



Universidad de
Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN.

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

ÁREA DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA

ESTUDIO Y SIMULACIÓN DE UN PASO DE CEBRA CON CAPACIDAD DE ILUMINACIÓN, AUTÓNOMO E INTELIGENTE.

D. BASANTE DÍAZ, ALBERTO

TUTOR: D. QUINTANA BARCIA, PABLO JOSÉ

FECHA: NOVIEMBRE 2023

Agradecimientos

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han estado a mi lado a lo largo de esta travesía. Gracias por vuestros ánimos y por vuestro apoyo incondicional.

A mis padres y a mis hermanos, por enseñarme a hacer frente a todas las dificultades, ayudarme a crecer como persona y por la educación tan valiosa que me habéis dado durante toda mi vida. Quiero que os sintáis orgullosos de mí.

A mis amigos, que a pesar de la distancia, seguimos teniendo conversaciones inspiradoras y momentos memorables. Por seguir manteniendo la amistad con vosotros toda la vida.

A mi novia Silvia, por ser mi compañera en este camino, por darme fuerzas todos los días y demostrarme tu cariño incondicional. Me siento muy feliz de poder compartir este logro contigo y todos los que nos quedan.

Agradecer también a mi tutor Pablo por toda la paciencia que ha tenido conmigo y por saber guiarme en todo momento.

Resumen

Con la redacción de este Trabajo Fin de Grado se pretende diseñar un paso de peatones iluminado con dispositivos LED de intensidad regulable, focos y sensores de movimiento, que ayude a prevenir accidentes de tráfico en una zona con escasa iluminación. El sistema debe ser capaz de generar, almacenar y regular la energía para permanecer iluminado las 24 horas del día sin interrupción y sin el conexionado a la red eléctrica. Se escogerán y diseñarán los dispositivos necesarios para su implementación, y se utilizará software de apoyo como el programa PVGIS para obtener datos básicos sobre la energía generada por los paneles solares. Además, se diseñará mediante software de elementos finitos la estructura formada por la señal de peatones y los componentes anclados a ella, siendo estos la montura de los paneles solares y los propios paneles. El programa de cálculo estructural utilizado será RFEM 6, y se utilizará para obtener resultados sobre la estabilidad, fiabilidad y seguridad estructural del sistema. Finalmente, se realizará una valoración de los resultados obtenidos y un listado de posibles mejoras futuras.

Índice general

1.- INTRODUCCIÓN	13
1.1.- PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	13
1.2.- OBJETIVO.....	14
1.3.- ALCANCE.....	15
1.4.- ANTECEDENTES	16
2.- NORMAS Y REFERENCIAS.....	18
2.1.- NORMATIVA	18
2.2.- PROGRAMAS DE CÁLCULO	19
3.- UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN	20
3.1.- COMPATIBILIDAD FOTOVOLTAICA.....	20
3.2.- EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO	22
3.2.1.- Descripción general	23
3.2.2.- Condiciones del entorno	25
3.2.3.- Condiciones del clima:	26
4.- EVALUACIÓN DEL DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS	30
4.1.- VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA A ESTUDIAR.....	30
4.1.1.- Clasificación de dispositivos	30
4.1.2.- Requisitos del proyecto	31
4.2.- DISPOSITIVOS DE ILUMINACIÓN	32
4.2.1.- Fundamento teórico	32
4.2.2.- Factores de diseño	34
4.2.3.- Criterios de selección de dispositivos	35
4.2.4.- Selección de dispositivos	38
4.3.- CÁLCULO DEL CONSUMO DE LA INSTALACIÓN	46
4.3.1.- Consumo mensual.....	50
4.3.2.- Análisis de las situaciones más desfavorables	52
4.4.- PANEL SOLAR	54
4.4.1.- Fundamento teórico	54
4.4.2.- Características.....	55
4.4.3.- Parámetros eléctricos	56
4.4.4.- Selección.....	60
4.4.5.- Cálculo de parámetros eléctricos	62
4.5.- ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN SOLAR. SOFTWARE PVGIS	64
4.5.1.- Descripción e interfaz.....	64
4.5.2.- Energía generada	67

4.6.-	BATERÍA SOLAR.....	71
4.6.1.-	Fundamento teórico	71
4.6.2.-	Parámetros clave.....	71
4.6.3.-	Tipos de baterías	74
4.6.4.-	Selección.....	76
4.6.5.-	Análisis de los casos desfavorables	77
4.7.-	REGULADOR DE CARGA:	78
4.7.1.-	Fundamento teórico:	78
4.7.2.-	Selección.....	79
4.8.-	OTROS COMPONENTES.....	81
5.-	CONTROL DE ILUMINACIÓN	82
5.1.-	INTRODUCCIÓN	82
5.2.-	DRIVER PARA LED	82
5.2.1.-	Selección.....	83
5.2.2.-	Configuración de la corriente LED.....	85
5.2.3.-	Selección del inductor	87
5.3.-	CONEXIONADO DE DISPOSITIVOS.....	89
6.-	SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	92
6.1.-	ESTRUCTURA SOPORTE DE LOS PANELES SOLARES	92
6.1.1.-	Selección.....	93
6.2.-	SIMULACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS. RFEM 6.....	94
6.2.1.-	Estructura A)	96
6.2.2.-	Estructura B).....	99
6.3.-	CASOS DE CARGA	104
6.3.1.-	Carga peso propio + peso panel.....	105
6.3.2.-	Caso de cargas de viento.....	107
6.3.3.-	Caso de cargas de viento.....	108
6.3.4.-	Análisis tensión-deformación	110
7.-	CONCLUSIONES.....	115
7.1.-	POSIBLES IMPLEMENTACIONES FUTURAS	115
8.-	PRESUPUESTO.....	117
9.-	BIBLIOGRAFÍA.....	126
10.-	ANEXOS.....	132
10.1.-	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	132
10.1.1.-	Términos de geometría solar:	132
10.1.2.-	Terminología de la radiación y magnitudes.....	132

