



**UNIVERSITAT  
JAUME•I**

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS  
GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES**

***PROYECTO DE ILUMINACION INTERIOR DE ALTA  
EFICIENCIA E INSTALACION FOTOVOLTAICA  
CONECTADA A RED SOBRE CUBIERTA DE NAVE  
INDUSTRIAL DEDICADA A LA VENTA AL POR  
MENOR***

***TRABAJO FIN GRADO***

**AUTOR**

**Germán Cifuentes**

**DIRECTOR**

**Héctor Beltrán**

**Castellón, Septiembre 2016**



**Título del proyecto:** Proyecto de iluminación interior de alta eficiencia instalación fotovoltaica conectada a red sobre cubierta de nave industrial dedicada a la venta al por menor

**Organismo al que se dirige:** Leroy Merlin España S.L.U. Castellón

**Autor del proyecto:** Germán Cifuentes Soldevila. DNI: 20486497-Y

**Director del proyecto:** Hèctor Beltrán San Segundo. Dpto. de Ingeniería de Sistemas industriales y diseño

**Emplazamiento:** Ciudad del Transporte, Av. de Europa, Parcela 2-3, 12006 Castellón de la Plana,

Castellón de la Plana, 25 de septiembre de 2016



Quiero mostrar mi agradecimiento a mi familia y amigos que me han apoyado durante todo este tiempo largo de prácticas, proyecto y trabajo, en especial a mis padres e Isabel.

También agradecer a Héctor Beltrán toda la ayuda prestada para la realización del proyecto y enseñarme tantas cosas.

A Borja y todos aquellos compañeros que me han aguantado día a día en clase.

---



## SUMARIO

Actualmente, la iluminación juega un papel muy importante en el desarrollo eficiente, tanto desde un punto de vista energético como desde un punto de vista económico, de muchas empresas. La tecnología ha evolucionado hacia sistemas de iluminación capaces de adaptarse a las exigencias normativas actuales de una forma mucho más eficiente energéticamente. Esta gran evolución ha dado también como resultado en el sector industrial una serie de productos basados en LEDs que mejoran en gran medida a sus inmediatos antecesores. Así, las nuevas luminarias de LED industrial resultan idóneas para la sustitución de las antiguas campanas con lámparas de descarga a alta presión utilizadas en la mayor parte de establecimientos de grandes dimensiones. Este tipo de luminaria LED ofrece múltiples ventajas frente a las de descarga, como puede ser el encendido y el apagado inmediato, el no consumir reactiva, la mayor eficacia luminosa que presentan, y el escaso nivel de mantenimiento que necesitan debido a su gran vida útil, entre otros.

Es en este punto donde se observa el gran recorrido de mejora que tiene la nave de Leroy Merlin Castellón. Dicha nave integra hasta la fecha campanas con lámparas de halogenuros metálicos en la sala de ventas, mientras que la zona de recepción se encuentra iluminada mediante tubos fluorescentes. Por lo tanto, parte de este proyecto se orientará a la sustitución del actual sistema de iluminación por uno más eficiente y que permita ahorrar en la factura eléctrica.

Por otro lado, la posibilidad real de llevar a cabo instalaciones fotovoltaicas que proporcionen actualmente energía limpia a precios relativamente competitivos, respetuosa con el medio ambiente y con ausencia de contaminación, la convierte en uno de los medios de obtención de energía más interesante hoy en día. Tanto es así que a pesar de las trabas normativas a las instalaciones fotovoltaicas para autoconsumo de energía en nuestro país, éstas están encontrando su nicho de mercado.

Es en esta segunda línea en la que la nave de Leroy Merlin Castellón presenta un gran potencial de mejora ya que su cubierta, por orientación, espacio y características, ofrece unas condiciones óptimas para albergar una instalación fotovoltaica de este tipo. En este proyecto se dimensiona una propuesta de planta fotovoltaica a situar en la cubierta para utilizar su energía generada en autoconsumo y reducir igualmente con esta segunda solución la factura eléctrica de la empresa.

Por lo tanto, se realiza en este proyecto un estudio donde se analizan alternativas y se establecen soluciones para cada una de las dos instalaciones planteadas (iluminación eficiente y generación fotovoltaica), definiendo para cada una los elementos comerciales escogidos, así como elaborando un presupuesto que desglose los gastos a realizar, y un estudio económico que refleje la viabilidad de una y otra propuesta.





## ÍNDICE TABLAS

Tabla I. Gráfico consumo tienda	19
Tabla II. Parámetros climáticos promedios Castellón de la Plana	21
Tabla III. Consumo total vs consumo luminarias	24
Tabla IV. Unidades abreviadas	28
Tabla V. Abreviaturas	28
Tabla VI. Temperaturas de color	34
Tabla VII. Rendimiento de color	34
Tabla VIII. Tipos de IRC	34
Tabla IX. Tipos de lámparas e IRC	34
Tabla X. Tipo de luminaria según apertura de haz	43
Tabla XI. Valores lumínicos en pasillo central	47
Tabla XII. Valores lumínicos en zona de cajas	48
Tabla XIII. Valores lumínicos zona de recepción	49
Tabla XIV. Características LED vs fluorescencia	50
Tabla XV. Características luminaria SITECO	51
Tabla XVI. Características luminaria TOSHIBA	52
Tabla XVII. Características luminaria PHILIPS	53
Tabla XVIII. Características modulo fotovoltaico SOLON 225 Wp	72
Tabla XIX. Características Inversor Solar Max 100C	73
Tabla XX. Sección mínima conductores protección	79
Tabla XXI. VAN a 10 años de la instalación lumínica	86
Tabla XXII. VAN a 10 años planta fotovoltaica	89
Tabla XXIII. Porcentaje pérdidas debido a temperatura de la célula	105
Tabla XXIV. Rendimiento global planta	107
Tabla XXV. Energía eléctrica producida anual	108
Tabla XXVI. Precio venta kWh	108
Tabla XXVII. Ingresos anuales por venta de energía	109

## ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración I. Vista aérea nave Leroy Merlin.	20
Ilustración II. Distribución secciones tienda	22
Ilustración III. Tarifas de acceso	23
Ilustración IV. Luminarias actuales	23
Ilustración V. Gráfico consumo tienda	24
Ilustración VI. Porcentaje energía consumida	25
Ilustración VII. Conceptos lumínicos	33
Ilustración VIII. Tubo fluorescente	36
Ilustración X. Lámpara halogenuros metálicos	38
Ilustración IX. Lámpara vapor de mercurio de alta presión	38
Ilustración XI. Lámparas vapor sodio alta presión	39
Ilustración XII. Luminaria LED integrado	40
Ilustración XIII. Tipos de lámparas y características	41
Ilustración XIV. Fenómenos de la luz sobre un cuerpo	43
Ilustración XV. Luminaria estanca fluorescente	44
Ilustración XVI. Plafón lineal fluorescente	44
Ilustración XVII. Plafón lineal LED colgante	44
Ilustración XVIII. Luminaria LED fija	45

<i>Ilustración XIX. Luminaria LED colgante</i>	45
<i>Ilustración XX. Campanas de HID</i>	45
<i>Ilustración XXI. Pasillo central</i>	47
<i>Ilustración XXII. Línea de cajas</i>	48
<i>Ilustración XXIII. Zona de recepción</i>	49
<i>Ilustración XXIV. Luminaria SITECO</i>	51
<i>Ilustración XXVI. Luminaria TOSHIBA</i>	52
<i>Ilustración XXVIII. Luminaria PHILIPS</i>	53
<i>Ilustración XXIX. Luminaria LED seleccionada</i>	54
<i>Ilustración XXX. Panel LED seleccionado</i>	55
<i>Ilustración XXXI. Diagrama Isolux tienda</i>	55
<i>Ilustración XXXII. Estructura y distribución de los principales racks de la nave</i>	56
<i>Ilustración XXXIII. Ubicación de las luminarias</i>	57
<i>Ilustración XXXIV. Renderizado final de la nave con las nuevas luminarias</i>	57
<i>Ilustración XXXV. Tipos de radiación solar</i>	61
<i>Ilustración XXXVI. Curva característica I-V</i>	63
<i>Ilustración XXXVII. Batería solar de gel</i>	64
<i>Ilustración XXXVIII. Regulador de carga PWM</i>	64
<i>Ilustración XXXIX. Panel izq. monocristalino vs panel dcha. Policristalino</i>	67
<i>Ilustración XL. Inversor onda senoidal pura</i>	68
<i>Ilustración XLI. Cubierta de la nave Leroy Merlin</i>	70
<i>Ilustración XLII. Inversor Solar Max 100C</i>	73
<i>Ilustración XLIII. Estructura fija anclada a cubierta</i>	74
<i>Ilustración XLIV. Combiner box de 12 entradas elegido</i>	75
<i>Ilustración XLV. Diferentes puntos conexionado en planta fotovoltaica</i>	76
<i>Ilustración XLVI. Conexión rápida MC4 entre paneles</i>	76
<i>Ilustración XLVII. Conexión entre placas y paneles</i>	77
<i>Ilustración XLVIII. Conexión entre paneles y caja conexión</i>	77
<i>Ilustración XLIX. Conexión entre caja de conexión e inversor</i>	78
<i>Ilustración L. Conexión BT trifásica hasta transformador</i>	78
<i>Ilustración LI. Esquema del controlador permanente aislamiento</i>	81
<i>Ilustración LII. Magnetotérmico unipolar 120A</i>	82
<i>Ilustración LIII. Interruptor general 4 polos 80A</i>	83
<i>Ilustración LIV. Interruptor diferencial 100A y 30 mA LEGRAND</i>	83
<i>Ilustración LV. Comparativa instalacion HID vs LED</i>	85
<i>Ilustración LVI. VAN vs TIR instalación lumínica</i>	87
<i>Ilustración LVII. VAN vs TIR planta fotovoltaica</i>	89
<i>Ilustración LIX. Distancia entre ramales calculados</i>	103
<i>Ilustración LVIII. Medidas a considerar en cálculo de distancia entre ramales</i>	103
<i>Ilustración LX. Irradiancia en Castellón de la Plana</i>	104
<i>Ilustración LXI. Pérdidas por sombras</i>	106





# ÍNDICE DE CAPITULOS DEL PROYECTO

1. MEMORIA.....	15
2. ANEJOS .....	95
3. PLANOS .....	167
4. PLIEGO DE CONDICIONES .....	171
5. PRESUPUESTO .....	193





# 1. MEMORIA





## ÍNDICE MEMORIA

I.	INTRODUCCIÓN .....	18
1.	Objeto .....	18
2.	Alcance .....	19
3.	Antecedentes.....	19
4.	Ubicación Y Características.....	20
5.	Características Climatológicas .....	21
6.	Distribución Lumínica General .....	21
7.	Red De Alimentación .....	22
8.	Tarifas .....	22
9.	Funcionamiento.....	23
10.	Demanda Energética Actual .....	24
11.	Normativa Asociada.....	26
12.	Definiciones y Abreviaturas .....	28
II.	AUDITORIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	29
1.	Auditorías Energéticas En Iluminación De Interiores .....	29
2.	Tipos De Lámparas En El Mercado .....	32
3.	Tipos De Luminarias Para El Sector Industrial .....	42
4.	Situación Actual En La Nave Bajo Estudio .....	46
5.	Opciones o Alternativas Contempladas .....	50
6.	Solución Adoptada.....	54
III.	DISEÑO DE PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA .....	59
1.	Elementos De Una Instalación Fotovoltaica Conectada A Red .....	64
2.	Diseño Instalación Solar Fotovoltaica.....	70
IV.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	85
1.	Instalación lumínica .....	85
2.	Planta fotovoltaica.....	88
V.	CONCLUSIONES .....	90
VI.	REFERENCIAS .....	91
VII.	ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS .....	92

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. Objeto

El objeto del siguiente proyecto es realizar un estudio energético de Leroy Merlin España S.L.U Castellón, con el fin de reducir el consumo eléctrico a través de la realización de una instalación lumínica interior de alta eficiencia, así como una planta fotovoltaica en la cubierta de la nave para generar energía limpia a coste cero.

Los objetivos del proyecto se detallan a continuación:

- **Realización de una auditoria energética:**  
En primer lugar se elaborará un balance global energético gracias a los cuadros de medida instalados en la nave para comprobar los consumos de las luminarias, energía reactiva consumida, equipos de refrigeración, así como de las facturas obtenidas durante los últimos dos años.
- **Evaluación de alternativas y diseño de la instalación:**  
Una vez obtenidos los resultados de la auditoría energética, se llevará a cabo el rediseño de la instalación lumínica, la tecnología aplicada, las posibilidades de mejora y toda la información necesaria para definir totalmente la solución propuesta. También se detectaran posibles zonas que puedan utilizarse sensores de movimiento y crepusculares para completar la instalación.
- **Instalación de planta fotovoltaica en cubierta:**  
Se realizará también la instalación de una planta fotovoltaica conectada a red en la cubierta de la nave para generar energía limpia y poder verterla a la red. Se definirán todos los elementos necesarios para la instalación y se cotejaran los resultados obtenidos con un software de cálculo de instalaciones fotovoltaicas que permite la simulación y análisis de datos completo.

El presente proyecto comprende el cálculo y diseño de las siguientes instalaciones:

- Selección de las luminarias y cálculo del flujo luminoso mediante software DIALUX.
- Selección y distribución de los paneles solares fotovoltaicos, así como de sus estructuras de soporte e inversores.
- Cálculo y selección de los conductores eléctricos, así como su disposición.
- Cálculo y selección de las protecciones contra cortocircuitos, sobrecargas y contactos.
- Cálculo y selección de los inversores a utilizar para conectar la planta a red.
- Cálculo de producción fotovoltaica anual utilizando el software PVSYST.

## 2. Alcance

El alcance de este proyecto consistirá en reducir el consumo energético de la empresa Leroy Merlin S.L.U Castellón mediante la implantación de diferentes tecnologías que permitan mejorar la eficiencia de la nave así como aprovechar la energía solar para generar electricidad e inyectarla a la red.

La necesidad del análisis energético de la nave viene dado por la antigüedad de ésta y la escasez de elementos eficientes que proporcionen a la nave un adecuado funcionamiento.

En el proyecto que se describe a continuación, se lleva a cabo el estudio de un nuevo sistema de iluminación para mejorar la eficiencia y de una planta fotovoltaica en la cubierta. Actualmente hay muchas opciones mediante las cuales se pueden mejorar el consumo energético. Por ejemplo, la instalación de nuevos equipos de refrigeración, crear una zona entre la puerta de entrada al comercio y la calle de tal manera que la apertura de la puerta de entrada no suponga una bocanada de aire externo, sistemas de regulación de intensidad de luz, el uso de temporizadores para desconectar todos los equipos durante la noche, entre otros.

## 3. Antecedentes

Las necesidades del proyecto se deben a la política de ahorro que se está llevando a cabo en las naves antiguas de Leroy Merlin, como es el caso de la tienda de Castellón. Desde la central de ventas establecida en Madrid, se está promoviendo la idea de tiendas “3.0” en las que los recursos energéticos utilizados sean los más limpios posibles y los elementos que forman la instalación tengan una eficiencia notable.

Actualmente la nave está formada por luminarias de halogenuros metálicos de 400 W con sus respectivos equipos auxiliares. Con el paso del tiempo, dichos equipos auxiliares pierden sus propiedades capacitivas provocando que la demanda energética de la luminaria aumente y se haga uso de la energía reactiva para el funcionamiento. Superar ciertos valores de energía reactiva provoca que se aplique una tarificación por kVARh, además de provocar un incremento de carga en las líneas de transporte

Para finalizar, la utilización de nuevas luminarias LED provocaría que la energía reactiva total de la tienda disminuyese ya que éstos sólo consumen energía activa. Se aumentaría la capacidad de las líneas y de los transformadores, se mejoraría la tensión de la red (ya que no circularían corrientes mayores a las necesarias), se conseguiría una reducción en el coste global de la energía (además se necesitarían menos baterías de condensadores para compensar la reactiva) y, por último, se disminuiría las pérdidas en los cables.

A continuación se muestra una gráfica con los consumos del año 2015:

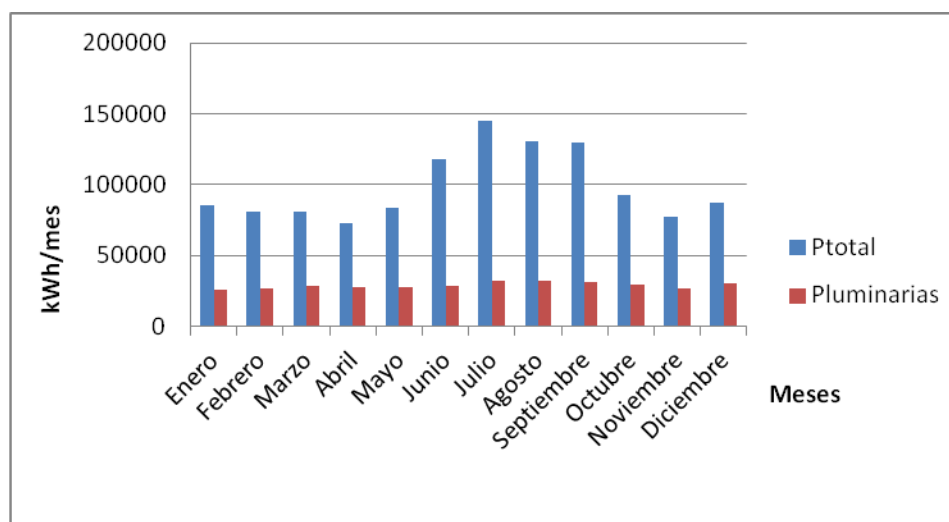


Tabla I. Gráfico consumo tienda

## MEMORIA

---

### 4. Ubicación Y Características

La nave se encuentra en Castellón, en el polígono industrial de los cipreses. La parcela presenta forma rectangular de 7500m<sup>2</sup>, sensiblemente llana y se encuentra anexa a otra parcela con su correspondiente construcción. El entorno inmediato se caracteriza por amplias zonas dotacionales y dedicadas a la industria.

La nave se divide en dos partes. La primera es la tienda que consta de 6300m<sup>2</sup>, 10m de altura y es la parte en la que realizaremos el estudio. En esta zona se encuentran todos los productos disponibles a la venta, formados por pasillos de 2m entre racks y de altura variable. La segunda es la parte de reserva, muelle y materiales de construcción. Esta segunda parte está en su mayoría a cielo abierto, por lo que obviaremos los cálculos lumínicos. En esta parte se encuentra la zona de materiales de construcción y la salida de cargas pesadas.

Como podemos observar en la imagen, la nave consta de 119 claraboyas de 2.5x2.5 m<sup>2</sup> proporcionando a la tienda una gran cantidad de luz durante el día. El aprovechamiento de la luz natural permite una considerable reducción del consumo de energía eléctrica y, ya que en determinados momentos, se reduce el uso de iluminación artificial siendo más eficiente energéticamente. En el caso de Leroy Merlín, durante días soleados y en horas punta de sol, se encienden únicamente el 40% de las lámparas.

El horario de apertura de la tienda es de lunes a sábado de 8:00 a 22:00h.

La nave está formada por 13 secciones, divididas entre ellas mediante racks de 5m. A su vez, entre los racks que separan las secciones, hay estanterías de 3m.



*Ilustración I. Vista aérea nave Leroy Merlín.*

## 5. Características Climatológicas

El clima de Castellón es el clima mediterráneo, el cual se caracteriza por ser un clima suave y húmedo, y su temperatura media anual es de unos 17,8 °C. Castellón posee un clima muy suave, sin temperaturas extremas, sus valores medios oscilan entre los 10.4 °C de enero y los 25.0 °C de agosto. De este modo los meses más fríos son enero y febrero, y los más calurosos mayo, junio y julio.

Otro rasgo característico del clima de Castellón es que la ciudad cuenta con más de 300 días de sol al año, es decir, unas 2 689 horas de sol al año.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Temperatura máxima media [°C]</b>	15,3	16,2	18,5	20,5	23,4	27,3	30	30,3	27,6	23,5	18,8	15,8	22,3
<b>Temperatura media [°C]</b>	10,6	11,3	13,4	15,4	18,5	22,5	25,3	25,6	22,9	19	14,3	11,4	17,5
<b>Temperatura mínima media °C</b>	5,8	6,4	8,3	10,3	13,6	17,6	20,6	20,9	18,1	14,4	9,8	7	12,7
<b>Precipitación total mm</b>	46	31	31	42	44	19	9	24	71	70	49	42	467
<b>Días de precipitaciones</b>	4,2	3,5	3,3	4,6	4,7	2,8	1,4	2,4	5	5	4,2	4,4	45,5
<b>Horas de sol</b>	180	179	209	235	272	296	329	290	229	203	173	164	2755
<b>Humedad relativa [%]</b>	67	66	64	63	63	63	64	66	68	69	68	68	66

*Tabla II. Parámetros climáticos promedios Castellón de la Plana*

## 6. Distribución Lumínica General

Cada sección tiene un punto de consejo con uno o varios ordenadores en los cuales, por normativa, tiene 500 luxes. Consta de un pasillo central de 4m de ancho, en el que con todas las luces encendidas se tienen 700 luxes. El pasillo secundario tiene 3.5m de ancho y una iluminancia similar al pasillo central. Ciertas zonas de las secciones tienen una iluminancia de 350 luxes (>300luxes por normativa) debido a que el diseño lumínico se llevó a cabo con otro tipo de estructura de tienda, provocando que ciertas lámparas caigan encima de los rack y se oscurezca alguna zona. *(Ver plano 1)*

## MEMORIA



*Ilustración II. Distribución secciones tienda*

## 7. Red De Alimentación

El polígono industrial donde se encuentra la tienda está formado por un anillo de red de alta tensión de 15kV el cual suministra a las diferentes naves. La Alta Tensión se utiliza para el transporte de electricidad entre largas distancias, desde las centrales de generación hasta los núcleos urbanos, reduciendo las pérdidas de energía.

Luego, a través de los transformadores, se reduce de alta a baja tensión. En general la tienda trabaja a 230V, exceptuando los equipos de refrigeración y las máquinas utilizadas para el corte de madera, las cuales trabajan en trifásica a 400V.

Además, junto con los transformadores de entrada, se encuentra una batería de condensadores para aumentar el factor de potencia, reduciendo así la potencia reactiva consumida por las reactancias de las luminarias y las máquinas trifásicas. El f.d.p de la tienda está en torno a 0.95, observado habitualmente por el técnico de mantenimiento de la tienda para que no descienda demasiado y no se apliquen sanciones desde la compañía eléctrica.

## 8. Tarifas

La tarifa contratada para el suministro eléctrico es la ATR 6.1 a través de la compañía Iberdrola. Tienen seis periodos en el término de energía y, también, en el de potencia, permitiendo seleccionar el valor a contratar en cada periodo, pero con una potencia mayor de 450 kW en uno o más de los periodos y una tensión inferior a 30kV. Por lo tanto, en función del periodo en el que nos encontremos, se tarificará a un precio u otro.

A continuación podemos ver el horario de los periodos, en potencia y energía:

Tarifa								6.X						
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun D<=14	Jun D>=15	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Fin de Semana Festivo
H1 (00-01h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H2 (01-02h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H3 (02-03h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H4 (03-04h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H5 (04-05h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H6 (05-06h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H7 (06-07h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H8 (07-08h)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
H9 (08-09h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H10 (09-10h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H11 (10-11h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H12 (11-12h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H13 (12-13h)	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1	P6
H14 (13-14h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H15 (14-15h)	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2	P6
H16 (15-16h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H17 (16-17h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H18 (17-18h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H19 (18-19h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H20 (19-20h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H21 (20-21h)	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1	P6
H22 (21-22h)	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P2	P6
H23 (22-23h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6
H24 (23-00h)	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2	P6

Ilustración III. Tarifas de acceso

Dentro de esta tarifa de acceso se suelen encontrar la mayor parte de las grandes industrias y fábricas, así como los servicios auxiliares de grandes centrales de generación, conectadas a la red de transporte, como es el caso de Leroy Merlin. (Ver factura en anejos 10)

## 9. Funcionamiento

Actualmente Leroy Merlin está formada por 250 lámparas de vapor de mercurio de 400W cada una, instaladas longitudinalmente a una separación de 3m entre ellas y conectadas a la red a 230V. El encendido de las lámparas se realiza manualmente y, generalmente, por tercios. La alimentación de cada tercio de la fila se lleva a cabo con las fases R S T y el N, generando así monofásica 230V. Con esto logramos también que el cable de toda la fila no tenga que soportar toda la potencia, ya que se necesitaría un cable de mucho grosor. El cableado es de 6mm<sup>2</sup> de sección.

En función de la hora del día y del clima se enciende una, dos o las 3 fases. Ciertas luminarias de la tienda están conectadas siempre a la red (independientes del resto) debido a que la zona requiere constantemente de luz artificial para una adecuada visualización.

Últimamente se están averiando alrededor de 3 equipos auxiliares de las luminarias al mes, provocando un gasto de 108€ por unidad.



Ilustración IV. Luminarias actuales

MEMORIA

### 10. Demanda Energética Actual

Mes	TOTAL		LUMINARIAS	
	P consumida (kWh/mes)	Factura €	P consumida (kWh/mes)	Coste €
Enero	85443	13964,16	26000	1989
Febrero	80534	12941,76	26400	2019,6
Marzo	81103	11751,68	28600	2087,9
Abril	72934	10568,08	27500	1677,5
Mayo	83453	12092,27	27500	1744,6
Junio	118250	17134,32	28600	2202,2
Julio	145460	20865,76	32400	2462,4
Agosto	130534	18724,67	32500	1744,2
Septiembre	129876	12481,9	31200	2402,2
Octubre	92302	8879,8	29700	2079
Noviembre	77411	11216,8	26400	1927,2
Diciembre	87276	14263,73	30000	2295,1

Tabla III. Consumo total vs consumo luminarias

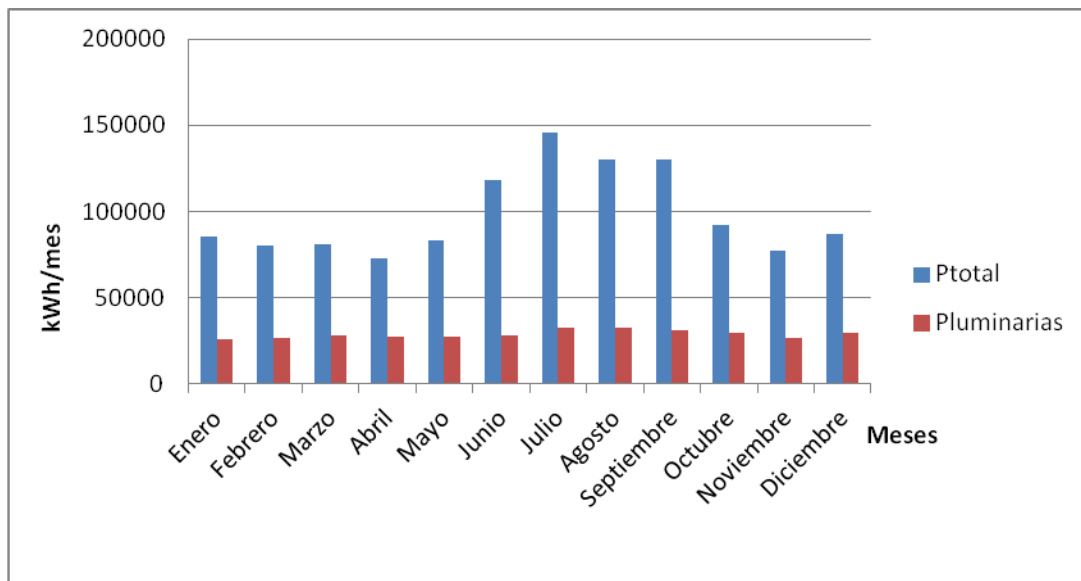


Ilustración V. Gráfico consumo tienda



Los porcentajes de energía consumida en Leroy Merlin son:

- 55% sistemas de refrigeración
- 25% sistema lumínico general
- 20% resto de tienda



*Ilustración VI. Porcentaje energía consumida*

## **11. Normativa Asociada**

### ***Código Técnico De La Edificación***

El Código Técnico de la Edificación fue aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y publicado en el BOE del 28 de marzo de 2006.

Esta norma de referencia para la construcción de edificios establece las exigencias que deben cumplirse en los edificios, en relación con los requisitos básicos a la seguridad y a la habitabilidad. Se trata de una norma de mínimos obligatorios y, también es una norma de objetivos donde se indican los valores que se deben obtener.

El Código se estructura en varios documentos básicos. A continuación vamos a tratar los de mayor repercusión para nuestro estudio.

### ***Su 4 - Seguridad Frente Al Riesgo Derivado De Iluminación Inadecuada***

Dentro de esta sección se recogen los niveles mínimos de un sistema de iluminación normal en zonas de circulación, medidos a nivel del suelo. Sin ser estos especialmente elevados, sí suponen un incremento respecto a la práctica habitual. Para el caso de iluminación interior y circulación exclusiva de persona nos encontramos con los valores de 75 lux para escaleras y 50 lux para el resto de zonas, como valores de iluminación mínima.

### ***He 3 - Eficiencia Energética En Instalaciones De Iluminación***

Tiene como objetivo conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios. Se aplica a:

- a) Edificios de nueva construcción
- b) Rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil superior a 1.000 m<sup>2</sup>, donde se renueva más de un 25% de la superficie iluminada
- c) Reformas de locales comerciales y de edificios de uso administrativo en los que se renueve la instalación de iluminación

Una de las exigencias básicas de ahorro de energía es la HE 3 – Eficiencia Energética de las instalaciones de iluminación donde se fijan, por primera vez en la normativa española, unos requisitos para las instalaciones de iluminación. Establece que los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente, contando con un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como un sistema de iluminación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en aquellas zonas donde reúnan unas condiciones adecuadas. A la hora de realizar el diseño y dimensionamiento de la instalación hay que tener en cuenta los valores indicados en la UNE 12464-1.

Documentación justificativa:

- a) El factor de mantenimiento (Fm) previsto
- b) La iluminancia media horizontal media (Em)
- c) El índice de deslumbramiento unificado (UGR)
- d) Los índices de rendimiento de color (Ra) de las lámparas usadas
- e) El valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

f) Las potencias de los conjuntos: lámpara más equipo auxiliar

### **NORMA UNE 12464-1**

En el año 2002 se redactó la Directiva 2002/91/CE relativa a la Eficiencia Energética de los

Edificios; y de aplicación obligatoria en los países miembros. Esta Directiva impulsa la consecución de la mayor eficiencia energética posible en todas y cada una de las instalaciones que concurren en un edificio, entre las que se encuentra la iluminación.

Pero no debe olvidarse que junto con el deseo de ahorrar energía coexiste la obligación de satisfacer los criterios de calidad precisos para que las instalaciones de iluminación proporcionen no sólo niveles suficientes sino satisfactorios de todos aquellos parámetros que contribuyen a crear un ambiente confortable y seguro en los lugares de trabajo. Esta se recoge en la norma UNE

12464-1 relativa a “Iluminación de los lugares de trabajo en interior”, creada por la Comisión

Europea de Normalización en septiembre de 2002.

Dentro de confort visual están englobados parámetros tales como relación de luminancias entre tarea y entorno, control del deslumbramiento, etc.

Los requisitos de iluminación son determinados por la satisfacción de tres necesidades humanas básicas:

**1. Confort visual:** en el que los trabajadores tienen una sensación de bienestar, de un modo indirecto también contribuye a un elevado nivel de la productividad.

**2. Prestaciones visuales:** los trabajadores son capaces de realizar sus tareas visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos más largos.

**3. Seguridad**

## 12. Definiciones y Abreviaturas

En este capítulo de la memoria se relacionan todas las definiciones y abreviaturas que se han utilizado durante el proyecto y su significado:

Magnitud	Nombre de la unidad	Símbolo
Área	Metro cuadrado	m <sup>2</sup>
Volumen	Metro cúbico	m <sup>3</sup>
Frecuencia	Hercio	Hz
Fuerza	Newton	N
Peso	Kilogramo	Kg
Presión, tensión	Pascal	Pa
Energía, trabajo	Julio	J
Potencia	Vatio	W
Carga eléctrica	Culombio	C
Potencial eléctrico	Voltio	V
Resistencia eléctrica	Ohmio	Ω
Corriente Eléctrica	Amperios	A
Temperatura Celsius	Grados Celsius	°C
Temperatura Kelvin	Grados Kelvin	K
Flujo luminoso	Lumen	lum
Iluminancia	Lux	lux
Tiempo	Horas	h

*Tabla IV. Unidades abreviadas*

Acrónimo	Designación
LED	Diodo emisor de luz
CFL	Lámparas fluorescentes compactas
HID	Lámparas de descarga de alta intensidad
UV	Ultravioleta
IRC	Rendimiento de color
UGR	Valor de deslumbramiento
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna Rentabilidad
VEEI	Valor de Eficiencia Energética Instalación
ISO	Organización Internacional de normalización
RD	Real Decreto
IVA	Impuesto sobre Valor Añadido
BI	Beneficio Industrial

*Tabla V. Abreviaturas*

## **II. AUDITORIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

### **1. Auditorías Energéticas En Iluminación De Interiores**

Una Auditoría Energética es un estudio técnico de una unidad (empresa, vivienda, comercio, edificio, etc.) para comprobar si la gestión energética está optimizada. Esto significa que el estudio técnico explicará si se puede ahorrar en gasto energético o no. Y en caso de existir margen de ahorro explicará dónde y cómo se puede conseguir. También se pueden llamar estudios de ahorro energético o estudios de costes energéticos.

En el sector industrial las auditorías energéticas persiguen un triple objetivo:

- Adecuar los consumos reales de la planta a los consumos nominales, garantizando un buen mantenimiento a las instalaciones.
- Reducir los consumos nominales con las nuevas tecnologías que aumenten la eficiencia del consumo energético.
- Minimizar la demanda del proceso optimizando la operación de los servicios energéticos.

El consumo energético de cualquier equipo, sistema o fábrica puede calcularse como el cociente entre la demanda energética y la eficiencia. Cabe destacar también que otro factor importante en este tipo de auditorías es el balance energético, el control de la combustión es importante en cualquier generador ya que se puede minimizar la cantidad de energía perdida con los humos procedentes de la combustión, el factor más determinante para una buena combustión es el exceso de aire.

El término auditoría energética es comúnmente utilizado para describir un amplio espectro de estudios energéticos que van desde un rápido paseo a través de un procedimiento para identificar los principales problemas; a un análisis exhaustivo de las implicaciones de otras medidas de eficiencia energética suficientes para satisfacer los criterios financieros solicitados por los inversores. Tres programas comunes de auditoría se describen en mayor detalle más adelante, aunque las tareas realizadas y el nivel de esfuerzo pueden variar con el consultor que presta servicios en virtud de estos grandes apartados. La única manera de garantizar que una propuesta de auditoría que satisfaga sus necesidades específicas es precisar los requisitos detallados en un ámbito de trabajo:

Un sistema de iluminación de una nave industrial resultará inadecuado en los siguientes casos:

- Cuando se usan artefactos de iluminación antiguos, que llevan a un consumo de electricidad mayor debido a unos balastos magnéticos inadecuados, lo cual puede dar lugar a un consumo extra de energía del 5 al 20%.
- Cuando existe una pérdida de luz debido al uso de luminarias antiguas, que dirigen el flujo luminoso de manera inadecuada, impidiendo a importantes cantidades de luz de alcanzar las superficies de trabajo. Esto significa que en este caso se necesitarán más luminarias, y un mayor consumo, para alcanzar los niveles de iluminación requeridos.
- Cuando no hay control de los niveles de iluminación. En algunos casos, el nivel de iluminación en un almacén o en una nave puede tener un valor demasiado alto. Muchas veces, se necesitaría menos luz en determinadas horas de la jornada laboral, o en ciertas áreas de trabajo. Las luminarias antiguas no pueden ser reguladas mediante dimmers para adaptarse a los niveles de luz diurna que hay en la nave. Esto significa que la energía se está desperdiciando innecesariamente

## MEMORIA

---

- Si sumamos estos conceptos, el desperdicio total de energía debido a un sistema de iluminación inadecuado en una nave industrial puede alcanzar pérdidas anuales de varios miles de Euros. Los últimos sistemas de iluminación energéticamente eficiente hacen posible ahorrar hasta 80% del consumo de electricidad.

A continuación se muestran varias soluciones de iluminación usando la energía eficientemente sin afectar a la eficiencia de los trabajadores en el lugar de trabajo.

- **Iluminación por zonas:** La mayoría de los almacenes o naves industriales ya han comenzado la transición hacia la zonificación de la instalación. Con esta técnica, se fomenta la iluminación por zonas. Las luminarias de baja altura se pueden instalar para reducir los gastos necesarios para la iluminación de un área determinada.
- **Sensores de movimiento:** En los almacenes, resulta difícil controlar manualmente la iluminación – los pocos segundos que se tarda en acercarse y encender un interruptor se pueden traducir en mucho tiempo perdido a lo largo del año. Sin embargo, en los últimos años, sistemas automatizados (como los sensores de movimiento) se han desarrollado hasta el punto de que ahora es sencillo usarlos en almacenes. Los trabajadores ya no tienen que preocuparse por ajustar el nivel de iluminación, todo es automatizado, y además se consigue un nivel de iluminación suficiente para una seguridad adecuada.
- **Sistemas de regulación de intensidad de la luz:** Las luminarias reguladas mediante dimmers son también una opción, especialmente en cualquier área que recibe una cantidad significativa de luz natural. Unos sensores adecuados pueden funcionar conjuntamente con sensores de movimiento para controlar la iluminación de la instalación y en última instancia, mejorar la eficiencia energética. Por ejemplo, será interesante explotar la luz natural del día en las zonas de las ventanas y aperturas, y gastar menos electricidad, con luces encendidas únicamente cuando sea necesario.
- **Luminarias LED:** Estas luminarias se han vuelto más asequibles en los últimos años, y se han convertido en una opción cada vez adecuada para la iluminación de los almacenes y naves industriales, aunque también es importante tener en cuenta que la mayor parte de los ahorros de los LED se consiguen con el tiempo. Durante los próximos siete años, se espera que los LED representen aproximadamente la mitad del mercado global de las luminarias.

Las LED también son más prácticas para zonas de alto tráfico donde necesitan luces encendidas a lo largo de todo el día. Entre sus ventajas, un tiempo de vida largo (50000-80000 horas) y una fuente de luz unidireccional.

Los beneficios operacionales de una buena iluminación en una nave industrial son:

- **Menores costos de mantenimiento:** En los almacenes y naves industriales, un carrito elevador puede ser necesario para cambiar lámparas, lo cual puede resultar costoso, sin contar con la inactividad que resulta en una falta de iluminación. Las nuevas luminarias utilizan bombillas que duran hasta 50000-100000 horas, o sea de 6 a 9 años de funcionamiento continuo. Esto significa que el mantenimiento de la iluminación puede ser casi eliminado.
- **Mejora de la calidad de la luz:** La calidad de la luz en instalaciones de gran altura puede ser limitada (especialmente con las lámparas HPS). Las nuevas tecnologías de iluminación permiten conseguir una luz que se acerca a la luz del día, un mejor reconocimiento de los colores, un entorno de trabajo más seguro.

- **Mejora de la distribución de la luz:** Un sistema de iluminación mal diseñado puede causar problemas a los trabajadores – por ejemplo, sombras entre las estanterías que impiden la lectura de las etiquetas, lo cual se traduce por una mayor complejidad, y trabajadores que experimentan altos niveles de deslumbramiento. Un nuevo sistema de iluminación permite hacer frente a estos desafíos. Esto significa elevar el nivel de productividad, y mejorar la calidad de entorno de trabajo, así como la seguridad de los trabajadores.

Con un sistema de iluminación eficiente, una empresa consigue **reafirmar su compromiso con el medio ambiente**. Una empresa más eficaz a nivel energético responde a las inquietudes de los consumidores en cuanto a los temas de desarrollo sostenible.

## **2. Tipos De Lámparas En El Mercado**

Se llama luz a la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. En física, el término luz se usa en un sentido más amplio e incluye todo el campo de la radiación conocido como espectro electromagnético, mientras que la expresión luz visible señala específicamente la radiación en el espectro visible. La luz, como todas las radiaciones electromagnéticas, está formada por partículas elementales desprovistas de masa denominadas fotones, cuyas propiedades de acuerdo con la dualidad onda partícula explican las características de su comportamiento físico.

Así pues, la iluminación hace referencia a dar luz a un objeto directo a quien ofrecer su claridad. Se conoce como iluminación, por lo tanto, al conjunto de luces que se instala en un determinado lugar con la intención de afectarlo a nivel visual.

Es evidente que la iluminación natural, la suministrada por la luz diurna, presenta indudables ventajas sobre la artificial a la hora de elegir la iluminación en el área de trabajo. En este sentido, permite definir perfectamente los colores, es la que produce menor fatiga visual y, además, es la más económica. Sin embargo, adolece de un inconveniente insalvable ya que es variable a lo largo de la jornada y tiene que ser complementada o sustituida por la luz artificial, suministrada por lámparas fluorescentes, de descarga de gases o de LED.

La luz artificial puede ser general, cuando se reparte uniformemente sobre toda la superficie de trabajo, o localizada cuando incide sobre alguna zona iluminada suficientemente. En la industria, los niveles de iluminación dependen de la dificultad para la percepción visual y del tipo de actividad que se vaya a realizar en cada momento.

Debido al uso de sistemas de regulación de intensidad de luz y sensores de movimiento, se debe utilizar luminarias con posibilidad de regulación, así como de encendido instantáneo, de tal manera que permita encender y apagar la luminaria en cuestión de segundos. Además en montajes superiores a 6m se requiere el uso de lámparas de descarga de alta intensidad o LED.

La iluminación de edificios de techos altos suele plantear reales desafíos técnicos. Cuando tenemos que iluminar edificios con techos altos, nos enfrentamos a varios desafíos, como la necesidad de reducir la exposición al resplandor, limitar los reflejos, o la necesidad de cumplir con los requisitos legales en cuanto a niveles de iluminación, para una mayor seguridad en el entorno de trabajo.

El sistema de iluminación normalmente consume el 20 por ciento de la electricidad utilizada en edificios comerciales o industriales (*como se observa en el apartado 10. Demanda energética*). En estos tiempos que vivimos, los altos precios de la energía eléctrica nos llevan a buscar formas rentables para reducir el consumo de electricidad consumida por la iluminación en las naves industriales.

Debido a que una instalación de iluminación tiene una vida útil bastante larga, a menudo duran de 15 o 20 años, las tecnologías convencionales de iluminación como las lámparas fluorescentes compactas (CFL), de descarga de alta intensidad (HID) y las luminarias LED constituyen la mayor parte de la base instalada en edificios industriales (y en edificios comerciales).

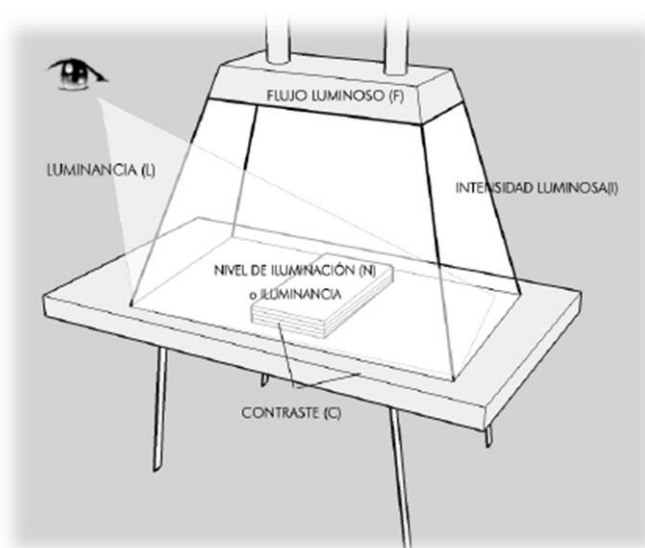


Por otro lado y en general, el uso y clasificación de unas u otras lámparas en las distintas aplicaciones de iluminación de interiores viene determinado por una serie de características de las mismas que se definen a continuación:

**Flujo luminoso:** Es la cantidad de luz emitida por una fuente de luz. Se mide en lumen.

**Intensidad luminosa:** Es el flujo luminoso en una dirección ya que el flujo luminoso no se distribuye de igual forma en todas las direcciones. Se mide en candelas.

**Rendimiento o eficacia luminosa:** Es el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, ya que no toda la energía eléctrica consumida por una lámpara se transforma en luz visible. Las unidades son lm/w.



*Ilustración VII. Conceptos lumínicos*

**Vida útil:** tiempo transcurrido para que el flujo luminoso de una lámpara descienda hasta el 80% de su valor inicial. Este valor sirve para establecer los periodos de reposición de las lámparas de una instalación.

**Vida media:** Tiempo medio que resulta tras el análisis y ensayo de un lote de lámparas trabajando en unas condiciones determinadas.

**Temperatura de color:** hace referencia al color de la fuente luminosa. La forma que se ve un ambiente depende de la tonalidad de luz de la lámpara y es crucial para establecer una atmosfera de confort. Se mide en grados Kelvin.

