



Universitat
de les Illes Balears

*Universitat de les Illes Balears
Cra. de Valldemossa, km 7.5 (Campus UIB). 07122
Palma, Illes Balears
Q0718001A
971 17 3000*

MODIFICACIONES AL PLAN INICIAL DE DESPLIEGUE DE FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS DE LA UIB



Fecha: 18 de abril de 2020

Autores

Sr. Benito Mas Gracia
benito.mas@uib.es
Sr. Murti Bär
murti.baer@uib.es
Dr. Vicente José Canals Guinand
v.canals@uib.es
Sr. Joan Margarit Trias
joan.margarit@uib.es
Dr. Víctor Martínez Moll
a.moran@uib.es
Sra. Marta Pons Nieto
marta.pons@uib.es

*Dpt. De Ingeniería Industrial y
Construcción de la Universitat de
les Illes Balears*

*Servicio de Patrimonio,
Contratación, Infraestructura y
Unidad Técnica de la Universitat
de les Illes Balears*

ÍNDICE

ÍNDICE.....	3
ESCENARIOS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS DE LA UIB.....	4
<i>Modificación del plan de despliegue.....</i>	<i>4</i>
<i>Contenido del Documento.....</i>	<i>4</i>
EDIFICIO INTERDEPARTAMENTAL.....	6
CAMINAL DE FORMENTERA	12
PANTALEU	20
<i>Características de los equipos</i>	<i>24</i>
CAMINO DEL ULLASTRE.....	29
SOLAR ROAD.....	37
PÉRGOLAS FOTOVOLTAICAS DE CAN LÓPEZ.....	45
HOTELERÍA ESTE	53
HOTELERÍA NORTE.....	61
PÉRGOLAS FOTOVOLTAICAS DE CAS JAI	75
COMPARATIVA DE LOS PLANES DE DESPLIEGUE DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS DE LA UIB.....	82
<i>Variación de la potencia pico.....</i>	<i>85</i>
<i>Actuaciones sobre el anillo de MT de la UIB</i>	<i>85</i>

ESCENARIOS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS DE LA UIB

El estudio "*Escenarios de Generación Fotovoltaica en el Campus de la Universidad de las Islas Baleares*" que se hizo llegar al Servicio de Patrimonio, Contratación, Infraestructura y Unidad Técnica de la UIB el día 22 de diciembre de 2022, consideraba el despliegue de 7 plantas fotovoltaicas en las zonas de ***Cas Jai, en el Pantaleu, en el Aljibe General, en el aparcamiento de la Anselm Turmeda, en el Caminal d'Eivissa, en el Caminal de Formentera, y en el Caminal de Cabrera***, y la solarización de las cubiertas de los edificios ***Gaspar Melchor de Jovellanos, Guillem Cifre de Colonya, Anselm Turmeda, Beatriu de Pinós, Antoni Maria Alcover i Sureda, y el Cubierta del Campus Esport***. Estas potenciales instalaciones permitirían generar en total **11.195,2 MWh/año**, y cubrir el **109 %** de la demanda energética anual del Campus, con un coste estimado de **13.806.703 €**.

MODIFICACIÓN DEL PLAN DE DESPLIEGUE

De acuerdo con las directrices recibidas por parte del Consell de Direcció de la UIB, se ha procedido a modificar el plan de despliegue fotovoltaico del Campus. Concretamente, se ha acordado no desplegar la potencial instalación del Caminal de Cabrera, y se han reducido las dimensiones de las pérgolas fotovoltaicas que se había propuesto desplegar en el Caminal de Formentera. La no ejecución de la instalación del Caminal de Cabrera implica una reducción en la generación de **2.192,7 MWh/año**, mientras que la reducción de la instalación del Caminal de Formentera implica una reducción de **456,243 MWh/año**. Por lo tanto, la energía que se había estimado que se obtendría se ha visto reducida en **2.648,9 MWh/año**.

Con el objetivo de compensar esta reducción en la generación, y poder cubrir la demanda energética del Campus, se ha modificado el plan inicial de despliegue fotovoltaico del Campus. Esta modificación se ha realizado en colaboración entre el Servicio de Patrimonio y el Departamento de Ingeniería de la UIB. La presente modificación comporta ***la ampliación de la planta fotovoltaica del Pantaleu***, el despliegue de instalaciones fotovoltaicas en el terreno anexa al ***Camí de l'Ullastre y a los terrenos anexos a la facultad de Hostelería***, el despliegue de pérgolas fotovoltaicas en ***Can López, en el aparcamiento de Cas Jai, y en el aparcamiento de la facultad de Hostelería***, la solarización de la ***cubierta del nuevo edificio Interdepartamental***, y la creación de un ***caminal solar sobre el nuevo camino que conectará el aparcamiento del Anselm Turmeda y la Calle Conillera***. Estas nuevas plantas fotovoltaicas/modificaciones **permitirán generar en conjunto hasta 2.943,3 MWh/año**.

CONTENIDO DEL DOCUMENTO

El presente documento contiene los pre-diseños y los estudios energéticos y económicos de las potenciales instalaciones fotovoltaicas que se podrían desplegar en las siguientes zonas:

- Cubierta del edificio Interdepartamental
- Caminal de Formentera
- Zona de el Pantaleu
- Zona anexa al Camí de l'Ullastre
- Solar Road
- Zona de Hosteleria Est
- Zona de Hosteleria Nord

- Pérgolas fotovoltaicas del aparcamiento de hostelería de l'aparcament d'Hosteleria
- Pérgolas fotovoltaicas de Cas Jai

Seguidamente, se presenta una comparativa entre los escenarios de generación globales del plan inicial de desarrollo y del plan modificado.

EDIFICIO INTERDEPARTAMENTAL

Analizando la cubierta del edificio Interdepartamental se ha podido ver que consta de una cubierta plana transitable susceptible para instalar placas fotovoltaicas. En la **Figura 1** se presentan de color rojo las zonas libres de la cubierta, y en la **Tabla 1** las principales características:

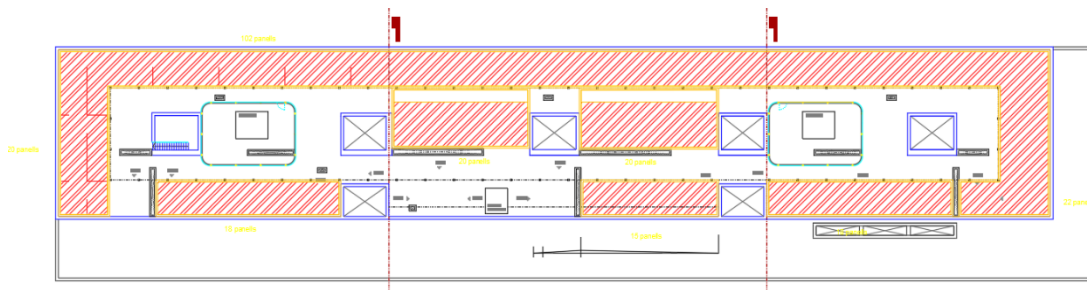


Figura 1. Zonas susceptibles para instalar placas fotovoltaicas de la cubierta del edificio Interdepartamental.

Tabla 1. Características de las cubiertas identificadas en el edificio Interdepartamental.

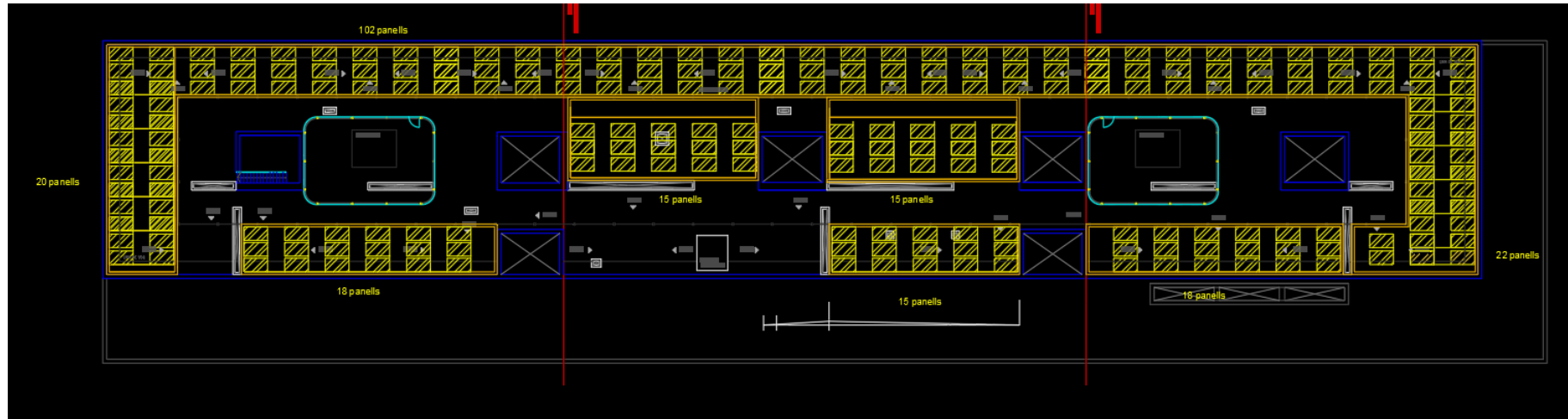
Categoría de cubierta	Superficie de la cubierta [m²]	Superficie PV útil de la cubierta [m²]	Ángulo azimut / orientación	Inclinación de la cubierta	Inclinación de los paneles fotovoltaicos
B	846,32	382,1	12° / S-E	0°	30°

DESCRIPCIÓN DEL POTENCIAL PARQUE FOTOVOLTAICO

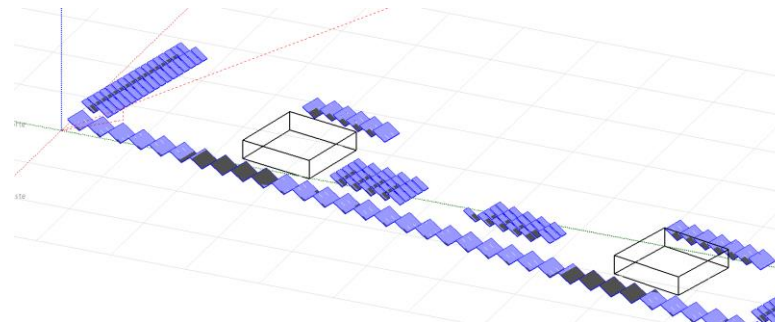
Una vez analizados los diferentes escenarios de generación fotovoltaica se plantea que en la cubierta del edificio Interdepartamental se podría ubicar un parque fotovoltaico de **102 kW_p** de paneles fotovoltaicos, elementos generadores en corriente continua (DC), y **100 kW_{ac}** de potencia de producción en corriente alterna (AC), elementos convertidores de DC/AC. Dado que la energía generada por los paneles fotovoltaicos es transferida mediante corriente continua se debe transformar en corriente alterna, con la misma calidad (tensión, frecuencia,...) que la de la red eléctrica, mediante el uso de inversores fotovoltaicos de red. Por lo tanto, se trataría de una instalación de generación trifásica (400 V) con inyección directa de energía en el anillo de media tensión, propio de la UIB, por el autoconsumo de los diferentes edificios.

Sobre la superficie útil de la cubierta se podría instalar hasta **225** paneles fotovoltaicos del modelo LR4-72HPH-455M del Fabricante chino Longi Solar de **455 Wp** con una eficiencia del **20,9 %**, que ocuparían una superficie de **382,1 m²**, equivalente a un **45,14 %** de la superficie de cubierta óptima del edificio, estimada en **846,3 m²**. Las cadenas de strings de los paneles fotovoltaicos irán conectados a **1 inversor de 100 kW_{ac}** modelo **Sunny Highpower 100-20 Peak3** del Fabricante alemán SMA.

En la Figura 2 se presenta el pre-diseño con Autocad de la distribución de paneles fotovoltaicos sobre la cubierta, y el estudio de sombras llevado a cabo con el software PVsyst:



(a)



(b)

Figura 2 : (a) Prediseño de la planta fotovoltaica de la cubierta del edificio Inter departamental. (b) Estudio de sombras de la potencial instalación fotovoltaica que se podría desplegar sobre la cubierta del edificio.

A partir de la simulación del diseño de la planta mediante el software PVsyst se ha obtenido la energía que se inyectaría mensualmente al anillo de media tensión de la UIB, una vez descontadas las pérdidas:

Tabla 2. Generación de la hipotética planta fotovoltaica de la cubierta del edificio Interdepartamental

	Irradiancia Global horizontal [kWh/m ²]	Irradiancia Difusa horizontal [kWh/m ²]	Energía efectiva a la salida de la matriz de paneles fotovoltaicos [MWh]	Producción estimada [MWh]
Enero	67,70	26,84	8,561	8,43
Febrero	85,10	37,39	9,905	9,755
Marzo	137,40	50,84	14,667	14,434
Abril	168,00	65,67	15,735	15,487
Mayo	205,80	81,80	17,676	17,398
Junio	220,60	82,30	17,895	17,619
Julio	222,80	77,89	17,985	17,709
Agosto	196,90	68,01	17,322	17,054
Setiembre	145,30	59,45	14,224	14,009
Octubre	107,20	44,86	11,629	11,454
Noviembre	68,80	33,24	8,159	8,04
Diciembre	59,30	26,61	7,588	7,476
Total anual:	1.684,90	654,89	161,346	158,866
Inversión neta (Total del presupuesto general) [€]:				122.719,26 €
Reducción de emisiones CO₂ [tCO₂/año]:				45,59
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				1,55 %

Concretamente, la instalación fotovoltaica prediseñada proporcionaría una generación media de **158,9 MWh/año**, que permitiría cubrir un **1,55 %** de la demanda eléctrica anual del campus de la UIB. Adicionalmente, cabe mencionar que esta instalación llevaría asociada una reducción de **45,59 toneladas de emisiones de CO₂/año**, requiriendo una inversión neta de **122.719,26 €**. Esta inversión se corresponde a un coste específico de **1,20 €/Wp**, (impuestos incluidos), y todas las instalaciones (Baja tensión, Media tensión,...), la adecuación del anillo de media tensión del campus y el conjunto de la obra civil asociada (movimientos de tierra, ...).

El coste específico para esta actuación se ha evaluado en base a un estado de mediciones detallado del prediseño de instalación fotovoltaica propuesta, ahora bien, en ésta quedan diferentes aspectos prácticos para definir que se han tenido que presuponer al mismo tiempo incluir en el presupuesto. A su vez, para la confección del estado de mediciones se han empleado los precios actualizados de los equipamientos, con fecha posterior a junio de 2022, a fin de incorporar los incrementos de los costes de los materiales derivados de la inflación subyacente y el alza de las materias primas a nivel mundial.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

En esta subsección se detallan las características técnicas de los equipos más relevantes seleccionados para pre-diseñar la planta fotovoltaica.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos serán monocristalinos y se interconectarán entre ellos en serie. Dado que el espacio útil de las cubiertas es limitado será fundamental que la eficiencia del panel sea la más alta posible. Para este estudio se ha seleccionado el panel modelo LR4-72HPH-455M, del Fabricante chino Longi Solar, que presenta una eficiencia del 20,9 % y las características técnicas que se exponen en la **Taula 3**. Cabe remarcar que en el proyecto real se deben seleccionar paneles con eficiencia igual o superiores a los analizados.

Taula 3. Principales características técnicas de los paneles fotovoltaicos LR4-72HPH-455M

Fabricante:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 MG2
Potencia nominal [W _p]:	455
Tipo de celdas en el panel:	Monocristalino
Número de celdas en el panel:	144
Eficiencia [%]:	20,9

Dimensiones [mm]:	2094x1038x35
Peso [kg]:	23,5

Estructuras de apoyo

Si se analiza la cubierta útil del edificio Interdepartamental se puede ver que se trata de una cubierta plana transitable, de manera que para fijar los paneles se han empleado estructuras de soporte prefabricadas:

1. *Cubierta plana transitable*: en las cubiertas planas transitables se ha decidido utilizar unas estructuras de soporte de hormigón prefabricado denominadas SOLARBLOC. La geometría y la masa de estos elementos permiten fijar los paneles fotovoltaicos directamente encima suyo, sin requerir de una estructura metálica o tener que anclar la estructura de apoyo a la cubierta.



Figura 3: SOLARBLOC.

En el IDAE (*Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético*) se indica que la distancia de separación entre filas de módulos de paneles debe ser tal que se garantice al menos cuatro horas de sol alrededor del mediodía del solsticio de invierno. Si se calcula esta distancia teniendo en cuenta que la latitud de la posición del edificio Interdepartamental es de 39.38° N, que la longitud del panel fotovoltaico es de 1,038 m (horizontal), y que el ángulo del panel sobre la horizontal es de 30° , se obtiene que la separación entre filas debe ser de 0,997 m. Si se considera la longitud vertical (2,094 m) la separación mínima debe ser de 1,33 m. Teniendo en cuenta que el espacio disponible en las cubiertas es limitado, en este estudio se ha decidido reducir ligeramente esta distancia para poder instalar un mayor número de paneles, de manera que la **separación entre filas de paneles ha sido fijada en 1,3 m**. En consecuencia, las diferentes estructuras se harán sombra entre ellas, lo que implicará unas **pérdidas anuales de energía**, que de acuerdo a la simulación llevada a cabo con el PVsyst es **del 7,85 %**. Ahora bien, las pérdidas son compensadas con el aumento de la generación al colocar más estructuras por unidad de área. En cuanto a la cubierta inclinada cabe mencionar que la separación entre filas no debe tenerse en cuenta dado que las placas se instalarán empleando estructuras coplanares. Aun así se ha dejado espacio suficiente para poder llevar a cabo tareas de mantenimiento.

Inversores

Los inversores deberán disponer de un grado de protección (IP65) y un aislamiento eléctrico suficiente que permita su instalación en la intemperie, en la propia estructura de soporte de los paneles, lo más cercano posible de los strings de continua que agrupará; con el fin de minimizar las pérdidas de distribución en DC. Además, el rendimiento en la conversión AC/DC de los inversores deberá ser mayor al 98 %, y deberán disponer de salida trifásica (400V) y capacidades de monitorización y teleoperación (Ethernet, 4G,...) integradas en el propio equipo. Para este estudio se ha seleccionado **el modelo Sunny Highpower 100-20 PEAK3 de 100 kW_{ac}**.

Taula 4. Principales características técnicas del inversor Sunny Highpower 100-20 PEAK3

Fabricante:	SMA
Referencia:	Sunny Highpower 100-20 PEAK3
Potencia máxima en entrada en CC [kW _p]:	150
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	100
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	98,6
Grau de protecció:	IP65
Comunicaciones integrades:	Ethernet, SMA Modbus,
Peso [kg]:	98

En la ¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida., se presentan los modelos y las características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el pre-dimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla 5. Superficies i características de los equipamientos utilizados en la planta fotovoltaica del edificio Interdepartamental.

Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m ²]	Inclinación	Angulo azimut / orientación	Superficie Ocupada [m ²]
Soportes prefabricados de hormigón	Solarbloc	Pretensados DURAN	288	-	-	-	-	-	-
Paneles fotovoltaicos	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	225	455 W _p	102 kW _p	2,17	16/30º	12º / 78º S	382
Inversores	Sunny Highpower 100-20 PEAK3	SMA	1	100 kW _{ac}	100 kW _{ac}	--	--		--
Superficie total ocupada con la proyección de los elementos de la instalación [m ²]:									698,6
Superficie total óptima de la cubierta [m ²]:									846,3
Porcentaje de ocupación:									45,14 %

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA DEL EDIFICIO INTERDEPARTAMENTAL

El coste de la inversión necesaria para el despliegue de una planta fotovoltaica con las características y equipos descritos en las subsecciones anteriores a la cubierta del edificio Interdepartamental asciende a **122.719,26 €**. En la ¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida. se presenta de forma detallada la estimación del coste de la inversión que se debería realizar para implementar la instalación propuesta en el presente estudio:

Tabla 6: Estimación del coste de la inversión de la planta fotovoltaica del edificio Interdepartamental.

	Partida	Modelo	Unidades	Coste unitario [€]	Coste Total [€]:	Porcentaje del coste %
Capítulo 1	Instalación a cubierta plana transitable	Solar block, bandeja de soporte del cableado i accesorios material eléctrico, caja de strings, mano de obra...	1	23.544,95 €	23.544,95 €	29,48%
Total obras civiles i estructuras:					23.544,95 €	29,88%
Capítulo 2	Instalación eléctrica	Cableado de conexión desde el inversor hasta el cuadro de baja del edificio.	1	3.807,14 €	3.807,14 €	4,77%
Total cableado instalación eléctrica:					3.807,14 €	4,77%
Presupuesto infraestructura de instalación:					27.352,09 €	34,25%
Capítulo 3	Paneles, inversores i contador eléctrico					

	Inversor	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3	1	7.199,00	7.199,00	9,01%
	Panel fotovoltaico	LR 4-72 HPH 455 M G2	225	144,63	32.541,75	40,75%
	Contador eléctrico		1	2.700,00	2.700,00	3,38%
Capítulo 4	Seguridad y Salud	Un cuadro de baja tensión (BT)	1	1066,1155	1.066,12	1,33%
Capítulo 5	Imprevistos de obra	Seguridad y Salud	1	3.000,00	3.000,00	3,76%
Presupuesto de ejecución material (PEM):					79.858,96	100,00%
Gastos Generales (GG):				13,00%	10.381,66 €	
Beneficio industrial (BI):				6,00%	4.791,54 €	
				Total DG+BI [€]:	15.173,20 €	
Honorarios profesionales [€]				8,00%	6.388,72 €	
Presupuesto de ejecución por contrata [€]:					101.420,88 €	
IVA:				21,00%	21.298,38 €	
Total del presupuesto general (incluye IVA)					122.719,26 €	
Coste específico [€/Wp]:					1,20	

CAMINAL DE FORMENTERA

En la presente subsección se detallan los principales aspectos relacionados con el despliegue de una potencial instalación fotovoltaica de autoconsumo en los terrenos correspondientes a la zona de estacionamiento del Caminal de Formentera. A continuación, se detallan aspectos tales como: la ubicación de los terrenos susceptibles a instalar una planta fotovoltaica, la clasificación de la zona a la que pertenece el terreno en función del uso, una descripción de la potencial instalación fotovoltaica a desplegar, y la generación eléctrica mensual que vertería esta instalación a la red, un detalle de los equipamientos seleccionados, y una estimación de los costes de inversión.

UBICACIÓN

El Caminal de Formentera se encuentra ubicado en el campus de la Universidad de las Islas Baleares, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Islas Baleares). La zona susceptible para instalar placas fotovoltaicas sobre pérgolas se encuentra delimitada mediante una línea roja continua en la **Figura 4**. Concretamente, esta zona presenta una superficie de unos **3.507,9 m²**



Figura 4. Zona delimitada con color rojo sería donde se ubicaría la planta fotovoltaica del Caminal Formentera.

Como se puede apreciar, la zona definida se encuentra delimitada por el terraplén y los árboles que se ubican junto al caminal. Algunos de estos elementos darán pie a la aparición de sombras sobre los paneles fotovoltaicos que se instalen en sus inmediaciones, en especial por las tardes dado que buena parte de los obstáculos se ubican al oeste del terreno propuesto. Por lo tanto, a la hora de pre-dimensionar el potencial parque fotovoltaico que se podría instalar en este terreno se deberá realizar un estudio de sombras próximas, con el fin de determinar las pérdidas de generación provocadas por estos obstáculos.

CLASIFICACIÓN DE LA ZONA AFECTADA

Los terrenos prioritarios del Caminal de Formentera forman parte de la *zona 6 – área de deportes*, según lo establecido en el Plan especial del año 1986 de la Universitat de les Illes Balears, que consta de una superficie aproximada de **52.990 m²**. Según el mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas disponible en el visor de la Infraestructura de Datos Espaciales de las Islas Baleares (IDEIB) de la *Conselleria de Medi Ambient i Territori* del GOIB, la zona de aparcamiento del

caminal de Formentera presenta una aptitud **baja**. Por otra parte, si se analiza el mapa de aparcamientos de más de 1.000 m² aptas para una posible instalación de paneles fotovoltaicos, de acuerdo con ley 10/2019, del visor IDEIB, la zona de aparcamiento del Caminal de Formentera presenta un nivel de insolación óptimo.

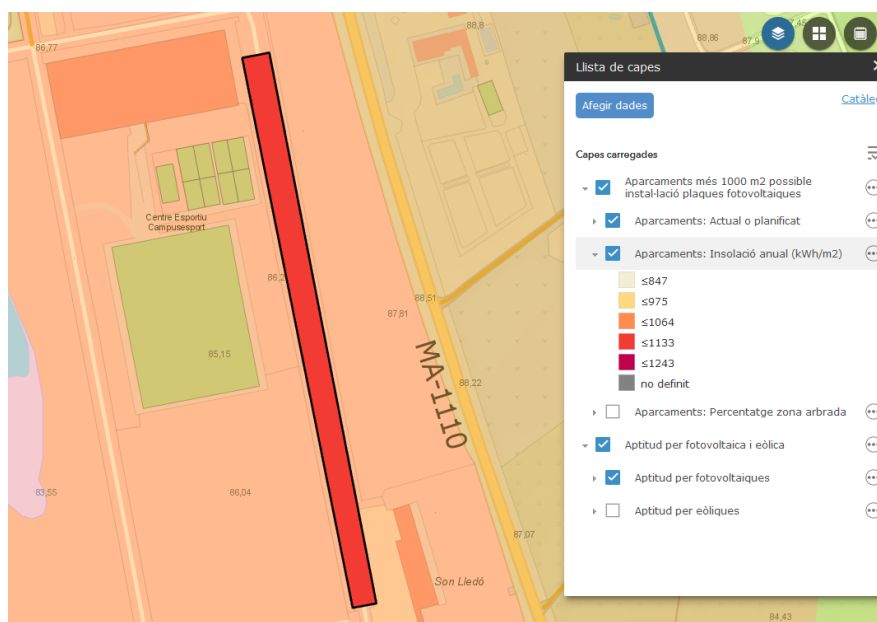


Figura 5. Mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas del caminal de Formentera. Fuente: IDEIB.

DESCRIPCIÓN DEL POTENCIAL PARQUE FOTOVOLTAIC

Una vez analizados diferentes escenarios de generación fotovoltaica se plantea que en la zona de estacionamiento del Caminal de Formentera se podría ubicar un parque fotovoltaico de **327 kW_p** de potencia de producción en corriente continua (DC) y **330 kW_{ac}** de potencia de producción en corriente alterna (AC), de los elementos convertidores de DC/AC. Dado que la energía generada por los paneles fotovoltaicos es transferida mediante corriente continua debe transformarse en corriente alterna, con la misma calidad (tensión, frecuencia,...) que la de la red eléctrica, mediante el uso de inversores fotovoltaicos de red. Por lo tanto, se trataría de una instalación de generación trifásica (400V) con inyección directa de energía en el anillo de media tensión, propio de la UIB, por el autoconsumo de los diferentes edificios. En consecuencia, se deberá elevar la tensión de la energía producida en baja tensión por la instalación fotovoltaica a media tensión (MT) mediante un centro de transformación (BT/MT). De esta manera se permitiría la inyección de la energía en la propia red de MT de la UIB, y la evacuación de los excedentes hacia la red de distribución de ENDESA/ENEL a través del punto frontera del Campus. Concretamente, en el presente estudio se propone evacuar la energía que generaría la potencial instalación fotovoltaica del Caminal de Formentera a través del CT que se propone construir anexa al Aljibe General, cuyo coste ya se ha incluido en la estimación del coste de la instalación de la potencial planta fotovoltaica que se podría instalar en la zona del Aljibe General.

Una vez analizados los terrenos se ha determinado que se podría desplegar una potencial instalación fotovoltaica que permitiría instalar hasta **718 paneles fotovoltaicos**, del modelo LR4-72HPH-455M del Fabricante chino Longi Solar, de **455 Wp** con una eficiencia del **20,9 %**, colocadas sobre **seis marquesinas modelo PR1.1 SC20**, del Fabricante, que ocuparían una superficie de **1.812,3 m²**, equivalente a un **3,4 %** de la superficie de la zona 6 – *área de deportes* que en totalidad consta de **50.990 m²**. La cubierta de cada una de estas marquesinas presentaría una inclinación de 5° sobre la horizontal, y las estructuras presentarían una orientación 79 °(marquesinas colocadas en el lado izquierdo del caminal, orientación norte) o -101°(marquesinas del lado de la derecha del caminal,

orientación norte). A su vez, las cadenas de paneles fotovoltaicos de dos marquesinas consecutivas (partiendo desde el sur) irían conectadas a un **inversor de 110 kWac modelo Sunny Tripower STP110** (paneles de las marquesinas PR1.1 Sc20+PR1.1 Sc20), del Fabricante alemán SMA. Finalmente, las cadenas de paneles de las dos marquesinas modelo PR1.1 SC20 de más del norte se conectarían a **2 inversores modelo Ingecon Sun 100TL de 55 kW**, del Fabricante español Ingeteam. El pre-diseño de la distribución de los paneles fotovoltaicos se presenta en la **Figura 6**.