10.1.3.-	Células fotovoltaicas y módulos fotovoltaicos	133
10.2.-	RESULTADOS PVGIS	134
10.3.-	DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS. RFEM 6.....	135
10.3.1.-	Poste vertical	135
10.3.2.-	Montura de los paneles	137
10.4.-	DISEÑO DE LOS CASOS DE CARGA. RFEM 6.....	140
10.4.1.-	Caso de carga Peso propio + Peso paneles	140
10.4.2.-	Caso de carga simulación de viento.....	141
10.4.3.-	Caso de carga de nieve	143
10.4.4.-	Análisis de tensión-deformación	144
10.5.-	FICHAS TÉCNICAS	151
10.5.1.-	LEDs horizontales	151
10.5.2.-	Dispositivos de iluminación vertical.....	152
10.5.3.-	Panel solar	153
10.5.4.-	Batería solar.....	155
10.5.5.-	Regulador MPPT	156
10.5.6.-	Foco LED	157
10.5.7.-	Sensor de movimiento	158
10.5.8.-	MP2489	159
10.5.9.-	Montura panel solar	160

Índice de Figuras

Figura 1.1: Modelo de paso de cebra iluminado.....	15
Figura 1.2: Número de muertos en carreteras urbanas (DGT, 2023).	17
Figura 3.1: Mapa de España de las distintas zonas de radiación solar (Roams Energía, 2023).	21
Figura 3.2: Valores de radiación solar media anual en las distintas zonas de España (Roams Energía, 2023).	21
Figura 3.3: Vista aérea del paso de cebra objeto de estudio, 2023.	22
Figura 3.4: Carretera de entrada a Quart de Poblet	23
Figura 3.5: Paso de cebra de estudio y señalización de velocidad.....	24
Figura 3.6: Sendero para peatones y bicicletas próximo al paso de cebra	24
Figura 3.7: Temperatura media anual en la zona del aeropuerto de Valencia (Weather Spark, 2022).	27
Figura 3.8: Temperaturas máxima, media y mínima en Valencia (Weather Spark, 2022).	27
Figura 3.9: Media de horas de luz natural diaria en Valencia (Weather Spark, 2022).	28
Figura 3.10: Probabilidad diaria de precipitación en Valencia (Weather Spark, 2022).	29
Figura 3.11: Cantidad de días lluviosos por mes en Valencia.	29
Figura 4.1: Ejemplo de paso de cebra iluminado en Paracuellos diseñado por (Interlight SP, 2020)	33
Figura 4.2: Ejemplo de señalización horizontal y dispositivos anclados, de la empresa (DENSL, 2022)	35
Figura 4.3: Franjas del paso de cebra.....	36
Figura 4.4: Tira LED 12V DC 60LED/m 5m IP65 de la marca (EfectoLED, 2023).	39
Figura 4.5: Escalas de temperatura del color	40
Figura 4.6: Canal de aluminio donde situar los LEDs.	41
Figura 4.7: Señal S-13: Situación de un paso de cebra.....	41
Figura 4.8: Señal S-13 iluminada de la empresa (DENSL, 2022).....	42
Figura 4.9: Señal iluminada con panel solar de la empresa (DENSL, 2022)	42
Figura 4.10: Dispositivo de señalización vertical seleccionado de la empresa (SonTrafic, 2023)....	43
Figura 4.11: Foco Proyector LED 50W Sensor De Movimiento IP65 de la marca (Ilumnia, 2023)...	44
Figura 4.12: Detector de Movimiento 12/24V Integrar FUKASHY-LV especial ULV de (Xindar, 2023).	45
Figura 4.13: Gráfico de consumos de los dispositivos de iluminación (Wh).....	49
Figura 4.14: Gráfico de barras del consumo mensual de las cargas del proyecto.....	51
Figura 4.15. Estructura de los paneles solares.....	55
Figura 4.16. Tipos de paneles solares	56
Figura 4.17: Curva característica I-V de una célula fotovoltaica en iluminación (AutoSolar, 2023) 57	
Figura 4.18: Influencia de la irradiación en la curva I-V a temperatura constante (IngeLibre, 2014)	58
Figura 4.19: Influencia de la temperatura en la curva I-V a iluminación constante (IngeLibre, 2014).	59
Figura 4.20: Panel solar MEGA 200 Watt Monocrystalline de la marca (Rich Solar, 2023).	60
Figura 4.21: Panel solar instalado en poste lateral de la empresa (Ameresco Solar, 2023).	62
Figura 4.22: Mapa con las coordenadas del proyecto en (PVGIS, 2023).	65
Figura 4.23: Interfaz de usuario de PVGIS.....	66

