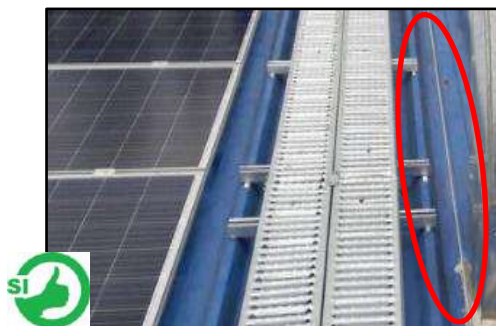


Imagen 4



Imagen 5

- d. Es recomendable contar con pasillos técnicos en buen estado e instalados de acuerdo a las instrucciones del fabricante previo a la instalación de la planta. Especialmente importante son los accesos donde se encuentran los mayores riesgos.

Tanto para la instalación como para el mantenimiento posterior del campo fotovoltaico sobre un techo, se debe contar con pasillos técnicos en buen estado e instalados de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Es importante tener en cuenta que debe existir, en lo posible, una continuidad entre los pasillos y los diferentes accesos al campo fotovoltaico, ya que así se previenen caídas del personal por desnivel y/o a posibles roturas en el techo por fatiga de la cubierta. En la imagen 7 se presenta continuidad entre los pasillos técnicos y escaleras de acceso, mientras que la imagen 6 muestra la falta de continuidad entre ellos.

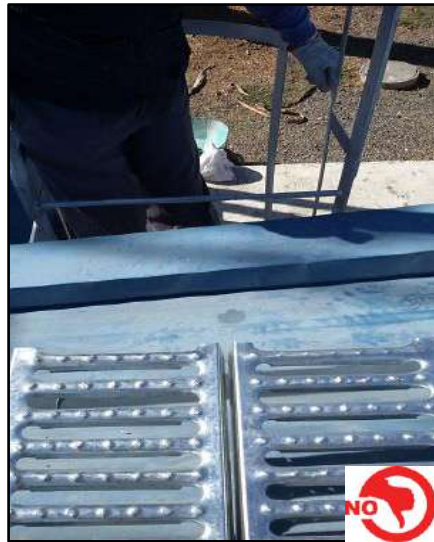


Imagen 6



Imagen 7

- e. Es recomendable contar con una escalera tipo gatera en buen estado para acceder de forma segura al campo fotovoltaico en altura.

Para un acceso y tránsito seguro hacia las plantas fotovoltaicas durante su instalación y operación, se debe contar en lo posible con escaleras de accesos correctamente instaladas.

En la imagen 9 se presenta la correcta fijación de la escalera al piso, mientras que en la imagen 8 se observa una escalera de acceso provisoria en pleno proceso de instalación de la planta que no entrega la estabilidad necesaria para el desarrollo de la instalación y/o para el tránsito seguro de las personas. Esta escalera provisoria debió contar con cuerdas o amarras provisorias que fijaran la escalera a la estructura del techo. También se considera como mala práctica dejar material en el pasillo técnico.



Imagen 8



Imagen 9

- f. Los materiales en el techo deben ser asegurados y la carga bien distribuida sobre el techo.

Previo a la instalación del sistema fotovoltaico se debe tener precaución con las cargas y acumulación de materiales sobre los techos, debido a los accidentes que esto podría provocar. En primera instancia, una carga (puntual) se podría desplazar si está sobre un techo inclinado y causar algún accidente a las personas, o caer al nivel inferior con el consecuente daño de los materiales o equipos. En segundo lugar, la concentración de peso en un solo punto de la techumbre puede causar un daño a la estructura de los techos. Se recomienda subir la carga inicial al techo a través de un sistema de levante y distribuir los equipos y/o materiales antes de apoyar la carga puntual en la cubierta. Otro método utilizado consiste en verificar las vigas o cerchas de la estructura del techo e instalar estructuras provisionarias (planchas de madera o metal) sobre estas y la cubierta para una mejor distribución del peso sobre las vigas o cerchas. Las siguientes dos imágenes presentan condiciones que necesariamente deben ser mejoradas, ya que en ellas hay pallets y materiales sin protección contra caída.



Imagen 10



Imagen 11

### 3. INSTALACIÓN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

#### INSTALACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE

- a. Se deben realizar pruebas de impermeabilización para comprobar la estanqueidad de la cubierta existente.

Se recomienda realizar un ensayo de impermeabilización de la cubierta del techo antes de empezar con la instalación del sistema fotovoltaico para evaluar el estado del recubrimiento y comunicar al cliente si este está en buenas condiciones o debe ser reparado. Esto además evitará malos entendidos y delimitará las responsabilidades en caso de daños existentes o posteriores a la instalación del sistema fotovoltaico. En caso de existir filtraciones o cubiertas en mal estado, se recomienda sellar y reemplazar respectivamente antes de empezar la instalación del sistema fotovoltaico.

Un segundo ensayo, que debe realizarse después de la instalación de la estructura del campo fotovoltaico, debe incluir pruebas en cada punto perforado en el techo para verificar que todos están bien sellados. Este ensayo debe ser ejecutado antes de montar los módulos para un acceso fácil. La imagen 12 muestra un orificio en la techumbre sin sellar, además, las partes perforadas o cortadas pueden influir en la estabilidad del recubrimiento. En la imagen 13 se muestra el material impermeabilizante entre la techumbre y la estructura de soporte, que también puede utilizarse como separador mecánico de diferentes materiales.

