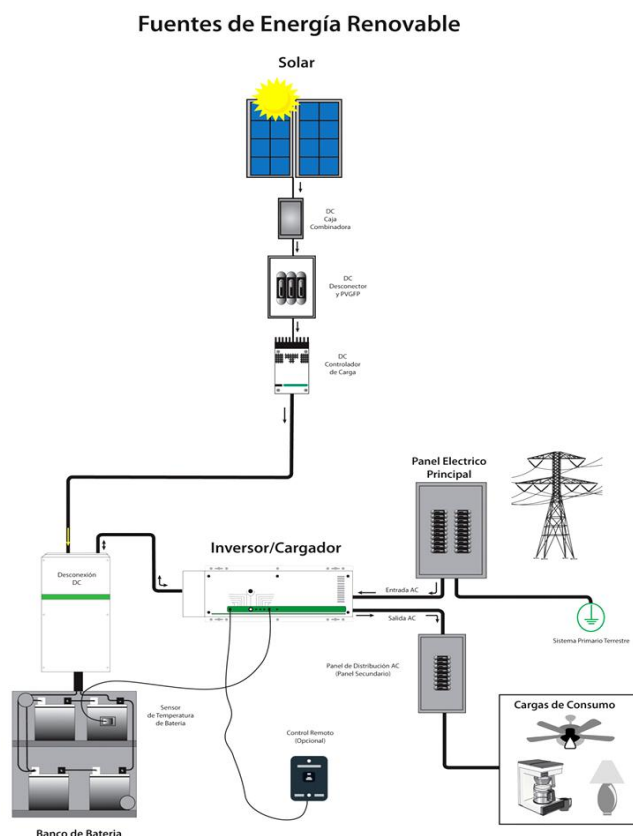


# CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA

El edificio 1B, consta de una cubierta plana de 16613 m<sup>2</sup>, libre de huecos (claraboyas), donde podremos colocar los paneles fotovoltaicos.

La cantidad de energía diaria entregada por los paneles fotovoltaicos variará dependiendo de la orientación, de la localización, del clima y de la época del año. En promedio, en verano, un panel producirá cerca de cinco veces la energía especificada en vatio por horas y por día, y en invierno cerca de dos veces esa cantidad.

Utilizaremos un sistema fotovoltaico conectado a red con respaldo. Como cualquier otra instalación eléctrica, estas instalaciones se habilitan con los medios apropiados para realizar, adecuadamente y en forma segura, la



conexión y la desconexión eléctrica del sistema fotovoltaico de la red; y para proporcionar la adecuada protección al equipo y a las personas contra condiciones de operación no deseadas. Las células que componen los captadores, tienen potencias nominales próximas a 1Wp, lo que quiere decir que con una radiación de 1000W/m<sup>2</sup> proporcionan valores de tensión de unos 0,5 V y una corriente de unos dos amperios.

Figura 2.5 Sistema fotovoltaico conectado a red con banco de baterías.

**Cumplimiento del CTE.**

Documento Básico HE Ahorro de Energía

Sección HE 5

Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

**1 GENERALIDADES****1.1 Ámbito de aplicación**

**Tabla 1.1 Ámbito de aplicación**

Tipo de uso	Límite de aplicación
Hipermercado	5.000 m <sup>2</sup> construidos
Multitienda y centros de ocio	3.000 m <sup>2</sup> construidos
Nave de almacenamiento	10.000 m <sup>2</sup> construidos
Administrativos	4.000 m <sup>2</sup> construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m <sup>2</sup> construidos

Los límites mínimos de aplicación, son superiores:

$$15.636,70 \text{ m}^2 \geq 4.000 \text{ m}^2 \text{ construidos}$$

**2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS**

2.1 Potencia eléctrica que se recogen tienen el carácter de mínimos pudiendo ser ampliadas

2.2 Determinación de la potencia pico a instalar:

$$P = C (A \times S + B)$$

Siendo

- **C** es el coeficiente definido para cada zona climática
- **A** y **B** son los coeficientes definidos para cada tipo de uso.
- **S** es la superficie construida en m<sup>2</sup>.

El límite de potencia mínima será de 6.25 kWp, prevaleciendo este valor sobre el resultado de esta expresión.

Cálculo de potencia mínima

1. **C**, coeficiente según zona climática.

