

PROYECTO FIN DE CARRERA
Planta Solar Fotovoltaica en
Sorbas (Almería)

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Rafael Emper Martínez
Tutora: Dña. Eulalia Jadraque Gago



INDICE del PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

1 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES GENERALES	5
1.1 OBJETO DEL PLIEGO	5
1.2 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA	5
1.2.1 REPRESENTACIÓN FACULTATIVA	5
1.2.2 PERSONAL ESPECIALIZADO Y CUALIFICADO	5
1.2.3 BALIZAMIENTO Y PROTECCIÓN DE LAS OBRAS	5
1.2.4 MAQUINARIAS Y MEDIOS AUXILIARES	6
1.2.5 OBRAS AUXILIARES	6
1.2.6 DIRECCIÓN TÉCNICA DE LAS OBRAS	6
1.2.7 LIBRO OFICIAL DE ÓRDENES, ASISTENCIA E INCIDENCIAS	6
1.3 PLAZO DE EJECUCIÓN	7
1.4 PLAZO DE GARANTÍA	7
1.5 MATERIALES	8
1.6 REPLANTEOS	8
1.7 MEDICIONES Y VALORACIONES	8
1.8 DEMOLICIÓN OBRAS DEFECTUOSAS O MAL EJECUTADAS	9
1.9 VALORACIÓN OBRAS NO CONCLUIDAS O INCOMPLETAS	9
1.10 PRECIOS CONTRADICTORIOS	9
1.11 RELACIONES VALORADAS	10
1.12 ABONOS AL CONTRATISTA	10
1.13 RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN DE LAS OBRAS	11
1.14 PRUEBAS PARA LA RECEPCIÓN	12
1.15 SUBCONTRATOS	12
1.16 PLANOS DE OBRAS TERMINADAS	12
1.17 INTERPRETACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN	13
1.18 CLÁUSULAS FINALES	13
1.19 CONSIDERACIONES	13
1.20 NORMATIVA	14
2 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES DE INSTALACIONES CONECTADAS A RED	15
1 OBRA CIVIL	15
1.1 EXCAVACIÓN DE TIERRAS Y CIMENTACIÓN	15
1.2 ESTRUCTURA Y FORJADOS	15
1.2.1 FASE PREVIA AL HORMIGONADO	15
1.2.1.1 COMPROBACIÓN Y ACEPTACIÓN DE PLANOS	15
1.2.1.2 RECEPCIÓN DE MATERIALES	16
1.2.2 FASE DE HORMIGONADO	19
1.2.3 FASE POSTERIOR AL HORMIGONADO.	19



1.2.4 CONTROL MATERIALES COMPONENTES DEL HORMIGÓN	20
1.2.5 CONTROL DEL HORMIGÓN	21
1.2.5.1 LOTE, EXTENSIÓN Y TAMAÑO DEL LOTE	21
2 DISEÑO E INSTALACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA	
CONECTADAS A RED	22
1 OBJETO.	22
2 GENERALIDADES	22
3 DEFINICIONES	23
3.1 RADIACIÓN SOLAR	23
3.2 INSTALACIÓN	23
3.3 MÓDULOS	24
3.4 INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA	25
4 DISEÑO	25
4.1 DISEÑO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO	25
GENERALIDADES	25
ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN Y SOMBRAS	26
4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	26
4.3 INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA	27
5 COMPONENTES Y MATERIALES	27
GENERALIDADES	27
5.2 SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS	28
5.3 ESTRUCTURA SOPORTE	29
5.4 INVERSORES	31
5.5 CABLEADO	33
5.6 CONEXIÓN A RED	33
5.7 MEDIDAS	33
5.8 PROTECCIONES	33
5.9 PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	33
5.10 ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA	34
5.11 MEDIDAS DE SEGURIDAD	34
6 RECEPCIÓN Y PRUEBAS	35
7 CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL ESPERADA	36
8 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO	38
GENERALIDADES	38
8.2 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	38
8.3 GARANTÍAS	39
<u>ANEXO I: MEDIDA DE LA POTENCIA INSTALADA DE UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA</u>	
<u>CONECTADA A LA RED ELÉCTRICA</u>	<u>42</u>
1 INTRODUCCIÓN	42
2 PROCEDIMIENTO DE MEDIDA	42
<u>ANEXO II: CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL</u>	
<u>GENERADOR DISTINTA DE LA ÓPTIMA</u>	<u>47</u>
1 INTRODUCCIÓN	47



2 PROCEDIMIENTO	47
<u>ANEXO III: CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR SOMBRAS</u>	51
1 OBJETO	51
2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	51
3 TABLAS DE REFERENCIA	53
5 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE MÓDULOS	56



1 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES GENERALES

1.1 OBJETO DEL PLIEGO

El presente pliego de condiciones técnicas particulares tiene por objeto definir las obras de que consta el presente proyecto básico y de ejecución y regular tanto la correcta ejecución de las mismas como las características y métodos que permitan determinar la idoneidad de los materiales empleados.

1.2 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA

El contratista principal queda obligado al cumplimiento de las prescripciones técnicas contenidas en este pliego y de las recomendaciones que sobre cualquier particular pueda aconsejar la dirección facultativa, así como todas las disposiciones de tipo oficial que estén vigentes.

1.2.1 Representación facultativa

El contratista estará obligado a tener en las obras al frente del personal y por su cuenta, un técnico con titulación profesional, el cual tendrá, entre otras funciones, la de vigilar que se cumplan las instrucciones de los técnicos directores, así como intervenir y comprobar los replanteos y demás operaciones técnicas que se le encomienden.

1.2.2 Personal especializado y cualificado

Si los trabajos exigiesen para su realización personal especializado o cualificado, el técnico podrá solicitar en todo momento la presentación de los documentos necesarios que acrediten la adecuada titulación. Asimismo, el personal, al igual que la maquinaria, tendrá que estar asegurado de manera que queden cubiertas todas las responsabilidades en el caso de que se produzca un accidente dentro de la obra.

1.2.3 Balizamiento y protección de las obras

El contratista, deberá señalizar las obras correctamente, estableciendo, a su cargo, los elementos de balizamiento y las vallas de protección que resulten necesarias para evitar accidentes.



1.2.4 Maquinarias y medios auxiliares

El contratista estará obligado a disponer en la obra, tanto de la maquinaria como de los medios auxiliares más idóneos para la realización de los distintos trabajos.

1.2.5 Obras Auxiliares

Todas las obras auxiliares operaciones preliminares que se precisen para llevar a cabo la ejecución de la obra serán realizadas por el contratista a su cuenta, considerando su costo incluido en el coste indirecto de la obra.

1.2.6 Dirección Técnica de las Obras

El contratista sólo ejecutará las órdenes que vengan directamente de los Técnicos Directores, que serán los encargados de la dirección, control y vigilancia de las obras.

El adjudicatario tendrá en obra durante la ejecución de los trabajos, un Jefe de Obra que será el coordinador responsable principal de las obras.

1.2.7 Libro Oficial de Órdenes, Asistencia e Incidencias

Con objeto de que en todo momento se pueda tener un conocimiento exacto de la ejecución e incidencias de la obra, se llevará mientras dure la misma, el Libro de Ordenes, Asistencia e Incidencias, en el que quedarán reflejadas las visitas facultativas realizadas por la dirección de la obra, las incidencias surgidas y en general, todos aquellos datos que sirvan para determinar con exactitud si por la contrata se van cumpliendo los plazos y fases de ejecución previstos para la realización del proyecto.

A tal efecto, a la formalización del contrato se diligenciará dicho libro, el cual se ajustará a lo estipulado en el Decreto 422/71, publicado en el Boletín Oficial del Estado el 24 de Marzo de 1.971.

Este libro se entregará a la contrata en fecha de comienzo de las obras para su conservación en la oficina de la obra, dónde estará a disposición de la Dirección Facultativa y de la Inspección de la propiedad.

El Ingeniero Director de la obra, el Técnico y los demás facultativos colaboradores en la Dirección de las obras, irán dejando constancia, mediante las oportunas referencias, de sus visitas e inspecciones y las incidencias que surjan en el transcurso de ellas y obliguen a cualquier modificación del proyecto, así como de las órdenes que necesiten dar al contratista respecto a la ejecución de las obras, las cuales serán de obligado cumplimiento.

Las anotaciones en el Libro de Ordenes, Asistencias e Incidencias darán fe a efectos de determinar las posibles causas de resolución e incidencias del contrato. Sin embargo, cuando el contratista no estuviese conforme, podrá alegar en su descargo todas aquellas razones que abonen su postura aportando las pruebas que estime pertinentes. El efectuar una orden a través del correspondiente asiento en éste Libro, no será obstáculo para que cuando la Dirección Facultativa lo juzgue conveniente, se efectúe la misma también por oficio. Dicha orden se reflejará también en el Libro de Ordenes.

Cualquier modificación en la ejecución de unidades de obra que presuponga la realización de distinto número de aquéllas, en más o menos de las figuradas en el estado de mediciones del presupuesto, deberá ser conocida y autorizada con carácter previo a su ejecución por el Director facultativo, haciéndose constar en el Libro de Obra, tanto la autorización citada como la comprobación posterior de su ejecución.

En el caso de no obtenerse esta autorización el contratista no podrá pretender, en ningún caso, el abono de las unidades de obra que se hubiesen ejecutado de más respecto a las figuradas en el proyecto.

1.3 PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución será el indicado en el indicado en la Memoria Técnica del proyecto. Cualquier retraso en dicho plazo de ejecución por causas que no sean imputables al contratista, le dará a éste una prórroga igual al retraso producido.