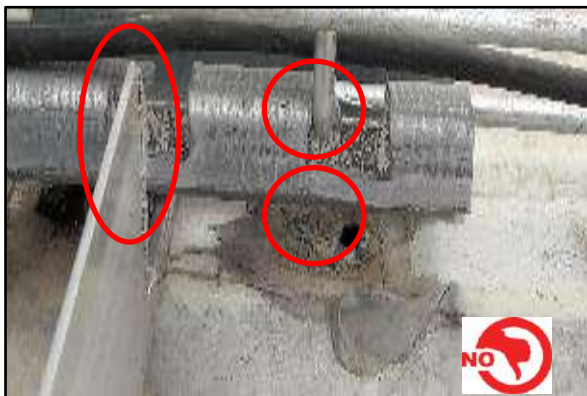


Imagen 12



Imagen 13

- b. El montaje del sistema debe permitir la dilatación térmica de todos sus componentes sin afectar los módulos.

Cada material tiene su propio coeficiente de dilatación y experimenta fenómenos de expansión y contracción que dependen de la temperatura a la que se encuentra expuesto, especialmente el aluminio que tiene un coeficiente de dilatación alto. Por lo anterior, los perfiles de montaje necesitan un espacio de dilatación adecuado, que es especificado por el fabricante, para evitar deformación y deterioro.

La Instrucción Técnica RGR N° 02/2014 señala en el punto 7.4 que *“el diseño y la construcción de la estructura que soporta la unidad de generación fotovoltaica y el sistema de fijación de módulos fotovoltaicos deberá permitir las dilataciones térmicas necesarias, evitando transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos fotovoltaicos, siguiendo las indicaciones del fabricante”*.

La imagen 14 muestra una junta de dilatación que se debe considerar entre dos partes del riel de montaje. Estas partes deben ser unidas mediante una pieza del mismo material y con una fijación que permita la expansión y contracción térmica. La imagen 15 muestra la instalación de una junta que todavía no ha sido fijada.



Imagen 14



Imagen 15

- c. Los ganchos del tejado para el montaje en techos inclinados nunca debe poner carga en las tejas.

Para hacer un montaje seguro y duradero sin filtración de agua, los ganchos del tejado deben ser fijados a la estructura del techo y debajo de las tejas con suficiente distancia para evitar roturas. Además, la teja superior debe ser cortada para cerrar bien la unión en dos aguas del techo. La imagen 16 muestra la mala práctica.



Imagen 16

- d. Las instalaciones fotovoltaicas sobre techo deben permitir una adecuada ventilación de los módulos fotovoltaicos y un fácil y rápido drenaje de agua en caso de aguaceros.

Se debe considerar un espacio entre la estructura de montaje y el techo para permitir el flujo de aire, evitar la acumulación de agua y una posible filtración al edificio.

La imagen 17 presenta una buena práctica en la cual se ha considerado un espacio entre la estructura de los módulos fotovoltaicos y la techumbre, que es la altura que le da la estructura que soportará los paneles. Este espacio está definido por el fabricante de los módulos en su manual de instalación. Por otra parte, la imagen 18 muestra que no se ha considerado este espacio, dificultando el escurrimiento de agua y facilitando la acumulación de hojas y/o basura.

Cuando los techos no cuenten con una pendiente suficiente, se deberán tomar las medidas necesarias en el diseño de las estructuras del sistema para evitar acumulaciones de agua.



Imagen 17



Imagen 18

- e. Todo el material empleado en las estructuras debe ser compatible para evitar corrosión electroquímica.

El material utilizado para el montaje del generador fotovoltaico debe ser apto para las características del medio ambiente en que se instala y ser compatible con todos los materiales que este tiene contacto, lo anterior, para evitar problemas como la corrosión galvánica y/o distintas dilataciones térmicas. La imagen 19 presenta cajas galvanizadas y un castillo galvanizado sobre un soporte de aluminio de la estructura de montaje, lo que puede llevar a problemas de corrosión en el mediano plazo.

Para conectar el conductor de cobre desnudo del sistema de puesta a tierra a la bandeja porta conductores galvanizada, se recomienda la instalación mecánica de separadores electroquímicos. Para la conexión eléctrica se recomienda utilizar terminales permitidos que protegen en la corrosión galvánica. En la imagen 20 se muestra la separación de diferentes materiales por un aislante para evitar la corrosión electroquímica.



Imagen 19



Imagen 20

- f. Todas las partes de la estructura deben ser mecánicamente compatibles entre sí.

Uno de los posibles errores en la instalación de plantas fotovoltaicas es el uso de estructuras incompatibles, es decir, integradores de estructuras que incluyen elementos que no forman parte de la estructura original, ya sean elementos adicionales o reemplazos de los originales de materialidad diferente. Los componentes del sistema de montaje deben ser en unión continua y deben estar correctamente montados según las instrucciones del fabricante.

En la imagen 21 se muestra la fijación en unión continua de los componentes. En la imagen 22 se presenta una instalación que podría ser rechazada por un fiscalizador, ya que solo un tornillo debe contrarrestar una parte importante de la fuerza de succión y presión que se ejerce sobre los módulos.

Se recomienda que las partes de la estructura de soporte no sean cortadas o perforadas, ya que esta acción puede debilitar la estructura. La mala práctica de cortar un perno de la estructura se muestra en la imagen 23.



Imagen 21



Imagen 22



Imagen 23

- g. Las estructuras de soporte ubicadas en techo sin sistemas de fijación rígidos se deben lastrar adecuadamente.