**MEMORIA**

Grupo	Color aparente	Temperatura de color °K	Uso recomendado
1	Cálido	< 3300	Locales residenciales
2	Medio	3300-5300	Lugares de trabajo
3	Frio	> 5300	Tareas específicas

*Tabla VI. Temperaturas de color*

**Rendimiento de color:** Es la capacidad que tiene una lámpara para reproducir fielmente los colores de los objetos si se compara con una iluminación de referencia. Las unidad es un porcentaje IRC %.

Grupo de rendimiento en colores	Intervalo de rendimiento en colores	Color aparente	Utilización
1A	Ra=90	cálido medio frio	Combinación de colores
1B	80 = Ra < 90	cálido medio	Oficinas Hospitales
		medio frio	Imprenta, industria textil Trabajo industriales delicados
2	60 = Ra < 80	cálido medio frio	Naves industriales, oficinas
3	40 = Ra < 80		Industria Pesada, naves industriales
4	20 = Ra < 80		Industria Pesada

*Tabla VII. Rendimiento de color*

IRC	Calidad
Ra < 60	Pobre
60 < Ra < 80	Bueno
80 < Ra < 90	Muy bueno
90 < Ra	Excelente

*Tabla VIII. Tipos de IRC*

Tipo de Lámpara	IRC
Lámparas incandescentes	100
Lámparas fluorescentes estándar	60
Lámparas fluorescentes especiales	94
Lámparas de vapor de mercurio	35-50
Lámparas de vapor de sodio baja presión	0

*Tabla IX. Tipos de lámparas e IRC*

## 2.1 Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

La luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado. En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Cuando uno de ellos choca con los electrones de las capas externas de los átomos les transmite energía y pueden suceder dos cosas.

La primera posibilidad es que la energía transmitida en el choque sea lo suficientemente elevada para poder arrancar al electrón de su orbital. Este, puede a su vez, chocar con los electrones de otros átomos repitiendo el proceso. Si este proceso no se limita, se puede provocar la destrucción de la lámpara por un exceso de corriente.

La otra posibilidad es que el electrón no reciba suficiente energía para ser arrancado. En este caso, el electrón pasa a ocupar otro orbital de mayor energía. Este nuevo estado acostumbra a ser inestable y rápidamente se vuelve a la situación inicial. Al hacerlo, el electrón libera la energía extra en forma de radiación electromagnética, principalmente ultravioleta (UV) o visible. Un electrón no puede tener un estado energético cualquiera, sino que sólo puede ocupar unos pocos estados que vienen determinados por la estructura atómica del átomo. Como la longitud de onda de la radiación emitida es proporcional a la diferencia de energía entre los estados iniciales y final del electrón y los estados posibles no son infinitos.

La consecuencia de esto es que la luz emitida por la lámpara no es blanca. Por lo tanto, la capacidad de reproducir los colores de estas fuentes de luz es peor que en el caso de las lámparas incandescentes que tienen un espectro continuo. Es posible, recubriendo el tubo con sustancias fluorescentes, mejorar la reproducción de los colores y aumentar la eficacia de las lámparas convirtiendo las nocivas emisiones ultravioletas en luz visible.

Para que las lámparas de descarga funcionen correctamente es necesario, en la mayoría de los casos, la presencia de unos elementos auxiliares:

**Cebador:** es un dispositivo que suministra un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica.

**Balasto:** limita la corriente que atraviesa la lámpara y evitar así un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara.

Al establecer la eficacia de este tipo de lámparas hay que diferenciar entre la eficacia de la fuente de luz y la de los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento que depende del fabricante. En las lámparas, las pérdidas se centran en dos aspectos: las pérdidas por calor y las pérdidas por radiaciones no visibles (ultravioleta e infrarrojo). El porcentaje de cada tipo dependerá de la clase de lámpara con que trabajemos.

La eficacia de las lámparas de descarga oscila entre los 19-28 lm/W de las lámparas de luz de mezcla y los 100-183 lm/W de las de sodio a baja presión.

Hay dos aspectos básicos que afectan a la duración de las lámparas:

## MEMORIA

---

**La depreciación del flujo:** este se produce por ennegrecimiento de la superficie de la superficie del tubo donde se va depositando el material emisor de electrones que recubre los electrodos. En aquellas lámparas que usan sustancias fluorescentes otro factor es la pérdida gradual de la eficacia de estas sustancias.

**Deterioro de los componentes de la lámpara:** se debe a la degradación de los electrodos por agotamiento del material emisor que los recubre. Otras causas son un cambio gradual de la composición del gas de relleno y las fugas de gas en lámparas a alta presión.

### 2.1.1. Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios.

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara.

La vida útil está entre 5000 y 7000 horas. Su vida termina cuando el deterioro sufrido por la sustancia que recubre los electrodos imposibilita el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red, este hecho se incrementa con el número de encendidos. Además de esto, hemos de considerar la depreciación del flujo provocada por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes y el ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora.

El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas. Para las lámparas destinadas a usos habituales que no requieran de gran precisión su valor está entre 80 y 90.

Las lámparas fluorescentes utilizan el balasto para limitar la corriente que atraviesa el tubo; pero para el encendido hay varias posibilidades: arranque con cebador, o sin él. En el primer caso, el cebador se utiliza para calentar los electrodos antes de someterlos a la tensión de arranque. En el segundo caso tenemos las lámparas de arranque rápido en las que se calientan continuamente los electrodos y las de arranque instantáneo en que el encendido se consigue aplicando una tensión elevada. Las lámparas compactas más modernas llevan incorporado el balasto y el cebador.



*Ilustración VIII. Tubo fluorescente*

Las principales características son:

- Como emiten en UV requieren de recubrimiento para emitir luz en el espectro visible.
- Además de vapor de mercurio, contienen como relleno argón, neón o kriptón.
- Necesitan de un equipo auxiliar.
- El encendido y reencendido es casi instantáneo, aunque requieren de un tiempo de calentamiento de 2-3 min para alcanzar régimen nominal.
- No soportan bien la regulación de tensión ya que un aumento de ésta produce envejecimiento prematuro de la lámpara, reduciendo así el rendimiento luminoso.
- La vida útil oscila entre 6000 y 16000h.
- Factor de potencia bajo que requiere compensación de reactiva.
- No recomendable para alturas superiores a 5-6m.

### **2.1.2. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión**

A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio se producen más emisiones en la zona visible del espectro. En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.

Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta.

Las principales características son:

- Equipo auxiliar sencillo.
- Coste inversión moderado
- Potencia elevada, aptas para alturas grandes.
- Menor eficacia que otras lámparas HID
- Contienen mercurio.

## MEMORIA

---



*Ilustración IX. Lámpara vapor de mercurio de alta presión*

### 2.1.3 Lámparas con halogenuros metálicos

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro. Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V). Las excelentes prestaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.



*Ilustración X. Lámpara halogenuros metálicos*

#### **2.1.4. Lámparas de vapor de sodio a alta presión**

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja. Esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas. La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.



*Ilustración XI. Lámparas vapor sodio alta presión*

## **2.2 Lámparas LED**

Son lámparas de estado sólido de diodos emisores de luz. Debido a que la luz capaz de emitir un LED no es muy intensa, estas las lámparas están compuestas por agrupaciones de LED, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada. Hay varias tecnologías de fabricación, como, diodos convencionales LED, OLED (organic light-emitting diodes), PLED (polymer LEDs), etc.

Los LED emiten luz en una banda de longitudes de onda muy estrecha (fuertemente coloreada). El color es característico de la banda prohibida de energía de un material semiconductor usado para fabricar el LED. Hay dos métodos para emitir luz blanca: combinar LED de luz roja, verde y azul, o bien usar alguna sustancia fosforescente.

El primer método se denomina LED RGB, usan diferentes LED cada uno emitiendo una longitud de onda diferente. La ventaja de este método es que la intensidad de cada LED puede ser ajustada para afinar las propiedades de la luz emitida. La mayor desventaja es su alto costo de producción.

## MEMORIA

---

El segundo método, pblEDs, usa un LED de corta longitud de onda (normalmente azul o ultravioleta) en combinación con una sustancia fosforescente, la cual absorbe una porción de la luz azul y emite un espectro más amplio de luz blanca (parecido a una fluorescente). La mayor ventaja aquí es el costo de producción bajo, alto Ra, pero es incapacidad de variar dinámicamente el carácter de la luz. A su vez la conversión de fosforescencia reduce la eficiencia del dispositivo. El bajo costo y el desempeño adecuado lo hace la tecnología más utilizada para la iluminación general hoy en día.

Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de LED deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje CA estándar. Los LED se dañan a altas temperaturas por lo que disponen de disipadores.

Algunas diferencias de los LED' s frente a las lámparas fluorescentes son: no contienen mercurio, su vida útil no se ve afectada por los apagados y encendidos, son más robustas a vibraciones e impactos. También hay que destacar que gracias al pequeño tamaño de las lámparas LED y sus posibilidades de control (sin pérdida de eficiencia), es posible hacer su disposición espacial de manera totalmente flexible.

Las lámparas LED son tan eficientes como las fluorescentes, pero su mayor ventaja es su duración, alrededor de 50000 h (25-30 años con un uso normal) frente a las 8000 h de las fluorescentes. Además presentan una baja disminución de la intensidad lumínica durante su vida.

La larga vida de estas lámparas supone un problema para los fabricantes, cuyos clientes actualmente compran repuestos frecuentemente. Están disponibles LED de diferentes colores. A parte de LED de luz blanca pueden resultar interesantes LED monocromáticos, como los que se usan en los semáforos o en los adornos de navidad.



*Ilustración XII. Luminaria LED integrado*

Las principales características del LED son:

- Muy bajo consumo por su elevada eficacia luminosa.
- Vida útil mucho mayor que el resto.
- Luz fácilmente dirigible con ópticas a medida.
- Niveles de IRC excelentes con temperaturas de color en todo el rango de blancos.
- Posibilidad de programación de efectos luminosos por su encendido y reencendido absolutamente instantáneos, y completamente regulables.
- No presentan prácticamente consumo de reactiva.
- No contiene sustancias nocivas.



El proceso de producción LED es complejo y aún estamos en las primeras generaciones de lámparas LED. Por tanto, hay muchos aspectos donde se puede seguir mejorando, principalmente en la buena reproducción de colores a bajo coste, y en la mejora de las características térmicas, por lo que las previsiones demuestran una bajada de precio.

	Gama de potencias (W)	Vida útil (h)	Eficacia (lm/W)	T <sup>º</sup> Color (K)	IRC (%)	Encendido y Reencendido	Equipo auxiliar
<b>Incandescentes</b>	25-2000	1000	8-21,5	2700	100	Instantáneo	no
<b>Halógena</b>	40-100	2000	15-27	2800	100	Instantáneo	si
<b>Tubos fluorescentes</b>	16-65	5000-6000	48-80	2700-6000	70-98	Instantáneo	si (balasto y cebador)
<b>Fluorescente compacta</b>	7,5-50	8000	57-65	2700-6000	85	Instantáneo	Si (balasto electrónico)
<b>Luz de mezcla</b>	160-500	6000	19-28	3600	60	E: 2min, R: 5-10 min	no
<b>Mercurio A.P.</b>	50-2000	24000	32-60	3500-4500	40-70	E:4-5 min, R:3-6 min	no
<b>Halogenuro metálico</b>	70-3500	10000	75-105	3000-6000	80-90	E: 3-10 min	si (arrancador)
<b>Inducción</b>	70-150	60000	80	3000	>80	Instantáneo	Si (balasto electrónico)
<b>Sodio B.P.</b>	18-180	6000-8000	100-199	-	-	E:15min R:3min	si
<b>Sodio A.P.</b>	35-1000	8000	60-130	2000-2200	25-50	E:5-10min R:1min	si
<b>Sodio Blanco</b>	35-150	12000-15000	40-50	2500	85	E: 12min, R: 3min	Balasto y unidad control
<b>LEDs</b>	1,5-50	50000	60 - 120	2500 - 8000	70 - 98	Instantáneo	Si, incorporado en luminaria

*Ilustración XIII. Tipos de lámparas y características*

### 3. Tipos De Luminarias Para El Sector Industrial

Se define a las luminarias como “aparatos que filtran, distribuyen o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen los accesorios necesarios para alimentarlas”. Las lámparas emiten en casi todas las direcciones, por lo que es necesario redirigir el flujo hacia la superficie de interés, además si las lámparas se encuentran en ambientes agresivos es necesario protegerlas. Dentro de las múltiples funciones de las luminarias, se destacan las siguientes:

#### Ópticas

- Luminancia reducida en determinadas direcciones
- Distribución del flujo en consonancia con las necesidades
- Incremento del rendimiento luminoso.

#### Mecánicas y eléctricas

- Refrigeración y aislamiento térmico
- Facilidad de montaje, desmontaje y limpieza
- Protección contra el polvo, la humedad.
- Protección contra perturbaciones mecánicas

#### Estéticas

- Deben estar en consonancia con el entorno.

Las luminarias se pueden clasificar según su característica eléctrica en:

- **Clase 0:** Aislamiento normal sin toma de tierra
- **Clase I:** Aislamiento normal con toma de tierra
- **Clase II:** Doble aislamiento sin toma de tierra.
- **Clase III:** Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión.

Según la distribución del flujo luminoso:

- **Directa**
- **Semi-directa**
- **General-difusa**
- **Directa-indirecta**
- **Semi-indirecta**
- **Indirecta.**

Según la apertura de haz:

El ángulo de apertura del haz de una luminaria es el ángulo bajo el cual se emite un porcentaje determinado del flujo saliente de la luminaria. En función de la apertura de su haz, se pueden clasificar en las luminarias de interior con distribución del flujo directa en los siguientes tipos.

Angulo de apertura (°)	Tipo de luminaria
0-30	Intensiva
30-40	Semiintensiva
40-50	Dispersora
50-60	Semiextensiva
60-70	Extensiva
70-90	Hiperextensiva

Tabla X. Tipo de luminaria según apertura de haz

Cuando una radiación luminosa incide en un cuerpo real se provocan tres fenómenos esenciales:

**Reflexión:** Se produce cuando al incidir una onda sobre una superficie se produce una reflexión.

**Transmisión:** Es la propagación de las radiaciones a través de los cuerpos transparentes o traslucidos. Si durante esta transmisión hay una diferencia en la densidad del medio se produce la refracción.

**Absorción:** es la energía radiante absorbida por el cuerpo, aumentando así su energía interna.

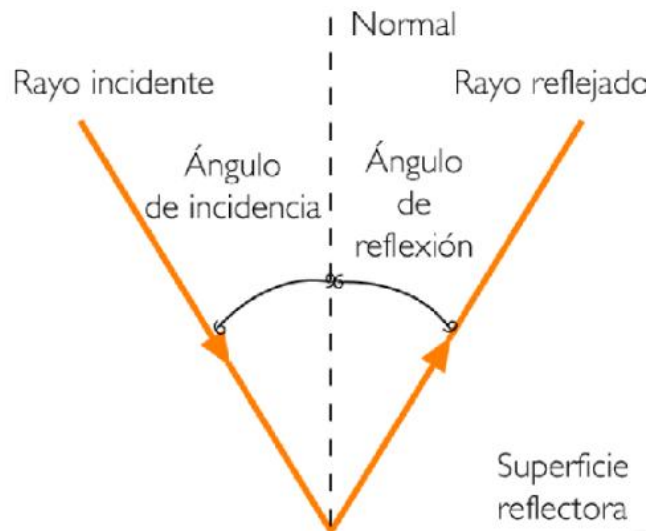


Ilustración XIV. Fenómenos de la luz sobre un cuerpo

## **MEMORIA**

---

A continuación se muestra una breve descripción de las luminarias utilizadas para instalaciones industriales:

Para instalaciones menores a 5 m de altura y en función de la suciedad ambiental y de la humedad de la nave, son típicas:

### **Luminarias estancas fluorescente de 2 x 36W / 2 x 58W**



*Ilustración XV. Luminaria estanca fluorescente*

### **Plafón lineal fluorescente**



*Ilustración XVI. Plafón lineal fluorescente*

### **Plafón lineal LED colgante**



*Ilustración XVII. Plafón lineal LED colgante*

Para montajes superiores a 6m se requiere el uso de lámparas de descarga de alta intensidad o LED.

**Luminaria LED fija**



*Ilustración XVIII. Luminaria LED fija*

**Luminaria LED colgante**



*Ilustración XIX. Luminaria LED colgante*

**Campanas HID**



*Ilustración XX. Campanas de HID*

## **4. Situación Actual En La Nave Bajo Estudio**

Una vez conocidos los diferentes tipos de tecnología lumínica que existen, lo que se debe conocer es dónde vamos a aplicar el estudio. Así, resulta importante conocer el edificio, su posición geográfica y su orientación, así como identificar las diferentes actividades que se van a desarrollar en sus locales. Es importante conocer los horarios, los periodos de ausencia, la edad de los usuarios, etc.

A continuación se va a describir el proceso que hemos seguido para afrontar el estudio de un sistema de iluminación:

a) Una vez definidas las áreas de trabajo, se deben identificar las diferentes actividades que se van a desarrollar en su interior. Dentro de cada gran grupo de actividad (edificio de oficinas, centros educativos, hospitales, producción, hoteles y gastronomía, mayoristas y minoristas, exposición, etc.); hay que señalar la actividad y características de cada local.

b) Hay que comprobar en la normativa los valores luminotécnicos que se deben superar. Los más importantes son la iluminancia, que nos indica el nivel de iluminación; el valor de eficiencia energética o VEEI, el valor del deslumbramiento UGR y la uniformidad.

c) Diseño en ordenador mediante el software DIALux, atendiendo a:

- i. Dimensiones físicas: número de paredes, altura de techos, etc.
- ii. Características constructivas del techo, paredes y suelo: grado de reflexión, color, transparencia, rugosidad, brillo, etc.
- iii. Objetos y sus propiedades.
- iv. Texturas.
- v. Superficies de cálculo. Son las superficies a tener en cuenta cuando se realiza un cálculo. Su posición y dirección dependen del uso del local.

d) Duplicar local (para poder probar con distintas luminarias)

e) Elección de luminarias

f) Simulación (se verá un ejemplo posteriormente)

g) Comprobación de resultados

h) Evaluación energética

i) Análisis económico

Por tanto, arrancando con el primero de los puntos, cabe señalar que la nave quedará dividida en diferentes zonas para poder analizar los valores lumínicos y determinar las condiciones de iluminancia actuales. Para ello se utilizará el método de los nueve puntos que se basan en la idea de calcular la iluminancia en unos cuantos puntos representativos llamados nodos. Para ello, se dividirá la zona a estudiar en pequeñas parcelas llamadas dominios, cada una con su correspondiente nodo, en las cuales supondremos la iluminancia uniforme.

La iluminancia total se calculará como una media ponderada de las iluminancias de cada dominio. El número de particiones que hagamos dependerá de la precisión que se desee obtener.

➤ **Zona 1: Pasillo central**

La iluminación del pasillo central debe ser óptima para poder observar todos los productos, pasillos y las diferentes cabeceras comerciales para proporcionar al cliente una buena visibilidad y realzar la estética del producto. Para zonas de alumbrado general es recomendable valores entre 300 y 600 lux.

La zona del pasillo central está alumbrada mediante luminarias de halogenuros metálicos de 400W.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A (lux)	350	370	361	370	400	405	380	355	357
B (lux)	350	368	365	378	410	390	388	371	375
C (lux)	354	380	348	370	400	400	390	365	365
Media (lux)	351,3	372,6	358	358	403,3	398,3	386	363,7	365,6
$\Sigma m$ (lux)	373								
UM (lux)	0,93								

Tabla XI. Valores lumínicos en pasillo central



Ilustración XXI. Pasillo central

## MEMORIA

### ➤ Zona 2: Cajas

La iluminación de zonas de cajas debe proporcionar a los asistentes de las tiendas un entorno de trabajo que fomente la labor con concentración y libre de deslumbramiento. Para los mostradores y líneas de caja es recomendable valores entre 500 y 900 lux.

La zona de cajas está alumbrada mediante luminarias de halogenuros metálicos de 400W además de luminarias colgantes de LED, instaladas recientemente.

Como se puede observar en la tabla de mediciones, la iluminancia media y la uniformidad es adecuada para el tipo de actividad que se realiza, por lo que no será necesario proponer una alternativa.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>A (lux)</b>	690	720	710	740	716	751	731	730	724
<b>B (lux)</b>	694	720	712	740	717	751	730	733	724
<b>C(lux)</b>	693	722	710	740	717	752	730	733	723
<b>Media (lux)</b>	692,33	720,67	710,67	740	716,67	751,33	730,33	732	723,67
<b>ΣM (lux)</b>	724								
<b>UM (lux)</b>	0,98								

*Tabla XII. Valores lumínicos en zona de cajas*



*Ilustración XXII. Línea de cajas*



➤ **Zona 3: Entrada. Zona de recepción**

La iluminación de entrada moderna es más que solamente luz. Ésta llama la atención, guía a los clientes hacia el interior de la tienda, genera una atmósfera acogedora en la puerta de entrada y es el punto de inicio de cualquier experiencia de compras.

La iluminación adecuada genera efectos lumínicos en la entrada, sitúa los productos y marcas bajo la luz apropiada y proporciona una atmósfera acogedora de entrada con escenarios de color inteligentes.

Al igual que en zona de cajas, se recomienda una iluminancia entre 500 y 900 lux para los mostradores de recepción.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>A (lux)</b>	540	560	583	583	542	573	541	566	523
<b>B (lux)</b>	547	560	583	569	538	565	542	566	523
<b>C (lux)</b>	545	565	583	569	542	568	542	566	526
<b>Media (lux)</b>	544	561,67	583	573,67	540,67	568,67	541,67	566	524
<b>ΣM (lux)</b>	555								
<b>UM (lux)</b>	0,94								

Tabla XIII. Valores lumínicos zona de recepción



Ilustración XXIII. Zona de recepción

## MEMORIA

### 5. Opciones o Alternativas Contempladas

La iluminación de naves de techos altos suele plantear diversos problemas ya que se debe reducir la exposición al resplandor, limitar los reflejos y cumplir los requisitos legales en cuanto a niveles de iluminación. Por lo tanto, para iluminar naves con techos superiores a 6m se pueden estudiar dos alternativas que mejoran la situación actual.

- **Lámparas fluorescentes T-5**
- **Lámparas LED**

Hasta hace muy poco, la tecnología LED no era una opción debido a sus altos precios. Sin embargo, la iluminación LED para los edificios de techos altos se encuentra hoy a precios asequibles en el mercado, lo cual permite proporcionar una luz de calidad a un precio más que razonable. Con una luz de calidad, los empleados y los clientes se sienten mejor en su entorno de trabajo, y se cumplen las normas de seguridad a un coste competitivo.

Tal y como puede verse en la tabla XIV, la iluminación mediante luminarias LED asegura al menos un 50% de ahorro, además de ventajas como el encendido instantáneo y una vida aproximada de 50.000 horas que puede llegar a ser el triple de duración que las lámparas fluorescentes. Todas estas características, además del uso de diferentes sistemas de control que no son admitidos por la tecnología fluorescente, provocan que las luminarias LED sean la mejor opción para iluminar la nave.

TIPO DE LUMINARIA	LED	FLUORESCENCIA
<b>IRC</b>	>70	70
<b>Vida útil</b>	50.000h	3000h
<b>Factor de potencia</b>	>95%	>75%
<b>Encendido instantáneo</b>	Si	No, hay que esperar hasta que el arrancador encienda el tubo y pase un tiempo hasta que alcance la luminosidad esperada
<b>Atenuación</b>	Menos del 3% en 10.000h	Aproximadamente el 30% en 3000h
<b>Temperatura de trabajo</b>	De -20 °C a 50 °C	De 5 °C a 45 °C
<b>Eficacia (lm/w)</b>	90/110 lm/W	60/80 lm/W
<b>Radiación</b>	No	Si, radiación Ultravioleta/ Infrarrojo

*Tabla XIV. Tabla XIV. Características LED vs fluorescencia*

Una vez escogido el tipo de tecnología que se empleará para la iluminación de la nave, se ha barajado diferentes posibilidades para la zona de la sala de ventas.

**1) Luminaria Industrial LED alta eficiencia SITECO**

	Luminaria Industrial LED alta eficiencia SITECO
<b>Vatios nominales</b>	170 W
<b>Flujo de luz</b>	13.500 lum
<b>Tº de color</b>	4200 K
<b>Tensión nominal</b>	220-240 V
<b>Frecuencia</b>	50-60 Hz
<b>Factor de potencia</b>	0.93
<b>Vida útil</b>	45.000 h
<b>Precio</b>	378 €

*Tabla XV. Características luminaria SITECO*



*Ilustración XXIV. Luminaria SITECO*

**MEMORIA**

---

**2) Luminaria E-Core LED Highbay TOSHIBA**

	<b>Luminaria LED HIGHBAY TOSHIBA</b>
<b>Vatios nominales</b>	150 W
<b>Flujo de luz</b>	12.000 lum
<b>Tº de color</b>	4000 K
<b>Tensión nominal</b>	220-240 V
<b>Frecuencia</b>	50-60 Hz
<b>Factor de potencia</b>	0.95
<b>Vida útil</b>	60.000 h
<b>Precio</b>	250 €

*Tabla XVI. Características luminaria TOSHIBA*



*Ilustración XXV. Luminaria TOSHIBA*

### 3) Luminaria LED UFO PHILIPS

	Luminaria LED UFO PHILIPS
Vatios nominales	160 W
Flujo de luz	18.500 lum
Tº de color	6000 K
Tensión nominal	220-240 V
Frecuencia	50-60 Hz
Factor de potencia	>0,90
Vida útil	50.000 h
Precio	341 €

Tabla XVII. Características luminaria PHILIPS



Ilustración XXVI. Luminaria PHILIPS

## **6. Solución Adoptada**

Una vez contemplados los tres tipos de luminaria adecuados para la zona de sala de ventas, se escogerá la alternativa 2 debido a su precio y al flujo lumínico que genera. La diferencia de precio tan destacable entre la alternativa 1 y 3 con la alternativa 2 se basa en el precio final que el fabricante Toshiba ha acordado con la sede de Leroy Merlin, ya que se trata de un fabricante que trabaja muchos productos con la tienda de bricolaje.

### ➤ **Zona 1. Pasillo central**

Sustitución de las luminarias actuales y sus equipos auxiliares por el “E-Core LED Highbay 12000 150W” de Toshiba. Se trata de una luminaria industrial extremadamente robusta y eficaz. Es especialmente apropiado para la iluminación de espacios industriales y otras áreas de gran tamaño. Carcasa de aluminio fundido en color plateado, con difusor de vidrio plano y alta resistencia a impactos. Instalación suspendida. La unidad de control está integrada en la luminaria. La luminaria se puede regular.



*Ilustración XXVII. Luminaria LED seleccionada*

### ➤ **Zona 3. Entrada. Zona de recepción.**

Extremadamente fino, totalmente homogéneo y muy eficiente. El “E-CORE LED Panel 2 41W” es sinónimo de iluminación general moderna. Con un flujo luminoso de hasta 3.500 lm, excelente calidad lumínica y cumplimiento de la norma EN 12464, esta discreta luminaria es ideal para una amplia gama de zonas representativas y funcionales.

El E-CORE LED Panel 2 puede colocarse empotrado en techos de paneles estándar de 600 y 625 mm; además, puede convertirse fácilmente en un elegante panel suspendido usando el kit de suspensión adicional

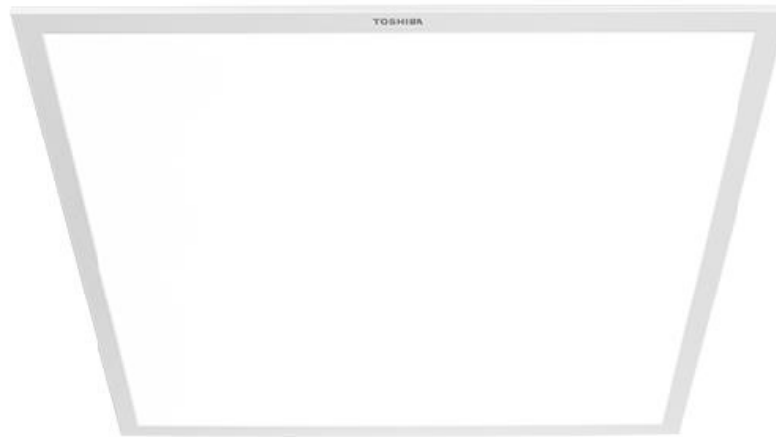


Ilustración XXVIII. Panel LED seleccionado

Tras la simulación realizada en DIALux se obtiene el plano general de tienda donde se pueden observar el diagrama isolux.

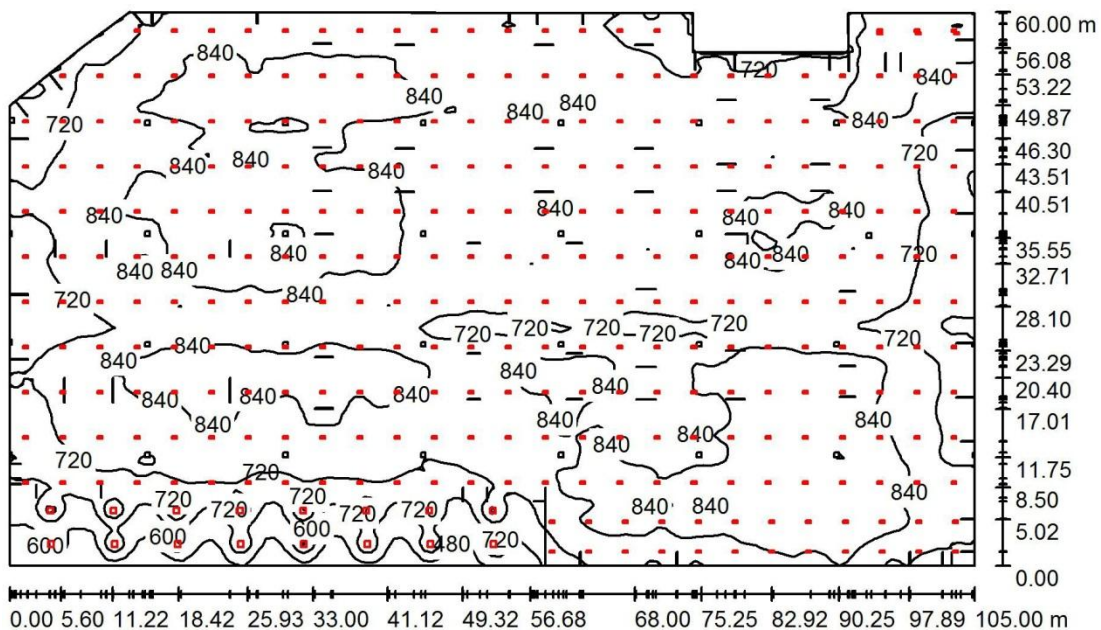


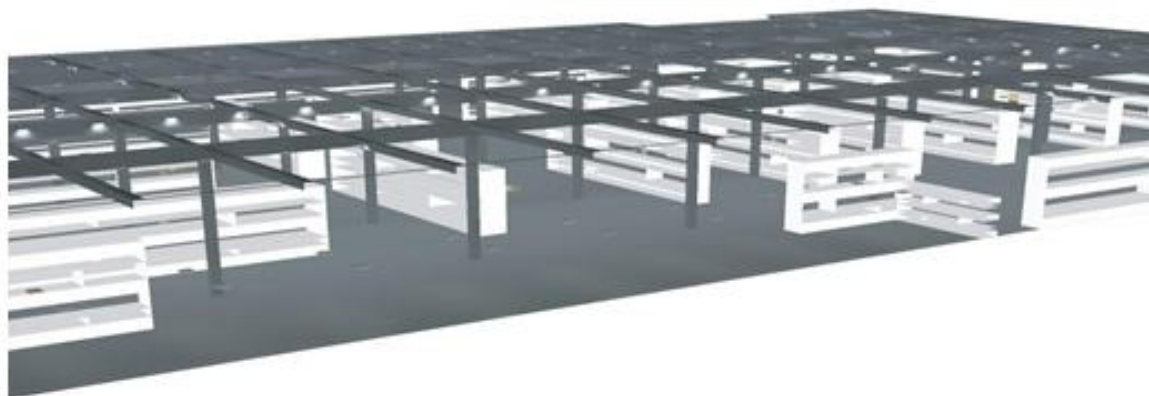
Ilustración XXIX. Diagrama Isolux tienda

El Valor de Eficiencia Energética de una Instalación (VEEI) se mide en W/m<sup>2</sup> por cada 100 lux. Se calcula como el cociente del producto de la potencia por cien, entre la superficie por la Iluminancia media horizontal mantenida. Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en el Documento Básico HE, y para las tiendas se establece que este valor debe ser inferior a 8. El Valor de eficiencia energética de la nave en estudio es de  $7.51 \text{ W/m}^2 = 0.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$ , por lo que se cumple la normativa.

## MEMORIA

Las naves industriales suelen ser lugares difíciles de iluminar debido a su estructura interna que generalmente no favorece la entrada de luz natural. Además los techos altos alejan los puntos de iluminación del plano de trabajo, lo que dificulta asegurar una uniformidad correcta.

Por tanto, para modelar la nave en Dialux y realizar un correcto estudio lumínico, se ha modelado todos los elementos que puedan afectar para una correcta iluminación. A continuación se observa la distribución actual de la nave de Leroy Merlin.



*Ilustración XXX. Estructura y distribución de los principales racks de la nave*

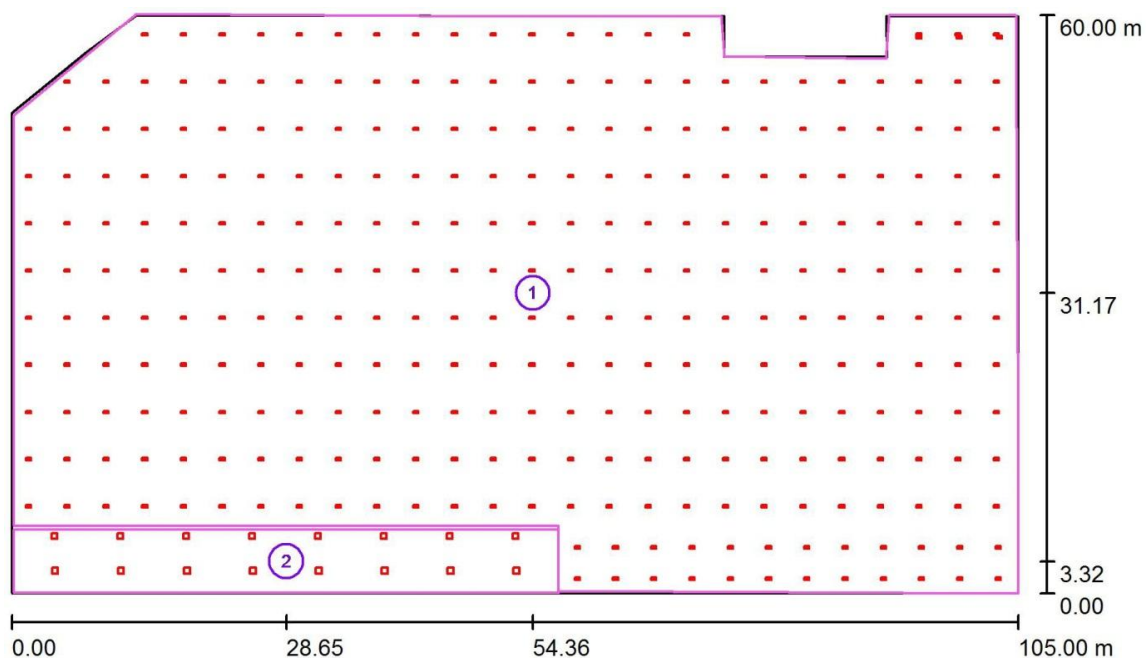
Una vez plasmada la nave en Dialux, se ha insertado la luminaria LED Toshiba HighBay para la sala de ventas y el panel E-CORE LED para la zona de recepción. Tras la simulación se han obtenido los siguientes resultados:

<i>N</i>	<i>Designación</i>	<i>Tipo</i>	<i>Trama</i>	<i>E<sub>m</sub></i>	<i>E<sub>min</sub></i>	<i>E<sub>max</sub></i>	<i>E<sub>min</sub> / E<sub>m</sub></i>	<i>E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub></i>
<i>1</i>	<i>Superficie de cálculo tienda</i>	<i>perpendicular</i>	<i>128 x 128</i>	<i>766</i>	<i>611</i>	<i>853</i>	<i>0.632</i>	<i>0.734</i>
<i>2</i>	<i>Entrada tienda</i>	<i>perpendicular</i>	<i>128 x 16</i>	<i>680</i>	<i>555</i>	<i>804</i>	<i>0.715</i>	<i>0.69</i>

Como se puede observar, se obtiene una iluminación media en la sala de ventas de 766 lux con una uniformidad de 0,734, mientras que en la entrada de tienda se obtiene un nivel medio de 680 lux con uniformidad de 0,69. Se trata de valores adecuados para las tareas que se realizan en cada uno de los dos espacios analizados.

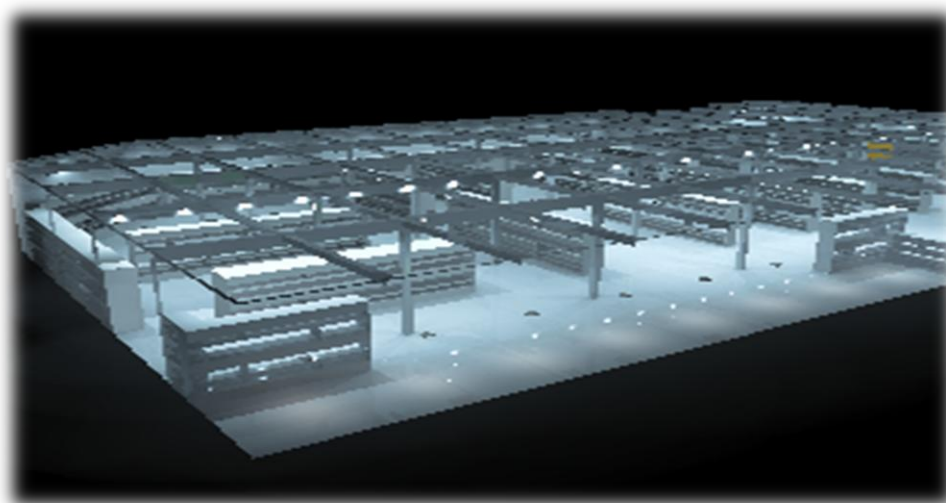


A continuación se muestra la planta de la nave donde se puede observar la ubicación de las luminarias. La zona 1 se trata de la sala de ventas iluminada a través de la luminaria LED Toshiba HighBay, mientras que la zona 2 se trata de la zona de recepción iluminada por los paneles E-CORE LED.



*Ilustración XXXI. Ubicación de las luminarias*

Finalmente, se muestra un ejemplo de la nave iluminada con las nuevas luminarias.



*Ilustración XXXII. Renderizado final de la nave con las nuevas luminarias*



### III. DISEÑO DE PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA

Las fuentes de energía renovable han sido aprovechadas por el hombre desde hace mucho tiempo, básicamente acompañadas de la energía animal, y su empleo continuó durante toda la historia hasta la llegada de la “Revolución Industrial”, en la que la aparición del carbón, con una densidad energética muy superior a la de la biomasa y su menor precio, desplazó a estas. Posteriormente, el petróleo fue desplazando en muchas aplicaciones al carbón debido a su mayor limpieza, mayor poder calorífico y su carácter fluido. En el siglo XX aparece un nuevo recurso, más limpio y con mayores reservas, el gas natural, del que se dice será la energía del siglo XXI, con lo que es de suponer que también sufrirá una crisis a lo largo de este siglo.

Durante los últimos años, precisamente pensando en el futuro agotamiento de las fuentes de energía fósiles, en la gran dependencia exterior de muchos países de estas, en el progresivo incremento de su coste y en los problemas medioambientales derivados de su explotación, transporte y consumo, se está produciendo un renacer de las energías renovables.

Las energías renovables son aquellas que se producen de manera continua y son inagotables a escala humana. Además tienen la ventaja adicional de poder complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas. Son respetuosas con el medio ambiente, y aunque ocasionen efectos negativos sobre el entorno, son mucho menores que los impactos ambientales de las energías convencionales como combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), energía nuclear, etc.

Las energías renovables son parte de la energía que el sol aporta a la Tierra en cada momento. El sol es la fuente de energía de la tierra, se recibe en forma de radiación que retiene la atmósfera y permite que la tierra se mantenga una temperatura más o menos constante posibilitando que haya vida.

La radiación solar además de proporcionar luz, también se transforma en biomasa por medio del efecto de la fotosíntesis, en viento por los gradientes térmicos que se producen en la atmósfera o en energía hidráulica por la evaporación de los mares.

Dentro del marco de las energías renovables se pueden destacar ñas que tienen un mayor desarrollo tecnológico y por tanto mayores posibilidades de competir en el mercado. El solo está presente en todas ellas.

Con las energías renovables se pueden obtener las dos formas de energía más utilizadas: calor y electricidad. El impacto medioambiental en la generación de electricidad de las energías convencionales es 31 veces superior al de las energías renovables.

La energía solar directa es la energía del Sol sin transformar, que calienta e ilumina. Necesita sistemas de captación y de almacenamiento y aprovecha la radiación del sol de varias maneras:

- **Utilización directa:** mediante la incorporación de acristalamientos y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica, es la llamada energía solar térmica pasiva.
- **Transformación en calor:** es la llamada energía solar térmica, que consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos. Este fluido se puede destinar para el agua caliente sanitaria (ACS), dar apoyo a la calefacción para atemperar piscinas, etc.
- **Transformación en electricidad:** es la llamada energía solar fotovoltaica que permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaicas integrantes de módulos solares. Esta electricidad se puede utilizar de manera directa, se puede almacenar en acumuladores para un uso posterior, e incluso se puede introducir en la red de distribución eléctrica.

## MEMORIA

---

### RADIACION SOLAR

El sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 5500°C, en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del Sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación solar.

La radiación en el sol es 63.450.720 W/m<sup>2</sup>. Si suponemos que el sol emite en todas direcciones y construimos una esfera que llegue hasta la atmósfera terrestre, es decir, que tenga un radio de la distancia 149,6 millones de Km podremos determinar cuál es la radiación en este punto. Este valor de la radiación solar recibida fuera de la atmósfera sobre una superficie perpendicular a los rayos solares es conocido como constante solar (1353 W/m<sup>2</sup>).

### TIPOS DE RADIACION SOLAR

En función de cómo inciden los rayos en la Tierra se distinguen tres componentes de la radiación solar:

- **Directa:** Es la recibida desde el Sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.
- **Difusa:** Es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmósfera.
- **Albedo:** Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

Aunque las tres componentes están presentes en la radiación total que recibe la Tierra, la radiación directa es la mayor y más importante en las aplicaciones fotovoltaicas. Cuando la radiación directa no puede incidir sobre una superficie debido a un obstáculo, el área en sombra también recibe radiación gracias a la radiación difusa.

Las proporciones de radiación directa, difusa y albedo que recibe una superficie dependen de:

- **Condiciones meteorológicas:** en un día nublado la radiación es prácticamente difusa, mientras que en uno soleado es directa.
- **Inclinación de la superficie** respecto al plano horizontal: una superficie horizontal recibe la máxima radiación difusa y la mínima reflejada.
- **Presencia de superficies reflectantes:** Las superficies claras son las más reflectantes por lo que la radiación reflejada aumenta en invierno por el efecto de la nieve.

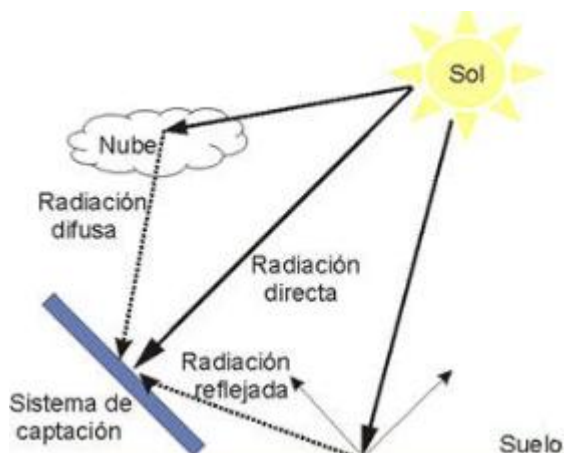


Ilustración XXXIII. Tipos de radiación solar

## MOVIMIENTO DEL SOL

El sol dibuja trayectorias diferentes según la estación del año. En invierno sube poco y en verano mucho, lo que hace que las sombras sean diferentes en unas estaciones y en otras. Para conocer el movimiento del Sol se utilizará un sistema de coordenadas con dos ángulos, que permite saber en cada momento donde se encuentra.

- **Altura solar:** es el ángulo formado por la posición aparente del sol en el cielo con la horizontal del lugar.
- **Azimut solar:** es el ángulo horizontal formado por la posición del sol y la dirección del verdadero sur.