A partir de la simulación del diseño de la planta mediante el software PVsyst se ha obtenido la energía que se inyectaría mensualmente al anillo de media tensión de la UIB, una vez descontadas las pérdidas:

Taula 7. Generación de la hipotética planta fotovoltaica ubicada a el aparcamiento del Caminal de Formentera

	Irradiancia Global Horizontal [kWh/m ²]	Irradiancia Difusa Horizontal [kWh/m ²]	Energía efectiva a la salida de la matriz de paneles fotovoltaicos [MWh]	Producción estimada [MWh]
Enero	67,70	26,84	19,65	19,18
Febrero	85,10	37,39	25,11	24,64
Marzo	137,40	50,84	40,53	39,82
Abril	168,00	65,67	49,03	48,22
Mayo	205,80	81,80	59,33	58,38
Junio	220,60	82,30	62,43	61,48
Julio	222,80	77,89	62,19	61,24
Agosto	196,90	68,01	55,14	54,25
Setiembre	145,30	59,45	41,41	40,73
Octubre	107,20	44,86	30,73	30,18
Noviembre	68,80	33,24	19,80	19,38
Diciembre	59,30	26,61	17,00	16,59
Total anual:	1.684,90	654,89	482,34	474,10
Inversión neta (Total del presupuesto General):				667.222,13 €
Reducción de emisiones CO₂ [tCO₂/año]:				136,07
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				4,63%

Concretamente, la instalación fotovoltaica pre-diseñada proporcionaría una generación media de **474,10 MWh/año**, que permitiría cubrir un **4,63 %** de la demanda eléctrica anual del campus de la UIB. Adicionalmente, cabe mencionar que esta instalación llevaría asociada una reducción de **136,07 toneladas de emisiones de CO₂/año**, requiriendo una inversión neta de **667.222,13 €**. Esta inversión se corresponde a un Coste específico de **2,04 €/Wp**, (impuestos incluidos), y todas las instalaciones (Baja tensión, Media tensión,...), la adecuación del anillo de media tensión del campus y el conjunto de la obra civil asociada (movimientos de tierra, ...).

El coste específico para esta actuación se ha evaluado en base a un estado de mediciones detallado del prediseño de instalación fotovoltaica propuesta, ahora bien en ésta quedan diferentes aspectos prácticos para definir que se han tenido que presuponer a la vez incluir en el presupuesto. A su vez, para la confección del estado de mediciones se han empleado los precios actualizados de los equipamientos, con fecha posterior a junio de 2022, a fin de incorporar los incrementos de los costes de los materiales derivados de la inflación subyacente y el alza de las materias primas a nivel mundial.

Finalmente, hay que remarcar que en el coste específico determinado, de **2,04 €/Wp**, hay **0,18 €/Wp (8,82 %)** que se corresponden a actuaciones destinadas a la adecuación de la red de distribución de MT de la UIB para permitir una correcta evacuación de la energía en la red.

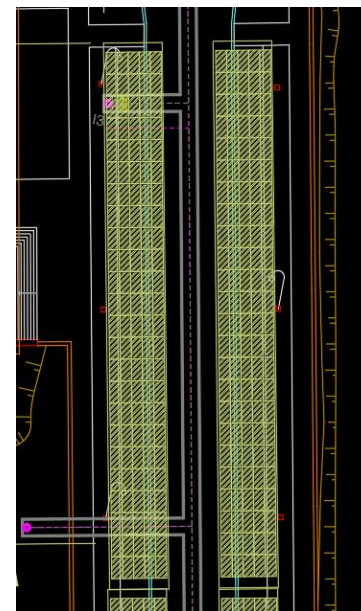
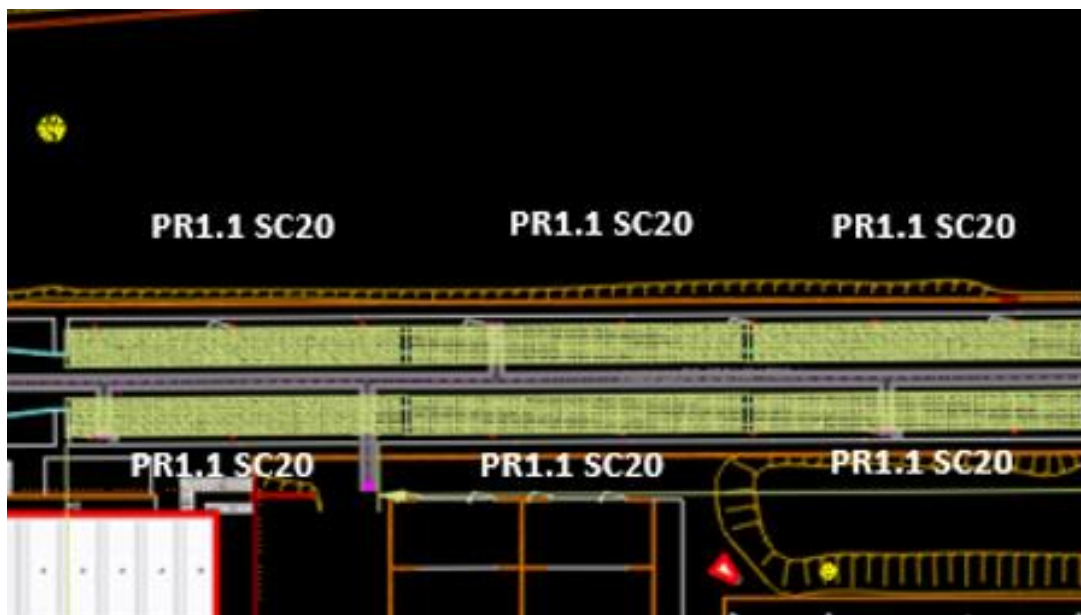


Figura 6: Pre-diseño de la planta fotovoltaica del aparcamiento del Caminal de Formentera.

CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS

En esta subsección se detallan las características técnicas de los equipos más relevantes seleccionados para pre-diseñar la planta fotovoltaica.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos serán monocristalinos y se interconectarán entre ellos en serie, siendo una de las características de selección más relevantes que la eficiencia del panel sea la más alta posible. Para este estudio se ha seleccionado el panel modelo LR4-72HPH-455M, del Fabricante chino Longi Solar, que presenta una eficiencia del 20,9 % y las características técnicas que se exponen en la;Error! La autoreferencia al marcador no es válida.. Cabe remarcar que en el proyecto real se deben seleccionar paneles con una eficiencia igual o superior a la del panel empleado en este estudio.

Tabla 8. Principales características técnicas de los paneles fotovoltaicos LR4-72HPH-455M

Fabricante:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [W_p]:	455
Tipo de celdas en el panel:	Monocristalino
Número de celdas en el panel:	144
Eficiencia [%]:	20,9
Dimensiones [mm]:	2094x1038x35
Peso [kg]:	23,5

Marquesinas

A la hora de seleccionar las marquesinas fotovoltaicas se ha intentado minimizar el impacto visual, la ocupación de territorio, y la generación de residuos permanentes. Cabe mencionar que en el pre-diseño se han situado seis marquesinas modelo PR1.1 SC20 (hasta: $24 \times 5 = 120$ paneles) del Fabricante SUNFER, permitiendo en total la instalación de 720 paneles fotovoltaicos.

A su vez, con la finalidad de minimizar el impacto visual y paisajístico se ha decidido que la altura máxima de la marquesina sobre el terreno sea de 3,5 m, y la altura mínima de 2,2 m con el fin de permitir compatibilizar la zona solar con el uso del terreno como estacionamiento de vehículos. Los pilares de las marquesinas se fijarán en el suelo mediante su atornillado a unos anclajes previamente embutidos en zapatos de hormigón, que tendrán un volumen de como mínimo 4 m^3 y se encontrarán separadas entre sí como máximo 5 m. En la **Figura 7** se presenta una representación gráfica del uso de una marquesina simple modelo PR3.1 SC4 en un aparcamiento de coches:

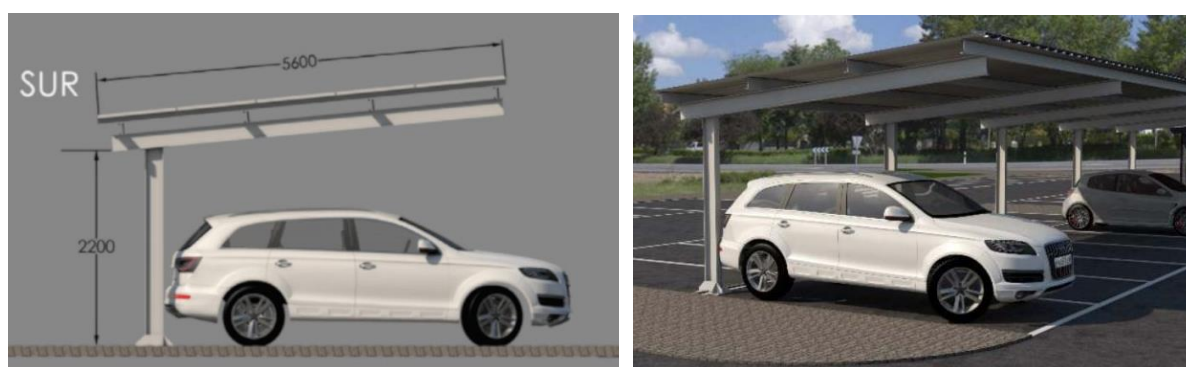


Figura 7. Marquesina modular.

Las marquesinas empleadas permiten la instalación de cinco hileras de 24 paneles fotovoltaicos montados horizontalmente, por tamaños de paneles hasta $2150 \times 1060 \text{ mm}$. La altura máxima de la

estructura con los paneles sobre el suelo es de **2,67 m**. Los pilares de las marquesinas se distribuirán cada 5 metros, e irán fijados mediante tornillos en los respectivos zapatos de hormigón.

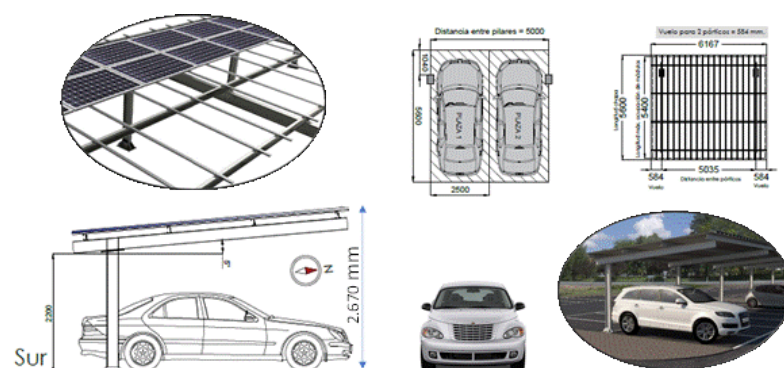


Figura 8. Disposición de las hileras de marquesinas fotovoltaicas del aparcamiento del Caminal de Formentera.

Inversores

Los inversores deberán disponer de un grado de protección (IP65) y un aislamiento eléctrico suficiente para permitir su instalación en la intemperie, en la propia estructura de soporte de los paneles, lo más cercano posible de los strings de continua que agrupará; con el fin de minimizar las pérdidas de distribución de DC. A su vez el rendimiento en la conversión AC/DC de los inversores deberá ser mayor al 98%, disponer de salida trifásica (400V) y capacidades de monitorización y teleoperación (Ethernet, 4G, ...) integradas en el propio equipo. Para este estudio se han seleccionado tres modelos de inversores trifásicos. Concretamente, se han empleado los inversores **modelo Sunny Tripower STP110, del Fabricante alemán SMA** y el inversor **modelo Ingecon Sun 100TL de 55 kW, del Fabricante español Ingeteam**.

Tabla 9. Principales características técnicas del inversor Sunny Tripower STP110

Fabricante:	SMA
Referencia:	Sunny Tripower STP110
Potencia máxima en entrada en CC [kW _p]:	165
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.100
Numero de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	110
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	98,6
Grado de protección:	IP65
Comunicaciones integradas:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	93,5

Tabla 10. Principales características técnicas del inversor Ingecon Sun 100 TL

Fabricante:	Ingeteam
Referencia:	Ingecon Sun 100 TL
Potencia máxima en entrada en CC [kW _p]:	80,2
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.000
Número de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	55,3
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	98,5
Grado de protección:	IP65
Comunicaciones integradas:	Ethernet, SMA Modbus,
Pes [kg]:	78

En la ¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida., se presentan los modelos y las características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el pre-dimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla 11. Superficies i características de los equipamientos utilizados en la planta fotovoltaica del Caminal de Formentera.

Zona fotovoltaica 1: Marquesinas para la zona de estacionamiento de la izquierda del Caminal de Formentera (orientado hacia el norte)									
Modelo de marquesina:		PR1.1 SC20	Fabricante:		SUNFER	Unidades:	3	Superficie unitaria [m²]:	302,05
Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m²]	Inclinación	Ángulo azimut / orientación	Superficie Ocupada [m²]
Paneles solares	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	360	455 W _p	163,8 kW _p	2,17	5°	79/ S-O	906,15 (marquesinas)
Inversores	Sunny Tripower STP110	SMA	1	110kW _{ac}	110 kW _{ac}	--	--	--	--
Inversores	INGECON SUN 100TL	Ingeteam	1	55 kW _{ac}	55 kW _{ac}	--	--	--	--
Zona fotovoltaica 2: Marquesinas para la zona de estacionamiento de la derecha del del Caminal de Formentera (orientado hacia el norte)									
Modelo de marquesina:		PR1.1 SC20	Fabricante:		SUNFER	Unidades:	6	Superficie unitaria [m²]:	294,65
Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m²]	Inclinación	Ángulo azimut / orientación	Superficie Ocupada [m²]
Paneles solares	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	360	455 W _p	163,8 kW _p	2,17	5°	-101/ S-E	906,15 (marquesinas)
Inversores	Sunny Tripower STP110	SMA	1	110kW _{ac}	110 kW _{ac}	--	--	--	--
Inversores	INGECON SUN 100TL	Ingeteam	1	55 kW _{ac}	55 kW _{ac}	--	--	--	--
Evacuación de la generación									
Centro de transformación	---	Cuadro de baja tensión a instala al CT que se ha construido al lado de la planta PV de Aljibe General	1	--	--	--	--	--	--
Superficie total ocupada con la proyección de los elementos de la instalación [m²]:									1.812,3
Superficie total de la "zona 6 – Área de deportes" [m²]:									50990
Porcentaje de ocupación de la "zona 6 – Área de deportes" [%]:									3,55 %

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA DEL CAMINAL DE FORMENTERA

El coste de la inversión necesaria para el despliegue de una planta fotovoltaica con las características y equipos descritos en las subsecciones anteriores al Caminal de Formentera asciende a **667.222,13 €**. En la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** se presenta de forma detallada la estimación del coste de la inversión que se debería realizar:

Tabla 12. Estimación del coste de la inversión de la planta fotovoltaica del aparcamiento del Caminal de Formentera

	<i>Partida</i>	<i>Modelo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Coste unitario [€]</i>	<i>Coste Total [€]:</i>	<i>Porcentaje del coste %</i>
Capítulo 1	Obra Civil	---	1	4.479,90 €	4.479,90 €	1,03%
	Instalación de las placas fotovoltaicas	Marquesinas de los aparcamientos y su instalación, material auxiliar, cimentaciones de los zapatos, mano de obra de la instalación, etc.	1	245.900,06 €	245.900,06 €	56,63%
Total obras civiles i estructuras:					250.379,96 €	57,67%
Capítulo 2	Instalación eléctrica	Cableado, tubos, tierras, material auxiliar, mano de obra, zanja para el entubado, hormigonado de la zanja de conexión hasta el CT de la planta del Aljibe General, etc, mano de obra de la instalación..	1	29.209,15 €	29.209,15 €	6,73%
Total cableado instalación eléctrica:					29.209,15 €	6,73%
Presupuesto infraestructura de instalación:					279.589,10 €	64,39%
Capítulo 3	Paneles, inversores i contador eléctrico					
	Inversor	Sunny Tripower STP110-60-Core2	2	8.617,70 €	17235,4	3,97%
	Inversor	Ingecon Sun 100TL	2	6.187,50 €	12.375,00 €	2,85%
	Panel PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	718	144,63	103.844,34 €	23,92%
	Contador eléctrico		1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,62%
	Caja de conexiones	Caja de conexiones ST-36 (36 ramales de 350A)	1	600,00 €	600,00 €	0,14%
Capítulo 4	Centro de transformación	Cuadro de protección de Baja Tensión (BT)	1	3.738,09 €	3.738,09 €	0,86%
Capítulo 5	Sistema de Seguridad	Cerramiento perimetral + Sistema de seguridad	1	2.190,90 €	2.190,90 €	0,50%
Capítulo 6	Sistema de iluminación	Columnas de iluminación	1	5.493,60 €	5.493,60 €	1,27%
Capítulo 7	Seguridad y Salud	Seguridad y Salud	1	425,10 €	425,10 €	0,10%
Capítulo 8	Imprevistos de obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	1,38%
Presupuesto de ejecución material (PEM):					434.191,54 €	100,00%
					Porcentaje	
Gastos Generales (GG):					13,00%	56.444,90 €
Beneficio industrial (BI):					6,00%	26.051,49 €
					Total DG+BI [€]:	82.496,39 €
Honorarios profesionales [€]					8,00%	34.735,32 €
Presupuesto de ejecución por contrata [€]:						551.423,25 €

IVA:	21,00%	115.798,88 €	
Total del presupuesto General (incluye IVA)		667.222,13 €	
Coste específico [€/Wp]:		2,04	

PANTALEU

En la presente subsección se detallan los principales aspectos relacionados con el despliegue de una potencial instalación fotovoltaica de autoconsumo en los terrenos anexos al Pantaleu. A continuación, se detallan aspectos tales como: la ubicación de los terrenos susceptibles a instalar una potencial planta fotovoltaica, la clasificación de la zona a la que pertenece el terreno según el uso, una descripción de la potencial instalación fotovoltaica que se podría desplegar, y la instalación eléctrica mensual que ésta vertería a la red, una descripción de los equipamientos seleccionados, y una estimación de los costes de inversión necesarios.

UBICACIÓN

La zona del Pantaleu se encuentra ubicada en el campus de la Universidad de las Islas Baleares, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Islas Baleares) en los terrenos anexos al edificio Ramón Llull y el Pantaleu. Concretamente la zona susceptible para instalar placas fotovoltaicas se encuentra delimitada mediante una línea azul continua en la Figura 9. Este terreno presenta una superficie de unos **16.014 m²** y delimita con el edificio Ramón Llull, la estación de metro del Campus, la carretera que da acceso al Parc Bit y al campus, y la zona del Pantaleu.

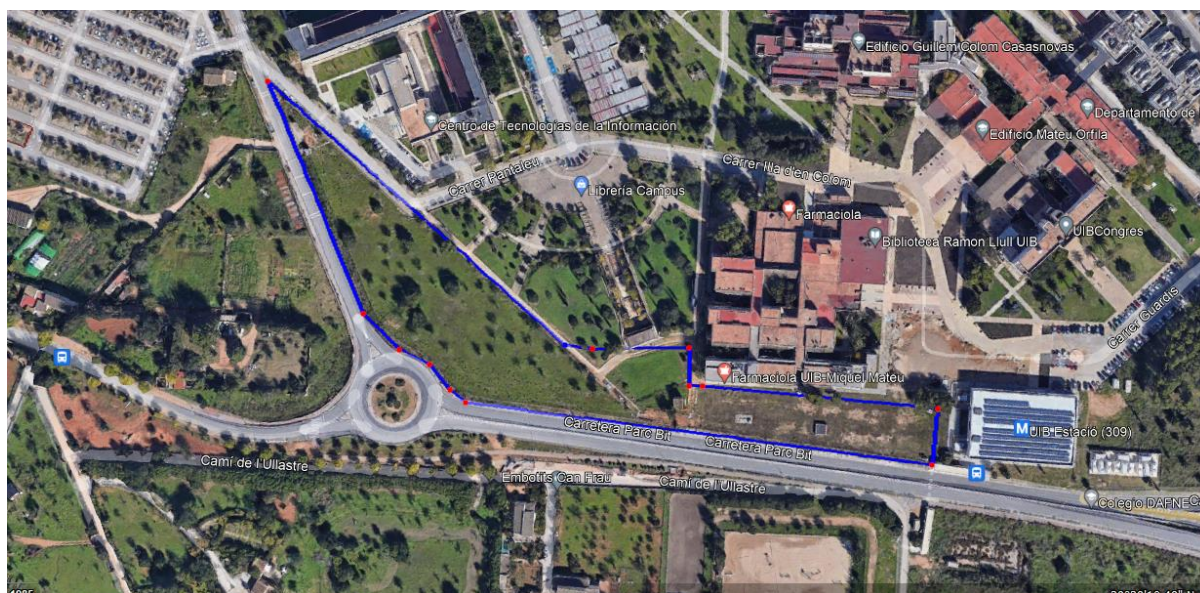


Figura 9. Terrenos anexos al Pantaleu susceptibles para instalar una planta fotovoltaica. Fuente: Google Earth.

Como se puede apreciar, la zona definida se encuentra delimitada por la estación de metro de la UIB, y la rampa subterránea que permite cruzar la carretera del Parc Bit. Algunos de estos elementos darán pie a la aparición de sombras sobre los paneles fotovoltaicos que se instalen en sus inmediaciones, en especial por la mañana dado que se ubican principalmente al este de la zona. Por lo tanto, a la hora de pre-dimensionar el potencial parque fotovoltaico que se podría instalar en este terreno se deberá realizar un estudio de sombras cercanas, con el fin de determinar las pérdidas de la zona provocadas por la presencia de estos obstáculos.

CLASIFICACIÓN DE LA ZONA AFECTADA

Los terrenos prioritarios anexos al Pantaleu y al edificio Ramón Llull forman parte de la *zona 1 – área de reserva natural*, según lo establecido en el Plan Especial de 1986 de la Universidad de las Islas

Baleares, que en su totalidad consta de una superficie aproximada de **347.833 m²**. Cabe remarcar que bajo una fracción de estos terrenos discurrirá la próxima ampliación de la línea de metro de la UIB-Parc Bit. En cuanto a la aptitud para instalar un parque fotovoltaico, cabe mencionar que según el mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas, disponible en el visor de la Infraestructura de Datos Espaciales de las Islas Baleares (IDEIB) de la *Conselleria de Media Ambiente y Territori* del GOIB, estos terrenos presentan una aptitud **alta**.

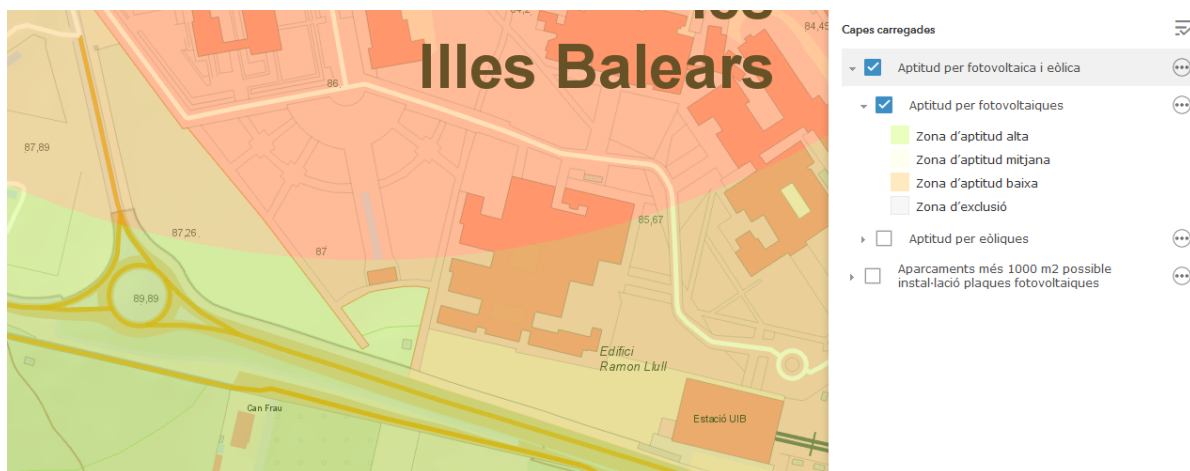


Figura 10. Mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas de los terrenos anexos al edificio Ramón Llull y el Pantaleu. Fuente: IDEIB.

DESCRIPCIÓN DEL POTENCIAL PARQUE FOTOVOLTAIC

Una vez analizados diferentes escenarios de producción fotovoltaica se plantea que en la zona anexa al edificio de Ramón Llull y el Pantaleu, se podría ubicar un parque fotovoltaico de **1.165 kW_p** de potencia de producción en corriente continua (DC) y **1.100 kW_{ac}** de potencia de producción en corriente alterna (AC), de los elementos convertidores de DC/AC.

Dado que la energía de los paneles fotovoltaicos es transferida mediante corriente continua debe transformarse en corriente alterna, con la misma calidad (tensión, frecuencia,...) que la de la red eléctrica, mediante el uso de inversores fotovoltaicos de red. Por lo tanto, se trataría de una instalación de energía trifásica (400V) con inyección directa de energía en el anillo de media tensión, propio de la UIB, por el autoconsumo de los diferentes edificios. En consecuencia, se deberá elevar la tensión de la energía producida en baja tensión por la instalación fotovoltaica a media tensión (MT) mediante un centro de transformación (BT/MT). De esta manera se permitiría la inyección de la energía en la propia red de MT de la UIB, y la evacuación de los excedentes hacia la red de distribución de ENDESA/ENEL a través del punto frontera del Campus. Concretamente, **se plantea la construcción de dos centros de transformación**, donde cada uno estará compuesto por un transformador de **1.000 kVA**, una celda de línea, una celda de protección, una celda de seccionamiento, una celda de medida, y un cuadro de baja tensión. El primer centro de transformación se ubicaría anexa al Pantaleu y se encargaría de evacuar la energía por la fracción de la potencial instalación ubicada al este de la planta fotovoltaica propuesta (orientado hacia el norte). Finalmente, se propone ubicar el segundo centro de transformación anexa al edificio de **Ca ses Llúcies**, permitiendo evacuar la energía por la fracción de más del oeste de la potencial instalación fotovoltaica del Pantaleu, así como la energía de la potencial instalación fotovoltaica que se podría instalar sobre pérgolas en las seis zonas de 40 estacionamientos del aparcamiento del Anselm Turmeda.

Una vez analizados los terrenos se ha determinado que se podría desplegar una potencial instalación fotovoltaica que permitiría instalar hasta **2.560 paneles fotovoltaicos**, del modelo LR4-72HPH-455M

del fabricante chino Longi Solar, de **455 Wp** con una superficie del **20,9 %**, que ocuparían una superficie de **5.031,7 m²**, equivalente a un **1,44 %** de la superficie de la *zona 7 – área de reserva natural*. Los paneles fotovoltaicos se instalarían sobre soportes inclinados a 30º, del **modelo 35V** del Fabricante español, que permitirían colocar dos hileras de cinco paneles. A su vez, las 160 cadenas (strings) de 16 paneles fotovoltaicos de salida se interconectarán a **11 inversos de 100 kWac** modelo **Sunny Highpower SHP100-20** del fabricante alemán SMA. El pre-diseño de la distribución de paneles fotovoltaicos en los terrenos anexos al Pantaleu y el estudio de sombras obtenido con el software PVsyst, se presenta en la **Figura 11**.

A partir de la simulación del pre-diseño de la planta, realizada mediante el software PVsyst, se ha obtenido la energía que ésta inyectaría mensualmente al anillo de media tensión de la UIB una vez descontadas las pérdidas de la planta, ¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida..

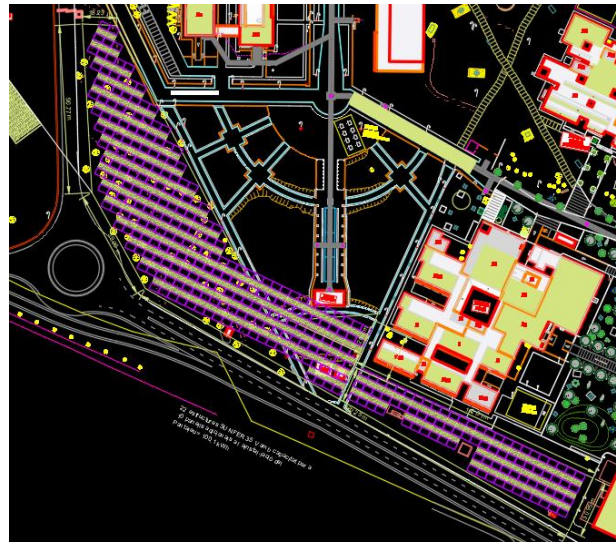
Tabla 13. Generación de la hipotética planta fotovoltaica ubicada en los terrenos anexos al Ramón Llull y al Pantaleu.

	Irradiancia Global Horizontal [kWh/m ²]	Irradiancia Difusa Horizontal [kWh/m ²]	Energía efectiva a la salida de la matriz de paneles fotovoltaicos [MWh]	Producción estimada [MWh]
Enero	67,70	26,84	105,10	103,45
Febrero	85,10	37,39	120,16	118,29
Marzo	137,40	50,84	173,84	171,01
Abril	168,00	65,67	180,68	177,78
Mayo	205,80	81,80	198,97	195,82
Junio	220,60	82,30	200,81	197,69
Julio	222,80	77,89	202,81	199,67
Agosto	196,90	68,01	196,83	193,73
Setiembre	145,30	59,45	166,78	164,20
Octubre	107,20	44,86	140,12	137,96
Noviembre	68,80	33,24	99,64	98,14
Diciembre	59,30	26,61	92,05	90,65
Total anual:	1.684,90	654,89	1877,79	1848,40
Inversió neta (Total del pressupost General):				1.933.670,61 €
Reducció de emissions CO₂ [tCO₂/any]:				530,49
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				18,04%

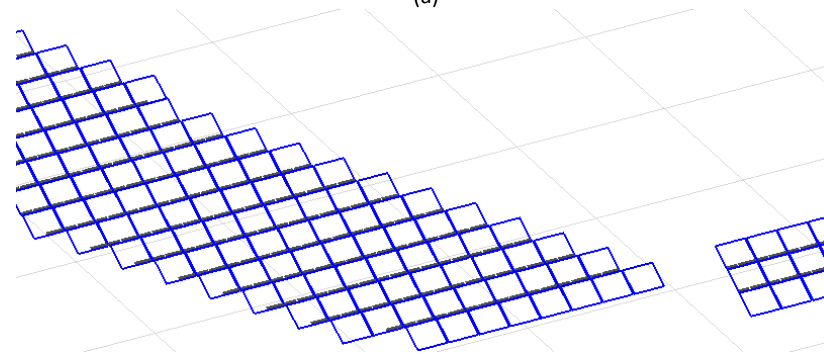
Concretament, la instal·lació fotovoltaica pre-dissenyada proporcionaria una Eneeració mitja de **1.848,4MWh/any**, que permetria cobrir un **18,04 % de la demanda elèctrica anual** del campus de la UIB. Adicionalment, cal mencionar que aquesta instal·lació portaria associada una reducció de **530,5 tones d'emissions de CO₂/any**, requerint una inversió neta (incloent tots els impostos) de **1.939.882,7 €**. Aquesta inversió es correspon a un Coste específic de **1,68 €/Wp** (impostos inclosos) e incloent totes les instal·lacions (Baixa tensió, Mitja tensió,...) i obra civil associades (moviments de terra, ...).