En la tabla 3.1 y figura 3.1 se marcan los límites de zonas homogéneas a afectos de la exigencia.

Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando intervalos que se relacionan cada una de las zonas.

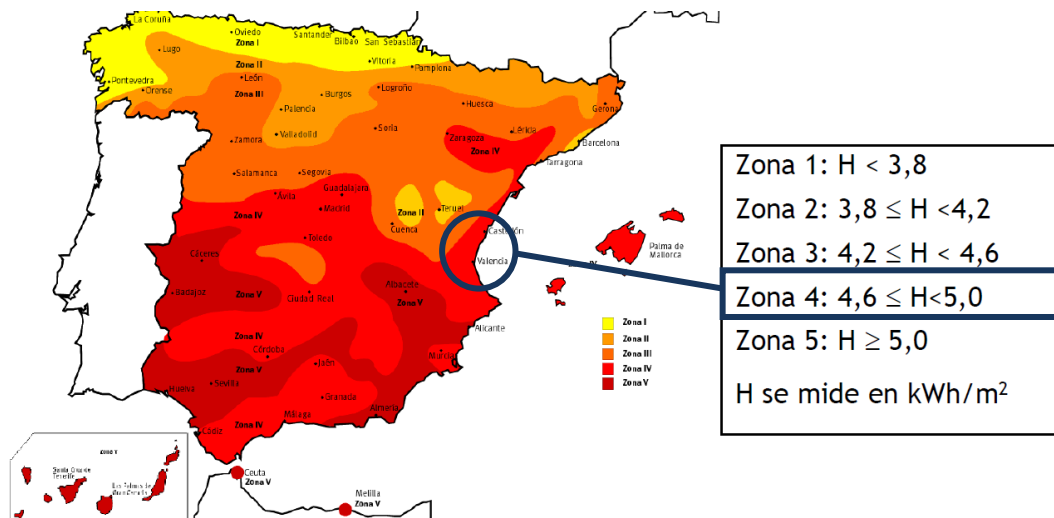


Figura 3.1 INM. Generado a partir de isólinas de radiación solar global anual, sobre superficie horizontal

Tabla 3.1 Radiación solar Global

Zona climática	$\text{MJ/m}^2$	$\text{kWh/m}^2$
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Valencia pertenece a la zona IV, entramos en la tabla 2.2 y obtenemos el valor de C.

Tabla 2.2 Coeficiente climático

Zona climática	C
I	1
II	1,1
III	1,2
IV	1,3
V	1,4

2. **A y B**, coeficientes de uso.

Para los Coeficientes A y B entramos en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Coeficientes de uso

Tipo de uso	A	B
Hipermercado	0,001875	-3,13
Multitienda y centros de ocio	0,004688	-7,81
Nave de almacenamiento	0,001406	-7,81
Administrativo	0,001223	1,36
Hoteles y hostales	0,003516	-7,81
Hospitales y clínicas privadas	0,000740	3,29
Pabellones de recintos feriales	0,001406	-7,81

3. Aplicando la fórmula  $P = C (A \times S + B)$ , obtenemos:

$$P = 1,3 (0,001223 \times 15.636,7 + 1,36) = 26,62 \text{ kWp}$$

Como  $P_{\text{TOTAL}}$ , **26.62 kWp** > **6.25 kWp**, resulta de aplicación.

#### Pérdidas por orientación e inclinación

Las pérdidas se calculan en función de:

- Ángulo de inclinación ( $\beta$ ),
- Ángulo acimut ( $\alpha$ ), de nuestro edificio corresponde a  $18^\circ$

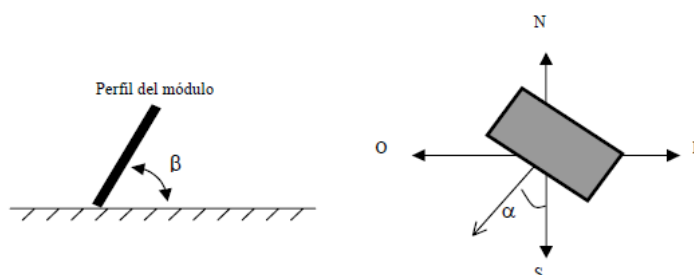


Figura 3.2 Orientación e inclinación de los módulos

La disposición de los módulos se hará de forma que las pérdidas debidas a la orientación e inclinación del sistema y las sombras sobre el mismo sean inferiores a las de la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

Superposición arquitectónica, cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos.