Para obtener el azimut y la altura solar, se utilizan unas tablas que definen dichas coordenadas en función del día del año, de la hora solar y de la latitud, con las que se puede saber la posición del sol en cada momento lo que permite calcular las sombras que producen los objetos en determinados momentos, o puede ayudar a programar un sistema de seguimiento solar.

Para conseguir la mayor producción de una instalación interesa que los paneles solares estén en todo momento perpendiculares a los rayos solares, para lo que el sistema deberá tener dos grados de libertad.

## TIPO DE INSTALACION

**Sistemas aislados:** Tienen como objeto satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica de aquellos lugares donde no existe red eléctrica de distribución o ésta es de difícil acceso. Los sistemas aislados normalmente están equipados con sistemas de acumulación de energía, ya que solo pueden proporcionar energía durante el día y la demanda se produce a lo largo del día y de la noche. Esto implica que el campo fotovoltaico ha de estar dimensionado de forma que permita, durante las horas de insolación, la alimentación de la carga y la recarga de las baterías de acumulación. Los principales componentes son:

- Módulos fotovoltaicos
- Regulador de carga
- Sistema de acumulación
- Inversor

## MEMORIA

---

- Elementos de protección del circuito

También hay aplicaciones aisladas que no requieren la utilización de acumuladores, y por tanto funcionan siempre que haya sol, como por ejemplo un sistema de bombeo de agua.

**Sistemas de conexión a red:** Estos sistemas no tienen sistemas de acumulación ya que la energía que producen durante las horas de insolación es canalizada a la red eléctrica. Estas instalaciones cuentan con sistemas de seguimiento del estado de la tensión de la red de distribución, de manera que se garantice el correcto funcionamiento de las mismas en lo referente a la forma de entregar la energía, tanto en modo como en tiempo, evitando situaciones peligrosas.

Por otra parte, se eliminan las baterías que son la parte más cara y compleja de una instalación. Los principales componentes son:

- Módulos fotovoltaicos
- Inversor para la conexión a red
- Elementos de protección del circuito
- Contador de energía.

**Sistemas híbridos:** En algunos casos el sistema fotovoltaico aislado se puede complementar con otro a fin de tener mayores garantías de disponer electricidad. Cuando un sistema fotovoltaico además del generador incorpora otro generador de energía se denomina sistema híbrido, y en general se utiliza la energía eólica o los grupos electrógenos. Estas combinaciones se dan para aprovechar algún recurso energético localizado cerca de la instalación o para tener mayor fiabilidad en el suministro de energía. La configuración de los sistemas híbridos puede ser variable, y depende del tipo de equipos que se empleen para adaptar la potencia necesaria.

## CURVAS CARACTERISTICAS

La representación típica de la característica de salida de un dispositivo fotovoltaico (célula, modulo, sistema) se denomina curva intensidad – tensión (curva I-V).

La corriente y la tensión a las que opera un dispositivo fotovoltaico están determinadas por la radiación solar incidente, la temperatura ambiente y las características de la carga conectada al mismo.

La curva intensidad-tensión que define el comportamiento de una célula fotovoltaica es la representada en la figura:

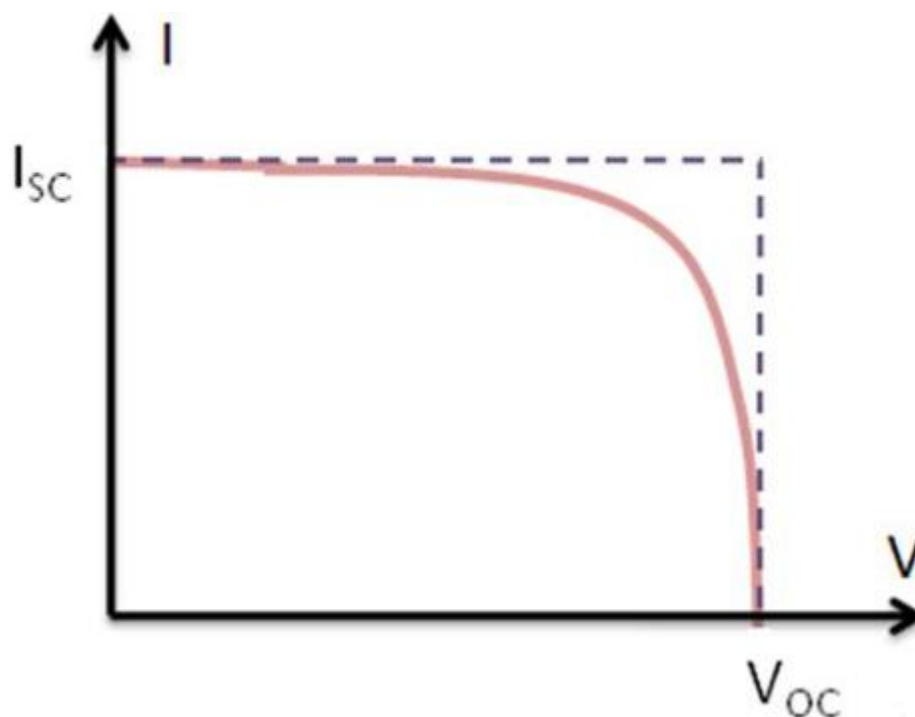


Ilustración XXXIV. Curva característica I-V

- Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ): es la máxima corriente que puede entregar una célula a tensión nula, en determinadas condiciones de radiación y temperatura. Se puede medir directamente con un amperímetro conectador a la salida de la célula fotovoltaica.
- Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ): es la máxima tensión que puede entregar una célula a corriente nula, en determinadas condiciones de radiación y temperatura. Su medida se realiza conectando un voltímetro entre bornes.
- Potencia de pico ( $P_p$ ): es la máxima potencia que puede suministrar una célula, y corresponde al punto de la curva donde el producto de la tensión por la corriente es máximo. Todos los restantes puntos de la curva generan valores inferiores.

Hay que tener en cuenta que la tensión varía en función de la temperatura y la corriente que la célula suministra a una carga exterior es proporcional a la intensidad de la radiación y a la superficie de la célula.

## **1. Elementos De Una Instalación Fotovoltaica Conectada A Red**

Un Sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica.

Hay diferentes opciones para construir un sistema fotovoltaico, pero esencialmente hay los siguientes componentes:

- **Generador fotovoltaico:** Encargado de captar y convertir la radiación solar en corriente eléctrica mediante módulos fotovoltaicos.
- **Baterías o acumuladores:** Almacenan la energía eléctrica producida por el generador fotovoltaico para poder utilizarla en periodos en los que la demanda exceda la capacidad de producción del generador fotovoltaico.



*Ilustración XXXV. Batería solar de gel*

- **Regulador de carga:** Es un equipo raro en instalaciones conectadas a red ya que se usan principalmente en sistemas aislados. Se encarga de proteger y garantizar el correcto mantenimiento de la carga de la batería y evitar sobretensiones que puedan destruirla. Los reguladores solares normales adaptan el funcionamiento de los paneles a la tensión de carga de la batería en cada momento, según su estado de descarga. Hay dos tipos:
  - o PWM: los módulos trabajan a la tensión que esté cargada la batería, lo cual se traduce en pérdidas de energía. En cuanto la batería llega a la tensión señalada, impide el contacto entre módulos y batería para evitar una sobrecarga.



*Ilustración XXXVI. Regulador de carga PWM*



- MMPT: Este modelo incluye un controlador del punto de máxima potencia y un transformador CC-CC que convierte la corriente continua de alta tensión a corriente continua de más baja tensión a la hora de cargar la batería. Este regulador trabaja con los módulos a la tensión que más se adecue en el momento para extraer la máxima potencia.
  
- **Inversor o acondicionador de la energía eléctrica:** Se encarga de transformar la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna, necesaria para alimentar algunas cargas o para introducir la energía producida en la red de distribución eléctrica. Debido al elevado coste que supone una instalación fotovoltaica, los inversores deben tener un alto rendimiento y fiabilidad. El rendimiento de los inversores oscila entre el 90-99% y dicho rendimiento depende de la variación de la potencia de la instalación, por lo que se intentará que el inversor trabaje con potencias cercanas o iguales a la nominal. Uno de los parámetros importantes que definen un inversor es el rango de tensiones al cual puede funcionar con mayor rendimiento, ya que la tensión que suministran los paneles no siempre es la misma y depende de la temperatura por lo que podríamos obtener tensiones superiores o inferiores a la tensión nominal de funcionamiento.
  
- **Elementos de protección del circuito:** como interruptores de desconexión, diodos de bloqueo, dispuestos entre diferentes elementos del sistema para proteger la descarga y derivación de elementos en caso de fallo o situaciones de sobrecarga.

Puede haber la necesidad de un generador auxiliar para complementar la energía del generador fotovoltaico cuando éste no pueda mantener la demanda y no pueda ser interrumpida.

## 1.1 Célula fotovoltaica y paneles

Los paneles o módulos fotovoltaicos son un conjunto de células conectadas convenientemente de forma que reúnan unas condiciones determinadas que los hagan compatibles con las necesidades y equipos existentes en el mercado.

Los módulos proporcionan a las células:

- Resistencia mecánica
  
- Protección contra los agentes ambientales externos
  
- Aislamiento eléctrico que garantiza su duración y la seguridad de las personas y animales que se encuentran en su entorno.

Uno de los objetivos principales de los módulos respecto a las células es favorecer la máxima captación solar evacuando el calor para mejorar el rendimiento.

Las células que se utilizan para construir un panel fotovoltaico han de tener los mismos parámetros eléctricos para que no se produzcan descompensaciones que limiten su funcionamiento. La intensidad de toda una rama de células conectadas en serie queda limitada por la célula que tenga menor intensidad de corriente, por eso son muy importantes los ensayos finales que permitan clasificar y garantizar la igualdad de los parámetros y características eléctricas de las células.

El módulo fotovoltaico tiene varias capas que recubren a las células tanto por arriba como por abajo, dándoles protección mecánica y contra agentes ambientales, sobre todo contra el agua que puede llegar a causar la oxidación de los contactos que inutilizarían la célula.

## MEMORIA

---

La cubierta superior es de un vidrio templado especial, resistente a los golpes y con una superficie exterior sumamente lisa para que no retenga la suciedad. Es muy importante su calidad óptica para asegurar mayor transparencia a la radiación solar.

La cubierta inferior suele ser opaca y solo tiene una función de protección contra los agentes externos. Se suelen utilizar materiales sintéticos, Tedlar u otro vidrio

Entre las dos cubiertas y envolviendo las células y las conexiones eléctricas, se encuentra el materiales encapsulante, que debe ser transparente a la radiación solar, no alterarse con la radiación ultravioleta y no absorber humedad. Además, protege a las células ante posibles vibraciones y sirve de adhesivo a las cubiertas.

Todo esto, se monta sobre un soporte metálico, de aluminio anodizado o acero inoxidable, que confiere al panel rigidez y protección mecánica sobre todo contra el viento. Por último, se encuentran los elementos eléctricos externos que permiten interconectar los paneles entre sí y con la instalación eléctrica exterior.

Las células fotovoltaicas más utilizadas son las construidas con silicio monocristalino, aunque existen diversos procedimientos y tipos de materiales para su construcción. Hay una serie de aspectos que afectan a todos los materiales semiconductores.

- **Cristalinidad:** Indica la ordenación de los átomos en la estructura cristalina. El silicio, como otros materiales, puede aparecer en varias formas: monocristalino, policristalino o amorfo.
- **Coefficiente de absorción:** Indica como la luz lejana, que tiene una longitud de onda específica, puede penetrar el material antes de ser absorbida. Un coeficiente de absorción pequeño significa que la luz no es absorbida fácilmente por el material.
- **Coste y complejidad de fabricación:** Varían dependiendo del material o materiales utilizados en las capas del semiconductor según la necesidad de trabajar en un ambiente determinado, la cantidad y tipo de material utilizado.

Según el material de los paneles existen tres tipos de módulos solares:

- **Silicio puro mono cristalino:** Presentan una estructura completamente ordenada. Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro. Es de difícil fabricación y su rendimiento oscila entre 15-18%.
- **Silicio puro policristalino:** Presentan una estructura ordenada por regiones separadas. Se obtiene de igual forma que la de silicio monocristalino pero con menos fases de cristalización. Los enlaces irregulares de las fronteras cristalinas disminuyen el rendimiento de la célula, aun así el rendimiento oscila entre el 12-14%.
- **Amorfo:** Presenta un alto grado de desorden, conteniendo un gran número de defectos estructurales y de enlaces. Su proceso de fabricación es más simple que en los anteriores y menos costoso y son eficientes bajo iluminación artificial. Su rendimiento es menor del 10%.



*Ilustración XXXVII. Panel izq. monocristalino vs panel dcha. Policristalino*

## 1.2 Inversores

El inversor o acondicionador de la energía eléctrica se encarga de transformar la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna, necesaria para alimentar algunas cargas o para introducir la energía producida en la red de distribución eléctrica. Debido al elevado coste que supone una instalación fotovoltaica, los inversores deben tener un alto rendimiento y fiabilidad. El rendimiento de los inversores oscila entre el 90-99% y dicho rendimiento depende de la variación de la potencia de la instalación, por lo que se intentará que el inversor trabaje con potencias cercanas o iguales a la nominal.

Uno de los parámetros importantes que definen un inversor es el rango de tensiones al cual puede funcionar con mayor rendimiento, ya que la tensión que suministran los paneles no siempre es la misma y depende de la temperatura por lo que podríamos obtener tensiones superiores o inferiores a la tensión nominal de funcionamiento.

En función de cómo se realice la conversión se pueden encontrar varios tipos:

- **Inversores de onda cuadrada:** la mayoría de los inversores funcionan haciendo pasar la corriente continua a través de un transformador, primero en una dirección y luego en otra. El dispositivo de conmutación que cambia la dirección de la corriente debe actuar con rapidez. A medida que la corriente pasa a través de la cara primaria del transformador, la polaridad cambia 100 veces cada segundo. Como consecuencia, la corriente que sale del secundario del transformador va alternándose, en una frecuencia de 50 ciclos completos por segundo. La dirección del flujo de corriente a través de la cara primaria del transformador se cambia muy bruscamente, de manera que la forma de onda del secundario es

## MEMORIA

---

"cuadrada", representada en la figura mediante color morado. Los inversores de onda cuadrada son más baratos, pero normalmente son también los menos eficientes. Producen demasiados armónicos que generan interferencias (ruidos).

- **Inversores de onda senoidal modificada:** Son más sofisticados y caros, y utilizan técnicas de modulación de ancho de impulso (PWM). El ancho de la onda es modificada para acercarla lo más posible a una onda senoidal. La salida no es todavía una auténtica onda senoidal, pero está bastante próxima. Son los que mejor relación calidad/precio ofrecen.
- **Inversores de onda senoidal:** Dada las exigencias de la red eléctrica, todas las instalaciones conectadas a red llevan este tipo de equipo. Cuentan con una electrónica más específica, por lo que se puede conseguir una onda senoidal pura. Últimamente se han desarrollado nuevos inversores senoidales con una eficiencia del 90% o más. Su coste es mucho más elevado que el de los inversores menos sofisticados.



*Ilustración XXXVIII. Inversor onda senoidal pura*

### 1.3 Estructura Soporte

La estructura solar es un elemento necesario para colocar los paneles con la inclinación y orientación adecuada para conseguir el mejor rendimiento posible en la instalación solar. Se pueden utilizar estructuras de aluminio o de acero, siendo la primera la más utilizada actualmente debido a su facilidad de transporte y de traslado hasta el tejado o las terrazas.

Los puntos de sujeción para los módulos deberán ser suficientes, de manera que no se puedan producir flexiones superiores a las contempladas por el fabricante. En función del tipo de estructura se encuentran diferentes soluciones:

- **Estructura de captación solar fija:** Se trata de la más fácil de instalar ya que no necesita ninguna parte móvil. El principal inconveniente es que al encontrarse fijo no se puede aprovechar toda la radiación solar, provocando que la máxima producción sea solamente durante las horas pico.
- **Estructura de captación solar móvil:** Son sistemas que consisten en soportes movidos a través de motores y controlados mediante sistemas electrónicos con la capacidad de soportar un número de módulos por unidad de superficie. Mediante este sistema, se puede localizar la posición del sol de forma automática, de tal manera que el sol incida perpendicularmente el mayor tiempo posible. El principal inconveniente es su elevado coste económico pero su ventaja es un mayor aprovechamiento de la energía solar con una mejora de la producción y venta a la red. Dentro de las estructuras móviles se puede diferenciar:

- Sistema con seguimiento 1 eje: Realizan un cierto seguimiento solar. La rotación del soporte se hace por medio de un solo eje, ya sea horizontal, vertical u oblicuo. En este caso, solo se podrá seguir la inclinación o el azimut del Sol, pero no ambas a la vez.
- Sistema con seguimiento 2 ejes: Con este sistema ya es posible realizar un seguimiento completo del sol, tanto en altitud como en azimut y siempre se conseguirá que la radiación solar incida perpendicularmente a las placas.

## 1.4 Cableado y Protecciones

Además de las protecciones existentes en el inversor, se ha de proporcionar seguridad a los elementos que componen la planta fotovoltaica así como al personal de mantenimiento de la instalación.

Dichas protecciones se realizarán siguiendo la normativa vigente para instalaciones fotovoltaicas, según el RD 1663/2000 y al REBT:

- Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
- Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte de continua de la instalación.
- Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.
- Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).
- Estas protecciones podrán ser precintadas por la empresa distribuidora.
- El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica será automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora.
- Podrán instalarse en el inversor las funciones de protección de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y en tal caso las maniobras automáticas de desconexión-conexión serán realizadas por éste. En este caso sólo se precisará disponer adicionalmente de las protecciones de interruptor general manual y de interruptor diferencial automático, si se cumplen las siguientes condiciones:
  - Los valores de tara de tensión.
  - Los valores de tara de frecuencia.
  - El tipo y características de equipo utilizado internamente para la detección de fallos (modelo, marca, calibración, etc.).
  - Que el inversor ha superado las pruebas correspondientes en cuanto a los límites establecidos de tensión y frecuencia.

Ya que la instalación está formada por dos partes claramente diferenciadas, será necesario protegerla mediante protecciones de continua entre la salida de potencia de los paneles hasta el inversor y mediante protecciones de alterna entre la salida del inversor y el punto de conexión a la red.

## 2. Diseño Instalación Solar Fotovoltaica

La planta fotovoltaica se instalará en la superficie de la cubierta de la nave que se muestra a continuación.



*Ilustración XXXIX. Cubierta de la nave Leroy Merlin*

La nave se encuentra en Castellón de la Plana, en la ciudad del transporte, ocupando la parcela 2-3 (para más detalle consultar el punto 1.1.3 ubicación y características). La nave tiene una longitud de 105m y un ancho de 40m.

El terreno donde se encuentra la nave está situado a 48 m sobre el nivel del mar y sus coordenadas son:

**Latitud: 39° 58' 34" N**

**Longitud: 0° 4' 13" O**

Como se puede observar en la imagen anterior, la superficie de la cubierta está ocupada por claraboyas así como diferentes equipos de refrigeración, por lo que la superficie de la cubierta disponible viene condicionada por estos elementos.

La superficie de la nave a considerar será pues de  $5250 \text{ m}^2$ , pero teniendo en cuenta los diferentes elementos ubicados en la cubierta, la superficie neta para ubicar placas será de  $1200 \text{ m}^2$ .

Cuando la inclinación de placas posee una inclinación distinta a la de la superficie donde van a ir instaladas, es fundamental calcular una distancia mínima que nos permita aprovechar al máximo la superficie disponible y al mismo tiempo evitar la proyección de sombras entre fila.

En el caso de estudio, como las claraboyas marcan el espacio disponible y no se pueden montar filas a menos de 2m, se concluye que no interfieren entre ellas.

La distribución de los módulos sobre la cubierta se ha de realizar con el fin de maximizar la producción energética. Los parámetros a tener en cuenta para obtener un adecuado rendimiento son:

- Orientación.
- Inclinación.
- Sombras sobre los módulos fotovoltaicos.
- Pérdidas eléctricas.
- Ventilación de los módulos fotovoltaicos.

Para la latitud en la que se instalará la planta fotovoltaica, se obtiene una inclinación de 30° para maximizar la producción energética.

Dada la disposición de la cubierta, se instalarán placas de 225 Wp agrupadas en series de 20 placas con una potencia por línea de 4500 Wp

El conexionado de los módulos en la caja de conexión y el inversor se realiza con cable específico para instalaciones solares, así como dimensionado para ofrecer unas pérdidas eléctricas mínimas.

La planta fotovoltaica estará formada por 12 líneas en paralelo, formadas por 20 placas interconectadas entre sí, con un total de generación de 54.000 Wp de potencia y de hasta 50kW de potencia nominal con conexión trifásica 230/400, conectado a red. La diferencia entre la potencia generada y la vertida a la red se debe al rendimiento con el que trabajara la planta y las pérdidas que se producen.

Se utilizarán bandejas de varillas de acero para la distribución del cableado ya que es ligera, ofrece una buena ventilación y limpieza, gran resistencia y elasticidad y permite la construcción de accesorios en obra.

## **2.1 Módulo Fotovoltaico**

Los módulos a utilizar en la instalación son del fabricante SOLON, modelo 225 Wp con una potencia pico de 225W. SOLON es uno de los mayores productores de módulos solares de Europa y ofrece a sus clientes módulos de la mejor calidad. La utilización de células solares cristalinas de alta calidad y cristal solar antireflectante, templado y especialmente translucido garantiza unos resultados óptimos.

La estructura de del vidrio tiene una superficie especial y permite una alta transparencia de la luz, esto permite que los rendimientos energéticos de las instalaciones solares de SOLON aumenten considerablemente.

Los módulos están provistos de un marco de aluminio extruido anodizado. Presentan una alta resistencia a la torsión, están provistos de orificios de desagüe y son aptos para todos los sistemas de montaje de tipo convencional.

SOLON ofrece un Seguro Solar gratuito (seguro a todo riesgo). Este seguro tiene un periodo de validez de dos años desde la puesta en servicio de la instalación y ofrece una amplia cobertura de la misma.

La potencia del modulo no quedará por debajo del 90% de su valor mínimo inicial en el momento de entrega durante un periodo de 10 años y del 80% hasta los 25 años. Los módulos están verificados por TUV, certificados conforme a IEC 61215 y IEC 61730.

## MEMORIA

---

Las características principales son:

- Reduce la emisión de CO<sub>2</sub> en 15.000 Kg/Wp en un periodo de 20 años.
- Mayor rendimiento abarcando la misma superficie.
- El cristal solar garantiza una alta producción de electricidad.
- Curvas de rendimiento y protocolos de medición para cada módulo.

<b>Datos eléctricos</b>	
Clase de modulo P <sub>máx</sub>	225 Wp
Tensión nominal U <sub>mpp</sub>	28,9 V
Corriente nominal I <sub>mpp</sub>	7,80 A
Tensión en circuito abierto U <sub>oc</sub>	36,6V
Corriente de cortocircuito I <sub>sc</sub>	8,40A
Tensión máxima del sistema	1000V
Rendimiento del modulo	13,72%
<b>Coefficientes</b>	
Temperatura de la tensión en circuito abierto	0,35 %/K
Temperatura de la corriente de cortocircuito	0,05 %/K
Temperatura de la potencia	0,44 %/K

*Tabla XVIII. Características modulo fotovoltaico SOLON 225 Wp*

## 2.2 Inversor

El inversor es quizá la parte más importante de cualquier sistema solar conectado a la red eléctrica. Dicho elemento determina los voltajes de conexión y desconexión, cuando los paneles solares reciben suficiente luz en la mañana para comenzar a operar el sistema, así mismo determina cuando es de noche y apaga el sistema hasta el siguiente día.

El inversor central es el encargado de convertir el voltaje proveniente de los paneles solares a un voltaje compatible con la red eléctrica. Un inversor central para interconexión debe tener un interruptor central que desconecte todo el sistema con un sólo movimiento, incluir protección contra falla a tierra (GFDI), tener protección contra arcos en el circuito (AFDI) y mantener el inversor desconectado por 5 minutos después de una pérdida de voltaje en la red.

El inversor centralizado SolarMax 100C son equipos eficientes y económicos para instalaciones de captación de la energía solar. Todos los inversores SolarMax son certificados por el TUV y garantizan la durabilidad y resistencia a interferencias de todos sus componentes. SolarMax es uno de los pocos equipos que dispone de un concepto de conmutación que proporciona una gran seguridad en servicio, una técnica optimizada de potencia y un control digital de señales (DSP).



Las características principales son:

- Compacto inversor senoidal PWM
- Máxima eficiencia del 96%
- Procesador de señales digitales
- Garantía de 2 años, prolongable hasta 20 años



Ilustración XL. Inversor Solar Max 100C

<b>Entrada corriente continua</b>	
Máxima potencia admisible	130 kWp
Rango de tensión de entrada	430-800V
Tensión máxima de entrada	900V
<b>Salida corriente alterna</b>	
Tensión de salida	400V
Frecuencia	50Hz
Potencia nominal	100kW
Total distorsión armónica (THD)	< 3,5 %
<b>Datos del sistema</b>	
Eficiencia Máxima	96%
Dimensiones	1200 x 800 x 1300mm
Peso	935 Kg
Clase de protección	IP 21

Tabla XIX. Características Inversor Solar Max 100C

## MEMORIA

---

Los módulos estarán conectados en serie en grupos de 20 módulos, por lo que se debe calcular la tensión en el punto de máxima potencia  $20 \times 28,9 = 578 \text{ V}$ , siendo esta máxima cuando las placas trabajan en vacío con  $20 \times 36,6 = 732$ , dentro del rango de tensiones de entrada del inversor (430-800V).

El inversor deberá incorporar protecciones frente a sobrecargas, cortocircuitos en la parte de alterna, sobreintensidades en corriente continua, fallo de aislamiento en la parte de continua, variaciones de tensión en red, sobretensión y posibilidad de desconexión manual.

### 2.3 Estructura de soporte de las placas

Se utilizará una estructura de captación solar fija anclada a la cubierta de la estructura. La cubierta de la nave es de tipo panel sándwich compuesto por dos chapas de acero perfilado y prelacado que permiten una resistencia mecánica al conjunto y un núcleo aislante que cumplen las funciones de aislante térmico y acústico. El núcleo aislante está compuesto de poliestireno expandido.



*Ilustración XXI. Estructura fija anclada a cubierta*

Se utilizará una pieza de acero inoxidable que se adapta al panel sándwich y ofrecerá una buena sujeción teniendo en cuenta los diferentes agentes atmosféricos como la lluvia o el viento. A pesar de que se trata de una zona con poca probabilidad de nieve, hay que tener en cuenta este factor según recoge el CTE.

## 2.4 Conexión de los generadores fotovoltaicos

Como se ha comentado anteriormente, los módulos fotovoltaicos estarán conectados en grupos de 20 módulos en serie con 12 ramales en paralelo. Se utilizará 1 caja de conexión con doce entradas, de tal manera que la instalación quedará dividida en 12 ramales conectados cada ramal a la caja de conexión y a su vez los conductores de la caja de conexión llegarán al inversor.

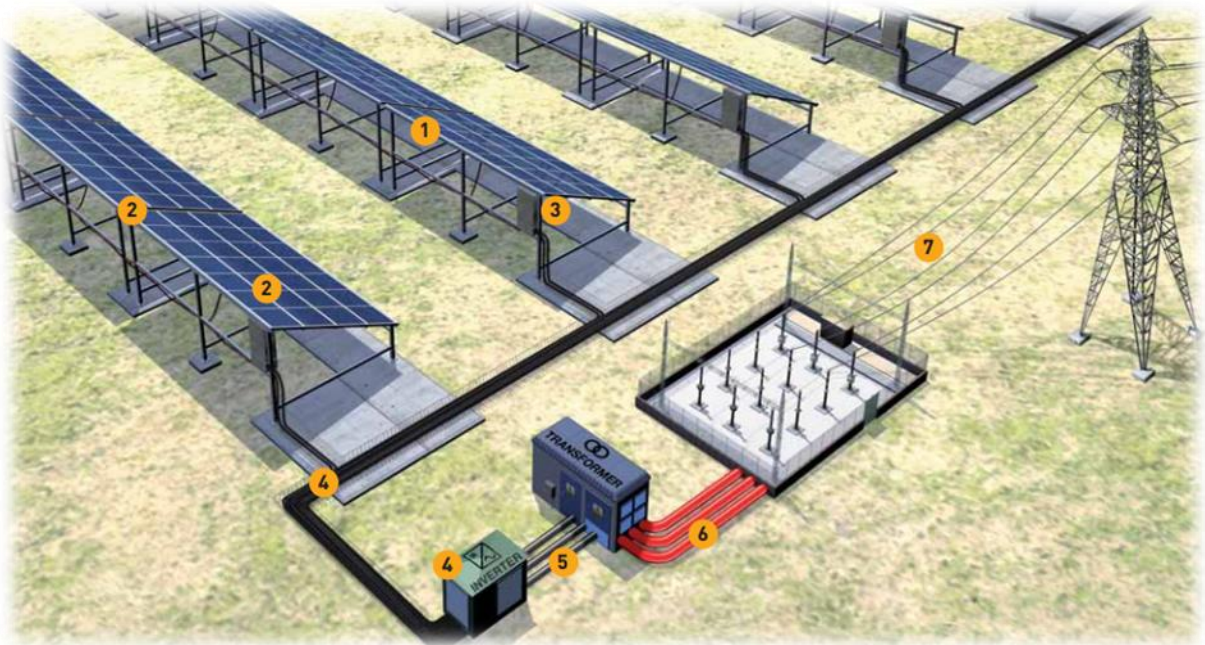


*Ilustración XLII. Combiner box de 12 entradas elegido*

Las cajas de conexiones, conocidas también como cajas combinadas, es una caja de distribución eléctrica donde se conectan varias series de módulos fotovoltaicos y se combinan en paralelo en una salida de corriente directa. Para poder elegir la caja de conexiones adecuada, es necesario determinar el número de conexiones en serie de paneles solares.

## MEMORIA

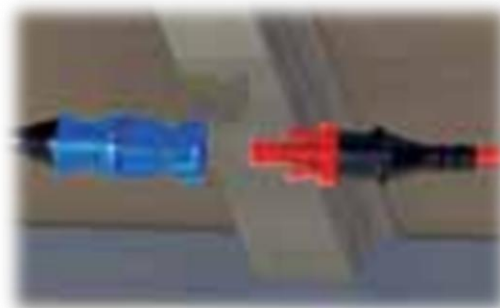
A continuación se muestra los diferentes puntos clave de una planta fotovoltaica y se describirá qué tipo de conexión utilizaremos para cada punto.



*Ilustración XLIII. Diferentes puntos conexas en planta fotovoltaica*

### 1. Sistema de conexión rápida para interconexión entre paneles

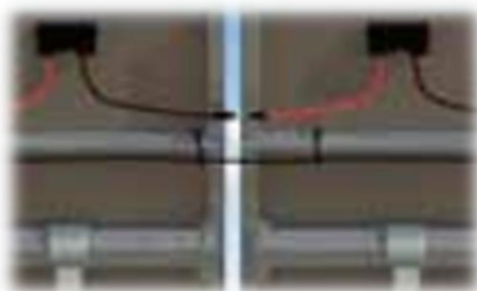
- Tipo MC4
- Intensidad Máxima 40A DC
- Resistencia de contacto 1mΩ
- Temperaturas admisibles -40°C a 105°C
- IP 68
- Sección (mm<sup>2</sup>) = 2,5



*Ilustración XLIV. Conexión rápida MC4 entre paneles*

## 2. Conexión entre placas y paneles fotovoltaicos

- Tipo cable: ZZ-F (AS) 1,8 kV DC – 0,6/1kV AC
- Sección (mm<sup>2</sup>) = 1,5
- Tipo canalización: Al aire, sujeción a la estructura del módulo.



*Ilustración XLV. Conexión entre placas y paneles*

## 3. Instalación BT DC entre paneles y caja de conexión

Estará comprendido entre la salida de cada uno de los ramales del generador conectados en serie y una caja de conexión de grupo donde llegarán las salidas de 12 ramales de módulos conectados en serie. En dicha caja de conexión de subgrupo se alojarán los elementos encargados de la protección de cada uno de los 12 ramales por separado.

- Tipo cable: ZZ-F (AS) 1,8 kV DC – 0,6/1kV AC
- Sección (mm<sup>2</sup>) = 4
- Tipo canalización: Al aire, sujeción a la estructura del módulo.



*Ilustración XLVI. Conexión entre paneles y caja conexión*

## MEMORIA

---

### 4. Instalación BT DC entre la caja de conexión y el inversor

Estará comprendido entre la caja de conexión de generador fotovoltaico de donde salen los dos conductores principales que transportan la potencia que el generador de la azotea está suministrando hasta el inversor.

Al inversor llegan dos cables, uno positivo y otro negativo correspondiente al final de circuito de corriente continua y a la salida comienza el último tramo correspondiente al circuito de corriente alterna.

- Tipo cable: XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC-0,6/1kV AC
- Sección ( $\text{mm}^2$ ) = 25
- Tipo canalización: Rejilla metálica superficie
- Cable con armadura
- Según norma AENOR EA0038



*Ilustración XLVII. Conexión entre caja de conexión e inversor*

### 5. Instalación BT AC hasta el transformador

Estará comprendido desde la salida trifásica del inversor hasta el punto de conexión a la red de baja tensión donde se inyectará la potencia continua producida por el generador fotovoltaico convertida a alterna por el inversor.

Este circuito será en corriente alterna y su instalación será diferente a los demás tramos diseñados anteriormente.

- Tipo cable: XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC-0,6/1kV AC
- Sección ( $\text{mm}^2$ ) = 16
- Tipo canalización: Rejilla metálica superficie
- Cable con armadura
- Según norma AENOR EA0038



*Ilustración XLVIII. Conexión BT trifásica hasta transformador*

## 2.5 Cableado de Protección

Para proteger la planta fotovoltaica así como a los posibles operarios encargados del mantenimiento, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión establece que deben conectarse todas las masas metálicas de una instalación con tierra, con el objetivo de conseguir que no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las descargas de origen atmosférico.

Según la norma ITC-BT-18 “Instalaciones de puesta a tierra”, la puesta a tierra de una instalación está compuesta por:

- Tomas a tierra: son electrodos formados por barras, tubos pletinas o mallas que están en contacto directo con el terreno donde se drenará la corriente de fuga que se pueda producir en algún momento, estas tomas a tierra deberán ser de materiales específicos y estarán enterrados a una profundidad adecuada para las características de la instalación a proteger. En este proyecto se utilizará la toma a tierra de la nave industrial.
- Conductores de tierra: son los conductores que unen el electrodo de la puesta a tierra de la instalación con el borne principal de puesta a tierra. Se utilizará el conductor de tierra que posee la nave.
- Bornes de puesta a tierra: son la unión de todos los conductores de protección de la instalación que provienen de los diferentes elementos o masas a proteger. Se utilizará el borne de puesta a tierra que conecta los conductores de protección y el conductor de tierra de la propia nave.
- Conductores de protección: sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos, con el fin de asegurar la protección contra contactos. Unirán las masas a borne de puesta a tierra y con ello al conductor de tierra.

Según la norma ITC-BT-18 del REBT, los conductores de protección deberán ser del mismo material que los conductores activos utilizados en la instalación, en este caso eran de cobre e irán alojados en la canalización utilizada para los conductores activos de la instalación. La toma de tierra se compone de un cable rígido de 16mm<sup>2</sup> unido a electrodos formados por piquetas de Cu-Ac de 1,5m de longitud.

Sección de los conductores de fase de la instalación $S$ (mm <sup>2</sup> )	Sección mínima de los conductores de protección $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Tabla XX. Sección mínima conductores protección

Por tanto, los conductores de protección tendrán diferente sección dependiendo el tramo de cableado donde se encuentren:

### 1. Instalación BT DC entre paneles y cajas de conexión

$$S_{\text{conductor fase}} = 4 \text{ mm}^2$$

### 2. Instalación BT DC entre la cajas de conexiones y el inversor

$$S_{\text{conductor fase}} = 16 \text{ mm}^2$$

### 3. Instalación BT AC hasta el transformador

$$S_{\text{conductor fase}} = 16 \text{ mm}^2$$

## MEMORIA

---

### 2.6 Dispositivos de seccionamiento

En cada grupo de 20 placas se instalará un elemento seccionador de 16 A para permitir el corte de exclusivo de ese grupo. El papel de un dispositivo de corte es controlar los diversos circuitos sin proporcionar protección por sí mismo. Los interruptores seccionadores Legrand se usan para cortar en carga y aislar los circuitos. Están diseñados para separar eléctricamente una instalación o parte de una instalación y el propósito del aislamiento es garantizar la seguridad de la gente que trabaja en la instalación.

El seccionamiento no garantiza por sí mismo que la instalación sea segura. Se deben usar métodos apropiados para enclavar la instalación con el fin de prevenir cualquier reenergización no deseada.

### 2.7 Protecciones

Para proporcionar seguridad tanto a los equipos que forman la instalación solar fotovoltaica como al personal encargado de su mantenimiento y correcta operación, es necesario proporcionar una serie de elementos de protección que aseguren una explotación correcta de la instalación.

Al igual que para el cálculo del cableado de la instalación, el cálculo de protecciones se realizara independientemente para cada uno de los circuitos que forman la instalación, diferenciando entre tramos de corriente continua y de corriente alterna, ya que las protecciones deberán ser distintas para cada tramo dependiendo la naturaleza continua o alterna del tramo y al valor de corriente admisible por los conductores.

Según el artículo 11 del RD 1663/2000, se instalarán las siguientes protecciones:

- Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
- Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.
- Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.
- Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).

#### 2.7.1 Protecciones en continua

- Protección contra contactos directos: Se define el contacto directo, como el contacto de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos que forman la instalación. La parte de corriente continua estará protegida contra contactos directos, de manera que los elementos activos deben ser inaccesibles. Para lograr este aislamiento se utilizarán cajas de conexión debidamente protegidas, que no permitan el acceso a su interior, así como elementos y cableado de doble aislamiento.
- Protección contra contactos indirectos: Se define el contacto indirecto como el contacto de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento. La protección contra contactos indirectos, será suficiente con la implantación de un nivel de protección de clase II en todos los elementos, garantizando que no se producirá un fallo de aislamiento que provoque una situación de peligro ante un contacto indirecto.
- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos: La corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico es ligeramente superior a la de operación, por lo que una situación de cortocircuito no es problemática para esta parte del circuito, pero sí que puede serlo para el inversor, por lo que se ha dimensionado el cableado de manera que su sección sea suficiente para soportar la corriente de cortocircuito del total del generador.



- Protección contra sobretensiones: Las descargas atmosféricas producen sobretensiones que son especialmente peligrosas para los circuitos electrónicos. La protección contra sobretensiones protege la instalación fotovoltaica contra sobretensiones inducidas por descargas atmosféricas, protegiendo el lado del campo fotovoltaico aguas abajo del inversor.

Se establecerán dispositivos de seguridad en los diferentes tramos en los que se ha dividido la instalación fotovoltaica.

### 1. Instalación BT DC entre paneles y caja de conexión

Este tramo estará protegido contra sobreintensidades mediante fusibles en cada uno de los ramales de la planta fotovoltaica que provoquen la apertura del circuito en caso de producirse una corriente superior a la admisible por los equipos o conductores de la instalación

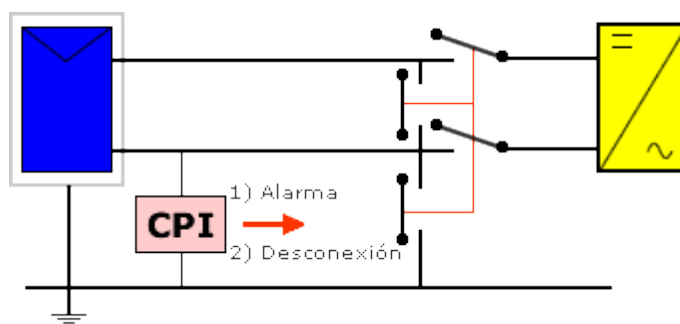
Se utilizarán fusibles tipo gG normalizados de 20 A.

### 2. Instalación BT DC entre la caja de conexión y el inversor

Este último tramo de corriente continua conecta la salida de la caja de conexión con el inversor de la instalación, constara de dos únicos conductores, uno de polaridad positiva y otro de polaridad negativa.

A continuación, se mostrarán los elementos utilizados para la protección de tramo entre la caja de conexión de 2 entradas y el inversor:

- Controlador permanente de aislamiento: Los controladores permanentes de aislamiento son protecciones que se utilizan en circuitos de corriente continua para detectar posibles faltas de aislamiento de los dos conductores (positivo y negativo) contra tierra.



*Ilustración XLIX. Esquema del controlador permanente aislamiento*

- Magnetotérmico: Estos dispositivos son aparatos modulares con distinto número de polos: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares. Tienen incorporados un disipador térmico y otro magnético, actuando sobre un dispositivo de corte la lámina bimetálica y el electroimán.

Se utilizará dos magnetotérmico unipolares de 120 A para cada polo.



*Ilustración L. Magnetotérmico unipolar 120A*

## **2.7.2 Protecciones de Alterna**

Las protecciones de alterna estará ubicadas aguas abajo del inversor, para la protección de los circuitos y conexión a red de la instalación. Las protecciones de corriente alterna se diseñarán para la protección del último tramo del circuito.

### **3. Instalación BT AC hasta el transformador**

El sistema de protecciones del tramo entre la salida del inversor y el CT deberá acogerse a la normativa vigente sobre la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión del artículo 11 del R.D.1663/2000 y tener en cuenta los requisitos de conexión de la empresa propietaria de la distribución de energía eléctrica en el punto de conexión a red de la instalación fotovoltaica.

- Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51Hz y 49Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).
- Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
- Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.
- Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia d la red, junto a un relé de enclavamiento.
- La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución. La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones.

La normativa establece que el equipo inversor utilizado en la instalación puede incorporar alguna de estas protecciones, si es así, según el R.D.1663/2000, solo se precisará disponer adicionalmente de las protecciones general manual e interruptor automático diferencial.

A continuación, se muestran los elementos utilizados para la protección de tramo de corriente alterna entre el inversor y el CT:

- Interruptor general manual: De características similares al interruptor de DC pero diseñado para funcionar en AC. Se instalará un magnetotérmico de 4 polos de 80 A de la serie HTi.



*Ilustración LI. Interruptor general 4 polos 80A*

- Interruptor Diferencial: El diferencial a utilizar será el modelo DX<sup>3</sup> de LEGRAND de 100 A y 30 mA.



*Ilustración LII. Interruptor diferencial 100A y 30 mA LEGRAND*

### **2.7.3 Protecciones Adicionales Iberdrola**

Las “Condiciones técnicas de la instalación de producción eléctrica conectada a la red de Iberdrola Distribución” establecen una serie de protecciones adicionales para inyectar la tensión a la red:

- Un relé de máxima y mínima frecuencia: conectado entre fases y ajustado en 50,5 y 48 Hz, con una temporización máxima de 0,5 y de 3 segundos respectivamente.
- Un relé de máxima tensión: conectado entre fases y ajustado a 1,1-1,15 UN con una temporización máxima de 1,5 y de 0,2 segundos respectivamente.
- Un relé de mínima tensión trifásico ajustado a 0,85 UN y una temporización máxima de 1,5 segundos.

### **2.8 Real Decreto 900/2015**

Para realizar el estudio de viabilidad económica del proyecto, se ha de tener en cuenta el RD 900/2015 el cual establece que en caso de instalaciones de autoconsumo se debe pagar diferentes peajes en función de la potencia.

En el caso de estudio, se inyectará toda la energía producida a la red por lo que la instalación funciona como un grupo de generación y no como una instalación de autoconsumo. De este modo, el “impuesto al sol” establecido en el RD no afecta a la planta fotovoltaica.

A continuación se muestra un extracto del Real Decreto 900/2015 el cual establece las condiciones a las cuales afecta este decreto.

*Artículo 1. Objeto. El real decreto tiene por objeto el establecimiento de las condiciones administrativas, técnicas y económicas para las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.*

*Artículo 2. Ámbito de aplicación. 1. Lo dispuesto en este real decreto resulta de aplicación a las instalaciones conectadas en el interior de una red, aun cuando no viertan energía a las redes de transporte y distribución en ningún instante, acogidas cualquier de las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica a), b), y c), definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. 2. Se exceptúa de la aplicación del presente real decreto a las instalaciones aisladas y los grupos de generación utilizados exclusivamente en caso de una interrupción de alimentación de energía eléctrica de la red eléctrica de acuerdo con las definiciones del artículo 100 del 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.*

## IV. ESTUDIO ECONÓMICO

### 1. Instalación lumínica

Una vez conocidos todos los elementos a utilizar, el presupuesto total referente a la instalación lumínica es de 95.496,19 € sin IVA. **Con IVA asciende a 115.550,4 €**

En relación al análisis de viabilidad económica, se deben calcular diferentes valores.