El Coste específic per aquesta actuació s'ha avaluat en base a un estat d'amidaments detallat del pre-disseny d'instal·lació fotovoltaica proposada, ara bé en aquesta en resten diferents aspectes pràctics per definir que s'han hagut de pressuposar alhora d'incloure en el pressupost. A la vegada, per la confecció de l'estat d'amidaments s'han emprat els preus actualitzats dels equipaments, amb data posterior a juny de 2022, a fi d'incorporar els increments dels costos dels materials derivats de la inflació subjacent i l'alça de les matèries primes a nivell mundial.

Finalment, cal remarcar que en el Coste específic determinat, de **1,68 €/Wp**, hi ha **0,24 €/Wp (14,37 %)** que es corresponen a actuacions destinades a l'adequació de la xarxa de distribució de MT de la UIB per a permetre una correcta evacuació de l'energia Generada a la xarxa.



(a)



(b)

Figura 11: (a) Pre-disseny de la planta fotovoltaica dels terrenys annexes al Pantaleu. (b) Estudi d'ombres Generado amb el programari PVsyst de la planta fotovoltaica als terrenys annexes a l Pantaleu

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

En esta subsección se detallan las características técnicas de los equipos más relevantes seleccionados por el prediseño de la planta fotovoltaica.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos serán monocristalinos y se interconectarán entre ellos en serie. Dado que una de las premisas recibidas en la confección del presente estudio es la minimización de la ocupación de territorio para conseguir la independencia energética del campus, será de especial relevancia que la Eficiencia del panel sea lo más alta posible.

Para el presente estudio se ha seleccionado el panel fotovoltaico modelo LR4-72HPH-455M, del Fabricante chino Longi Solar, que presenta una Eficiencia del 20,9% y las características técnicas que se exponen en la **Tabla 14**. Cabe remarcar que en el proyecto real deben seleccionarse paneles con una Eficiencia igual o superior a la del panel empleado en este estudio, si se quiere obtener una generación eléctrica equivalente o superior a la planteada.

Tabla 14. Principales características técnicas de los paneles fotovoltaicos LR4-72HPH-455M

Fabricante:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [Wp]:	455
Tipo de celdas en el panel:	Monocristalino
Número de celdas en el panel:	144
Eficiencia [%]:	20,9
Dimensiones [mm]:	2094x1038x35
Peso [kg]:	23,5

Estructuras de soporte

A la hora de seleccionar las estructuras de soporte de los paneles fotovoltaicos se ha intentado minimizar el impacto visual, la ocupación de territorio, y la Generación de residuos permanentes. Otro requisito ha sido que las estructuras permitan la instalación de entre 6 y 12 paneles con configuraciones de dos paneles verticales o cuatro paneles montados horizontalmente, con el objetivo de mantener la altura máxima de la estructura por debajo de los 3 metros para minimizar el impacto visual y paisajístico de la planta de Generación. A su vez, se ha decidido que la altura mínima de la estructura sobre el terreno será de al menos 0,5 m con el objetivo de permitir la posibilidad de compatibilizar la Generación solar con cultivo o el uso del terreno como a pastos de animales. Por último,

Para cumplir con los requisitos mencionados, en el presente estudio se ha decidido utilizar estructuras que permitan su fijación al terreno mediante el clavado directo de la estructura en el suelo, **Figura 12 (a)**, o mediante el uso de pernos de tierra, **Figura 12(b)**, según la composición del sol.



Figura 12. (a) Estructura fijada al suelo mediante hincas. (b) Estructura fijada al suelo mediante tornillos de suelo.

En ambos casos se produce una ocupación y una degradación mínima del terreno, dado que la ocupación del territorio se limita a la superficie de 4 tornillos o rayas por cada 3 metros lineales de estructura. Los tornillos y las grietas se fijan al suelo mediante un equipo hidráulico o un accesorio hidráulico por excavadora que realiza las funciones de destornillador y de martillo hidráulico, respectivamente. Estas soluciones facilitarán el desmantelamiento y reciclaje de la instalación, una vez finalice su vida útil.

Concretamente, en este estudio se ha optado por la estructura que se clava al sol mediante seis hincas, modelo 35V del Fabricante SUNFER, que se presenta en la **Figura 13**, y con un ángulo de los paneles sobre la horizontal de 30° . Esta estructura permite la instalación de 10 paneles en configuración de dos hileras de cinco paneles montados verticalmente, para tamaños de paneles de hasta 2279×1150 mm, con una altura máxima sobre el suelo de la estructura con los paneles de 2,62 m.

En cuanto a la separación entre diferentes hileras contiguas, se ha fijado en 3,5 m para poder utilizar medios mecánicos para llevar a cabo la limpieza periódica de los paneles fotovoltaicos. En el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético) se indica que la distancia de separación entre filas de módulos de paneles debe ser tal que se garantice al menos cuatro horas de sol alrededor del mediodía del solsticio de invierno. Si se calcula esta distancia teniendo en cuenta que la latitud donde se ubica es terreno, $39,38^\circ$ N, que la longitud de la estructura con cinco paneles colocados horizontalmente es de 5,2 m (horizontal), y que ángulo de los paneles sobre la horizontal es de 30° , se obtiene que la separación recomendada debe ser de 6,7 m. Por tanto, se propone reducir la separación entre paneles al respecto a la recomendada en el Pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas del IDAE (Instituto para la diversificación y Ahorro Energético), a fin de maximizar la Generación fotovoltaica. En consecuencia, las diferentes estructuras se harán sombra entre ellas, lo que implicará unas pérdidas anuales del 3,57% de la generación, de acuerdo con las simulaciones realizadas. Ahora bien, las pérdidas son compensadas con el aumento de la generación al colocar más estructuras por unidad de área.

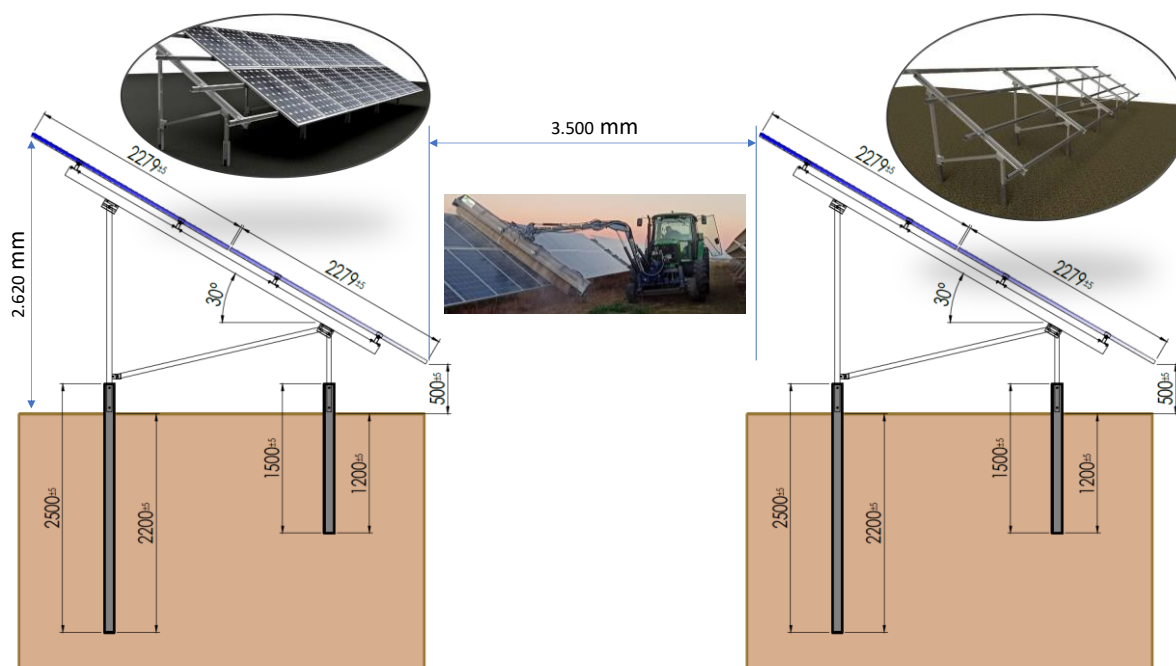


Figura13. Disposición de las hileras de estructuras de soporte de los paneles en la planta fotovoltaica del Pantaleu

Inversores

Los inversores tendrán que disponer de un grado de protección (IP65) y un aislamiento eléctrico suficiente para permitir su instalación en intemperie, fijándolos a la propia estructura de soporte de los paneles, lo más cercano posible de los strings de sigue que agruparán. Todo ello, a fin de minimizar las pérdidas de distribución en DC. A su vez, el rendimiento en la conversión AC/DC de los inversores deberá ser igual o mayor al 98%, y tendrán que disponer de salida trifásica (400V) y capacidades de monitorización y teleoperación (Ethernet, 4G,...) integradas en el propio equipo. Cabe remarcar que será necesario desplegar el sistema de comunicaciones (en el caso de desplegar una solución de comunicaciones inalámbricas tendrá un coste inferior a las soluciones cableadas) para poder interactuar con el inversor.

En el presente estudio se ha seleccionado un inversor trifásico con una potencia de 100kWac, modelo Sunny Highpower 100-20 PEAK₃ del Fabricante alemán, con una Eficiencia en la conversión del 98,6% y con las características técnicas que se presentan en la **Tabla 15**.

Tabla 15. Principales características técnicas del inversor Sunny Highpower 100-20 Peak3.

Fabricante:	SMA
Referencia:	Sunny Highpower 100-20 PEAK ₃
Potencia máxima en entrada en CC [kWp]:	150
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	100
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	98,6
Grado de protección:	IP65
Comunicaciones integradas:	Ethernet, SMA Modbus,
Peso [kg]:	98

En la **Tabla 16**, se presentan los modelos y características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el predimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla 16. Superficies y características de los equipamientos empleados en el potencial parque fotovoltaico de los terrenos anejos al Pantaleu y al edificio Ramón Llull.

Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m2]	Inclinación	Ángulo azimut / orientación	Superficie Ocupada [m2]
Paneles solares	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	2560	455 Wp	1164,8 kWp	1,87	30º	-16º / SO	5.031,7
Estructura de soporte	SUNFER 35 V	SUNFER	256	---	---	15,05	30º	-16º / SO	5.031,7
Inversores	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3	SMA	11	100 kWac	1100 kWac	--	--		--
Centro de transformación	---	Casita prefabricada Omarzabal	2	1000 kVA	2000 kVA	14,47	--		28,9
Superficie total ocupada con la proyección de los elementos de la instalación:									5.031,7
Superficie total de la "zona 1 – facultades existentes":									347.833
Porcentaje de ocupación de la "zona 1 – facultades existentes":									1,44%

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA DEL PANTALEU

El coste de la inversión necesaria para el despliegue de la planta fotovoltaica propuesta, con las características y equipos descritos en los subapartados anteriores, en los terrenos anejos al edificio Ramón Llull y el Pantaleu asciende a 1.939.882,72 €. En la.

Tabla 17, se presenta de forma detallada la estimación del coste de la inversión que debería realizarse para desplegar la instalación propuesta.

Tabla 17. Estimación del coste de la inversión de la planta fotovoltaica del Pantaleu.

	Partida	Modelo	Unidades	Coste unitario [€]	Coste Total [€]:	Porcentaje del coste %
Capítulo 1	Obra Civil	---	1	15.960,50 €	15.960,50 €	1,25%
	Instalación de las placas fotovoltaicas	Estructura de soporte de los paneles PV y su instalación, palanganas de soporte del cableado, material eléctrico, material auxiliar, mano de obra, etc	1	441.982,43 €	441.982,43 €	34,64%
Total obras civiles y estructuras:					457.942,93 €	35,89%
Capítulo 2	Instalación eléctrica	Cableado, tubos, suelos, material auxiliar, mano de obra, Planta fotovoltaica -> CT Pantaleu	1	36.325,02 €	36.325,02 €	2,85%
		Cableado, tubos, suelos, material auxiliar, mano de obra, Planta Fotovoltaica-> CT anexa a Ca ses Llúcies	1	27.990,29 €	27.990,29 €	2,19%
Total cableado instalación eléctrica:					64.315,31 €	5,04%

Presupuesto infraestructura de instalación:					522.258,24 €	40,93%
Capítulo 3	Inversor	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3 (SMA)	11	13.698,00 €	150.678,00 €	11,81%
	Panel PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	2560	144,63	370.252,80 €	29,02%
	Contador eléctrico	---	1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,21%
	Caja de conexiones	Caja de conexiones ST-36 (36 ramales de 350A)	160	600,00 €	96.000,00 €	7,52%
Capítulo 4	Centro de transformación	Centro de transformación de 1000 kVA, con caseta prefabricada, 2 celdas de línea, 1 celda de protecciones + fusible, 1 celda de seccionamiento, 1 celda de medida.	2	49.643,07 €	99.286,14 €	7,78%
Capítulo 5	Sistema de Seguridad	Clos perimetral+ Sistema de Seguridad	1	7.805,50 €	7.805,50 €	0,61%
Capítulo 6	Sistema de iluminación	Columnas de iluminación	1	19.572,00 €	19.572,00 €	1,53%
Capítulo 7	Seguridad y Salud	Seguridad y Salud	1	1.514,50 €	1.514,50 €	0,12%
Capítulo 8	Imprevistos de obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	0,47%
Presupuesto de ejecución material (PEM):					1.276.067,18 €	100,00%
				Porcentaje		
Gastos Generales (GG):				13,00%	165.888,73 €	
Beneficio industrial (BI):				6,00%	76.564,03 €	
				Total DG+BI [€]:	242.452,76 €	
Honorarios profesionales [€]				8,00%	102.085,37 €	
Presupuesto de ejecución por contrata [€]:					1.620.605,32 €	
IVA:				21,00%	340.327,12 €	
Total del presupuesto General (incluye IVA)					1.960.932,43 €	
Coste específico [€/Wp]:					1,68	

CAMINO DEL ULLASTRE

En la presente subsección se detallan los principales aspectos relacionados con el despliegue de una potencial instalación fotovoltaica de autoconsumo en los terrenos ubicados entre el camino del Ullastre, la Calle Maria Agnesi, y el Camino de Can Gori. A continuación, se detallan aspectos tales como: la ubicación de los terrenos susceptibles a instalar una planta fotovoltaica, la clasificación de la zona a la que pertenece el terreno en función del uso, una descripción de la potencial instalación fotovoltaica a desplegar, y la Generación eléctrica mensual que abocaría esta instalación a la red, un detalle de los equipamientos seleccionados, y una estimación de los costes de inversión.

UBICACIÓN

El terreno susceptible para instalar un potencial parque fotovoltaica se encuentra ubicado en el campus de la Universidad de las Islas Baleares, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), delimitado por los caminos del Ullastre y de Can Gori, y la Calle Maria Agnesi. El terreno se presenta en la **Figura14**, delimitado por una línea continua de color azul.

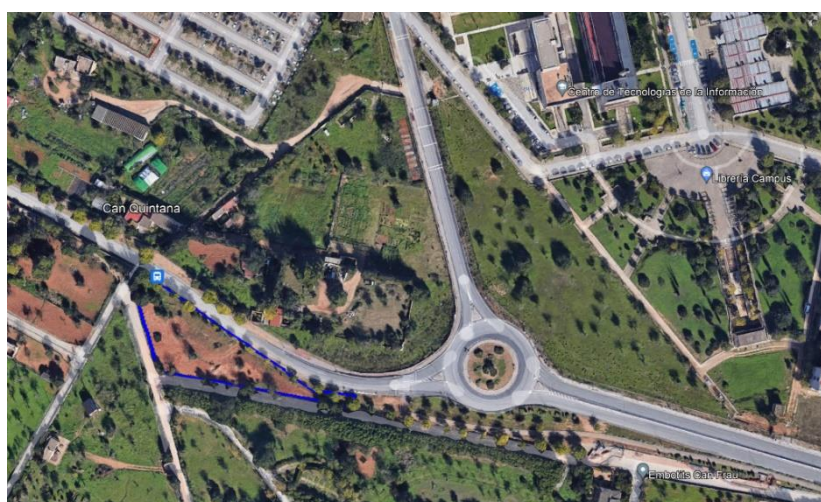


Figura14. Terrenos susceptibles para instalar placas fotovoltaicas. Fuente: Google Earth.

CLASIFICACIÓN DE LA ZONA AFECTADA

En cuanto a la aptitud para instalar un parque fotovoltaico, cabe mencionar que según el mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas, disponible en el visor de la Infraestructura de Datos Espaciales de las Islas Baleares (IDEIB) de la Conselleria de Medi Ambient i Territori del GOIB, presenta una aptitud **alta**.



Figura15. Mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas. Fuente: IDEIB.

DESCRIPCIÓN DEL POTENCIAL PARQUE FOTOVOLTAICO

Una vez analizados diferentes escenarios de Generación fotovoltaica se plantea que en la zona anexa al Camino del Ullastre se podría ubicar un parque fotovoltaico de 159 kWp de potencia de producción en corriente continua (DC), y 150 kWac de potencia de producción en corriente alterna (AC), de los elementos convertidores de DC/AC. Dado que la energía generada por los paneles fotovoltaicos es transferida mediante corriente continua debe transformarse en corriente alterna, con la misma calidad (tensión, frecuencia,...) que la de la red eléctrica, mediante el uso de inversores fotovoltaicos de red. Por tanto, se trataría de una instalación de Generación trifásica (400V) con inyección directa de energía en el anillo de media tensión, propio de la UIB, por el autoconsumo de los diferentes edificios. En consecuencia, mediante un centro de transformación (BT/MT). De esta forma se permite la inyección de la energía en la propia red de MT de la UIB, y la evacuación de los excedentes hacia la red de distribución de ENDESA/ENEL a través del punto frontera de la red de media tensión del campus. La energía Generada por la potencial instalación fotovoltaica se evacuaría hacia los centros de transformación que se ha planteado construir anexos al aparcamiento del Anselm Turmeda.

Una vez analizados los terrenos se ha determinado que podría desplegarse una potencial instalación fotovoltaica que permitiría instalar hasta 350 paneles fotovoltaicos, del modelo LR4-72HPH-455M del Fabricante chino Longi Solar, de 455 Wp con una Eficiencia del 20,9 %, que ocuparían una superficie de 776,3 m². Los paneles fotovoltaicos se instalarían sobre soportes inclinados a 30º, del modelo 35V del Fabricante español SUNFER, que permiten colocar dos hileras de cinco paneles. A su vez, las 14 cadenas (strings) de 25 paneles fotovoltaicos de salida se interconectarán a un inversor de 150 kWac modelo Sunny Highpower SHP150-20 Peak3 del Fabricante alemán SMA. El pre-diseño de la distribución de paneles fotovoltaicos en los terrenos anexos a la residencia de estudiantes del Campus de la UIB, y el estudio de sombras obtenido con el software PVsyst, se presenta en la **Figura16**.

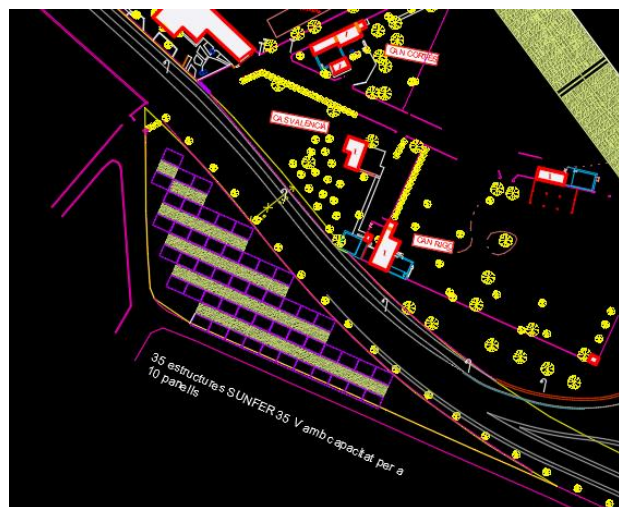
A partir de la simulación del diseño de la planta mediante el software PVsyst se ha obtenido la energía que se inyectaría mensualmente en el anillo de media tensión de la UIB, una vez descontadas las pérdidas:

Tabla 18. Generación de la hipotética planta fotovoltaica ubicada en los terrenos anexos al Camí del Ullastre

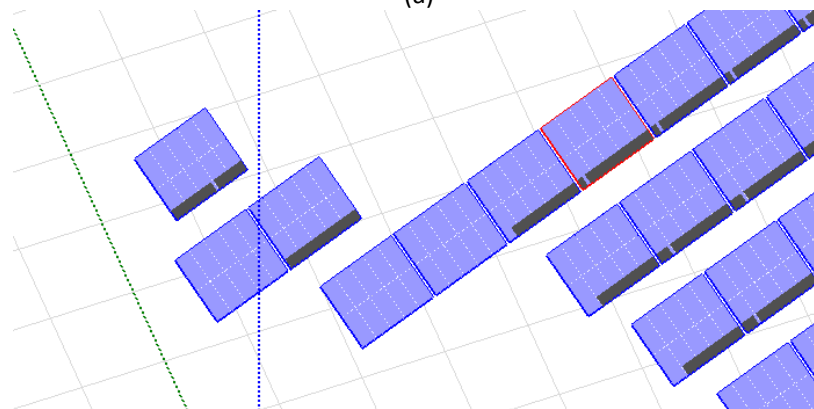
	Irradiancia Global Horizontal [kWh/m ²]	Irradiancia Difusa Horizontal [kWh/m ²]	Energía efectiva en la salida de la matriz de paneles fotovoltaicos [MWh]	Producción estimada [MWh]
<i>Enero</i>	67,70	26,84	14,59	14,41
<i>Febrero</i>	85,10	37,39	16,40	16,20
<i>Marzo</i>	137,40	50,84	24,01	23,71
<i>Abril</i>	168,00	65,67	25,44	25,13
<i>Mayo</i>	205,80	81,80	28,14	27,80
<i>Junio</i>	220,60	82,30	28,48	28,15
<i>Julio</i>	222,80	77,89	28,85	28,51
<i>Agosto</i>	196,90	68,01	27,65	27,32
<i>Septiembre</i>	145,30	59,45	23,29	23,01
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	19,24	19,01
<i>Noviembre</i>	68,80	33,24	13,79	13,63
<i>Diciembre</i>	59,30	26,61	12,98	12,83
Total anual:	1.684,90	654,89	262,84	259,70
Inversión neta (Total del presupuesto General):				283.825,58 €
Reducción de emisiones CO₂ [tCO₂/año]:				74,53
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				2,53%

Concretamente, esta instalación fotovoltaica pre-diseñada proporcionaría una generación media de **259,7MWh/año**, que permitiría cubrir un **2,53% de la demanda eléctrica anual** del campus de la UIB. Adicionalmente, cabe mencionar que esta instalación llevaría asociada una reducción de **74,53toneladas de emisiones de CO₂/año**, requiriendo una inversión neta (incluyendo todos los impuestos) de **283.825,6€**. Esta inversión se corresponde a un coste específico de **1,79 €/Wp** (impuestos incluidos) e incluyendo todas las instalaciones (Baja tensión, Media tensión,...) y obra civil asociadas (movimientos de tierra, ...).

El coste específico para esta actuación se ha evaluado en base a un estado de mediciones detallado del pre-diseño de instalación fotovoltaica propuesta, ahora bien en ésta quedan diferentes aspectos prácticos para definir que se han tenido que presuponer a la vez que incluir en el presupuesto. A su vez, por la confección del estado de mediciones se han empleado los precios actualizados de los equipamientos, con fecha posterior a junio de 2022, a fin de incorporar los incrementos de los costes de los materiales derivados de la inflación subyacente y la alza de las materias primas a nivel mundial.



(a)



(b)

Figura16 (a) Pre-diseño de la planta fotovoltaica. (b) Estudio de sombras generado con el software PVsyst de la planta fotovoltaica.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

En esta subsección se detallan las características técnicas de los equipos más relevantes seleccionados para prediseñar la planta fotovoltaica.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos serán monocristalinos y se interconectarán entre ellos en serie. Dado que una de las premisas recibidas en la confección del presente estudio es la minimización de la ocupación de territorio para conseguir la independencia energética del campus, será de especial relevancia que la Eficiencia del panel sea lo más alta posible.

Para el presente estudio se ha seleccionado el panel fotovoltaico modelo LR4-72HPH-455M, del Fabricante chino Longi Solar, que presenta una Eficiencia del 20,9% y las características técnicas que se exponen en la **Tabla 19**. Cabe remarcar que en el proyecto real deben seleccionarse paneles con una Eficiencia igual o superior a la del panel empleado en este estudio, si se quiere obtener una Generación eléctrica equivalente o superior a la planteada.

Tabla 19. Principales características técnicas de los paneles fotovoltaicos LR4-72HPH-455M

Fabricante:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [Wp]:	455
Tipo de celdas en el panel:	Monocristalino
Número de celdas en el panel:	144
Eficiencia [%]:	20,9
Dimensiones [mm]:	2094x1038x35
Peso [kg]:	23,5

Estructuras de soporte

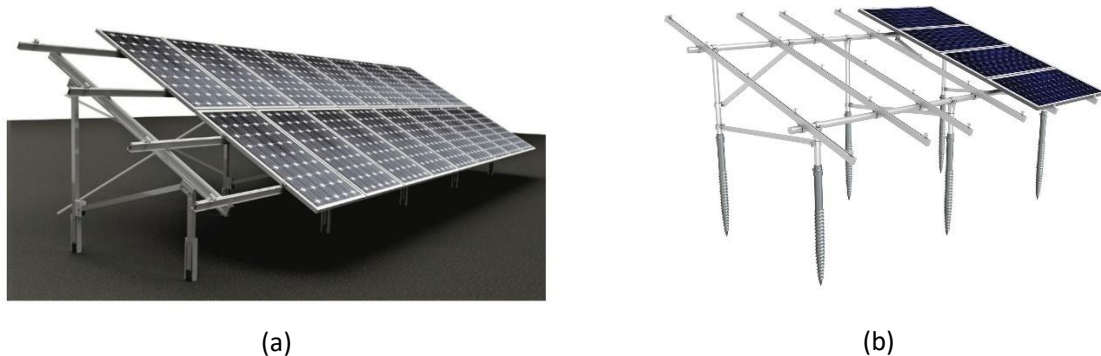
A la hora de seleccionar las estructuras de soporte de los paneles fotovoltaicos se ha intentado minimizar el impacto visual, la ocupación de territorio, y la Generación de residuos permanentes. Otro requisito ha sido que las estructuras permitan la instalación de entre 6 y 12 paneles con configuraciones de dos paneles verticales o cuatro paneles montados horizontalmente, con el objetivo de mantener la altura máxima de la estructura por debajo de los 3 m para minimizar el impacto visual y paisajístico de la planta de Generación. A su vez, se ha decidido que la altura mínima de la estructura sobre el terreno sea de al menos 0,5 m con el objetivo de permitir la posibilidad de compatibilizar la Generación solar con cultivo o el uso del terreno como pastos de animales. Por último,

Para cumplir con los requisitos mencionados, en el presente estudio se ha decidido utilizar estructuras que permitan su fijación al terreno mediante el clavado directo de la estructura en el suelo, **Figura 17(a)**, o mediante el uso de pernos de tierra, **Figura 17(b)**, según la composición del sol.

En ambos casos se produce una ocupación y una degradación mínima del terreno, dado que la ocupación del territorio se limita a la superficie de 4 tornillos o rayas por cada 3 metros lineales de estructura. Los tornillos y las grietas se fijan al suelo mediante un equipo hidráulico o un accesorio hidráulico por excavadora que realiza las funciones de destornillador y de martillo hidráulico, respectivamente. Estas soluciones facilitarán el desmantelamiento y reciclaje de la instalación, una vez finalice su vida útil.

Concretamente, en este estudio se ha optado por la estructura que se clava al sol mediante seis hincas, modelo 35V del Fabricante SUNFER, que se presenta en la **Figura 18**, y con un ángulo de los paneles sobre la horizontal de 30°. Esta estructura permite la instalación de 10 paneles en configuración de dos hileras de cinco paneles montados verticalmente, para tamaños de paneles de

hasta 2279 x 1150 mm, con una altura máxima sobre el suelo de la estructura con los paneles de 2,62 m.



En cuanto a la separación entre diferentes hileras contiguas, se ha fijado en 3,5 m para poder utilizar medios mecánicos para llevar a cabo la limpieza periódica de los paneles fotovoltaicos. En el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético) se indica que la distancia de separación entre filas de módulos de paneles debe ser tal que se garantice al menos cuatro horas de sol alrededor del mediodía del solsticio de invierno. Si se calcula esta distancia teniendo en cuenta que la latitud donde se ubica es terreno, 39,38° N, que la longitud de la estructura con cinco paneles colocados horizontalmente es de 5,2 m (horizontal), y que ángulo de los paneles sobre la horizontal es de 30°, se obtiene que la separación recomendada debe ser de 6,7 m. Por tanto, se propone reducir la separación entre paneles al respecto a la recomendada en el Pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas del IDAE (Instituto para la diversificación y Ahorro Energético), a fin de maximizar la Generación fotovoltaica. En consecuencia, las diferentes estructuras se harán sombra entre ellas, lo que implicará unas pérdidas anuales del 5,1% de la Generación, de acuerdo con las simulaciones realizadas. Ahora bien, las pérdidas son compensadas con el aumento de la Generación al colocar más estructuras por unidad de área.