Figura 4.24: Energía mensual generada (kWh) por los paneles solares en la ubicación del proyecto con el software (PVGIS, 2023).....	68
Figura 4.25: Comparación de la energía generada y consumida (kWh).	69
Figura 4.26: Temperatura de bulbo seco media en la zona de estudio.....	70
Figura 4.27: Irradiación solar mensual en la zona de estudio.....	70
Figura 4.28: Número de ciclos de vida en función de la profundidad de descarga (Castro Martínez , Villaseñor, & Domínguez, 2019).....	73
Figura 4.29: Capacidad disponible de la batería en función de la temperatura (Autosolar, 2023). 74	
Figura 4.30: Batería de litio seleccionada de la marca (Rich Solar, 2023).	76
Figura 4.31: Regulador MPPT seleccionada de la marca (Rich Solar, 2023).	80
Figura 5.1: Esquema de funcionamiento del MP2489 de (MPS, 2023).	84
Figura 5.2: Características del MP2489.....	85
Figura 5.3: Esquema del PIN EN/DIM.....	87
Figura 5.4: Conexión de paneles en serie (ATERSA, 2023).....	90
Figura 5.5: Esquema de conexionado de los dispositivos.	91
Figura 6.1: Montura de los paneles solares de la empresa (SolarElectricSupply.Inc, 2023).....	93
Figura 6.2: Estructura A) Nudos del poste y montura de los paneles.....	97
Figura 6.3: Estructura A) Nudos y empotramiento del poste en el suelo.	98
Figura 6.4: Estructura A) líneas, nudos y empotramiento.	98
Figura 6.5: Estructura A) Poste y montura con materiales de los fabricantes.....	99
Figura 6.6: Ejemplo de estructura que se pretende diseñar de la empresa (SuitableEnergySolutions, 2023).	100
Figura 6.7 Estructura B) Nudos del poste y montura de los paneles.	100
Figura 6.8: Estructura B) Nudos y empotramiento del poste en el suelo.	101
Figura 6.9: Estructura B) líneas, nudos y empotramiento.....	102
Figura 6.10: Estructura B) Poste y montura con materiales de los fabricantes.....	103
Figura 6.11: Estructura B) Estructura completa.	104
Figura 6.12: Estructura con la carga superficial de los paneles.	105
Figura 6.13: Caso A) Análisis de desplazamientos en el caso de carga Peso propio + Peso paneles.	106
Figura 6.14: Caso B) Análisis de desplazamientos en el caso de carga Peso propio + Peso paneles.	107
Figura 6.15: Resultados de desplazamientos en la estructura tras la simulación de viento.	108
Figura 6.16: Datos del emplazamiento del proyecto en RFEM.....	109
Figura 6.17: Resultados de desplazamientos en la estructura tras la simulación de carga de nieve.	109
Figura 6.18: Resumen de casos de cargas, acciones, situaciones y combinaciones del proyecto. 110	
Figura 6.19: Combinaciones de carga de la situación de carga SP1.....	111
Figura 6.20: Resultados de la tensión de Von Mises del análisis de tensión-deformación.	112
Figura 6.21: Barra más cargada de la estructura.	113
Figura 10.1: Componentes de la estructura.....	135
Figura 10.2: Diseño del poste.....	136
Figura 10.3: Bucket de 80cm de la empresa (Alterstore, 2023).....	137
Figura 10.4: Sección en U 50/25/7/7/3/0/H.	138
Figura 10.5: a) Barras sin excentricidad aplicada. b) Barras con la excentricidad correcta aplicada.	139
Figura 10.6: Sección en LE 35/5/0/0/0/1/H utilizada para los raíles.	140

Figura 10.7: Casilla de activación de peso propio.	141
Figura 10.8: Perfil de viento utilizado.	142
Figura 10.9: Dimensiones del tubo de viento según la norma EN 1991 CEN 2015-09.	143
Figura 10.10: Simulación de la carga de viento.....	143
Figura 10.11: Parámetros de la carga de nieve.....	144

Índice de Tablas

Tabla 1.1: Distribución de personas fallecidas y heridas en vías urbanas e interurbanas (DGT, 2023).	17
Tabla 3.1: Coordenadas del proyecto.	22
Tabla 4.1: Características técnicas de los LED COB Tira 48V 6W	40
Tabla 4.2: Datos técnicos señalización vertical.....	43
Tabla 4.3: Características del foco LED.....	45
Tabla 4.4: Características del sensor de movimiento.	46
Tabla 4.6: Resumen de funcionamientos y consumos dispositivos de iluminación.	49
Tabla 4.7: Consumo mensual (Wh) de las cargas del proyecto.	51
Tabla 4.8: Especificaciones técnicas del panel solar seleccionado	61
Tabla 4.9: Temperaturas y coeficientes de temperatura.....	62
Tabla 4.10: Valores de temperatura máxima y mínima utilizados.....	63
Tabla 4.11: Coeficientes de temperatura corregidos.....	63
Tabla 4.12: Resumen de características de las baterías.....	75
Tabla 4.13: Características técnicas de la batería seleccionada	77
Tabla 4.14: Parámetros característicos del controlador escogido.....	80
Tabla 6.1: Características técnicas del soporte seleccionado.	93
Tabla 6.2: Conjunto de normas activas en RFEM 6.....	95
Tabla 6.3: Situaciones de carga analizadas.	110
Tabla 9.1: Características mecánicas del material del poste de la señal vertical.	137
Tabla 9.2: Características mecánicas del aluminio usado para la montura de los paneles.	138
Tabla 9.3: Comprobación de tensiones de todas las barras.	150