Las coordenadas del edificio 1B son  $39^{\circ}28'54''\text{N } 0^{\circ}20'37''\text{O}$ , por lo que diremos que la latitud de nuestro edificio de proyecto es de  $39^{\circ}$ . Conociendo el acimut, determinamos en la figura 3.3 los límites de inclinación en el caso  $(\Phi)=41^{\circ}$ . Para el caso de superposición, las pérdidas máximas son del 20%. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.

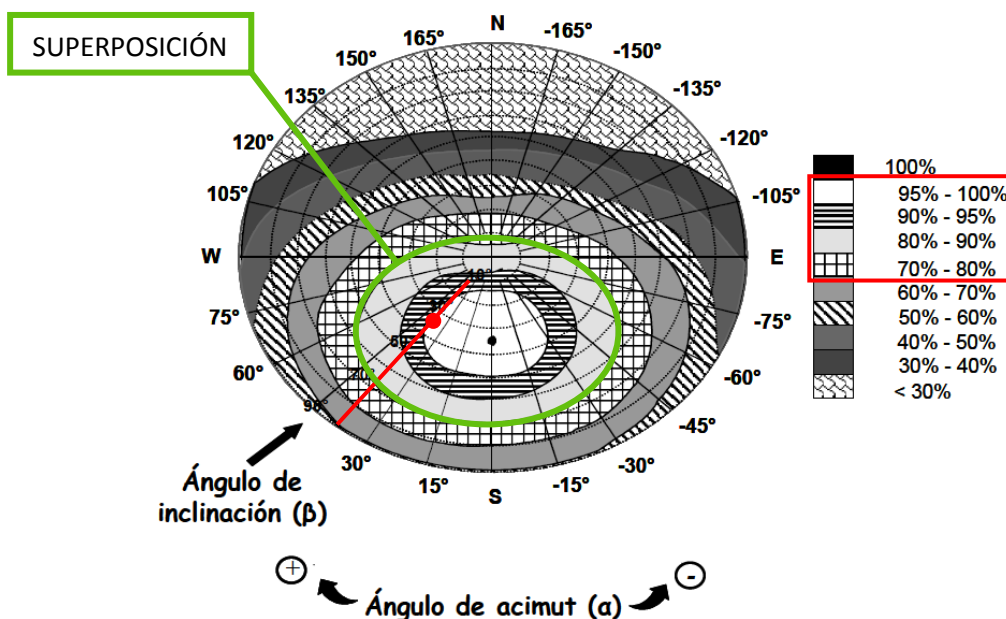


Figura 3.3.  
Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.

Con un ángulo de acimut de  $39^{\circ}$ , la inclinación óptima de los captadores ( $\beta$ ) es de  $35^{\circ}$ .

#### Pérdidas por inclinación.

$$\begin{aligned} \text{Para } 15^{\circ} < \beta < 90^{\circ}, \text{ pérdidas en } \% &= 100 [(1.2 \cdot 10^{-4} (\beta - \Phi + 10)^2 + 3.5 \cdot 10^{-5} \alpha^2)] \\ &= 100 [(1.2 \cdot 10^{-4} (35 - 41 + 10)^2 + 3.5 \cdot 10^{-5} (-15)^2)] = \mathbf{0.9795 \%} \end{aligned}$$

Tabla 2.2 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Las pérdidas obtenidas por orientación e inclinación son del  $0.9795\% < 20\%$ , lo que cumple los máximos exigidos en pérdidas, ya que en nuestro caso no tenemos pérdidas por sombra.

#### 4. MANTENIMIENTO

1 Para englobar las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

- a) plan de vigilancia;
- b) plan de mantenimiento preventivo.

##### 4.1 Plan de vigilancia

1 El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación son correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales (energía, tensión etc.) para verificar el correcto funcionamiento de la instalación, incluyendo la limpieza de los módulos en el caso de que sea necesario.

##### 4.2 Plan de mantenimiento preventivo

1 Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

2 El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar fotovoltaica y las instalaciones eléctricas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.