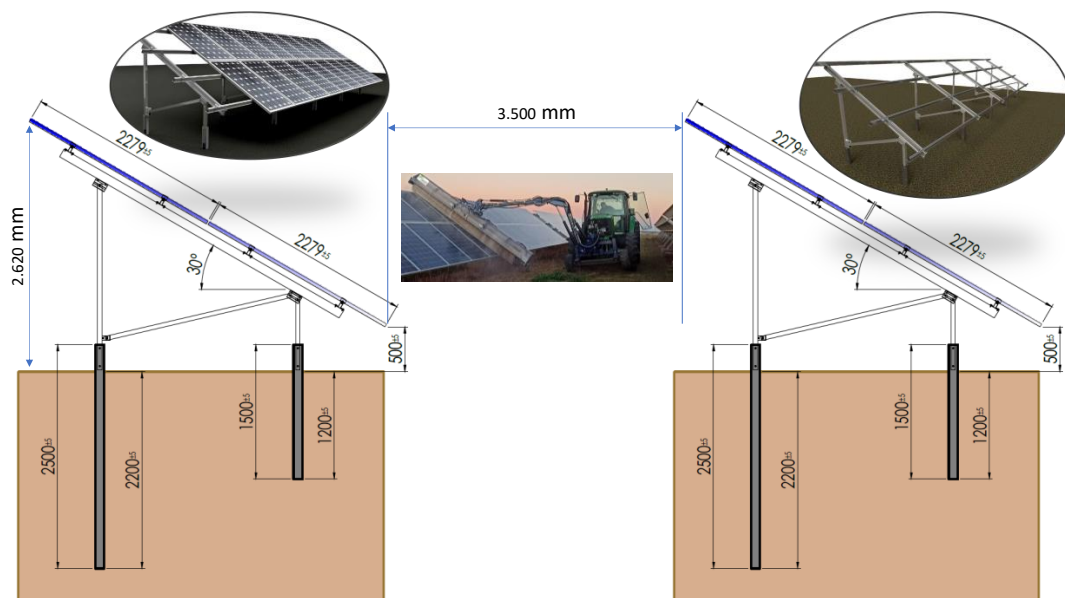


Figura 18. Disposición de las hileras de estructuras de soporte de los paneles en la planta fotovoltaico

Inversores

Los inversores tendrán que disponer de un grado de protección (IP65) y un aislamiento eléctrico suficiente para permitir su instalación en intemperie, fijándolos a la propia estructura de soporte de los paneles, lo más cercano posible de los strings de sigue que agruparán. Todo ello, a fin de minimizar las pérdidas de distribución en DC. A su vez, el rendimiento en la conversión AC/DC de los inversores deberá ser igual o mayor al 98%, y tendrán que disponer de salida trifásica (400V) y capacidades de monitorización y teleoperación (Ethernet, 4G,...) integradas en el propio equipo. Cabe remarcar que será necesario desplegar el sistema de comunicaciones (en el caso de desplegar una solución de comunicaciones inalámbricas tendrá un coste inferior a las soluciones cableadas) para poder interactuar con el inversor.

En el presente estudio se ha seleccionado un inversor trifásico con una potencia de 150kWac, modelo Sunny Highpower 150-20 PEAK3 del Fabricante alemán SMA, con una Eficiencia en la conversión del 98,6% y con las características técnicas que se presentan en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Principales características técnicas del inversor Sunny Highpower 100-20 Peak3.

Fabricante:	SMA
Referencia:	Sunny Highpower 100-20 PEAK3
Potencia máxima en entrada en CC [kWp]:	150
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	100
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	98,6
Grado de protección:	IP65
Comunicaciones integradas:	Ethernet, SMA Modbus,
Peso [kg]:	98

En la **Tabla 21**, se presentan los modelos y características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el predimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla 21. Superficies y características de los equipamientos empleados en el potencial parque fotovoltaico de los terrenos anejos al Camí del Ullastre.

Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m2]	Inclinación	Ángulo azimuth / orientación	Superficie Ocupada [m2]
Paneles solares	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	350	455 Wp	159,25 kWp	1,87	30º	7º / SE	776,3
Estructura de soporte	SUNFER 35 V	SUNFER	35	---	---	15,05	30º	7º / SE	776,3
Inversores	Sunny Highpower SHP150-PEAK3	SMA	1	150 kWac	150 kWac	--	--		--
Superficie total ocupada con la proyección de los elementos de la instalación:									776,3
Superficie total de la "zona 1 – facultades existentes":									347.833
Porcentaje de ocupación de la "zona 1 – facultades existentes":									0,22%

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA ANEXA AL CAMINO DEL ULLASTRE

El coste de la inversión necesaria para el despliegue de la planta fotovoltaica asciende a 283.825,58€. En la **Tabla 22** se presenta de forma detallada la estimación del coste de la inversión que debería realizarse para desplegar la instalación propuesta.

Tabla 22. Estimación del coste de la inversión de la planta fotovoltaica

	Partida	Modelo	Unidades	Coste unitario [€]	Coste Total [€]:	Porcentaje del coste %
Capítulo 1	Obra Civil	---	1	2.178,30 €	2.178,30 €	1,18%
	Instalación de las placas fotovoltaicas	Estructura de soporte de los paneles PV y su instalación, palanganas de soporte del cableado, material eléctrico, material auxiliar, mano de obra.	1	76.090,99 €	76.090,99 €	41,20%
Total obras civiles y estructuras:					78.269,29 €	42,38%
Capítulo 2	Instalación eléctrica	Cableado, tubos, suelos, material auxiliar, mano de obra, Planta fotovoltaica -> CT Aljibe General	1	17.329,02 €	17.329,02 €	9,38%
Total cableado instalación eléctrica:					17.329,02 €	9,38%
Presupuesto infraestructura de instalación:					95.598,31 €	51,76%
Capítulo 3	Paneles, inversores y contador eléctrico					
	Inversor	Sunny Highpower SHP150-20-PEAK3 (SMA)	1	13.698,00 €	13.698,00 €	7,42%
	Panel PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	350	144,63	50.620,50 €	27,41%
	Contador eléctrico		1	2.700,00 €	2.700,00 €	1,46%
	Caja de conexiones	Caja de conexiones ST-36 (36 ramales de 350A)	14	600,00 €	8.400,00 €	4,55%
Capítulo 4	Centro de transformación	Cuadro de baja tensión	1	3.738,09 €	3.738,09 €	2,02%
Capítulo 5	Sistema de Seguridad	Clos perimetral + Sistema de seguridad	1	1.065,30 €	1.065,30 €	0,58%
Capítulo 6	Sistema de iluminación	Columnas de iluminación	1	2.671,20 €	2.671,20 €	1,45%
Capítulo 7	Seguridad y Salud	Seguridad y Salud	1	206,70 €	206,70 €	0,11%
Capítulo 8	Imprevistos de obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	3,25%
Presupuesto de ejecución material (PEM):					184.698,10 €	100,00%
				Porcentaje		
Gastos Generales (GG):				13,00%	24.010,75 €	
Beneficio industrial (BI):				6,00%	11.081,89 €	
				Total DG+BI [€]:	35.092,64 €	
Honorarios profesionales [€]				8,00%	14.775,85 €	
Presupuesto de ejecución por contrata [€]:					234.566,59 €	
IVA:				21,00%	49.258,98 €	
Total del presupuesto General (incluye IVA)					283.825,58 €	
Coste específico [€/Wp]:					1,79	

SOLAR ROAD

En la presente subsección del presente documento se detallan aspectos tales como: la ubicación de los terrenos susceptibles a instalar una potencial planta fotovoltaica, la clasificación de la zona a la que pertenece el terreno en función del uso designado, una descripción de la potencial instalación fotovoltaica a desplegar, y la generación eléctrica mensual que abocaría a esta instalación en la red, una descripción de los equipamientos seleccionados, y una estimación de los costes de inversión.

UBICACIÓN

En la **Figura19** se presenta los terrenos por los que pasará el futuro caminal que conectará la Calle Conillera con el aparcamiento del Anselm Turmeda. Éste presentará una superficie aproximada de unos 1.427,8 m², y en el presente estudio se plantea cubrirlo totalmente mediante el despliegue de una infraestructura singular de caminal solar, construida en base a la combinación de las estructuras metálicas de varias Unidades de naves agrícolas, y basada en algunos de los proyectos más innovadores que se plantean en la Unión Europea en este ámbito (**Figura20**).

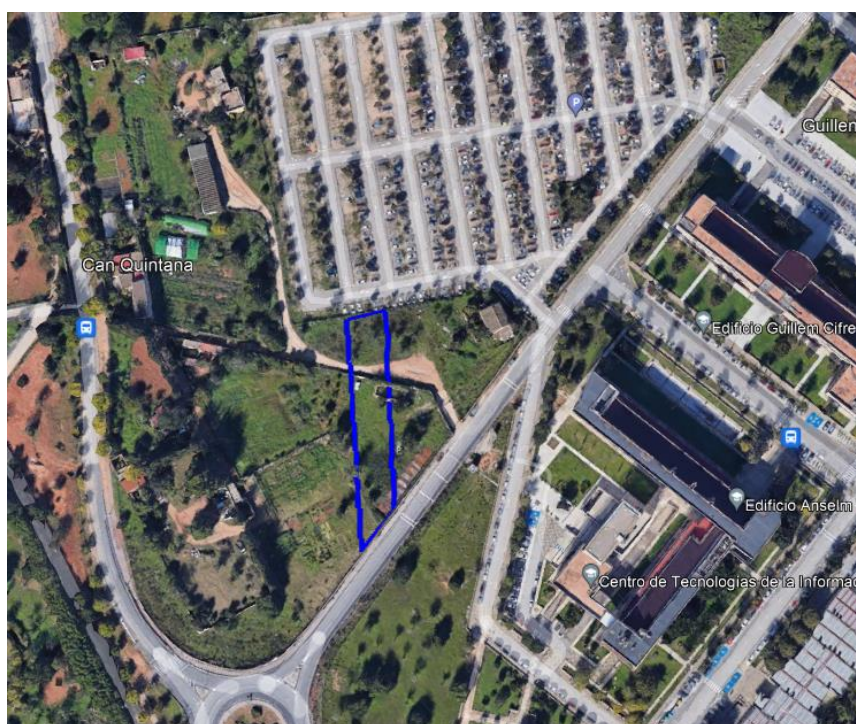


Figura19. Zona acotada en azul presenta los terrenos por los que pasará el futuro caminal.



PV-SUD initiative. Fuente: LABOR3 for Sonnenkraft/HSH.



A81 Autobahn: Solar roof over the highway. Fuente: Austrian Institute of Technology

Figura20. Ejemplos de carreteras fotovoltaicas actualmente en proyección en la UE.

DESCRIPCIÓN DEL POTENCIAL PARQUE FOTOVOLTAICO

Una vez analizados diferentes escenarios de generación fotovoltaica se plantea que en el futuro caminal que conectará el aparcamiento del Anselm Turmeda y la Calle Conillera se podría ubicar un caminal solar de 295 kWp de paneles fotovoltaicos, elementos generadores en corriente continua (DC), y 300 kWac de potencia de producción en corriente alterna (AC), elementos convertidores de DC/AC. Dado que la energía Generada para los paneles fotovoltaicos es transferida mediante corriente continua debe transformarse en corriente alterna, con la misma calidad (tensión, frecuencia,...) que la de la red eléctrica, mediante el uso de inversores fotovoltaicos de red. Por tanto, se trataría de una instalación de generación trifásica (400V) con inyección directa de energía en el anillo de media tensión, propio de la UIB, por el autoconsumo de los diferentes edificios. En consecuencia, mediante un centro de transformación (BT/MT). De esta forma se permite la inyección de la energía en la propia red de MT de la UIB, y la evacuación de los excedentes hacia la red de distribución de ENDESA/ENEL a través del punto frontera de la red de media tensión del campus. Concretamente, se plantea evacuar la energía Generada a través del centro de transformación que se ha propuesto construir en el aparcamiento del Anselm Turmeda, anexo al edificio de Ca Ses Llúcies. Con el fin de tener margen de potencia, en el presente estudio se plantea la ampliación del centro de transformación añadiendo un transformador de 630 kVA.

La propuesta de despliegue de placas fotovoltaicas en el caminal se basa en la instalación de una estructura metálica continua prefabricada, del tipo nave agrícola abierta, sobre cuyo tejado se instalarían los paneles fotovoltaicos y todo el cableado eléctrico de la instalación. De esta forma se conseguiría una superficie susceptible para instalar paneles fotovoltaicos de 1.535,3 m², una superficie mayor a la del tramo de caminal susceptible para instalar placas, dado que la anchura del tejado de la estructura planteada sería de unos 17 m, frente a los 14 m de ancho de la calzada. En consecuencia, el uso de la estructura presentada en la **Figura 21** permitiría aumentar la superficie por la instalación de paneles fotovoltaicos, al tiempo que evitar posibles impactos de vehículos en la estructura en caso de accidente (al ubicarse los zapatos de la estructura más allá de los paredones laterales del caminal).

Sobre la superficie del tejado del caminal, compuesto por 2,5 estructuras metálicas prefabricadas del modelo presentado en la **Figura 21**, se podría instalar hasta 648 paneles fotovoltaicos del modelo LR4-72HPH-455M del Fabricante chino Longi Solar de 455 Wp con una Eficiencia del 20,9%. Dya que la estructura cubriría un caminal ya existente, esta instalación prácticamente no implicaría ocupar suelo urbanizable no consolidado. Cabe mencionar que, las estructuras presentan una inclinación de un 8%, y se orientarán hacia el suroeste.

En cuanto a los inversores empleados, debe mencionarse que en el presente estudio se han empleado dos inversores modelo Sunny Highpower SPH 150 Peak3 de 150 kW del Fabricante alemán SMA.

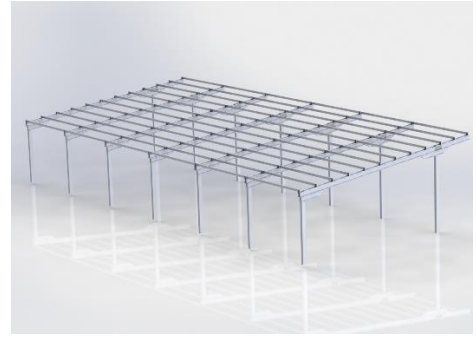
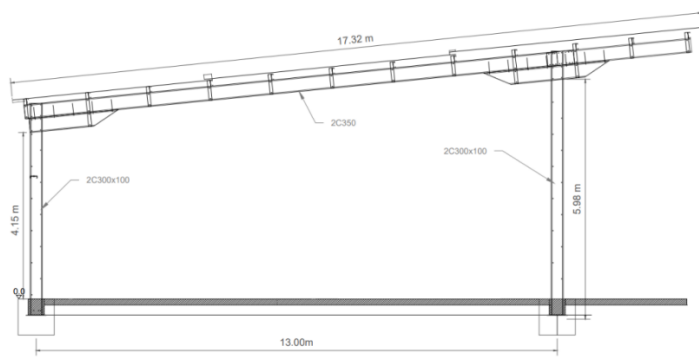


Figura 21. Ejemplo de estructuras metálicas continuas prefabricadas destinadas a usos agrícolas que podrían servir para el despliegue del caminal solar

En la siguiente figura se presenta el pre-diseño de la instalación fotovoltaica que podría desplegarse en el caminal:

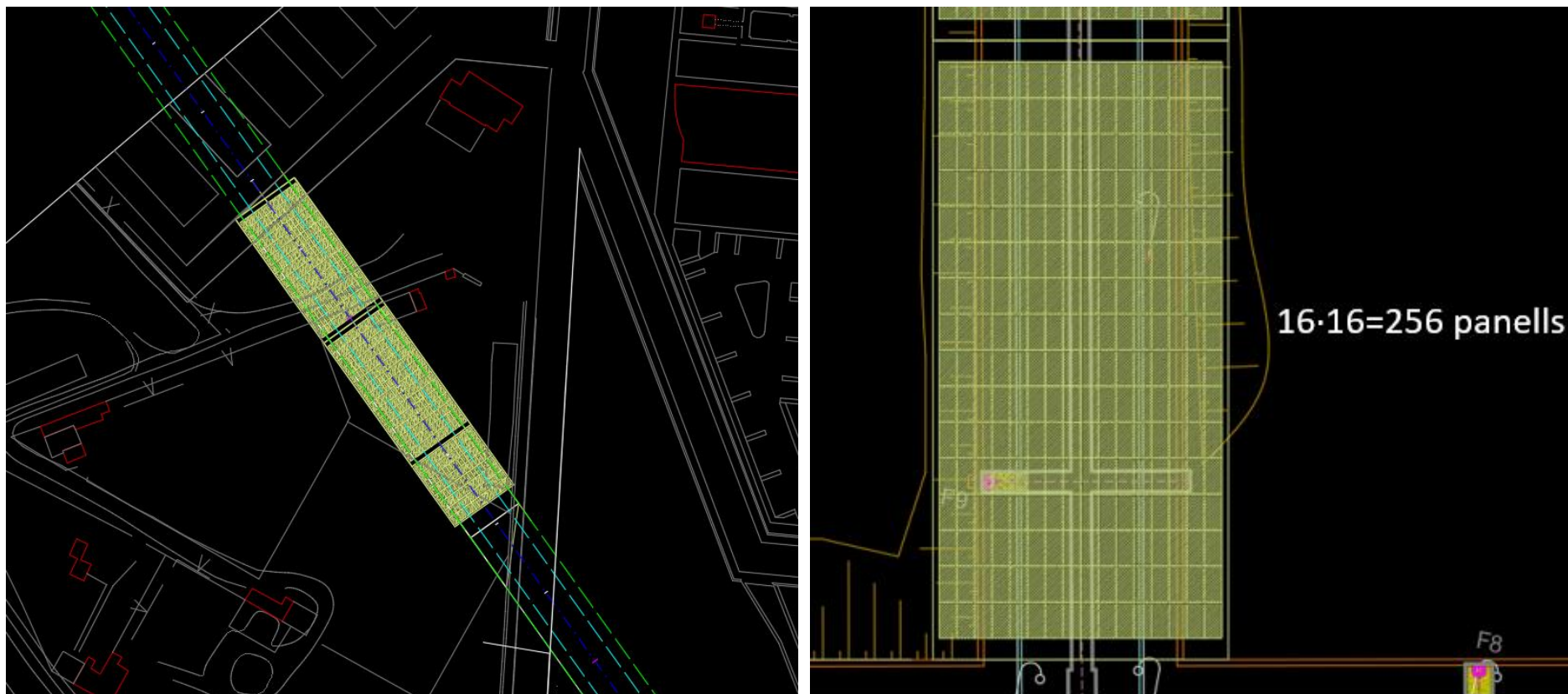


Figura22:Pre diseño del caminal solar que se podría desplegar en el caminal.

A partir de la simulación del diseño de la planta mediante el software PVsyst se ha obtenido la energía que se inyectaría mensualmente en el anillo de media tensión de la UIB, una vez descontadas las pérdidas:

Tabla 23. Generación de la hipotética planta fotovoltaica ubicada en el caminal

	Irradiancia Global Horizontal [kWh/m ²]	Irradiancia Difusa Horizontal [kWh/m ²]	Energía efectiva en la salida de la matriz de paneles fotovoltaicos [MWh]	Producción estimada [MWh]
Enero	67,70	26,84	21,49	21,27
Febrero	85,10	37,39	25,91	25,65
Marzo	137,40	50,84	39,87	39,45
Abril	168,00	65,67	46,06	45,58
Mayo	205,80	81,80	54,27	53,69
Junio	220,60	82,30	56,33	55,75
Julio	222,80	77,89	56,04	55,46
Agosto	196,90	68,01	51,16	50,63
Septiembre	145,30	59,45	39,85	39,44
Octubre	107,20	44,86	30,95	30,64
Noviembre	68,80	33,24	21,06	20,84
Diciembre	59,30	26,61	18,88	18,68
Total anual:	1.684,90	654,89	461,87	457,07
Inversión neta (Total del presupuesto General):				530.760,61 €
Reducción de emisiones CO ₂ [tCO ₂ /año]:				131,18
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				4,46%

Concretamente, esta potencial instalación fotovoltaica tendría una generación media de **457,1MWh/año**, que se corresponde con un **4,46% de la demanda eléctrica anual** del campus de la UIB. Adicionalmente, cabe mencionar que esta instalación llevaría asociada una reducción de **131,2 toneladas de emisiones de CO₂/año**, requiriendo una inversión neta (incluyendo todos los impuestos) de **530.760,6€**. Esta inversión se corresponde a un coste específico de **1,80€/Wp** (impuestos incluidos) e incluyendo todas las instalaciones (Baja tensión, Media tensión,...) y obra civil asociadas (movimientos de tierra, zapatos, pilares para aumentar la altura de las naves, etc.), de los cuales unos **0,08€/Wp** se corresponden a actuaciones sobre la red de distribución de MT de la UIB.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

En esta subsección se detallan las características técnicas de los equipos más relevantes seleccionados para prediseñar la planta fotovoltaica.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos serán monocristalinos y se interconectarán entre ellos en serie, siendo una de las características más relevantes a la hora de seleccionar los paneles que la Eficiencia del panel sea la más alta posible. Para este estudio se ha seleccionado el panel modelo LR4-72HPH-455M, del Fabricante chino Longi Solar, que presenta una Eficiencia del 20,9% y las características técnicas que se exponen en la **Tabla 24**. Cabe remarcar que en el proyecto real deben seleccionarse paneles con una Eficiencia igual o superior a la del panel empleado en este estudio.

Tabla 24. Principales características técnicas de los paneles fotovoltaicos LR4-72HPH-455M

Fabricante:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [Wp]:	455
Tipo de celdas en el panel:	Monocristalino
Número de celdas en el panel:	144
Eficiencia [%]:	20,9
Dimensiones [mm]:	2094x1038x35
Peso [kg]:	23,5

Estructura metálica del caminal solar

A la hora de seleccionar la estructura del caminal solar se ha intentado minimizar el impacto visual, la ocupación de territorio y la Generación de residuos permanentes. Con el objetivo de cumplir estos requisitos, se ha seleccionado un kit de una estructura para una nave agrícola en un agua hecha con perfil de acero galvanizado atornillado, de 17 m de ancho y 36 m de largo, que permite cubrir la totalidad de la anchura del caminal. Para poder cubrir el tramo del sendero se han colocado 2,5 Unidades. También cabe mencionar que los pilares metálicos de la nave se han colocado sobre pilastras de 1,5 m de altura (cogiendo como referencia de altura nula la calzada), que a su vez se encuentran colocadas sobre zapatos de 4 m³, para asegurar la estabilidad de la estructura, y permitir la circulación de todo tipo de vehículos.

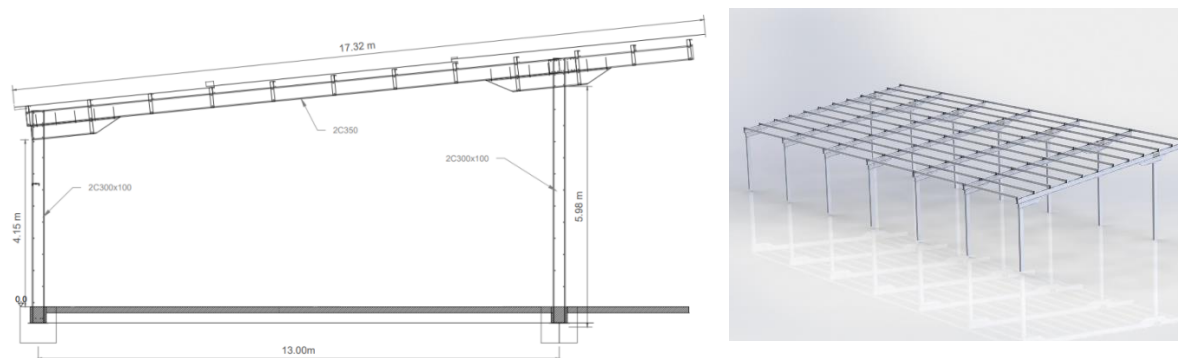


Figura 23. Ejemplo de estructuras metálicas continuas prefabricadas destinadas a usos agrícolas que podrían servir para el despliegue del caminal solar

Inversores

Los inversores tendrán que disponer de un grado de protección (IP65) y un aislamiento eléctrico suficiente para permitir su instalación en la intemperie, en la propia estructura de soporte de los paneles, lo más cercano posible de los strings de continua que agrupará; a fin de minimizar las pérdidas de distribución en DC. A su vez, el rendimiento en la conversión AC/DC de los inversores deberá ser mayor al 98%, disponer de salida trifásica (400V) y capacidades de monitorización y teleoperación (Ethernet, 4G,...) integradas en el propio equipo.

Por este estudio se ha seleccionado el modelo **Sunny Highpower 150-20 PEAK3 de 150 kW**.

Tabla 25. Principales características técnicas del inversor Sunny Highpower SHP 150-Peak3

Fabricante:	SMA
Referencia:	Sunny Highpower SHP 150-Peak3
Potencia máxima en entrada en CC [kWp]:	225
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.500
Numero de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	150
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	99,1
Grado de protección:	IP65
Comunicaciones integradas:	Ethernet, SMA Modbus,
Peso [kg]:	98

En la **Tabla 26**, se presentan los modelos y características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el predimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla 26. Superficies y características de los equipamientos empleados en la planta fotovoltaica del caminal solar

Modelo de marquesina:		Kit Nave de Terneros	Fabricante:		CARM	Unidades:	2,5	Superficie unitaria [m2]:	617,4
Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m2]	Inclinación	Ángulo azimut / orientación	Superficie Ocupada [m2]
Paneles solares	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	648	455 Wp	295 kWp	2,17	8º	-19/ SO	1.535,3
Inversores	Sunny Highpower 150-20 PEAK3	SMA	2	150 kWac	300 kWac	--	--	--	--
Evacuación de la Generación									
Centro de transformación	---	Transformador de 630 kVA + cuadro de baja tensión	1	--	630 kVA	--	--	--	--

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA DEL CAMINAL SOLAR

El coste de la inversión necesaria para el despliegue de una planta fotovoltaica con sus características y equipos descritos en las subsecciones anteriores en el caminal asciende a 525.364,99 €. En la

Tabla 27 se presenta de forma detallada la estimación del coste de la inversión que debería realizarse.

Tabla 27. Estimación del coste de la inversión de la planta fotovoltaica del aparcamiento del caminal solar

	Partida	Modelo	Unidades	Coste unitario [€]	Coste Total [€]:	Porcentaje del coste %
Capítulo 1	Obra Civil	---	1	4.041,50 €	4.041,50 €	1,17%
	Instalación de las placas fotovoltaicas	Estructura metálica de la cubierta solar del caminal, coste del transporte de cada estructura desde Huesca hasta Mallorca, movimiento de suelos, zapatos de 4 m3, pilares de hormigón armado para aumentar la altura de la estructura metálica, material auxiliar, mano de obra de la instalación, etc.	1	179.393,93 €	179.393,93 €	51,94%
	Total obras civiles y estructuras:				183.435,43 €	53,11%
Capítulo 2	Instalación eléctrica	Cableado, tubos, suelos, material auxiliar, mano de obra de la instalación, zanja para el entubado, hormigonado de la zanja de conexión hasta el CT	1	5.552,24 €	5.552,24 €	1,61%
Total cableado instalación eléctrica:					5.552,24 €	1,61%
Presupuesto infraestructura de instalación:					188.987,68 €	54,72%

Capítulo 3	Paneles, inversores y contador eléctrico					
	Inversor	Sunny Highpower SHP150	2	15.414,53 €	30829,06	8,93%
	Panel PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	648	144,63	93.720,24 €	27,13%
	Contador eléctrico		1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,78%
	Caja de conexiones	Caja de conexiones ST-36 (36 ramales de 350A)	1	600,00 €	600,00 €	0,17%
Capítulo 4	Centro de transformación	Transformador de 630 kVA de potencia + cuadro de baja tensión.	1	15.236,89 €	15.236,89 €	4,41%
Capítulo 5	Sistema de Seguridad	Clos perimetral + Sistema de seguridad	1	1.976,50 €	1.976,50 €	0,57%
Capítulo 6	Sistema de iluminación	Columnas de iluminación	1	4.956,00 €	4.956,00 €	1,43%
Capítulo 7	Seguridad y Salud	Seguridad y Salud	1	383,50 €	383,50 €	0,11%
Capítulo 8	Imprevistos de obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	1,74%
Presupuesto de ejecución material (PEM):					345.389,87 €	100,00%
					Porcentaje	
Gastos Generales (GG):					13,00%	44.900,68 €
Beneficio industrial (BI):					6,00%	20.723,39 €
					Total DG+BI [€]:	65.624,07 €
Honorarios profesionales [€]					8,00%	27.631,19 €
Presupuesto de ejecución por contrata [€]:						438.645,13 €
IVA:					21,00%	92.115,48 €
Total del presupuesto General (incluye IVA)						530.760,61 €
Coste específico [€/Wp]:						1,80

PÉRGOLAS FOTOVOLTAICAS DE CAN LÓPEZ

En la presente subsección se detallan los principales aspectos relacionados con el despliegue de una potencial instalación fotovoltaica de autoconsumo basada en la instalación de pérgolas en los espacios de estacionamientos al lado de la izquierda del aparcamiento del Anselm Turmeda (orientado hacia el norte). A continuación se detallan aspectos tales como: la ubicación de los terrenos susceptibles a instalar una planta fotovoltaica, la clasificación de la zona a la que pertenece el terreno en función del uso, una descripción de la potencial instalación fotovoltaica a desplegar, y la generación eléctrica mensual que abocaría esta instalación a la red, un detalle de los equipamientos seleccionados, y finalmente una estimación de los costes de inversión.

UBICACIÓN

La zona de estacionamiento de vehículos susceptible para instalar placas fotovoltaicas sobre pérgolas se encuentra ubicado en el campus de la Universidad de las Islas Baleares, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), en el aparcamiento del Anselm Turmeda. Este espacio consta de una superficie de 1.037,5 m², y se puede visualizar en la **Figura24** acotado con una línea de color azul.