Índice de Ecuaciones

Ecuación 4.1: Consumo de potencia de las tiras LEDs en días lluviosos	46
Ecuación 4.2: Consumo de potencia de los LEDs en días despejados.....	47
Ecuación 4.3: Consumo de potencia media diaria de las tiras LED.....	47
Ecuación 4.4: Consumo medio LEDS en una hora (Wh).....	47
Ecuación 4.5: Consumo medio diario de las dos señales verticales	47
Ecuación 4.6: Consumo medio horario de las dos señales verticales	48
Ecuación 4.7: Consumo medio diario del foco y el sensor.....	48
Ecuación 4.8: Consumo medio horario del foco y el sensor.	48
Ecuación 4.9: Consumo total (Wh) caso desfavorable 1.....	52
Ecuación 4.10: Consumo horario de los dispositivos de iluminación en un día lluvioso	53
Ecuación 4.11: Consumo total de los dispositivos de iluminación durante 24 horas de un día lluvioso	53
Ecuación 4.12: Intensidad de cortocircuito.....	57
Ecuación 4.13: Variación de la tensión de circuito abierto en función de la temperatura.....	59
Ecuación 4.14: Variación de la corriente de cortocircuito en función de la temperatura.....	59
Ecuación 4.15: Variación de la potencia máxima en función de la temperatura.	59
Ecuación 4.16: Conversión grados Fahrenheit a Celsius.....	63
Ecuación 4.17: Tensión de circuito abierto máxima	63
Ecuación 4.18: Tensión de circuito abierto mínima	63
Ecuación 4.19: Corriente de cortocircuito máxima.....	64
Ecuación 4.20: Corriente de cortocircuito mínima	64
Ecuación 4.21: Potencia de pico máxima.....	64
Ecuación 4.22: Potencia de pico mínima	64
Ecuación 4.23: Eficiencia de las baterías (OCW, 2023)	73
Ecuación 4.24: Energía que debe suministrar la batería a las cargas durante los dos días de lluvia (Wh).....	77
Ecuación 4.25: Energía real suministrada por la batería con un 80% DoD.....	78
Ecuación 5.1: Resistencia del circuito integrado.....	85
Ecuación 5.2: Intensidad de los LED.....	86
Ecuación 5.3: Intensidad de los dispositivos verticales.....	86
Ecuación 5.4: R_{SET} de los LEDs horizontales.....	86
Ecuación 5.5: R_{SET} de los dispositivos lumínicos verticales.	86
Ecuación 5.6: Inductancia del circuito integrado.	87
Ecuación 5.7: Inductancia de los LED.	88
Ecuación 5.8: Inductancia de las señales verticales.	88
Ecuación 5.9: Inductores seleccionados.....	89
Ecuación 5.10: Inductor AEC-Q200-001 Inductor de potencia Würth, 100 μ H, 20%, 500mA (RS, 2023).	89
Ecuación 6.1: Límite elástico del aluminio EN AW-6061 T4.....	113
Ecuación 6.2: Razón de tensiones en la barra más cargada de la estructura.	114

Abreviaturas

AC	Corriente alterna (Altern Current)
DC	Corriente continua (Direct Current)
$I_{p\text{m}\acute{a}x}$	Intensidad de potencia máxima. Corriente en el punto de máxima potencia. Con esta tensión se producirá la máxima potencia y dicha intensidad será siempre menor que la de cortocircuito.
I_{sc}	Corriente o intensidad de corto circuito. Aquella que se produce a una tensión 0 V. Su valor depende de la radiación y la superficie del panel solar.
LED	Light Emitting Diode.
MEF	Método de los Elementos Finitos.
MPPT	Maximum Power Point Tracking.
$P_{m\acute{a}x}$	Potencia máxima. Es el producto del valor de tensión máxima ($V_{p\text{m}\acute{a}x}$) e intensidad máxima ($I_{p\text{m}\acute{a}x}$) para los que la potencia entregada a una carga es máxima.
V_{oc}	Tensión de corto circuito. Es la tensión que se puede medir al no existir una carga conectada y representa la tensión máxima que puede dar una célula. Su medida se realiza simplemente conectando un voltímetro entre bornes.
$V_{p\text{m}\acute{a}x}$	Tensión de potencia máxima: Tensión en el punto de máxima potencia. Con esta tensión se producirá la máxima potencia y dicha tensión será siempre menor que la de circuito abierto.