- **Periodo de retorno:** es un criterio estático de valoración de inversiones que permite seleccionar un determinado proyecto sobre la base de cuánto tiempo se tardará en recuperar la inversión inicial mediante los flujos de caja. Resulta muy útil cuando se quiere realizar una inversión de elevada incertidumbre y de esta forma tenemos una idea del tiempo que tendrá que pasar para recuperar el dinero que se ha invertido.

$$\frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro anual}} = \frac{115.550}{13.800} = 8,32 \text{ años}$$

Instalación antigua	Instalación nueva
<i>Sustitucion de fuentes de luz</i>	
250 luminarias x 400W (HID)	304 luminarias x 150W (LED)
<i>Nivel iluminancia medio(Lux)</i>	
600	766
<i>Consumo anual energia( sólo luminarias HID)</i>	
346.800kWh	183.860kWh
<i>Coste mantenimiento anual(€)</i>	
Sustitución equipo auxiliar HID	-
108€ x 3u/mes x 12meses = 3.900	-
Sustitución bombilla HID	-
15€ x 2u/mes x 12meses = 360	-
<i>Coste inicial(€)</i>	
-	304 x 250€ = 76.000€
<b>Resultados</b>	
Reducción consumo electrico	47%
Ahorro anual	13.800

*Ilustración LIII. Comparativa instalacion HID vs LED*

**MEMORIA**

- **VAN:** EL valor actual neto proporciona la rentabilidad del proyecto. VAN positivo indica que la inversión realizada en el proyecto produce excedentes. Por lo que dadas varias alternativas en un proyecto, será mejor aquel con mayor VAN.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=0}^n \frac{FCn}{(1 + ir)^n}$$

- **TIR:** Se trata de la tasa de actualización que hace cero el VAN. Interesa realizar proyecto cuyo TIR sea superior al interés normal del dinero en el mercado de capitales. Esta es la condición necesaria para realizar una inversión. Por lo que dadas varias alternativas en un proyecto, será daré preferencia aquel con mayor TIR.

$$TIR = -I_0 + \sum_{n=0}^n \frac{FCn}{(1+ir)^n} = 0$$

La amortización se llevará a cabo en 20 años, donde  $ir = in - IPC = 3,5\% - 2,14 = 1,36\%$ .

Por tanto el VAN a 10 años es:

Año	Ahorro €	Amortización a 20 años €	Flujo de Caja €	VAN €
1	13.800	5.052,18	18.852,18	-107475,91
2	13.800	5.052,18	18.852,18	-87766,37
3	13.800	5.052,18	18.852,18	-69657,48
4	13.800	5.052,18	18.852,18	-52048,69
5	13.800	5.052,18	18.852,18	-34926,17
6	13.800	5.052,18	18.852,18	-18276,51
7	13.800	5.052,18	18.852,18	-2086,64
8	13.800	5.052,18	18.852,18	13656,14
9	13.800	5.052,18	18.852,18	28964,17
10	13.800	5.052,18	18.852,18	43849,46

*Tabla XXI. VAN a 10 años de la instalación lumínica*

Como podemos observar, se obtiene un VAN positivo a partir del año 8.

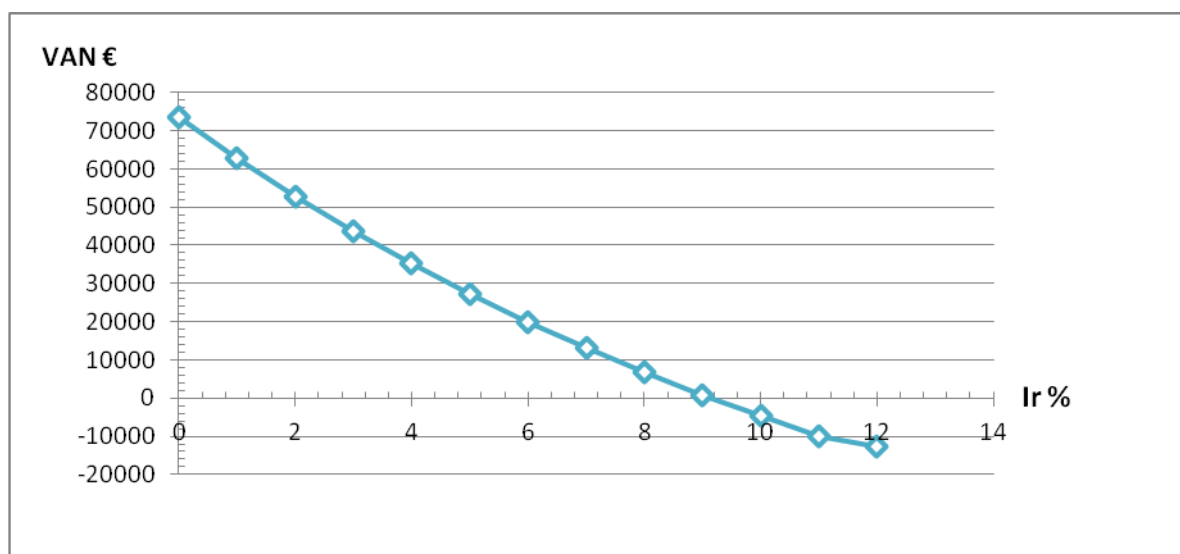


Ilustración LIV. VAN vs TIR instalación lumínica

Se obtiene un TIR del 9%.

## 2. Planta fotovoltaica

Una vez conocidos todos los elementos a utilizar, el presupuesto total referente a la planta fotovoltaica es de 117.381,97 € sin IVA. **Con IVA asciende a 142.032,18€**

En relación al análisis de viabilidad económica, se deben calcular diferentes valores.

- **Periodo de retorno:** es un criterio estático de valoración de inversiones que permite seleccionar un determinado proyecto sobre la base de cuánto tiempo se tardará en recuperar la inversión inicial mediante los flujos de caja. Resulta muy útil cuando se quiere realizar una inversión de elevada incertidumbre y de esta forma tenemos una idea del tiempo que tendrá que pasar para recuperar el dinero que se ha invertido. El ahorro anual se ha obtenido teniendo en cuenta la media de los ingresos debido a la venta de la energía durante los 10 primeros años.

$$\frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro anual}} = \frac{142.032,18}{9.217,77} = 15,4 \text{ años}$$

- **VAN:** EL valor actual neto proporciona la rentabilidad del proyecto. VAN positivo indica que la inversión realizada en el proyecto produce excedentes. Por lo que dadas varias alternativas en un proyecto, será mejor aquel con mayor VAN.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=0}^n \frac{FCn}{(1+ir)^n}$$

- **TIR:** Se trata de la tasa de actualización que hace cero el VAN. Interesa realizar proyecto cuyo TIR sea superior al interés normal del dinero en el mercado de capitales. Esta es la condición necesaria para realizar una inversión. Por lo que dadas varias alternativas en un proyecto, será daré preferencia aquel con mayor TIR.

$$TIR = -I_0 + \sum_{n=0}^n \frac{FCn}{(1+ir)^n} = 0$$

La amortización se llevará a cabo en 20 años, donde  $ir = in - IPC = 3,5\% - 2,14 = 1,36\%$ .



Por tanto el VAN a 10 años es:

Año	Ingresos energía €	Amortización a 20 años €	Flujo de Caja €	VAN €
1	9.357,19 €	5512,43	14.870	-94.295,86
2	9.319,76 €	5512,43	14.832	-80.052,92
3	9.282,34 €	5512,43	14.795	-66.036,13
4	9.263,62 €	5512,43	14.776	-52.225,17
5	9.235,55 €	5512,43	14.748	-38625,22
6	9.198,12 €	5512,43	14.711	-25.241,64
7	9.170,05 €	5512,43	14.682	-12.063,55
8	9.151,33 €	5512,43	14.664	921,78
9	9.113,91 €	5512,43	14.626	13.699,68
10	9.085,83 €	5512,43	14.598	26.282

Tabla XXII. VAN a 10 años planta fotovoltaica

Como podemos observar, se obtiene un VAN positivo a partir del año 8.

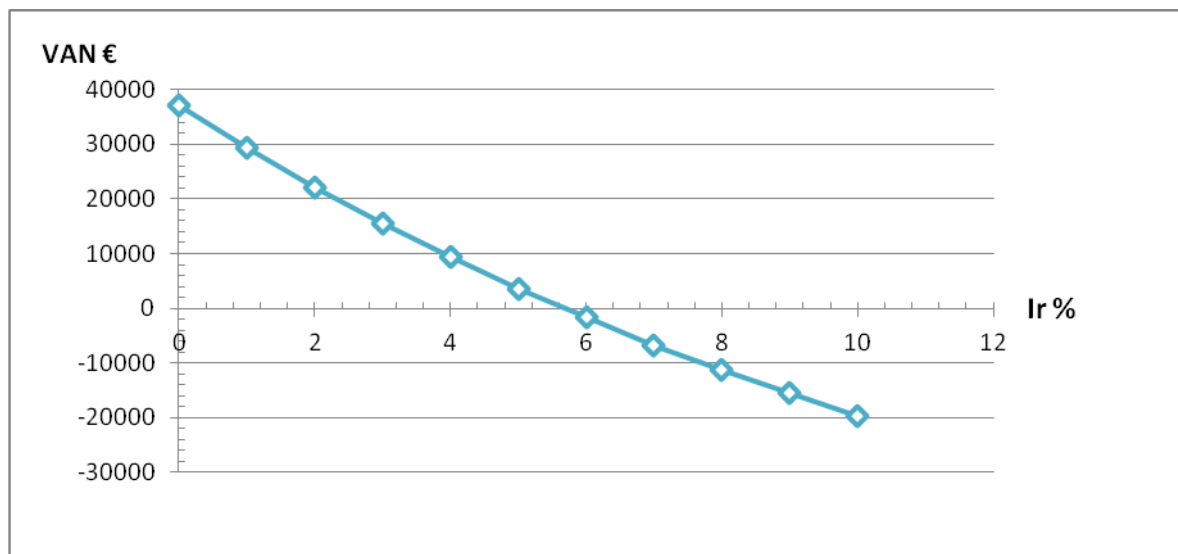


Ilustración LV. VAN vs TIR planta fotovoltaica

Se obtiene un TIR del 5,9 %.

## V. CONCLUSIONES

En relación a la instalación lumínica LED, se obtiene un periodo de retorno por encima de 8 años y un TIR del 9%. A pesar de que la inversión inicial es elevada, la vida útil de las actuales luminarias LED está en torno a 18 años, por lo que puede ser una buena inversión para ahorrar en consumo de energía tanto activa como reactiva y en mantenimiento.

En cuanto a los Valores de Eficiencia Energética límite en recintos interiores de un edificio según CTE-BD-HE3 establece que el VEEI para supermercados, hipermercados y grandes superficies tiene que ser 5, mientras que en el estudio se obtiene un valor de 0.96, viendo por tanto que eficientemente la instalación cumple con creces.

Además, como se ha comentado anteriormente, el calor desprendido por las nuevas luminarias es mucho menor, ahorrando pues en los sistemas de refrigeración y reduciendo así el tiempo de amortización.

Para finalizar, la utilización de éstas nuevas luminarias LED provocaría que la energía reactiva total de la tienda disminuyese ya que éstos sólo consumen energía activa. Aumentaríamos la capacidad de las líneas y de los transformadores, mejoraríamos la tensión de la red (ya que no circularían corrientes mayores a las necesarias), conseguiríamos una reducción en el coste global de la energía (además se necesitarían menos baterías de condensadores para compensar la reactiva) y, por último, se disminuiría las pérdidas en los cables.

Respecto a la planta fotovoltaica, el periodo de retorno de la planta fotovoltaica está en 15 años con un TIR del 5,9%. Analizando los datos, se puede concluir que no se obtiene una gran rentabilidad debido a los altos precios de los materiales y al bajo precio al que se vende la energía a la red.

Cabe destacar también que la inversión inicial propuesta se ha realizado con precios sin descuentos ni ningún tipo de bonificación, mano de obra más económica, etc. Además, las instalaciones fotovoltaicas requieren de más espacio para que la rentabilidad sea mayor y se pueda llegar a compensar parte de la energía consumida en tienda.

## VI. REFERENCIAS

Las referencias consultadas para la realización del proyecto han sido:

### Documentos Oficiales:

- RD 900/2015. Condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- RD 413/2014. Se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- RD 486/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- RD 1663/2000. Conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- RD 661/2007. Se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

### Manuales:

- IDAE. Requerimientos técnicos de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.
- IDAE. Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de iluminación interior.
- IBERDROLA. Condiciones técnicas de la instalación de producción eléctrica conectada a la red de IBERDROLA distribución.
- PHILIPS. Eficiencia energética en la iluminación.

### Páginas Web:

- [http://www.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/Instalaciones/Iluminacion/Interior/Luminaria\\_de\\_superficie.html](http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Iluminacion/Interior/Luminaria_de_superficie.html)
- <http://www.airfal.com/luminarias-industriales/iluminacion-eficiente-naves-industriales-4616/>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Auditoría\\_energética](https://es.wikipedia.org/wiki/Auditoría_energética)
- <http://webosolar.com/store/es/68-inversores-interconexion>
- <http://www.casasrestauradas.com/panel-sandwich-i-que-es-y-para-que-sirve/>
- [http://www.ambgreenpower.com/cajas\\_de\\_conexiones.aspx](http://www.ambgreenpower.com/cajas_de_conexiones.aspx)
- <http://blog.technosun.com/datos-de-radiacion-solar-en-la-comunidad-valenciana/>
- <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/diseño-y-distribución-en-planta/iluminación/>
- <http://megaslides.es/doc/589699/estudio-y-diseño-del-sistema-de-iluminación-de-un-centro---e>

### Libros:

- Vicente Salas Merino. Legislación y Normativa de los Sistemas Fotovoltaicos de Conexión a Red.
- Javier María Méndez Muñoz, Rafael Cuervo García. Energía Solar Fotovoltaica.

## **VII. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS**

A continuación se establece el orden de prioridad entre los diferentes documentos del proyecto.

El orden de prioridad es el siguiente:

1. **MEMORIA**

Tiene como misión justificar las soluciones adoptadas, su adecuación a la normativa legal aplicable y, conjuntamente con los planos y el pliego de condiciones, debe describir de forma unívoca el objeto del Proyecto.

2. **ANEJOS**

Está formado por los documentos que desarrollan, justifican o aclaran apartados específicos de la memoria u otros documentos del proyecto

3. **PLANOS**

Contiene la información gráfica para que, junto con la memoria, se defina de forma unívoca el objeto del Proyecto.

4. **PLIEGO DE CONDICIONES**

Tiene como misión establecer las condiciones técnicas, económicas, administrativas, facultativas y legales para que el objeto del Proyecto pueda materializarse en las condiciones específicas.

5. **PRESUPUESTO**

En este capítulo se debe determinar el coste económico de la ejecución material del objeto del Proyecto especificando las partidas ejecutadas por contrata.







## 2. ANEJOS

## ÍNDICE ANEJOS

1. Cálculo Sección Conductores.....	97
2. Cálculo Protecciones.....	101
3. Distancia Mínima Entre Ramales.....	103
4. Producción Anual.....	104
5. Simulación Mediante Pvsyst.....	110
6. Proyecto iluminación. Informe Dialux .....	116
7. Hoja Características Luminarias Highbay .....	128
8. Hoja Características Luminarias E-Core Led Panel 2 .....	136
9. Tablas De Verificación Iluminación.....	140
10. Factura .....	143
11. Características Módulo Fotovoltaico.....	144
12. Características Inversor .....	147
13. Caja De Conexiones .....	151
14. Cableado .....	156
15. Interruptores Seccionadores Legrand .....	162
16. Interruptor Magnetotérmico 80 A Ac.....	163
17. Interruptor Diferencial 100 A 30ma Legrand .....	165



## 1. Cálculo Sección Conductores

Como se ha comentado anteriormente, los paneles estarán conectados formando 20 módulos en serie por ramal y de 12 ramales en paralelo, los cuales irán conectados a través de una caja de conexión de 12 entradas.

### 1.1 Conexión entre placas y paneles fotovoltaicos

Para calcular la sección de cable que se necesita para conectar cada módulo fotovoltaico con el contiguo se utilizará la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{cc}}{c \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 8,40}{58 \cdot 20 \cdot 0,015 \cdot 28,9} = \frac{336}{502,86} = 0,66 \text{ mm}^2$$

Los parámetros utilizados en la fórmula son los siguientes:

*L*: Longitud de cable a instalar; [20m]

*I<sub>cc</sub>*: Intensidad de cortocircuito que circula por ramal; [8,4A]

*c*: Conductividad del cobre; [58 m/Ω \* mm<sup>2</sup>]

*ΔV*: Caída de tensión máxima permitida; [V]

*S*: Sección mínima del conductor a instalar [mm<sup>2</sup>]

Por lo que la sección inmediatamente superior en el tipo de cable utilizado ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC será de 1,5 mm<sup>2</sup>, con una intensidad admisible de 30 A y un diámetro exterior de 4,3 mm.

La máxima corriente que circulará por el ramal será de 8,40 A < 30 A, por lo que cumple tanto el Criterio Térmico como el Criterio de Caída de Tensión.

**Por tanto la sección del circuito entre las placas y los paneles fotovoltaicos deberá ser de 2x1,5 mm<sup>2</sup>, con una I<sub>Z</sub> = 30 A**

## ANEJOS

---

### 1.2 Instalación BT DC entre paneles y caja de conexión

Una vez calculada la sección utilizada para la interconexión de los paneles, se deberá calcular la sección necesaria para conectar la salida de cada ramal hasta la caja de conexión. Para calcular esto, se tomará como datos la condición más restrictiva, es decir, el ramal más alejado de la caja de conexión, el cual está a 77m.

Para calcular la sección de cable que se necesita para conectar cada ramal a la caja de conexión se utilizará la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{cc}}{c \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 77 \cdot 8,40}{58 \cdot 20 \cdot 0,015 \cdot 28,9} = \frac{1293,6}{502,86} = 2,57 \text{ mm}^2$$

Los parámetros utilizados en la fórmula son los siguientes:

*L*: Longitud de cable a instalar entre el ramal más alejado y la caja de conexión; [77 m]

*I<sub>cc</sub>*: Intensidad de cortocircuito que circula por ramal; [8,4 A]

*c*: Conductividad del cobre; [58 m/Ω \* mm<sup>2</sup>]

*ΔV*: Caída de tensión máxima permitida; [V]

*S*= Sección mínima del conductor a instalar [mm<sup>2</sup>]

Debido a la agrupación de cables que se producirán en la canaleta de transporte de cableado, según el REBT-19 se debe aplicar un factor de corrección de 0,7.

Por lo que la sección inmediatamente superior en el tipo de cable utilizado ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC será de 4 mm<sup>2</sup>, con una intensidad admisible de 55 A y un diámetro exterior de 5,6 mm<sup>2</sup>.

La máxima corriente que circulará por el ramal será de 8,40 A por lo que aplicando el factor de corrección a la intensidad máxima que proporciona el fabricante obtenemos:

$I_{\max \text{ cable}} = 50 \cdot 0,7 = 45 \text{ A} > 8,40 \text{ A}$ ; concluyendo que el cable es adecuado.

**Por tanto la sección del circuito entre las placas y la caja de conexión deberá ser de 2x4 mm<sup>2</sup>, con una  $I_{\max} = 50 \text{ A}$  e  $I_z = 45 \text{ A}$ .**

### 1.3 Instalación BT DC entre la caja de conexión y el inversor

En este apartado se debe calcular la sección de cable que se necesitará para unir los cables positivo y negativo de la salida de la caja de conexión a la entrada del inversor.

Para calcular la sección de cable que se necesita para conectar cada ramal a la caja de conexión se utilizará la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{cc} \cdot n}{c \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 18 \cdot 8,40 \cdot 12}{58 \cdot 20 \cdot 0,015 \cdot 28,9} = \frac{3628,8}{502,86} = 7,21 \text{ mm}^2$$

Los parámetros utilizados en la fórmula son los siguientes:

*L*: Longitud de cable a instalar entre la caja de conexión y el inversor; [18 m]

*I<sub>cc</sub>*: Intensidad de cortocircuito que circula; [100,8A]

*c*: Conductividad del cobre; [58 m/Ω \* mm<sup>2</sup>]

*ΔV*: Caída de tensión máxima permitida; [V]

*S*= Sección mínima del conductor a instalar [mm<sup>2</sup>]

*n*= número de ramales conectados a la caja de conexión

Por lo que la sección inmediatamente superior en el tipo de cable utilizado XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 Kv DC-0,6/1kV AC será de 10 mm<sup>2</sup>, con una intensidad admisible de 80 A y un diámetro exterior de 12 mm<sup>2</sup>. A continuación habrá que comprobar si cumple también el método de Criterio Térmico.

Comprobando ahora si la sección es válida mediante el Criterio Térmico se observa que la intensidad máxima que circulará por los cables de entrada a la caja de conexión será de 8,40\*12 = 100,8 A, mayor que la I<sub>max</sub> admitida por el cable (80 A), por lo que se escogerá la sección inmediatamente superior que cumpla, es decir, 25mm<sup>2</sup> con una I<sub>max</sub> de 128 A y un diámetro exterior de 14,8 mm<sup>2</sup>.

**Por tanto la sección del circuito entre la caja de conexión y el inversor deberá ser de 2x25 mm<sup>2</sup>, con una I<sub>max</sub> = 128 A.**

## ANEJOS

---

### 1.4 Instalación BT AC hasta el transformador

Por último, este tramo está comprendido entre la salida trifásica del inversor hasta el CT de baja tensión donde se inyectará la potencia generada a la red según la normativa y protecciones adicionales que establece, en este caso, Iberdrola.

Como en este tramo se trabaja en corriente alterna, las protecciones y el cálculo de las secciones se realizan siguiendo diferentes procesos.

Para calcular la sección de cable que se necesita para conectar cada ramal a la caja de conexión se utilizará la fórmula siguiente:

- Según CdT

$$S = \frac{L \cdot P}{c \cdot u \cdot U_l} = \frac{10 \cdot 51300}{58 \cdot 0,02 \cdot 400 \cdot 400} = \frac{513000}{185600} = 2,76 \text{ mm}^2$$

- Según Criterio Térmico

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \alpha} = \frac{51300}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 74,04 \text{ A}$$

Los parámetros utilizados en la fórmula son los siguientes:

*L*: Longitud de cable a instalar entre la salida del inversor y el punto de conexión a Red; [10m]

*P*: Potencia máxima de salida del inversor; [51,3 kW]

*c*: Conductividad del cobre; [58 m/Ω \* mm<sup>2</sup>]

*u*: Caída de tensión en Volts que pueden tener los conductores. [8V]

*S*= Sección mínima del conductor a instalar [mm<sup>2</sup>]

Por lo que la sección inmediatamente superior en el tipo de cable utilizado XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 Kv DC-0,6/1kV AC será de 10 mm<sup>2</sup>, con una intensidad admisible de 96 A y un diámetro exterior de 7,9 mm<sup>2</sup>.

Dado que la canalización se ha realizado por la cubierta de la nave, se debe aplicar un coeficiente de reducción de 0,82 (a unos 50°C) debido a que la temperatura de la canalización puede ser mayor a 40°C, mientras que la normativa establece los valores de intensidades admisibles con temperaturas máximas de 40°C. Por tanto, la intensidad máxima admisible por el cable de 10mm<sup>2</sup> será de 80\*0,82=65,6<74,04 A, por lo que según el método de criterio térmico, la sección anterior no cumple. Será necesario pues elegir una sección que cumpla tanto el criterio de Caída de Tensión como el Criterio Térmico.

La sección inmediatamente superior es la de 16 mm<sup>2</sup> con una I<sub>max</sub> de 107 A. Por tanto, la intensidad máxima admisible por el cable de 16 mm<sup>2</sup> será de 107 \* 0,82 = 87,74 > 74,04 A, en este caso sí que cumple los dos criterios.

**Por tanto la sección del circuito entre la instalación de BT y el transformador deberá ser de 3x16 mm<sup>2</sup>, con una I<sub>max</sub> = 107 A e I<sub>z</sub>=87,74 A**

## 2. Cálculo Protecciones

### 2.1 Instalación BT DC entre paneles y caja de conexión

Este tramo estará protegido contra sobreintensidades mediante fusibles en cada uno de los ramales módulos del generador fotovoltaico que provoquen la apertura del circuito en caso de producirse una corriente superior a la admisible por los equipos o conductores de la instalación. Cada ramal poseerá dos fusibles iguales, uno para el polo positivo y otro para el negativo.

Siguiendo la fórmula establecida según la norma ITC-BT-22, los interruptores automáticos y los fusibles deben cumplir que:

$$1) \quad I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$2) \quad I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

La intensidad base que circulará por cada ramal será de  $I_B = 8,4$  A, mientras que la Intensidad máxima del cable es de  $I_{max} = 30$  A, por lo que el fusible a instalar será un tipo gG de 20 A

Dado que son fusibles normalizados, la condición de  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$  se cumple sin necesidad de comprobación.

### 2.2 Instalación BT DC entre la caja de conexión y el inversor

Este último tramo de corriente continua conecta la caja de conexión con el inversor de la instalación.

Siguiendo la fórmula establecida según la norma ITC-BT-22, los interruptores automáticos y los fusibles deben cumplir que:

$$1) \quad I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$2) \quad I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

En la protección por magnetotérmico normalizado no es necesario comprobar la segunda condición ya que  $I_2 = 1,45 \times I_z$  y por tanto siempre se cumple, solo es necesario comprobar la primera condición.

La intensidad base que circulará a la salida de la caja de conexión será de  $I_B = 12$  ramales  $\times 8,4$  A = 100,8 A, mientras que la Intensidad máxima del cable de sección  $25 \text{ mm}^2$  es de  $I_{max} = 128$  A, por lo que el **magnetotérmico a instalar será de 120 A.**

## ANEJOS

---

### 2.3 Instalación BT AC hasta el transformador

Por último, este tramo está comprendido entre la salida trifásica del inversor hasta el CT de baja tensión donde se inyectará la potencia generada a la red según la normativa y protecciones adicionales que establece, en este caso, Iberdrola.

Se deberá pues instalar los siguientes componentes:

1. Interruptor General manual

Siguiendo la fórmula establecida según la norma ITC-BT-22, los interruptores automáticos y los fusibles deben cumplir que:

$$1) I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$2) I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

En la protección por magnetotérmico normalizado no es necesario comprobar la segunda condición ya que  $I_2 = 1,45 \times I_z$  y por tanto siempre se cumple, solo es necesario comprobar la primera condición.

La intensidad base que circulará a la salida del inversor será de  $I_B = 74,04$  A, mientras que la Intensidad máxima del cable de sección  $25 \text{ mm}^2$  es de  $I_{\text{max}} = 87,74$  A, por lo que el **magnetotérmico a instalar será de 80 A de la serie HTi.**

2. Interruptor Diferencial

La protección contra contactos indirectos se realizará cumpliendo la norma UNE 20572-1 y la ITC-BT-24. Siguiendo la fórmula de  $R_t \cdot I_d \leq U$  donde  $R_t$  es la suma de las resistencias de puesta a tierra,  $I_d$  la corriente diferencial del dispositivo de protección y  $U$  la tensión de contacto límite, se elegirá un **interruptor diferencial de intensidad nominal 100 A y sensibilidad 30 mA del modelo DX<sup>3</sup> de la marca Legrand.**

### 2.4 Puesta a Tierra

Las centrales de instalaciones generadoras deberán estar provistas de sistemas de puesta a tierra que, en todo momento, aseguren que las tensiones que se puedan presentar en las masas metálicas de la instalación no superen los valores establecidos el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Los sistemas de puesta a tierra de las centrales de instalaciones generadoras deberán tener las condiciones técnicas adecuadas para que no se produzcan transferencias de defectos a la Red de Distribución Pública ni a las instalaciones privadas, cualquiera que sea su funcionamiento respecto a ésta: aisladas, asistidas o interconectadas.

Al utilizarse diferenciales de 30 mA de sensibilidad, la máxima resistencia de tierra para no superarse una tensión máxima de 24V será de  $R < 80 \Omega$ . Además, para calcular la geometría de la Puesta a Tierra se debe conocer la resistividad del terreno, la cual la consideraremos de  $100 \Omega \times \text{m}$ . Por tanto, la puesta a tierra se llevará a cabo mediante dos picas en paralelo con una longitud de 2m.

### 3. Distancia Mínima Entre Ramales

Se Debe calcular la distancia mínima que debe existir entre los diferentes ramales para que no produzcan sombras unos sobre otros.

Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, la distancia “d” medida sobre la horizontal, entre ramales, de altura “h” que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

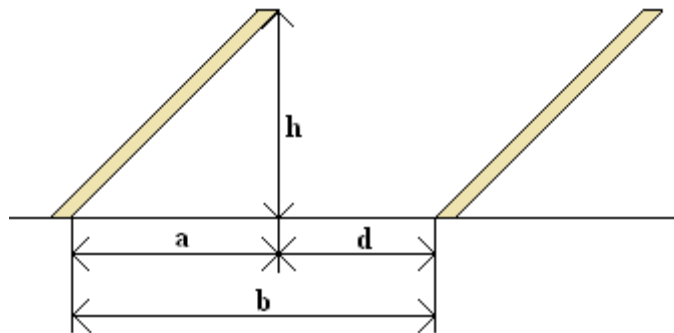


Ilustración LVI. Medidas a considerar en cálculo de distancia entre ramales

La distancia de separación entre los ramales depende del ángulo de inclinación de los paneles, por lo que cuanto más inclinación tengan los paneles más distancia entre ramales deberá haber. La inclinación de la planta fotovoltaica es de 30° y la longitud del panel 1,64 m.

La altura “h” será:  $h = \text{sen } 30^\circ * 1,64 = 0,76 \text{ m}$ .

Una vez calculada la altura “h” y conociendo la latitud de la instalación, se puede calcular finalmente la distancia:

$$d > \frac{h}{\text{tag}(61^\circ - \text{lat.})} = \frac{0,76}{\text{tag}(61^\circ - 39,98^\circ)} = 1,97 \text{ m}$$

La distancia mínima que deberán tener cada ramal será de 1,97 m y la proyección de la longitud del panel sobre el suelo será de  $a = \text{cos } 30^\circ * 1,64 = 1,42 \text{ m}$ .

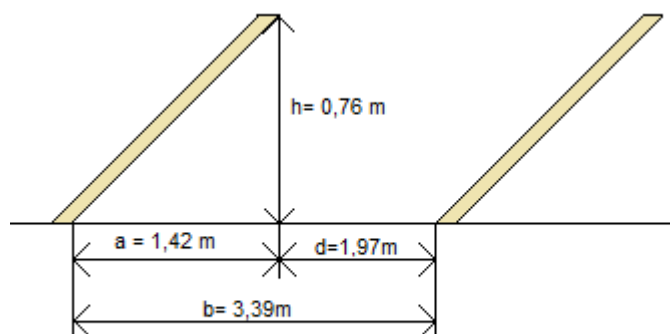


Ilustración LVII. Distancia entre ramales calculados

## 4. Producción Anual

A continuación se muestra la tabla donde se indica la irradiación anual directa, difusa, directa media y global media.

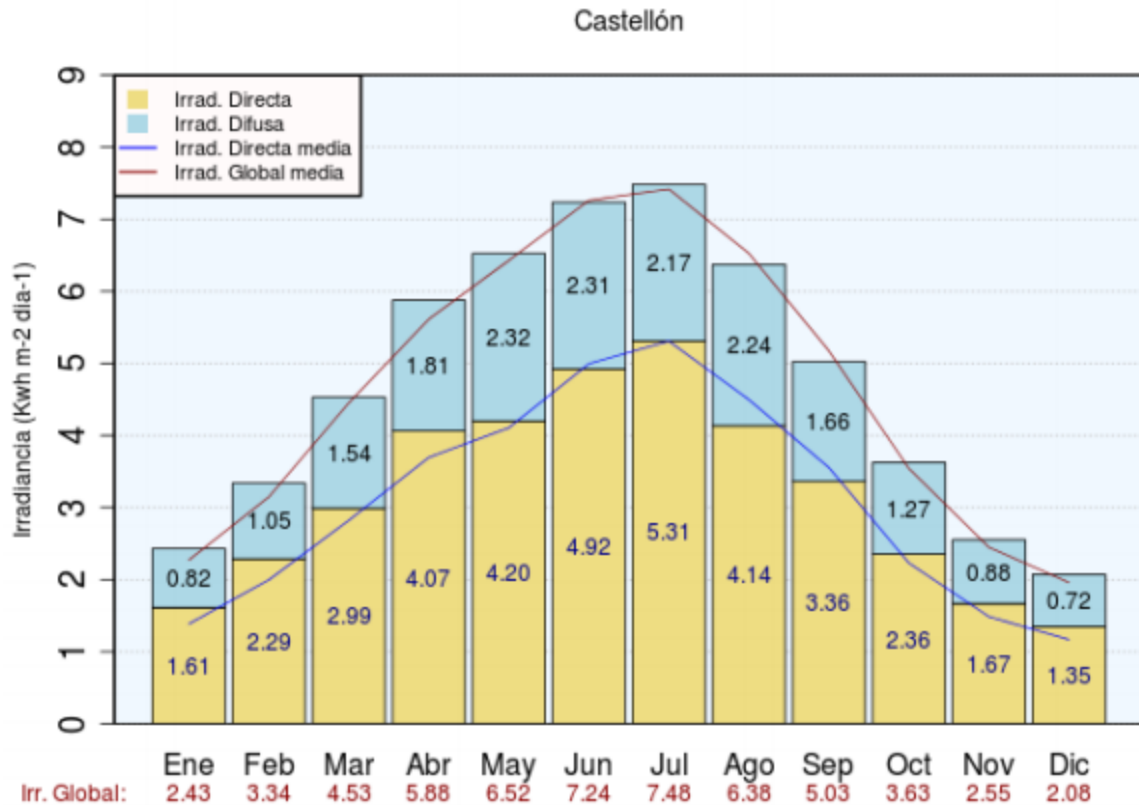


Ilustración LVIII. Irradiancia en Castellón de la Plana

Según la normativa establecida en el IDAE el cual uno de sus principales objetivos es valorar la calidad final de la instalación en cuanto a su rendimiento, producción e integración, se deberá calcular la producción siguiendo la siguiente fórmula:

$$E_p = I * P_{orient} * P_{somb} * P_{mp} * PR$$

Los parámetros utilizados en la fórmula son los siguientes:

*E<sub>p</sub>*: Energía eléctrica producida

*I* = Irradiancia solar sobre un plano inclinado 30° respecto a la horizontal

*P<sub>mp</sub>* = potencia pico instalada (51,3 kWp).

*PR*: Rendimiento global, eficiencia energética de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tiene en cuenta las pérdidas por sombras, pérdidas por orientación, las pérdidas por suciedad y las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.

Como se ha comentado anteriormente, el rendimiento o de una instalación es en torno al 85%, por lo que la producción de energía para la cual se ha dimensionado la instalación y la producción real es diferente.



Para calcular la energía eléctrica producida se deben calcular las diferentes pérdidas comentadas anteriormente:

Los diferentes factores que afectan a la instalación son:

**a) Temperatura de la célula fotovoltaica**

El rendimiento de los paneles solares disminuye a medida que aumenta la temperatura de trabajo. Cada grado que aumenta la célula supone unas pérdidas del 0.3%. Para determinar la temperatura de célula se utiliza la expresión:

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

Los parámetros utilizados en la fórmula son los siguientes:

*T<sub>c</sub>*: Temperatura de la célula

*T<sub>amb</sub>*: Temperatura ambiente en la sombra

*E*: Irradiancia Solar (W/m<sup>2</sup>)

*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<sup>2</sup> con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento, de 1 m/s.

Para calcular las pérdidas por diferencia de temperatura se utiliza la siguiente expresión:

$$R_{temp} = ( 1 - ( T_c - 25 ) \times 0,003 ) \times 100$$

El porcentaje en pérdidas referente a la temperatura de la célula fotovoltaica es:

	T <sub>c</sub> (°C)	T <sub>amb</sub> (°C)	E (irrad W/m <sup>2</sup> )	TONC (°C)	Rtemp %
<b>ENERO</b>	41,8	13,3	967,2	45°C	95,43
<b>FEBRERO</b>	42,3	14,2	1010,2	45°C	95,21
<b>MARZO</b>	44,1	15,9	1003,2	45°C	94,87
<b>ABRIL</b>	46,6	17,4	995,4	45°C	94,48
<b>MAYO</b>	49,4	20,1	998,7	45°C	93,39
<b>JUNIO</b>	53,2	21,5	1002,5	45°C	91,98
<b>JULIO</b>	55,8	24,9	1000,5	45°C	90,33
<b>AGOSTO</b>	59,9	27,5	1007,3	45°C	88,76
<b>SEPTIEMBRE</b>	57,3	22,3	999,6	45°C	89,64
<b>OCTUBRE</b>	53,6	19,9	991,1	45°C	91,92
<b>NOVIEMBRE</b>	49,7	16,6	1003,6	45°C	94,65
<b>DICIEMBRE</b>	46,2	14,1	995,9	45°C	95,22

*Tabla XXIII. Porcentaje pérdidas debido a temperatura de la célula*

**b) Suciedad**

Tal y como viene recogido en el pliego de condiciones, se realizarán trabajos de mantenimiento regularmente, por lo que las paneles fotovoltaicos no deben superar el 3% en pérdidas.

ANEJOS

c) Sombras

El IDAE 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.

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 la Obtención del perfil de obstáculos, la Representación del perfil de obstáculos, la Selección de la tabla de referencia para los cálculos y el Cálculo final.

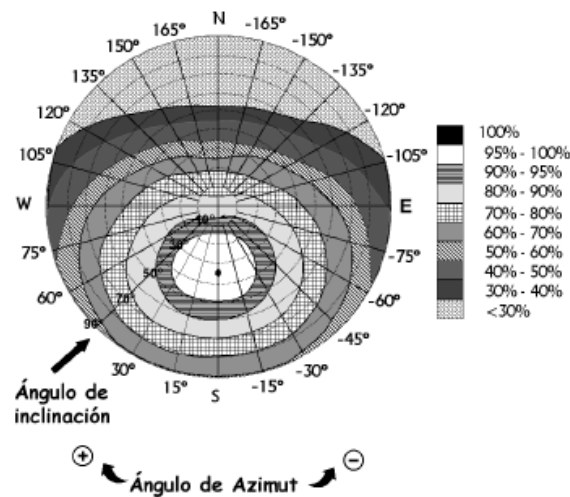


Fig. 3

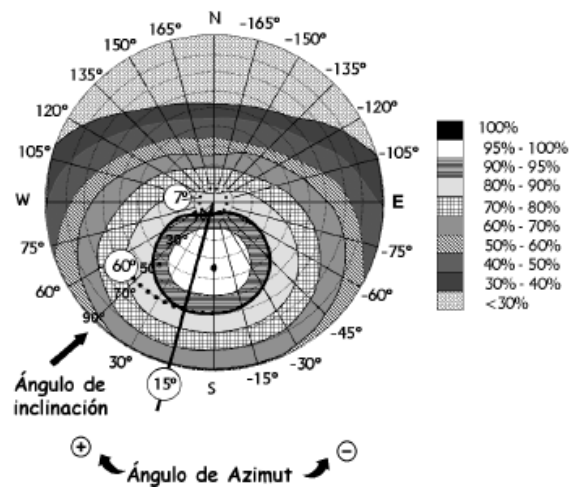


Ilustración LIX. Pérdidas por sombras

En nuestro caso las placas solares hacia donde están orientadas no experimentan sombras circundantes, por lo que son nulas.

**d) Pérdidas eléctricas**

El dimensionado de los conductores se ha realizado de tal manera que la caída de tensión a lo largo de los conductores sea menor al 3%.

**e) Pérdidas por orientación**

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - N + 10)^2 + 3,5 \times 10^{-5} \times \alpha^2]$$

Los parámetros utilizados en la fórmula son los siguientes:

$\beta$  : Angulo de inclinación de los módulos con la cubierta.

$\alpha$  : Angulo de acimut entre la proyección sobre el plano horizontal y el meridiano de la instalación.

Las pérdidas calculadas son prácticamente nulas.

**f) Degradación panel**

Son perdidas referentes al proceso de degradación de las células de silicio cristalino al exponer el panel al sol inicialmente. Se establece en un 1%.

**g) Otras perdidas**

Se trata de perdidas perteneciente a equipos de protección, equipos de medida, cableado, caja de conexiones. Se establece un rendimiento del 98%.

Una vez conocidos los valores aproximados de rendimiento en función de las diferentes pérdidas, el rendimiento global será de:

	R temp	R suc	R sombras	R perd	R deg	R otros	R global
<b>ENERO</b>	95,43%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	88,46%
<b>FEBRERO</b>	95,21%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	88,26%
<b>MARZO</b>	94,87%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	87,94%
<b>ABRIL</b>	94,48%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	87,58%
<b>MAYO</b>	93,39%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	86,57%
<b>JUNIO</b>	91,98%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	85,26%
<b>JULIO</b>	90,33%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	83,73%
<b>AGOSTO</b>	88,76%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	82,28%
<b>SEPTIEMBRE</b>	89,64%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	83,09%
<b>OCTUBRE</b>	91,92%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	85,21%
<b>NOVIEMBRE</b>	94,65%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	87,74%
<b>DICIEMBRE</b>	95,22%	97,00%	100,00%	98,50%	99,00%	98,00%	88,27%

*Tabla XXIV. Rendimiento global planta*

*Proyecto de iluminación interior de alta eficiencia e instalación fotovoltaica conectada a red sobre cubierta de nave industrial*

**ANEJOS**

Por lo que la energía eléctrica producida al mes/anual será:

	Horas pico sol	P (kW)	Rendimiento	kWh/día	Días	kWh/mes
<b>ENERO</b>	3,43	51,3	88,46%	155,65	31	4825,25
<b>FEBRERO</b>	3,76	51,3	88,26%	170,24	28	4766,80
<b>MARZO</b>	4,65	51,3	87,94%	209,78	31	6503,07
<b>ABRIL</b>	5,2	51,3	87,58%	233,63	30	7008,85
<b>MAYO</b>	5,64	51,3	86,57%	250,47	31	7764,72
<b>JUNIO</b>	5,93	51,3	85,26%	259,37	30	7781,06
<b>JULIO</b>	6,3	51,3	83,73%	270,61	31	8388,82
<b>AGOSTO</b>	6,65	51,3	82,28%	280,69	31	8701,52
<b>SEPTIEMBRE</b>	6,1	51,3	83,09%	260,01	30	7800,41
<b>OCTUBRE</b>	5,4	51,3	85,21%	236,05	31	7317,51
<b>NOVIEMBRE</b>	4,6	51,3	87,74%	207,05	30	6211,47
<b>DICIEMBRE</b>	3,8	51,3	88,27%	172,07	31	5334,28
<b>Energía generada anual:</b>					<b>82.403,75 kW/h</b>	

*Tabla XXV. Energía eléctrica producida anual*

Se debe conocer el precio al cual se pagará el kWh vertida a la red.

Periodo	Precio de venta con IVA	Precio de venta con IVA e impuesto 7%
<b>Punta</b>	0,1492 €	0,1386 €
<b>Llano</b>	0,1293 €	0,1203 €
<b>Valle</b>	0,0878 €	0,0929 €
<b>Media</b>	0,1221	0,113553

*Tabla XXVI. Precio venta kWh*

Una vez calculados la energía eléctrica generada, y en función de la evolución del rendimiento de los paneles, se obtiene los ingresos obtenidos por la energía inyectada a la red.