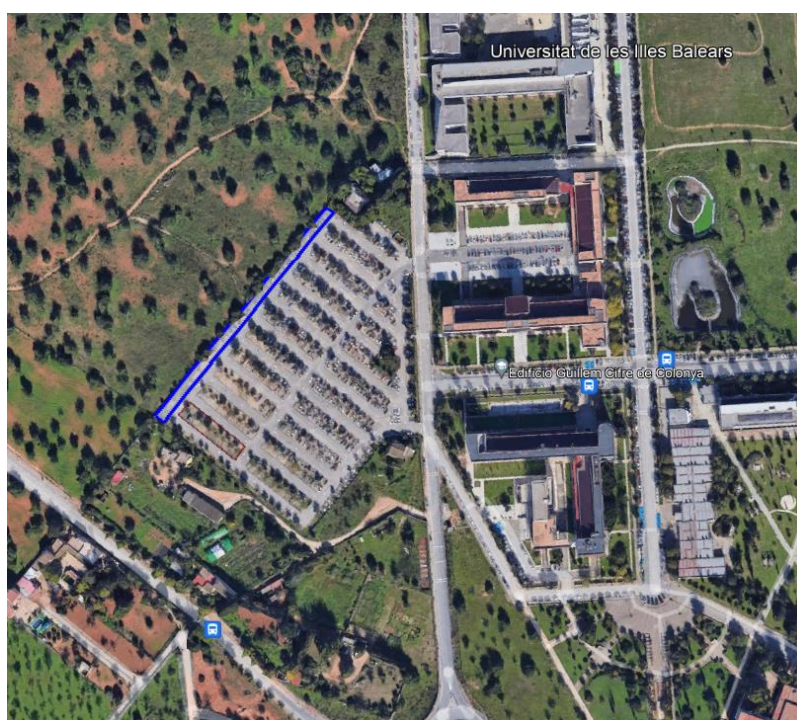


Figura24. Zona delimitada en azul sería donde se ubicaría la pérgola fotovoltaica.

CLASIFICACIÓN DE LA ZONA AFECTADA

Los terrenos prioritarios del aparcamiento del edificio Anselm Turmeda están definidos como zona 7 - área de reserva natural, según lo establecido en el Plan Especial de 1986 de la Universidad de las Illes Balears, que en su totalidad consta de una superficie aproximada de 347.833 m². En cuanto a la aptitud para instalar un parque fotovoltaico, cabe mencionar que según el mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas, disponible en el visor de la Infraestructura de Datos Espaciales de las Islas Baleares (IDEIB) de la Consejería de Media Ambiente y Territorio del GOIB, presenta una aptitud baja. Ahora bien, de acuerdo con la ley 10/2019, del visor IDEIB, el citado aparcamiento aparece identificado y presenta un nivel de insolación anual óptimo, con un valor menor o igual a 1.133 kWh/m²,

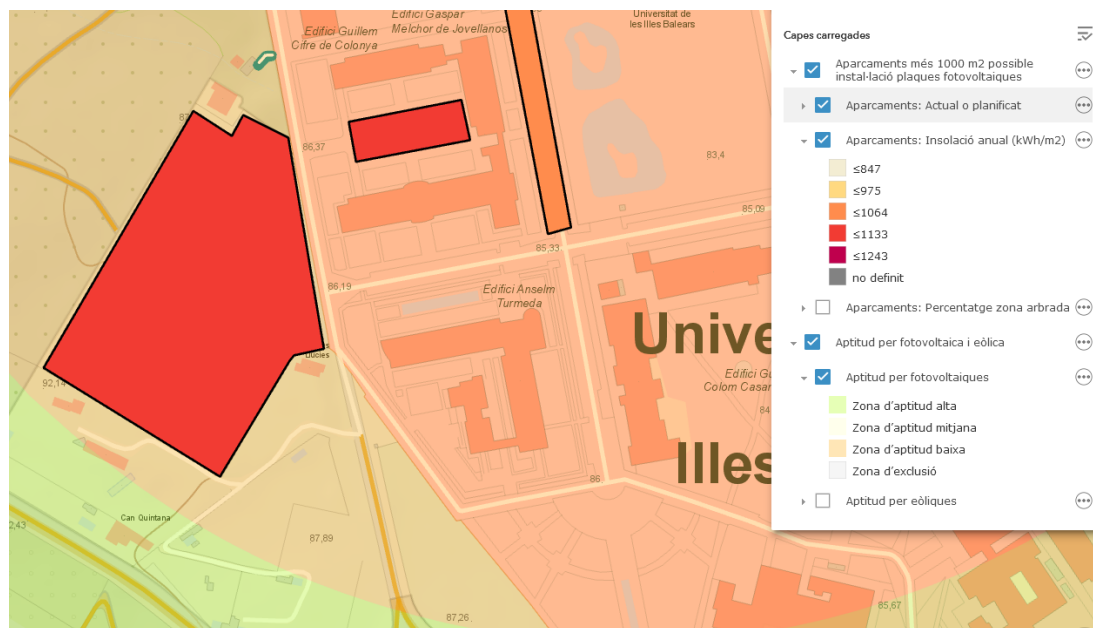


Figura 25. Mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas del aparcamiento del edificio Anselm Turmeda. Fuente: IDEIB.

DESCRIPCIÓN DEL POTENCIAL PARQUE FOTOVOLTAICO

Una vez analizados distintos escenarios de generación fotovoltaica se plantea que en la zona de estacionamiento mencionada en el presente estudio se podría ubicar un parque fotovoltaico de 189 kWp de potencia de producción en corriente continua (DC) y 200 kWac de potencia de producción en corriente alterna (AC), de los elementos convertidores de DC/AC. Dado que la energía Generada por los paneles fotovoltaicos es transferida mediante corriente continua debe transformarse en corriente alterna, con la misma calidad (tensión, frecuencia,...) que la de la red eléctrica, mediante el uso de inversores fotovoltaicos de red. Por tanto, se trataría de una instalación de generación trifásica (400V) con inyección directa de energía en el anillo de media tensión, propio de la UIB, por el autoconsumo de los diferentes edificios. En consecuencia, deberá elevarse la tensión de la energía producida en baja tensión por la instalación fotovoltaica a media tensión (MT) mediante un centro de transformación (BT/MT). De esta forma se permitiría la inyección de la energía en la propia red de MT de la UIB, y la evacuación de los excedentes hacia la red de distribución de ENDESA/ENEL a través del punto frontera del Campus. Concretamente, en el presente estudio se propone evacuar la energía que generaría la potencial instalación fotovoltaica a través del CT que se propone construir anexa al edificio de Ca Ses Llúcies, cuyo coste ya se ha incluido en la estimación del coste de la instalación de la potencial planta fotovoltaica que podría instalarse en el aparcamiento del Anselm Turmeda.

Una vez analizados los terrenos se ha determinado que se podría desplegar una potencial instalación fotovoltaica que permitiría instalar hasta 416 paneles fotovoltaicos, del modelo LR4-72HPH-455M del Fabricante chino Longi Solar, de 455 Wp con una Eficiencia del 20,9 %, colocadas sobre tres marquesinas modelo PR1.1 SC20 y una marquesina modelo PR1.1 SC10, del Fabricante SUNFER que ocuparían una superficie de 1.037,5 m2, equivalente a un 0,29% de la superficie de la zona 7 - área de reserva natural que en totalidad consta de 347.833 m. La cubierta de cada una de estas marquesinas presentaría una inclinación de 5° sobre la horizontal, y las estructuras presentarían una orientación - 120°. A su vez, las cadenas de paneles fotovoltaicos irían conectadas a dos **inversores de 100 kWac modelo Sunny Highpower 100-20 PEAK3** del Fabricante alemán SMA. El pre-diseño de la distribución de los paneles fotovoltaicos se presenta en la **Figura 26**.

A partir de la simulación del diseño de la planta mediante el software PVsyst se ha obtenido la energía que se inyectaría mensualmente en el anillo de media tensión de la UIB, una vez descontadas las pérdidas:

Tabla 28. Generación de la hipotética planta fotovoltaica

	Irradiancia Global Horizontal [kWh/m ²]	Irradiancia Difusa Horizontal [kWh/m ²]	Energía efectiva en la salida de la matriz de paneles fotovoltaicos [MWh]	Producción estimada [MWh]
Enero	67,70	26,84	10,76	10,60
Febrero	85,10	37,39	14,02	13,81
Marzo	137,40	50,84	22,95	22,61
Abril	168,00	65,67	28,12	27,70
Mayo	205,80	81,80	34,24	33,73
Junio	220,60	82,30	36,00	35,47
Julio	222,80	77,89	35,74	35,21
Agosto	196,90	68,01	31,45	30,99
Septiembre	145,30	59,45	23,62	23,28
Octubre	107,20	44,86	17,29	17,05
Noviembre	68,80	33,24	10,97	10,81
Diciembre	59,30	26,61	9,31	9,17
Total anual:	1.684,90	654,89	274,44	270,42
Inversión neta (Total del presupuesto General):				443.372,65 €
Reducción de emisiones CO₂ [tCO₂/año]:				77,61
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				2,64%

Concretamente, la instalación fotovoltaica pre-diseñada proporcionaría una generación media de **270,4 MWh/año**, que permitiría cubrir un **2,6%** de la demanda eléctrica anual del campus de la UIB. Adicionalmente, cabe mencionar que esta instalación llevaría asociada una reducción de **77,6 toneladas de emisiones de CO₂/año**, requiriendo una inversión neta de **443.372,7 €**. Esta inversión se corresponde a un coste específico de **2,35 €/Wp**, (impuestos incluidos), y todas las instalaciones (Baja tensión, Media tensión,...), la adecuación del anillo de media tensión del campus y el conjunto de la obra civil asociada (movimientos de tierra, ...).

El coste específico para esta actuación se ha evaluado en base a un estado de mediciones detallado del prediseño de instalación fotovoltaica propuesta, ahora bien en ésta quedan diferentes aspectos prácticos para definir que se han tenido que presuponer a la vez que incluir en el presupuesto. A su vez, por la confección del estado de mediciones se han empleado los precios actualizados de los equipamientos, con fecha posterior a junio de 2022, a fin de incorporar los incrementos de los costes de los materiales derivados de la inflación subyacente y la alza de las materias primas a nivel mundial.

Por último, cabe remarcar que en el coste específico determinado, de **2,35 €/Wp**, hayo, **0,24 €/Wp (10,2 %)** que se corresponden a actuaciones destinadas a la adecuación de la red de distribución de MT de la UIB para permitir una correcta evacuación de la energía generada en la red.

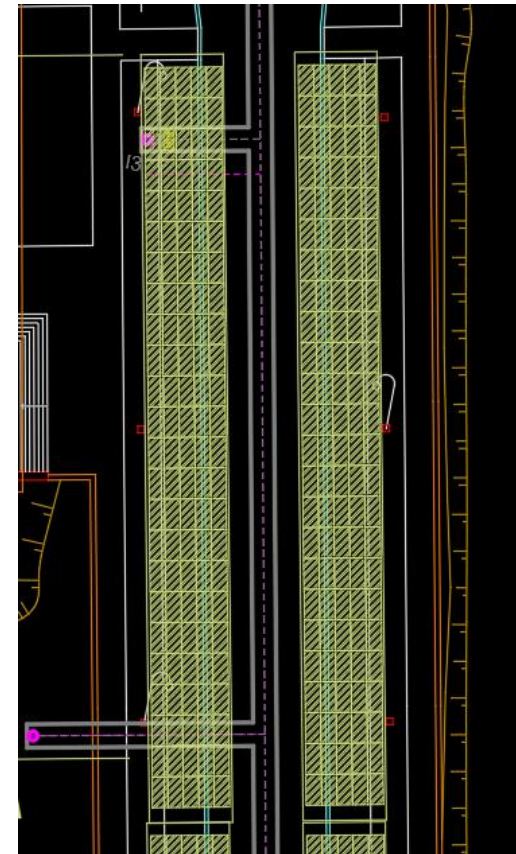
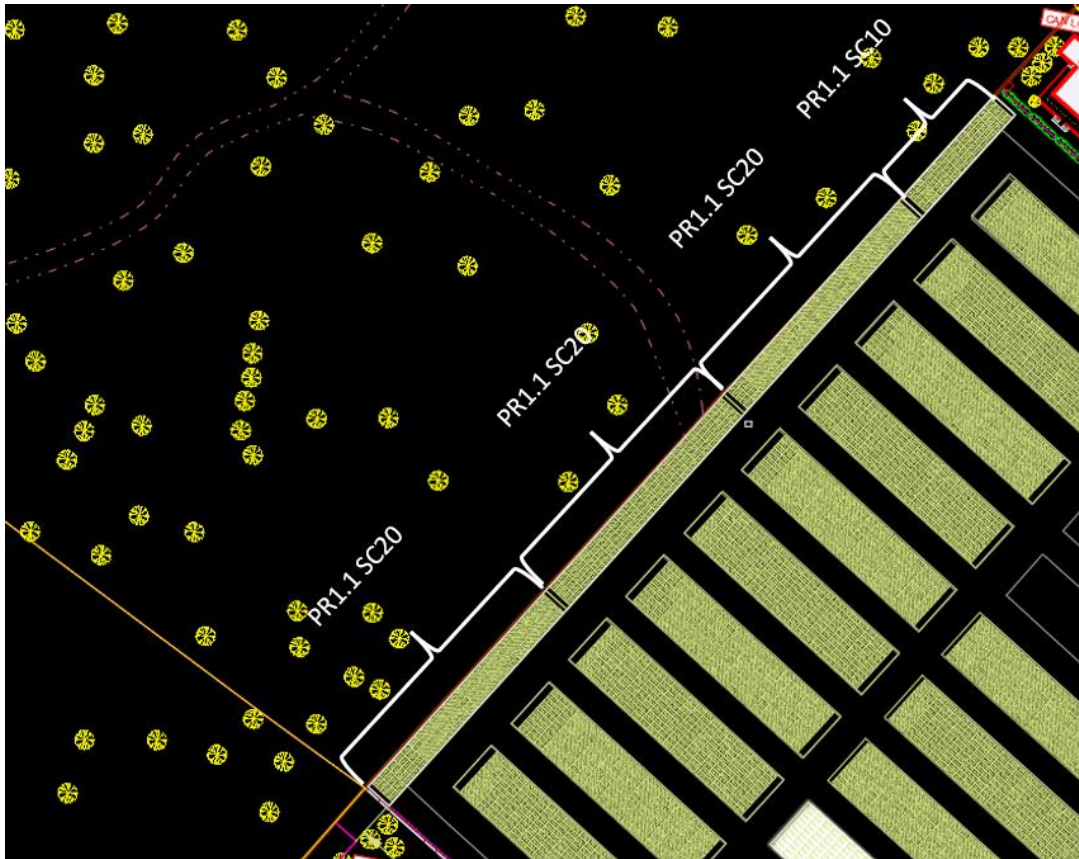


Figura 26: Pre-diseño de la planta fotovoltaica.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

En esta subsección se detallan las características técnicas de los equipos más relevantes seleccionados para prediseñar la planta fotovoltaica.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos serán monocristalinos y se interconectarán entre ellos en serie, siendo una de las características de selección más relevantes que la Eficiencia del panel sea la más alta posible. Para este estudio se ha seleccionado el panel modelo LR4-72HPH-455M, del Fabricante chino Longi Solar, que presenta una Eficiencia del 20,9% y las características técnicas que se exponen en la **Tabla29**. Cabe remarcar que en el proyecto real deben seleccionarse paneles con una Eficiencia igual o superior a la del panel empleado en este estudio.

Tabla29. Principales características técnicas de los paneles fotovoltaicos LR4-72HPH-455M

Fabricante:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [Wp]:	455
Tipo de celdas en el panel:	Monocristalino
Número de celdas en el panel:	144
Eficiencia [%]:	20,9
Dimensiones [mm]:	2094x1038x35
Peso [kg]:	23,5

Marquesinas

A la hora de seleccionar las marquesinas fotovoltaicas se ha intentado minimizar el impacto visual, la ocupación de territorio y la generación de residuos permanentes. Cabe mencionar que en el prediseño se han situado tres marquesinas modelo PR1.1 Sc20 (hasta: 24*5=120 paneles) y una marquesina PR1.1 SC10 (hasta: 12*5=60 paneles) del Fabricante SUNFER permitiendo en total la instalación de 416 paneles fotovoltaicos.

A su vez, con el fin de minimizar el impacto visual y paisajístico se ha decidido que la altura máxima de la marquesina sobre el terreno sea de 3,5 m, y la altura mínima de 2,2 m con el fin de permitir compatibilizar la generación solar con el uso del terreno como estacionamiento de vehículos. Los pilares de las marquesinas se fijarán al suelo mediante su atornillado a unos anclajes previamente embutidos en zapatos de hormigón, que tendrán un volumen de al menos 4 m³ y se encontrarán separadas entre sí como máximo 5 m.

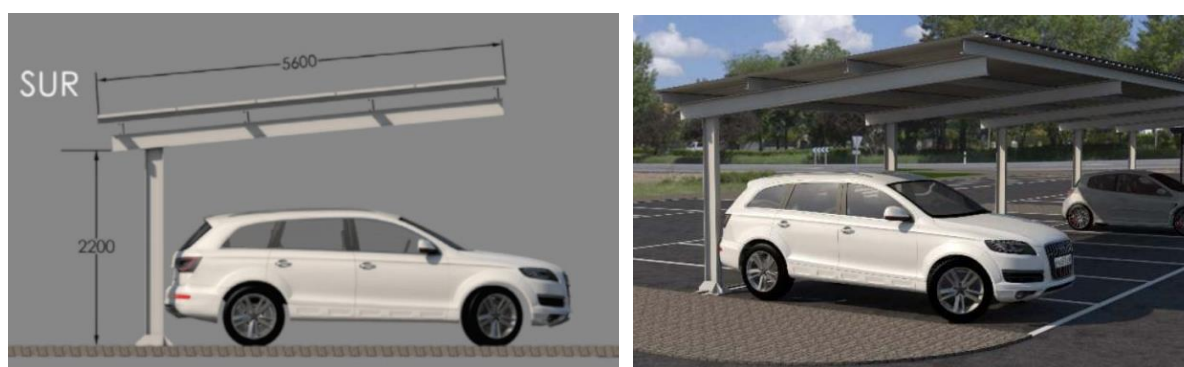


Figura27. Marquesina modular.

Las marquesinas utilizadas permiten la instalación de cinco hileras de 24 y 12 paneles fotovoltaicos montados horizontalmente, por tamaños de paneles hasta 2150x1060 mm. La altura máxima de la

estructura con los paneles sobre el suelo es de 2,67 m. Los pilares de las marquesinas se distribuirán cada 5 metros, e irán fijados mediante tornillos en los respectivos zapatos de hormigón.

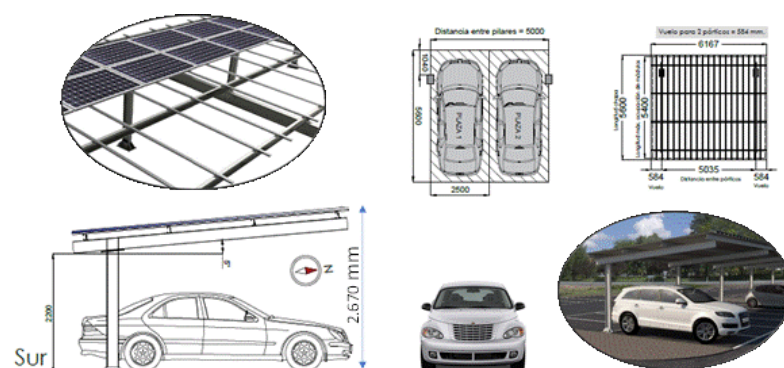


Figura28. Disposición de las hileras de marquesinas fotovoltaicas

Inversores

Los inversores tendrán que disponer de un grado de protección (IP65) y un aislamiento eléctrico suficiente para permitir su instalación en la intemperie, en la propia estructura de soporte de los paneles, lo más cercano posible de los strings de continua que agrupará; a fin de minimizar las pérdidas de distribución en DC. A su vez el rendimiento en la conversión AC/DC de los inversores deberá ser mayor al 98%, disponer de salida trifásica (400V) y capacidades de monitorización y teleoperación (Ethernet, 4G,...) integradas en el propio equipo. Por este estudio se han seleccionado tres modelos de inversores trifásicos. Concretamente, se han empleado dos inversores **modelo Sunny Highpower 100-20 PEAK3 de 100 kW**.

Tabla30. Principales características técnicas del inversor Sunny Highpower 100-20 Peak3.

Fabricante:	SMA
Referencia:	Sunny Highpower 100-20 PEAK3
Potencia máxima en entrada en CC [kWp]:	150
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	100
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	98,6
Grado de protección:	IP65
Comunicaciones integradas:	Ethernet, SMA Modbus,
Peso [kg]:	98

En la En la ¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida., se presentan los modelos y las características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el predimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla 11, se presentan los modelos y características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el predimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla31. Superficies y características de los equipamientos empleados en la planta fotovoltaica

Modelo de marquesina:		3*PR1.1 SC20 +PR1.1 SC10	Fabricante:		SUNFER	Unidades :	3+1	Superficie unitaria [m2]:	302,05/157,6
Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m2]	Inclinación	Ángulo azimut / orientación	Superficie Ocupada [m2]

Paneles solares	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	360+120	455 Wp	163,8 +27,3 kWp	2,17	5°	-120/ SO	1063,75 (marquesinas)
Inversores	Sunny Highpower 100-20 Peak3	SMA	2	100kWac	200 kWac	--	--	--	--
Evacuación de la generación									
Centro de transformación	---	Cuadro de baja	1	--	--	--	--	--	--
Superficie total ocupada con la proyección de los elementos de la instalación [m2]:									1.037,5
Superficie total de la "zona 6 – área de deportes" [m2]:									347.833
Porcentaje de ocupación de la 'zona 7 - área de reserva natural' [%]:									0,29%

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

El coste de la inversión necesaria para el despliegue de una planta fotovoltaica con sus características y equipos descritos en las subsecciones asciende a 443.372,65 €. En la **Tabla32** se presenta de forma detallada la estimación del coste de la inversión que debería realizarse:

Tabla32. Estimación del coste de la inversión de la planta fotovoltaica

	<i>Partida</i>	<i>Modelo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Coste unitario [€]</i>	<i>Coste Total [€]:</i>	<i>Porcentaje del coste %</i>
Capítulo 1	Obra Civil	---	1	2.589,30 €	2.589,30 €	0,90%
	Instalación de las placas fotovoltaicas	Marquesinas de los aparcamientos y su instalación, material auxiliar, cementaciones de los zapatos, mano de obra de la instalación, etc.	1	163.087,56 €	163.087,56 €	56,53%
Total obras civiles y estructuras:					165.676,86 €	57,42%
Capítulo 2	Instalación eléctrica	Cableado, tubos, suelos, material auxiliar, mano de obra, zanja para el entubado, hormigonado de la zanja de conexión hasta el CT de la planta del aparcamiento del Anselm Turmeda etc, mano de obra de la instalación, etc.	1	23.356,35 €	23.356,35 €	8,10%
Total cableado instalación eléctrica:					23.356,35 €	8,10%
Presupuesto infraestructura de instalación:					189.033,21 €	65,52%
Capítulo 3	Paneles, inversores y contador eléctrico					
	Inversor	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3	2	7.199,00 €	14.398,00 €	4,99%
	Panel PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	416	144,63	60.166,08 €	20,85%
	Contador eléctrico		1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,94%
	Caja de conexiones	Caja de conexiones ST-36 (36 ramales de 350A)	13	600,00 €	7.800,00 €	2,70%
Capítulo 4	Centro de transformación	Cuadro de protección de Baja Tensión (BT)	1	3.738,09 €	3.738,09 €	1,30%
Capítulo 5	Sistema de Seguridad	Clos perimetral + Sistema de seguridad	1	1.266,30 €	1.266,30 €	0,44%
Capítulo 6	Sistema de iluminación	Columnas de iluminación	1	3.175,20 €	3.175,20 €	1,10%

Capítulo 7	Seguridad y Salud	Seguridad y Salud	1	245,70 €	245,70 €	0,09%
Capítulo 8	Imprevistos de obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	2,08%
Presupuesto de ejecución material (PEM):					288.522,58 €	100,00%
				Porcentaje		
Gastos Generales (GG):				13,00%	37.507,94 €	
Beneficio industrial (BI):				6,00%	17.311,35 €	
				Total DG+BI [€]:	54.819,29 €	
Honorarios profesionales [€]				8,00%	23.081,81 €	
Presupuesto de ejecución por contrata [€]:					366.423,68 €	
IVA:				21,00%	76.948,97 €	
Total del presupuesto General (incluye IVA)					443.372,65 €	
Coste específico [€/Wp]:					2,35	

HOTELERÍA ESTE

En la presente subsección se detallan los principales aspectos relacionados con el despliegue de una potencial instalación fotovoltaica de autoconsumo en los terrenos anejos al edificio de la escuela de Hostelería. A continuación se detallan aspectos tales como: la ubicación de los terrenos susceptibles a instalar una planta fotovoltaica, la clasificación de la zona a la que pertenece el terreno en función del uso, una descripción de la potencial instalación fotovoltaica a desplegar, y la generación eléctrica mensual que abocaría esta instalación a la red, un detalle de los equipamientos seleccionados, y una estimación de los costes de inversión.

UBICACIÓN

La zona anexa al edificio de Hostelería susceptible para instalar un potencial parque fotovoltaica se encuentra ubicada en el campus de la Universidad de las Islas Baleares, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), y se encuentra delimitada en la **Figura 29** por una línea continua de color azul. Concretamente, este terreno presenta una superficie de 4.699 m² y delimita con la carretera de Valldemossa (MA-1110) y la Escuela de Hostelería de las Islas Baleares (EHIB).

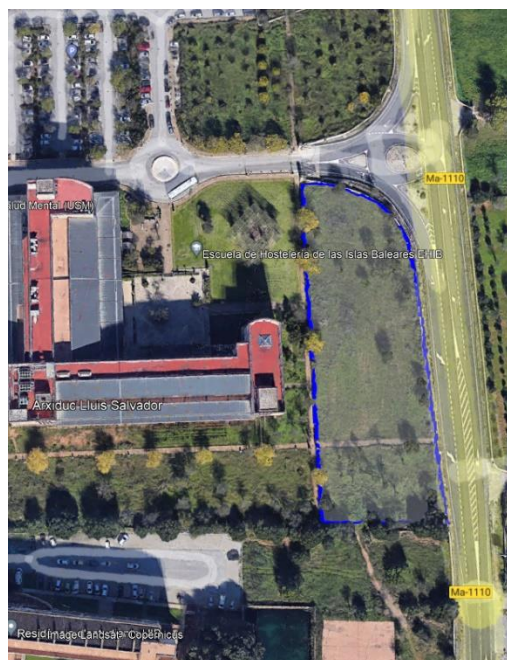


Figura 29. Terrenos anexos al edificio de la Escuela de Hostelería de las Islas Baleares, susceptibles para instalar una planta fotovoltaica. Fuente: Google Earth.

Como puede apreciarse, la zona definida se encuentra anexa a la Escuela de Hostelería, obstáculo que dará pie a la aparición de sombras sobre los paneles fotovoltaicos que se instalen en sus inmediaciones, en especial por las tardes dado que se ubica en la oeste del terreno propuesto. Por tanto, a la hora de predimensionar el potencial parque fotovoltaico que se podría instalar en este terreno se deberá realizar un estudio de sombras cercanas, a fin de determinar las pérdidas de generación provocadas por este obstáculo.

CLASIFICACIÓN DE LA ZONA AFECTADA

Según el mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas, disponible en el visor de la Infraestructura de Datos Espaciales de las Islas Baleares (IDEIB) de la Consejería de Media Ambiente y Territorio del GOIB, los terrenos prioritarios anexos al edificio Archiduque Luis Salvador presenta una aptitud alta.

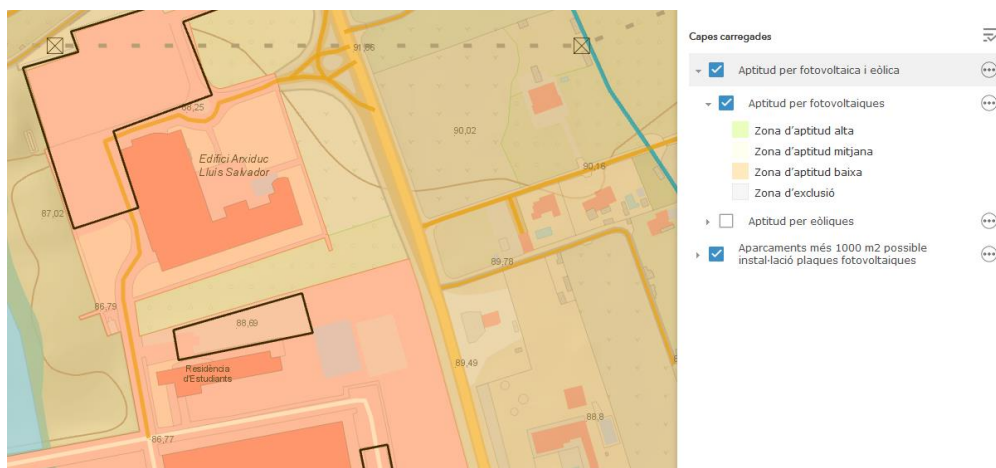


Figura 30. Mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas de los terrenos anexos al edificio Arxiduc Lluís Salvador. Fuente: IDEIB.