1.- Introducción

1.1.- PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En una actualidad en constante evolución, el presente proyecto pretende presentar soluciones dentro del marco de la crisis energética y de la seguridad vial, capaces de mejorar la calidad de vida de las personas y su seguridad en las vías urbanas, al mismo tiempo que se genera una propuesta del uso de energías renovables.

Es por estas razones, que el presente proyecto pretende llevar la tecnología y la innovación a un elemento básico del entorno urbano y utilizado a diario en todo el mundo, como es un paso de peatones, cuyo principal objetivo es que los viandantes puedan cruzar vías urbanas con seguridad ante la detención de los vehículos y que los conductores estén alertados ante la presencia de viandantes.

La modificación que se va a realizar a este elemento del entorno urbano es proporcionarle un valor añadido mediante la instalación de un sistema de iluminación regulable que mejorará la visibilidad del paso para los vehículos que se aproximen y por tanto aumentará la seguridad de los peatones. Al mismo tiempo, se pretende que el sistema sea autónomo, es decir, que sea capaz de generar y almacenar la energía necesaria para su iluminación mediante el uso de paneles solares y baterías, sin tener que utilizar energía de la red eléctrica.

Para concluir esta introducción, se quiere destacar que el trabajo actual busca como acto principal, mejorar la seguridad y la calidad de vida de las personas de forma sostenible, siendo un sistema que puede ser instalado en zonas poco iluminadas, con poca visibilidad de los peatones o que no dispongan de red eléctrica y elementos lumínicos.

1.2.- OBJETIVO

El objetivo del presente proyecto es el cálculo y estudio de viabilidad de un paso de cebra con iluminación regulable de forma automática mediante LEDs situados en los extremos de las franjas de dicho paso, y la instalación de un foco LED con sensor de movimiento y dos señales verticales que refuercen la iluminación y la seguridad de los viandantes.

El sistema funcionará de forma autónoma las 24 horas del día durante todo el año gracias a la generación de energía mediante paneles solares que se encontrarán anclados en la parte superior de las señales de tráfico y al almacenamiento de la energía en baterías soterradas en la zona de estudio. Los dispositivos de iluminación dispondrán de intensidad lumínica regulable según cuáles sean las condiciones climatológicas y de visibilidad en la zona.

El proyecto deberá ser capaz de mantener en funcionamiento los dispositivos de iluminación las 24 horas del día sin interrupciones incluso en casos de condiciones meteorológicas adversas o de baja generación por parte de los paneles, a excepción de un foco con sensor de movimiento incorporado, el cual funcionará únicamente al detectar el paso de transeúntes por la zona de estudio.

El sistema está diseñado en primera instancia para pasos de cebra sin semáforo ya que los semáforos son elementos que están conectados a la red eléctrica y los conductores y peatones tienen una guía que les indica cuándo pueden avanzar o detenerse. En cambio, es muy común encontrar pasos de peatones sin semáforo mal iluminados, sobre todo en pueblos o vías urbanas fuera de las ciudades. En este tipo de pasos sin semáforo, no existe esta clase de indicación, por lo que se cree conveniente que exista una ayuda para visualizar a los peatones, y que los vehículos sepan de antemano cuándo deben detenerse.

Este proyecto ha sido analizado, calculado y diseñado para un paso de cebra situado en una de las principales entradas al pueblo Quart de Poblet, de la Comunidad Valenciana, debido a los factores de riesgo para los peatones este cruce, y con el objetivo de mejorar la calidad de vida y la seguridad de los viandantes del municipio, a la vez que se da uso de las energías renovables.

1.3.- ALCANCE

Forma parte del alcance del proyecto la elección, estudio y cálculo de los componentes necesarios para el funcionamiento autónomo de la instalación, siendo éstos los dispositivos de iluminación y los dispositivos que componen el sistema de generación, almacenamiento y regulación de energía. Además de ello, se diseñará y simulará mediante software de elementos finitos la estructura que abarca la señal vertical, la montura de los paneles y los propios paneles solares, con el objetivo de comprobar la estabilidad y fiabilidad de la estructura.

El paso de cebra propuesto cuenta con 7 franjas blancas, y en cada franja irán incorporadas dos luminarias LED, situadas de forma transversal en los extremos de dicha franja. Además de la señalización horizontal, forma parte de este proyecto el estudio y diseño de dos señalizaciones verticales provistas de iluminación, que permitan reforzar la seguridad del peatón y que sostengan mediante soportes especializados, los equipos de generación de energía y un foco proyector LED con sensor de movimiento incorporado. En la Figura 1.1 se puede observar un ejemplo visual de la clase de sistema de iluminación que se pretende conseguir con este proyecto. Se trata de un paso de peatón inteligente de la empresa (InterLight, 2021)



Figura 1.1: Modelo de paso de cebra iluminado

En el desarrollo del proyecto se calculará el área y la orientación de los paneles solares y se estudiarán los distintos tipos de paneles que se ofrecen actualmente en el mercado, a fin de seleccionar el modelo óptimo para el funcionamiento de la instalación. Todos los elementos que forman parte de la instalación (batería, regulador MPPT, drivers para LED, entre otros), serán escogidos en función del tipo de panel utilizado, y de las necesidades de consumo del sistema de iluminación que se deberá instalar para lograr el objetivo trazado.