<b>Año</b>	<b>kWh/año generados</b>	<b>Rendimiento panel %</b>	<b>Ingresos anuales venta</b>
<b>1</b>	82.403,75	100	9.357,1930 €
<b>2</b>	82.074,14	99,5%	9.319,7643 €
<b>3</b>	81.744,52	99,20%	9.282,3355 €
<b>4</b>	81.579,71	99,00%	9.263,6208 €
<b>5</b>	81.332,50	98,70%	9.235,5494 €
<b>6</b>	81.002,88	98,30%	9.198,1200 €
<b>7</b>	80.755,68	98,00%	9.170,0497 €
<b>8</b>	80.590,86	97,80%	9.151,3339 €
<b>9</b>	80.261,25	97,40%	9.113,9057 €
<b>10</b>	80.014,04	97,10%	9.085,8343 €
<b>11</b>	80.014,04	96,80%	9.057,7628 €
<b>12</b>	80.014,04	96,40%	9.020,3341 €
<b>13</b>	80.014,04	96,10%	8.992,2625 €
<b>14</b>	80.014,04	95,30%	8.917,4050 €
<b>15</b>	80.014,04	95,00%	8.889,3334 €

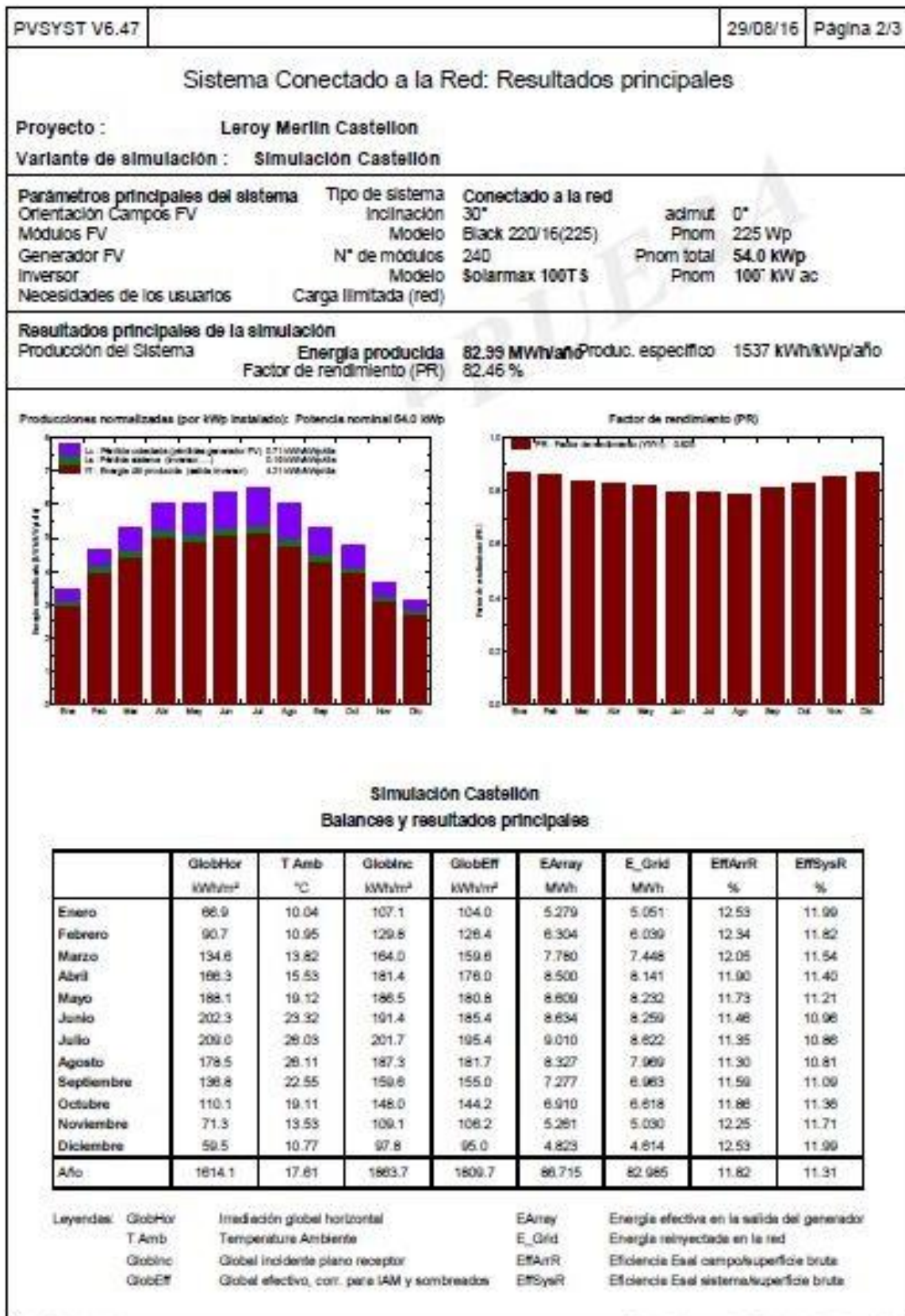
*Tabla XXVII. Ingresos anuales por venta de energía*

## 5. Simulación Mediante PVSYSY

PVSYSY V6.47		29/08/16		Página 1/3	
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>					
<b>Proyecto :</b>	Leroy Merlin Castellon				
<b>Lugar geográfico</b>	Castellon			<b>País</b>	España
<b>Ubicación</b>	<b>Latitud</b>	39.5°N	<b>Longitud</b>	0.5°W	
<b>Hora definido como</b>	<b>Hora Legal</b>	Huso hor. UT+1	<b>Altitud</b>	41 m	
<b>Datos climatológicos:</b>	Castellon	MeteoNorm 7.1 station - Sintesis			
<b>Variante de simulación :</b>	Simulación Castellón				
	<b>Fecha de simulación</b>	29/08/16 17h05			
<b>Parámetros de la simulación</b>					
<b>Orientación Plano Receptor</b>	<b>Inclinación</b>	30°	<b>Acimut</b>	0°	
<b>Modelos empleados</b>	<b>Transposición</b>	Perez	<b>Difuso</b>	Perez, Meteonom	
<b>Perfil obstáculos</b>	Sin perfil de obstáculos				
<b>Sombras cercanas</b>	Sin sombreado				
<b>Características generador FV</b>					
<b>Módulo FV</b>	SI-mono	<b>Modelo</b>	Black 220/16(225)		
<b>Original Pvsyst database</b>		<b>Fabricante</b>	Solon Energy		
<b>Número de módulos FV</b>		<b>En serie</b>	20 módulos	<b>En paralelo</b>	12 cadenas
<b>N° total de módulos FV</b>		<b>N° módulos</b>	240	<b>Pnom unitaria</b>	225 Wp
<b>Potencia global generador</b>		<b>Nominal (STC)</b>	54.0 kWp	<b>En cond. funciona.</b>	48.9 kWp (50°C)
<b>Caract. funcionamiento del generador (50°C)</b>		<b>V mpp</b>	511 V	<b>I mpp</b>	95 A
<b>Superficie total</b>		<b>Superficie módulos</b>	394 m²		
<b>Inversor</b>					
<b>Original Pvsyst database</b>		<b>Modelo</b>	Solarmax 100T S		
<b>Características</b>		<b>Fabricante</b>	SolarMax		
		<b>Tensión Funciona.</b>	430-800 V	<b>Pnom unitaria</b>	100 kWac
<b>Banco de inversores</b>		<b>N° de inversores</b>	1 unidades	<b>Potencia total</b>	100 kWac
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>					
<b>Factor de pérdidas térmicas</b>	<b>Uc (const)</b>	20.0 W/m²K	<b>Uv (viento)</b>	0.0 W/m²K / m/s	
<b>Pérdida Óhmica en el Cableado</b>	<b>Res. global generador</b>	89 mOhm	<b>Fracción de Pérdidas</b>	1.5 % en STC	
<b>Pérdida Calidad Módulo</b>			<b>Fracción de Pérdidas</b>	1.5 %	
<b>Pérdidas Mismatch Módulos</b>			<b>Fracción de Pérdidas</b>	1.0 % en MPP	
<b>Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE</b>	<b>IAM =</b>	1 - bo (1/cos i - 1)	<b>Parám. bo</b>	0.05	
<b>Necesidades de los usuarios :</b>	Carga ilimitada (red)				

Project Evaluation mode

Traducción en alemán, sólo el texto inglés está patentado.

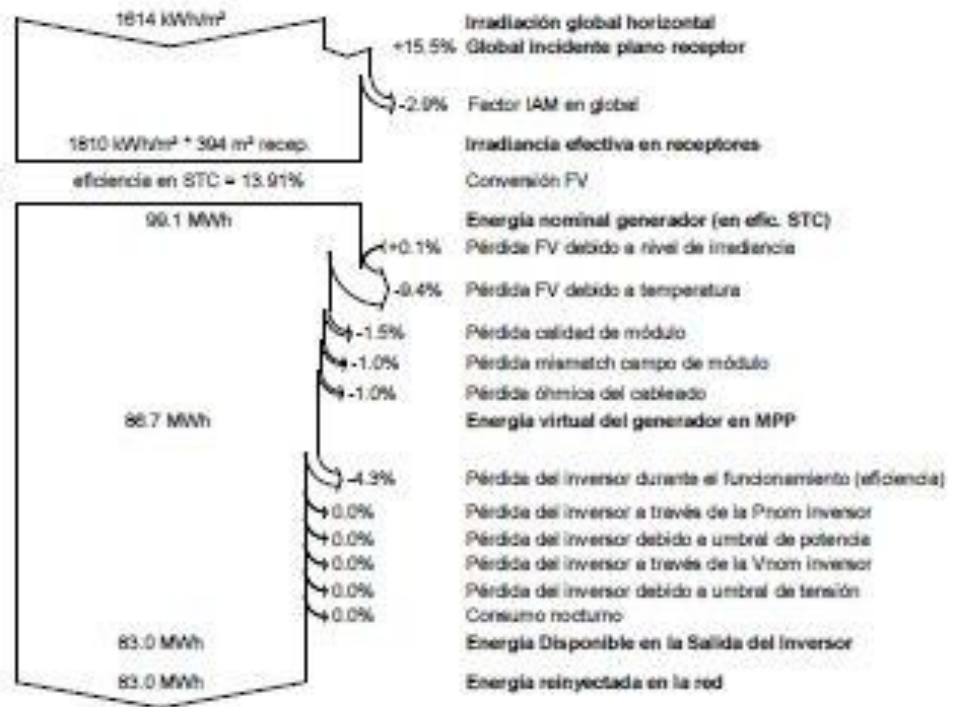


### Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

**Proyecto :** Leroy Merlin Castellon  
**Variante de simulación :** Simulación Castellón

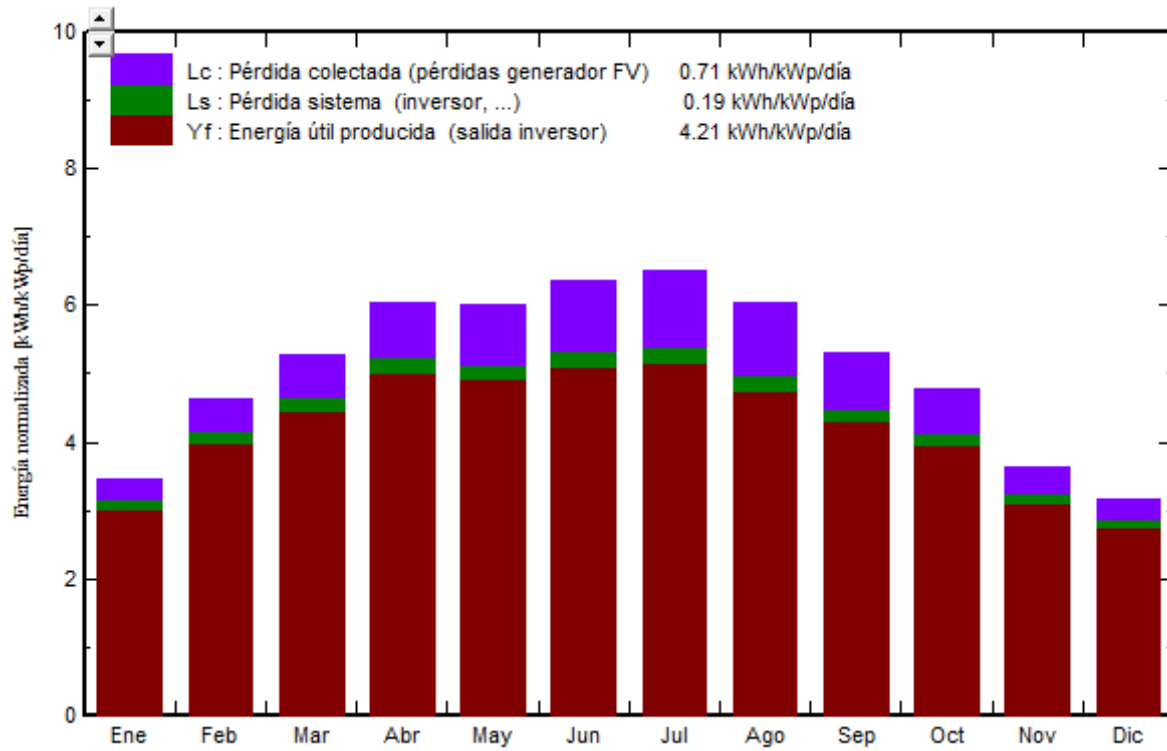
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
Orientación Campos FV	Inclinación	30°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	Black 220/16(225)	Pnom 225 Wp
Generador FV	N° de módulos	240	Pnom total 54.0 kWp
Inversor	Modelo	Solarmax 100T S	Pnom 100° kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

#### Diagrama de pérdida durante todo el año

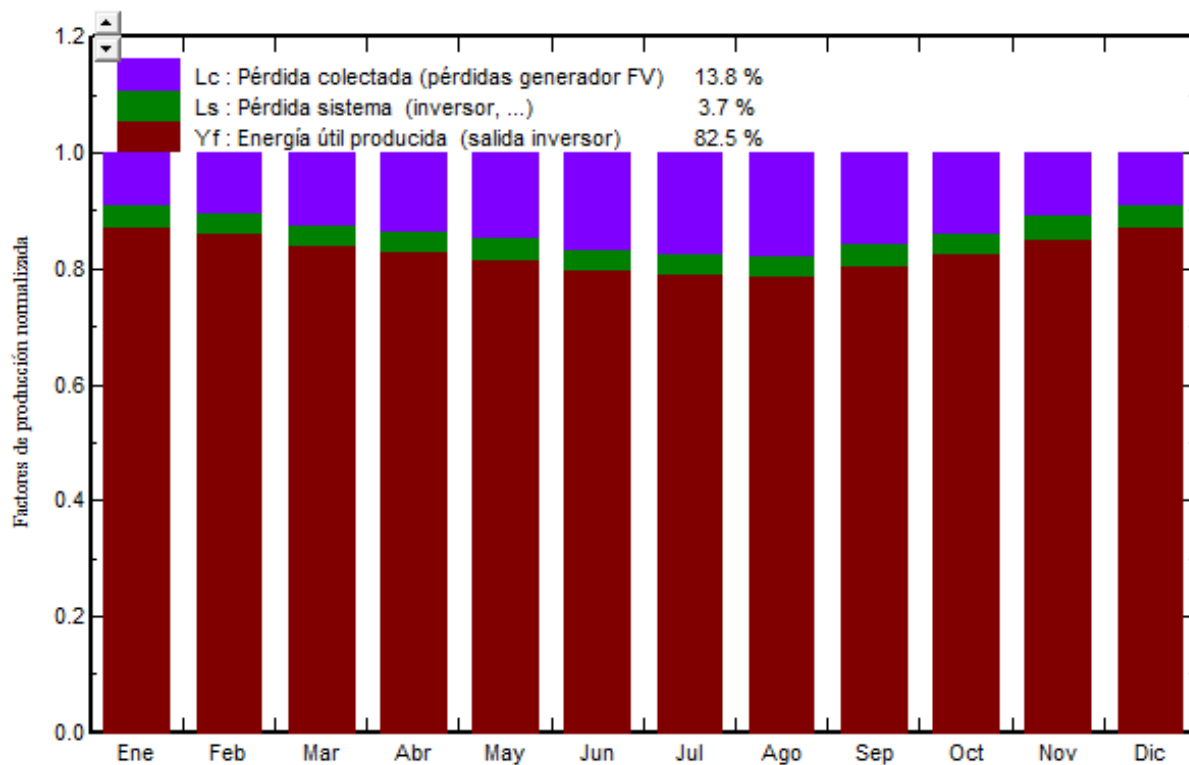




Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 54.0 kWp

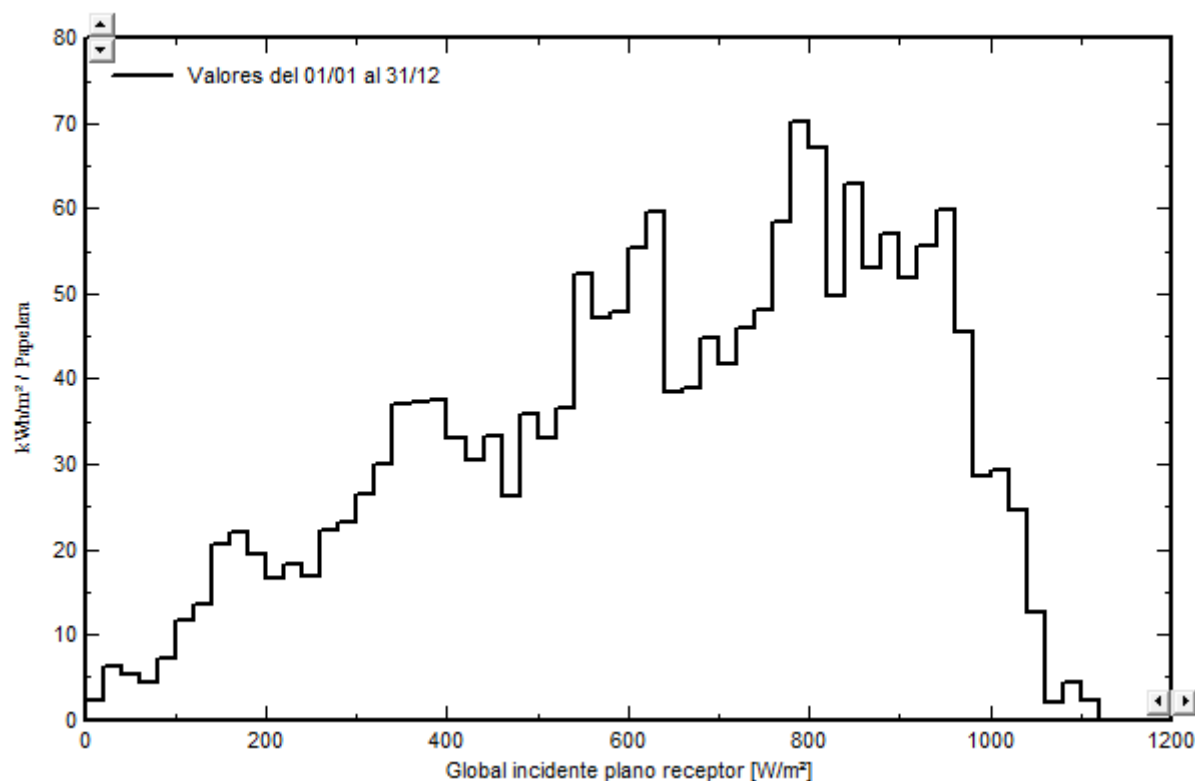


Producción normalizada y factores de pérdida: Potencia nominal 54.0 kWp



ANEJOS

Distribución Irradiación Incidente



Simulación Castellón  
Monthly Hourly sums for E\_Grid [kWh]

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H	
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	2	303	535	678	764	807	758	666	437	104	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	82	374	641	784	861	913	851	725	552	258	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	17	264	560	788	961	1002	1027	941	822	619	370	80	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	1	135	425	714	906	959	1010	1009	967	860	634	389	134	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	29	183	447	679	864	976	1006	1029	944	837	644	414	163	21	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	39	184	445	689	886	933	999	1014	929	832	649	430	188	43	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	29	162	436	705	889	932	1030	1050	1013	894	727	483	226	47	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	2	137	404	660	844	907	998	1034	955	815	624	410	167	14	0	0	0	0	0
Septieml	0	0	0	0	0	0	0	83	313	556	754	881	937	952	859	734	543	295	59	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	5	281	571	778	914	940	967	854	682	454	175	0	0	0	0	0	0	0
Noviemb	0	0	0	0	0	0	0	0	176	456	672	756	768	766	651	521	263	3	0	0	0	0	0	0	0
Diciemb	0	0	0	0	0	0	0	2	309	568	678	727	785	708	557	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año	-3	-3	-3	-3	-3	-3	98	904	3275	6577	9124	10351	11041	11351	10421	8945	6429	3333	1017	124	-3	-3	-3	-3	-3

**Simulación Castellón**  
**Utilización de Energía y necesidades del Usuario**

	<b>E_Grid</b> kWh
<b>Enero</b>	5051
<b>Febrero</b>	6039
<b>Marzo</b>	7448
<b>Abril</b>	8141
<b>Mayo</b>	8232
<b>Junio</b>	8259
<b>Julio</b>	8622
<b>Agosto</b>	7969
<b>Septiembre</b>	6963
<b>Octubre</b>	6618
<b>Noviembre</b>	5030
<b>Diciembre</b>	4614
Año	82985

## **6. Proyecto iluminación. Informe Dialux**

A continuación se muestra el estudio lumínico que se ha realizado para la tienda, teniendo en cuenta superficie, color de las paredes, factor de mantenimiento, situación de los rack... El estudio está realizado con la ayuda del software Dialux.

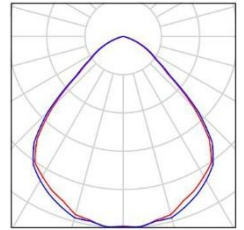
Para realizar el proyecto y el análisis de costes vamos a tener en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Número y tipo de luminarias
- ✓ Precio de la luminaria
- ✓ Consumo por luminaria
- ✓ Tarifa de electricidad existente
- ✓ Vida útil de la luminaria
- ✓ Horas de funcionamiento anual de la instalación
- ✓ Consumo actual de la instalación y costes de mantenimiento
- ✓ Amortización de la nueva instalación

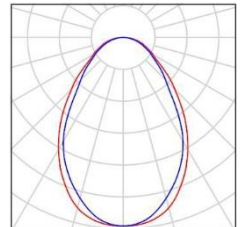
En el proyecto se consideran dos zonas diferenciadas, la entrada de la tienda que consta de techo de escayola con luminarias empotradas y el resto de superficie, que está formada por luminarias de halogenuros metálicos a 9m.

**Proyecto Leroy Merlin / Lista de luminarias**

304 Pieza TOSHIBA LEDEUJ00005I50 LED Highbay  
12000 / 150W / 10680lm / 5000K / 90°  
N° de artículo: LEDEUJ00005I50  
Flujo luminoso (Luminaria):  
10705 lm Flujo luminoso  
(Lámparas): 10680 lm Potencia de  
las luminarias: 150.0 W  
Clasificación luminarias según CIE:  
100 Código CIE Flux: 67 94 100  
100 100  
Lámpara: 1 x Highbay / 150W / 5000K /  
90° (Factor de corrección 1.000).



16 Pieza TOSHIBA LEDEUR00008N30 E-Core LED Panel  
2/ 600x600 / 3300lm / 41W / 3000K  
N° de artículo: LEDEUR00008N30  
Flujo luminoso (Luminaria): 3300 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3300 lm  
Potencia de las luminarias: 41.0 W  
Clasificación luminarias según CIE:  
100 Código CIE Flux: 62 86 97  
100 101  
Lámpara: 1 x E-CORE LED Panel 2 / 41  
W / 3000K (Factor de corrección 1.000).

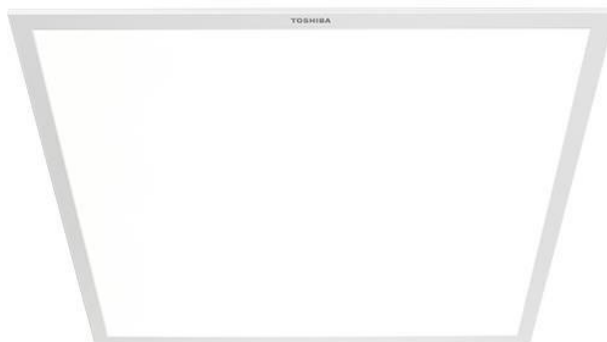


ANEJOS

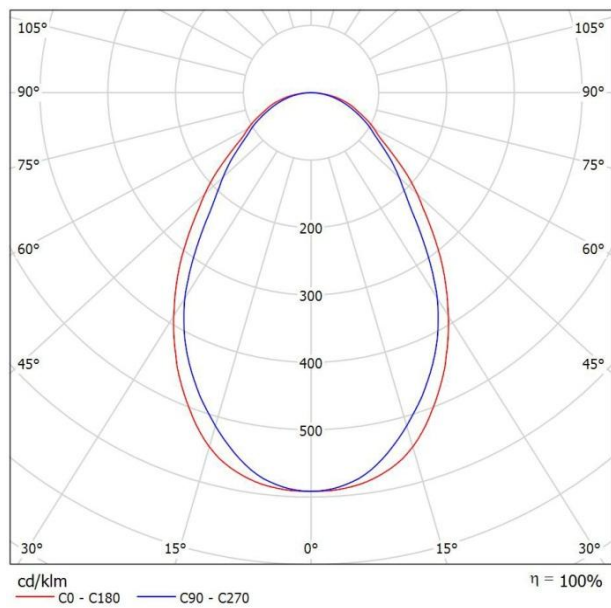
---

**TOSHIBA LEDEUR00008N30 E-Core LED Panel 2/ 600x600 / 3300lm / 41W / 3000K/**

**Hoja de datos de luminarias**



Emisión de luz 1:



Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	15.0	16.1	15.3	16.3	16.5	14.2	15.4	14.5	15.6	15.8
	3H	16.3	17.3	16.6	17.6	17.8	15.5	16.5	15.8	16.8	17.0
	4H	17.0	17.9	17.3	18.2	18.5	16.1	17.0	16.4	17.3	17.6
	6H	17.5	18.4	17.9	18.7	19.0	16.5	17.4	16.9	17.7	18.0
	8H	17.7	18.6	18.1	18.9	19.2	16.7	17.6	17.1	17.9	18.2
	12H	17.9	18.7	18.2	19.0	19.3	16.8	17.7	17.2	18.0	18.3
4H	2H	15.4	16.3	15.7	16.6	16.9	14.8	15.7	15.1	16.0	16.3
	3H	16.9	17.7	17.3	18.1	18.4	16.2	17.0	16.6	17.4	17.7
	4H	17.8	18.5	18.2	18.8	19.2	17.0	17.7	17.4	18.0	18.4
	6H	18.5	19.1	18.9	19.5	19.9	17.6	18.2	18.0	18.6	19.0
	8H	18.8	19.4	19.2	19.8	20.2	17.9	18.4	18.3	18.8	19.2
	12H	19.0	19.5	19.5	19.9	20.4	18.1	18.6	18.5	19.0	19.4
8H	4H	18.0	18.6	18.4	19.0	19.4	17.3	17.9	17.7	18.3	18.7
	6H	18.9	19.4	19.4	19.8	20.3	18.1	18.6	18.6	19.0	19.5
	8H	19.3	19.7	19.8	20.2	20.6	18.5	18.9	19.0	19.3	19.8
	12H	19.6	20.0	20.1	20.4	20.9	18.8	19.1	19.3	19.6	20.1
12H	4H	18.0	18.6	18.5	19.0	19.4	17.4	17.9	17.8	18.3	18.7
	6H	19.0	19.4	19.5	19.8	20.3	18.2	18.6	18.7	19.1	19.6
	8H	19.4	19.8	19.9	20.2	20.7	18.6	19.0	19.1	19.5	20.0
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+0.1 / -0.2					+0.2 / -0.2				
S = 1.5H		+0.3 / -0.4					+0.3 / -0.4				
S = 2.0H		+0.7 / -0.8					+0.5 / -0.8				
Tabla estándar		BK06					BK06				
Sumando de corrección		2.0					1.3				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3300lm Flujo luminoso total											

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 62 86 97 100 101

Esta luminaria con reflector estándar de aluminio para techo con unas dimensiones de 600 mm hace honor a su denominación en inglés: ofrece una iluminación constante y homogénea para amplias áreas de oficinas o ventas. Equipada con un módulo LED, proporciona 3.200 lúmenes con un consumo de energía de solo 57,5 W. Totalmente libre de deslumbramiento, con un valor UGR de 19 en todos los campos de aplicación de las lámparas fluorescentes convencionales, ofrece una calidad luminosa completamente nueva debido a que su control de flujo luminoso constante asegura un brillo uniforme durante todo su funcionamiento. De esta manera, se crean unas condiciones de trabajo confortables y seguras.

**ANEJOS**

**TOSHIBA LEDEUR00008N30 E-Core LED Panel 2/ 600x600 / 3300lm / 41W / 3000K /  
Tabla UGR**

Luminaria: TOSHIBA LEDEUR00008N30 E-Core LED Panel 2/ 600x600 / 3300lm / 41W / 3000K Lámparas:  
1 x E-CORE LED Panel 2 / 41 W / 3000K

<b>Valoración de deslumbramiento según UGR</b>											
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	15.0	16.1	15.3	16.3	16.5	14.2	15.4	14.5	15.6	15.8
	3H	16.3	17.3	16.6	17.6	17.8	15.5	16.5	15.8	16.8	17.0
	4H	17.0	17.9	17.3	18.2	18.5	16.1	17.0	16.4	17.3	17.6
	6H	17.5	18.4	17.9	18.7	19.0	16.5	17.4	16.9	17.7	18.0
	8H	17.7	18.6	18.1	18.9	19.2	16.7	17.6	17.1	17.9	18.2
	12H	17.9	18.7	18.2	19.0	19.3	16.8	17.7	17.2	18.0	18.3
4H	2H	15.4	16.3	15.7	16.6	16.9	14.8	15.7	15.1	16.0	16.3
	3H	16.9	17.7	17.3	18.1	18.4	16.2	17.0	16.6	17.4	17.7
	4H	17.8	18.5	18.2	18.8	19.2	17.0	17.7	17.4	18.0	18.4
	6H	18.5	19.1	18.9	19.5	19.9	17.6	18.2	18.0	18.6	19.0
	8H	18.8	19.4	19.2	19.8	20.2	17.9	18.4	18.3	18.8	19.2
	12H	19.0	19.5	19.5	19.9	20.4	18.1	18.6	18.5	19.0	19.4
8H	4H	18.0	18.6	18.4	19.0	19.4	17.3	17.9	17.7	18.3	18.7
	6H	18.9	19.4	19.4	19.8	20.3	18.1	18.6	18.6	19.0	19.5
	8H	19.3	19.7	19.8	20.2	20.6	18.5	18.9	19.0	19.3	19.8
	12H	19.6	20.0	20.1	20.4	20.9	18.8	19.1	19.3	19.6	20.1
	4H	18.0	18.6	18.5	19.0	19.4	17.4	17.9	17.8	18.3	18.7
12H	6H	19.0	19.4	19.5	19.8	20.3	18.2	18.6	18.7	19.1	19.6
	8H	19.4	19.8	19.9	20.2	20.7	18.6	19.0	19.1	19.5	20.0

Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias		
S = 1.0H	+0.1 / -0.2	+0.2 / -0.2
S = 1.5H	+0.3 / -0.4	+0.3 / -0.4
S = 2.0H	+0.7 / -0.8	+0.5 / -0.8
Tabla estándar	BK06	BK06
Sumando de corrección	2.0	1.3

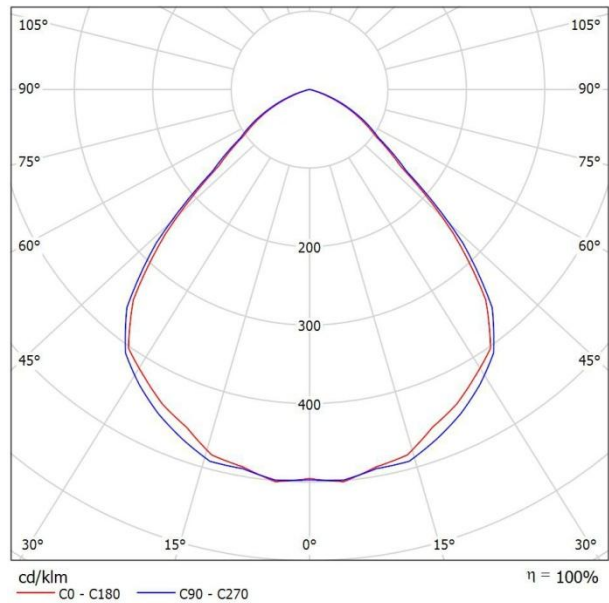
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3300lm Flujo luminoso total

Los valores UGR se calculan según CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25.



**TOSHIBA LEDEUJ00005I50 LED Highbay 12000 / 150W / 10680lm / 5000K / 90° / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 67 94 100 100 100

El E-Core LED Highbay 12000 es una luminaria industrial extremadamente robusta y eficaz. Es especialmente apropiado para la iluminación de espacios industriales y otras áreas de gran tamaño. Carcasa de aluminio fundido en color plateado, con difusor de vidrio plano y alta resistencia a impactos. Instalación suspendida. La unidad de control está integrada en la luminaria. La luminaria no se puede regular.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR													
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara						
X	Y	2H	3H	4H	6H	8H	12H	2H	3H	4H	6H	8H	12H
2H	2H	22.6	23.6	22.8	23.8	24.0	22.8	23.8	23.0	24.0	24.2	24.2	
	3H	22.8	23.7	23.1	24.0	24.2	23.1	24.0	23.4	24.3	24.5	24.5	
	4H	22.8	23.7	23.1	23.9	24.2	23.1	23.9	23.4	24.2	24.5	24.5	
	6H	22.7	23.5	23.1	23.8	24.1	23.0	23.8	23.4	24.1	24.4	24.4	
	8H	22.7	23.4	23.0	23.7	24.1	23.0	23.7	23.3	24.0	24.4	24.4	
	12H	22.6	23.4	23.0	23.7	24.0	22.9	23.7	23.3	24.0	24.3	24.3	
4H	2H	22.7	23.6	23.0	23.9	24.1	22.9	23.8	23.2	24.0	24.3	24.3	
	3H	23.0	23.8	23.4	24.1	24.4	23.3	24.0	23.7	24.3	24.7	24.7	
	4H	23.0	23.7	23.4	24.0	24.4	23.3	24.0	23.7	24.3	24.6	24.6	
	6H	23.0	23.5	23.4	23.9	24.3	23.3	23.8	23.7	24.2	24.6	24.6	
	8H	22.9	23.4	23.4	23.8	24.2	23.2	23.7	23.7	24.1	24.5	24.5	
	12H	22.9	23.3	23.3	23.8	24.2	23.2	23.6	23.6	24.0	24.5	24.5	
8H	4H	23.0	23.5	23.4	23.9	24.3	23.3	23.7	23.7	24.1	24.5	24.5	
	6H	22.9	23.3	23.4	23.7	24.2	23.2	23.6	23.7	24.0	24.5	24.5	
	8H	22.9	23.2	23.3	23.7	24.1	23.2	23.5	23.6	24.0	24.4	24.4	
	12H	22.8	23.1	23.3	23.6	24.1	23.1	23.4	23.6	23.9	24.4	24.4	
12H	4H	22.9	23.4	23.4	23.8	24.2	23.2	23.7	23.7	24.1	24.5	24.5	
	6H	22.9	23.2	23.3	23.7	24.1	23.2	23.5	23.6	23.9	24.4	24.4	
	8H	22.8	23.1	23.3	23.6	24.1	23.1	23.4	23.6	23.9	24.4	24.4	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias													
S = 1.0H		+1.1 / -1.6					+1.0 / -1.5						
S = 1.5H		+2.2 / -2.7					+2.2 / -2.5						
S = 2.0H		+3.7 / -4.3					+3.7 / -3.9						
Tabla estándar		BK01					BK01						
Sumando de corrección		5.0					5.2						
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 10680lm Flujo luminoso total													

ANEJOS

**TOSHIBA LEDEUJ00005I50 LED Highbay 12000 / 150W / 10680lm / 5000K / 90° / Tabla UGR**

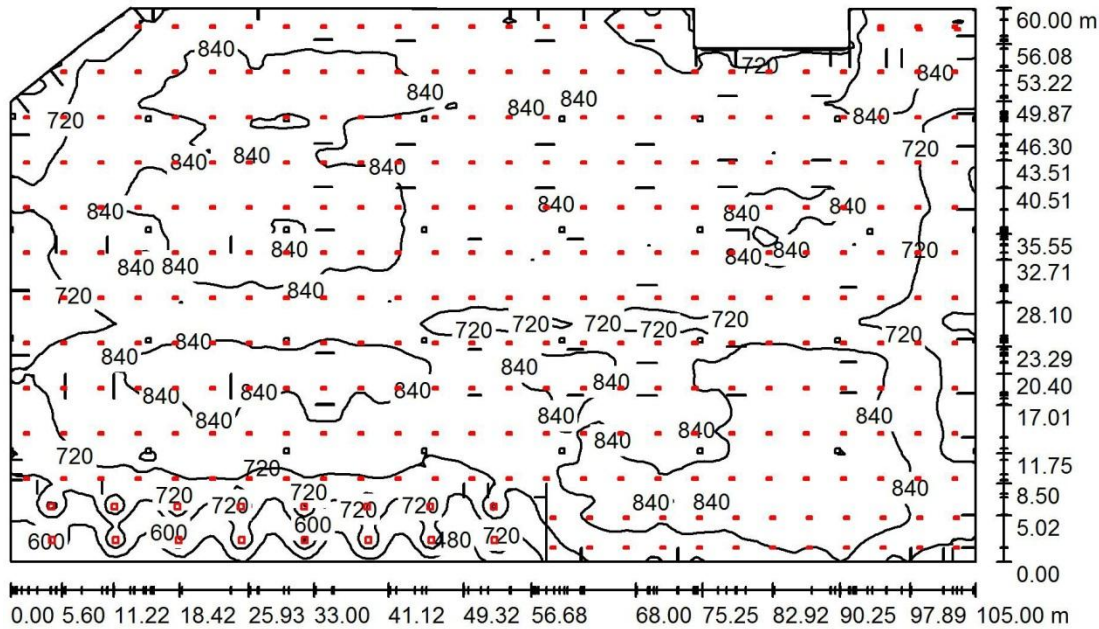
Luminaria: TOSHIBA LEDEUJ00005I50 LED Highbay 12000 / 150W / 10680lm / 5000K / 90°

Lámparas: 1 x Highbay / 150W / 5000K / 90°

<b>Valoración de deslumbramiento según UGR</b>											
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	22.6	23.6	22.8	23.8	24.0	22.8	23.8	23.0	24.0	24.2
	3H	22.8	23.7	23.1	24.0	24.2	23.1	24.0	23.4	24.3	24.5
	4H	22.8	23.7	23.1	23.9	24.2	23.1	23.9	23.4	24.2	24.5
	6H	22.7	23.5	23.1	23.8	24.1	23.0	23.8	23.4	24.1	24.4
	8H	22.7	23.4	23.0	23.7	24.1	23.0	23.7	23.3	24.0	24.4
	12H	22.6	23.4	23.0	23.7	24.0	22.9	23.7	23.3	24.0	24.3
4H	2H	22.7	23.6	23.0	23.9	24.1	22.9	23.8	23.2	24.0	24.3
	3H	23.0	23.8	23.4	24.1	24.4	23.3	24.0	23.7	24.3	24.7
	4H	23.0	23.7	23.4	24.0	24.4	23.3	24.0	23.7	24.3	24.6
	6H	23.0	23.5	23.4	23.9	24.3	23.3	23.8	23.7	24.2	24.6
	8H	22.9	23.4	23.4	23.8	24.2	23.2	23.7	23.7	24.1	24.5
	12H	22.9	23.3	23.3	23.8	24.2	23.2	23.6	23.6	24.0	24.5
8H	4H	23.0	23.5	23.4	23.9	24.3	23.3	23.7	23.7	24.1	24.5
	6H	22.9	23.3	23.4	23.7	24.2	23.2	23.6	23.7	24.0	24.5
	8H	22.9	23.2	23.3	23.7	24.1	23.2	23.5	23.6	24.0	24.4
	12H	22.8	23.1	23.3	23.6	24.1	23.1	23.4	23.6	23.9	24.4
12H	4H	22.9	23.4	23.4	23.8	24.2	23.2	23.7	23.7	24.1	24.5
	6H	22.9	23.2	23.3	23.7	24.1	23.2	23.5	23.6	23.9	24.4
	8H	22.8	23.1	23.3	23.6	24.1	23.1	23.4	23.6	23.9	24.4
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+1.1 / -1.6					+1.0 / -1.5				
S = 1.5H		+2.2 / -2.7					+2.2 / -2.5				
S = 2.0H		+3.7 / -4.3					+3.7 / -3.9				
Tabla estándar		BK01					BK01				
Sumando de corrección		5.0					5.2				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 10680lm Flujo luminoso total											

Los valores UGR se calculan según CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25.