DESCRIPCIÓN DEL POTENCIAL PARQUE FOTOVOLTAICO

Una vez analizados distintos escenarios de generación fotovoltaica se plantea que en la zona anexa al edificio Hostelería se podría ubicar un parque fotovoltaico de 448 kWp de potencia de producción en corriente continua (DC), y 450 kWac de potencia de producción en corriente alterna (AC), de los elementos convertidores de DC/AC. Dado que la energía Generada por los paneles fotovoltaicos es transferida mediante corriente continua debe transformarse en corriente alterna, con la misma calidad (tensión, frecuencia,...) que la de la red eléctrica, mediante el uso de inversores fotovoltaicos de red. Por tanto, se trataría de una instalación de generación trifásica (400V) con inyección directa de energía en el anillo de media tensión, propio de la UIB, por el autoconsumo de los diferentes edificios. En consecuencia, debe elevarse la tensión de la energía producida en baja tensión por la instalación fotovoltaica a media tensión (MT) mediante un centro de transformación (BT/MT). De esta forma se permite la inyección de la energía en la propia red de MT de la UIB, y la evacuación de los excedentes hacia la red de distribución de ENDESA/ENEL a través del punto frontera de la red de media tensión del campus. Concretamente, se plantea evacuar la energía generada a través del centro de transformación que se ha propuesto construir anexa a la planta fotovoltaica del Aljibe General. Además, se propone ampliar su potencia añadiendo un transformador de 1000 kVA. De esta forma se tendría margen suficiente para evacuar la energía Generada la planta del Aljibe General, el Caminal de Formentera, la planta Hostelería Este, y la planta Hostelería Norte.

Una vez analizados los terrenos, se ha determinado que se podría desplegar una potencial instalación fotovoltaica que permitiría instalar hasta 990 paneles fotovoltaicos, del modelo LR4-72HPH-455M del Fabricante chino Longi Solar, de 455 Wp con una Eficiencia del 20,9 %, que ocuparían una superficie de 1.961,3 m². Los paneles fotovoltaicos se instalarían sobre 99 soportes inclinados a 30°, del modelo 35V del Fabricante español SUNFER, que permiten colocar dos hileras de cinco paneles. A su vez, las 41 cadenas (strings) de 24 paneles fotovoltaicos de salida se interconectarán a 3 inversos de 150 kWac modelo Sunny Highpower SHP150-20 Peak3 del Fabricante alemán SMA. El pre-diseño

de la distribución de paneles fotovoltaicos en los terrenos anexos a la residencia de estudiantes del Campus de la UIB, y el estudio de sombras obtenido con el software PVsyst, se presenta en la **Figura 31**.

A partir de la simulación del diseño de la planta mediante el software PVsyst se ha obtenido la energía que se inyectaría mensualmente en el anillo de media tensión de la UIB, una vez descontadas las pérdidas:

Tabla33.generación de la hipotética planta fotovoltaica

	Irradiancia Global Horizontal [kWh/m ²]	Irradiancia Difusa Horizontal [kWh/m ²]	Energía efectiva en la salida de la matriz de paneles fotovoltaicos [MWh]	Producción estimada [MWh]
<i>Enero</i>	67,70	26,84	39,74	39,30
<i>Febrero</i>	85,10	37,39	45,20	44,71
<i>Marzo</i>	137,40	50,84	66,58	65,84
<i>Abril</i>	168,00	65,67	70,80	70,03
<i>Mayo</i>	205,80	81,80	78,42	77,58
<i>Junio</i>	220,60	82,30	79,42	78,58
<i>Julio</i>	222,80	77,89	80,16	79,32
<i>Agosto</i>	196,90	68,01	76,70	75,88
<i>Septiembre</i>	145,30	59,45	64,66	63,98
<i>Octubre</i>	107,20	44,86	53,24	52,68
<i>Noviembre</i>	68,80	33,24	37,76	37,36
<i>Diciembre</i>	59,30	26,61	34,94	34,57
Total anual:	1.684,90	654,89	727,62	719,83
Inversión neta (Total del presupuesto General):				711.115,98 €
Reducción de emisiones CO₂ [tCO₂/año]:				206,59
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				7,03%

Concretamente, esta instalación fotovoltaica pre-diseñada proporcionaría una generación media de **719,8MWh/año**, que permitiría cubrir un **7,03% de la demanda eléctrica anual** del campus de la UIB. Adicionalmente, cabe mencionar que esta instalación llevaría asociada una reducción de **206,6toneladas de emisiones de CO₂/año**, requiriendo una inversión neta (incluyendo todos los impuestos) de **711.115,9 €**. Esta inversión se corresponde a un coste específico de **1,59 €/Wp** (impuestos incluidos) e incluyendo todas las instalaciones (Baja tensión, Media tensión,...) y obra civil asociadas (movimientos de tierra, ...).

El coste específico para esta actuación se ha evaluado en base a un estado de mediciones detallado del pre-diseño de instalación fotovoltaica propuesta, ahora bien en ésta quedan diferentes aspectos prácticos para definir que se han tenido que presuponer a la vez que incluir en el presupuesto. A su vez, por la confección del estado de mediciones se han empleado los precios actualizados de los equipamientos, con fecha posterior a junio de 2022, a fin de incorporar los incrementos de los costes de los materiales derivados de la inflación subyacente y la alza de las materias primas a nivel mundial.

Por último, cabe remarcar que en el coste específico determinado, de 1,59 €/Wp, hay 0,08 €/Wp (5 %) que se corresponden a actuaciones destinadas a la adecuación de la red de distribución de MT de la UIB por a permitir una correcta evacuación de la energía generada en la red.

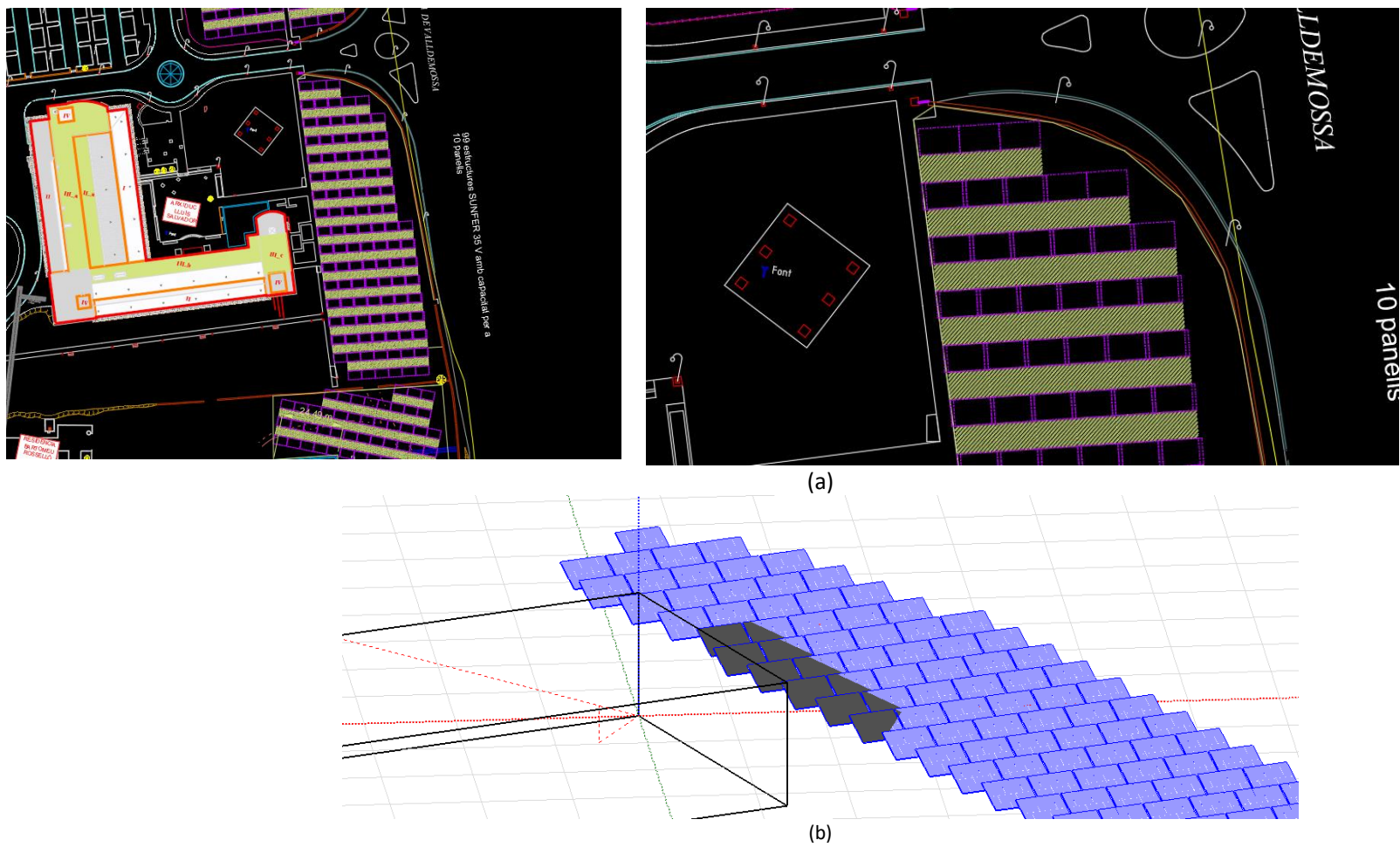


Figura 31 (a) Pre-diseño de la planta fotovoltaica. (b) Estudio de sombras Generado con el software PVsyst de la planta fotovoltaica.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

En esta subsección se detallan las características técnicas de los equipos más relevantes seleccionados para prediseñar la planta fotovoltaica.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos serán monocristalinos y se interconectarán entre ellos en serie. Dado que una de las premisas recibidas en la confección del presente estudio es la minimización de la ocupación de territorio para conseguir la independencia energética del campus, será de especial relevancia que la Eficiencia del panel sea lo más alta posible.

Para el presente estudio se ha seleccionado el panel fotovoltaico modelo LR4-72HPH-455M, del Fabricante chino Longi Solar, que presenta una Eficiencia del 20,9% y las características técnicas que se exponen a continuación. Cabe remarcar que en el proyecto real deben seleccionarse paneles con una Eficiencia igual o superior a la del panel empleado en este estudio, si se quiere obtener una generación eléctrica equivalente o superior a la planteada.

Tabla 34. Principales características técnicas de los paneles fotovoltaicos LR4-72HPH-455M

Fabricante:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [Wp]:	455
Tipo de celdas en el panel:	Monocristalino
Número de celdas en el panel:	144
Eficiencia [%]:	20,9
Dimensiones [mm]:	2094x1038x35
Peso [kg]:	23,5

Estructuras de soporte

A la hora de seleccionar las estructuras de soporte de los paneles fotovoltaicos se ha intentado minimizar el impacto visual, la ocupación de territorio, y la generación de residuos permanentes. Otro requisito ha sido que las estructuras permitan la instalación de entre 6 y 12 paneles con configuraciones de dos paneles verticales o cuatro paneles montados horizontalmente, con el objetivo de mantener la altura máxima de la estructura por debajo de los 3 m para minimizar el impacto visual y paisajístico de la planta de generación. A su vez, se ha decidido que la altura mínima de la estructura sobre el terreno sea de al menos 0,5 m con el objetivo de permitir la posibilidad de compatibilizar la generación solar con cultivo o el uso del terreno como pastos de animales. Por último,

Para cumplir con los requisitos mencionados, en el presente estudio se ha decidido utilizar estructuras que permitan su fijación al terreno mediante el clavado directo de la estructura en el suelo, **Figura 32(a)**, o mediante el uso de pernos de tierra, **Figura 32(b)**, según la composición del sol.

En ambos casos se produce una ocupación y una degradación mínima del terreno, dado que la ocupación del territorio se limita a la superficie de 4 tornillos o rayas por cada 3 metros lineales de estructura. Los tornillos y las grietas se fijan al suelo mediante un equipo hidráulico o un accesorio hidráulico por excavadora que realiza las funciones de destornillador y de martillo hidráulico, respectivamente. Estas soluciones facilitarán el desmantelamiento y reciclaje de la instalación, una vez finalice su vida útil.

Concretamente, en este estudio se ha optado por la estructura que se clava al sol mediante seis hincas, modelo 35V del Fabricante SUNFER, que se presenta en la **Figura 33**, y con un ángulo de los paneles sobre la horizontal de 30°. Esta estructura permite la instalación de 10 paneles en configuración de dos hileras de cinco paneles montados verticalmente, para tamaños de paneles de

hasta 2279 x 1150 mm, con una altura máxima sobre el suelo de la estructura con los paneles de 2,62 m.



En cuanto a la separación entre diferentes hileras contiguas, se ha fijado en 3,5 m para poder utilizar medios mecánicos para llevar a cabo la limpieza periódica de los paneles fotovoltaicos. En el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético) se indica que la distancia de separación entre filas de módulos de paneles debe ser tal que se garantice al menos cuatro horas de sol alrededor del mediodía del solsticio de invierno. Si se calcula esta distancia teniendo en cuenta que la latitud donde se ubica es terreno, $39,38^\circ$ N, que la longitud de la estructura con cinco paneles colocados horizontalmente es de 5,2 m (horizontal), y que ángulo de los paneles sobre la horizontal es de 30° , se obtiene que la separación recomendada debe ser de 6,7 m. Por tanto, se propone reducir la separación entre paneles al respecto a la recomendada en el Pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas del IDAE (Instituto para la diversificación y Ahorro Energético), a fin de maximizar la generación fotovoltaica. En consecuencia, las diferentes estructuras se harán sombra entre ellas, lo que implicará unas pérdidas anuales del 4,74% de la generación, de acuerdo a las simulaciones realizadas. Ahora bien, las pérdidas son compensadas con el aumento de la generación al colocar más estructuras por unidad de área.

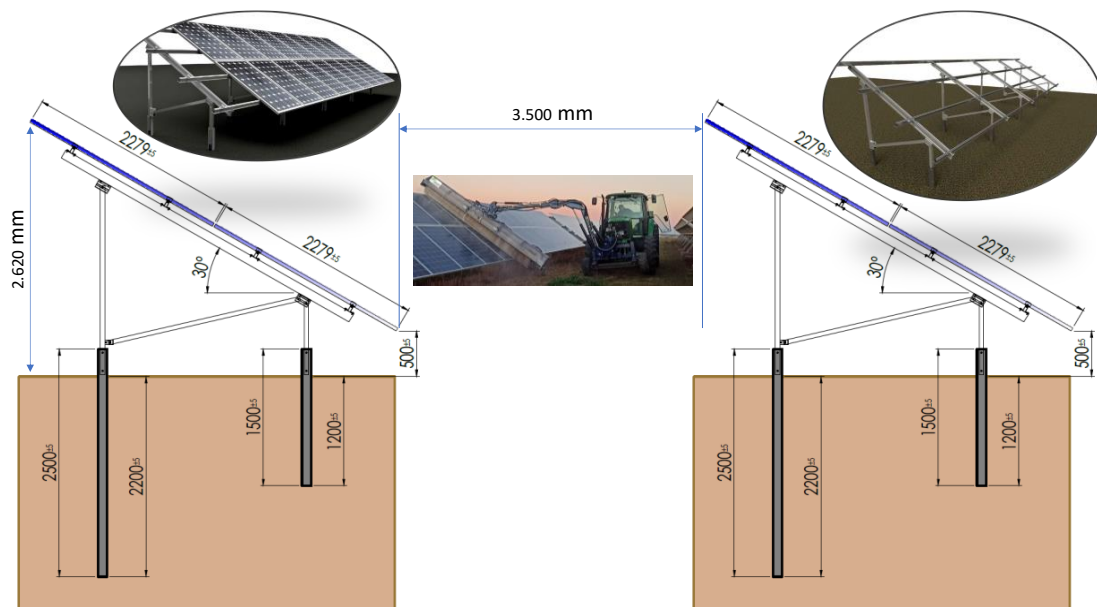


Figura33. Disposición de las hileras de estructuras de soporte de los paneles en la planta fotovoltaica

Inversores

Los inversores tendrán que disponer de un grado de protección (IP65) y un aislamiento eléctrico suficiente para permitir su instalación en intemperie, fijándolos a la propia estructura de soporte de los paneles, lo más cercano posible de los strings de sigue que agruparán. Todo ello, a fin de minimizar las pérdidas de distribución en DC. A su vez, el rendimiento en la conversión AC/DC de los inversores deberá ser igual o mayor al 98%, y tendrán que disponer de salida trifásica (400V) y capacidades de monitorización y teleoperación (Ethernet, 4G,...) integradas en el propio equipo. Cabe remarcar que será necesario desplegar el sistema de comunicaciones (en el caso de desplegar una solución de comunicaciones inalámbricas tendrá un coste inferior a las soluciones cableadas) para poder interactuar con el inversor.

En el presente estudio se ha seleccionado un inversor trifásico con una potencia de 150kWac, modelo Sunny Highpower 150-20 PEAK3 del Fabricante alemán, con una Eficiencia en la conversión del 98,6% y con las características técnicas que se presentan en la siguiente tabla .

Tabla35. Principales características técnicas del inversor Sunny Highpower SHP 150-Peak3

Fabricante:	SMA
Referencia:	Sunny Highpower SHP 150-Peak3
Potencia máxima en entrada en CC [kWp]:	225
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.500
Numero de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	150
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	99,1
Grado de protección:	IP65
Comunicaciones integradas:	Ethernet, SMA Modbus,
Peso [kg]:	98

En la **Tabla36**, se presentan los modelos y características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el predimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla36. Superficies y características de los equipamientos empleados en el potencial parque fotovoltaico

Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m2]	Inclinación	Ángulo azimut / orientación	Superficie Ocupada [m2]
Paneles solares	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	990	4 55 Wp	450 kWp	1,87	30º	19º / SE	1.961,3
Estructura de soporte	SUNFER 35 V	SUNFER	99	---	---	15,05	30º	19º / SE	1.961,3
Inversores	Sunny Highpower SHP10-20-PEAK3	SMA	3	150 kWac	450 kWac	--	--		--
Centro de transformación	---	Transformador de 1.000 kVA + cuadro de baja tensión	1	1000 kVA	1000 kVA	-	--		-

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

El coste de la inversión necesaria para el despliegue de la planta fotovoltaica propuesta en los terrenos anexos en el edificio Archiduque Luis Salvador asciende a 711.115,98 €. En la **Tabla37** se presenta de forma detallada la estimación del coste de la inversión que debería realizarse para desplegar la instalación propuesta.

Tabla37. Estimación del coste de la inversión de la planta fotovoltaica.

	Partida	Modelo	Unidades	Coste unitario [€]	Coste Total [€]:	Porcentaje del coste %
Capítulo 1	Obra Civil	---	1	6.137,60 €	6.137,60 €	1,33%
	Instalación de las placas fotovoltaicas	Estructura de soporte de los paneles PV y su instalación, palanganas de soporte del cableado, material eléctrico, material auxiliar, mano de obra.	1	181.422,32 €	181.422,32 €	39,20%
Total obras civiles y estructuras:					187.559,92 €	40,53%
Capítulo 2	Instalación eléctrica	Cableado, tubos, suelos, material auxiliar, mano de obra, Planta fotovoltaica -> CT Aljibe General	1	21.980,54 €	21.980,54 €	4,75%
Total cableado instalación eléctrica:					21.980,54 €	4,75%
Presupuesto infraestructura de instalación:					209.540,46 €	45,28%
Capítulo 3	Paneles, inversores y contador eléctrico					
	Inversor	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3 (SMA)	3	15.414,53 €	46.243,59 €	9,99%
	Panel PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	990	144,63	143.183,70 €	30,94%
	Contador eléctrico		1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,58%
	Caja de conexiones	Caja de conexiones ST-36 (36 ramales de 350A)	41	600,00 €	24.600,00 €	5,32%
Capítulo 4	Centro de transformación	Centro de transformación de 2000 kVA, con caseta prefabricada, 2 celdas de línea, 1 celda de protecciones + fusible, 1 celda de seccionamiento, 1 celda de medida.	1	19.377,09 €	19.377,09 €	4,19%
Capítulo 5	Sistema de Seguridad	Clos perimetral + Sistema de seguridad	1	3.001,60 €	3.001,60 €	0,65%
Capítulo 6	Sistema de iluminación	Columnas de iluminación	1	7.526,40 €	7.526,40 €	1,63%
Capítulo 7	Seguridad y Salud	Seguridad y Salud	1	582,40 €	582,40 €	0,13%
Capítulo 8	Imprevistos de obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	1,30%
Presupuesto de ejecución material (PEM):					462.755,24 €	100,00%
				Porcentaje		
Gastos Generales (GG):				13,00%	60.158,18 €	
Beneficio industrial (BI):				6,00%	27.765,31 €	
				Total DG+BI [€]:	87.923,50 €	
Honorarios profesionales [€]				8,00%	37.020,42 €	
Presupuesto de ejecución por contrata [€]:					587.699,15 €	
IVA:				21,00%	123.416,82 €	
Total del presupuesto General (incluye IVA)					711.115,98 €	
Coste específico [€/Wp]:					1,59	

HOTELERÍA NORTE

En la presente subsección se detallan los principales aspectos relacionados con el despliegue de una potencial instalación fotovoltaica de autoconsumo en los terrenos anejos a la carretera de Valldemossa (Ma-1110) y el aparcamiento del edificio de la Escuela de Hostelería de las Islas Baleares (EHIB). A continuación se detallan aspectos tales como: la ubicación de los terrenos susceptibles a instalar una planta fotovoltaica, la clasificación de la zona a la que pertenece el terreno en función del uso, una descripción de la potencial instalación fotovoltaica a desplegar, y la generación eléctrica mensual que abocaría esta instalación a la red, un detalle de los equipamientos seleccionados, y una estimación de los costes de inversión.

UBICACIÓN

La zona anexa a la zona de aparcamiento del edificio la Escuela de Hostelería de las Islas Baleares susceptible para instalar un potencial parque fotovoltaica se encuentra ubicada en el campus de la Universidad de las Islas Baleares, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), y se encuentra delimitada en la **Figura34** por una línea continua de color azul. Concretamente, este terreno presenta una superficie de 6.242 m² y acota con la carretera de Valldemossa (MA-1110), el aparcamiento de la facultad, y la calle de Valldemossa.



Figura34. Terrenos anejos al aparcamiento del edificio de la Escuela de Hostelería de las Islas Baleares, susceptibles para instalar una planta fotovoltaica. Fuente: Google Earth.

DESCRIPCIÓN DEL POTENCIAL PARQUE FOTOVOLTAICO

Una vez analizados distintos escenarios de generación fotovoltaica se plantea que en la zona anexa al aparcamiento del edificio de Hostelería se podría ubicar un parque fotovoltaico de 524 kWp de potencia de producción en corriente continua (DC), y 500 kWac de potencia de producción en corriente alterna (AC), de los elementos convertidores de DC/AC. Dado que la energía Generada por los paneles fotovoltaicos es transferida mediante corriente continua debe transformarse en corriente alterna, con la misma calidad (tensión, frecuencia,...) que la de la red eléctrica, mediante el uso de inversores fotovoltaicos de red. Por tanto, se trataría de una instalación de generación trifásica (400V) con inyección directa de energía en el anillo de media tensión, propio de la UIB, por el autoconsumo de los diferentes edificios. En consecuencia, debe elevarse la tensión de la energía producida en baja tensión por la instalación fotovoltaica a media tensión (MT) mediante un centro de transformación (BT/MT). De esta forma se permite la inyección de la energía en la propia red de MT de la UIB, y la evacuación de los excedentes hacia la red de distribución de ENDESA/ENEL a través del punto frontera de la red de media tensión del campus. Concretamente, se plantea evacuar la energía

generada a través del centro de transformación que se ha propuesto construir anexa a la planta fotovoltaica del Aljibe General.

Una vez analizados los terrenos se ha determinado que podría desplegarse una potencial instalación fotovoltaica que permitiría instalar hasta 1.160 paneles fotovoltaicos, del modelo LR4-72HPH-455M del Fabricante chino Longi Solar, de 455 Wp con una Eficiencia del 20,9 %, que ocuparían una superficie de 2.298 m². Los paneles fotovoltaicos se instalarían sobre 116 soportes inclinados a 30°, del modelo 35V del Fabricante español SUNFER, que permiten colocar dos hileras de cinco paneles. A su vez, las 71 cadenas (strings) de 16 paneles fotovoltaicos de salida se interconectarán a 5 inversos de 100 kWac modelo Sunny Highpower SHP100-20 Peak3 del Fabricante alemán SMA. El pre-diseño de la distribución de paneles fotovoltaicos en los terrenos anexos a la residencia de estudiantes del Campus de la UIB, y el estudio de sombras obtenido con el software PVsyst, se presenta en la **Figura**.

A partir de la simulación del diseño de la planta mediante el software PVsyst se ha obtenido la energía que se inyectaría mensualmente en el anillo de media tensión de la UIB, una vez descontadas las pérdidas:

Tabla 38. generación de la hipotética planta fotovoltaica

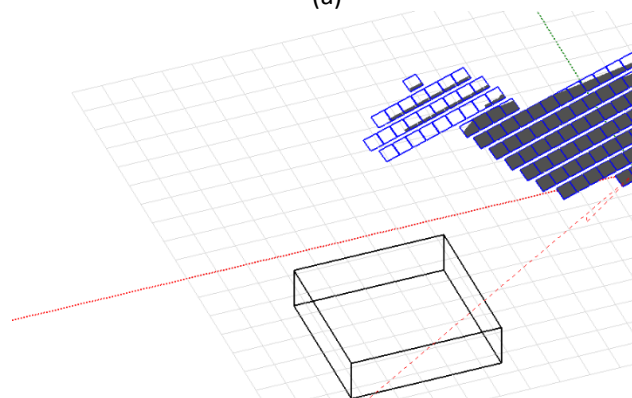
	Irradiancia Global Horizontal [kWh/m ²]	Irradiancia Difusa Horizontal [kWh/m ²]	Energía efectiva en la salida de la matriz de paneles fotovoltaicos [MWh]	Producción estimada [MWh]
Enero	67,70	26,84	48,16	47,39
Febrero	85,10	37,39	54,05	53,21
Marzo	137,40	50,84	78,87	77,58
Abril	168,00	65,67	83,40	82,05
Mayo	205,80	81,80	92,20	90,74
Junio	220,60	82,30	93,28	91,82
Julio	222,80	77,89	94,14	92,67
Agosto	196,90	68,01	90,22	88,79
Septiembre	145,30	59,45	76,35	75,16
Octubre	107,20	44,86	63,29	62,31
Noviembre	68,80	33,24	45,49	44,80
Diciembre	59,30	26,61	42,53	41,88
Total anual:	1.684,90	654,89	861,98	848,38
Inversión neta (Total del presupuesto General):				938.494,35 €
Reducción de emisiones CO₂ [tCO₂/año]:				243,49
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				8,28%

Concretamente, esta instalación fotovoltaica pre-diseñada proporcionaría una generación media de **719,83 MWh/año**, que permitiría cubrir un **8,28% de la demanda eléctrica anual** del campus de la UIB. Adicionalmente, cabe mencionar que esta instalación llevaría asociada una reducción de **243,49 toneladas de emisiones de CO₂/año**, requiriendo una inversión neta (incluyendo todos los impuestos) de **938.494,35 €**. Esta inversión se corresponde a un coste específico de **1,79 €/Wp** (impuestos incluidos) e incluyendo todas las instalaciones (Baja tensión, Media tensión,...) y obra civil asociadas (movimientos de tierra, ...).

El coste específico para esta actuación se ha evaluado en base a un estado de mediciones detallado del pre-diseño de instalación fotovoltaica propuesta, ahora bien en ésta quedan diferentes aspectos prácticos para definir que se han tenido que presuponer a la vez que incluir en el presupuesto. A su vez, por la confección del estado de mediciones se han empleado los precios actualizados de los equipamientos, con fecha posterior a junio de 2022, a fin de incorporar los incrementos de los costes de los materiales derivados de la inflación subyacente y la alza de las materias primas a nivel mundial.



(a)



(b)

Figura35 (a) Pre-diseño de la planta fotovoltaica. (b) Estudio de sombras Generado con el software PVsyst de la planta fotovoltaica.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

En esta subsección se detallan las características técnicas de los equipos más relevantes seleccionados para prediseñar la planta fotovoltaica.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos serán monocristalinos y se interconectarán entre ellos en serie. Dado que una de las premisas recibidas en la confección del presente estudio es la minimización de la ocupación de territorio para conseguir la independencia energética del campus, será de especial relevancia que la Eficiencia del panel sea lo más alta posible.

Para el presente estudio se ha seleccionado el panel fotovoltaico modelo LR4-72HPH-455M, del Fabricante chino Longi Solar, que presenta una Eficiencia del 20,9% y las características técnicas que se exponen a continuación. Cabe remarcar que en el proyecto real deben seleccionarse paneles con una Eficiencia igual o superior a la del panel empleado en este estudio, si se quiere obtener una generación eléctrica equivalente o superior a la planteada.

Tabla 39. Principales características técnicas de los paneles fotovoltaicos LR4-72HPH-455M

Fabricante:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [Wp]:	455
Tipo de celdas en el panel:	Monocristalino
Número de celdas en el panel:	144
Eficiencia [%]:	20,9
Dimensiones [mm]:	2094x1038x35
Peso [kg]:	23,5

Estructuras de soporte

A la hora de seleccionar las estructuras de soporte de los paneles fotovoltaicos se ha intentado minimizar el impacto visual, la ocupación de territorio, y la generación de residuos permanentes. Otro requisito ha sido que las estructuras permitan la instalación de entre 6 y 12 paneles con configuraciones de dos paneles verticales o cuatro paneles montados horizontalmente, con el objetivo de mantener la altura máxima de la estructura por debajo de los 3 m para minimizar el impacto visual y paisajístico de la planta de generación. A su vez, se ha decidido que la altura mínima de la estructura sobre el terreno sea de al menos 0,5 m con el objetivo de permitir la posibilidad de compatibilizar la generación solar con cultivo o el uso del terreno como pastos de animales. Por último,

Para cumplir con los requisitos mencionados, en el presente estudio se ha decidido utilizar estructuras que permitan su fijación al terreno mediante el clavado directo de la estructura en el suelo, **Figura 36(a)**, o mediante el uso de pernos de tierra, **Figura 36(b)**, según la composición del sol.

En ambos casos se produce una ocupación y una degradación mínima del terreno, dado que la ocupación del territorio se limita a la superficie de 4 tornillos o rayas por cada 3 metros lineales de estructura. Los tornillos y las grietas se fijan al suelo mediante un equipo hidráulico o un accesorio hidráulico por excavadora que realiza las funciones de destornillador y de martillo hidráulico, respectivamente. Estas soluciones facilitarán el desmantelamiento y reciclaje de la instalación, una vez finalice su vida útil.