En los casos en que la estructura de montaje no sea fijada por un sistema de anclaje a la estructura de techumbre (losas, cerchas y costaneras), se deberá utilizar un sistema de lastre o peso adicional sobre el sistema de montaje que entregue estabilidad y resistencia a la estructura integral de soporte, incluyendo los módulos fotovoltaicos. El cálculo del peso que adicionará el lastre deberá cumplir con la normativa vigente.

La imagen 24 muestra una manera de lastrar la estructura formada por partes que puede no ser completamente estable y podría existir el riesgo de dañar la parte trasera de los módulos. En la imagen 25 se muestra otra forma de lastrar la estructura.



Imagen 24



Imagen 25

- h. Todas las partes metálicas del sistema deben estar conectadas a un sistema de puesta a tierra.

Para conectar los módulos entre sí y unirlos al sistema de puesta a tierra, se pueden utilizar los agujeros en los marcos de los módulos. Los marcos anodizados nunca deberían ser perforados, ya que existe el riesgo de dañar las celdas FV y perder la garantía de fabricante. La buena práctica de aterrizar los módulos está señalada en la instrucción técnica RGR N°02/2014 en el punto 14.1, que señala que *“deberán conectarse todas las partes metálicas de la instalación a la tierra de protección, esto incluye estructuras de soporte y las carcasas de los equipos”*.



La imagen 26 muestra la conexión a tierra que se realiza entre los módulos y la estructura de montaje, mientras que en la imagen 27 se presenta una estructura y cuerpo de un canastillo sin la correspondiente puesta a tierra.



Imagen 26



Imagen 21

## 4. INSTALACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

- a. Los módulos se deben transportar de manera adecuada para prevenir roturas y daños.

Durante el transporte existe el riesgo que los módulos se dañen cuando no encajan correctamente o no existe un método de fijación apropiado. En la imagen 28 se puede ver un adecuado transporte de los módulos dentro del contenedor debido al colchón entre los pallets, mientras que en la imagen 29 el transporte de los módulos no cuenta con protección y se puede ver que los módulos se desplazaron y posiblemente ejercieron carga indebida entre ellos mismos.

Los módulos deben ser manejados con precaución y según las instrucciones del fabricante, para evitar así la generación de macro y micro fisuras. Lo anterior hace referencia a la instrucción técnica RGR N° 02/2014 en el punto 8.9, que indica que *“No se podrán instalar módulos fotovoltaicos que presenten defectos, productos de la fabricación o del traslado, como roturas o fisuras”*.



Imagen 28



Imagen 29

- b. Los módulos fotovoltaicos deben ser manejados adecuadamente.

Los módulos deben ser manejados según las instrucciones del fabricante. Se deben manejar adecuadamente y nunca se deben realizar prácticas que los pudieran dañar, como por ejemplo, ser pisados, como se muestra en la imagen 30. En la imagen 31 se muestran rastros de caracol que indican las micro fisuras en el módulo las cuales fueron causadas durante el montaje a raíz de una inadecuada manipulación.



Imagen 30

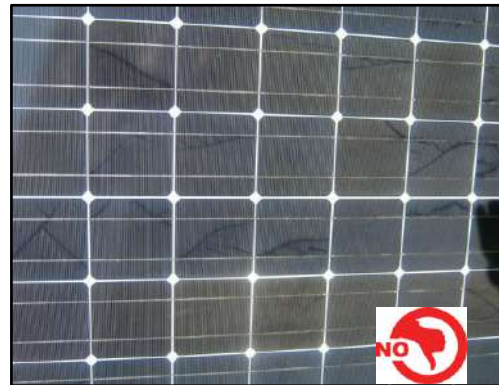


Imagen 31

- c. Las grapas deben ser usadas tal y como indican sus instrucciones de instalación y deben ser adecuadas a los módulos usados.

Para tener una buena resistencia a las cargas mecánicas (viento, nieve, sismo) y térmicas a las cuales se encuentran expuestos los módulos fotovoltaicos, estos se deben fijar a sus estructuras de soporte a través de grapas en los lados largos de los módulos. Estos deben ser ajustados de forma simétrica y todos alineados en el mismo nivel según lo que indique el manual de instalación. (Existen fabricantes que han hecho las pruebas estáticas necesarias que permiten la fijación en los lados cortos). El material de las grapas es, en la mayoría de los casos, aluminio, que debe ser compatible con los materiales conectados (para evitar corrosión electroquímica). El uso correcto de las grapas impide deformaciones en la estructura. También es importante que el torque aplicado a la pernería sea el indicado por el fabricante.

En la imagen 32 se muestra la correcta instalación de la grapa intermedia al sistema de montaje, mientras que en la imagen 33 la grapa no está fijada en unión continua al marco del módulo, por lo que no hay una fijación correcta. Es importante destacar que la grapa en la imagen 33 está diseñada para módulos con un marco más angosto.

Se deben evitar sombras que pueden ser producidas por grapas no compatibles con los marcos (tamaños incompatibles, grapas muy altas que no corresponden con el riel de fijación, fabricantes de grapas diferente al fabricante del riel, entre otros) lo que muestra la imagen 34.