Se estudiarán distintos sensores que permitan automatizar y regular la intensidad lumínica según las condiciones del entorno. Algunos de los sensores analizados serán sensores de presencia y sensores de luminosidad (LDR).

Finalmente, se diseñará la estructura mediante software de elementos finitos y se simulará para obtener resultados acerca las distintas situaciones de carga que puedan estar presentes en la estructura.

1.4.- ANTECEDENTES

Debido al aumento de la población y la dinámica de la vida actual, se ha incrementado el número de vehículos que circula a través de las carreteras de las principales ciudades, generando un mayor número de accidentes, en los cuales resultan más vulnerables los peatones, ciclistas y motoristas.

Según datos recaudados por la Dirección General de Tráfico “*Los accidentes de tráfico se han cobrado la vida de 620 personas en lo que va de año, hasta julio de 2023*” (DGT, 2023). Analizando la Figura 1.2, se observa el número de muertos en vías urbanas, que es donde se sitúan la mayor parte de los pasos de cebra, y donde es necesario tomar medidas.

Número de muertos en accidentes de tráfico en vías urbanas

Un total de 519 personas fallecieron en accidentes en ciudad en 2019

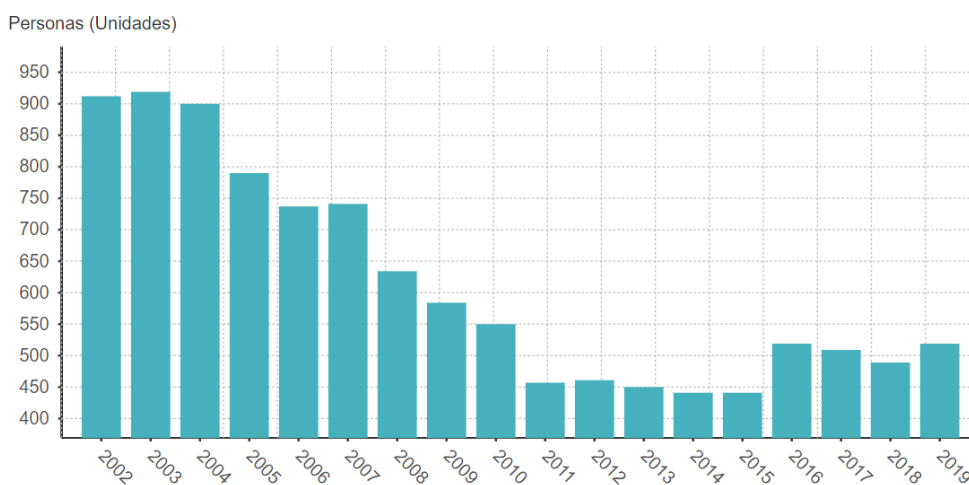


Figura 1.2: Número de muertos en carreteras urbanas (DGT, 2023).

En España los peatones son considerados los usuarios más vulnerables de la carretera, representado una cifra cercana al 13 % de total de accidentes que ocurren en el país, y alcanzado un 21 % de los fallecidos, y un porcentaje similar los heridos que requieren ser atendido en hospitales.

El mayor número de accidentes en los cuales se encuentran involucrados peatones, suceden en vías urbanas según los datos recogidos de (DGT, 2023), como se puede observar en la Tabla 1.1. Por esta razón, es necesario tomar medidas de seguridad para la población en este tipo de vías.

Año	Dist. % personas fallecidas		Dist. % personas heridas hospitalizadas		Dist. % personas heridas no hospitalizadas	
	Vías interurbanas	Vías urbanas	Vías interurbanas	Vías urbanas	Vías interurbanas	Vías urbanas
2013	73%	27%	51%	49%	45%	55%
2014	74%	26%	50%	50%	42%	58%
2015	74%	26%	50%	50%	38%	62%
2016	71%	29%	52%	48%	39%	61%
2017	72%	28%	50%	50%	40%	60%
2018	73%	27%	50%	50%	41%	59%
2019	70%	30%	50%	50%	39%	61%
2020	71%	29%	50%	50%	39%	61%
2021	73%	27%	47%	53%	39%	61%
2022	73%	27%	46%	54%	37%	63%

Tabla 1.1: Distribución de personas fallecidas y heridas en vías urbanas e interurbanas (DGT, 2023).

2.- Normas y referencias

2.1.- NORMATIVA

En este tipo de proyectos multidisciplinarios, la normativa abarca diversas ramas de la ingeniería y la arquitectura. A continuación, se enumera la normativa utilizada en el presente proyecto:

- UNE 157001: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- (Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana, 2023). PG3: Pliego de Prescripciones Técnicas Generales. Parte 7ª. Señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.
- (Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana, 2023): Norma 8.1-IC Señalización vertical.
- UNE EN 1436:2007+A1: Materiales para señalización vial horizontal. Comportamiento de las marcas viales aplicadas sobre la calzada.
- Para el diseño y cálculo la instalación del sistema se utiliza el Reglamento Electrónico de Baja Tensión aprobado mediante el RD 842/2000, de 2 agosto de 2002, en el que contempla la estimación de cargas destinadas al alumbrado y fuerza, y lo establecido en las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51 aplicables. (Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2002)
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, el cual aprueba el Reglamento de eficiencia energética para las instalaciones de alumbrado exterior, así como, las instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, que regula la materia de compatibilidad electromagnética.
- Regulaciones y las condicionantes establecidas Ordenanzas Municipales y por los Organismos Público competentes.
- UNE-EN ISO 9488, de diciembre de 2022: Energía solar. Vocabulario.
- UNE 206008 IN, de diciembre de 2013: Energía solar fotovoltaica. Términos y definiciones.