Concretamente, en este estudio se ha optado por la estructura que se clava al sol mediante seis hincas, modelo 35V del Fabricante SUNFER, que se presenta en la **Figura 37**, y con un ángulo de los paneles sobre la horizontal de 30°. Esta estructura permite la instalación de 10 paneles en configuración de dos hileras de cinco paneles montados verticalmente, para tamaños de paneles de

hasta 2279 x 1150 mm, con una altura máxima sobre el suelo de la estructura con los paneles de 2,62 m.



En cuanto a la separación entre diferentes hileras contiguas, se ha fijado en 3,5 m para poder utilizar medios mecánicos para llevar a cabo la limpieza periódica de los paneles fotovoltaicos. En el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético) se indica que la distancia de separación entre filas de módulos de paneles debe ser tal que se garantice al menos cuatro horas de sol alrededor del mediodía del solsticio de invierno. Si se calcula esta distancia teniendo en cuenta que la latitud donde se ubica es terreno, $39,38^\circ$ N, que la longitud de la estructura con cinco paneles colocados horizontalmente es de 5,2 m (horizontal), y que ángulo de los paneles sobre la horizontal es de 30° , se obtiene que la separación recomendada debe ser de 6,7 m. Por tanto, se propone reducir la separación entre paneles al respecto a la recomendada en el Pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas del IDAE (Instituto para la diversificación y Ahorro Energético), a fin de maximizar la generación fotovoltaica. En consecuencia, las diferentes estructuras se harán sombra entre ellas, lo que implicará unas pérdidas anuales del 3,56 % de la generación, de acuerdo a las simulaciones realizadas. Ahora bien, las pérdidas son compensadas con el aumento de la generación al colocar más estructuras por unidad de área.

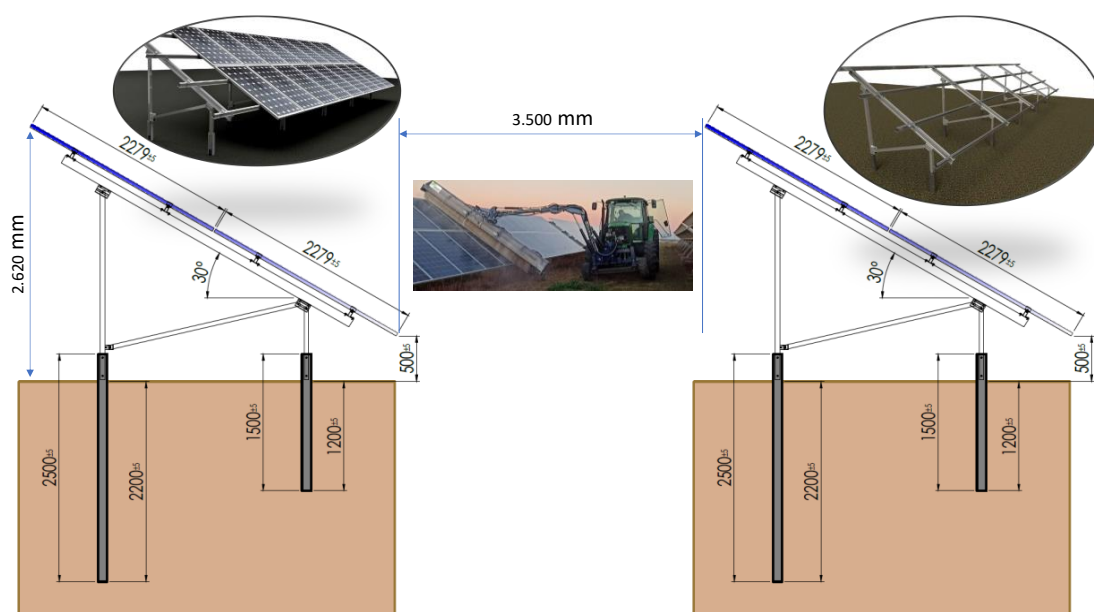


Figura37. Disposición de las hileras de estructuras de soporte de los paneles en la planta fotovoltaica

Inversores

Los inversores tendrán que disponer de un grado de protección (IP65) y un aislamiento eléctrico suficiente para permitir su instalación en intemperie, fijándolos a la propia estructura de soporte de los paneles, lo más cercano posible de los strings de sigue que agruparán. Todo ello, a fin de minimizar las pérdidas de distribución en DC. A su vez, el rendimiento en la conversión AC/DC de los inversores deberá ser igual o mayor al 98%, y tendrán que disponer de salida trifásica (400V) y capacidades de monitorización y teleoperación (Ethernet, 4G,...) integradas en el propio equipo. Cabe remarcar que será necesario desplegar el sistema de comunicaciones (en el caso de desplegar una solución de comunicaciones inalámbricas tendrá un coste inferior a las soluciones cableadas) para poder interactuar con el inversor.

En el presente estudio se ha seleccionado a un inversor trifásico con una potencia de 100kWac, modelo Sunny Highpower 100-20 PEAK3 del Fabricante alemán SMA, con una Eficiencia en la conversión del 98,6% y con las características técnicas que se presentan en la siguiente mesa.

Tabla40. Principales características técnicas del inversor Sunny Highpower 100-20 Peak3.

Fabricante:	SMA
Referencia:	Sunny Highpower 100-20 PEAK3
Potencia máxima en entrada en CC [kWp]:	150
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	100
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	98,6
Grado de protección:	IP65
Comunicaciones integradas:	Ethernet, SMA Modbus,
Peso [kg]:	98

En la **Tabla41**, se presentan los modelos y características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el predimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla41. Superficies y características de los equipamientos empleados en el potencial parque fotovoltaico

Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m2]	Inclinación	Ángulo azimut / orientación	Superficie Ocupada [m2]
Paneles solares	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	1160	455 Wp	527,8 kWp	1,87	30º	18º / SE	2.308,6
Estructura de soporte	SUNFER 35 V	SUNFER	99	---	---	15,05	30º	18º / SE	2.308,6
Inversores	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3	SMA	5	100 kWac	500 kWac	--	--		--
Centro de transformación	---	Cuadro de baja tensión	1	-	-	-	--		-

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

El coste de la inversión necesaria para el despliegue de la planta fotovoltaica propuesta en los terrenos anejos en el aparcamiento del edificio Archiduque Luis Salvador asciende a 938.494,35 €. En la **Tabla42** se presenta de forma detallada la estimación del coste de la inversión que debería realizarse para desplegar la instalación propuesta.

Tabla 42. Estimación del coste de la inversión de la planta fotovoltaica¹.

	Partida	Modelo	Unidades	Coste unitario [€]	Coste Total [€]:	Porcentaje del coste %
Capítulo 1	Obra Civil	---	1	7.178,80 €	7.178,80 €	1,18%
	Instalación de las placas fotovoltaicas	Estructura de soporte de los paneles PV y su instalación, palanganas de soporte del cableado, material eléctrico, material auxiliar, mano de obra.	1	198.033,88 €	198.033,88 €	32,43%
Total obras civiles y estructuras:					205.212,68 €	33,60%
Capítulo 2	Instalación eléctrica	Cableado, tubos, suelos, zanja, material auxiliar, mano de obra, Planta fotovoltaica - > CT Aljibe General	1	151.708,83 €	151.708,83 €	24,84%
Total cableado instalación eléctrica:					151.708,83 €	24,84%
Presupuesto infraestructura de instalación:					356.921,51 €	58,44%
Capítulo 3	Paneles, inversores y contador eléctrico					
	Inversor	Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3 (SMA)	5	7.199,00 €	35.995,00 €	5,89%
	Panel PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	1160	144,63	167.770,80 €	27,47%
	Contador eléctrico		1	2.700,00 €	2.700,00 €	0,44%
	Caja de conexiones	Caja de conexiones ST-36 (36 ramales de 350A)	41	600,00 €	24.600,00 €	4,03%
Capítulo 4	Centro de transformación	Cuadro de baja tensión	1	3.738,09 €	3.738,09 €	0,61%
Capítulo 5	Sistema de Seguridad	Clos perimetral + Sistema de seguridad	1	3.510,80 €	3.510,80 €	0,57%
Capítulo 6	Sistema de iluminación	Columnas de iluminación	1	8.803,20 €	8.803,20 €	1,44%
Capítulo 7	Seguridad y Salud	Seguridad y Salud	1	681,20 €	681,20 €	0,11%
Capítulo 8	Imprevistos de obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	0,98%
Presupuesto de ejecución material (PEM):					610.720,60 €	100,00%
				Porcentaje		
Gastos Generales (GG):				13,00%	79.393,68 €	
Beneficio industrial (BI):				6,00%	36.643,24 €	
				Total DG+BI [€]:	116.036,91 €	
Honorarios profesionales [€]				8,00%	48.857,65 €	
Presupuesto de ejecución por contrata [€]:					775.615,17 €	
IVA:				21,00%	162.879,18 €	
Total del presupuesto General (incluye IVA)					938.494,35 €	
Coste específico [€/Wp]:					1,79	

¹La estimación del coste de la inversión de la potencial planta fotovoltaica incluye el coste de la construcción de la zanja a través de la cual se llevará el cableado de la planta de Hostelería Este y la planta fotovoltaica Hostelería Nord hacia el CT construido anexa a el Aljibe General

PÉRGOLAS FOTOVOLTAICAS DEL APARCAMIENTO DE LA ESCUELA DE HOSTELERÍA

En la presente subsección se detallan los principales aspectos relacionados con el despliegue de una potencial instalación fotovoltaica de autoconsumo basada en la instalación de pérgolas en dos tramos de estacionamientos del aparcamiento de vehículos de la Escuela de Hostelería. A continuación se detallan aspectos tales como: la ubicación de los terrenos susceptibles a instalar una planta fotovoltaica, la clasificación de la zona a la que pertenece el terreno en función del uso, una descripción de la potencial instalación fotovoltaica a desplegar, y la generación eléctrica mensual que abocaría esta instalación a la red, un detalle de los equipamientos seleccionados, y finalmente una estimación de los costes de inversión.

UBICACIÓN

La zona de estacionamiento de vehículos susceptible para instalar placas fotovoltaicas sobre pérgolas se encuentra ubicado en el campus de la Universidad de las Islas Baleares, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), en el aparcamiento del edificio de Hostelería. Este espacio consta de una superficie de 764 m², y se puede visualizar en la **Figura38** acotado con una línea de color azul.



Figura38. Zona delimitada en azul sería donde se ubicarían las pérgolas fotovoltaicas.

CLASIFICACIÓN DE LA ZONA AFECTADA

De acuerdo con la ley 10/2019, del visor IDEIB, el citado aparcamiento aparece identificado y presenta un nivel de insolación anual óptimo, con un valor menor o igual a 1.133 kWh/m², por lo que se trata de un aparcamiento de más de 1000 m² apto para una posible instalación fotovoltaica.

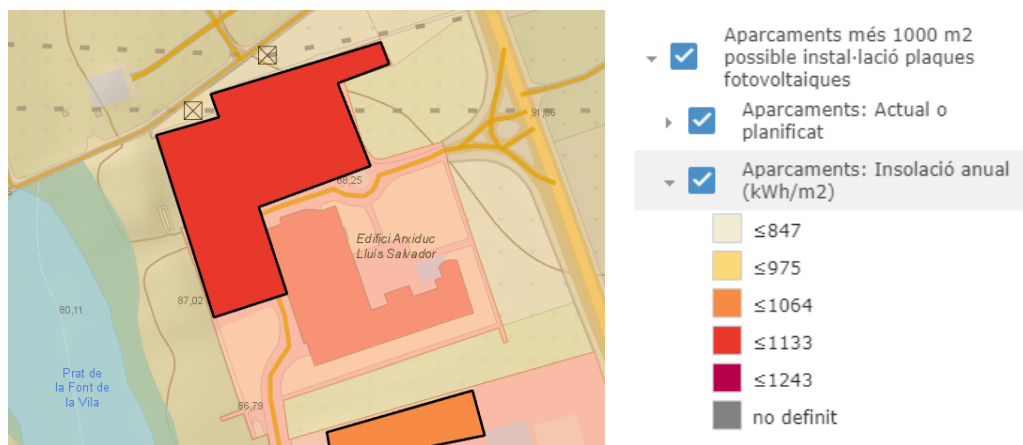


Figura39. Mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas en el aparcamiento del edificio de la facultad de Hostelería.

DESCRIPCIÓN DEL POTENCIAL PARQUE FOTOVOLTAICO

Una vez analizados diferentes escenarios de generación fotovoltaica se plantea que en la zona de estacionamiento mencionada en el presente estudio se podría ubicar un parque fotovoltaico de 109 kWp de potencia de producción en corriente continua (DC) y 110 kWac de potencia de producción en corriente alterna (AC), de los elementos convertidores de DC/AC. Dado que la energía Generada por los paneles fotovoltaicos es transferida mediante corriente continua debe transformarse en corriente alterna, con la misma calidad (tensión, frecuencia,...) que la de la red eléctrica, mediante el uso de inversores fotovoltaicos de red. Por tanto, se trataría de una instalación de generación trifásica (400V) con inyección directa de energía en el anillo de media tensión, propio de la UIB, por el autoconsumo de los diferentes edificios. En consecuencia, deberá elevarse la tensión de la energía producida en baja tensión por la instalación fotovoltaica a media tensión (MT) mediante un centro de transformación (BT/MT). De esta forma se permitiría la inyección de la energía en la propia red de MT de la UIB, y la evacuación de los excedentes hacia la red de distribución de ENDESA/ENEL a través del punto frontera del Campus. Concretamente, en el presente estudio se propone evacuar la energía directamente hacia el edificio Archiduque Luís Salvador.

Una vez analizados los terrenos se ha determinado que podría desplegarse una potencial instalación fotovoltaica que permitiría instalar hasta 240 paneles fotovoltaicos, del modelo LR4-72HPH-455M del Fabricante chino Longi Solar, de 455 Wp con una Eficiencia del 20,9 %, colocadas sobre dos marquesinas modelo PR1.1 del Fabricante SUNFER que ocuparían una superficie de 590 m2. A su vez, las cadenas de paneles fotovoltaicos de cada una de las marquesinas irían conectadas a un inversor de **55kWac modelo Ingecon Sun 100TL** del Fabricante español Ingeteam. El pre-diseño de la distribución de los paneles fotovoltaicos se presenta en la **Figura 40**.

A partir de la simulación del diseño de la planta mediante el software PVsyst se ha obtenido la energía que se inyectaría mensualmente en el anillo de media tensión de la UIB, una vez descontadas las pérdidas:

Tabla 43. generación de la hipotética planta fotovoltaica

	Irradiancia Global Horizontal [kWh/m ²]	Irradiancia Difusa Horizontal [kWh/m ²]	Energía efectiva en la salida de la matriz de paneles fotovoltaicos [MWh]	Producción estimada [MWh]
Enero	67,70	26,84	6,97	6,83
Febrero	85,10	37,39	8,77	8,65
Marzo	137,40	50,84	13,90	13,71
Abril	168,00	65,67	16,58	16,37
Mayo	205,80	81,80	19,90	19,64
Junio	220,60	82,30	20,86	20,61
Julio	222,80	77,89	20,76	20,51
Agosto	196,90	68,01	18,57	18,33
Septiembre	145,30	59,45	14,09	13,91
Octubre	107,20	44,86	10,63	10,47
Noviembre	68,80	33,24	6,98	6,86
Diciembre	59,30	26,61	6,05	5,92
Total anual:	1.684,90	654,89	164,06	161,80
Inversión neta (Total del presupuesto General):				266.003,59 €
Reducción de emisiones CO₂ [tCO₂/año]:				46,44
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				1,58%

Concretamente, la instalación fotovoltaica pre-diseñada proporcionaría una generación media de **161,80 MWh/año**, que permitiría cubrir un **1,58%** de la demanda eléctrica anual del campus de la UIB. Adicionalmente, cabe mencionar que esta instalación llevaría asociada una reducción de **46,44 toneladas de emisiones de CO₂/año**, requiriendo una inversión neta de **266.003,59 €**. Esta inversión se corresponde a un coste específico de **2,44 €/Wp**, (impuestos incluidos), y todas las instalaciones (Baja tensión, Media tensión,...), la adecuación del anillo de media tensión del campus y el conjunto de la obra civil asociada (movimientos de tierra, ...).

El coste específico para esta actuación se ha evaluado en base a un estado de mediciones detallado del prediseño de instalación fotovoltaica propuesta, ahora bien en ésta quedan diferentes aspectos prácticos para definir que se han tenido que presuponer a la vez que incluir en el presupuesto. A su vez, por la confección del estado de mediciones se han empleado los precios actualizados de los equipamientos, con fecha posterior a junio de 2022, a fin de incorporar los incrementos de los costes de los materiales derivados de la inflación subyacente y la alza de las materias primas a nivel mundial.

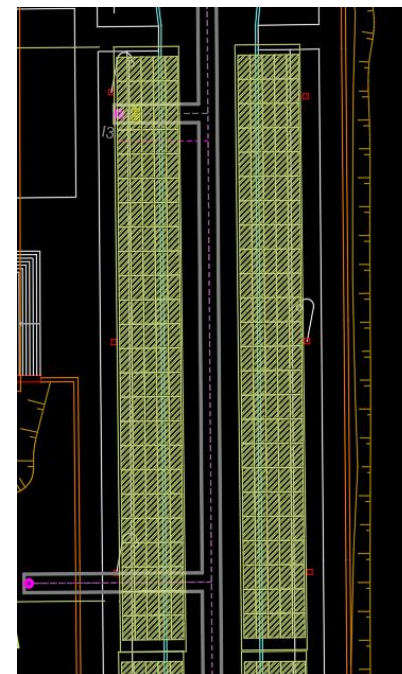
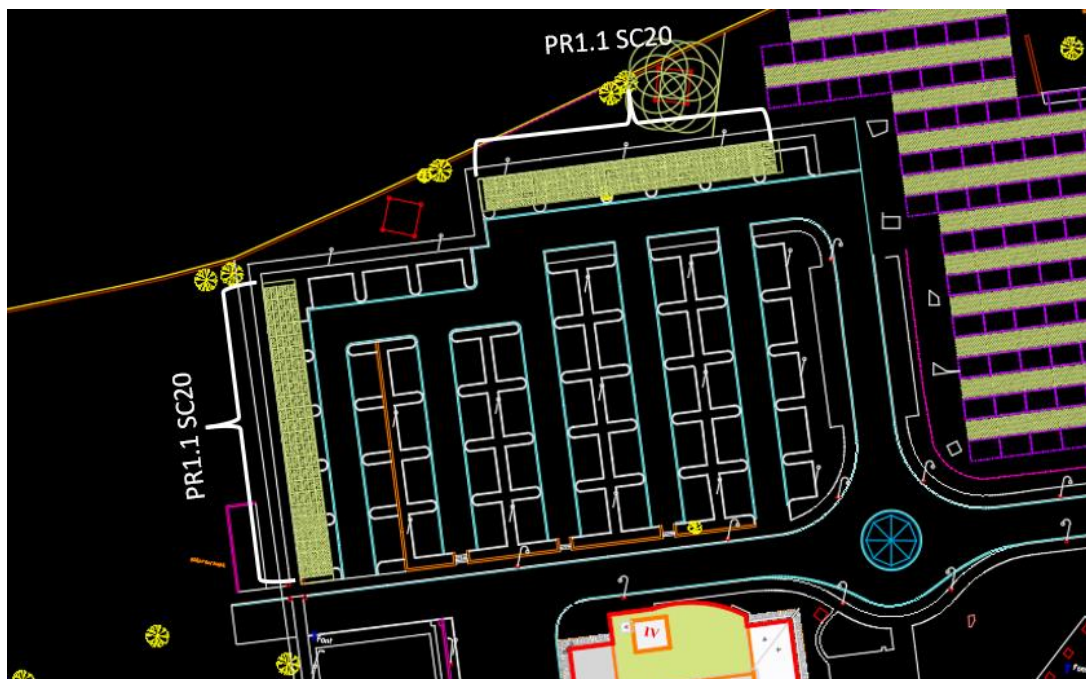


Figura 40: Pre-diseño de la planta fotovoltaica.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

En esta subsección se detallan las características técnicas de los equipos más relevantes seleccionados para prediseñar la planta fotovoltaica.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos serán monocristalinos y se interconectarán entre ellos en serie, siendo una de las características de selección más relevantes que la Eficiencia del panel sea la más alta posible. Para este estudio se ha seleccionado el panel modelo LR4-72HPH-455M, del Fabricante chino Longi Solar, que presenta una Eficiencia del 20,9% y las características técnicas que se exponen en la siguiente tabla. Cabe remarcar que en el proyecto real deben seleccionarse paneles con una Eficiencia igual o superior a la del panel empleado en este estudio.

Tabla44. Principales características técnicas de los paneles fotovoltaicos LR4-72HPH-455M

Fabricante:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [Wp]:	455
Tipo de celdas en el panel:	Monocristalino
Número de celdas en el panel:	144
Eficiencia [%]:	20,9
Dimensiones [mm]:	2094x1038x35
Peso [kg]:	23,5

Marquesinas

A la hora de seleccionar las marquesinas fotovoltaicas se ha intentado minimizar el impacto visual, la ocupación de territorio y la generación de residuos permanentes. Cabe mencionar que en el prediseño se han situado dos marquesinas modelo PR1.1 Sc20 (hasta: $24 \times 5 = 120$ paneles) permitiendo en total la instalación de 240 paneles fotovoltaicos.

A su vez, con el fin de minimizar el impacto visual y paisajístico se ha decidido que la altura máxima de la marquesina sobre el terreno sea de 3,5 m, y la altura mínima de 2,2 m con el fin de permitir compatibilizar la generación solar con el uso del terreno como estacionamiento de vehículos. Los pilares de las marquesinas se fijarán al suelo mediante su atornillado a unos anclajes previamente embutidos en zapatos de hormigón, que tendrán un volumen de al menos 4 m³ y se encontrarán separadas entre sí como máximo 5 m.

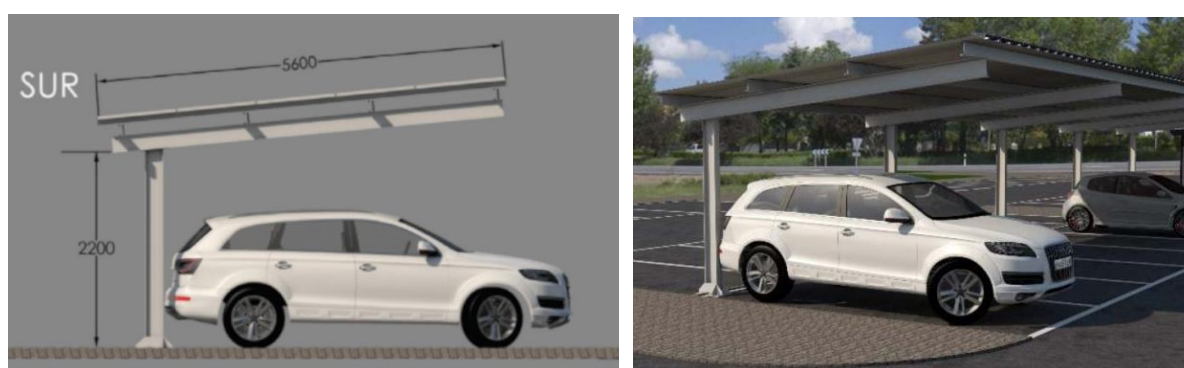


Figura41. Marquesina modular del Fabricante SUNFER.

Las marquesinas utilizadas permiten la instalación de cinco hileras de 24 fotovoltaicos montados horizontalmente, por tamaños de paneles hasta 2150x1060 mm. La altura máxima de la estructura con los paneles sobre el suelo es de 2,67 m. Los pilares de las marquesinas se distribuirán cada 5 metros, e irán fijados mediante tornillos en los respectivos zapatos de hormigón.

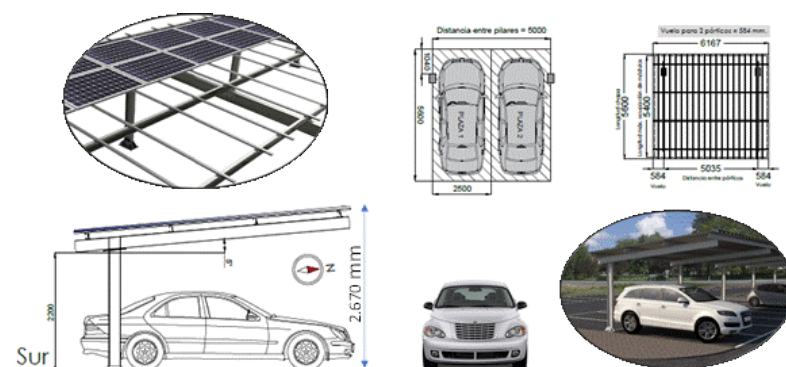


Figura42. Disposición de las hileras de marquesinas fotovoltaicas

Inversores

Los inversores tendrán que disponer de un grado de protección (IP65) y un aislamiento eléctrico suficiente para permitir su instalación en la intemperie, en la propia estructura de soporte de los paneles, lo más cercano posible de los strings de continua que agrupará; a fin de minimizar las pérdidas de de distribución de en DC. A su vez el rendimiento en la conversión AC/DC de los inversores deberá ser mayor al 98%, disponer de salida trifásica (400V) y capacidades de monitorización y teleoperación (Ethernet, 4G,...) integradas en el propio equipo. Por este estudio se han seleccionado tres modelos de inversores trifásicos. Concretamente, se han empleado dos inversores **modelo Ingecon Sun 100 TL del Fabricante español Ingeteam..**

Tabla45. Principales características técnicas del inversor Ingecon Sun 100 TL

Fabricante:	Ingeteam
Referencia:	Ingecon Sun 100 TL
Potencia máxima en entrada en CC [kWp]:	80,2
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	55,3
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	98,5
Grado de protección:	IP65
Comunicaciones integradas:	Ethernet, SMA Modbus,
Peso [kg]:	78

En la **Tabla46**, se presentan los modelos y características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el predimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla46. Superficies y características de los equipamientos empleados en la planta fotovoltaica

Modelo de marquesina:		PR1.1 SC20	Fabricante:		SUNFER	Unidades :	2	Superficie unitaria [m2]:	302,05
Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m2]	Inclinación	Ángulo azimuth / orientación	Superficie Ocupada [m2]
Paneles solares	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	240	455 Wp	109 kWp	2,17	5°	17/SE, 112/SO	604,1 (marquesinas)
Inversores	Ingecon Sun 100 TL	Ingeteam	2	55 kWac	110 kWac	--	--	--	--

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

El coste de la inversión necesaria para el despliegue de una planta fotovoltaica con sus características y equipos descritos en las subsecciones asciende a 266.003,59 €. En la **Tabla 47** se presenta de forma detallada la estimación del coste de la inversión que debería realizarse:

Tabla 47. Estimación del coste de la inversión de la planta fotovoltaica²

	<i>Partida</i>	<i>Modelo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Coste unitario [€]</i>	<i>Coste Total [€]:</i>	<i>Porcentaje del coste %</i>
Capítulo 1	Obra Civil	---	1	1.493,30 €	1.493,30 €	0,86%
	Instalación de las placas fotovoltaicas	Marquesinas de los aparcamientos y su instalación, material auxiliar, cementaciones de los zapatos, mano de obra de la instalación, etc.	1	96.481,09 €	96.481,09 €	55,74%
Total obras civiles y estructuras:					97.974,39 €	56,60%
Capítulo 2	Instalación eléctrica	Cableado, tubos, suelos, material auxiliar, mano de obra, zanja para el entubado, hormigonado de la zanja de conexión, etc.	1	13.036,75 €	13.036,75 €	7,53%
Total cableado instalación eléctrica:					13.036,75 €	7,53%
Presupuesto infraestructura de instalación:					111.011,13 €	64,13%
Capítulo 3	Paneles, inversores y contador eléctrico					
	Inversor	Ingecon Sun 100 TL	2	6.187,50 €	12.375,00 €	7,15%
	Panel PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	240	144,63	34.711,20 €	20,05%
	Contador eléctrico		1	2.700,00 €	2.700,00 €	1,56%
	Caja de conexiones	Caja de conexiones ST-36 (36 ramales de 350A)	6	600,00 €	3.600,00 €	2,08%
Capítulo 4	Sistema de Seguridad	Clos perimetral + Sistema de seguridad	1	730,30 €	730,30 €	0,42%
Capítulo 5	Sistema de iluminación	Columnas de iluminación	1	1.831,20 €	1.831,20 €	1,06%
Capítulo 6	Seguridad y Salud	Seguridad y Salud	1	141,70 €	141,70 €	0,08%
Capítulo 7	Imprevistos de obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	3,47%
Presupuesto de ejecución material (PEM):					173.100,53 €	100,00%
				Porcentaje		
Gastos Generales (GG):				13,00%	22.503,07 €	
Beneficio industrial (BI):				6,00%	10.386,03 €	
				Total DG+BI [€]:	32.889,10 €	
Honorarios profesionales [€]				8,00%	13.848,04 €	
Presupuesto de ejecución por contrata [€]:					219.837,68 €	
IVA:				21,00%	46.165,91 €	
Total del presupuesto General (incluye IVA)					266.003,59 €	
Coste específico [€/Wp]:					2,44	

²La estimación del coste de la inversión incluye la adecuación de la zona de aparcamiento, la construcción de la zanja, y el hormigonado.

PÉRGOLAS FOTOVOLTAICAS DE CAS JAI

En la presente subsección se detallan los principales aspectos relacionados con el despliegue de una potencial instalación fotovoltaica de autoconsumo basada en la instalación de pérgolas en dos tramos de estacionamientos del aparcamiento de vehículos de la Escuela de Hostelería. A continuación se detallan aspectos tales como: la ubicación de los terrenos susceptibles a instalar una planta fotovoltaica, la clasificación de la zona a la que pertenece el terreno en función del uso, una descripción de la potencial instalación fotovoltaica a desplegar, y la generación eléctrica mensual que abocaría esta instalación a la red, un detalle de los equipamientos seleccionados, y finalmente una estimación de los costes de inversión.