## Sala de ventas y recepción / Resumen



Altura del local: 10.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:771

Superficies	$q$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	781	363	939	0.465
Suelo	84	778	408	999	0.525
Techos (392)	84	509	51	739	/
Paredes (23)	84	583	211	1226	/

### Plano útil:

Altura: 1.500 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

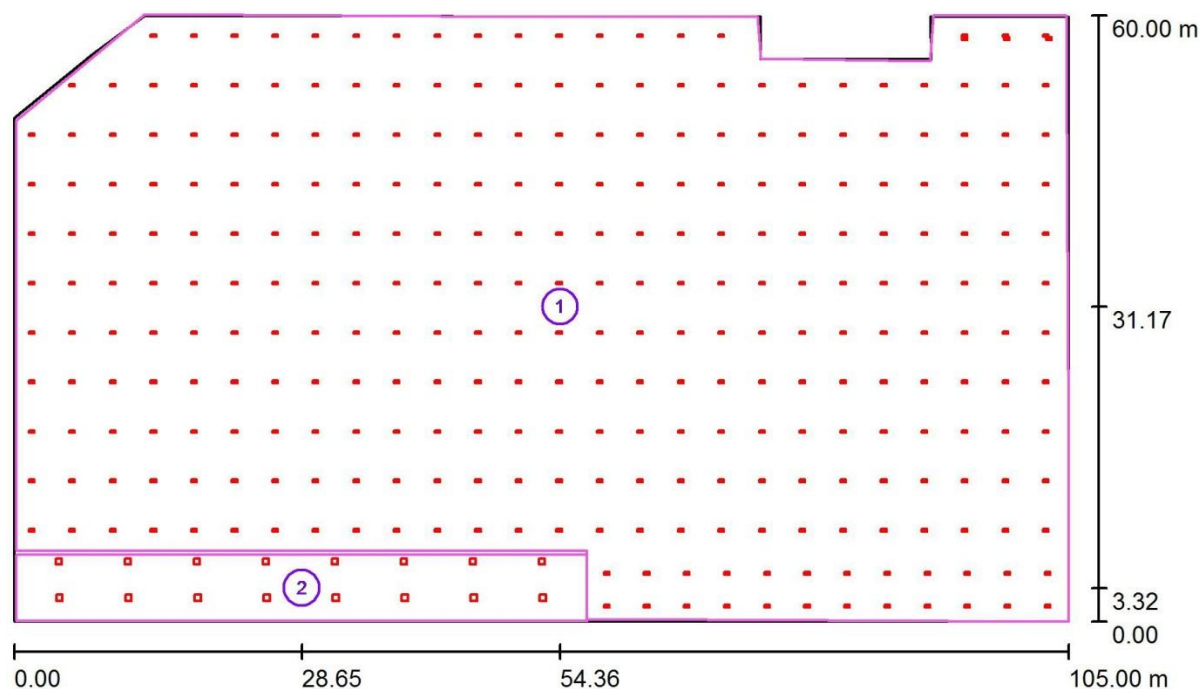
N	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\xi$ (Luminaria) [lm]	(Lámparas) [lm]	P [W]
1	304	TOSHIBA LEDEUJ00005150 LED Highbay 12000 / 150W / 10680lm / 5000K / 90° (1.000)	10705	10680	150
2	16	TOSHIBA LEDEUR00008N30 E-Core LED Panel 2/ 600x600 / 3300lm / 41W /	3300	3300	41

Total: 3307103 Total: 3299520 Total: 46256.0

Valor de eficiencia energética: 7.51 W/m<sup>2</sup> = 0.96 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 6156.85 m<sup>2</sup>)

ANEJOS

**LEROY MERLIN / Superficie de cálculo (sumario de resultados)**

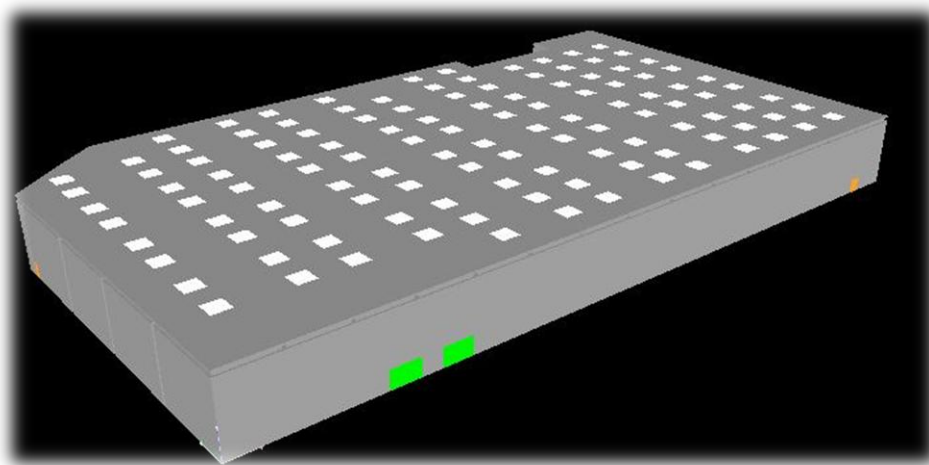
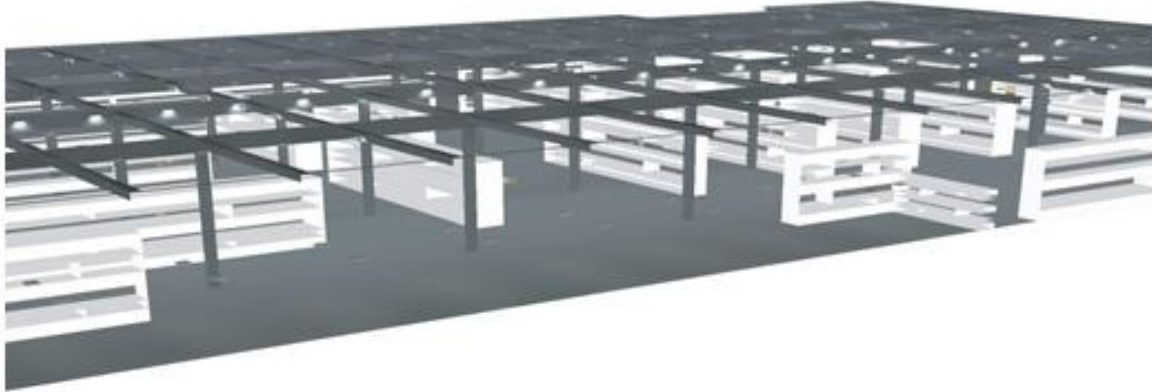


Escala 1: 751

**Lista de superficies de cálculo**

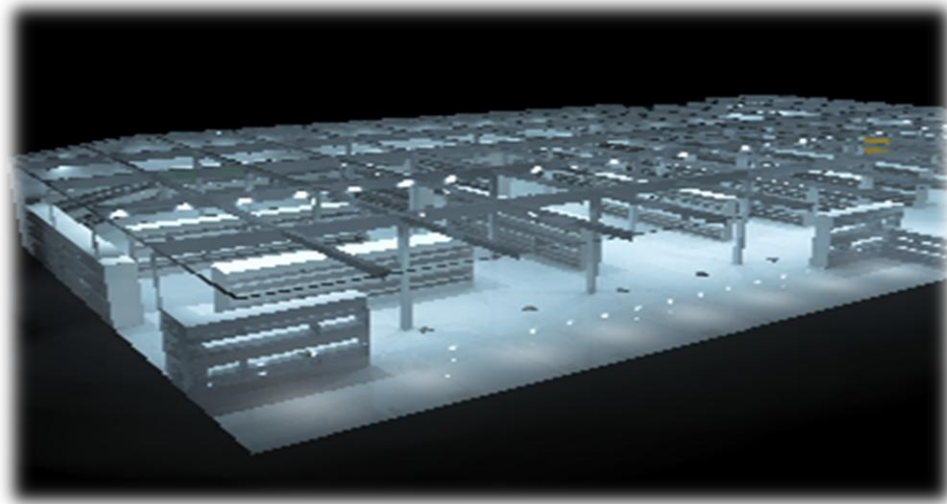
<i>N</i>	<i>Designación</i>	<i>Tipo</i>	<i>Trama</i>	$E_m$	$E_{min}$	$E_{max}$	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Superficie de cálculo tienda	perpendicular	128 x 128	796	611	853	0.632	0.734
2	Entrada tienda	perpendicular	128 x 16	680	555	804	0.715	0.69

**LEROY MERLIN / Rendering (procesado) en 3D**

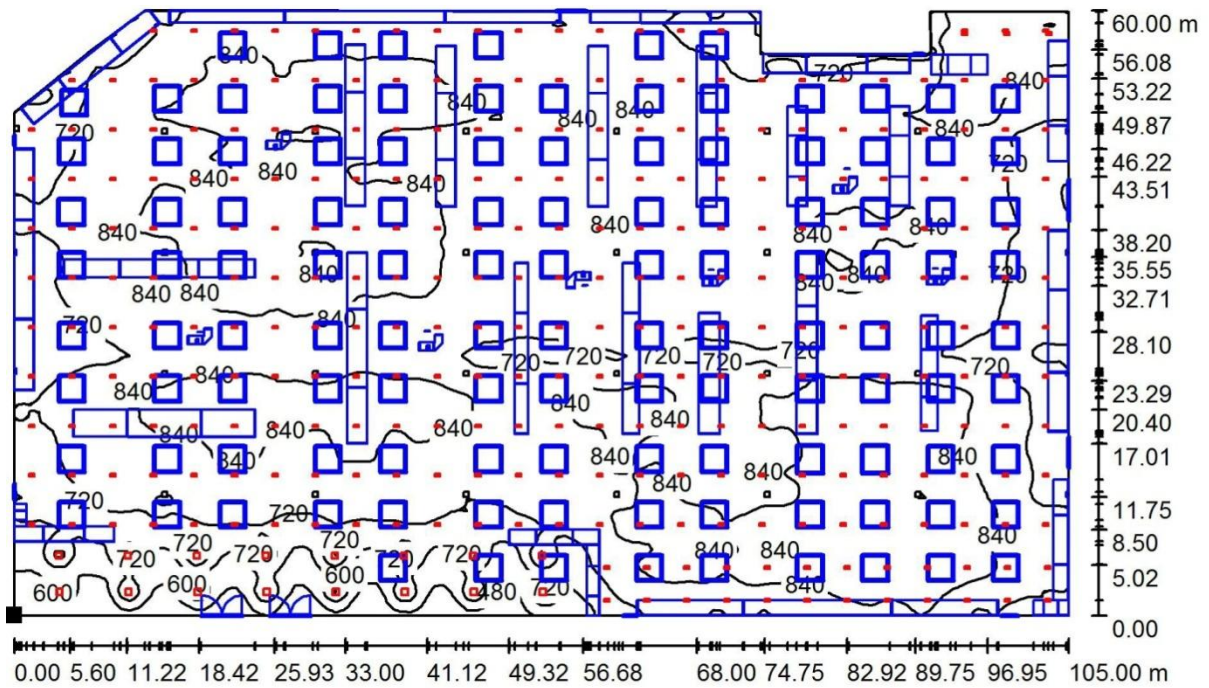


**ANEJOS**

---



Sala de ventas y recepción / Plano útil / Isolíneas (E)



Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(0.000 m, 0.000 m, 1.500 m)

Valores en Lux, Escala 1: 751



## 7. Hoja Características Luminarias Highbay

**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>

HOJA DE DATOS



### E-CORE LED HIGHBAY 12000

Extremadamente robusto, totalmente homogéneo y muy eficiente: el E-CORE LED HIGHBAY 12000 es el sinónimo de iluminación industrial moderna. Con un flujo luminoso de ~11.000 lm, una buena calidad lumínica y unos valores UGR 22 y 28, esta resistente luminaria es ideal para iluminar diferentes zonas funcionales.

El E-CORE LED HIGHBAY es un aplique suspendido para cualquier uso en el que la solidez y la duración de la vida útil sean cruciales.

#### Aplicación:

- ☉ Uniforme, potente y eficaz para tareas de iluminación general
- ☉ Ideal para distintas zonas funcionales en:
  - Plantas industriales
  - Iluminación desde gran altura
  - Almacenes
- ☉ Para instalación suspendida

**E-CORE**  
LED Lighting



## Detalles del producto

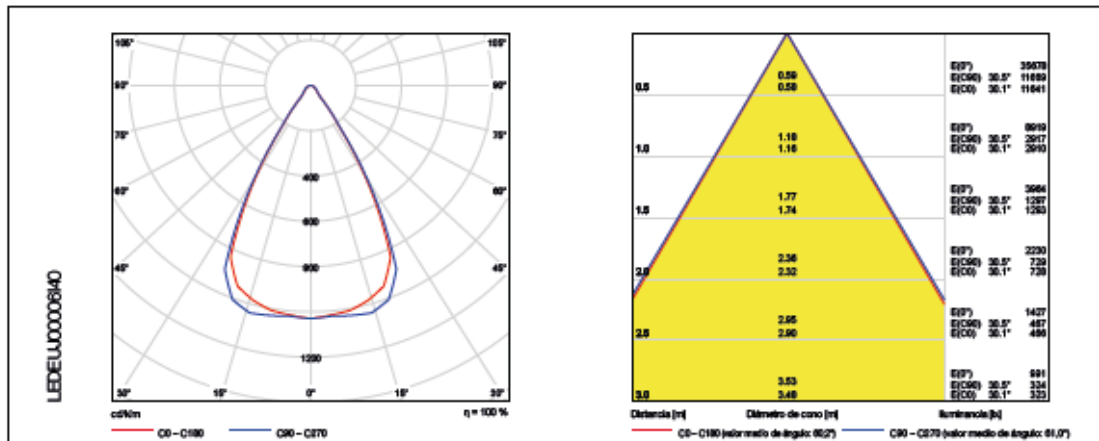
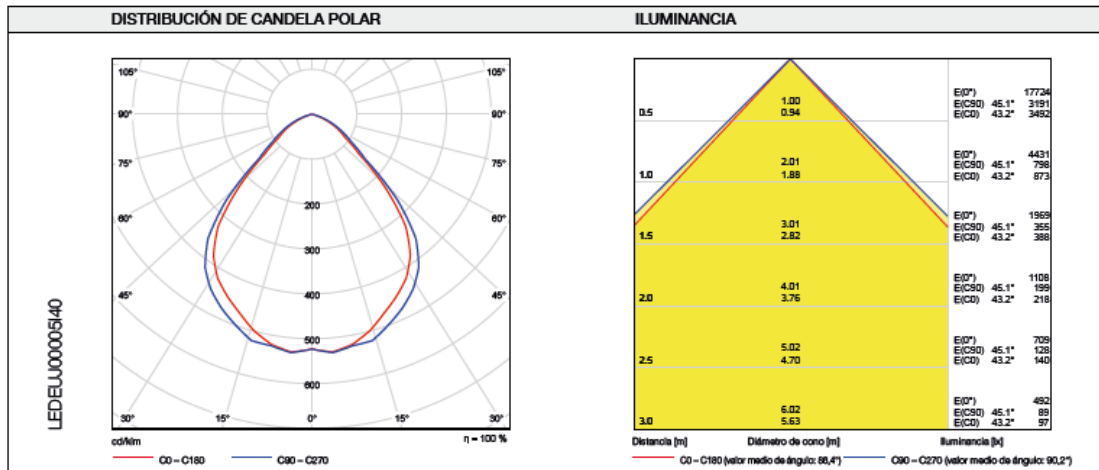
- ⊕ Distribución de la luz absolutamente homogénea
- ⊕ Muy potente y eficaz para tareas de iluminación general
- ⊕ Sustituto perfecto para apliques HID de 250 W
- ⊕ Flujo luminoso constante a lo largo de una vida útil de 60.000 horas
- ⊕ Eficacia inicial del sistema hasta 92 lm/W
- ⊕ El valor UGR  $\leq 22$  y 28 permite usarlo en varios campos de aplicación
- ⊕ Diseño extremadamente robusto

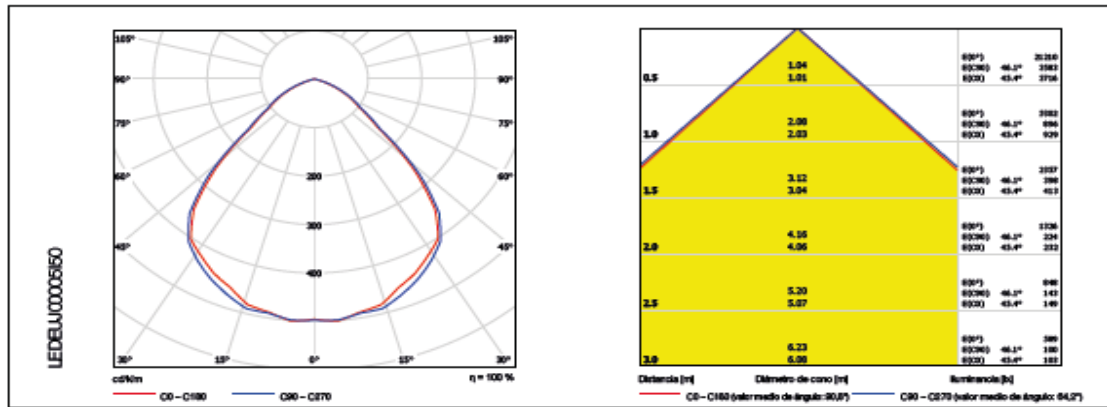


## Parámetros ópticos

NOMBRE DE MODELO	E-CORE LED HIGHBAY 12000			
Código de producto	LEDEUJ00005140	LEDEUJ00006140	LEDEUJ00005160	LEDEUJ00006160
Ángulo de apertura	91°	60°	91°	60°
Flujo luminoso con la función CLO encendida	8.470 lm	8.663 lm	10.680 lm	10.625 lm
Flujo luminoso con la función CLO apagada	11.000 lm	11.260 lm	13.870 lm	13.800 lm
Eficacia con la función CLO encendida	70,6	72,2	89,0	88,6
Eficacia con la función CLO apagada	73,3	75,0	92,5	92,0
Descripción de color	Blanco neutro	Blanco neutro	Blanco neutro	Blanco neutro
Temperatura de color	4000 K	4000 K	5000 K	5000 K
Índice de reproducción cromática	Ra > 80	Ra > 80	Ra > 70	Ra > 70
UGR	$\leq 28$	$\leq 22$	$\leq 28$	$\leq 22$

### Parámetros ópticos

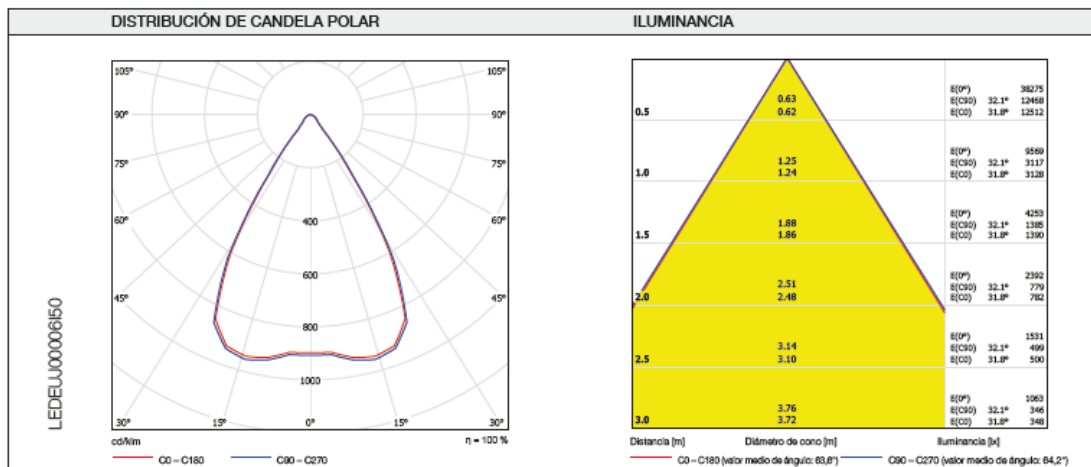




**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>

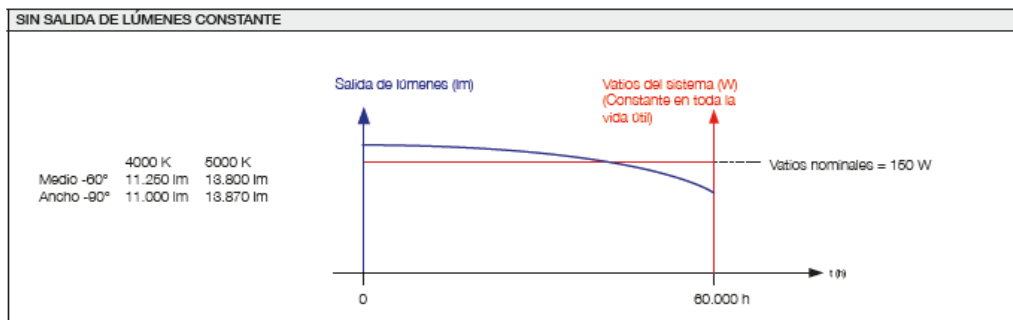
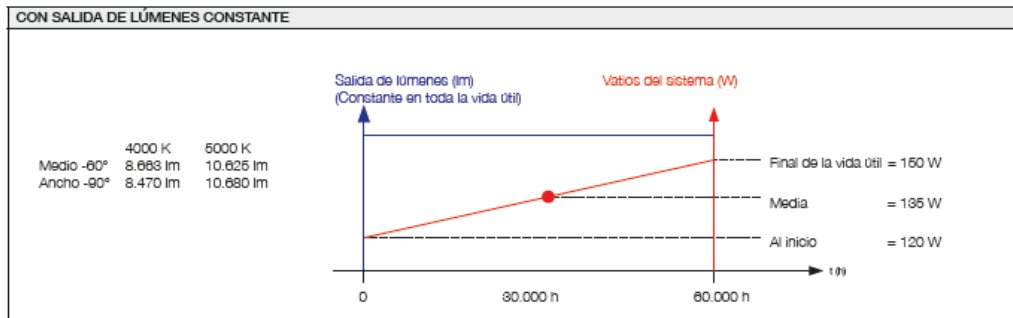
E-CORE LED HIGHBAY 12000

### Parámetros ópticos



**Proyecto de iluminación interior de alta eficiencia e instalación fotovoltaica conectada a red sobre cubierta de nave industrial**

**ANEJOS**



CLO – La tecnología de rendimiento lumínico constante (CLO, por sus siglas en inglés) aumenta los vatios de producción con el tiempo para compensar la caída del mantenimiento de lúmenes. En consecuencia, los vatios nominales declarados son los vatios al final de su vida, a las 60.000 horas. Para realizar los cálculos de energía, utilice la media de vatios a lo largo de la vida.

**E-CORE**  
LED Lighting

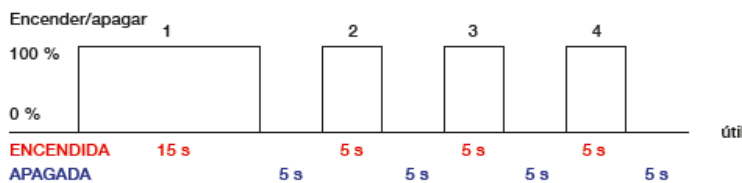
## Apagado y encendido de la función CLO

### Cómo apagar la función de salida de lúmenes constante (CLO)

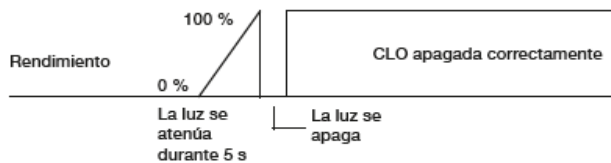
#### ¡Advertencia!

- ⊕ No se ahorrará energía si la función CLO está apagada.
- ⊕ La vida útil se cuenta incluso si la función CLO está apagada. Si la función CLO se vuelve a encender, la vida útil durante la fase de apagado se añadirá automáticamente.

1. Repita los cuatro ciclos de encendido/apagado en un momento dado.

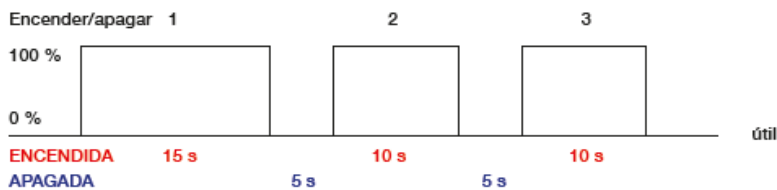


2. Compruebe si la función CLO está apagada correctamente como se indica a continuación:  
Encendido (5.<sup>a</sup> vez) → la luz se atenúa gradualmente durante 5 s → la luz se apaga durante 1 s  
Si no se produce la atenuación de la luz, repita el paso n.º 1 y luego compruebe el paso n.º 2.

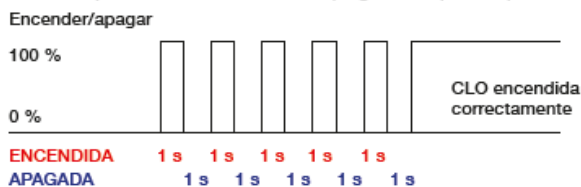


### Cómo volver a encender la función de salida de lúmenes constante (CLO) después de apagarla

1. Repita los cuatro ciclos de encendido/apagado en un momento dado.



2. Compruebe si la función CLO está encendida correctamente como se indica a continuación:  
Encendido (5.<sup>a</sup> vez) → se enciende 1 s, se apaga 1 s 3 veces  
Si no se produce el encendido/apagado, repita el paso n.º 1 y luego compruebe el paso n.º 2.



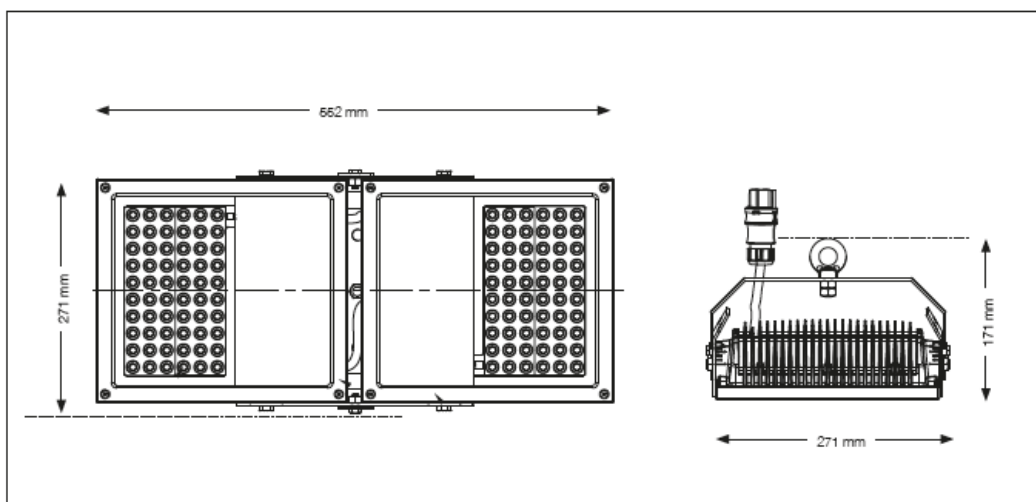
## Parámetros eléctricos

NOMBRE DE MODELO	E-CORE LED HIGHBAY 12000 / 4000 K	E-CORE LED HIGHBAY 12000 / 5000 K
Media de vatios con la función CLO encendida	136 W	136 W
Vatios nominales con la función CLO apagada	150 W	150 W
Eficiencia del sistema	73/76 lm/W	92 lm/W
Tensión nominal	220 – 240 V	220 – 240 V
Frecuencia	50 – 60 Hz	50 – 60 Hz
Factor de potencia	0,95	0,95
Vida útil asignada	60.000 h	60.000 h
Conexión	Conector para 3 x (0,75 – 4) mm <sup>2</sup>	Conector para 3 x (0,75 – 4) mm <sup>2</sup>
Regulable / CLO	No / Si	No / Si

## Parámetros mecánicos

NOMBRE DE MODELO	E-CORE LED HIGHBAY 12000
Material	Aluminio fundido
Color	Plateado
Toma de iluminación	2
Tipo de instalación	Suspendida
Clase eléctrica	I
Clasificación IP   Clase IK	IP65   IK07
Módulo LED	Integrado (no reemplazable)
Temperatura del hilo incandescente	860 °C
Marca de homologación	CE
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a +35 °C
Dimensiones (largo x ancho x alto)	662 x 271 x 171 mm
Peso neto	7.600 g

## Dibujos



**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>

E-CORE LED HIGHBAY 12000

7 / 7

## Datos logísticos

CÓDIGO DE PRODUCTO	CÓDIGO EAN	DESCRIPCIÓN	TAMAÑO DEL EMBALAJE (LARGO x ALTO x ANCHO)	PESO BRUTO
LEDEUJ00006I40	4974650488334	E-CORE LED HIGHBAY 12000 / 91° / 4000 K	577 x 336 x 197 mm	8.640 g
LEDEUJ00006I40	4974650488341	E-CORE LED HIGHBAY 12000 / 60° / 4000 K	577 x 336 x 197 mm	8.640 g
LEDEUJ00006I60	4974650464605	E-CORE LED HIGHBAY 12000 / 91° / 6000 K	577 x 336 x 197 mm	8.640 g
LEDEUJ00006I60	4974650464612	E-CORE LED HIGHBAY 12000 / 60° / 6000 K	577 x 336 x 197 mm	8.640 g

[www.toshiba.es/lighting](http://www.toshiba.es/lighting)

01/2015

Las especificaciones y configuraciones de los productos, así como su disponibilidad, pueden sufrir cambios.  
Las variaciones en el diseño de los productos y sus características están sujetas a cambios. Los colores  
pueden ser diferentes de las imágenes. Salvo error u omisión.  
© Copyright 2014 Créditos de imágenes: Toshiba, Fotolia.com

**E-CORE**  
LED Lighting

## 8. Hoja Características Luminarias E-Core Led Panel 2

E-CORE.  
LED Lighting

HOJA DE DATOS



### E-CORE LED PANEL 2

Extremadamente fino, totalmente homogéneo y muy eficiente: el E-CORE LED Panel 2 es sinónimo de iluminación general moderna. Con un flujo luminoso de hasta 3.500 lm, excelente calidad lumínica y cumplimiento de la norma EN 12464, esta discreta luminaria es ideal para una amplia gama de zonas representativas y funcionales. El E-CORE LED Panel 2 puede colocarse empotrado en techos de paneles estándar de 600 y 625 mm; además, puede convertirse fácilmente en un elegante panel suspendido usando el kit de suspensión adicional.

#### Aplicación:

- + Iluminación de alta calidad para zona de actividades de oficina con valor  $UGR \leq 19$
- + Uniforme, potente y eficaz para tareas de iluminación general
- + Para una perfecta instalación empotrada (techos de paneles de 600 o 625 mm) o una elegante instalación suspendida

**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>



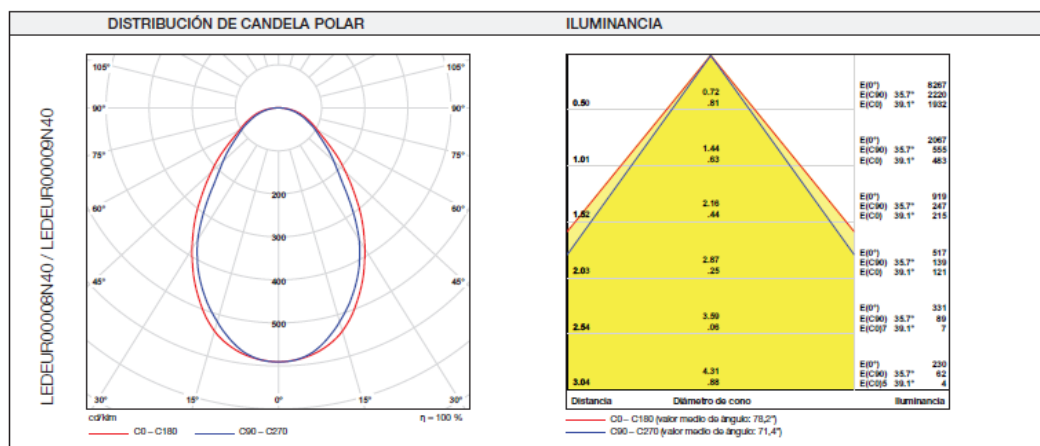
## Detalles del producto

- + Emisión de luz totalmente homogénea en toda la superficie
- + Rendimiento del sistema hasta 3.500 lm
- + Muy eficiente, hasta 85 lm/W
- + Valor UGR  $\leq 19$  para iluminación de zona de actividad conforme a EN 12464
- + Diseño extremadamente fino y discreto
- + Difusor de PMMA de alta calidad con estructura de microprisma
- + Integración perfecta en techos de paneles de 600 x 600 mm o 625 x 625 mm
- + Opción elegante para la instalación suspendida con un kit de suspensión adicional (debe pedirse por separado)
- + Solo conmutable



## Parámetros ópticos

NOMBRE DE MODELO	E-CORE LED PANEL 2	
Código de producto	LEDEUR00008N30 / LEDEUR00009N30	LEDEUR00008N40 / LEDEUR00009N40
Descripción de color	Blanco cálido	
Temperatura de color	<b>3000 K</b>	<b>4000 K</b>
Flujo luminoso (nominal)	3.300 lm	3.500 lm
Eficacia del sistema	80 lm/W	85 lm/W
Índice de reproducción cromática	Ra 80	Ra 80
UGR	$\leq 19$	$\leq 19$



## Parámetros eléctricos

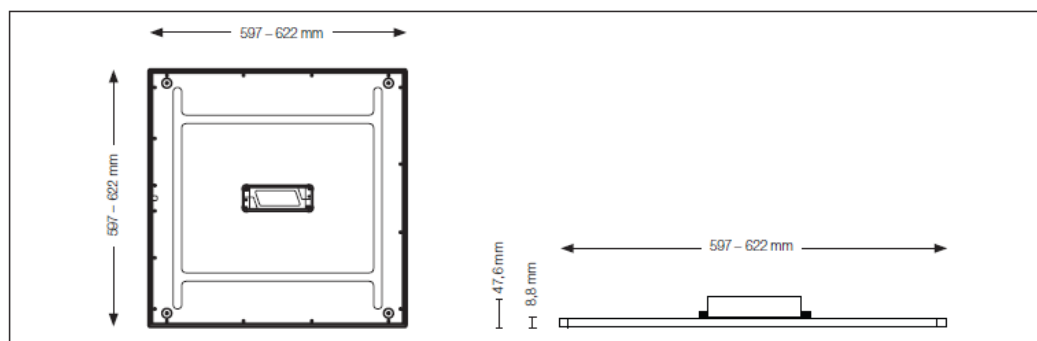
NOMBRE DE MODELO	E-CORE LED PANEL 2
Vatios nominales	41 W
Eficacia del sistema	hasta 85 lm/W
Tensión nominal	100 – 240 V
Frecuencia	50 – 60 Hz
Factor de potencia	≥ 0,9
Vida útil asignada	30.000 h
Mantenimiento de lúmenes	70 % a la vida útil asignada
Conexión	2 x (0,75 – 1,5) mm <sup>2</sup>
Regulable	No

## Parámetros mecánicos

NOMBRE DE MODELO	E-CORE LED PANEL 2 / 600	E-CORE LED PANEL 2 / 625
Carcasa	Aluminio / Acero	Aluminio / Acero
Difusor	PMMA con estructura de microprisma	PMMA con estructura de microprisma
Acabado	Blanco	Blanco
Tipo de Instalación	Techos con paneles encastrados estándar de 600 x 600 mm	Techos con paneles encastrados estándar de 625 x 625 mm
Clase eléctrica	II	II
Clasificación IP	IP20	IP20
Clasificación IK	IK03	IK03
Módulo LED	Integrado (no reemplazable)	Integrado (no reemplazable)
Temperatura del hilo Incandescente	650 °C	650 °C
Marca de homologación	CE	CE
Temperatura de funcionamiento	+5 – +40 °C	+5 – +40 °C
Dimensiones (largo x ancho x alto)	597 x 597 x 48 mm	622 x 622 x 48 mm
Peso neto (g)	4.300 g	4.500 g

NOMBRE DE MODELO	KIT DE SUSPENSIÓN
Materia	Cable de acero
Longitud	1.350 mm (con posibilidad de ajuste de altura continuo)

## Dibujos



## Datos logísticos

CÓDIGO DE PRODUCTO	CÓDIGO EAN	DESCRIPCIÓN	TAMAÑO DEL EMBALAJE largo x alto x ancho	PESO BRUTO (g)
LEDEUR00008N30	4974550476843	E-CORE LED PANEL 2 / 600 / 41 W / 3000 K	680 x 685 x 88 mm	5.700 g
LEDEUR00008N40	4974550476850	E-CORE LED PANEL 2 / 600 / 41 W / 4000 K	680 x 685 x 88 mm	5.700 g
LEDEUR00009N30	4974550476867	E-CORE LED PANEL 2 / 625 / 41 W / 3000 K	680 x 685 x 88 mm	5.900 g
LEDEUR00009N40	4974550476874	E-CORE LED PANEL 2 / 625 / 41 W / 4000 K	680 x 685 x 88 mm	5.900 g
LEDEURX0002	4974550476881	Kit de suspensión		

## Información de manipulación y seguridad

- + No cubra la lámpara con papel, paño ni otros materiales fácilmente inflamables
- + No esponga la lámpara al agua ni a alta humedad
- + Evite la tensión mecánica adicional en la lámpara
- + No toque la lámpara durante el uso ni poco después. ¡Riesgo de quemaduras!
- + Rango de temperatura ambiente: +5 °C a +40 °C
- + No mire directamente a la lámpara
- + No rocíe pesticida en esta lámpara
- + Asegúrese de que la electricidad está desconectada antes de efectuar trabajos en la luminaria o en la lámpara

[www.toshiba.es/lighting](http://www.toshiba.es/lighting)

11/2014

Las especificaciones y configuraciones de los productos, así como su disponibilidad, pueden sufrir cambios. Las variaciones en el diseño de los productos y sus características están sujetas a cambios. Los colores pueden ser diferentes de las imágenes. Salvo error u omisión.  
© Copyright 2014 Créditos de imágenes: Toshiba, Fotolia.com

**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>

## 9. Tablas De Verificación Iluminación



## 11. ANEXOS

### ANEXO 1

#### TABLAS DE VERIFICACIÓN DE DOCUMENTACIÓN GENERAL DE LAS EMPRESAS

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA SUMINISTRADORA DISTRIBUIDORA / INSTALADORA / ETC.		
1	Nombre de la empresa	
2	Actividad social de la empresa	
3	Código Identificación Fiscal	
4	Dirección postal	
5	Dirección correo electrónico	
6	Nº Teléfono y Fax	
7	Persona de contacto	

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA FABRICANTE DE LA LUMINARIA LED		
1	Nombre de la empresa	
2	Actividad social de la empresa	
3	Código Identificación Fiscal	
4	Dirección postal	
5	Dirección correo electrónico	
6	Nº Teléfono y Fax	
7	Persona de contacto	
8	Certificado ISO 9000	
9	Certificado ISO 14001/EMAS	
10	Catálogo Publicado de Producto	



**ANEXO 2**  
**TABLA DE VERIFICACIÓN DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA**

<b>DATOS Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DE LA LUMINARIA</b>	
1	Marca y Modelo
2	Materiales de fabricación
3	Forma de Instalación
4	Elementos de posible reposición
5	Dimensiones y Descripciones Físicas (mm)
6	Fotografías/Catálogo
7	Potencia total de la luminaria a temperatura de funcionamiento estabilizada y para una temperatura ambiente de 25°C
8	Factor de Potencia)
9	Flujo luminoso total emitido por la luminaria a temperatura de funcionamiento estabilizada y para una temperatura ambiente de 25°C
10	Eficacia de la luminaria a temperatura de funcionamiento estabilizada y para una temperatura ambiente de 25° C. Expresada en lm/W(lúmenes emitidos / potencia total consumida), valores mínimos spots y downlights: 60 lm/W; Luminarias oficinas : 80 lm/W.
11	Vida media útil (en horas), L80 B50, reducción del 20% del flujo inicial nominal de las luminarias para un máximo del 50% de las luminarias a una temperatura determinada).
12	Gráfico de mantenimiento lumínico cada 10.000 h. de funcionamiento
13	Rango de Temperatura ambiente de funcionamiento sin alteraciones de los parámetros fundamentales (en °C, mínimo 0°C a 35°C)
14	Grado de Hermeticidad. (Grado IP de Protección, recomendado IP-20 según el RBT)
15	Características emisión luminosa en función de la temperatura ambiente (rango mínimo 0°C a 25°C)  Cualquier otro valor se debe especificar la aplicación a la que va destinada






**ANEXO 3**

**TABLA DE VERIFICACIÓN DE CERTIFICADOS**

CERTIFICADOS Y ENSAYOS EMITIDOS POR UNA ENTIDAD ACREDITADA	
1	Marcado CE: Declaración de Conformidad y Expediente Técnico tanto de la luminaria como de sus componentes.
2	Certificado sobre el grado de hermeticidad de la luminaria completa o en su defecto de cada uno de los elementos auxiliares y necesarios para el correcto funcionamiento de la luminaria.(Mínimo IP-20).
3	Fotometría de la luminaria estabilizada en temperatura según Norma EN 13032
4	Medidas eléctricas de tensión, corriente de alimentación, potencias y factor de potencia de la luminaria
5	Eficacia de la luminaria (lm/W, lúmenes emitidos/potencia total consumida), valores mínimos spots y downlights: 60 lm/W; Luminarias oficinas : 80 lm/W.
6	Medidas de Flujo en función de la temperatura ambiente de funcionamiento (0° Ca 35° C)
7	Medida del Índice de Reproducción Cromática. (Mínimo Ra 80, a excepción de aplicaciones industriales que admite Ra>70)
8	Medida de Temperatura de Color. (Rango admitido: 2.400K – 4.000K (+300)). Excepto en entornos industriales en los que se puede llegar a 5000K en función del nivel medio de iluminancia.
9	Certificado del cumplimiento de las normas UNE-EN60598-1 (Luminarias. Requisitos generales y ensayos) y UNE-EN60598-2-5 (proyectores)
10	Certificado del cumplimiento de las normas UNE-EN62031(requisitos de seguridad para módulos LED) y UNE-EN 62471 (seguridad fotobiológica de lámparas y de aparatos que utilizan lámparas)
11	Certificado del cumplimiento de las normas UNE-EN61347-2-13yUNE-EN62384 para los dispositivos de control electrónico
12	Certificado del cumplimiento de las normas UNE-EN 55015 (límites perturbación radioeléctrica) y UNE-EN61547(inmunidad CEM) y UNE-EN61000-3 (compatibilidad electromagnética, CEM)

# 10. Factura




DUPLICADO

**Factura electricidad**

**Datos del contrato**

Titular del contrato:  
**LEROY MERLIN ESPAÑA, S.L.U.**  
 Domicilio: AV DE LA VEGA, 2 - BJ  
 28108 , ALCOBENDAS - Madrid  
 CIF / NIF: B84818442      CUPS: ES0021000002703522QF

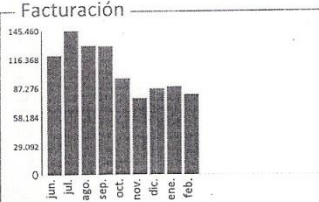
Dirección del suministro:  
**AVENIDA DE EUROPA, S/N**  
 12006 , CASTELLON - Castellón  
 Nº Cta. Contrato: 9226451511      Tarifa ATR: 6.1A      Fecha fin Cto: 30-06-2015  
 Nº de factura: 21150000032825  
 Fecha de emisión: 02-03-2015      Fecha de vencimiento: 01-04-2015  
 Periodo de facturación: 01-02-2015 a 28-02-2015



82902645151121150000032825015030

**LEROY MERLIN ESPAÑA, S.L.U.**  
 AV DE LA VEGA, 2 - BJ  
 28108 , ALCOBENDAS - Madrid  
 España

**Facturación**



<b>Energía Eléctrica</b>	5.716,09 €
<small>P1: 24.198,00 kWh x 8,2788 cents./kWh                  P2: 33.769,00 kWh x 7,3833 cents./kWh                  P6: 22.776,00 kWh x 5,3544 cents./kWh</small>	
<b>Término de Energía - Tarifa de Acceso</b>	1.366,84 €
<small>P1: 24.198,00 kWh x 2,5674 cents./kWh                  P2: 33.769,00 kWh x 1,9921 cents./kWh                  P6: 22.776,00 kWh x 0,2137 cents./kWh</small>	
<b>Término de Potencia</b>	3.035,58 €
<small>P1: 360,00 kW x 0,107231 €/kW-día x 28 días                  P2: 360,00 kW x 0,053612 €/kW-día x 28 días                  P3: 360,00 kW x 0,039272 €/kW-día x 28 días                  P4: 360,00 kW x 0,039272 €/kW-día x 28 días                  P5: 360,00 kW x 0,039272 €/kW-día x 28 días                  P6: 451,00 kW x 0,017918 €/kW-día x 28 días</small>	
<b>Alquiler Equipo de medida</b>	59,83 €
<b>Importe Impuesto Eléctrico</b>	517,33 €
<small>10.118,51 € x 5,11260632 %</small>	
<b>Base I.V.A.</b>	10.695,67 €
<b>I.V.A. 21 %</b>	2.246,09 €
<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>12.941,76 €</b>

Precios de los términos del peaje de acceso publicados en disposición normativa IET/2444/2014.

Precios del alquiler de los equipos de medida y control: Orden IET/1491/2013 u Orden ITC/9850/2007, según correspondía.

70 848755

**Consumos**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Totales
<b>CUPS: ES0021000002703522QF0P</b>							
<b>E Activo</b>							
Lect. anterior (Real)	1.803.146	2.009.572	1.479.033	2.102.269	2.955.653	6.624.917	
Lect. actual (Real)	1.827.344	2.043.341	1.479.033	2.102.269	2.955.653	6.647.693	
Coefficiente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Ajuste	0	0	0	0	0	0	
<b>Consumo (kWh)</b>	<b>24.198</b>	<b>33.769</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>22.776</b>	<b>80.743</b>
<b>E Reactivo</b>							
Lect. anterior (Real)	165.683	125.256	180.410	242.868	402.740	1.006.731	
Lect. actual (Real)	165.963	125.730	180.410	242.868	402.740	1.007.691	
Coefficiente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Ajuste	0	0	0	0	0	0	
<b>Consumo (kVArh)</b>	<b>280</b>	<b>474</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>960</b>	<b>1.714</b>
<b>Potencia</b>							
Potencia Máxima (kW)	289	340	0	0	0	302	
Excesos Potencia (Aei)	0	0	0	0	0	0	
Pot. Contratadas (kW)	360,0	360,0	360,0	360,0	360,0	451,0	
Pot. Máx. a Absorber (kW)							

**Averías y Urgencias**

IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.  
 900 171 171  
 Contrato de acceso: 231868674

**Atención al Cliente y Reclamaciones**

HIROCANTÁBRICO ENERGÍA, S.A.U.  
 900 907 005  
 lineasempresas@edpenergia.es

**Datos de pago**

Forma de pago: Domiciliación  
 Referencia Mandato: 009816451907  
 Nº de Cuenta: IBAN ES\*\* 0030 1518 \*\*\*\* \*  
 Fecha límite de pago: 01-04-2015  
 A la fecha de vencimiento, el importe de esta factura será cargado en su cuenta

Esta factura no acredita por sí sola que el pago se haya satisfecho

## 11. Características Módulo Fotovoltaico

### Módulos Fotovoltaicos SOLON

- ➔ Reduce la emisión de CO<sub>2</sub> en 15.000 kg/kW<sub>p</sub> en un periodo de 20 años
- ➔ Mayor rendimiento abarcando la misma superficie
- ➔ El cristal solar garantiza una alta producción de electricidad
- ➔ Curvas de rendimiento y protocolos de medición para cada módulo
- ➔ Fabricado en Alemania

#### Módulos

SOLON es uno de los mayores productores de módulos solares de Europa y ofrece a sus clientes módulos de la mejor calidad. La utilización de células solares cristalinas de alta calidad y cristal solar antireflectante, templado y especialmente translúcido garantiza unos resultados óptimos.

#### Cristal solar

Para la fabricación de nuestros módulos fotovoltaicos utilizamos un vidrio solar especial de fabricantes alemanes de renombre. La estructura de este vidrio tiene una superficie especial y permite una alta transparencia de la luz. Esto permite que los rendimientos energéticos de las instalaciones solares de SOLON aumenten considerablemente. Esto a lo largo de toda la vida útil del módulo.

#### Marco

Los módulos están provistos de un marco de aluminio extruido y anodizado. Presentan una alta resistencia a la torsión, están provistos de orificios de desagüe y son aptos para todos los sistemas de montaje de tipo convencional. Antes de proceder al montaje, lea con atención nuestras indicaciones relativas al mismo. Si lo desea, también puede adquirir nuestros módulos laminados sin marco.

#### Módulos

SOLON es uno de los mayores productores de módulos solares de Europa y ofrece a sus clientes módulos de la mejor calidad. La utilización de células solares cristalinas de alta calidad y cristal solar antireflectante, templado y especialmente translúcido garantiza unos resultados óptimos.

#### Cristal solar

Para la fabricación de nuestros módulos fotovoltaicos utilizamos un vidrio solar especial de fabricantes alemanes de renombre. La estructura de este vidrio tiene una superficie especial y permite una alta transparencia de la luz. Esto permite que los rendimientos energéticos de las instalaciones solares de SOLON aumenten considerablemente. Esto a lo largo de toda la vida útil del módulo.

#### Marco

Los módulos están provistos de un marco de aluminio extruido y anodizado. Presentan una alta resistencia a la torsión, están provistos de orificios de desagüe y son aptos para todos los sistemas de montaje de tipo convencional. Antes de proceder al montaje, lea con atención nuestras indicaciones relativas al mismo. Si lo desea, también puede adquirir nuestros módulos laminados sin marco.

#### Seguro Solar

A través de nuestra parte contratante SOLON les ofrecemos un Seguro Solar gratuito (seguro a todo riesgo). Este seguro tiene un periodo de validez de dos años desde la puesta en servicio de la instalación y ofrece una amplia cobertura de la misma.

#### Garantía de rendimiento

La potencia del módulo no quedará por debajo del 90 % de su valor mínimo inicial en el momento de entrega durante un periodo de 10 años y del 80 % hasta los 25 años. Los detalles relativos a nuestra garantía general y a la garantía de rendimiento se pueden consultar en Internet, en nuestra página web [www.solon-pv.com](http://www.solon-pv.com).

#### Certificación

Los módulos SOLON están verificados por TÜV, certificados conforme a IEC 61215 edición II y IEC 61730.