En cualquier caso, tanto para la determinación de la causa del retraso como para fijar su duración, se seguirá el dictamen del Ingeniero Director de la Obra.

1.4 PLAZO DE GARANTÍA

Al contrario le será exigibles, sin perjuicio de lo que establece la Memoria o el contrato de Ejecución, todas las obligaciones de garantía que se señala en los artículos 169 a 177 (ambos inclusive) del REGLAMENTO GENERAL DE CONTRATACIÓN DEL ESTADO.

El contratista garantizará todas las obras que ejecute, así como los materiales empleados por un período mínimo de dos años, contando a partir de la recepción definitiva de las obras.

Durante dicho periodo el contratista corregirá todos los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará todas las averías que por dicha causa se produzcan, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna.



1.5 MATERIALES

Todos los materiales que se utilicen en la obra cumplirán todas las normas y Reglamentos Oficiales que sobre el particular están en vigor.

La ejecución de las diferentes unidades de obra cumplirá estrictamente lo especificado en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, así como todas aquellas indicaciones procedentes del facultativo Director de la Obra.

Tanto para asegurar la calidad en los materiales como de la ejecución de las diferentes unidades, será preciso realizar por el contratista todos aquellos ensayos que ordene el Director de Obra.

Estos ensayos serán realizados por Laboratorios homologados y su costo estará incluido en el de la obra, siempre y cuando su importe no supere el 1% del valor total de la misma.

De estos ensayos (tanto en control de calidad de los materiales como de ejecución) el laboratorio extenderá un informe al director facultativo antes de que se proceda a la ejecución de la siguiente unidad de obra con objeto de permitir la corrección de los defectos caso de que se hubiesen producido.

1.6 REPLANTEOS

Todos los trabajos de replanteo se realizarán en presencia de alguno de los Técnicos Directores de la Obra firmándose al terminar la correspondiente Acta.

Los indicadores de replanteo se mantendrá, por lo menos, mientras dure la ejecución de la correspondiente unidad de obra facilitándole el contratista, a sus expensas, a cualquiera de los Técnicos-Directores de las obras, todos los estudios necesarios para poder realizar cualquier tipo de control o comprobación de replanteos y mediciones.

1.7 MEDICIONES Y VALORACIONES

La medición de las diferentes unidades constitutivas de la obra, se hará aplicando a cada unidad la unidad de medida que le corresponda con arreglo a las mismas unidades adoptadas en el presupuesto.

Tanto las mediciones parciales como las que se ejecutan al final de la obra, se realizarán conjuntamente con el contratista levantándose la correspondiente acta que será firmada por ambas partes.

En la oferta se ha incluido todas las partidas necesarias para la total y correcta terminación de la obra tal y como está definida en el proyecto.

En consecuencia, el contratista no tendrá derecho a ninguna indemnización por las diferencias que se produjeran entre las mediciones de las unidades de obra



ejecutadas y el estado de mediciones del Proyecto. Asimismo, tampoco tendrá derecho a indemnización por errores en la clasificación de las diversas unidades de obra que figuran en los estados de valoración.

La valoración de las unidades de obra que figuran en el presente proyecto, se efectuarán aplicando a la medición resultante para cada unidad el precio unitario de las mismas en el presupuesto.

Este precio unitario incluye los materiales, accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra terminada y en disposición de recibirse, así como todos los gastos de transporte, las indemnizaciones o pagos que hayan de efectuarse por cualquier concepto, todo tipo de impuestos fiscales que graven los materiales, bien sean del estado, Provinciales o Municipales durante la ejecución de la obra y toda clase de cargas sociales.

También correrán a cuenta del contratista todos los honorarios, tasas, impuestos y en general, gravámenes que se originen como consecuencia de las inspecciones, aprobación y comprobaciones de las instalaciones del presente inmueble objeto del proyecto de reforma.

Por todos los conceptos que aquí se han enumerado, el contratista no tendrá derecho a percibir indemnización alguna.

1.8 DEMOLICIÓN OBRAS DEFECTUOSAS O MAL EJECUTADAS

Cuando a juicio de la Dirección Facultativa existiesen defectos, suposición de vicios ocultos o que alguna unidad de obra no cumple estrictamente lo indicado en el artículo 44 del Pliego de Cláusulas Administrativas.

1.9 VALORACIÓN OBRAS NO CONCLUIDAS O INCOMPLETAS

Las obras completas se abonarán con los precios que aparecen consignados en el Presupuesto.

Cuando por cualquier causa fuese preciso valorar una obra no incluida o completa se aplicarán los precios del Presupuesto sin que pueda pretenderse una valoración de la obra fraccionada en otra forma que en la establecida en los cuadros de descomposición de precios.

1.10 PRECIOS CONTRADICTORIOS

Si se produjese una situación excepcional en la cual fuese precisa la designación de precios contradictorios entre la Administración y el Contratista estos precios se fijarán de acuerdo con lo que se establece en el Reglamento General de CONTRATACIÓN del Estado, según el cual, en su artículo 150, si se



introdujesen modificaciones en el Proyecto que supongan la introducción de unidades de obra no comprendidas en la contrata, los precios de aplicación se fijarán por la Administración a la vista de la propuesta del Director de Obra y de las observaciones del contratista a esta propuesta en trámite de audiencia.

Si el contratista no aceptase los precios aprobados quedará exonerado de ejecutar dichas obras.

1.11 RELACIONES VALORADAS

El Director de la Obra formulará mensualmente una relación valorada de los trabajos ejecutados desde la anterior liquidación con sujeción a los precios del presupuesto.

El contratista, que presenciara las operaciones de valoración y medición, para extender esta relación, tendrá un plazo de diez días para examinarlas. Deberá en este plazo dar su conformidad o hacer en caso contrario las reclamaciones que considere convenientes.

Estas relaciones valoradas no tendrán más carácter provisional a buena cuenta, y no supone la aprobación de las obras que en ellas se comprende. Se formará multiplicando los resultados de la medición por los precios correspondientes y descontando, si hubiera lugar a ello, la cantidad correspondiente al tanto por ciento de baja o mejora producido en la licitación.

1.12 ABONOS AL CONTRATISTA

El contratista tendrá derecho al abono de la Obra que realmente ejecute con arreglo al Proyecto que sirve de base al concurso, o las modificaciones del mismo, autorizadas por la superioridad, a las órdenes que con arreglo a sus facultades le haya comunicado por escrito, el Director de la Obra, siempre que dicha obra se halle ajustada a los preceptos del contrato y sin que su importe pueda exceder de la cifra total de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el Proyecto o en el presupuesto no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna especie, salvo en los casos de rescisión.

Tanto en las certificaciones de obra como en la liquidación final, se abonarán las obras hechas por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de obra.

Cuando se juzgue necesario emplear materiales a ejecutar obras que no figuren en el proyecto, se valorará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiera, y cuando no, se discutirá entre el Director de obra y el contratista, sometiéndoles a la aprobación superior.



Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento se sujetarán siempre a lo establecido.

El resultado de la valoración hecha de ese modo, se le aumentará el tanto por ciento adoptado para formar en el presupuesto de contrata, y de la cifra que se obtenga se descontará lo que proporcionalmente corresponde a la rebaja hecha, en el caso de que exista ésta.

Cuando el contratista, con autorización del Director de lo obra emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que lo estipulado en el proyecto sustituyéndose una clase de fábrica por otra que tenga mayor precio, ejecutándose con mayores dimensiones cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la administración, no tendrá derecho, sin embargo, sino a lo que correspondería si hubiese construido la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por una partida alza- da del presupuesto, no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellos se forman o, en su defecto, por lo que resulte de la medición final.

1.13 RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN DE LAS OBRAS

La recepción y liquidación de las obras, se atenderá a lo prescrito en el Contrato de Ejecución de Obra.

De acuerdo con ello y una vez terminadas las obras en las condiciones exigidas, se procederá a su RECEPCIÓN PROVISIONAL dentro del mes siguiente a su finalización.

Al acto de recepción concurrirán el funcionario técnico designado por la Administración contratante, el facultativo encargado de la Dirección de las Obras y el contratista, levantándose el acta correspondiente.

El plazo de garantía comenzará a contarse a partir de la fecha de la recepción provisional de las obras, deberá el contratista presentar las pertinentes autorizaciones de los Organismos Oficiales de la provincia para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que así lo requieran. No se efectuará esa recepción provisional de las obras, ni como es lógico, la DEFINITIVA, si no se cumple ese requisito.

Dentro del mes siguiente al cumplimiento del plazo de garantía, se procederá a la RECEPCIÓN DEFINITIVA de las obras.



1.14 PRUEBAS PARA LA RECEPCIÓN

Con carácter previo a la ejecución de las unidades de obra, los materiales habrán de ser reconocidos y aprobados por la Dirección Facultativa. Si se hubiese efectuado su manipulación o colocación sin obtener dicha conformidad, deberán ser retirados todos aquellos que la citada dirección rechaza, dentro de un plazo de treinta días.

El Contratista presentará oportunamente muestras de cada clase de material a la aprobación de la Dirección Facultativa, las cuales conservarán para efectuar en su día la comprobación o cotejo con los que se empleen en la obra.

Siempre que la Dirección Facultativa lo estime necesario, serán efectuados por cuenta de la contrata las pruebas y análisis que permitan apreciar las condiciones de los materiales a emplear.

Cuando se trate de materiales recibidos en obra totalmente terminados por firmas de reconocida solvencia, el Ingeniero Jefe de la obra podrá sustituir los ensayos por los oportunos certificados de calidad de las casas suministradoras.