3 El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

4 El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una revisión semestral en la que se realizarán las siguientes actividades:

- a) comprobación de las protecciones eléctricas;
- b) comprobación del estado de los módulos: comprobar la situación respecto al proyecto original y verificar el estado de las conexiones;
- c) comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc;
- d) 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.

### Aplicación al proyecto.

Entre los diferentes paneles fotovoltaicos que existen en el Mercado, se ha elegido el Panel fotovoltaico monocristalino, de 72 celdas, Serie BS-180, Brisbane. La conversión eficiente de estas células solares, está por encima del 14%.

### Características técnicas.

#### Características principales

72 Células Monocristalinas de 165 mm de Alta Eficiencia.

Eficiencia del módulo, superior a 15.7%

Cristal con un alto nivel de transmisividad.

Encapsulamiento con etil-viniloacetato modificado (EVA). La lámina posterior consta de varias capas, cada una con una función específica, adhesión, aislamiento eléctrico y aislamiento frente a las inclemencias meteorológicas.

Inspección EL para prevenir micro roturas en el módulo.

Diodos de bypass para minimizar la pérdida de potencia en caso de sombreado.

#### Datos físicos

<b>Célula</b>	Células de silicio monocristalino de 165 mm de alta eficiencia.
<b>Número y Conexión</b>	72 células en serie
<b>Dimensiones</b>	1.580 x 808 x 35 mm (1,27 m <sup>2</sup> )
<b>Peso</b>	17 Kg
<b>Tipo de Conectores</b>	Multicontact 0.9 m y 4mm <sup>2</sup>

#### Otros valores destacables

<b>Temperatura de Funcionamiento (célula)</b>	-40 hasta 90 °C
<b>Tensión Máxima Admisible</b>	1000 V CC
<b>Espesor Cristal</b>	4mm
<b>Tolerancia Potencia</b>	+/- 3%
<b>Coeficiente de Temperatura Potencia</b>	-0.40%/°C

#### Otros valores destacables

Tensión Máxima del sistema de 1000 Volt.

72 células monocristalinas conectadas en serie.

Preparado para presión de viento de hasta 130km/h.

Certificado TÜV y CE para su seguridad.



Otros valores destacables						
Modelo		BS-180S5	BS-185S5	BS-190S5	BS-195S5	BS-200S5
Potencia		180 Wp	185 Wp	190 Wp	195 Wp	200 Wp
Corriente punto de máxima potencia	$I_m$	4.90 A	5.08 A	5.20 A	5.30 A	5.35 A
Tensión punto de máxima potencia	$V_m$	36.55 V	36.45 V	36.60 V	36.87 V	37.25 V
Corriente de cortocircuito	$I_{sc}$	5.30 A	5.48 A	5.60 A	5.65 A	5.75 A
Tensión en circuito abierto	$V_{oc}$	44.50 V	44.88V	44.85 V	44.90 V	45.20 V
Coefficiente de rendimiento	$\eta_m$	14.0 %	14.5 %	15 %	15.3%	15.7 %
Serie Max. Fusible	$I_F$	9 A	9 A	9 A	9 A	9 A
Potencia Superficie	$P_s$	140 w/m <sup>2</sup>	145 w/m <sup>2</sup>	150 w/m <sup>2</sup>	153 w/m <sup>2</sup>	157 w/m <sup>2</sup>
NOCT				45 °C		
Coeficiente de temperatura de Voc				-0.40 %/°C		
Coeficiente de temperatura de Isc				+0.06 %/°C		

Los valores eléctricos se refieren a condiciones de prueba estándar (STC): Irradiación de 1.000 W/m2 con espectro de luz AM 1.5 a una temperatura de célula de 25 °C. Las características eléctricas están sujetas a una tolerancia de fabricación de ± 10% y +-3% de potencia nominal. Antes de montar los módulos fotovoltaicos, lea por favor con atención nuestras especificaciones eléctricas detalladas anteriormente.

Tablas 2.7 y 2.8 Características técnicas del panel fotovoltaico Serie BS-180, Brisbane.

Nuestro cálculo aproximado de paneles es de 1641. Cada panel tiene unas dimensiones de 1400mm de alto y 625mm de ancho.