Imagen 32



Imagen 33

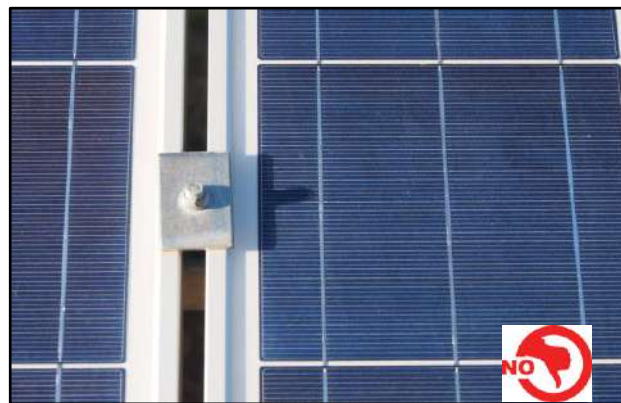


Imagen 34

**d.** El alineamiento de módulos debe ser uniforme en toda la instalación.

El alineamiento de los módulos debe ser uniforme para mantener una buena estética y para facilitar el descubrimiento de impactos producidos hacia la estructuras de montaje durante alguna operación anormal durante o después de la instalación. El sistema presentado en la imagen 35 no está correctamente alineado, no obstante, todos módulos reciben la misma radiación. En la imagen 36 se ven diferencias insignificantes en el ángulo de inclinación, no obstante, esta forma de instalación puede generar sombras indeseables en un módulo contiguo. En la imagen 37 se presenta a simple vista lo recomendable.

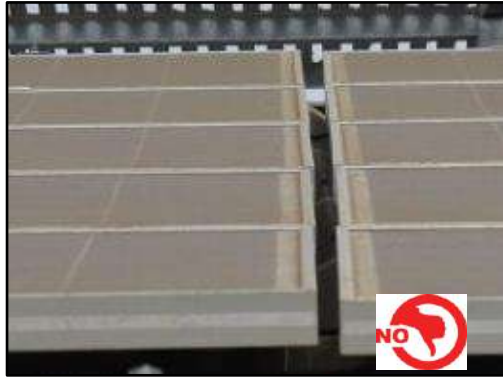


Imagen 35



Imagen 36



Imagen 37

- e. La distancia entre las filas de módulos fotovoltaicos debe ser lo suficientemente amplia para evitar sombras sobre filas consecutivas.

La prevención de sombra es uno de los principales parámetros a considerar en el diseño y/o cálculo de una planta fotovoltaica. Cuando se tienen instalaciones con módulos inclinados con un ángulo diferente al del techo se debe mantener una suficiente distancia entre las filas con el fin de no provocar sombras sobre la fila posterior, ya que se podría disminuir la producción de energía del sistema. En la imagen 38 las filas de los módulos están lo suficientemente separadas y evitan sombras sobre ellas.



Imagen 38

- f. La distancia entre módulos fotovoltaicos y otros elementos en el techo debe ser adecuada.

La distancia entre módulos fotovoltaicos y otras estructuras (por ej. equipos de aire acondicionado) en el techo debe ser adecuada para evitar sombras que se puedan generar sobre los módulos fotovoltaicos. Por lo anterior, es importante considerar estos elementos en las primeras etapas tanto de diseño como también en la ejecución de la instalación. En la imagen 39 se puede ver una sombra provocada por un componente de un sistema de aire acondicionado (elemento que es común encontrar en techos).



Imagen 39

- g. La distancia entre módulos fotovoltaicos y ventilaciones del interior debe ser adecuada

No solo una posible sombra, también el aire caliente o sucio de salida de un ducto puede afectar el funcionamiento de los módulos. Lo anterior, porque el aire puede contener polvo y/o sustancias químicas que pueden ser dañinas para los módulos y sus componentes, ver imagen 40.



Imagen 40

- h. El marco de cada módulo se debe conectar al sistema de puesta a tierra de la instalación.

No sólo la estructura del sistema de montaje, sino también los módulos (la mayoría de los marcos de los módulos son de aluminio anodizado) deben conectarse al sistema de puesta a tierra de la instalación. Para ello se conectan los módulos mediante un cable de puesta a tierra de colores verde/amarillo. La conexión entre los paneles y el sistema de puesta a tierra se realizará en puntos aprobados por el fabricante y no en perforaciones hechas por instaladores como lo mostrado en la

imagen 41. Se debe tener presente que el no cumplimiento de esta medida puede ocasionar accidentes y/o pérdidas de garantías, según lo que dice la instrucción técnica RGR N° 02/2014 que señala “el sistema fotovoltaico *deber tener continuidad del sistema de puesta a tierra*”.

La imagen 42 muestra la conexión de puesta a tierra en el perno del terminal de fijación del módulo y no en el marco anodizado. Para realizar un buen contacto entre el marco y el sistema de puesta a tierra se recomienda usar arandela dentada.



Imagen 41



Imagen 42

- i. Los módulos fotovoltaicos deben instalarse de acuerdo a las instrucciones de instalación del fabricante y bajo ningún caso realizar modificaciones físicas.

Los módulos fotovoltaicos no deberán sufrir alteraciones en su estructura tales como perforaciones o cortes, por lo que es importante seguir fielmente las instrucciones de instalación del fabricante. En la imagen 43 se observa un módulo conectado al sistema de puesta a tierra en el marco a través de un agujero perforado por el instalador. Una intervención en la estructura del módulo conlleva a su pérdida de garantía. Además, el material usado debe cumplir con las exigencias de la instalación en la intemperie.



Imagen 43

- j. En la etapa de construcción de la planta se debe tener precaución con la acumulación de materiales metálicos y herramientas sobre los módulos fotovoltaicos.

Para evitar daños, la superficie de los módulos fotovoltaicos deberá estar libre de elementos pesados como materiales metálicos y/o herramientas de trabajo. Es importante destacar que suciedad y pequeños trozos de cartón no siempre se pueden evitar durante las obras de montaje, pero es importante removerlo lo más pronto posible. En la imagen 44 se observa parte del pasillo de inspección y pintura galvanizada sobre los módulos, lo que provocó un daño sobre ellos.