#### Contacto

SOLON AG für Solartechnik  
Am Studio 16  
D-12489 Berlin  
Tel.: +49 30 81879-100  
Fax: +49 30 81879-110  
[vertrieb@solonag.com](mailto:vertrieb@solonag.com)  
[www.solon-pv.com](http://www.solon-pv.com)



Services

## Our additional services.

A perfect combination: SOLON offers the best photovoltaic components as well as a comprehensive service program for all of our products.

### **SOLON solar insurance included.<sup>1)</sup> <sup>2)</sup>**

We offer an all-risk insurance for roof-mounted systems, covering any and all damages to the whole system and yield losses as well as faulty installation. This free insurance coverage begins with the commissioning of the system and ends after two years. Due to the low claim rate regarding SOLON systems, customers can continue to have their solar energy systems insured after the initial two years at a very affordable rate.

### **Product and performance guarantee.**

As premium manufacturer we grant a 10 year product warranty<sup>2)</sup> for our solar modules as well as a 5-stage SOLON performance guarantee of about 87% for 25 years (95% for 5 years, 90% for 10 years, 87% for 15 years, 83% for 20 years and 80% for 25 years).

### **Certifications.**

SOLON modules are certified and monitored by TÜV in accordance with IEC 61215 Ed.2 and IEC 61730. In this way, we ensure that all of our products maintain the same high level of quality. Moreover, all SOLON products are manufactured according to the ISO 9001 and 14001 standards for Quality and Environmental management.

### **Module measurement data.**

Each module delivery includes the associated measurement data in electronic format to help you properly configure your solar energy system.

### **Installation notes.**

All SOLON modules are provided with a detailed Installation Manual to ensure safe installation.

### **Free module recycling.**

This service allows us to return raw materials to the economic cycle which helps to reduce environmental pollution through waste. Since 2004 SOLON has supported the "PV CYCLE" initiative as an active member. Goal of this initiative is to set up a volunteer return and recycling program for old modules.

<sup>1)</sup> Valid for the countries of the European Union and Switzerland.

<sup>2)</sup> Not valid for SOLON Black 220/16 and SOLON Blue 220/16.

## *Our services for contract partners.*

Unity is strength: If you have any questions concerning technical details or sales, our contact representatives will be glad to assist you with information and sales documents.

### **Personal contact representative.**

From consulting to order processing: At SOLON a personal representative will provide you with everything you require concerning our products.

### **Flexible and reliable delivery.**

State-of-the-art logistic systems and experienced Supply Chain Managers ensure smooth delivery. Just-in-time delivery can be arranged for large-scale projects.

### **Regular information.**

Our mailings offer you information on product innovations and new services.

### **Sales documents.**

To provide optimal support for your customers, we provide you with data sheets and brochures as well as mounting, operating, and installation instructions. You will also be given an overview of the features and benefits offered by SOLON products.

### **Customer login.**

Our website [www.solon.com](http://www.solon.com) contains a separate area for our contract partners. You can enter this area with your personal access data and obtain detailed information about our products as well as services.

### **Training seminars.**

Our training seminars teach you everything you need to know about our products – either at the SOLON headquarters or at your business location. If you participate in a training seminar in Berlin, we look forward to giving you a tour through our manufacturing plant.

### **Technical consulting.**

Our experts are able to answer any question you may have regarding our products – from technical details to configuring an entire solar power system.

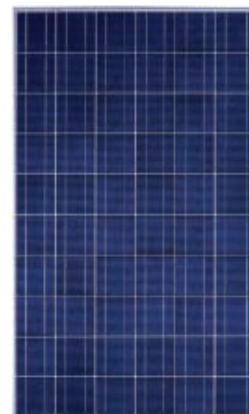
### **Marketing and sales support.**

For additional sales support, we provide a SOLON folder containing detailed information on our products and services. SOLON modules are also available as inspection samples for your customers, as well as various demonstration modules. We are also glad to assist you at trade show appearances.

## SOLON Blue 220/07

### Datos mecánicos

Longitud:	1.640 mm
Ancho:	1.000 mm
Altura:	42 mm
Peso:	aprox. 23,5 kg
Caja de conexión:	Una caja SOLON ED II con diodos de derivación
Cable:	Cable solar de 900 mm de longitud, 4 mm <sup>2</sup> , preconfeccionado con conector MC-4
Vidrio frontal:	Vidrio blanco de seguridad de 4 mm
Células:	60 uds. policristalinas Si 6,2" (156 x 156 mm)
Laminado de células:	EVA (acetato de vinilo etileno)
Lado posterior:	Hoja
Marco:	Perfil de aluminio anodizado
Medidas del laminado sin marco:	1.633 x 993 x 5 mm (L x An x Al)



### Datos eléctricos (tipicos)

Clase de módulo P <sub>máx</sub> (± 3 %):	235 W <sub>p</sub> *	230 W <sub>p</sub>	225 W <sub>p</sub>	220 W <sub>p</sub>	215 W <sub>p</sub>	210 W <sub>p</sub>	205 W <sub>p</sub>	200 W <sub>p</sub>
Tensión nominal U <sub>mpp</sub> :	29,2 V	29,0 V	28,9 V	28,8 V	28,5 V	28,3 V	28,1 V	27,8 V
Corriente nominal I <sub>mpp</sub> :	8,05 A	7,95 A	7,80 A	7,65 A	7,55 A	7,45 A	7,30 A	7,20 A
Tensión en circuito abierto U <sub>oc</sub> :	36,9 V	36,7 V	36,6 V	36,4 V	36,3 V	36,1 V	35,9 V	35,6 V
Corriente de cortocircuito I <sub>sc</sub> :	8,65 A	8,55 A	8,40 A	8,30 A	8,20 A	8,10 A	8,00 A	7,90 A
Tensión máx. del sistema:	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V
Rendimiento de módulo:	14,33 %	14,02 %	13,72 %	13,41 %	13,11 %	12,80 %	12,50 %	12,20 %

Coefficiente de temperatura de la tensión en circuito abierto: -0,35 %/K

Coefficiente de temperatura de la corriente de cortocircuito: 0,05 %/K

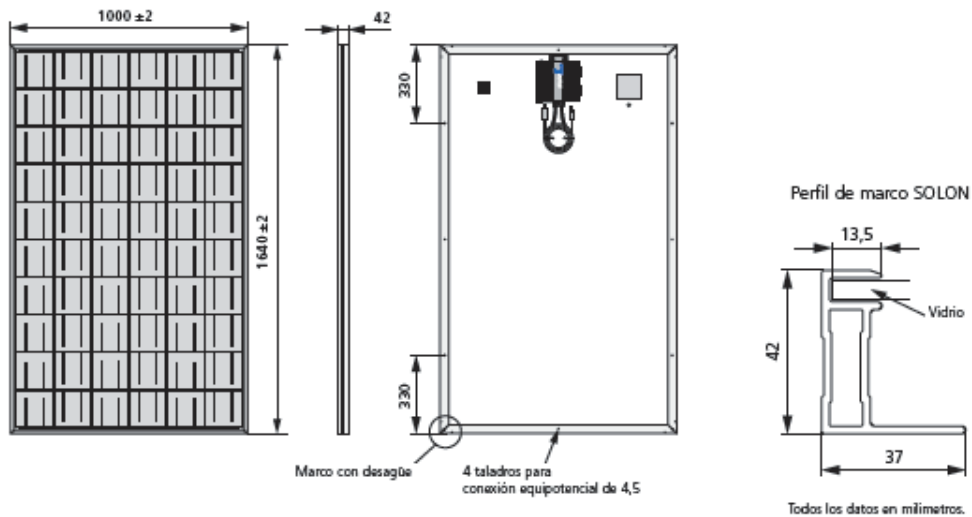
Coefficiente de temperatura de la potencia: -0,44 %/K

Los valores mencionados arriba se aplican a una irradiación de 1.000 W/m<sup>2</sup>, AM 1,5 y una temperatura de célula de 25 °C (condiciones estándar de ensayo). Bajo pedido, los módulos se suministran con los protocolos de medida correspondientes.

ANEJOS

**Condiciones de servicio permitidas**

Rango de temperatura:	-40 °C a +85 °C
Granizo:	diámetro máximo de grano de hasta 28 mm y velocidad de impacto de hasta 86 km/h
Capacidad de carga superficial máxima:	comprobada hasta 5.400 Pa según IEC 61215 (prueba ampliada)



última revisión: 05/2008; Reservado el derecho a modificaciones. Precisión de los datos eléctricos sin compromiso.  
\*Sólo disponible bajo solicitud.

## 12. Características Inversor

### Inversores de conexión a red

Trifásico



## SolarMax 50C / 80C / 100C / 300C – Gran potencia para grandes proyectos

### Especializados en grandes instalaciones

Los inversores centralizados SolarMax 50C, 80C, 100C y 300C son equipos eficientes y económicos para instalaciones de captación de la renovable energía solar especialmente indicado para proyectos fotovoltaicos muy grandes.

### Calidad a un precio atractivo

Los inversores SolarMax convencer no sólo por su atractivo precio y su calidad sino también por su rápido y competente servicio técnico. Por supuesto, todos los inversores SolarMax son certificados por el TÜV y garantizan la durabilidad y resistencia a interferencias de todos sus componentes, puesto que ya durante la fase de desarrollo se consideró prioritaria la seguridad en servicio del equipo. SolarMax es uno de los pocos equipos que dispone de un concepto de conmutación que proporciona una gran seguridad en servicio, una técnica optimizada de potencia y un control digital de señales (DSP).

### Más sencillo no es posible

Los inversores centralizados de SolarMax son de montaje amigable en extremo, y su puesta en marcha es sencilla y no requiere mucho tiempo.

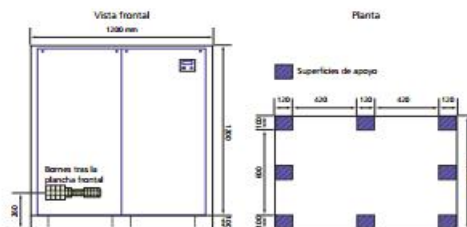
El «Paquete sin problemas»: con un contrato de servicio se garantiza durante 20 años el funcionamiento sin problemas del SolarMax. Con ello se asegura la necesaria planificación de seguridad durante el tiempo de explotación de la inversión.

### Características de un vistazo

- Compacto inversor senoidal PWM
- Máxima eficiencia del 96 %
- Procesador de señales digitales
- Atractiva relación precio/rendimiento
- Garantía de 2 años, prolongable hasta 20 años
- Modelo probado por ITV











Un inversor compacto de modulación vectorial PWM con un grado de eficiencia máximo, una atractiva relación precio / potencia y un diseño ahorrador de espacio. La garantía básica de 2 años puede ampliarse opcionalmente a 20 años.



Dimensiones de los inversores 50C / 80C / 100C de SolarMax.




## Inversores de conexión a red

Trifásico

Art. n°	0200641	0200651	0200661	0200662
				
Modelo	SolarMax 50C 	SolarMax 80C 	SolarMax 100C 	SolarMax 300C 
Tensión de entrada (rango MPP)	430 - 800 V	430 - 800 V	430 - 800 V	435 - 800 V
Potencia CC máx.	66 kW	105 kW	130 kW	400 kW
Tensión de entrada máx.	900 V	900 V	900 V	900 V
Corriente de entrada máx.	120 A	180 A	225 A	720 A
Potencia nominal inyectada	50 kW	80 kW	100 kW	300 kW
Tensión de salida	3 x 400 V +10 %, -15 %	3 x 400 V +10 %, -15 %	3 x 400 V +10 %, -15 %	3 x 400 V +10 %, -15 %
Factor de potencia cos phi	> 0.95	> 0.95	> 0.95	> 0.98
Frecuencia de red	50 ±0.5 Hz	50 ±0.5 Hz	50 ±0.5 Hz	50 ±0.5 Hz
Factor de distorsión	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %
Eficiencia máx.	96.0 %	96.0 %	96.0 %	96.0 %
Eficiencia en Europa	94.8 %	94.8 %	94.8 %	94.8 %
Consumo nocturno	2 - 7 W	2 - 7 W	2 - 7 W	2 - 7 W
Temperatura ambiente	-20 a +40 °C	-20 a +40 °C	-20 a +40 °C	-20 a +40 °C
Humedad	0 al 98 %, sin condensación	0 al 98 %, sin condensación	0 al 98 %, sin condensación	0 al 98 %, sin condensación
Modo de protección	IP20	IP20	IP20	IP20
Conmutación	PWM (IGBT) con transformador	PWM (IGBT) con transformador	PWM (IGBT) con transformador	PWM (IGBT) con transformador
Visualización	Pantalla LCD de dos líneas, retroiluminada	Pantalla LCD de dos líneas, retroiluminada	Pantalla LCD de dos líneas, retroiluminada	Pantalla LCD de dos líneas, retroiluminada
Comunicación de datos (opcional)	Puerto integrado RS232 / RS485	Puerto integrado RS232 / RS485	Puerto integrado RS232 / RS485	Puerto integrado RS232 / RS485
Dimensiones (l / a / a)	800 mm / 1200 mm / 1300 mm	800 mm / 1200 mm / 1300 mm	800 mm / 1200 mm / 1300 mm	2 x 800 mm / 1200 mm / 1800 mm
Peso	450 kg	550 kg	600 kg	2600 kg
Garantía*	2 años	2 años	2 años	2 años
Normas	EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 50178, marca CE, «modelo probado por ITV»	EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 50178, marca CE, «modelo probado por ITV»	EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 50178, marca CE, «modelo probado por ITV»	EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 50178, marca CE, «modelo probado por ITV»

\* - Ampliable en opción a 20 años



 Conexión a red  Sistema aislado  Monitorización

TRITEC Group [www.tritec-energy.com](http://www.tritec-energy.com)

© Versión 20100302-1 | La versión alemana es vinculante | Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas

**TRITEC**

## 13. Caja De Conexiones



### **CENTRAELECTRIC ARAGON SL**

<b>Descripción:</b>	Información técnica y manual del cuadro STC12 160A
<b>Revisión:</b>	1ª versión

En este documento se explicarán las características técnicas y el manual de uso del cuadro de series pequeño (hasta 12 strings). A lo largo de este informe veremos todo lo necesario para manejar el cuadro con seguridad y conocer sus ventajas.

### **FICHA TECNICA CUADRO STC12 160A**

#### **Descripción del cuadro:**

Cuadro protección series fotovoltaicas sin monitorización, hasta 12 entradas + con bases portafusibles y fusibles para continua de 16A y 12 entradas - con protección de fusible. Salida con seccionador hasta 1000Vdc y 160A, sin contacto auxiliar de estado. Montado en armario de poliéster con puerta opaca, 700x500x300mm, IP55. Entradas con prensaestopas M16 para entrada de cable de strings, de M20 para las salidas de tierra y del seccionador. Con protector contra sobretensiones de continua clase 2 hasta 1000Vdc, sin contacto auxiliar. Completo, montado y cableado. Según normas IEC.

#### **Elementos del cuadro:**

El cuadro está compuesto fundamentalmente por los siguientes elementos:

- Armario poliéster 700x500x300mm, IP 55 con placa de montaje aislante
- Protector contra sobretensiones de continua clase 2 hasta 1000Vdc
- Fusible.10x38 16A 900Vdc
- Base portafusible UTE 10x38 carril 32A 1000Vdc
- Seccionador hasta 1000Vdc y 160A
- Prensaestopas M16
- Prensaestopas M20



Ficha cuadro STC12 160A

CENTRAELECTRIC ARAGON SL

**Tabla de características:**

<b>CARACTERISTICAS GLOBALES DEL MONTAJE</b>	
Tensión máxima de uso	1000Vdc
Corriente máxima de uso	160A
Tensión de aislamiento	1000Vdc
Capacidad de seccionamiento	Si, por interruptor de corte en carga
Protección por fusible	Si
Protección contra sobretensiones	Si
IP	55
Prensaestopas	Si
<b>CARACTERISTICAS DEL INTERRUPTOR</b>	
Marca	Telergon / Socomec
Tensión máxima de corte	1000Vdc
Corriente máxima de corte	160A
Tensión de aislamiento	1000Vdc
Accionamiento	Por mando directo
Categoría de empleo	DC21
Tipo de conexión	Disponible en pletina ó brida



<b>CARACTERISTICAS DEL FUSIBLE</b>	
Marca	DF
Tensión máxima de uso	900Vdc
Corriente de fusión de fusible	16A
Tensión de aislamiento (base)	1000Vdc
Corriente máxima de la base	32 A
Tipo de base	UTE
Calibre	10x38
Montaje	Carril
Conexión	Brida
<b>CARACTERISTICAS DEL PROTECTOR</b>	
Marca	Weidmüller
Tipo	Tipo II
Tensión de uso	1000Vdc
I de descarga	40kA
<b>CARACTERISTICAS DE LA ENVOLVENTE</b>	
Marca	Claved
Dimensiones máximas	700x500x300mm
IP	55
IK	10
Tapa	Transparente
Prensaestopas	Si (M16 y 20)
IP Prensas	66
Placa de montaje	Aislante

---

2/3

---

2/3



## **MANUAL DE USO**

### **Instalación:**

- El cuadro de strings Centraelectric STC12 160A requiere la instalación por personal capacitado.
- El armario puede ir ubicado en interior o a la intemperie.
- El cableado consiste en conectarle las entradas de string a los fusibles, la tierra al protector y la salida de agrupación que llegar al inversor o siguiente cuadro de protecciones de un nivel más alto.
- Prestar especial atención en cablear los polos positivo y negativo en los fusibles y terminales indicados. Nunca mezclarlos.
- Tras esto cerrar las bases portafusibles y el interruptor.

### **Precauciones:**

- El mantenimiento debe realizarse por personal capacitado.
- Se recomienda cerrar firmemente los prensaestopas para garantizar la estanqueidad adecuada al entorno.
- Nunca hay que abrir los fusibles en carga, cortar primero la generación abriendo con el interruptor.
- Vigilar que el protector contra sobretensiones esté Ok, si no es así cambiarlo, previo corte del interruptor.

### **Precauciones:**

- El mantenimiento debe realizarse por personal capacitado.
- Se recomienda cerrar firmemente los prensaestopas para garantizar la estanqueidad adecuada al entorno.
- Nunca hay que abrir los fusibles en carga, cortar primero la generación abriendo con el interruptor.
- Vigilar que el protector contra sobretensiones esté Ok, si no es así cambiarlo, previo corte del interruptor.

### **Funcionamiento:**

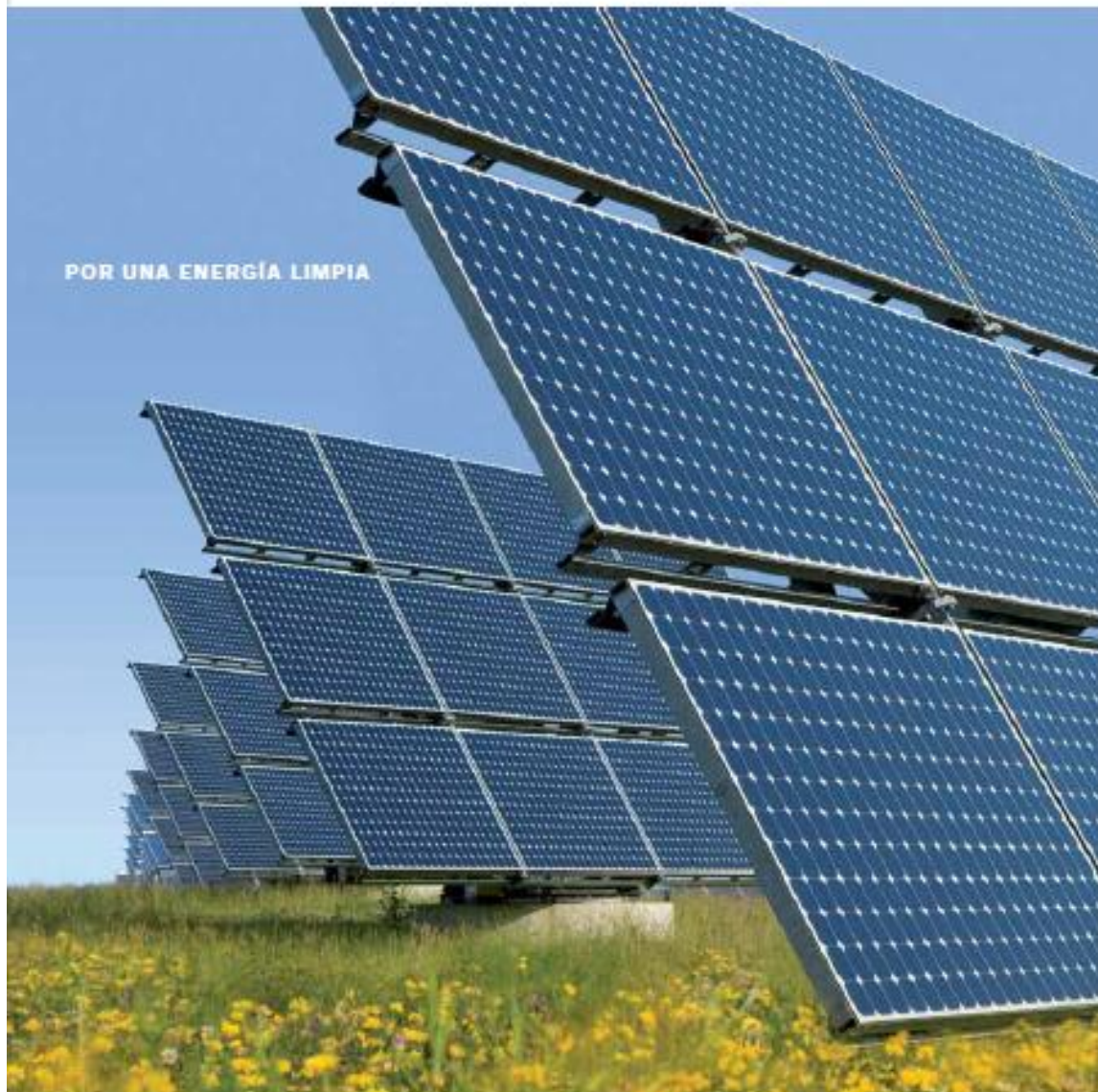
- Si un string queda en cortocircuito antes de los fusibles, el cuadro protege los cables provenientes del string, mediante los fusibles, de la Icc de las strings que están paralelo con la string en corto.
- La caja permite realizar funciones de mantenimiento con el interruptor de corte en carga que aislará el resto de la instalación del conjunto de strings conectadas al cuadro.
- Ante una sobretensión el cuadro protege la instalación disipando la misma con su protector contra sobretensiones.

**Con un fusible fundido o en mal estado:**

- Es muy importante cortar el interruptor antes de abrir cualquier fusible. Después abrir el fusible con tranquilidad y sustituirlo, luego volver a cerrar el interruptor

\* Nota: Documento sin validez contractual las marcas pueden variar según la disponibilidad

## 14. Cableado



exZellent SOLAR

POR UNA ENERGÍA LIMPIA

CABLES PARA INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

General Cable



## exzhellent SOLAR

### CABLES PARA INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS EN HUERTAS SOLARES Y TEJADOS.

Los cables Exzhellent Solar ZZ-F (AS) y XZ1FA 3Z-K (AS) han sido diseñados para resistir las exigentes condiciones ambientales que se producen en cualquier tipo de instalación fotovoltaica, ya sea fija, móvil, sobre tejado o de integración arquitectónica.

Con los cables Exzhellent Solar conseguirá la máxima eficiencia de sus instalaciones, garantizando la evacuación de la energía producida durante toda la vida útil de su instalación.

#### CARACTERÍSTICAS OBLIGATORIAS

##### RESISTENCIA A LA INTEMPERIE

 <p><b>TEMPERATURA MÁXIMA DEL CONDUCTOR:</b> 120° C<sup>(1)</sup> IEC 60216</p>	 <p><b>RESISTENCIA A TEMPERATURAS EXTREMAS</b> Mínima: -40°C IEC 60811-1-4</p>	 <p><b>RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS (UVI)</b> UL 1581</p>	 <p><b>RESISTENCIA AL OZONO</b> IEC 60811-2-1</p>	 <p><b>RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN DE AGUA</b> IEC 60811-1-3</p>
---	--	--	--	---

##### VIDA ÚTIL

 <p><b>VIDA ÚTIL 30 AÑOS</b> IEC 60216</p>
---

##### RESISTENCIA MECÁNICA

 <p><b>RESISTENCIA AL IMPACTO</b> IEC 60811-1-4</p>	 <p><b>RESISTENCIA A LA ABRASIÓN</b> EN 50305</p>	 <p><b>RESISTENCIA AL DESGARRO</b> IEC 61034-2</p>
--	--	---

##### ECOLÓGICO - ALTA SEGURIDAD (AS)

 <p><b>ECOLÓGICO</b></p>	 <p><b>LIBRE DE HALÓGENOS</b> IEC 60754-1</p>	 <p><b>BAJA EMISIÓN DE GASES CORROSIVOS</b> IEC 60754-2</p>	 <p><b>BAJA OPACIDAD DE HUMOS</b> IEC EN 61034-2</p>	 <p><b>NO PROPAGADOR DEL INCENDIO</b> IEC 60332-3</p>
---	--	--	---	--

(1) Hasta 20.000 horas de funcionamiento (IEC 60216-1)

# exZhelent SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

## PANELES FOTOVOLTAICOS

TENSIÓN 1,8 kV DC - 0,6 / 1 kV AC



## EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

Conductor: Cobre estañado clase 5 para servicio móvil (-F)  
 Aislamiento: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)  
 Cubierta: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)  
 Norma: TÜV 2 Pfg 1169/08.2007



Ecológico

## SERVICIO MÓVIL



Código	Sección	Color (*)	Díametro exterior	Peso	Radio Mín. Curvatura	Resist. Máx. del conductor a 20°C	Intensidad al Aire (1)	Caida de tensión en DC
	mm²		mm²	kg/km	mm²	Ω/km	A	V/A.km
1614106	1x1,5	■ ■	4,3	35	18	13,7	30	38,17
1614107	1x2,5	■ ■	5,0	50	20	8,21	41	22,87
1614108	1x4	■ ■	5,6	65	23	5,09	55	14,18
1614109	1x6	■ ■	6,3	85	26	3,39	70	9,445
1614110	1x10	■ ■	7,9	140	32	1,95	96	5,433
1614111	1x16	■ ■	8,8	200	35	1,24	132	3,455
1614112	1x25	■ ■	10,5	295	42	0,795	176	2,215
1614113	1x35	■ ■	11,8	395	47	0,565	218	1,574

Disponibilidad bajo pedido hasta 1x300 mm²

(\*) Posibilidad de suministrar con cubierta ■

(1) Al aire, a 60 °C Según norma TÜV 2 Pfg 1169/08.2007

# exZhellement SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

## HUERTAS SOLARES

TENSIÓN 1,8 kV DC - 0,6/ 1 kV AC



LA MEJOR PROTECCIÓN MECÁNICA DURANTE EL TENDIDO,  
LA INSTALACIÓN Y EL SERVICIO

### EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC-0,6/1 kV AC

- Conductor: Cobre Clase 5 para servicio fijo (-k)
- Aislamiento: Polietileno Reticulado XLPE (X)
- Asiento de Armadura: Poliolefina libre de halógenos (Z1)
- Armadura: Fleje corrugado de AL (FA3)
- Cubierta: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z). Color Negro
- Norma: AENOR EA 0038



Ecológico



Resistente a la acción de los roedores



## SERVICIO FIJO



Código	Sección	Diámetro exterior	Peso	Radio Mín. Curvatura	Intensidad al Aire (1)	Intensidad Enterrado (2)	Caida tensión en DC
	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	kg/km	mm <sup>2</sup>	A	A	V/A.km
1618110	1x10	12,0	230	120	80	77	4,87
1618111	1x16	13,0	290	130	107	100	3,09
1618112	1x25	14,8	405	150	140	128	1,99
1618113	1x35	15,9	510	160	174	154	1,41
1618114	1x50	17,5	665	175	210	183	0,984
1618115	1x70	19,8	895	200	269	224	0,694
1618116	1x95	21,6	1.125	220	327	265	0,525
1618117	1x120	23,6	1.390	240	380	302	0,411
1618118	1x150	25,6	1.695	260	438	342	0,329
1618119	1x185	27,5	2.010	275	500	383	0,270
1618120	1x240	30,8	2.615	310	590	442	0,204
1618121	1x300	34,4	3.245	345	659	500	0,163

(1) Al aire a 40°C según UNE 20660-5-523 Tabla A.52-1 bis Método F, 2 conductores cargados

(2) Enterrado, 25°C, 0,7 m de profundidad, 1,5 K m/W según UNE 20660-5-523 Tabla A.52-2 bis Método D



**CENTRAL**

Casanova, 150 - 08036 BARCELONA  
Tel.: +34 93 227 97 00 - Fax: +34 93 227 97 22  
info@generalcable.es

**ZONAS IBERIA**

**ANDALUCÍA**

Avenidas, 6, Edificio Eurosevilla, 4º, 7ª  
41020 SEVILLA  
Tel.: +34 96 499 95 18 - Fax: +34 96 451 10 13  
delegacionandalucia@generalcable.es  
Málaga  
Tel. Móvil: +34 626 014 918 - Fax: +34 96 225 99 12  
astochini@generalcable.es

**CENTRO**

Ávila, Badajoz, Cáceres, Ciudad Real,  
Guadalajara, Madrid, Segovia y Toledo  
Avda. Ciudad de Barcelona, 81 A, 4ª A - 28007 MADRID  
Tel.: +34 91 309 66 20 - Fax: +34 91 309 66 30  
delegacioncentro@generalcable.es  
Burgos, León, Palencia, Salamanca, Valladolid y Zamora  
Tel. Móvil: +34 609 154 594 - Fax: +34 983 24 96 32  
astorgano@generalcable.es

**LEVANTE**

Albacete, Comunidad Valenciana, Durango y Murcia  
Cerro Amorós, 27 - 6º C - 46004 VALENCIA  
Tel.: +34 96 350 92 58 - Fax: +34 96 352 96 53  
delegacionlevanto@generalcable.es

**NORDESTE**

Andorra, Aragón, Baleares y Cataluña  
Aragón, 177-179, 2ª planta - 08011 BARCELONA  
Tel.: +34 93 467 85 78 - Fax: +34 93 467 46 97  
nordeste@generalcable.es

**NORTE**

Álava, Asturias, Cantabria y Vizcaya  
Juan de Alunizaga, 26 - 48009 BILBAO  
Tel.: +34 94 424 51 76 - Fax: +34 94 423 06 67  
delegacionnorte@generalcable.es  
Guipúzcoa, La Rioja, Navarra, Rioja  
Tel.: +34 629 34 85 22 - Fax: +34 948 23 46 05  
plopan@generalcable.es  
Representación GALICIA  
BESISA COMERCIAL, S.L.  
Av. Tierno Galván, 112  
15178 MAIÁNCA - OLEIROS (La Coruña)  
Tel.: +34 981 61 71 94 - Fax: +34 981 61 74 78  
comercial@besisa.com

**Representación CANARIAS**

Ángel Guerra, 23 - 1ª  
35003 LAS PALMAS DE GRAN CANARIA  
Tel.: +34 928 36 11 57 - Fax: +34 928 36 44 73  
info@cmg.es

**PORTO**

R. Gonzalo Cristóvão, 312 - 4º B e C  
4000-266 PORTO  
Tel.: +351 223 392 350 - Fax: +351 223 323 878

ATENCIÓN AL CLIENTE  
TEL.: +34 932 279 700  
FAX: +34 900 210 486  
www.generalcable.es



**EXPORTACIÓN**

Casanova, 150 - 08036 BARCELONA (Spain)  
Tel.: +34 93 227 97 24 - Fax: +34 93 227 97 19  
export@generalcable.es

**FACTORÍAS**

**ABRERA (España)**

Carrer del Metall, 4 (Polígon Can Sucumats) - 08630 ABRERA (Barcelona)  
Tel.: +34 93 773 48 00 - Fax: +34 93 773 48 48

**MANLLEU (España)**

Ctra. Rusiñol, 63 - 08560 MANLLEU (Barcelona)  
Tel.: +34 93 852 02 00 - Fax: +34 93 852 02 22

**MONTCADA I REDXAC (España)**

Ctra. de Ribes, Km. 13,250 - 08110 MONTCADA I REDXAC (Barcelona)  
Tel.: +34 93 227 95 00 - Fax: +34 93 227 95 22

**VITORIA (España)**

Portal de Berjona, 36 - 01013 VITORIA-GASTEIZ  
Tel.: +34 945 261 100 - Fax: +34 945 267 146 - marketing@ecnes - www.ecnes

**MONTEREAU (Francia)**

SILEC CABLE - Rue de Varennes Prolongée - 77876 MONTEREAU CEDEX (France)  
Tel.: +33 (0) 1 60 57 30 00 - Fax: +33 (0) 1 60 57 30 15  
contact@sileccable.com - www.sileccable.com

**MORELENA (Portugal)**

Av. Marquês do Pombal, 36-38 Moreleira - 2715-055 PÉRO PINHEIRO (Portugal)  
Tel.: +351 219 678 500 - Fax: +351 219 271 942

**NORDENHAM (Alemania)**

NSW - Kabelstraße 9-11 - D-26954 NORDENHAM (Deutschland)  
Tel.: +49 4731 82 0 - Fax: +49 4731 82 1301 - info@nsw.com - www.nsw.com

**BISKRA (Argelia)**

ENICAB - Zone Industrielle - B.P. 131 07 000 BP BISKRA (Algérie)  
Tel.: +213 033 75 43 21/22 - Fax: +213 033 74 15 19 - info@generalcable.dr

**LUANDA (Angola)**

CONDEL - Fábrica de Condutores Eléctricos de Angola, S.A.R.L.  
5ª Av. Nº 9, Zona Industrial do Carenço, Caixa Postal nº 3043 LUANDA (Angola)  
Tel.: +244 2 380076/7/8/9/17 - Fax: +244 2 3378 12 - condel@net.co.ao

**INTERNACIONAL**

**ABU DHABI**

P.O. Box No. 112478 - Next Showroom Building - Narda Street, ABU DHABI (UAE)  
Tel.: +971 2- 6338991 - Fax: +971 2- 6338993 - akhnik@generalcable-uk.com

**ARGELIA**

ENICAB  
Centre Commercial de L'Église local n°A21 - 170 Rue, Hassiba Ben Bouali El Hamma  
016000 ALGER - Tel.: +213 021 67 61 73 - Fax: +213 021 67 61 75 - info@enicab.dr

**NORUEGA**

Randemveien 17 - 1540 VESTBY (Norway)  
Tel.: +47 64955900 - Fax: +47 64955910 - firmapost@generalcable.no

**REINO UNIDO**

Regus House, Herons Way, Chester Business Park,  
CH4 9QR CHESTER (United Kingdom)  
Tel.: +44 1244 893 245 - Fax: +44 1244 893 101 - uribeiro@generalcable-uk.com

**RUSIA**

Arzovskaya str. - 13 - (Russia) MOSCOW  
Tel.: +7 495 617 0005 - Fax: +7 495 617 0006 - info@generalcable-ru.com

**AGENCIAS**

**ARGENTINA**

Francisco Beltró 1490 - Florida Este 1602 - BUENOSAIRES (Argentina)  
Tel.: +54 11 4760 8088 - Fax: +54 11 4761 0251 - e-mail: info@generalcable-ar.com

**FRANCIA**

DOMEX Cabling s.a.s - 43, rue de Varennes - 93100 MONTREUIL (France)  
Tel.: +33 1 60 62 51 45 - Fax: +33 1 60 62 51 49 - manuel.dorado@wanadoo.fr

**ITALIA**

Salvaneschi E.&R.&C.S.A. - Via Polizza da Volpedo, 20  
20092 CINISELLO BALSAMO - MILANO (Italy)  
Tel.: +39 02 660 49494 - Fax: +39 02 660 49489 - salvaneschi@generalcable-it.com

## 15. Interruptores Seccionadores Legrand

### DISPOSITIVOS DE CORTE Y PROTECCIÓN

# Interruptores seccionadores Legrand

Los interruptores seccionadores Legrand se usan para cortar en carga y aislar los circuitos. Están diseñados para separar eléctricamente una instalación o parte de una instalación y el propósito del aislamiento es garantizar la seguridad de la gente que trabaja en la instalación.

Hay 3 categorías de dispositivos dependiendo de sus características y de dónde vayan a usarse:

- Interruptores seccionadores con operación de contacto positivo.
- Interruptores seccionadores con indicación de contacto visible.
- Interruptores seccionadores sin disparo.



El seccionamiento no garantiza por sí mismo que la instalación sea segura. Se deben usar métodos apropiados para enclavar la instalación con el fin de prevenir cualquier reenergización no deseada.

### INTERRUPTORES SECCIONADORES CON INDICACIÓN DE CONTACTO POSITIVO

La indicación de posición se verifica por la posición de los contactos y la de la maneta del conmutador de control. La indicación "1" u "0" (verde o rojo) en la maneta confirma de esta forma la posición real de los contactos.

El cumplimiento de la norma UNE-EN 60947-3 es una muestra de esto.

Los interruptores seccionadores modulares DX-IS se encuentran disponibles en las versiones 1P, 2P, 3P y 4P, hasta 100 A.

El DX-IS con opción de disparo (2P y 4P, 40 a 100 A) se puede usar con una bobina de disparo o una bobina de apertura de mínima tensión. Todos los modelos pueden aceptar contactos auxiliares ref. n.º 073 50/54, que son los mismos que para los interruptores automáticos.



^ Interruptores seccionadores: 1 módulo por polo hasta 125 A



^ DX-IS con opción de disparo (maneta roja) y bobina de disparo ref. n.º 073 61

#### Características del DX-IS

Ith		16 - 32 A	40 - 63 A	100 - 125 A
Capacidad de los terminales de jaula	flexible	1,5 a 16 mm <sup>2</sup>	1,5 a 25 mm <sup>2</sup>	6 a 35 mm <sup>2</sup>
	rígida	1,5 a 16 mm <sup>2</sup>	1,5 a 35 mm <sup>2</sup>	4 a 50 mm <sup>2</sup>
Tensión de aislamiento (Ui)		250 400 V CA	250 400 V CA	250 400 V CA
Tensión de resistencia al impulso (Uimp)		4 kV	4 kV	4 kV
Categoría de utilización		CA 22 A	CA 22 A	CA 22 A
		CA 23 A	CA 23 A	CA 23 A
Corriente de resistencia de tiempo corto (Icw)		750 A	1.700 A	2.500 A
Capacidad de efectuar un cortocircuito (Icm)		1.500 A	3.000 A	3.700 A
Resistencia mecánica (N.º de operaciones)		→ 30.000	→ 30.000	→ 30.000
Índice de Protección		IP 2x cableado	IP 2x cableado	IP 2x (25 mm <sup>2</sup> )



Los interruptores seccionadores se prueban conforme a la norma UNE-EN 60947-3:

- CA 22 A/CC 22 A = ruptura combinada de motor-resistencia
- CA 23 A/CC 23 A = ruptura de motor (cargas inductivas)
- CA = corriente alterna / CC = corriente continua
- A = uso con operaciones frecuentes

## 16. Interruptor Magnetotérmico 80 A Ac

### Serie HTi - Interruptores magnetotérmicos 10kA - 80A / 125A



Los interruptores modulares de la serie Hti son los mayores interruptores de nuestra gama de PIAs (210 g/polo). Están diseñados para usarse en las condiciones más difíciles.

#### Características

Su intensidad nominal va hasta los 125A y tienen una temperatura de calibración de 40 °C (para los demás PIAs de nuestra gama la temperatura es de 30 °C, a excepción de la serie GT). Esto también se refleja en la capacidad final para cables rígidos, 70mm<sup>2</sup>, mientras que para otros interruptores modulares es como máximo 16mm<sup>2</sup>(serie C) o 35mm<sup>2</sup>.

Dispositivos auxiliares disponibles para este producto:

- Contactos auxiliares
- bobina de disparo (Tele L)
- Desconectador de apertura panel (PBS)

**No hay accesorios disponibles para la Serie Hti**

#### Características y ventajas

- Según norma EN 60947-2 (IEC 947-2)
- Intensidad nominal 80A, 100A, 125A
- Curvas de disparo magnetotérmico tipo B (3-5I<sub>n</sub>), tipo C (5-10I<sub>n</sub>) y tipo D (10-20I<sub>n</sub>)
- 1P, 2P, 3P y 4P
- Intensidad de corte I<sub>cu</sub> máxima: de 10kA a 50kA (en función de la intensidad nominal)
- Funcionamiento con limitación de sobreintensidad en caso de fallo
- Indicación real del estado de los contactos
- Ancho por polo: 27mm
- Capacidad de los bornes hasta 70mm<sup>2</sup>
- Par de apriete hasta 5.0Nm
- Maneta enclavable en posición "ON" u "OFF"
- Apto para montaje en carril DIN normalizado
- Categoría de utilización A
- Bornes con protección IP20 contra contactos accidentales
- Amplia gama de accesorios multifuncionales

**Proyecto de iluminación interior de alta eficiencia e instalación  
fotovoltaica conectada a red sobre cubierta de nave industrial**

**ANEJOS**

---

Características	
Intensidad nominal (A)	80-100-125
Tensión nominal en AC Un (V)	230/400
Curva de disparo magnetotérmico	3-5 In (B), 5-10 In (C), 10-20 In (D)
No maniobras mecánicas/eléctricas	10000/4000
Temperatura de funcionamiento (°C)	de -25 a 55
Cap. borne cable flexible/rígido (mm <sup>2</sup> )	70
Polos	1, 2, 3, 4

## 17. Interruptor Diferencial 100 A 30ma Legrand



### Magnetotérmicos y diferenciales DX<sup>3</sup>

La nueva gama de interruptores automáticos DX<sup>3</sup> amplía sus características para responder a todas las aplicaciones que exigen rendimiento, selectividad y asociación:

- disponibles en unipolar, unipolar + neutro, bipolar, tripolar y tetrapolar.
- poderes de corte hasta 50 kA.
- calibres de 1 a 125 A.
- Curvas B, C, D y Z (para curva Z, consúltanos).
- versión sólo magnética (consúltanos).

#### Altos poderes de corte e intensidades nominales elevadas

DX<sup>3</sup> hasta 50 kA y 125 A combinando con éxito un poder de corte elevado, una alta intensidad nominal y un tamaño pequeño, los nuevos interruptores diferenciales DX<sup>3</sup> responden perfectamente a las necesidades de selectividad y de ahorro de espacio.

- sección de conexión máxima, 50 mm<sup>2</sup> para 63 A y 70 mm<sup>2</sup> para 125
- mayor seguridad gracias al aislamiento de bornas mediante tabiques de separación integrados retraíbles.
- identificación del poder de corte: señalización en color.
- bloqueo de la maneta del magnetotérmico mediante collarín.
- instalación segura, llave hexagonal para facilitar el apriete
- conexiones fiables, equipado con bornas de alta seguridad que mantienen la presión del contacto a pesar de la pérdida de apriete.
- conexión fácil, borna automática para circuito auxiliar: conexión y desconexión rápida.

Bloques diferenciales adaptables DX<sup>3</sup> para ahorrar energía, antes hay que medir.

Los bloques diferenciales adaptables integran las medidas precisas de cada uno de los parámetros (consumo, tensión, intensidad) visualizables a distancia en un PC por medio del protocolo de comunicación Modbus RS 485.

- Asociación intuitiva sin herramientas.
- Conexiones seguras y fiables.
- Borna automática para circuito auxiliar
- Ventana de ajuste precintable para limitar el acceso

#### DX<sup>3</sup>: las protecciones de cabecera del grupo

Sea cual fuere el esquema eléctrico, se puede utilizar la cabecera del grupo que se desee y repartir tanto en vertical como en horizontal. La conexión está garantizada por los peines HX<sup>3</sup> los peines verticales VX<sup>3</sup> y los repartidores modulares.

#### Repartidores modulares

Los repartidores modulares han sido diseñados pensando en la máxima seguridad: Aislamiento individual de la barra de cada fase. Alta resistencia a los cortocircuitos Intensidad nominal hasta 250 A.

Peines HX<sup>3</sup> para ahorrar tiempo de instalación, garantizar la continuidad de alimentación y facilitar el mantenimiento. La doble uñeta de fijación de los aparatos permite su extracción independientemente de los otros y sin necesidad de soltar todo el peine. En monofásico o en trifásico.

Conoce al detalle los nuevos magnetotérmicos y diferenciales DX<sup>3</sup>, descargando el nuevo [catálogo de Protección](#) de Legrand.