- UNE 135314: Señalización vertical. Perfiles de acero galvanizado empleados como postes de sustentación de señales, carteles laterales y paneles direccionales, de septiembre de 2017.
- CTE Documento Básico de Seguridad Estructural, de 20 de diciembre de 2019.

2.2.- PROGRAMAS DE CÁLCULO

Han sido varios los programas y herramientas utilizados para facilitar el correcto diseño, cálculo y simulación de los dispositivos y estructuras presentes en el proyecto. A continuación, se describen los programas utilizados a lo largo de la elaboración del proyecto:

- PVGIS: Programa utilizado para el cálculo y obtención de datos óptimos de la posición, orientación, rendimiento y producción de energía del panel solar a lo largo del año. Además, PVGIS recopila información sobre la evolución de la temperatura en la zona de estudio y de la irradiación solar mensual, diaria y horaria en el emplazamiento seleccionado. Con los resultados obtenidos, se seleccionará el sistema de generación y almacenamiento de energía que mejor se adecúe a los requisitos del proyecto.
- RFEM 6: Programa utilizado para el diseño y cálculo estructural mediante elementos finitos del anclaje de los paneles solares a la señal peatonal. Se realizará una estructura de barras similar a los apoyos utilizados para anclar los paneles a las señales y se comprobarán estados de cargas de diferentes situaciones para analizar la estabilidad y la fiabilidad de la estructura.
- RWIND: Programa utilizado para la simulación de cargas de viento de diferentes magnitudes y direcciones. Las estructuras son diseñadas en RFEM 6 y son importadas a RWIND para realizar los análisis de cargas de viento.
- CYPE: Software utilizado para la elaboración del presupuesto del proyecto mediante generador de precios de la construcción y de las tareas y materiales utilizados para llevar a cabo el proyecto.

3.- Ubicación de la instalación

3.1.- COMPATIBILIDAD FOTOVOLTAICA

Dado que el diseño del proyecto se basa en la implantación de un sistema de generación de energía fotovoltaico, es importante resaltar que éste se encuentra constituido por un conjunto de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, que al operar en conjunto permiten captar y transformar energía solar (radiación del sol), en energía eléctrica.

En el proceso, la radiación solar o energía que es emitida por el Sol, que se propaga en distintas direcciones en forma de ondas electromagnéticas, es captada por los paneles solares para lograr la producción de energía fotovoltaica.

Gracias a la ubicación de España, la radiación solar en una buena parte de su territorio es bastante alta, lo que se convierte en una fuente segura y confiable de producción de energía renovable para autoconsumo. Según comenta la empresa (Energía Roams, 2023), especializada en energías renovables, luz y gas: *“Debido al auge de las energías renovables en España, el Gobierno nacional, a través del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), lanzó una categorización de las distintas zonas del país según los niveles de radiación solar que reciban a lo largo del año. Un mapa de la radiación solar que pretende ser una orientación ambiental previa para proyectos de grandes instalaciones, con la vista puesta en un sistema eléctrico 100% renovable en 2050”*. Dichas zonas de radiación solar y sus valores, se pueden observar en las Figura 3.1 y Figura 3.2