1.15 SUBCONTRATOS

Para que la empresa o contratista que resulte adjudicatario pueda subcontratar la ejecución de diversas unidades de obra deberá de cumplir con los requisitos y trámites previstos en los mismos, deberá solicitar de la propiedad, por escrito, la autorización para subcontratar, manifestar la clasificación que ostenten las empresas o contratistas con quien pretenda efectuar dichos subcontratos, quedando facultada la propiedad para rechazar aquellos, total o parcialmente, cuando a juicio de la Dirección Facultativa de las obras no reúnan las condiciones técnicas que garanticen una buena ejecución de las unidades de obra objeto del subcontrato.

1.16 PLANOS DE OBRAS TERMINADAS

Una vez efectuada la recepción provisional de cada unidad de obra, el adjudicatario entregará los planos de la obra ejecutada en un plazo no superior a tres meses, incluyendo todas las modificaciones que durante el transcurso de la misma hayan tenido lugar, con el fin de que quede la debida constancia de la realidad de la obra, facilitando de este modo cualquier trabajo de reparación o modificación que se haya de realizar posteriormente.

Se dedicará una atención especial a los planos de instalaciones.



1.17 INTERPRETACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN

Para aquellos casos en que se aprecie discrepancia entre los distintos documentos del Proyecto, se pondrá en conocimiento del Director de la Obra, como autor del proyecto, para que éste decida el sistema constructivo a seguir; estableciéndose en todo caso, como prioritario lo indicado en:

- CONTRATO: El cual a los efectos económicos se complementa con el estado de mediciones, presupuesto y precios descompuestos, teniendo siempre en cuenta el coeficiente de baja y de revisión de precio si lo hubiere.

- PLIEGO CONDICIONES GENERALES.

- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.

- PLANOS.

Se seguirá este orden indicado.

1.18 CLÁUSULAS FINALES

El contratista se comprometerá a entregar a la propiedad todas las autorizaciones que, perceptivamente, tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc. y Autoridades Locales para la puesta en servicio de las instalaciones.

Son también de cuenta del contratista todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc. que ocasionen las obras, desde su iniciación hasta su total terminación.

El contratista, durante el periodo que media entre la recepción provisional y la definitiva, será el conservador de la obra donde tendrá personal disponible suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad antes de la recepción definitiva.

1.19 CONSIDERACIONES

Para todo aquello que no aparezca expresamente detallado en el presente Pliego, y en general, todo lo que se refiere a las condiciones que deben cumplir los materiales que se empleen en la obra, así como la ejecución de cada unidad de obra y las normas para su medición y valoración, regirá el Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura de 1.960, para aquellas relativas a la obra civil, y al Reglamento Eléctrico de Baja Tensión, y al Pliego de Condiciones Técnicas para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la Red del IDAE.

De igual modo ningún documento del Proyecto podrá ir en contra de ninguna disposición de carácter oficial de obligatorio cumplimiento o de lo establecido en el contrato.



1.20 NORMATIVA

Para la realización de la obra, se habrá de tener en cuenta toda la normativa vigente de carácter oficial que de alguna manera afecte a cualquiera de las unidades a realizar .



2 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES DE INSTALACIONES CONECTADAS A RED

1 OBRA CIVIL

1.1 Excavación De Tierras Y Cimentación

La apertura de pozos y zanjas para cimentación serán cuidadosamente replanteadas, empleándose el sistema de camillas como el procedimiento más exacto y de fácil rectificación durante la marcha de los trabajos. Una vez verificado el replanteo, se notificará el comienzo de cualquier excavación, al objeto de poder efectuar cualquier medición, no pudiendo modificarse el terreno natural adyacente sin previa autorización.

Para la buena marcha de los trabajos, los obreros se colocarán a lo largo de la zanja hasta la altura de 1,5m, las tierras picadas se palearán directamente a la superficie del terreno; pasada ésta altura, se extraerán por intermedio de otros u otros escalones de operarios situados a medias alturas y por el sistema que se señale como más conveniente.

Cuando apareciera agua en las zanjas que se están excavando, se utilizarán los medios e instalaciones especiales precisas para agotarlas. Los materiales procedentes de la excavación, se vaciarán en los lugares designados para ello, procurando que no obstruyan la marcha de las obras.

La tierra vegetal que pudiera aparecer en la excavación, se removerá y acopiará separada del resto de las otras tierras pensando en una posterior utilización de acuerdo con lo que se ordene.

1.2 Estructura Y Forjados

Las interrupciones del hormigonado, se procurará dejarlas perpendiculares a la dirección del forjado, coincidiendo, aproximadamente con 1/5 de luz entre extremos de semi-viguetas. Antes de proceder a un nuevo hormigonado, se limpiarán las juntas con chorro de aire y agua a presión. Se evitará siempre que sea posible, juntas de hormigonado en las vigas principales.

1.2.1 Fase Previa al hormigonado

1.2.1.1 Comprobación y aceptación de planos

El encargado del control de la ejecución, debe poseer una colección completa de todos los planos, terminados y detallados. Los planos de obra serán comprobados con los originales de proyecto.



1.2.1.2 Recepción de materiales

a) Hormigón fabricado en obra: Comprende los ensayos previos, los característicos y los de control, así como los de consistencia, con independencia de la comprobación del tamaño máximo del árido.

b) Almacenamiento y acopio

Cemento

Cuando el suministro se realice en sacos, el cemento se recibirá en obra en los mismos envases cerrados en que fue expedido, y se almacenará en sitio ventilado y defendido de la intemperie y humedad de suelo y paredes.

Si el suministro se realiza a granel, se almacenará en silos o recipientes que lo aíslen de la humedad.

Áridos

Los áridos, deben apilarse de forma que se evite una segregación por tamaños excesiva y su contaminación con otros materiales o su mezcla con otros tamaños.

Armaduras

Tanto durante el transporte, como durante el almacenamiento se protegerán las barras contra la lluvia, la humedad del suelo y la eventual agresividad de la atmósfera ambiente.

Hasta el momento de su utilización, se conservarán las barras en obra cuidadosamente clasificadas según sus tipos, calidades, diámetro y procedencias.

c) Maquinaria

Se comprobará regularmente el estado de buena conservación de toda la maquinaria y aparatos utilizados en obra, y cuando proceda, la aproximación de sus mediciones.

Comprobación de: Elementos de amasado del hormigón, elementos de transporte del hormigón, dispositivos de descarga de las tolvas de delineación, y estado de los vibradores.

d) Andamios y cimbras

Es fundamental comprobar que todos los andamios han sido construidos con arreglo a las normas de buena práctica y reúnan las necesarias condiciones de seguridad en las ordenanzas.



e) Encofrados

Los encofrados serán suficientemente estancos para impedir pérdidas apreciables de lechada, dado el modo de compactación previsto.

Las superficies interiores de los encofrados aparecerán limpias en el momento del hormigonado.

Los encofrados de madera, se humedecerán para evitar que absorban el agua contenida en el hormigón.

f) Elaboración de armaduras

Las armaduras se doblarán ajustándose a los planos e instrucciones del Proyecto. En general, se hará en frío y a velocidad moderada, preferentemente por medios mecánicos. Únicamente en caso de acero ordinario, cuando el diámetro de las barras sea igual o superior a 25 mm. se admitirá el doblado en caliente, cuidando de no alcanzar la temperatura correspondiente al rojo cerezo oscuro, y dejando enfriar lentamente.

g) Colocación

Las armaduras se colocarán limpias, exentas de óxido no adherente, pintura, grasa o cualquier sustancia perjudicial. Se dispondrán de acuerdo con las indicaciones del Proyecto, sujetas entre sí y al encofrado, de manera que no puedan experimentar movimientos durante el vertido y compactación del hormigón y permitan a éste envolverlas sin dejar coqueras. Se recomienda colocar las barras dobladas a una distancia libre de los paramentos no inferior a dos diámetros.

h) Previsión de juntas y elementos embebidos

Cuando haya necesidad de disponer de juntas de hormigón no previstas en los planos, se situarán tales juntas en dirección lo más normal posible a la de las tensiones de compresión. Antes de reanudar el hormigonado se limpiará la junta, retirando la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto. Realizada la limpieza, se humedecerá la superficie de la junta, antes de verter de nuevo el hormigón.

i) Previsión de hormigonado en tiempo frío

En general se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que dentro de las 48 horas siguientes, puede descender la temperatura por debajo de los cero grados. En los casos que por absoluta necesidad se hormigone en tiempo



de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no habrán de producirse deterioros locales en los elementos correspondientes ni mermas apreciables de las características resistentes del material.

j) Previsión de hormigonado en tiempo caluroso

Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar la evaporación del agua de amasado y para reducir la temperatura de la masa. Si la temperatura es superior a 40°C. se suspenderá el hormigonado, salvo autorización expresa del Director de la Obra. Para elementos de hormigón en masa, la temperatura límite es de 30°C.

k) Previsión de hormigonado bajo lluvia

Deberán existir siempre en obra los medios de protección adecuados para evitar los daños que las adversas condiciones meteorológicas puedan ocasionar al hormigonado fresco.

l) Preparación del tajo antes del hormigonado

Las superficies sobre las cuales se va a verter el hormigón, deberán estar limpias y húmedas, debiendo regarse lo suficiente para que posean la humedad necesaria para ayudar al curado del hormigón. Si el terreno está constituido por materiales finos, para evitar que absorban una cantidad apreciable de agua del hormigón, se mojarán abundantemente sin encharcarlos. Si el terreno es rocoso, se limpiará con chorro de agua o aire y agua mezclados, retirándose finalmente el exceso de agua con chorro de aire.

m) Transporte del hormigón

Para transportar el hormigón se utilizarán procedimientos adecuados para que las masas lleguen al lugar de su colocación sin experimentar variación sensible de las características que poseían recién amasadas.

n) Operaciones especiales

Si el transporte, la colocación o la compactación de los hormigones se realiza empleando técnicas especiales, se procederá según las normas de buena práctica propias de dichas técnicas.