## 3. PLANOS





## ÍNDICE PLANOS

- **Plano 1:** Distribución de planta de la tienda
- **Plano 2:** Ubicación planta fotovoltaica
- **Plano 3:** Esquema unifilar planta fotovoltaica





## 4. PLIEGO DE CONDICIONES



## **ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES**

1. Uso y Precauciones.....	174
2. Prescripciones .....	174
3. Prohibiciones.....	174
4. Mantenimiento por el Usuario.....	174
5. Mantenimiento por el Profesional Cualificado .....	175
6. Legislación Aplicable .....	175
7. Normativa Aplicable .....	176
8. Recomendaciones .....	177
9. Luminarias .....	177
10. Dispositivo de Alimentación y Control (Driver).....	178
11. Garantías Proyecto Iluminación Interior .....	179
12. Sistema Generador Fotovoltaico.....	180
13. Generalidades Instalación Solar .....	181
14. Mantenimiento de Instalaciones .....	181
15. Impacto Medioambiental.....	182
16. Estructura Soporte .....	183
17. Conductores Eléctricos.....	184
18. Inversores.....	184
19. Conexión a Red.....	185
20. Medidas.....	186
21. Protecciones.....	186
22. Fusibles.....	186
23. Puesta a Tierra de las Instalaciones Fotovoltaicas .....	186
24. Armónicos y Compatibilidad Electromagnética .....	186
25. Medidas de Seguridad.....	186
26. Recepción y Pruebas .....	187
27. Requerimientos Técnicos del Contrato de Mantenimiento.....	188
28. Garantías Planta Fotovoltaica .....	189
29. Certificación y Documentación .....	190

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

---

### **I. REQUERIMIENTOS TECNICOS EXIGIBLES PARA LUMINARIAS CON TECNOLOGÍA LED DE ILUMINACIÓN INTERIOR.**

#### **1. Uso y Precauciones**

Durante las fases de realización del mantenimiento (tanto en la reposición de las lámparas como durante la limpieza de los equipos) se mantendrán desconectados los interruptores automáticos correspondientes a los circuitos de la instalación lumínica.

#### **2. Prescripciones**

Ante cualquier modificación en la instalación o en sus condiciones de uso (ampliación de la instalación o cambio de destino del edificio) un técnico competente especialista en la materia deberá realizar un estudio previo y certificar la idoneidad de la misma con la normativa vigente.

La reposición de las lámparas de los equipos de iluminación se efectuará cuando éstas alcancen su duración media mínima o en el caso de que se aprecien reducciones de flujo importantes. Dicha reposición se efectuará preferentemente por grupos de equipos completos y áreas de iluminación.

El papel del usuario deberá limitarse a la observación de la instalación y sus prestaciones.

Cualquier anomalía observada deberá ser comunicada a la compañía suministradora. Todas las lámparas repuestas serán de las mismas características que las reemplazadas. Siempre que se revisen las instalaciones, un instalador autorizado reparará los defectos encontrados y repondrá las piezas que sean necesarias.

#### **3. Prohibiciones**

Las lámparas o cualquier otro elemento de iluminación no se suspenderán directamente de los cables correspondientes a un punto de luz. Solamente con carácter provisional, se utilizarán como soporte de una bombilla.

No se colocará en ningún cuarto húmedo (tales como aseos y/o baños), un punto de luz que no sea de doble aislamiento dentro de la zona de protección.

No se impedirá la buena refrigeración de la luminaria mediante objetos que la tapen parcial o totalmente, para evitar posibles incendios.

Aunque la lámpara esté fría, no se tocarán con los dedos las lámparas halógenas o de cuarzo-yodo, para no perjudicar la estructura de cuarzo de su ampolla, salvo que sea un formato de doble envoltura en el que existe una ampolla exterior de vidrio normal. En cualquier caso, no se debe colocar ningún objeto sobre la lámpara. En locales con uso continuado de personas no se utilizarán lámparas fluorescentes con un índice de rendimiento de color menor del 70%.

#### **4. Mantenimiento por el Usuario**

Cada año: Limpieza de las lámparas, preferentemente en seco. Limpieza de las luminarias, mediante paño humedecido en agua jabonosa, secándose posteriormente con paño de gamuza o similar.

## **5. Mantenimiento por el Profesional Cualificado**

Cada 2 años: Revisión de las luminarias y reposición de las lámparas por grupos de equipos completos y áreas de iluminación, en oficinas.

Cada 3 años: Revisión de las luminarias y reposición de las lámparas por grupos de equipos completos y áreas de iluminación, en zonas comunes y garajes.

## **6. Legislación Aplicable**

Todos los productos incluidos en este ámbito están sometidos obligatoriamente al mercado CE, que indica que todo elemento o componente que exhibe dicho marcado cumple con la siguiente legislación y cualquier otra asociada que en cada momento sea de aplicación.

La modificación de una luminaria ya instalada y equipada con lámpara de descarga o de otra tecnología, adaptándola a diferentes soluciones con fuentes de luz tipo LED (ya sea mediante “lámparas de reemplazo”, “sustitución del sistema óptico” o “sistema LED Retrofit”) implica operaciones técnicas, mecánicas y/o eléctricas (por ejemplo, desconectar o puentear el equipo existente), que comprometen la seguridad y características de la luminaria original y pueden originar diferentes problemas en el ámbito de seguridad, funcionamiento, compatibilidad electromagnética, marcado legal, consideraciones medioambientales, distribución fotométrica, características de disipación térmica, flujo, eficiencia de la luminaria, consumo, vida útil y garantía.

En estos casos, el producto resultante de las modificaciones anteriormente mencionadas se convierte en una nueva luminaria; por tanto, quien efectúa dichas modificaciones, sea fabricante, distribuidor, instalador o la propiedad, pasa a convertirse en fabricante de la misma, siéndole aplicable la totalidad de la Legislación y Normativa, así como la responsabilidad sobre el producto, sobre su correcto funcionamiento, sobre la seguridad eléctrica y mecánica tanto del producto como de la instalación eléctrica asociada.

En cualquier caso esta transformación deberá cumplir las prescripciones incluidas en los diferentes apartados de este documento.

En la actualidad, las luminarias de iluminación interior, y en concreto aquellas que incorporan tecnología LED, están sometidas a la siguiente Legislación:

- Directiva de Baja Tensión - 2006/95/CEE. Relativa a la aproximación de las Legislaciones de los estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- Directiva de Compatibilidad Electromagnética - 2004 /108/CEE. Relativa a la aproximación de las Legislaciones de los estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética y por la que se deroga la directiva 89/336/CE.
- Directiva ROHS 2011/65/UE. Relativa a las restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
- Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE. Por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
- Reglamento N° 1194/2012 de la Comisión, por el que se aplica la Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE a las lámparas direccionales, lámparas LED y sus equipos.
- Real Decreto 154/1995, por el que se modifica el Real Decreto 7/1988, de 8 de enero, sobre exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión y su Guía de Interpretación.
- CTE: DB HE3 “Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación”.
- UNE-EN 12464-1: “Iluminación de los lugares de trabajo en interiores”
- UNE-EN 12193: “Iluminación de instalaciones deportivas”.

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

---

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23/04/1997: Artículo 8 y Anexo IV. (Existe una guía técnica, edición del 2006, para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo).
- Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT-01 a ITC-BT-51.
- Reglamento CE nº245/2009, de la Comisión de 18 de marzo por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo relativo a los requisitos de diseño ecológico, para lámparas, balastos y luminarias.
- Reglamento 874/2012 DE LA COMISIÓN de 12 de julio de 2012 por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de las lámparas eléctricas y las luminarias.

## **7. Normativa Aplicable**

- UNE EN 60598-1 Luminarias. Requisitos generales y ensayos.
- UNE EN 60598-2.1 Luminarias fijas de uso general.
- UNE EN 60598-2.2 Luminarias empotradas.
- UNE EN 60598-2-5 Luminarias. Requisitos particulares. Proyectoros
- UNE EN 60598-2.13 Luminarias empotradas en el suelo.
- UNE EN 60598-2.17 Luminarias para TV y cine.
- UNE EN 60598-2.19 Luminarias con circulación de aire.
- UNE EN 60598-2.22 Luminarias para alumbrado de emergencia.
- UNE EN 60598-2.24 Luminarias con temperaturas superficiales limitadas.
- UNE EN 60598-2.25 Luminarias para uso en hospitales y sanatorios.
- UNE EN 62493 Evaluación de los equipos de alumbrado en relación a la exposición humana a los campos electromagnéticos.
- UNE EN 62471-2009 Seguridad fotobiológica de lámparas y aparatos que utilizan lámparas.
- IEC TS 62504 Términos y definiciones para los LED y módulos LED en iluminación general.

### **Compatibilidad Electromagnética**

- UNE-EN 61000-3-2. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada 16A por fase)
- UNE-EN 61000-3-3. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3: Límites. Sección 3: Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente de entrada 16A por fase y no sujetos a una conexión condicional.
- UNE-EN 61547. Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad CEM.
- UNE-EN 55015. Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.

### **Componentes de las luminarias**

- UNE-EN 62031. Módulos LED para iluminación general. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 61347-2-13. Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-13: Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.
- UNE-EN 62384. Dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua o corriente alterna para módulos LED. Requisitos de funcionamiento.
- UNE-EN 62560 Lámparas LED con balasto incorporado para servicios de iluminación general con tensión > 50 V. Especificaciones de seguridad.



- CIE S025/E: 2015 Método de ensayo para lámparas LED, luminarias y módulos LED.

## **8. Recomendaciones**

- CIE 205/2013 Revisión de las medidas de calidad de iluminación para interiores con sistemas de iluminación LED
- Guía de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros Docentes. Revisión 2015.
- Guía de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria. Revisión 2015.
- Guía de Eficiencia Energética en Iluminación. Oficinas. Revisión 2015.

## **9. Luminarias**

- Marca y modelo
- Memoria descriptiva del elemento, detalles constructivos, materiales empleados, forma de instalación, conservación, posibilidad de reposición de distintos componentes y demás especificaciones.

El diseño de la luminaria permitirá, la reposición del sistema óptico y el dispositivo de control electrónico de manera independiente, de forma que el mantenimiento de ambos no implique el cambio de la luminaria completa.

Sin embargo, esto no es menos cabal para luminarias que por su aplicación y/o estructura, el cambio de los citados componentes no pueda ser realizado, como es el caso de luminarias diseñadas para aplicaciones decorativas o para crear luz ambiente (pequeños downlights, proyectores, apliques, tiras de LED...)

- Planos, a escala conveniente, de planta, alzado y perspectiva del elemento.
- Ficha técnica del producto, donde se describan sus características, dimensiones, prestaciones y parámetros técnicos de funcionamiento.
  - Factor de potencia de la luminaria en los regímenes normales y reducidos propuestos.
  - Distribución fotométrica.
  - Flujo luminoso total emitido por la luminaria a temperatura de funcionamiento estabilizada y para una temperatura ambiente de 25°C.
  - Potencia nominal asignada y consumo total de la luminaria a temperatura de funcionamiento estabilizada y para una temperatura ambiente de 25°C.
  - Eficacia de la luminaria a temperatura de funcionamiento estabilizada y para una temperatura ambiente de 25°C. Expresada en lm/W.
  - Vida útil estimada para la luminaria en horas de funcionamiento. El parámetro de vida útil de una luminaria de tecnología LED vendrá determinado en horas de vida por tres magnitudes: el mantenimiento de flujo total emitido por la luminaria (Lxx), el porcentaje de fallo de los LED (Bxx) y una temperatura ambiente de funcionamiento.
  - Por ejemplo: L70 B10 60.000 horas ta=25° donde significa que hasta 60.000 horas y a una temperatura ambiente de funcionamiento de 25°C el flujo total emitido por la luminaria es al menos de un 70% del inicial con una tasa máxima de fallo del LED del 10%. Los valores de vida útil de la luminaria deberán estar basados en datos concretos y verificables, en virtud de normas o recomendaciones validadas por organismos reconocidos.
  - Gráfico sobre el mantenimiento lumínico a lo largo de la vida de la luminaria, indicando la pérdida de flujo cada 10.000 horas de funcionamiento.
  - Rango de temperaturas ambiente de funcionamiento sin alteración de sus parámetros fundamentales, en función de la temperatura ambiente, indicando al menos de 0°C a 35°C.

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

---

- Características de emisión luminosa de la luminaria en función de la temperatura ambiente, en un rango de temperaturas de funcionamiento de al menos 0°C a 35°C.
- Grado de hermeticidad de la luminaria, detallando el del grupo óptico y el del compartimiento de los accesorios eléctricos, en el caso de que sean diferentes.
- Los valores mínimos de luminarias serán los que se señalan en el Reglamento Técnico de Baja Tensión en su apartado ITC-BT-44 que se aplica a Receptores para iluminación (luminarias).

No obstante, se debe tener en cuenta, para el diseño de los receptores de iluminación, los criterios de iluminación mínimos requeridos por la normativa UNE-EN 12464-1 Iluminación de los lugares de Trabajo.

- Características del LED instalado en la luminaria y de la luminaria completa:
  - Número de LEDs, marca y modelo de LED y su sistema de alimentación (intensidad, voltaje)
  - Curvas de mortalidad, en horas de funcionamiento, en función de la temperatura del punto de unión (Tj) y para una temperatura ambiente de 25°C.
  - Vida útil estimada del módulo LED para la intensidad determinada, en horas de funcionamiento.
  - Índice de reproducción cromática.
  - Temperatura de color. Cuando el LED pueda alimentarse a diferentes corrientes o tensiones de alimentación, los datos anteriores se referirán a cada una de dichas corrientes o tensiones.
  - Marcado CE: Declaración de Conformidad y Expediente Técnico o Documentación Técnica asociada.

### **10. Dispositivo de Alimentación y Control (Driver)**

- Características técnicas del driver aplicado a la luminaria:
  - Marca, modelo y datos del fabricante.
  - Temperatura máxima asignada (Tc)
  - Tensión de salida asignada para dispositivos de control de tensión constante. Corriente de salida asignada para dispositivos de control de corriente constante.
  - Factor de potencia, para una temperatura de 25°C y al 100% de la potencia de la luminaria.
  - Grado de hermeticidad IP
  - Vida del equipo en horas de funcionamiento dada por el fabricante
  - Tipo o funcionalidad de control: DALI, 1-10V,....
- Marcado CE: Declaración de Conformidad y Expediente Técnico o documentación técnica asociada.

## **11. Garantías Proyecto Iluminación Interior**

El fabricante, suministrador, distribuidor o instalador aportará las garantías que estime oportunas o le sean demandadas, que en cualquier caso no deberían ser inferiores a un plazo de 3 años para cualquier elemento o material de la instalación que provoque un fallo total o una pérdida de flujo superior a la prevista en la propuesta (factor de mantenimiento y vida útil), garantizándose las prestaciones luminosas de los productos. Estas garantías se basarán en un uso de 4.100 horas/año, para una temperatura ambiente inferior a 35°C y no disminuirá por el uso de controles y sistemas de regulación.

Los aspectos principales a cubrir son los siguientes:

- Fallo del LED: Se considerará fallo total de la luminaria LED, cuando no funcionen al menos un porcentaje del 10% de los LEDs totales que componen una luminaria. En el caso de COB, se considera cada COB como una única fuente de luz indivisible por su naturaleza, aunque sabemos que en su interior está compuesto de múltiples LED.
- Reducción indebida del flujo luminoso: La luminaria deberá mantener el flujo luminoso indicado en la garantía, de acuerdo a la fórmula de vida útil propuesta. Por ejemplo: L70 B10 60.000h ta=25°C (como valor referencia, L70 indica que si el flujo luminoso baja del 70% del flujo nominal dado por el fabricante en los estudios fotométricos realizados a priori, se llevarán a cabo las acciones estipuladas en la garantía).
- Fallo del sistema de alimentación: Los drivers o fuentes de alimentación, deberán mantener su funcionamiento sin alteraciones en sus características, durante el plazo de cobertura de la garantía, normalmente quedarán excluidos en la garantía los elementos de protección como fusibles y protecciones contra sobretensiones.
- Otros defectos (defectos mecánicos): Las luminarias pueden presentar otros defectos mecánicos debidos a fallas de material, ejecución o fabricación por parte del fabricante. Estos defectos deben quedar debidamente reflejados en los términos de garantía acordados.
- Todos los términos de garantía deben ser acordados entre el comprador y el fabricante, considerándose necesario que todos los aspectos y componentes a los que afecte la misma queden reflejados y recogidos en el documento de garantía.

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

---

### **II. REQUERIMIENTOS TECNICOS EXIGIBLES PARA INSTALACIONES DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADAS A RED**

#### **12. Sistema Generador Fotovoltaico**

Se aplicarán para la planta fotovoltaica los Decretos y Normativas siguientes:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión Decreto 842/2002 de 2 de Agosto con las correspondientes instrucciones técnicas complementarias (BT-01 A BT-51).
- Real Decreto 436/2004 sobre la producción de energía eléctrica mediante energías renovables.
- Real Decreto 1663/2000 del 29 de Septiembre sobre la conexión de la instalación fotovoltaica a la red de baja Tensión.
- Real Decreto 3490/2000 de 20 de Septiembre sobre los derechos de verificación de la compañía eléctrica.
- Las Normas NTE-ECV sobre estructura.
- Reglamento de verificaciones eléctricas del 12 de Marzo del 1954 y posteriores revisiones y modificaciones.
- Real Decreto 444/94 sobre compatibilidad electromagnética.
- Real Decreto 7/88 y 154/88 del MIE sobre exigencias de seguridad del material eléctrico.
- Directivas Europeas de Compatibilidad Electromagnética DC 89/366/CEE y Directiva Europea de Baja Tensión DC/73/23/CEE.
- UNE-EN 50086-2-1 y UNE-EN 50085: Sistemas de canalización.
- UNE 21123-4: Características mínimas para los cables. Sistema de designación de cables.
- UNE 20451: Requisitos generales para envolventes de accesorios para instalaciones eléctricas fijas de usos domésticos y análogos.
- UNE 60439-3: Conjuntos de aparamenta de baja tensión.
- UNE-EN 50525-2-31:2012. Parte 2-31: Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V. Cables de utilización general. Cables unipolares sin cubierta con aislamiento termoplástico (PVC).
- UNE-EN 20460-4-41: Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 41: Protección contra los choques eléctricos.
- UNE-EN 61643-11:2013: Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias de baja tensión. Parte 11: Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias conectados a sistemas eléctricos de baja tensión.
- UNE-EN 60269: Fusibles de baja tensión. Fusibles con curva de fusión tipo g.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades.
- UNE-EN 61009: Interruptores diferenciales con dispositivo de protección contra sobreintensidades incorporado.
- UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- IEC 60364-5-52: Instalaciones eléctricas de edificios.
- IEC 60269-6: 2012: Fusibles de baja tensión. Parte 6: requisitos suplementarios para los cartuchos fusibles utilizados para la protección de sistemas de energía solar fotovoltaica.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
-

### **13. Generalidades Instalación Solar**

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.

### **14. Mantenimiento de Instalaciones**

El mantenimiento de una instalación solar fotovoltaica es escaso. Este se reduce prácticamente a la limpieza de los módulos, revisión de las conexiones y de los elementos de seguridad. En algunas situaciones puede necesitarse la desconexión de la red por lo que pueden producirse pequeñas pérdidas. Para garantizar una alta productividad de la instalación, es esencial reducir los periodos de paro del sistema causado por una avería o un mal funcionamiento. Por esta razón es necesaria una buena supervisión del sistema por parte del usuario con una buena asistencia del servicio técnico.

Las operaciones de mantenimiento del generador fotovoltaico son:

- Limpieza periódica de los módulos una vez al año.
- Vigilancia del inversor (LEDs, indicadores de estado y alarmas) en diferentes condiciones de irradiación solar, ya que este equipo es uno de los equipos menos fiables del sistema.
- Control de las conexiones eléctricas y del cableado de los módulos.
- Inspección visual de los módulos para comprobar roturas de vidrio, penetración de humedad en el interior del módulo, fallos de conexionado en el caso de que se produzcan averías.
- Otras de las cuestiones de fondo será la comprobación de los elementos de protección eléctrica para la seguridad personal y el funcionamiento de la instalación. En general, se revisarán todos los equipos, cableado, conexiones y estructuras soporte.
- El objetivo del mantenimiento es prolongar la vida útil del sistema, asegurando además el funcionamiento y productividad de la instalación, en el caso de Instalaciones conectadas a la red mejora la retribución económica de la producción.

## **15. Impacto Medioambiental**

Las instalaciones de conexión a red tienen un impacto medioambiental que podemos considerar prácticamente nulo. Si analizamos diferentes factores, como son el ruido, emisiones gaseosas a la atmósfera, destrucción de flora y fauna, residuos tóxicos y peligrosos vertidos al sistema de saneamiento, veremos que su impacto, solo se limitará a la fabricación pero no al funcionamiento.

### **Ruidos:**

Módulos fotovoltaicos: La generación de energía de los módulos fotovoltaicos, es un proceso totalmente silencioso.

Inversor: trabaja a alta frecuencia no audible por el oído humano.

### **Emisiones gaseosas a la atmósfera:**

La forma de generar de un sistema fotovoltaico, no requiere ninguna combustión para proporcionar energía, solo de una fuente limpia como es el sol.

### **Destrucción de flora y fauna**

Ninguno de los equipos de la instalación tiene efecto de destrucción sobre la flora o fauna.

### **Residuos tóxicos y peligrosos vertidos al sistema de saneamiento.**

Para funcionar los equipos de la instalación no necesitan verter nada al sistema de saneamiento, la refrigeración se realiza por convección natural.

En todo proceso de fabricación de módulos fotovoltaicos, componentes electrónicos para los inversores, estructuras, cables, etc. Es donde las emisiones gaseosas a la atmósfera y vertidos al sistema de saneamiento, pueden tener mayor impacto sobre el medio.

Los residuos tóxicos y peligrosos están regulados por el Real Decreto 833/1988 de 20 de Julio.

En este documento se encuentra reglamentadas las actuaciones en materia de eliminación de este tipo de residuos, que se resume en un correcto etiquetado y en su almacenamiento hasta la retirada por empresas gestoras de residuos, ya que no se pueden verter al sistema de saneamiento.

Esto se traduce en costes asociados a los procesos de fabricación de manera que el diseño de procesos hay que tener en cuenta los posibles residuos. Los principales residuos de esta clase son: disoluciones de metales, aceites, disolventes orgánicos restos de los dopantes y los envases de las materias primas que han contenido estos productos.

Los ácidos y los álcalis empleados en los procesos de limpieza pertenecen a la clase de residuos que se eliminan a través del sistema integral de saneamiento. Estos están regulados por la ley

10/1993 de 26 de Octubre. Esta ley limita las concentraciones máximas de contaminantes que es posible verter, así como la temperatura y el pH. Las desviaciones con respecto a los valores marcados por la ley se reflejan en el incremento de la tasa de depuración.

En cuanto a la energía consumida en el proceso de fabricación tenemos el dato que en un tiempo entre 4 y 7 años los módulos fotovoltaicos devuelven la energía consumida en la fabricación, muy inferior a la vida prevista para estos que es superior a los 20 años.

Los sistemas fotovoltaicos solo generan emisiones en fase de fabricación directa y sobre todo, indirectamente, por la energía invertida.

Una vez amortizada la inversión energética, la energía producida durante el resto de su vida útil (la energía neta) está libre de emisiones.

Por tanto, se evitan las emisiones que se producirían si se generara esta energía con energía convencional.

## **16. Estructura Soporte**

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado y en todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por la NBE y demás normas aplicables.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.

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 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, cumpliendo la norma MV -106. En el caso de ser la estructura 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.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos sobre la cubierta sin superar el límite de sombras indicado en el punto 4.1.2 del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

La estructura soporte será calculada según la norma NBE-EA-95 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, cumplirá la norma NBE-EA-95, para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 Y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

---

### **17. Conductores Eléctricos**

Los conductores serán de cobre electrolítico con doble aislamiento de XLPE para una tensión nominal de 1.000 V en general, según los circuitos indicados en el capítulo de cálculos, debiendo estar homologados según norma UNE 21123.

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

No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

La conexión entre conductores, se realizará, mediante accesorios adecuados a su clase. En ningún caso se permitirá la unión de conductores por medio de un simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberán utilizarse siempre utilizando bornes de conexión montadas individualmente o en forma de regletas.

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

Los conductores tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo; los conductores de la parte de CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5% y los de la parte de CA para que la caída de tensión sea inferior del 2% teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a las cajas de conexiones.

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

### **18. 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.

- Autoconmutados.
- 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-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.

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% superior 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.

## **19. 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.

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

---

### **20. 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.

### **21. Protecciones**

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 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.

### **22. Fusibles**

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma IEC 60269-6: 2012: Fusibles de baja tensión.

Esta norma es aplicable a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna en los que la tensión asignada no sobrepase los 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles son: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 A.

Éstos deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido diseñados.

### **23. Puesta a Tierra de las Instalaciones Fovoltaicas**

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.

### **24. 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.

### **25. 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.

## **26. 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.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la 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.

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

---

- 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 apreciase 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.

### **27. Requerimientos Técnicos del Contrato de Mantenimiento**

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.

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)

## **28. Garantías Planta Fotovoltaica**

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

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

---

- 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 al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará 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.

## **29. Certificación y Documentación**

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un instalador autorizado.









## 5. PRESUPUESTO



## **ÍNDICE PRESUPUESTO**

4.1 PROYECTO ILUMINACIÓN.....	196
4.2 PLANTA FOTOVOLTAICA.....	197

**PRESUPUESTO**

**4.1 PROYECTO ILUMINACIÓN**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario €	Importe €
	<b>Materiales</b>			
Ud	Luminaria de superficie, TOSHIBA LEDEUJ00005I50 LED Highbay, con cuerpo de luminaria de chapa de acero lacado en color gris, cantoneras de ABS y lamas transversales estriadas; reflector de aluminio brillante; balasto magnético; protección IP 20 y aislamiento clase F.	304	250	76.000
Ud	TOSHIBA LEDEUR00008N30 E-Core LED Panel	16	112	1.792
Ud	Material Auxiliar para instalación de aparatos de iluminación	320	0,9	288
			<b>Subtotal Materiales</b>	<b>78.080</b>

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario €	Importe €
	<b>Mano de obra</b>			
Ud	Oficial 1º electricista	160	17,82	2851,2
Ud	Ayudante electricista/mantenimiento	160	16,1	2576
			<b>Subtotal Mano de obra</b>	<b>5.427,2</b>

## 4.2 PLANTA FOTOVOLTAICA

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario €	Importe €
<b>Equipo Solar</b>				
Ud	Suministro e instalación de módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, modelo SOLON , potencia máxima (Wp) 225 Wp, tensión nominal (Umpp) 28,9, corriente nominal 7,80 A, intensidad de cortocircuito (Isc) 8,40 A, tensión en circuito abierto (Voc) 36,6 V, eficiencia 13,72%, 60 uds. policristalinas, perfil de aluminio anodizado, laminado de células de EVA (acetato de vinilo etileno), vidrio frontal blanco de seguridad de 4mm, temperatura de trabajo -40°C a +85°C, dimensiones 1640x1000x42 mm, , diámetro máximo de grano de hasta 28mm y velocidad de impacto de hasta 86 km/h, capacidad de carga superficial máxima comprobada hasta 5400 Pa, peso 23,5 kg, cristal transparente, con caja de conexiones, montaje sobre estructura metálica. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Colocación y fijación del módulo. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo todos los huecos. Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo todos los huecos.	240	315,98	75.835,20
Ud	Suministro e instalación de inversor trifásico para conexión a red, modelo Solar Max 100C , potencia máxima de entrada 130 kWp, voltaje de entrada máximo 900 Vcc, potencia nominal de salida 100kW, eficiencia máxima 96%, rango de voltaje de entrada de 430 - 800 Vcc, dimensiones 1200x800x1300 mm, con inversor compacto sinusoidal PWM, puertos RS-232 y RS-485, factor de potencia cos phi >0.95, corriente de entrada máxima 225A, rango de temperatura para su correcto funcionamiento -20°C a +40°C. Se incluyen accesorios necesarios para su correcta instalación. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente	1	18.344,32	18.344,32
Ud	Suministro e instalación de caja de conexión para series fotovoltaicas sin monitorización hasta 12 entradas, bases portafusibles, fusibles para continua de 16 A. Salida con seccionador hasta 1000Vdc	1	305	305
Ud	Ayuda de albañilería para ejecutar la instalación	1	1854,34	1854,34
			<b>Subtotal Equipo Solar</b>	<b>96.338,86</b>

**Proyecto de iluminación interior de alta eficiencia e instalación fotovoltaica conectada a red sobre cubierta de nave industria**

**PRESUPUESTO**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario €	Importe €
<b>Cables y Canalizaciones</b>				
m	Suministro e instalación de circuito monofásico con cable 1,5 mm <sup>2</sup> tipo Z-F (AS) 1,8kV DC – 0,6/1 kV AC ExzhellentSolar 2x1,5 mm <sup>2</sup> , e irán instalados al aire sujetos a la estructura de los módulos con bridas unex. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Tendido de cables. Conexionado. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	40	2,4	96
m	Suministro e instalación de circuito monofásico con cable 4 mm <sup>2</sup> tipo Z-F (AS) 1,8kV DC – 0,6/1 kV AC ExzhellentSolar 2x4mm <sup>2</sup> . Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Tendido de cables. Conexionado. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	154	3,10	477,40
m	Suministro e instalación de circuito monofásico con cable 25 mm <sup>2</sup> tipo XZ1FA3Z-K (AS) 1,8kV DC – 0,6/1 kV AC ExzhellentSolar 2x25mm <sup>2</sup> . Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Tendido de cables. Conexionado. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	36	16	576
m	Suministro e instalación de circuito trifásico con cable 16 mm <sup>2</sup> tipo XZ1FA3Z-K (AS) 1,8kV DC – 0,6/1 kV AC ExzhellentSolar 2x16mm <sup>2</sup> . Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Tendido de cables. Conexionado. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	30	12	360
m	Suministro e instalación de conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 16 mm <sup>2</sup> de sección. Incluso p/p de uniones realizadas con soldadura aluminotérmica, grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Replanteo del recorrido. Tendido del conductor de tierra. Conexionado del conductor de tierra mediante bornes de unión. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	112	2,63	294,56
m	Suministro e instalación de bandeja metálica perforada de acero galvanizado con tapa y dimensiones de 30X150mm. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	100	14,32	1432
Ud	Suministro e instalación de caja de conexión para series fotovoltaicas sin monitorización hasta 12 entradas, bases portafusibles, fusibles para continua de 16 A. Salida con seccionador hasta 1000Vdc.	1	423	423
Ud	Suministro e instalación contador trifásico.	1	156,73	156,73
			<b>Subtotal Cables</b>	<b>3.815,69</b>

**Proyecto de iluminación interior de alta eficiencia e instalación  
fotovoltaica conectada a red sobre cubierta de nave industrial**

**PRESUPUESTO**

<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Precio unitario €</b>	<b>Importe €</b>
	<b>Protecciones</b>			
Ud	Suministro e instalación de cuadro de protección compuesto por interruptor magnetotérmico 125 A tripolar, interruptor corte en carga 100 A, Interruptor diferencial 100 A tripolar 30 mA y armario de 400x500mm IP 65.	1	2134,67	2.135
Ud	Suministro e instalación de Interruptor diferencial tripolar modelo DX3 LEGRAND 100 A y 30mA.	1	36,89	36,89
Ud	Suministro e instalación de Interruptor magnetotérmico tripolar de 80 A serie HTi.	1	43,21	43,21
Ud	Suministro e instalación de Interruptor magnetotérmico unipolar de 120 A.	2	76,94	153,88
Ud	Embarrado	1	83,43	83,43
			<b>Subtotal Protecciones</b>	<b>2.452,08</b>

**PRESUPUESTO**

---

***Presupuesto de ejecución de material PEM***

***Importe €***

---

<b><i>1</i></b>	<b><i>ILUMINACION</i></b>	<b><i>83.507,2</i></b>
	1.1 MATERIALES	78.080
	1.2 MANO DE OBRA	5427,2
<b><i>2</i></b>	<b><i>PLANTA FOTOVOLTAICA</i></b>	<b><i>102.606,63</i></b>
	2.1 EQUIPO SOLAR	96.338,86
	2.2 CABLES Y CANALIZACIONES	3.815,69
	2.3 PROTECCIONES	2.452,08

***Total: 186.113,83***

---

***El Presupuesto de Ejecución Material asciende a la cantidad de CIENTO OCHENTA Y SEIS MIL CIENTO TRECE EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS.***



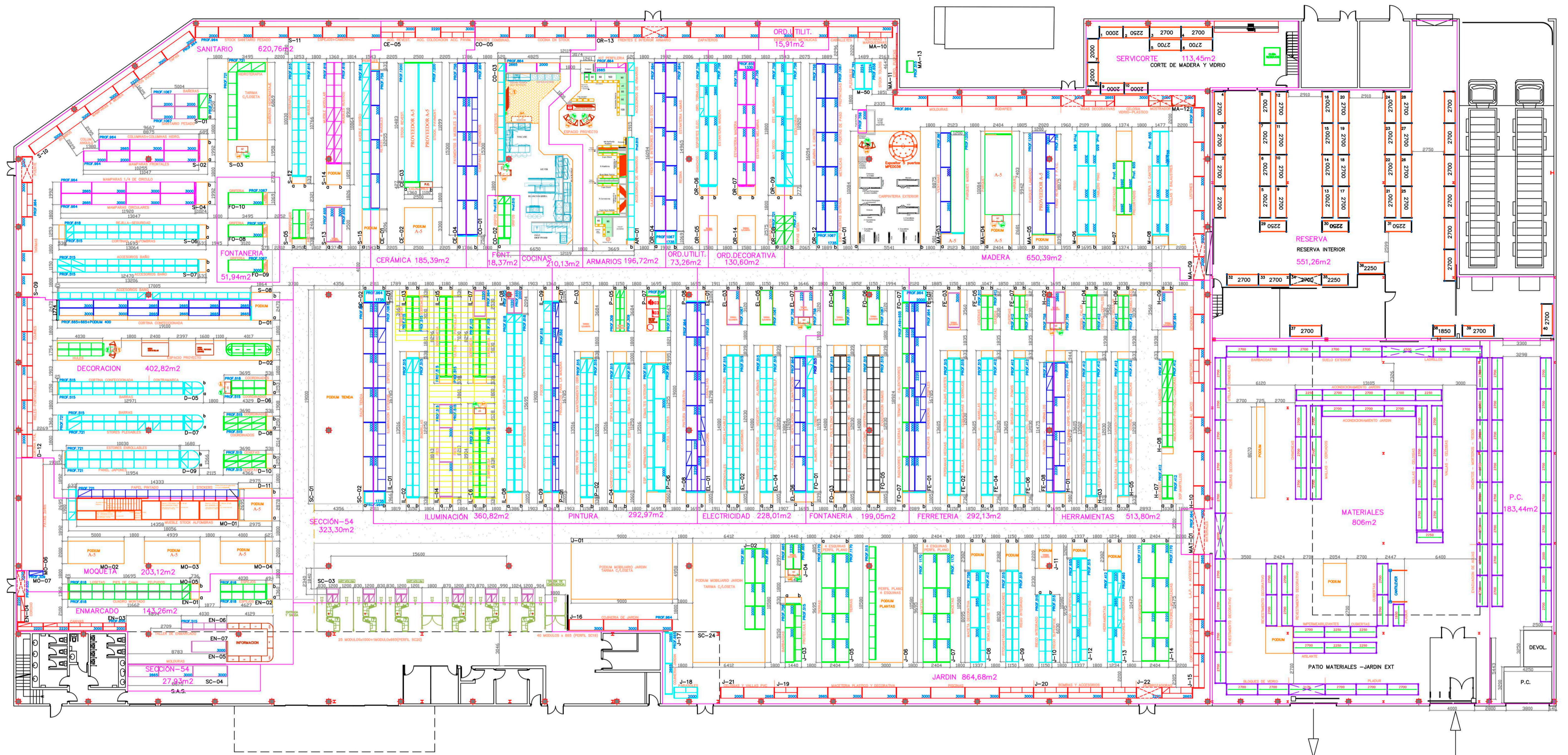
<i>Presupuesto de ejecución por contrata PEC</i>		<i>Importe €</i>
<b>1</b>	<b>ILUMINACION</b>	<b>83.507,2</b>
1.1	MATERIALES	78.080
1.2	MANO DE OBRA	5427,2
<b>2</b>	<b>PLANTA FOTOVOLTAICA</b>	<b>102.606,63</b>
2.1	EQUIPO SOLAR	96.338,86
2.2	CABLES Y CANALIZACIONES	3.815,69
2.3	PROTECCIONES	2.452,08
<b>3</b>	<b>GASTOS GENERALES 4%</b>	<b>7444,55</b>
<b>4</b>	<b>BENEFICIO INDUSTRIAL 10%</b>	<b>19.355,83</b>
		<b>PEC parcial (1+2+3+4): 212.914,22</b>
		<b>PEC TOTAL= 265.080,61 + IVA (21%)= 257.626,20</b>

**El Presupuesto de Ejecución por Contrata asciende a la cantidad de DOS CIENTOS CINCUENTA Y SIETE MIL SEISCIENTOS VEINTISEIS EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS.**



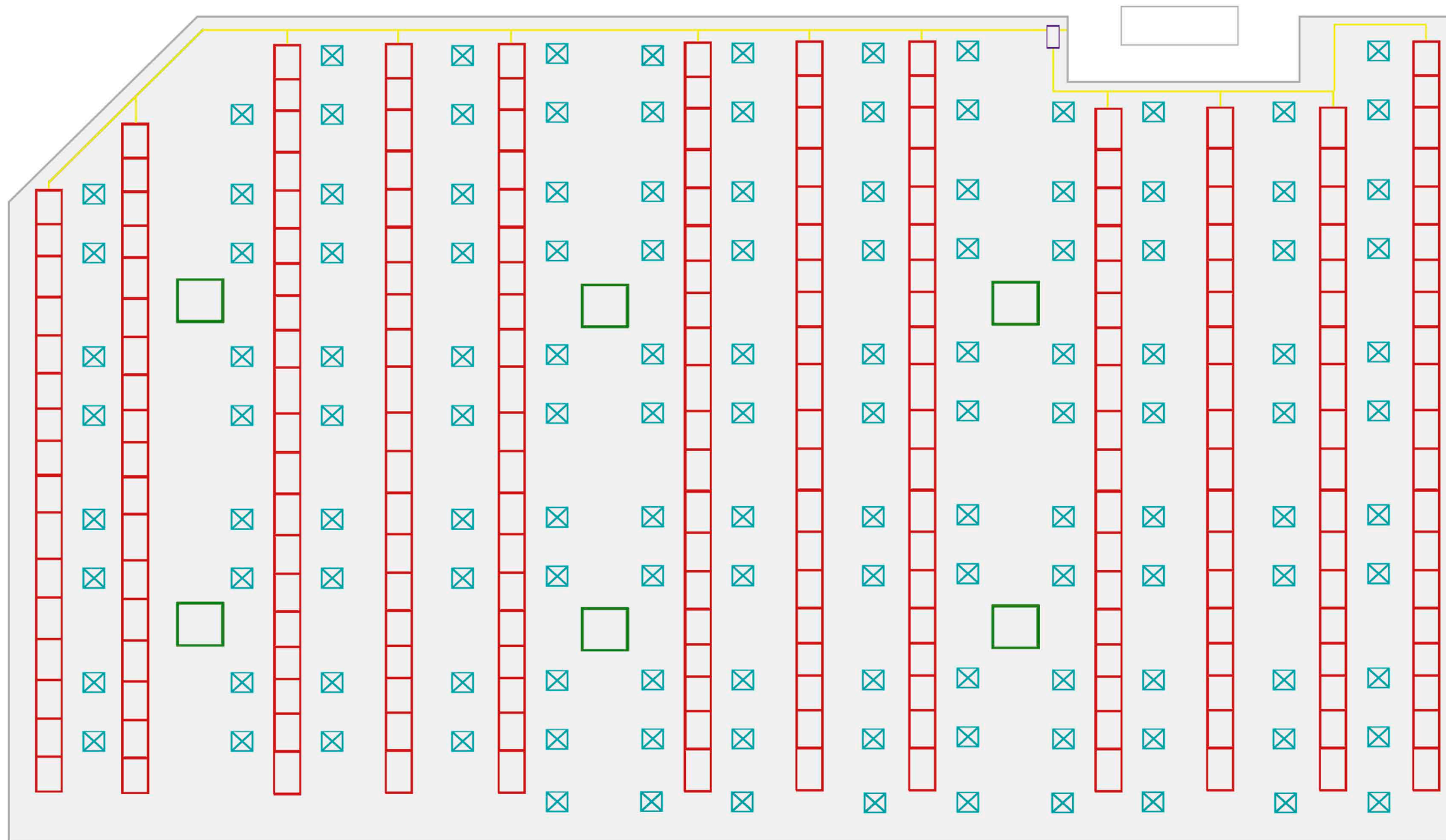






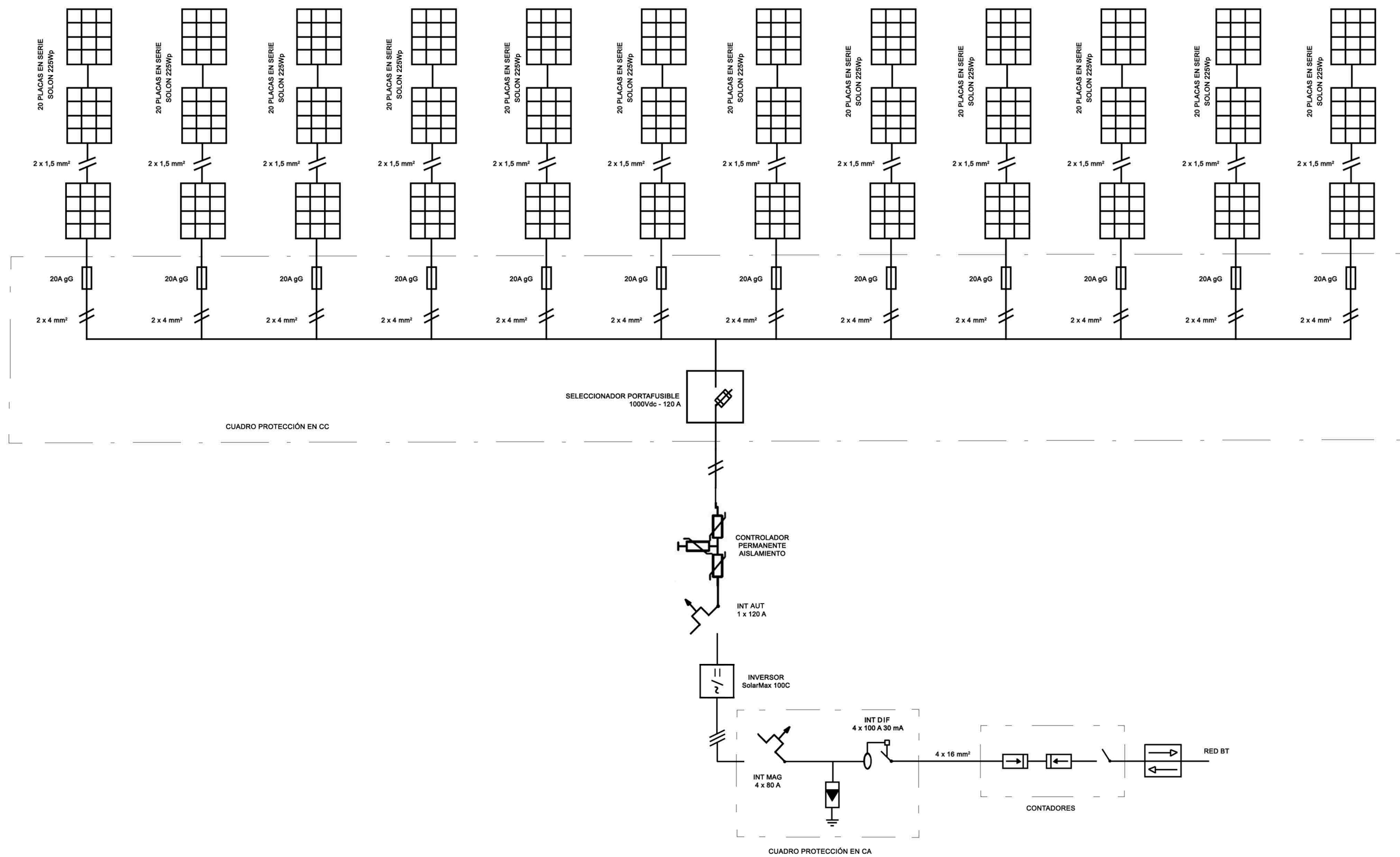
COLOR	ALTURA
■	5550
■	5000
■	4000
■	3000
■	2500
■	2450
■	2250
■	1500

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	Panelados Madera
—	Cross Selling
—	Panelados Rejilla - Madera
—	Cierre de Mundos
—	Podium
—	Tarima
—	Tabiques Ambientes H: 2500
—	Tabiques Ambientes H: 1500
—	Tabiques Ambientes H: 400



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Panel solar
	Cableado
	Equipo refrigeración
	Claraboya
	Caja de conexión

	UBICACIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA	ESCALA 1:400
	AUTOR: GERMÁN CIFUENTES SOLDEVILA	SEPTIEMBRE 2016
	TUTOR: HÉCTOR BELTRAN SAN SEGUNDO	PLANO 2



	ESQUEMA UNIFILAR FOTOVOLTAICA	ESCALA S/E
	AUTOR: GERMÁN CIFUENTES SOLDEVILA	SEPTIEMBRE 2016
	TUTOR: HÉCTOR BELTRAN SAN SEGUNDO	PLANO 3