1641 paneles \* 1,4 m \* 0.625 m = **1435.87 m<sup>2</sup> de superficie de paneles.**

Por lo que se ocupará una superficie correspondiente a 1435.87 m<sup>2</sup>, distribuidos como indica la siguiente imagen:

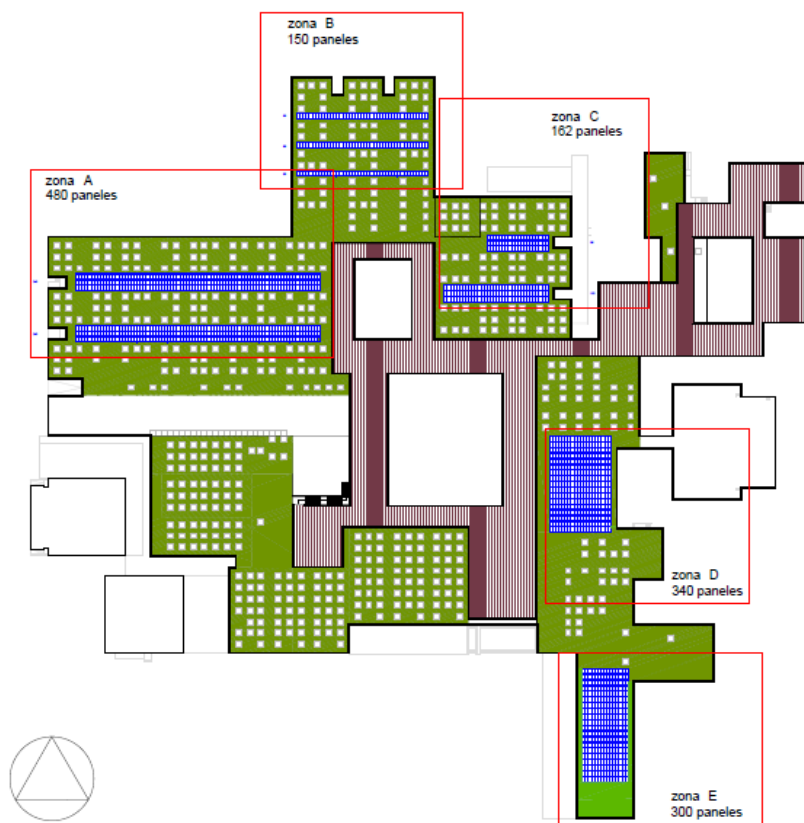


Tabla 3.1 Radiación solar Global

Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Según lo indicado en la tabla 3.1, la radiación solar global en la zona IV está comprendida entre 4,6\_5,0 kWh/m<sup>2</sup>. Si la superficie total, captadora de radiación comprende 1435.87m<sup>2</sup>, significa que se podrá llegar a proporcionar. La curva característica de corriente tensión: es la presentación típica de un dispositivo fotovoltaico (celda, panel, sistema...), la corriente y la tensión a la cual opera un dispositivo fotovoltaico, están determinados por la radiación solar incidente, por la temperatura ambiente y por las características de las cargas conectadas al mismo.

<b>Corriente de cortocircuito (Isc)</b>	es la máxima corriente que puede entregar un dispositivo, bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura, correspondiendo a tensión nula y por lo tanto a potencia nula.
<b>Tensión a circuito abierto (Voc)</b>	máxima tensión que puede entregar un dispositivo, bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura, y en condiciones de corriente nula y por lo tanto potencia nula.
<b>Potencia pico (Power):</b>	es el máximo valor de potencia que puede entregar un dispositivo. Corresponde al punto en el que el producto VxI (Potencia) es máximo.
<b>Corriente a máxima potencia (Imax)</b>	corriente que entrega el dispositivo a potencia máxima, bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura. Es utilizada como la corriente nominal del dispositivo.
<b>Tensión a potencia máxima (Vmax)</b>	tensión que entrega el dispositivo
<b>Tensión a potencia máxima (Vmax)</b>	cuando la potencia alcanza su valor máximo, bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura. Es utilizada como tensión nominal del dispositivo.
<b>Tensión máxima del sistema:</b>	es la máxima tensión a la que pueden estar sometidos las células fotovoltaicas que componen el sistema

Tabla 2.2 Definiciones de los valores principales de la curva de corriente tensión de un panel fotovoltaico

- Intensidad de la radiación, es una variación de la corriente de la salida sea cual sea la tensión. Mientras que la corriente varía proporcionalmente con la radiación, la tensión se mantiene constante.