1.2.2 FASE DE HORMIGONADO

Colocación del hormigón

Adoptar precauciones para evitar la disgregación de la mezcla. Tongadas de espesor adecuados para obtener una completa compactación.

Compactación

Se emplearán procedimientos adecuados a la consistencia de las mezclas, de manera que se eliminen los huecos y se obtenga un perfecto cerrado de la masa sin que se produzca segregación.

Juntas

Se situarán en dirección normal a la de las tensiones de compresión alejándolas de las zonas de fuertes tracciones de la armadura.

Se procederá a:

- Limpiar adecuadamente la superficie.
- Eliminación de la capa superficial de mortero.
- Humedecido de la superficie.
- Eliminación de partes dañadas por efecto de heladas.
- Limpieza útiles de trabajo, en caso de emplear distinto tipo de conglomerado.

Prohibición de empleo de hormigones fabricados con cementos incompatibles.

1.2.3 FASE POSTERIOR AL HORMIGONADO.

Curado

Se mantendrá la humedad del hormigón durante el fraguado y primer endurecimiento. El plazo de tiempo será establecido por P.C.T. de la D.G.A. en función del tipo de cemento, temperatura y grado de humedad ambiental.

El riego directo de la superficie se hará con agua no perjudicial.

Se recubrirá la superficie con tratamientos que garanticen la humedad inicial de la masa.

Desencofrado, descimbramiento

La retirada de los elementos del encofrado (costeros, fondos, etc.) y de los aperos y cimbrados, se hará sin que se produzcan sacudidas y choques en la estructura. En elementos de cierta importancia se recomienda el empleo de uñas, cajas de arena, gatos, etc. para lograr el descenso uniforme de los apoyos.

No se realizarán las operaciones citadas sin que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos previstos.



En obras de importancia, se realizarán ensayos de información para conocer la resistencia real del hormigón, con objeto de poder fijar el momento de desencofrado o descimbramiento.

Se retirará oportunamente cualquier elemento de encofrado que impida el libre juego de las juntas o articulaciones si las hubiere.

Prevención de acciones mecánicas

Se evitará durante la ejecución, la actuación de cualquier carga estática o dinámica que pueda provocar daños en los elementos ya hormigonados. Se recomienda que en el transcurso de la ejecución la seguridad de la estructura no sea inferior a la prevista en el Proyecto para la estructura en servicio.

1.2.4 CONTROL MATERIALES COMPONENTES DEL HORMIGÓN

Agua

No es necesario el control si se conocen antecedentes de su empleo. En caso contrario, se realizarán antes de comenzar la obra los ensayos previstos en la EHE-08.

Áridos

No es necesario el control si se tienen antecedentes de su empleo. En caso contrario, es necesario realizar antes de comenzar la obra los ensayos previstos en la EHE-08

Cemento

Al comienzo de la obra, se realizarán los ensayos físicos, mecánicos y químicos previstos en las especificaciones del P.C.C. H-64.

- Durante la obra, cuando lo indique el Director de la Obra, o una vez cada tres meses de obra, con un mínimo de tres veces durante la marcha de la obra, se comprobarán:

- * Pérdidas al fuego.
- * Residuo Insoluble.
- * Finura demolido.
- * Principio y fin de fraguado.
- * Resistencia a flexotracción y comprensión.
- * Expansión de autoclave.

Todas las comprobaciones se efectuarán de acuerdo con P.C.C. H-64.



1.2.5 CONTROL DEL HORMIGÓN

1.2.5.1 Lote, Extensión y tamaño del lote

Lote, es la cantidad de hormigón que ha sido confeccionado y puesto en obra en condiciones sensiblemente iguales y que se somete a juicio de una sola vez.

Extensión del lote: Es el volumen de hormigón que lo constituye. La extensión del lote depende del nivel de los ensayos de control de la resistencia del hormigón.

Tamaño del lote es el número de unidades de producto que contiene.

Unidad de Producto

Es la mayor cantidad de hormigón que se confecciona en las mismas condiciones esenciales. Cada unidad de producto da lugar a un solo resultado de la resistencia del hormigón.

Muestra y tamaño de la muestra

Muestra, es el conjunto de probetas que se toman como representativas del correspondiente lote, fabricadas y conservadas con arreglo a la Norma UNE 7.240 y rotas por compresión según la Norma UNE 7.242.

Tamaño de la muestra, es el número de resultados por lote.

Control de resistencia

El ensayo se realiza de acuerdo con la Norma UNE 7.103. Se realizará, siempre que fabriquen probetas para controlar la resistencia, en los ensayos de control a nivel reducido y cuando lo indique el Director de Obra.

Control de tamaño de árido

Durante el hormigonado debe presentarse atención a que el tamaño del árido no rebase lo prescrito en la instrucción EHE-08, realizándose en caso de duda los ensayos correspondientes de comprobación de la Norma UNE 7.295.-

Condiciones Especiales

Cuando para el hormigón se exijan características especiales, cuya determinación haya de hacerse mediante métodos de ensayo no incluidos en la Instrucción EHE-08, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, deberá fijar de un modo concreto, los valores que deban alcanzar dichas características y los procedimientos de ensayo que hayan de seguirse para medirlos.



2 DISEÑO E INSTALACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA PLANTA SOLAR FOTVOLTAICA CONECTADAS A RED

1 OBJETO.

Fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red, que por sus características estén comprendidas en el apartado segundo de este pliego. Pretende servir de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología.

El ámbito de aplicación de este pliego de condiciones técnicas (en lo que sigue, PCT) se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

2 GENERALIDADES

Este Pliego es de aplicación a las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de distribución. Quedan excluidas expresamente las instalaciones aisladas de la red.

Podrá, asimismo, servir como guía técnica para otras aplicaciones especiales, las cuales deberán cumplir los requisitos de seguridad, calidad y durabilidad establecidos. En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las características de estas aplicaciones.

En todo caso serán de aplicación todas las normativas que afecten a instalaciones solares fotovoltaicas, y en particular las siguientes:

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión e instalación de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.



- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

3 Definiciones

3.1 Radiación solar

Radiación solar Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Irradiancia Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m^2 .

Irradiación Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m^2 , o bien en MJ/m^2 .

3.2 Instalación

Instalaciones fotovoltaicas: Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

Instalaciones fotovoltaicas interconectadas: Aquellas que disponen de conexión física con las redes de transporte o distribución de energía eléctrica del sistema, ya sea directamente o a través de la red de un consumidor.



Línea y punto de conexión y medida La **línea de conexión** es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.

Interruptor automático de la interconexión: Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.

Interruptor general: Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

Generador fotovoltaico: Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

Rama fotovoltaica: Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

Inversor: Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna. También se denomina ondulator.

Potencia nominal del generador: Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.

Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal: Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

3.3 Módulos

Célula solar o fotovoltaica: Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

Célula de tecnología equivalente (CTE): Célula solar encapsulada de forma independiente, cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman la instalación.

Módulo o panel fotovoltaico: Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

Condiciones Estándar de Medida (CEM): Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia solar: 1000 W/m^2
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Temperatura de célula: $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Potencia pico: Potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.



TONC: Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m^2 con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20°C y la velocidad del viento, de 1 m/s .

3.4 Integración arquitectónica

Según los casos, se aplicarán las denominaciones siguientes:

Integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos: Cuando los módulos fotovoltaicos cumplen una doble función, energética y arquitectónica (revestimiento, cerramiento o sombreado) y, además, sustituyen a elementos constructivos convencionales.

Revestimiento: Cuando los módulos fotovoltaicos constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

Cerramiento: Cuando los módulos constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanquidad y aislamiento térmico.

Elementos de sombreado: Cuando los módulos fotovoltaicos protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada.

La colocación de módulos fotovoltaicos paralelos a la envolvente del edificio se denominará superposición y no se considerará integración arquitectónica. No se aceptarán, dentro del concepto de superposición, módulos horizontales.

4 Diseño

4.1 Diseño del generador fotovoltaico

Generalidades

El módulo fotovoltaico seleccionado cumplirá las especificaciones que se exigen a los sistemas generadores fotovoltaicos.

Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.

En aquellos casos excepcionales en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.



Orientación e inclinación y sombras

La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla I. Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica, según se define en el apartado 3.4. En todos los casos han de cumplirse tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Tabla I

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Cuando, por razones justificadas, y en casos especiales se evaluará la reducción en las prestaciones energéticas de la instalación, incluyéndose en la Memoria del Proyecto.

En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras. En los anexos II y III se proponen métodos para el cálculo de estas pérdidas, que podrán ser utilizados para su verificación.

Cuando existan varias filas de módulos, el cálculo de la distancia mínima entre ellas se realizará de acuerdo al anexo III.

4.2 Diseño del sistema de monitorización

El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos, medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.

Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará conforme al documento del JRC-Ispra “Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A”, Report EUR16338 EN.

El sistema de monitorización será fácilmente accesible para el usuario.

4.3 Integración arquitectónica

En el caso de pretender realizar una instalación integrada desde el punto de vista arquitectónico, la Memoria de Diseño o Proyecto especificarán las condiciones de la construcción y de la instalación, y la descripción y justificación de las soluciones elegidas.