Imagen 44

## 5. CONEXIONADO CC

- a. Caja de conexión CC debe ser operable desde su exterior.

Las cajas de conexión CC deben ser operadas desde el exterior (ej. para desenergizar y/o cortar el paso de corriente continua), de tal forma que se minimice el riesgo de descarga eléctrica sobre una persona que necesitase entrar en contacto con sus partes energizadas interiores (ej. mantenimiento, reemplazar fusibles etc.). Según lo que dice la instrucción técnica N° 02/2014 en el punto 9.8 *“La caja de conexión o tablero CC deberá permitir el accionamiento del seccionador bajo carga desde el exterior de la caja o el tablero CC deberá contar con una contra tapa (cubre equipos), y evitar así que exista exposición de personas al contacto con partes bajo tensión. El seccionador deberá tener claramente marcado cuál es la posición abierta y cerrada.”*

En la imagen 45 se observan los dispositivos de desconexión de la caja de conexión CC. Se puede apreciar que la caja cumple con los requisitos de montaje y también se observa que se intenta proteger la caja contra el sol instalándola por debajo de los módulos. No obstante, la caja está instalada en el nivel del techo lo que no ofrece una altura adecuada para trabajar en caso de mantenimiento. Además, en caso de aguaceros la posición muy cerca al techo puede dificultar el escurrimiento del agua. Es importante destacar que si las cajas de conexión se encuentran instaladas en la intemperie, estas deberán contar con el grado de protección adecuado.



Imagen 45

- b. Las entradas de los conductores a las cajas de conexión o bandejas metálicas deben ser instaladas con manguitos y/o prensa estopas de cable.

El instalador debe garantizar que todas las conexiones estén correctamente selladas y que tengan el correcto ajuste de los manguitos y/o prensa estopas en las cajas de distribución. La estanqueidad necesaria para que no ingrese agua y/o humedad depende de la correcta instalación en la entrada de los cables de corriente continua a las cajas de conexiones.

En la imagen 46 se muestran conexiones en una caja de distribución que están correctamente selladas y terminadas con lazos y cables necesarios, mientras que en la imagen 47 se presentan los cables que ingresan a la caja sin su correspondiente sellado y sin identificación, lo que genera confusión.



Imagen 46



Imagen 47

- c. Cada string debe ser marcado.

No solo es importante marcar los cables CC para diferenciarlos a los cables de CA, sino que también cada string debe ser marcado para facilitar el mantenimiento y la búsqueda en caso de falla. En la imagen 48 se muestra una buena práctica.





Imagen 48

- d. Las cajas de conexión deben tener el nivel de protección IP seleccionado de acuerdo al entorno y/o condiciones ambientales.

Durante el diseño se deben considerar las condiciones ambientales a las cuales serán expuestos los equipos de la planta fotovoltaica. El montaje de estos debe ser realizado según lo indicado por la normativa e indicaciones del fabricante, y si se instalan omitiendo estas, el nivel de protección podría ser insuficiente, lo que pudiese generar daño y/o la entrada de materiales extraños (ej. infiltración agua, polvo, etc.). La instrucción técnica RGR N°02/2014 dice que *“se deben considerar equipos con protección IP acorde al lugar de instalación”*.

En la imagen 49 se muestra una caja fijada en el nivel del techo, la que con aguaceros podría quedar sumergida. Para evitar este problema se requiere un grado de protección frente al posible ingreso de agua o alternatively montar la caja a una altura mayor. En la imagen 50 se presenta una caja, en la cual sus conexiones se han realizado adecuadamente manteniendo su nivel/grado de protección IP acorde a las condiciones ambientales. En este caso, por estar a la intemperie, los grados de protección de los equipos deben ser altos.

En la imagen 51 se muestran las conexiones a la caja, el ingreso de los cables no está sellado por lo que no cumple su grado de protección deseado. La instrucción técnica RGR N° 02/2014 en el punto 9.10 señala que *“todos los tableros, conexiones y cajas de conexión ubicados a la intemperie deberán ser instalados de forma que todas sus canalizaciones y conductores ingresen por la parte inferior y conservando su índice de protección IP”*.



Imagen 49



Imagen 50



Imagen 51

## 6. CABLEADO CC

- a. Los conectores deben ser cerrados completamente.

Todos los conectores que se pueden conectar deben ser cerrados completamente, tal como se aprecia en la imagen 52. Una conexión defectuosa significa una alta resistencia de contacto, lo que produce temperaturas altas y posibles fallas. Es importante mencionar que por influencia mecánica o térmica el conector y/o conexión puede desengancharse y así generar altas temperaturas hasta llegar a producir un arco eléctrico que puede generar quemaduras en los equipos y/o conectores (imagen 53 y 54).



Imagen 52



Imagen 53



Imagen 54

**b.** Los conectores deben ser del mismo tipo para asegurar una buena unión.

Cada conexión de cables fotovoltaicos deberá contar con conectores del mismo tipo y en lo posible del mismo fabricante. Es importante asegurar que se cuenta con los conectores correctos al momento de instalar un sistema fotovoltaico, ya que conectar diferentes tipos de conectores puede significar una pérdida de la aislación. La intervención y/o modificación en los conectores de los módulos provoca la pérdida de la garantía de los módulos. Además, la instrucción técnica RGR N° 02/2014 en el punto 9.2.4, indica que *“los conectores deberán ser del tipo que permita su enclavamiento o bloqueo”*. En la imagen 55 la unión no es realizada por conectores del mismo tipo, mientras que la imagen 56 muestra la buena práctica.