UBICACIÓN

La zona de estacionamiento de vehículos susceptible para instalar placas fotovoltaicas sobre pérgolas se encuentra ubicado en el campus de la Universidad de las Islas Baleares, Cra. de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Illes Balears), en el aparcamiento del edificio de Hostelería. Este espacio consta de una superficie de 764 m², y se puede visualizar en la **Figura38** acotado con una línea de color azul.



Figura43. Zona delimitada en azul sería donde se ubicarían las pérgolas fotovoltaicas.

CLASIFICACIÓN DE LA ZONA AFECTADA

De acuerdo a la ley 10/2019, del visor IDEIB, el citado aparcamiento aparece identificado y presenta un nivel de insolación anual óptimo, con un valor menor o igual a 1.133 kWh/m², por lo que se trata de un aparcamiento de más de 1000 m² apto para una posible instalación fotovoltaica.

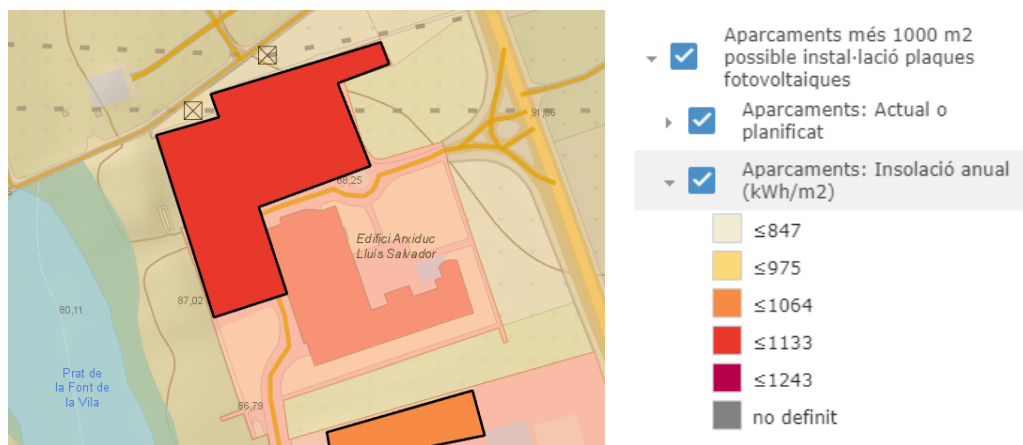


Figura44. Mapa de aptitud para el despliegue de instalaciones fotovoltaicas en el aparcamiento del edificio de la facultad de Hostelería.

DESCRIPCIÓN DEL POTENCIAL PARQUE FOTOVOLTAICO

Una vez analizados diferentes escenarios de generación fotovoltaica se plantea que en la zona de estacionamiento mencionada en el presente estudio se podría ubicar un parque fotovoltaico de 109 kWp de potencia de producción en corriente continua (DC) y 110 kWac de potencia de producción en corriente alterna (AC), de los elementos convertidores de DC/AC. Dado que la energía Generada por los paneles fotovoltaicos es transferida mediante corriente continua debe transformarse en corriente alterna, con la misma calidad (tensión, frecuencia,...) que la de la red eléctrica, mediante el uso de inversores fotovoltaicos de red. Por tanto, se trataría de una instalación de generación trifásica (400V) con inyección directa de energía en el anillo de media tensión, propio de la UIB, por el autoconsumo de los diferentes edificios. En consecuencia, deberá elevarse la tensión de la energía producida en baja tensión por la instalación fotovoltaica a media tensión (MT) mediante un centro de transformación (BT/MT). De esta forma se permitiría la inyección de la energía en la propia red de MT de la UIB, y la evacuación de los excedentes hacia la red de distribución de ENDESA/ENEL a través del punto frontera del Campus. Concretamente, en el presente estudio se propone evacuar la energía directamente hacia el edificio Archiduque Luís Salvador.

Una vez analizados los terrenos se ha determinado que podría desplegarse una potencial instalación fotovoltaica que permitiría instalar hasta 240 paneles fotovoltaicos, del modelo LR4-72HPH-455M del Fabricante chino Longi Solar, de 455 Wp con una Eficiencia del 20,9 %, colocadas sobre dos marquesinas modelo PR1.1 del Fabricante SUNFER que ocuparían una superficie de 590 m2. A su vez, las cadenas de paneles fotovoltaicos de cada una de las marquesinas irían conectadas a un inversor de 55kWac modelo Ingecon Sun 100TL del Fabricante español Ingeteam. El pre-diseño de la distribución de los paneles fotovoltaicos se presenta en la **Figura 40**.

A partir de la simulación del diseño de la planta mediante el software PVsyst se ha obtenido la energía que se inyectaría mensualmente en el anillo de media tensión de la UIB, una vez descontadas las pérdidas:

Tabla 48. generación de la hipotética planta fotovoltaica

	Irradiancia Global Horizontal [kWh/m ²]	Irradiancia Difusa Horizontal [kWh/m ²]	Energía efectiva en la salida de la matriz de paneles fotovoltaicos [MWh]	Producción estimada [MWh]
Enero	67,70	26,84	6,97	6,83
Febrero	85,10	37,39	8,77	8,65
Marzo	137,40	50,84	13,90	13,71
Abril	168,00	65,67	16,58	16,37
Mayo	205,80	81,80	19,90	19,64
Junio	220,60	82,30	20,86	20,61
Julio	222,80	77,89	20,76	20,51
Agosto	196,90	68,01	18,57	18,33
Septiembre	145,30	59,45	14,09	13,91
Octubre	107,20	44,86	10,63	10,47
Noviembre	68,80	33,24	6,98	6,86
Diciembre	59,30	26,61	6,05	5,92
Total anual:	1.684,90	654,89	164,06	161,80
Inversión neta (Total del presupuesto General):				266.003,59 €
Reducción de emisiones CO₂ [tCO₂/año]:				46,44
Cobertura de la demanda anual de la UIB:				1,58%

Concretamente, la instalación fotovoltaica pre-diseñada proporcionaría una generación media de **161,80 MWh/año**, que permitiría cubrir un **1,58%** de la demanda eléctrica anual del campus de la UIB. Adicionalmente, cabe mencionar que esta instalación llevaría asociada una reducción de **46,44 toneladas de emisiones de CO₂/año**, requiriendo una inversión neta de **266.003,59 €**. Esta inversión se corresponde a un coste específico de **2,44 €/Wp**, (impuestos incluidos), y todas las instalaciones (Baja tensión, Media tensión,...), la adecuación del anillo de media tensión del campus y el conjunto de la obra civil asociada (movimientos de tierra, ...).

El coste específico para esta actuación se ha evaluado en base a un estado de mediciones detallado del prediseño de instalación fotovoltaica propuesta, ahora bien en ésta quedan diferentes aspectos prácticos para definir que se han tenido que presuponer a la vez que incluir en el presupuesto. A su vez, por la confección del estado de mediciones se han empleado los precios actualizados de los equipamientos, con fecha posterior a junio de 2022, a fin de incorporar los incrementos de los costes de los materiales derivados de la inflación subyacente y la alza de las materias primas a nivel mundial.

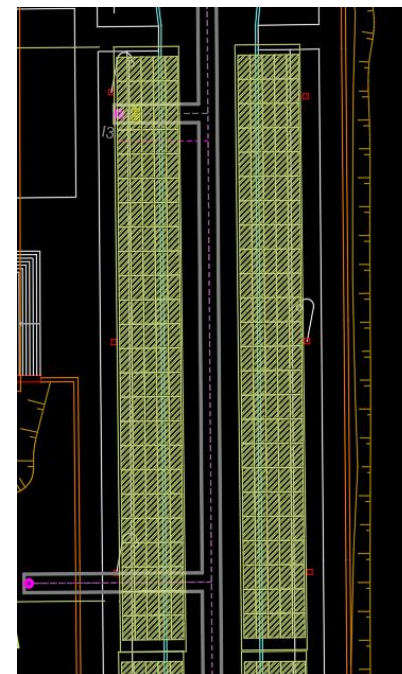


Figura 45: Pre-diseño de la planta fotovoltaica.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

En esta subsección se detallan las características técnicas de los equipos más relevantes seleccionados para prediseñar la planta fotovoltaica.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos serán monocristalinos y se interconectarán entre ellos en serie, siendo una de las características de selección más relevantes que la Eficiencia del panel sea la más alta posible. Para este estudio se ha seleccionado el panel modelo LR4-72HPH-455M, del Fabricante chino Longi Solar, que presenta una Eficiencia del 20,9% y las características técnicas que se exponen en la siguiente tabla. Cabe remarcar que en el proyecto real deben seleccionarse paneles con una Eficiencia igual o superior a la del panel empleado en este estudio.

Tabla49.Principales características técnicas de los paneles fotovoltaicosLR4-72HPH-455M

Fabricante:	Longi Solar
Referencia:	LR 4-72 HPH 455 M G2
Potencia nominal [Wp]:	455
Tipo de celdas en el panel:	Monocristalino
Número de celdas en el panel:	144
Eficiencia [%]:	20,9
Dimensiones [mm]:	2094x1038x35
Peso [kg]:	23,5

Marquesinas

A la hora de seleccionar las marquesinas fotovoltaicas se ha intentado minimizar el impacto visual, la ocupación de territorio y la generación de residuos permanentes. Cabe mencionar que en el pre-diseño se han situado dos marquesinas modelo PR1.1 Sc20 (hasta: 24*5=120 paneles) permitiendo en total la instalación de 240 paneles fotovoltaicos.

A su vez, con el fin de minimizar el impacto visual y paisajístico se ha decidido que la altura máxima de la marquesina sobre el terreno sea de 3,5 m, y la altura mínima de 2,2 m con el fin de permitir compatibilizar la generación solar con el uso del terreno como estacionamiento de vehículos. Los pilares de las marquesinas se fijarán al suelo mediante su atornillado a unos anclajes previamente embutidos en zapatos de hormigón, que tendrán un volumen de al menos 4 m3 y se encontrarán separadas entre sí como máximo 5 m.

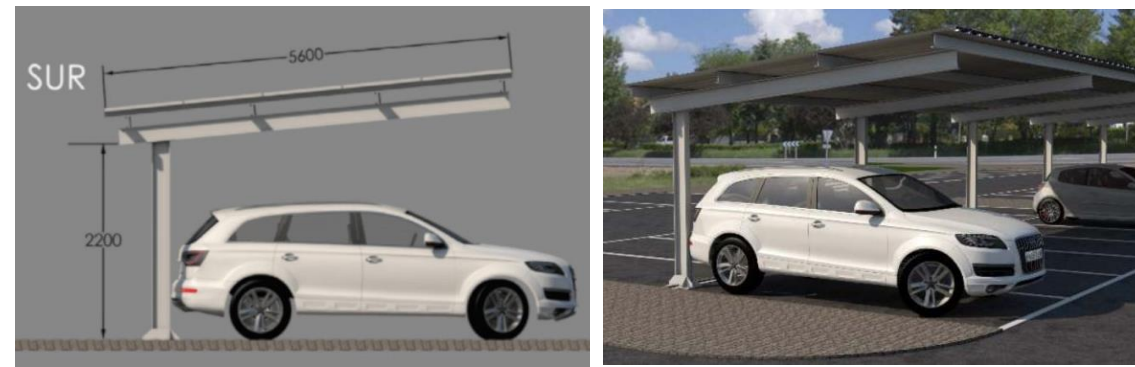


Figura46.Marquesina modular del Fabricante SUNFER.

Las marquesinas utilizadas permiten la instalación de cinco hileras de 24 fotovoltaicos montados horizontalmente, por tamaños de paneles hasta 2150x1060 mm. La altura máxima de la estructura con los paneles sobre el suelo es de 2,67 m. Los pilares de las marquesinas se distribuirán cada 5 metros, e irán fijados mediante tornillos en los respectivos zapatos de hormigón.

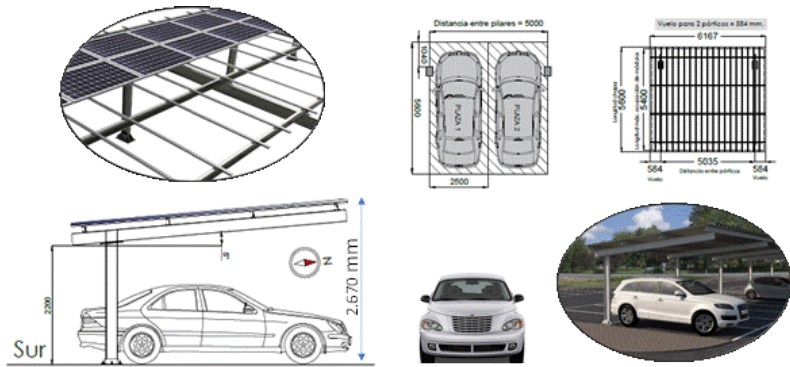


Figura47. Disposición de las hileras de marquesinas fotovoltaicas

Inversores

Los inversores tendrán que disponer de un grado de protección (IP65) y un aislamiento eléctrico suficiente para permitir su instalación en la intemperie, en la propia estructura de soporte de los paneles, lo más cercano posible de los strings de continua que agrupará; a fin de minimizar las pérdidas de de distribución de en DC. A su vez el rendimiento en la conversión AC/DC de los inversores deberá ser mayor al 98%, disponer de salida trifásica (400V) y capacidades de monitorización y teleoperación (Ethernet, 4G,...) integradas en el propio equipo. Por este estudio se han seleccionado tres modelos de inversores trifásicos. Concretamente, se han empleado dos inversores **modelo Ingecon Sun 100 TL del Fabricante español Ingeteam..**

Tabla50. Principales características técnicas del inversor Ingecon Sun 100 TL

Fabricante:	Ingeteam
Referencia:	Ingecon Sun 100 TL
Potencia máxima en entrada en CC [kWp]:	80,2
Tensión máxima de entrada en CC [V]:	1.000
Numero de entradas en CC:	1
Potencia máxima de salida en CA [kW]:	55,3
Fases de salida:	3 / 3 - PE
Eficiencia en la conversión DC/AC:	98,5
Grado de protección:	IP65
Comunicaciones integradas:	Ethernet, SMA Modbus,
Peso [kg]:	78

En la **Tabla46**,se presentan los modelos y características principales de los equipamientos considerados a la hora de llevar a cabo el predimensionado de la planta fotovoltaica:

Tabla51. Superficies y características de los equipamientos empleados en la planta fotovoltaica

Modelo de marquesina:		PR1.1 SC20	Fabricante:		SUNFER	Unidades:	2	Superficie unitaria [m2]:	302,05
Elemento	Modelo	Fabricante	Unidades	Potencia unitaria	Potencia total	Superficie unitaria [m2]	Inclinación	Ángulo azimut / orientación	Superficie Ocupada [m2]

Paneles solares	LR4-72HPH-455M	Longi Solar	240	455 Wp	109 kWp	2,17	5°	17/SE, 112/SO	604,1 (marquesinas)
Inversores	Ingecon Sun 100 TL	Ingeteam	2	55 kWac	110 kWac	--	--	--	--

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA INVERSIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

El coste de la inversión necesaria para el despliegue de una planta fotovoltaica con sus características y equipos descritos en las subsecciones asciende a 266.003,59 €. En la **Tabla47** se presenta de forma detallada la estimación del coste de la inversión que debería realizarse:

Tabla52. Estimación del coste de la inversión de la planta fotovoltaica³

	<i>Partida</i>	<i>Modelo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Coste unitario [€]</i>	<i>Coste Total [€]:</i>	<i>Porcentaje del coste %</i>
Capítulo 1	Obra Civil	---	1	1.493,30 €	1.493,30 €	0,86%
	Instalación de las placas fotovoltaicas	Marquesinas de los aparcamientos y su instalación, material auxiliar, cementaciones de los zapatos, mano de obra de la instalación, etc.	1	96.481,09 €	96.481,09 €	55,74%
Total obras civiles y estructuras:					97.974,39 €	56,60%
Capítulo 2	Instalación eléctrica	Cableado, tubos, suelos, material auxiliar, mano de obra, zanja para el entubado, hormigonado de la zanja de conexión, etc.	1	13.036,75 €	13.036,75 €	7,53%
Total cableado instalación eléctrica:					13.036,75 €	7,53%
Presupuesto infraestructura de instalación:					111.011,13 €	64,13%
Capítulo 3	Paneles, inversores y contador eléctrico					
	Inversor	Ingecon Sun 100 TL	2	6.187,50 €	12.375,00 €	7,15%
	Panel PV	LR 4-72 HPH 455 M G2	240	144,63	34.711,20 €	20,05%
	Contador eléctrico		1	2.700,00 €	2.700,00 €	1,56%
	Caja de conexiones	Caja de conexiones ST-36 (36 ramales de 350A)	6	600,00 €	3.600,00 €	2,08%
Capítulo 4	Sistema de Seguridad	Clos perimetral + Sistema de seguridad	1	730,30 €	730,30 €	0,42%
Capítulo 5	Sistema de iluminación	Columnas de iluminación	1	1.831,20 €	1.831,20 €	1,06%
Capítulo 6	Seguridad y Salud	Seguridad y Salud	1	141,70 €	141,70 €	0,08%
Capítulo 7	Imprevistos de obra	---	1	6.000,00 €	6.000,00 €	3,47%
Presupuesto de ejecución material (PEM):					173.100,53 €	100,00%
				Porcentaje		
Gastos Generales (GG):				13,00%	22.503,07 €	
Beneficio industrial (BI):				6,00%	10.386,03 €	
				Total DG+BI [€]:	32.889,10 €	

³La estimación del coste de la inversión incluye la adecuación de la zona de aparcamiento, la construcción de la zanja, y el hormigonado.

Honorarios profesionales [€]	8,00%	13.848,04 €	
Presupuesto de ejecución por contrata [€]:		219.837,68 €	
IVA:	21,00%	46.165,91 €	
Total del presupuesto General (incluye IVA)		266.003,59 €	
Coste específico [€/Wp]:		2,44	

COMPARATIVA DE LOS PLANES DE DESPLIEGUE DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS DE LA UIB

En la presente sección se presenta los balances económicos y energéticos del plan de despliegue de energía fotovoltaica en el Campus de la UIB, antes y después de modificarlo. Seguidamente, se presenta una tabla donde se puede visualizar cómo ha cambiado la potencia pico con cada una de las modificaciones del plan inicial de despliegue. Por último, se presenta un resumen con las actuaciones sobre el anillo de media tensión de la UIB.

Plan de despliegue inicial

La instalación de placas fotovoltaicas en las zonas expuestas tendría asociada una inversión neta (después de impuestos) de 13.806.703,01 €, permitiría cubrir el 109% de la demanda energética anual de la universidad, al tiempo que reducir en 3.213 toneladas las emisiones de CO₂/año.

Tabla53: Balance mensual energético y económico

Consumo eléctrico de la UIB en el año 2021 (MT)			PV en las Cubiertas	PV en los aparcamientos y terrenos grandes	generación mensual del conjunto	MWh (Demanda limpia)
Consumo eléctrico Mensual UIB	kWh	MWh	MWh/mes	MWh/mes	MWh/mes	MWh/mes
Enero	942512	942,512	110,5	428,1	538,7	403,8
Febrero	833714	833,714	127,4	519,2	646,6	187,1
Marzo	955763	955,763	186,0	799,2	985,2	-29,4
Abril	793889	793,889	197,6	910,7	1108,3	-314,4
Mayo	728519	728,519	221,5	1063,7	1285,2	-556,7
Junio	935298	935,298	225,1	1102,2	1327,3	-392,0
Julio	991626	991,626	226,7	1103,7	1330,4	-338,8
Agosto	791644	791,644	218,1	1010,5	1228,6	-436,9
Septiembre	815851	815,851	180,0	796,9	977,0	-161,1
Octubre	811251	811,251	149,0	622,4	771,4	39,9
Noviembre	772019	772,019	105,4	419,7	525,1	247,0
Diciembre	873017	873,017	97,4	374,1	471,6	401,4
Total	10245103	10245,103	2044,6	9150,5	11195,2	-950,1
Inversión neta			1.773.834,3 €	12.032.868,66 €	13.806.703,01 €	
Reducción de emisiones de CO ₂ (toneladas)			586,8	2626,2	3213	

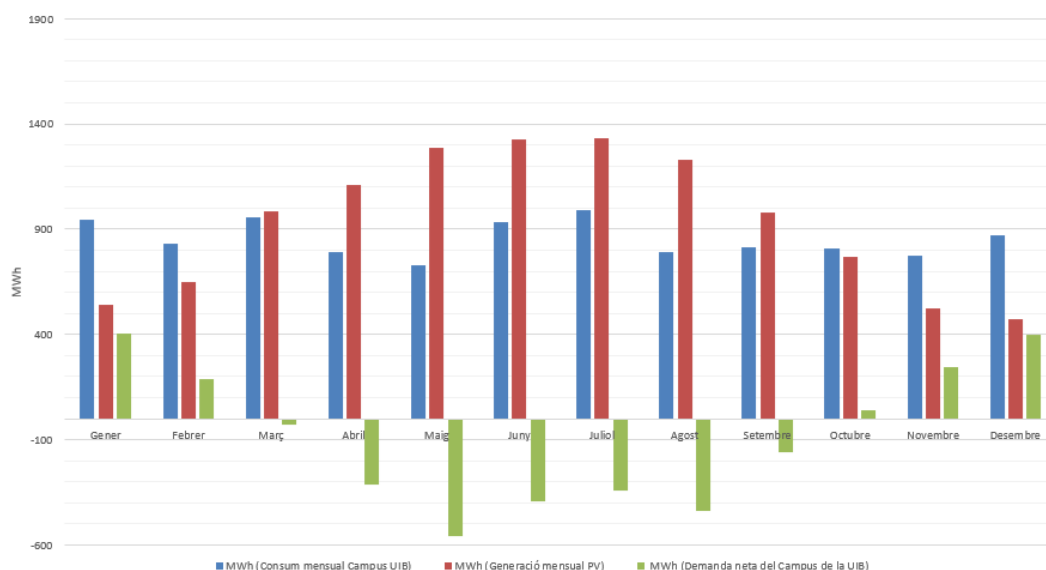


Figura 48: Binomio generación fotovoltaica y demanda del campus (2021), por el escenario 3. Plan inicial.

Plan de despliegue modificado⁴

La instalación de placas fotovoltaicas en las zonas expuestas tendría asociada una inversión neta (después de impuestos) de 13.335.337,25 €, permitiría cubrir el 113% de la demanda energética anual de la universidad, sin considerar el consumo mensual del nuevo edificio Interdepartamental. Además permite reducir en 3.343,1 toneladas las emisiones de CO₂/año.

Tabla54: Balance mensual energético y económico

Consumo eléctrico de la UIB en el año 2021 (MT)			PV en las Cubiertas	PV en los aparcamientos y terrenos grandes	generación mensual del conjunto	MWh (Demanda limpia)
Consumo eléctrico Mensual UIB	kWh	MWh	MWh/mes	MWh/mes	MWh/mes	MWh/mes
Enero	942512	942,512	119,0	475,0	594,0	348,5
Febrero	833714	833,714	137,1	559,6	696,7	137,0
Marzo	955763	955,763	200,5	841,2	1041,6	-85,9
Abril	793889	793,889	213,1	929,1	1142,2	-348,3
Mayo	728519	728,519	238,9	1063,2	1302,0	-573,5
Junio	935298	935,298	242,7	1092,0	1334,7	-399,4
Julio	991626	991,626	244,4	1095,7	1340,0	-348,4
Agosto	791644	791,644	235,1	1023,2	1258,3	-466,7
Septiembre	815851	815,851	194,0	827,7	1021,7	-205,9
Octubre	811251	811,251	160,4	663,4	823,9	-12,6
Noviembre	772019	772,019	113,4	458,7	572,2	199,9
Diciembre	873017	873,017	104,9	416,2	521,1	351,9
Total	10245103	10245,103	2203,5	9444,8	11648,3	-1403,2
Inversión neta			1.894.915,31	11.440.421,9	13.335.337,2	

⁴A la hora de realizar el balance se ha considerado la generación que tendría la potencial instalación fotovoltaica de la cubierta del edificio Interdepartamental, pero no su futuro consumo mensual. También debe tenerse en cuenta que se ha considerado la generación y el coste estimado de la instalación fotovoltaica del Caminal de Ibiza, a pesar de que ya se ha iniciado la construcción de la pérgola real.

	Reducción de emisiones de CO ₂ (toneladas)	632,4	2.710,67	3343,1	
--	---	-------	----------	--------	--

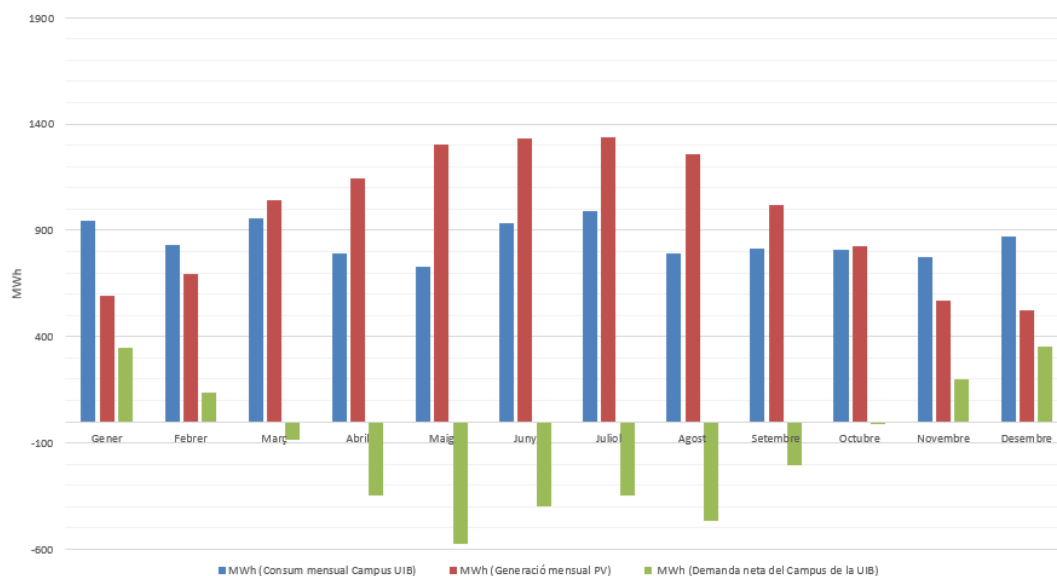


Figura 49: Binomio generación fotovoltaica y demanda del campus (2021), por el escenario 3. Plan modificado.

Comparando los balances globales del plan inicial hacia el plan modificado, se puede apreciar como la sustitución del Caminal de Cabrera y parte del Caminal de Formentera, y la compensación de la generación perdida mediante la creación de un conjunto de huertos solares más pequeños, ha permitido reducir ligeramente el coste económico estimado de la inversión. Esto se debe principalmente al elevado coste que suponía la partida de cementaciones del Caminal de Cabrera. Otro aspecto positivo a destacar es que el nuevo plan de despliegue permite obtener unos 500 MWh/año más de energía.

Cabe indicar que el plan de despliegue modificado, de acuerdo con las directivas establecidas por el equipo de dirección de la UIB, implica la instalación de una mayor cantidad de paneles fotovoltaicos orientados hacia el suroeste, lo que ha provocado que la diferencia de generación estacional (verano frente a invierno) se haya redistribuido de una forma más desfavorable hacia el perfil de consumo de la UIB.

Este hecho se aprecia si comparamos el perfil de demanda y generación mensual del Campus representados en la **Figura 48** y la **Figura 49**. Claramente se puede ver que con el nuevo plan de despliegue se tienen excedentes energéticos mayores durante los meses de verano, momento con menor demanda/actividad del Campus, mientras que durante los meses de invierno la generación fotovoltaica es inferior a la inicialmente propuesta, a pesar de ser el período con mayor actividad del Campus.

Por último, como último aspecto a resaltar del plan de despliegue modificado es que éste requiere una mayor ocupación de territorio.

VARIACIÓN DE LA POTENCIA PICO

En la **Tabla 55** se resume el impacto de la modificación del plan inicial de despliegue fotovoltaico en cuanto a la potencia pico. Puede apreciarse cómo la modificación del plan de despliegue incorpora unos 140 kWp adicionales.

Tabla 55: Variación de la potencia pico de la instalación

Variaciones del plan de despliegue de fotovoltaica en el Campus de la UIB	
Acciones	Variación de Potencia (kWp)
Eliminación del Caminal de Cabrera	-1517
Reducción del Caminal de Formentera	-325
Caminal de Eivissa: proyecto ejecutado	5
Plantas fotovoltaicas que rodean el edificio de turismo, y pérgolas en el aparcamiento	1088,95
Franja de terreno anexa al Camino del Ullastre	159,25
Pérgola de Can López	191,1
Pérgola de Cas Jai	43,275
Ampliación de la instalación del Pantaleu	100,1
Solar Road	291,2
Edificio Interdepartamental	102
Balance global	138,875

ACTUACIONES SOBRE EL ANILLO DE MT DE LA UIB

Las modificaciones del plan inicial de despliegue fotovoltaico han impactado sobre las diferentes configuraciones de los centros de transformación (CT) que inicialmente se había planificado construir. Por un lado, la eliminación del Caminal de Cabrera implica la no construcción del CT que se tenía previsto colocar en el Caminal de Cabrera. Entonces, para disponer de un margen suficiente de potencia y poder evacuar sin problemas la energía adicional Generada por el Solar Road y la Pérgola de Can López se aconseja incorporar un nuevo transformador de 630 kVA en el CT que se había propuesto construir anexa al edificio de Ca Ses Llúcies. Por último, per evacuar l'energia generada per les plantes fotovoltaiques Hosteleria Nord i Hosteleria Est es recomana incorporar un nou transformador de 1000 kVA al CT que s'havia previst construir a les immediacions de l'Aljub General.