Las condiciones de la construcción se refieren al estudio de características urbanísticas, implicaciones en el diseño, actuaciones sobre la construcción, necesidad de realizar obras de reforma o ampliación, verificaciones estructurales, etc. que, desde el punto de vista del profesional competente en la edificación, requerirían su intervención.

Las condiciones de la instalación se refieren al impacto visual, la modificación de las condiciones de funcionamiento del edificio, la necesidad de habilitar nuevos espacios o ampliar el volumen construido, efectos sobre la estructura, etc.

5 Componentes y materiales

Generalidades

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

5.2 Sistemas generadores fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- UNE-EN61646: Módulos fotovoltaicos(FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.

Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos



en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 3 \%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Será deseable una alta eficiencia de las células.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

5.3 Estructura soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.



El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias vigentes en materia de edificación.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado en el punto 4.1.2 sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

La estructura soporte será calculada según la normativa vigente para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.

En el caso de utilizarse seguidores solares, estos incorporarán el marcado CE y cumplirán lo previsto en la Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y su normativa de desarrollo, así como la

Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.

5.4 Inversores

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Auto-conmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas siguientes:

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10 % superiores a las CEM. Además soportará picos de un 30 % superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.

El rendimiento de potencia del inversor (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50 % y al 100 % de la potencia nominal, será como mínimo del 92 % y del 94 % respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.

El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.

El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.

A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.

Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.



5.5 Cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

5.6 Conexión a red

Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

5.7 Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

5.8 Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

5.9 Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de

aislamiento, se explicarán en la Memoria de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

5.10 Armónicos y compatibilidad electromagnética

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

5.11 Medidas de seguridad

Las centrales fotovoltaicas, independientemente de la tensión a la que estén conectadas a la red, estarán equipadas con un sistema de protecciones que garantice su desconexión en caso de un fallo en la red o fallos internos en la instalación de la propia central, de manera que no perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.

La central fotovoltaica debe evitar el funcionamiento no intencionado en isla con parte de la red de distribución, en el caso de desconexión de la red general. La protección anti-isla deberá detectar la desconexión de red en un tiempo acorde con los criterios de protección de la red de distribución a la que se conecta, o en el tiempo máximo fijado por la normativa o especificaciones técnicas correspondientes.

El sistema utilizado debe funcionar correctamente en paralelo con otras centrales eléctricas con la misma o distinta tecnología, y alimentando las cargas habituales en la red, tales como motores.

Todas las centrales fotovoltaicas con una potencia mayor de 1 MW estarán dotadas de un sistema de teledesconexión y un sistema de teled medida. La función del sistema de teledesconexión es actuar sobre el elemento de conexión de la central eléctrica con la red de distribución para permitir la desconexión remota de la planta en los casos en que los requisitos de seguridad así lo recomienden.

Los sistemas de teledesconexión y teled medida serán compatibles con la red de distribución a la que se conecta la central fotovoltaica, pudiendo utilizarse en baja tensión los sistemas de telegestión incluidos en los equipos de medida previstos por la legislación vigente.

Las centrales fotovoltaicas deberán estar dotadas de los medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución sin que se produzcan daños. Asimismo, no producirán sobretensiones que puedan causar daños en otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética.

6 Recepción y pruebas

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.

Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.

Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.

Determinación de la potencia instalada, de acuerdo con el procedimiento descrito en el anexo I.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

Entrega de toda la documentación requerida en este PCT, y como mínimo la recogida en la norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red.

Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.

Retirada de obra de todo el material sobrante.

Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía mínima será de 10 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

7 Cálculo de la producción anual esperada

En la Memoria se incluirán las producciones mensuales máximas teóricas en función de la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento de la instalación.

Los datos de entrada que deberá aportar el instalador son los siguientes:

$G_{dm}(0)$.

Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal, en kWh/(m²·Adía), obtenido a partir de alguna de las siguientes fuentes:

- Agencia Estatal de Meteorología.
- Organismo autonómico oficial.
- Otras fuentes de datos de reconocida solvencia, o las expresamente señaladas por el IDAE.

$G_{dm}(\alpha, \beta)$.

Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en kWh/(m²·día), obtenido a partir del anterior, y en el que se hayan descontado las pérdidas por sombreado en caso de ser éstas

superiores a un 10 % anual (ver anexo III). El parámetro α representa el azimut y β la inclinación del generador, tal y como se definen en el anexo II.

Rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”, PR.

Eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tiene en cuenta:

- La dependencia de la eficiencia con la temperatura.
- La eficiencia del cableado.
- Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- La eficiencia energética del inversor.
- Otros.

La estimación de la energía inyectada se realizará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) P_{mp} PR}{G_{CEM}} \text{ kWh/día}$$

Donde

P_{mp} = Potencia pico del generador

$$G_{CEM} = 1 \text{ kW/m}^2$$

Los datos se presentarán en una tabla con los valores medios mensuales y el promedio anual, de acuerdo con el siguiente ejemplo:

Mes	$G_{dm}(0)$ [kWh/(m ² ·día)]	$G_{dm}(\alpha=0^\circ, \beta=35^\circ)$ [kWh/(m ² ·día)]	PR	E_p (kWh/día)
Enero	1,92	3,12	0,851	2,65
Febrero	2,52	3,56	0,844	3,00
Marzo	4,22	5,27	0,801	4,26
Abril	5,39	5,68	0,802	4,55
Mayo	6,16	5,63	0,796	4,48
Junio	7,12	6,21	0,768	4,76
Julio	7,48	6,67	0,753	5,03
Agosto	6,60	6,51	0,757	4,93
Septiembre	5,28	6,10	0,769	4,69
Octubre	3,51	4,73	0,807	3,82
Noviembre	2,09	3,16	0,837	2,64
Diciembre	1,67	2,78	0,850	2,36
Promedio	4,51	4,96	0,803	3,94

Tabla II. Generador $P_{mp} = 1 \text{ kWp}$, orientado al Sur ($\alpha = 0^\circ$) e inclinado 35° ($\beta = 35^\circ$).



8 Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

Generalidades

Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años.

El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la misma, con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.

8.2 Programa de mantenimiento

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red.

Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

Plan de mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:

- La visita a la instalación en los plazos indicados y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
- El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.



El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia de hasta 100 kWp y semestral para el resto) en la que se realizarán las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.
- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

Realización de un informe técnico de cada una de las visitas, en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

8.3 Garantías

Ámbito general de la garantía:

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Plazos

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía mínima será de 10 años.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador



haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

Condiciones económicas

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones.

Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

Anulación de la garantía

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Lugar y tiempo de la prestación

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la resolución de la avería se realizará en un tiempo máximo de 10 días, salvo causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el



domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 10 días naturales.



ANEXO I: Medida de la potencia instalada de una central fotovoltaica conectada a la red eléctrica

1 Introducción

Definimos la potencia instalada en corriente alterna (CA) de una central fotovoltaica (FV) conectada a la red, como la potencia de corriente alterna a la entrada de la red eléctrica para un campo fotovoltaico con todos sus módulos en un mismo plano y que opera, sin sombras, a las condiciones estándar de medida (CEM).

La potencia instalada en CA de una central fotovoltaica puede obtenerse utilizando instrumentos de medida y procedimientos adecuados de corrección de unas condiciones de operación bajo unos determinados valores de irradiancia solar y temperatura a otras condiciones de operación diferentes. Cuando esto no es posible, puede estimarse la potencia instalada utilizando datos de catálogo y de la instalación, y realizando algunas medidas sencillas con una célula solar calibrada, un termómetro, un voltímetro y una pinza amperimétrica. Si tampoco se dispone de esta instrumentación, puede usarse el propio contador de energía. En este mismo orden, el error de la estimación de la potencia instalada será cada vez mayor.

2 Procedimiento de medida

Se describe a continuación el equipo mínimo necesario para calcular la potencia instalada:

- 1 célula solar calibrada de tecnología equivalente.
- 1 termómetro de temperatura ambiente.
- 1 multímetro de corriente continua (CC) y corriente alterna (CA).
- 1 pinza amperimétrica de CC y CA.

El propio inversor actuará de carga del campo fotovoltaico en el punto de máxima potencia.

Las medidas se realizarán en un día despejado, en un margen de ± 2 horas alrededor del mediodía solar.

Se realizará la medida con el inversor encendido para que el punto de operación sea el punto de máxima potencia.

Se medirá con la pinza amperimétrica la intensidad de CC de entrada al inversor y con un multímetro la tensión de CC en el mismo punto. Su producto es $P_{cc, inv}$.

El valor así obtenido se corrige con la temperatura y la irradiancia usando las ecuaciones (2) y (3).

La temperatura ambiente se mide con un termómetro situado a la sombra, en una zona próxima a los módulos FV. La irradiancia se mide con la célula (CTE) situada junto a los módulos y en su mismo plano.

Finalmente, se corrige esta potencia con las pérdidas.

Ecuaciones:

$$P_{cc, inv} = P_{cc, fov} (1 - L_{cab}) \quad (1)$$

$$P_{cc, fov} = P_o R_{to, var} [1 - g(T_c - 25)] E / 1000 \quad (2)$$

$$T_c = T_{amb} + (TONC - 20) E / 800 \quad (3)$$

P_{cc, fov}: Potencia de CC inmediatamente a la salida de los paneles FV, en W.

L_{cab} : Pérdidas de potencia en los cableados de CC entre los paneles FV y la entrada del inversor, incluyendo, además, las pérdidas en fusibles, conmutadores, conexiones, diodos antiparalelo si hay, etc.

E: Irradiancia solar, en W/m^2 , medida con la CTE calibrada.

g: Coeficiente de temperatura de la potencia, en $1/^\circ C$.