Imagen 55



Imagen 56

**c.** Los cables se deben conectar con fijaciones adecuadas.

Los cables que se encuentren sueltos (sin fijación) pueden estar sometidos a esfuerzos mecánicos accidentales o voluntarios como corte y/o daño del aislamiento, que se pueden producir por la acción del viento o variación térmica. Por lo tanto, es importante que el cableado esté fijado correctamente mediante algún sistema de fijación u otro sistema con protección UV.

La buena práctica se muestra en la imagen 57 y 58, mientras que en la imagen 59 y 60 los cables se encuentran sueltos sin fijación (lo que genera un contacto no recomendable con el techo). También es importante mencionar que la fijación de los cables no debe dañar su aislamiento (ej. por exceso de presión), lo que se muestra en la imagen 61. Adicionalmente, la imagen 62 muestra el cableado correctamente canalizado con bandejas porta conductoras con tapa.



Imagen 57



Imagen 58



Imagen 59



Imagen 60

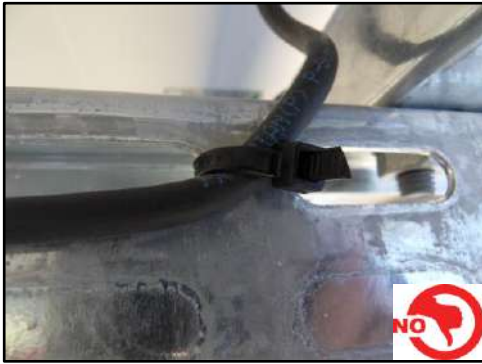


Imagen 61



Imagen 62

**d.** Los cables nunca deben ser aplastados.

Todos los cables CC y CA nunca deben sufrir daños por aplastamiento, golpes o fuerza excesiva al momento de ser instalados, ya que esto puede romper el aislamiento y generar un arco eléctrico. Cables dañados, como el de la imagen 63, deben ser sustituidos en todo el tramo.



Imagen 63

**e.** El radio permitido de flexión de cada cable para la conexión debe ser cumplido según lo establecido por la norma.

Si se utilizan radios de flexión más pequeños que los permitidos, estos podrían dañar el aislamiento y buen sello del cable. La imagen 64 muestra la rotura de la aislación y la pérdida del sello de estanqueidad de la caja de conexión del módulo FV.



Imagen 64

f. Protección de los cables contra UV

Aunque se deben usar cables del tipo PV1-F u otro indicado por la normativa, estos se deben proteger contra la radiación UV directa a través de una tubería de protección o bandejas porta conductoras (imagen 65 y 67). En la imagen 66 falta además una canalización para unir los cables que atraviesan las filas de módulos.



Imagen 65



Imagen 66



Imagen 67

**g.** Los cables que entran al edificio deben ser protegidos.

Para evitar daños de aislamiento por cortes y/o abrasión a los cables, estos se deben proteger por medio de tuberías o canalizaciones. Los cables nunca deben ser tendidos entre las tejas como se muestra la imagen 68. La imagen 69 muestra el ingreso de los cables por una teja especial. Es importante notar que es posible que la instalación de cables entre tejas no deje cerrar el techo correctamente, por lo que se deben tomar las medidas necesarias para que el agua no ingrese por estos espacios.



Imagen 68



Imagen 69

**h.** Los puntos de entrada de los cables en los edificios deben ser impermeables.

La entrada del cableado debe ser por medio de canalización metálica para exterior o tubo de Tpr para interior. Las perforaciones deben ser selladas para evitar el ingreso de agua, frío y/o viento.

En la imagen 70 y 71 se muestra una instalación en donde el ingreso de la canalización se ha realizado por la pared superior y esta se ha sellado correctamente. Para instalaciones en techos planos es recomendable entrar al edificio por los lados (paredes laterales). Para la entrada lateral de canalización es posible utilizar un lazo y/o tubería flexible para evitar el ingreso de agua. La instrucción técnica RGR N°02/2014 en el punto 11.1 indica que *“Todos los conductores deben ser canalizados en conformidad a los métodos establecidos en la norma NCh Elec. 4/2003 y deberán soportar las influencias extremas previstas, tales como viento, formación de hielo, temperaturas y radiación solar”*.

En la imagen 72 y 73 se puede apreciar que las entradas de los conductores no han sido selladas. En la imagen 74 se muestra la impermeabilización dentro del edificio.



Imagen 70



Imagen 71



Imagen 72



Imagen 73



Imagen 74

- i. Los conectores y enchufes deben estar correctamente aislados.

Los enchufes y conectores deben estar correctamente aislados de tal forma que no existan partes de conductores desnudos, por lo que se debe realizar la conexión entre cable y el conector utilizando la herramienta adecuada para cada caso.

En la imagen 75 se presentan las conexiones que ingresan a un inversor, que fueron realizadas con una herramienta crimpadora que fijó adecuadamente los conductores correctamente aislados. Por el contrario, en la imagen 76 se observa que el conductor muestra una parte desnuda y que el conector ya no cumple con su grado de protección.



Imagen 75



Imagen 76

- j. Los tableros deben contener el volumen adecuado para la manipulación de los elementos en el interior.

Los tableros eléctricos deben contar con el espacio suficiente para posibles ampliaciones, realizar trabajos dentro de ellos y permitir así la distribución interna de sus equipos. En la imagen 78 el tablero se encuentra con un volumen adecuado para la distribución de los conductores, mientras que en la imagen 77 el tablero no cuenta con el espaciado necesario para la distribución de los cables.



Imagen 77



Imagen 78

- k. Las conexiones eléctricas deben estar correctamente apretadas para evitar un sobrecalentamiento.