- Efecto de la temperatura: el aumento de la temperatura del sistema supone una reducción de la tensión en forma directamente proporcional, produciéndose también un pequeño incremento de la intensidad para valores bajos de tensión. Conclusión: para lugares de altas temperaturas el rendimiento del sistema será menor, (cuanto mayor número de receptores se puedan alimentar con menor intensidad mejor, esto se consigue aumentando la tensión, a mayor tensión, mayor rendimiento).

- Eff.: Eficiencia del módulo. No confundir con eficiencia de célula que siempre es superior a la del módulo.

	Power [W]	I <sub>max</sub> [Amp.]	V <sub>max</sub> [Volt.]	I <sub>sc</sub> [Amp.]	V <sub>oc</sub> [Volt.]	Eff. (%)
BS-180S	180	4.90	36.55	5.30	44.50	14.00

Tabla x.x Características por modelos

El consumo anual de electricidad corresponde a 15.200 kWh (ver gráfica de pág 125, proporcionada por Desing Builder)

Como contamos con la disposición de 1.641 paneles que proporcionan una potencia de 180 kWh y en total producen un suministro de 295.380 kWh, tendremos suficiente energía para suministrar al edificio 1B e incluso existirá sobrante de electricidad que se podrá utilizar para abastecer a otros edificios o vendérselo a la compañía eléctrica.

En el caso de vendérselo a la compañía eléctrica, obtendremos un beneficio mayor, lo que ayudará a recuperar la inversión del sistema de paneles fotovoltaicos.

Como podremos observar en el presupuesto, el coste de la instalación fotovoltaica es de 9.084.433,6 € y en la gráfica de consumo anual de Desing Builder, que las ganancias anuales si vendemos la electricidad a la compañía eléctrica son de 669.379,12 €/año. De ello deducimos una recuperación de la inversión, aproximada, de 14 años.

## RENTABILIDAD DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

El coste de generación de la energía solar fotovoltaica se encuentra en continua evolución debido al rápido desarrollo tecnológico de este tipo de energías renovables. Los elementos de coste más determinantes son: los módulos o paneles fotovoltaicos, las estructuras de soporte, los inversores o convertidores de corriente, los transformadores, las líneas de evacuación, el cableado, los equipos eléctricos, la obra civil, el acondicionamiento y la instalación, además de los costes administrativos y financieros.

Para la estimación de los costes totales de la generación de energía fotovoltaica no sólo hay que considerar los costes derivados del proyecto y de la instalación de la planta fotovoltaica sino también los costes operativos durante su vida útil, como los de vigilancia, mantenimiento técnico correctivo y preventivo, alquiler de suelo o de tejado de un edificio y los seguros. También hay que tener en cuenta la reducción de rendimiento de los paneles por antigüedad, las pérdidas eléctricas en el cableado eléctrico y otros factores similares.

Los precios de venta de la energía solar fotovoltaica fueron fijados por el Real Decreto 661/2007 según el cual, las compañías eléctricas están obligadas a comprar a los usuarios toda la energía de origen fotovoltaico que produzcan

a razón de es decir, al 575% de la tarifa eléctrica media o de referencia. Dicho precio está garantizado durante un plazo de 25 años, a partir de cuyo plazo el precio se reducirá un poco (a 0,352305 €/kWh) y será equivalente al 460% de la mencionada tarifa eléctrica media o de referencia.

Dichas primas son para aquellas instalaciones que tengan instalada una potencia máxima de 100 kw, siendo actualizadas con una evolución anual de IPC -0,25 % hasta el año 2012 y de un IPC - 0,50 % a partir de entonces y hasta los 25 años.

Sin tomar en consideración el efecto de impuestos, desgravaciones fiscales o subvenciones que pudieran conseguirse, ni el valor residual de la inversión (normalmente se toma como referencia un período de 25 años, pero la instalación podría llegar a tener una vida útil de 30-35 años), la rentabilidad de las instalaciones fotovoltaicas oscila puede oscilar entre un 7% y un 12% anual, principalmente en función de su ubicación geográfica, de la calidad de los paneles fotovoltaicos y de los demás materiales y de que el inversión se realice con fondos propios del inversor o con financiación bancaria.