T_c: Temperatura de las células solares, en $^\circ C$.

T_{amb}: Temperatura ambiente en la sombra, en $^\circ C$, medida con el termómetro.

TONC: Temperatura de operación nominal del módulo.

P_o: Potencia nominal del generador en CEM, en W.

R_{to, var}: Rendimiento, que incluye los porcentajes de pérdidas debidas a que los módulos fotovoltaicos operan, normalmente, en condiciones diferentes de las CEM.

L_{tem} : Pérdidas medias anuales por temperatura. En la ecuación (2) puede sustituirse el término $[1 - g(T_c - 25)]$ por $(1 - L_{tem})$.

$$R_{to, var} = (1 - L_{pol})(1 - L_{dis})(1 - L_{ref}) \quad (4)$$

L_{pol}: Pérdidas de potencia debidas al polvo sobre los módulos FV.

L_{dis} : Pérdidas de potencia por dispersión de parámetros entre módulos.

L_{ref}: Pérdidas de potencia por reflectancia angular espectral, cuando se utiliza un piranómetro como referencia de medidas. Si se utiliza una célula de tecnología equivalente (CTE), el término L_{ref} es cero.

Se indican a continuación los valores de los distintos coeficientes:

Todos los valores indicados pueden obtenerse de las medidas directas. Si no es posible realizar medidas, pueden obtenerse, parte de ellos, de los catálogos de características técnicas de los fabricantes.

Cuando no se dispone de otra información más precisa pueden usarse los valores indicados en la tabla III.

Tabla III

Parámetro	Valor estimado, media anual	Valor estimado, día despejado (*)	Ver observación
L_{cab}	0,02	0,02	(1)
g (1/°C)	–	0,0035 (**)	–
TONC (°C)	–	45	–
L_{tem}	0,08	–	(2)
L_{pol}	0,03	–	(3)
L_{dis}	0,02	0,02	–
L_{ref}	0,03	0,01	(4)

(*) Al mediodía solar ± 2 h de un día despejado. (**) Válido para silicio cristalino.

Observaciones:

(1) Las pérdidas principales de cableado pueden calcularse conociendo la sección de los cables y su longitud, por la ecuación:

$$L_{cab} = RI^2 \quad (5) \quad R = 0,000002L/S \quad (6)$$

R es el valor de la resistencia eléctrica de todos los cables, en ohmios.

L es la longitud de todos los cables (sumando la ida y el retorno), en cm.

S es la sección de cada cable, en cm^2 .

Normalmente, las pérdidas en conmutadores, fusibles y diodos son muy pequeñas y no es necesario considerarlas. Las caídas en el cableado pueden ser muy importantes cuando son largos y se opera a baja tensión en CC. Las pérdidas por cableado en % suelen ser inferiores en plantas de gran potencia que en plantas de pequeña potencia. En nuestro caso, de acuerdo con las especificaciones, el valor máximo admisible para la parte CC es 1,5 %, siendo recomendable no superar el 0,5 %.



(2) Las pérdidas por temperatura dependen de la diferencia de temperatura en los módulos y los 25 °C de las CEM, del tipo de célula y encapsulado y del viento. Si los módulos están convenientemente aireados por detrás, esta diferencia es del orden de 30 °C sobre la temperatura ambiente, para una irradiancia de 1000 W/m². Para el caso de integración de edificios donde los módulos no están separados de las paredes o tejados, esta diferencia se podrá incrementar entre 5 °C y 15 °C.

(3) Las pérdidas por polvo en un día determinado pueden ser del 0 % al día siguiente de un día de lluvia y llegar al 8 % cuando los módulos se "ven muy sucios". Estas pérdidas dependen de la inclinación de los módulos, cercanías a carreteras, etc. Una causa importante de pérdidas ocurre cuando los módulos FV que tienen marco tienen células solares muy próximas al marco situado en la parte inferior del módulo. Otras veces son las estructuras soporte que sobresalen de los módulos y actúan como retenes del polvo.

(4) Las pérdidas por reflectancia angular y espectral pueden despreciarse cuando se mide el campo FV al mediodía solar (± 2 h) y también cuando se mide la radiación solar con una célula calibrada de tecnología equivalente (CTE) al módulo FV. Las pérdidas anuales son mayores en células con capas antirreflexivas que en células texturizadas. Son mayores en invierno que en verano. También son mayores en localidades de mayor latitud. Pueden oscilar a lo largo de un día entre 2% y 6%.



Ejemplo

Tabla IV

Parámetro	Unidades	Valor	Comentario
TONC	°C	45	Obtenido del catálogo
E	W/m ²	850	Irradiancia medida con la CTE calibrada
T _{amb}	°C	22	Temperatura ambiente en sombra
T _c	°C	47	Temperatura de las células $T_c = T_{amb} + (TONC - 20) E / 800$
P _{cc, inv} (850 W/m ² , 47°C)	W	1200	Medida con pinza amperimétrica y voltímetro a la entrada del inversor
1 - g(T _c - 25)		0,923	1 - 0,0035 × (47 - 25)
1 - L _{cab}		0,98	Valor tabla
1 - L _{pol}		0,97	Valor tabla
1 - L _{dis}		0,98	Valor tabla
1 - L _{ref}		0,97	Valor tabla
R _{to, var}		0,922	0,97 × 0,98 × 0,97
P _{cc, fov}	W	1224,5	$P_{cc, fov} = P_{cc, inv} / (1 - L_{cab})$
P _o	W	1693	$P_o = \frac{P_{cc, fov} \times 1000}{R_{to, var} [1 - g(T_c - 25)] E}$

Potencia total estimada del campo fotovoltaico en CEM = 1693 W.

Si, además, se admite una desviación del fabricante (por ejemplo, 5 %), se incluirá en la estimación como una pérdida.

Finalmente, y después de sumar todas las pérdidas incluyendo la desviación de la potencia de los módulos respecto de su valor nominal, se comparará la potencia así estimada con la potencia declarada del campo fotovoltaico.

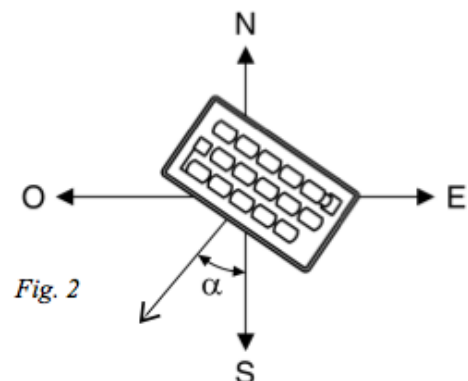
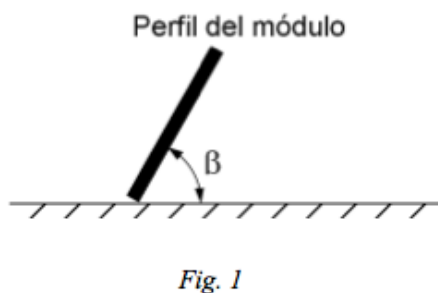
ANEXO II: Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación del generador distinta de la óptima

1 Introducción

El objeto de este anexo es determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles por este concepto en el PCT.

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- Ángulo de inclinación β , definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal (figura 1). Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.
- Ángulo de azimut α , definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar (figura 2). Su valor es 0° para módulos orientados al Sur, -90° para módulos orientados al Este y $+90^\circ$ para módulos orientados al Oeste.



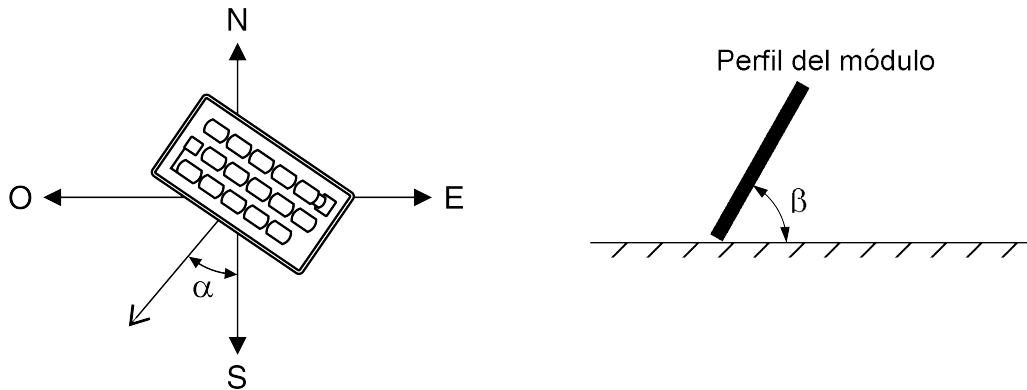
2 Procedimiento

Habiendo determinado el ángulo de azimut del generador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas en el PCT. Para ello se utilizará la figura 3, válida para una latitud, N , de 41° , de la siguiente forma:

- Conocido el azimut, determinamos en la figura 3 los límites para la inclinación en el caso de $N = 41^\circ$. Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10 %; para superposición, del 20 %, y para integración arquitectónica del 40 %. Los puntos de intersección

del límite de pérdidas con la recta de azimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.

- Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud $N = 41^\circ$ y se corrigen de acuerdo al siguiente apartado.



Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:

Inclinación máxima = Inclinación ($N = 41^\circ$) - (41° - latitud).

Inclinación mínima = Inclinación ($N = 41^\circ$) - (41° - latitud), siendo 0° su valor mínimo.

En casos cerca del límite, y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \Phi + 10)^2 + 3,5 \times 10^{-5} \alpha^2] \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \Phi + 10)^2] \text{ para } \beta \leq 15^\circ$$

[Nota: α , β , Φ se expresan en grados, siendo Φ la latitud del lugar].