Los conductores deben estar correctamente fijados y apretados para evitar altas resistencias de contacto, así evitar el aumento de temperatura en las uniones y/o conexiones.

En la imagen 79 y 80 se observa cómo se han apretado y fijado adecuadamente los conductores en la bornera, mientras que en la imagen 81 se muestra una imagen termografía donde no todos los cables dentro de la caja se han fijado adecuadamente, por lo que existe el riesgo de sobrecalentamiento en la instalación.



Imagen 79



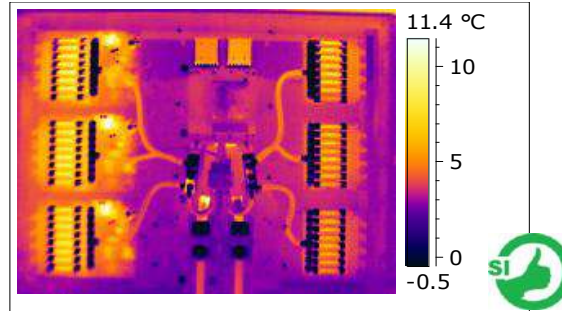


Imagen 80

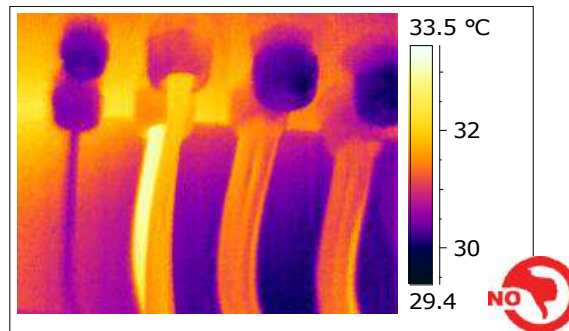


Imagen 81

I. Las canalizaciones en el exterior deben ser cerradas y sin ranuras en los costados.

Se deben emplear cañerías o bandejas porta conductoras de cables adecuadas al medio en que se encuentran. Para ello se deben instalar las canalizaciones originales acorde a las instrucciones técnicas del fabricante y no se deben realizar soluciones alternativas (hechizas) que provoquen un daño a las mismas. Se deben emplear bandejas o cañerías galvanizadas y en ningún caso canastillos intervenidos (ej. perforaciones, ranuras, etc.) por los instaladores, dado que en estos casos los conductores se encuentran expuestos a la intemperie y posibles daños, como por ejemplo a daños hechos por roedores.

No es aceptable implementar soluciones manuales que no estén estipuladas en la normativa respecto al tipo de canalizaciones. En las siguientes imágenes se ejemplifican dos tipos de soluciones manuales que deben evitarse por ser soluciones manuales y poco seguras.



Imagen 82



Imagen 83

## 7. CONEXIONADO CA

### INSTALACIÓN DEL INVERSOR Y TABLERO AUXILIAR FOTOVOLTAICO

- a. Los inversores se deben proteger de la radiación directa del sol para evitar limitación de potencia (derating o derrateo) a causa de temperaturas altas.

La exposición directa del sol de los inversores provoca un aumento de temperatura innecesaria, que podría disminuir la potencia de salida. Por esta razón, es importante que los inversores se ubiquen en una sala eléctrica, caseta techada o, como segunda opción, con alguna protección contra el sol. En la imagen 84 se muestran los inversores ubicados dentro de una caseta, mientras que en la imagen 85 se observa el inversor sin protección en contra el sol.



Imagen 84



Imagen 85

- b. Los soportes para los inversores deben estar contruidos con materiales resistentes y no inflamables.

Los inversores se deben ubicar en lugares seguros, bien ventilados, lejos de material combustible e inflamable. Lo anterior se debe a que ante un eventual cortocircuito se podría generar un incendio de mayores proporciones al encontrarse cerca de material combustible.

En la imagen 87 el inversor ha sido instalado en una caseta con paredes estructuralmente estables y no inflamables, mientras que en la imagen 86 se ha instalado el inversor en una pared de madera.



Imagen 86



Imagen 87

- c. Los inversores se deben situar según las instrucciones del fabricante, en áreas frescas bien ventiladas, respetando las distancias de ventilación entre sí y otros objetos indicados por el fabricante.

La eficiencia de los inversores es menor al 100%, ya que el inversor no es capaz de transformar toda la energía eléctrica de CC a CA, y parte del porcentaje de la energía que no se transforma se disipa en forma de calor aumentando la temperatura del inversor. Por esta razón, los inversores se deben ubicar en áreas ventiladas respetando la distancia de separación con muros, objetos y otros inversores (esta información se encuentra señalada en las fichas técnicas de cada inversor). En la imagen 88 el inversor se ha ubicado con una distancia entre los elementos contiguos, mientras que en la imagen 89 el inversor se ha ubicado en un sector estrecho, con distancias mínimas a sus costados y cercano a instalaciones de agua. También se deben considerar las distancias mínimas establecidas en la NCh 4/2003 entre circuitos eléctricos y circuitos de agua, gas, etc.



Imagen 88



Imagen 89

**d.** El cableado al inversor debe ser de forma ordenada

En la siguiente imagen 90 se muestra una correcta y ordenada forma tender los cables cerca del inversor.



Imagen 90

## 8. CABLEADO CA

- a. Los cables deben estar protegidos y ordenados en su canalización para evitar daños.