3 Ejemplo de cálculo

Supongamos que se trata de evaluar si las pérdidas por orientación e inclinación del generador están dentro de los límites permitidos para una instalación fotovoltaica en un tejado orientado 15° hacia el Oeste (azimut = $+15^\circ$) y con una inclinación de 40° respecto a la horizontal, para una localidad situada en el Archipiélago Canario cuya latitud es de 29° .

Conocido el azimut, cuyo valor es $+15^\circ$, determinamos en la figura 3 los límites para la inclinación para el caso de $N = 41^\circ$. Los puntos de intersección del límite de pérdidas del 10 % (borde exterior de la región 90 % - 95 %), máximo para el caso general, con la recta de azimut 15° nos proporcionan los valores (ver figura 4):

Inclinación máxima = 60°

Inclinación mínima = 7°

Corregimos para la latitud del lugar:

Inclinación máxima = $60^\circ - (41^\circ - 29^\circ) = 48^\circ$

Inclinación mínima = $7^\circ - (41^\circ - 29^\circ) = -5^\circ$, que está fuera de rango y se toma, por lo tanto, inclinación mínima = 0° .

Por tanto, esta instalación, de inclinación 40° , cumple los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación.

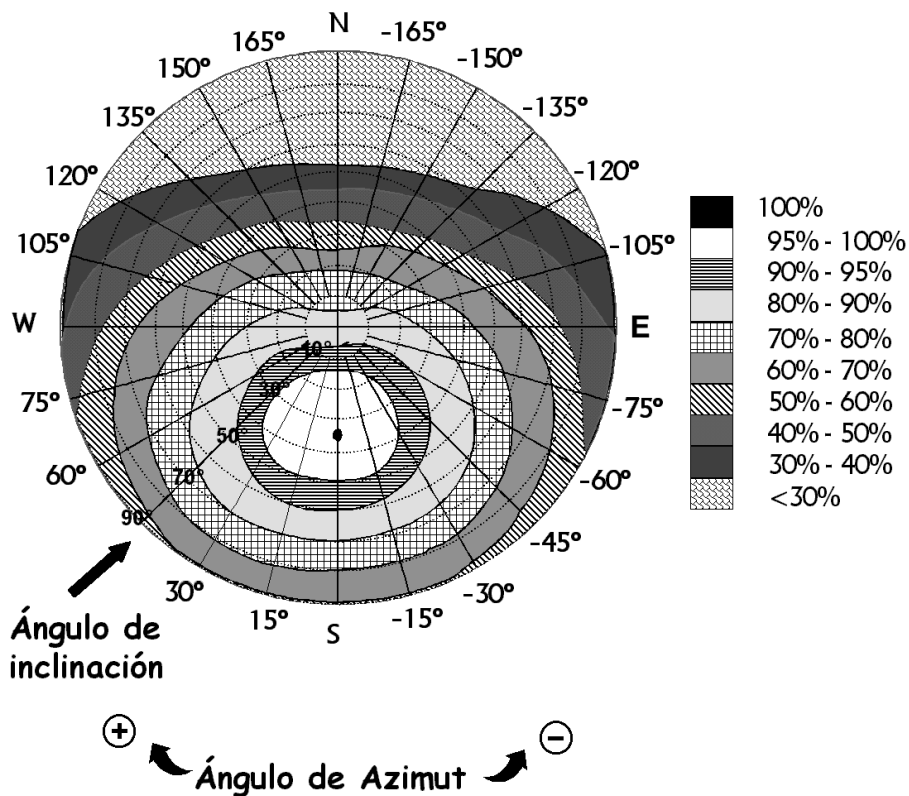


Fig. 3

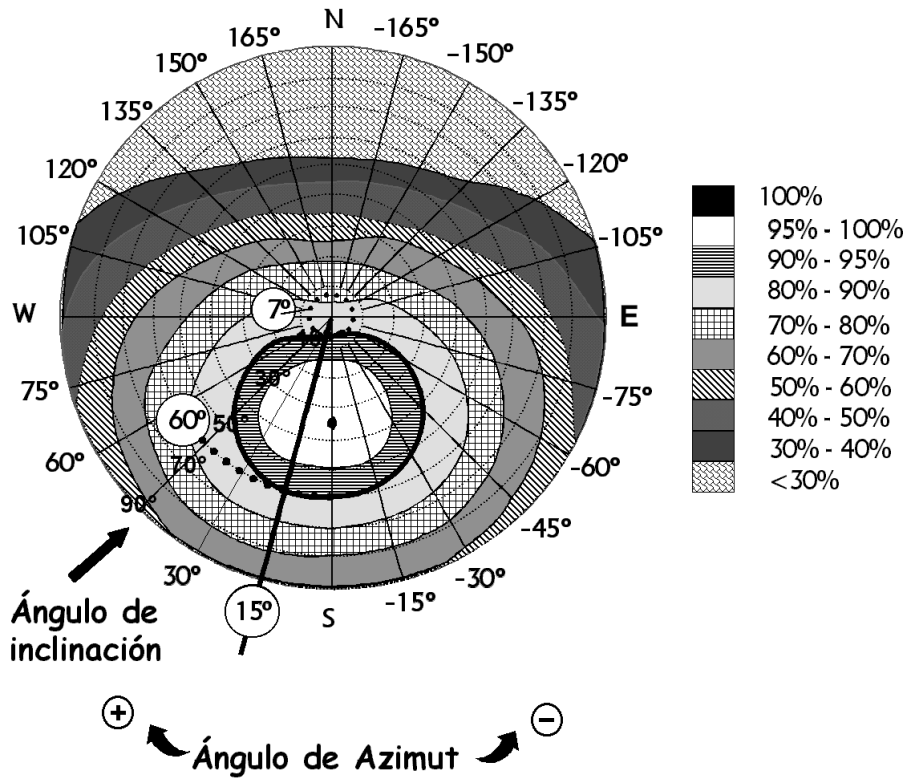


Fig. 4. Resolución del ejemplo.

ANEXO III: Cálculo de las pérdidas de radiación solar por sombras

1 Objeto

El presente anexo describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie de no existir sombra alguna.

2 Descripción del método

El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del Sol. Los pasos a seguir son los siguientes:

Obtención del perfil de obstáculos Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición azimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección Sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.

Representación del perfil de obstáculos Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 5, en el que se muestra la banda de trayectorias del Sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2,..., D14).

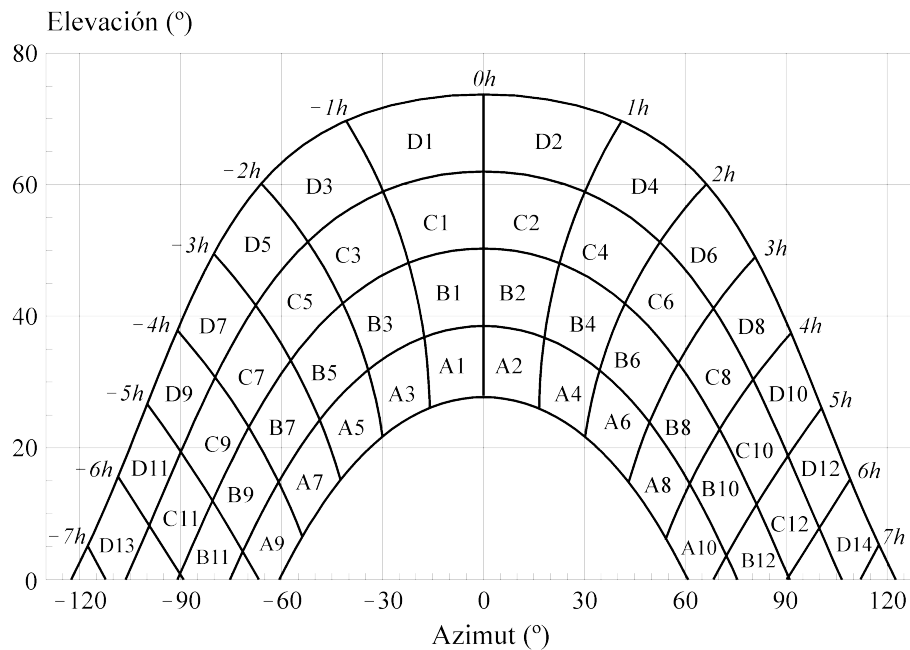


Fig. 5. Diagrama de trayectorias del Sol.

[Nota: los grados de ambas escalas son sexagesimales].

Selección de la tabla de referencia para los cálculos

Cada una de las porciones de la figura 5 representa el recorrido del Sol en un cierto período de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo. Deberá escogerse como referencia para el cálculo la tabla más adecuada de entre las que se incluyen en la sección 3 de este anexo.

Cálculo final

La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del Sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25, 0,50, 0,75 ó 1.

La sección 4 muestra un ejemplo concreto de utilización del método descrito.

3 Tablas de referencia

Las tablas incluidas en esta sección se refieren a distintas superficies caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación (β y α , respectivamente). Deberá escogerse aquella que resulte más parecida a la superficie de estudio. Los números que figuran en cada casilla se corresponden con el porcentaje de irradiación solar global anual que se perdería si la porción correspondiente (véase la figura 5) resultase interceptada por un obstáculo.

Tabla V-1

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,03
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,15	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Tabla V-2

$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,18
11	0,00	0,01	0,18	1,05
9	0,05	0,32	0,70	2,23
7	0,52	0,77	1,32	3,56
5	1,11	1,26	1,85	4,66
3	1,75	1,60	2,20	5,44
1	2,10	1,81	2,40	5,78
2	2,11	1,80	2,30	5,73
4	1,75	1,61	2,00	5,19
6	1,09	1,26	1,65	4,37
8	0,51	0,82	1,11	3,28
10	0,05	0,33	0,57	1,98
12	0,00	0,02	0,15	0,96
14	0,00	0,00	0,00	0,17

Tabla V-3

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,15
11	0,00	0,01	0,02	0,15
9	0,23	0,50	0,37	0,10
7	1,66	1,06	0,93	0,78
5	2,76	1,62	1,43	1,68
3	3,83	2,00	1,77	2,36
1	4,36	2,23	1,98	2,69
2	4,40	2,23	1,91	2,66
4	3,82	2,01	1,62	2,26
6	2,68	1,62	1,30	1,58
8	1,62	1,09	0,79	0,74
10	0,19	0,49	0,32	0,10
12	0,00	0,02	0,02	0,13
14	0,00	0,00	0,00	0,13

Tabla V-4

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,02	0,10	0,19	0,56
7	0,54	0,55	0,78	1,80
5	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,24	1,60	1,92	4,14
1	2,89	1,98	2,31	4,87
2	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,93	2,08	2,23	5,02
6	2,14	1,82	2,00	4,46
8	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,22



Tabla V-5

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,10	0,00	0,00	0,33
11	0,06	0,01	0,15	0,51
9	0,56	0,06	0,14	0,43
7	1,80	0,04	0,07	0,31
5	3,06	0,55	0,22	0,11
3	4,14	1,16	0,87	0,67
1	4,87	1,73	1,49	1,86
2	5,20	2,15	1,88	2,79
4	5,02	2,34	2,02	3,29
6	4,46	2,28	2,05	3,36
8	3,54	1,92	1,71	2,98
10	2,26	1,19	1,19	2,12
12	1,17	0,12	0,53	1,22
14	0,22	0,00	0,00	0,24

Tabla V-6

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,14
11	0,00	0,00	0,08	0,16
9	0,02	0,04	0,04	0,02
7	0,02	0,13	0,31	1,02
5	0,64	0,68	0,97	2,39
3	1,55	1,24	1,59	3,70
1	2,35	1,74	2,12	4,73
2	2,85	2,05	2,38	5,40
4	2,86	2,14	2,37	5,53
6	2,24	2,00	2,27	5,25
8	1,51	1,61	1,81	4,49
10	0,23	0,94	1,20	3,18
12	0,00	0,09	0,52	1,96
14	0,00	0,00	0,00	0,55

Tabla V-7

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,43
11	0,00	0,01	0,27	0,78
9	0,09	0,21	0,33	0,76
7	0,21	0,18	0,27	0,70
5	0,10	0,11	0,21	0,52
3	0,45	0,03	0,05	0,25
1	1,73	0,80	0,62	0,55
2	2,91	1,56	1,42	2,26
4	3,59	2,13	1,97	3,60
6	3,35	2,43	2,37	4,45
8	2,67	2,35	2,28	4,65
10	0,47	1,64	1,82	3,95
12	0,00	0,19	0,97	2,93
14	0,00	0,00	0,00	1,00

Tabla V-8

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,22
11	0,00	0,03	0,37	1,26
9	0,21	0,70	1,05	2,50
7	1,34	1,28	1,73	3,79
5	2,17	1,79	2,21	4,70
3	2,90	2,05	2,43	5,20
1	3,12	2,13	2,47	5,20
2	2,88	1,96	2,19	4,77
4	2,22	1,60	1,73	3,91
6	1,27	1,11	1,25	2,84
8	0,52	0,57	0,65	1,64
10	0,02	0,10	0,15	0,50
12	0,00	0,00	0,03	0,05
14	0,00	0,00	0,00	0,08

Tabla V-9

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,24
11	0,00	0,05	0,60	1,28
9	0,43	1,17	1,38	2,30
7	2,42	1,82	1,98	3,15
5	3,43	2,24	2,24	3,51
3	4,12	2,29	2,18	3,38
1	4,05	2,11	1,93	2,77
2	3,45	1,71	1,41	1,81
4	2,43	1,14	0,79	0,64
6	1,24	0,54	0,20	0,11
8	0,40	0,03	0,06	0,31
10	0,01	0,06	0,12	0,39
12	0,00	0,01	0,13	0,45
14	0,00	0,00	0,00	0,27

Tabla V-10

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = -60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,56
11	0,00	0,04	0,60	2,09
9	0,27	0,91	1,42	3,49
7	1,51	1,51	2,10	4,76
5	2,25	1,95	2,48	5,48
3	2,80	2,08	2,56	5,68
1	2,78	2,01	2,43	5,34
2	2,32	1,70	2,00	4,59
4	1,52	1,22	1,42	3,46
6	0,62	0,67	0,85	2,20
8	0,02	0,14	0,26	0,92
10	0,02	0,04	0,03	0,02
12	0,00	0,01	0,07	0,14
14	0,00	0,00	0,00	0,12

Ejemplo

Superficie de estudio ubicada en Madrid, inclinada 30° y orientada 10° al Sudeste. En la figura 6 se muestra el perfil de obstáculos.

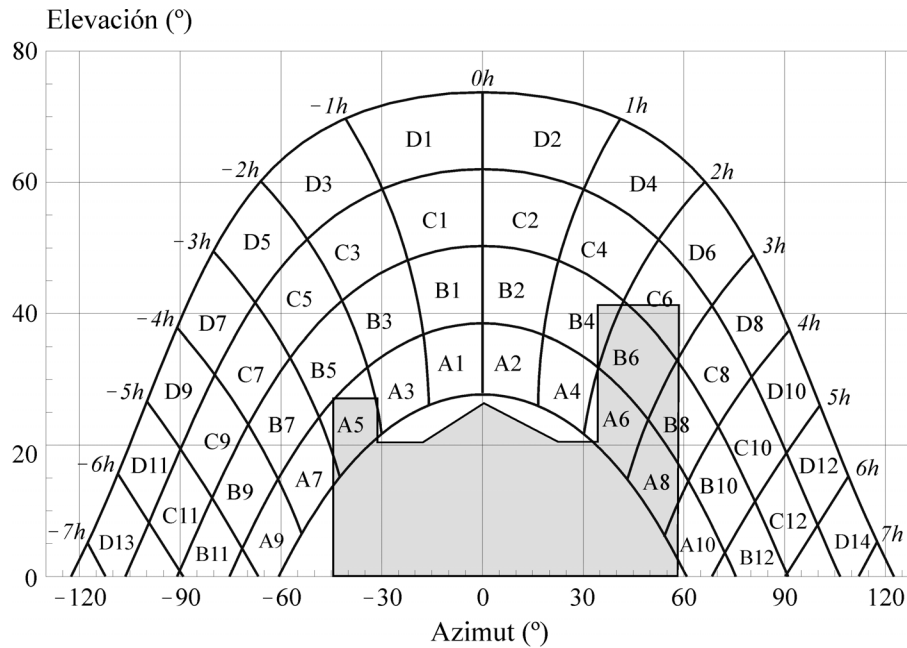


Fig. 6

Tabla VI. Tabla de referencia.

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,03
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,15	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Cálculos:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas por sombreado (\% de irradiación global incidente anual)} &= = \\ &0,25 \times B4 + 0,5 \times A5 + 0,75 \times A6 + B6 + 0,25 \times C6 + A8 + 0,5 \times B8 + 0,25 \times A10 = = \\ &0,25 \times 1,89 + 0,5 \times 1,84 + 0,75 \times 1,79 + 1,51 + 0,25 \times 1,65 + 0,98 + 0,5 \times 0,99 + 0,25 \times 0,11 = = \\ &6,16 \% = = \mathbf{6 \%} \end{aligned}$$

5 Distancia mínima entre filas de módulos

La distancia d , medida sobre la horizontal, entre filas de módulos o entre una fila y un obstáculo de altura h que pueda proyectar sombras, se recomienda que sea tal que se garanticen al menos 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

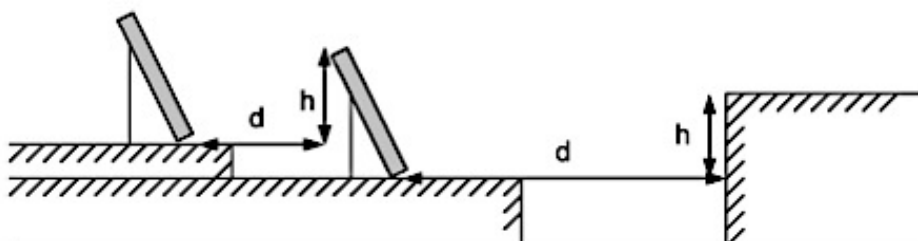
En cualquier caso, d ha de ser como mínimo igual a $h \cdot k$, siendo k un factor adimensional al que, en este caso, se le asigna el valor $1/\tan(61^\circ - \text{latitud})$.

En la tabla VII pueden verse algunos valores significativos del factor k , en función de la latitud del lugar.

Tabla VII

<i>Latitud</i>	29°	37°	39°	41°	43°	45°
<i>k</i>	1,600	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

Asimismo, la separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a $h \cdot k$, siendo en este caso h la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la posterior, efectuándose todas las medidas con relación al plano que contiene las bases de los módulos.

*Fig. 7*



Quedando así redactado el Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, para el Proyecto de Planta Solar Fotovoltaica en el Termino Municipal de Sorbas (Almería).

En Granada, Diciembre de 2012

Firma:

Rafael Emper Martínez
Alumno autor del Proyecto