Durante la instalación y/o montaje del proyecto, se debe considerar la protección a los cables con el objetivo de no dañar su aislamiento. Además, los ductos de canalización de los conductores eléctricos deben ser sellados para evitar el ingreso de elementos como basura y/o agua, ya que esto podría provocar la pérdida de aislación en el conductor.

En la imagen 91 se ha instalado una canalización para los cables con el fin de evitar el daño de estos. En la imagen 92 se ha detectado que se utilizó una caja de tamaño insuficiente. Esto provoca que se forme un nudo en el conductor que podría ocasionar daños en su interior debido al radio de flexión insuficiente.

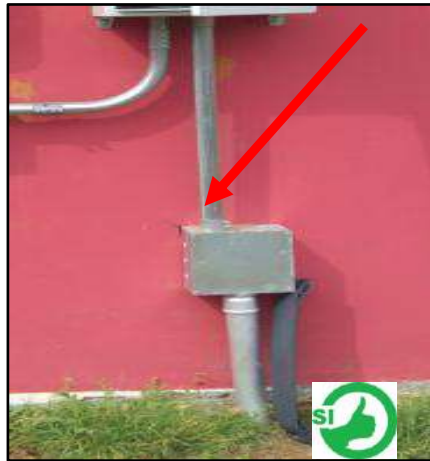


Imagen 91



Imagen 92

- b. Los cables deben estar bien identificados.

Los cables deben estar claramente identificados con colores según su función y rotulados con el fin de minimizar la probabilidad de errores en su manipulación. Lo anterior hace referencia a la norma NCh Elec 4/2003 en el punto 8.0.4.15, que indica los colores que tendrán cada uno de los conductores de fase, neutro y tierra de protección (y/o puesta a tierra).

En la imagen 93 se muestra la correcta identificación mediante el código de colores, al igual que en la imagen 94, pero en esta instalación falta la rotulación de los mismos. La conexión CA en la imagen 95 no está realizada según la normativa de colores de cables eléctricos.



Imagen 93



Imagen 94



Imagen 95

c. Nunca se debe cortar el aislamiento de los cables.

Cortar el aislamiento siempre tiene el riesgo de una descarga eléctrica, por lo que nunca se debe proceder de la manera que se presenta en la imagen 96, que muestra que el aislamiento ha sido cortado. Para garantizar el grado de protección IP de la instalación y evitar también el riesgo que puede generar la falta de aislamiento, no se debe cortar el aislamiento del cable sino que se debe utilizar una prensa estopa adecuada.



Imagen 96

- d. Terminales, conductores y bornes deben tener diámetros compatibles y deben estar bien apretados.

Las conexiones a los bornes deben ser realizadas de tal forma de asegurar su correcto apriete en base a las secciones de los conductores. En la imagen 97 se observa que los conductores se encuentran apretados y se han usado conexiones a los bornes asegurando la presión y buen contacto de la conexión. Esta buena práctica evita provocar una resistencia alta de contacto y su consecuencia de un punto caliente.

En la imagen 98 se han usado protecciones y/o puntillas para los cables que no fueron instaladas/puestas de forma uniforme (puntillas incompatibles con la sección del conductor), además se dejaron cables sin aislación, se aprecia la falta de algunos terminales. Finalmente se observan conexiones (puentes) entre dispositivos de protección. La correcta alimentación de los dispositivos es desde las barras de distribución, no entre ellas.



Imagen 97



Imagen 98

- e. Cuando el cableado se realiza de forma aérea y se emplean para ello postes, estos deberán estar instalados correctamente.

Los postes instalados para conducir el cableado de forma aérea deben ser instalados en las condiciones adecuadas. Se deben adoptar todas las medidas para que estos se sustenten mediante elementos diseñados para estos casos, como, por ejemplo, estructuras de anclaje, soportes, tirantes etc. Además, se debe tener en cuenta la verticalidad del poste evitando que estos queden inclinados. En la imagen 99 se observa un poste desplomado y una tabla actuando como tirante y en la imagen 100 el poste se encuentra con una inclinación.



Imagen 99



Imagen 100

## 9. ANTES DE LA PUESTA EN SERVICIO

### SEÑALIZACIÓN

- a. La unidad de generación (UG) debe tener asociado un procedimiento para el apagado, operación y mantenimiento.

Quien opere el equipo deberá contar con los respectivos procedimientos según lo que dice en la instrucción técnica RG N°02/2014 en el punto 20.1.2 que señala que *“Los propietarios de las instalaciones fotovoltaicas con una potencia instalada superiores a 10 kW conectadas a la red deberán contar con procedimientos de operación, mantención, emergencia y análisis de riesgo para instalaciones”*.

En la imagen 101 se observa una lista de procedimiento bien adherida al equipo, mientras en la imagen 102 esta lista está rotulada por dentro del equipo lo que genera un difícil acceso. Lo ideal es que estos procedimientos sean provistos por las empresas instaladoras con material duradero, bien adheridos a los equipos y de forma indeleble.



Imagen 101



Imagen 102

- b. Todos los componentes eléctricos con partes activas y/o energizadas deben estar identificados con etiquetas.

Cualquier contacto y/o manipulación de los componentes eléctricos presenta un riesgo de descarga eléctrica. Para evitar esto se deben identificar todos los componentes con partes activas mediante etiquetas claras, simples y visibles. Lo anterior según lo que dice en la instrucción técnica RGR N° 02/2014 en el ítem N°19.4.1, que señala *“la UG, módulos, tableros, conductores y sus componentes cumplen con el etiquetado requerido en la instrucción técnica”*. La imagen 103 muestra una correcta señalización, en cambio la imagen 104 muestra la falta de señalización.



Imagen 103



Imagen 104