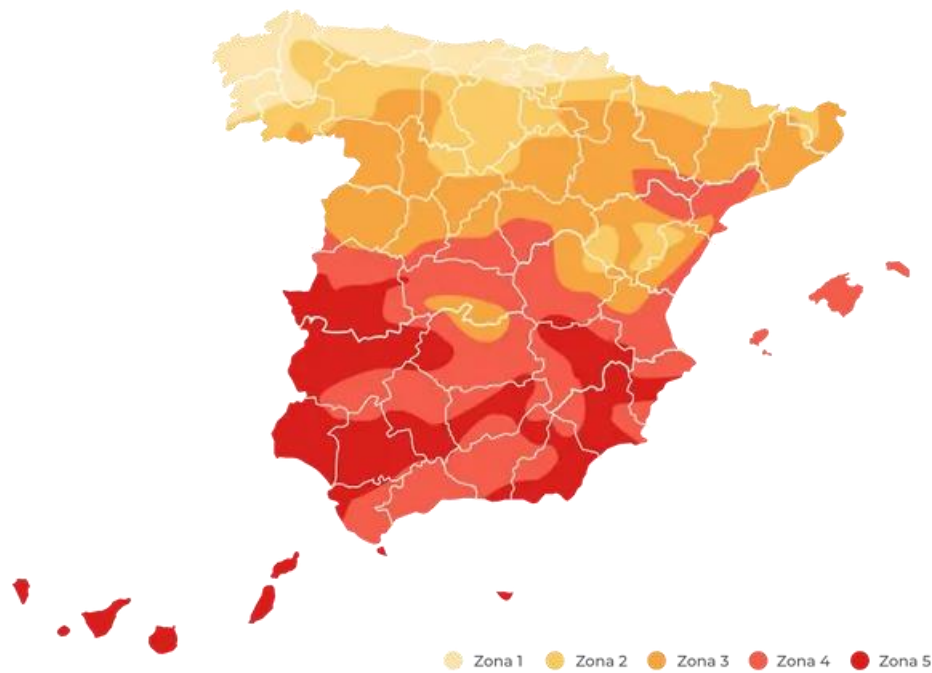


Figura 3.1: Mapa de España de las distintas zonas de radiación solar (Roams Energía, 2023).

Radiación solar media anual sobre superficie horizontal (H)	
Zona climática	H
1	Menor de 3,8 kWh/m ²
2	Entre 3,8 y 4,2 kWh/m ²
3	Entre 4,2 y 4,6 kWh/m ²
4	Entre 4,6 y 5 kWh/m ²
5	Mayor de 5 kWh/m ²

Figura 3.2: Valores de radiación solar media anual en las distintas zonas de España (Roams Energía, 2023).

3.2.- EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

En este apartado se analizarán los datos de partida necesarios para el correcto diseño y funcionamiento del sistema. Para ello, se deben conocer datos del entorno y del emplazamiento donde se realizará la instalación, la geografía de la zona y las condiciones en las que se encuentra el paso de peatones. A partir de estos datos, se seleccionarán en el mercado los dispositivos lumínicos y aparatos de generación, regulación y almacenamiento de energía que presenten un correcto funcionamiento del sistema.

El paso de cebra analizado en el presente proyecto, y para el cual se realizará el diseño, cálculo y elección de componentes, se sitúa en una de las principales entradas del pueblo Quart de Poblet, perteneciente a la Comunidad Valenciana. En la Figura 3.3 se puede apreciar la vista aérea del paso de cebra, la carretera de doble sentido y los senderos de los alrededores. Las coordenadas geográficas del paso de peatones objeto de estudio son:

Coordenadas del emplazamiento del proyecto	
Latitud	39,487186
Longitud	-0,444143

Tabla 3.1: Coordenadas del proyecto.



Figura 3.3: Vista aérea del paso de cebra objeto de estudio, 2023.

3.2.1.- Descripción general

El paso de peatones para el cual se diseña este proyecto se encuentra situado en una de las entradas principales al municipio de Quart de Poblet. Los vehículos que deben cruzar por este paso de cebra para entrar al pueblo provienen de la autovía V-30 o de la carretera convencional CV-371. En dichas carreteras la velocidad de circulación está establecida a 60 km/h y cuando deben realizar giro a la derecha para incorporarse a la calzada dirección Quart de Poblet, la señalización de velocidad desciende a 40 km/h, como se puede observar en Figura 3.4.



Figura 3.4: Carretera de entrada a Quart de Poblet

Una vez los vehículos giran a la derecha, donde se halla una de las entradas al pueblo, se aproximan a las inmediaciones del paso de cebra, pasando por una curva pronunciada que dificulta la visibilidad del paso. Además, no existen elementos lumínicos en la zona, como farolas o semáforos, lo que aumenta considerablemente el riesgo de atropello. La velocidad en la zona del paso de cebra sigue siendo 40 km/h, una velocidad elevada sabiendo la existencia de esta curva y la escasa iluminación. Es justo en la altura del paso de peatones donde se sitúa una tercera señalización de velocidad, esta vez de 20 km/h, situándose ésta demasiado próxima al paso, lo que puede incurrir en fallos en la reacción de los conductores, como puede observarse en la Figura 3.5.



Figura 3.5: Paso de cebra de estudio y señalización de velocidad.

Desde el punto de vista del viandante, el paso de cebra se sitúa en una ruta por la orilla del río Turia, la cual está destinada para que la gente pasee por la zona natural. Además, se trata de una ciclovía, por lo que es frecuentada no solo por peatones sino también por ciclistas, tal y como se muestra en la Figura 3.6, por lo que es frecuentada por diversos grupos que pueden correr riesgo de atropello.



Figura 3.6: Sendero para peatones y bicicletas próximo al paso de cebra

Además de lo comentado anteriormente, el ayuntamiento de Quart de Poblet y la Fundación Limne, están llevando a cabo un proyecto de recuperación ambiental e hidromorfológica del río Turia, llamado (NaTURTURia, 2022), que cuenta con un presupuesto superior a los 1,4 millones de euros, aportados por la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la

Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea-NextGenerationEU. (Valencia Plaza, 2023)

Mediante este nuevo proyecto que se está implementando, en consonancia a la Agenda 2030, para cumplir los Objetivos del Desarrollo Sostenible, se aumentará la zona transitable para los peatones a orillas del río. Una de las zonas de acceso a este paseo es el paso de peatones que se estudia y se mejora en el presente proyecto.

3.2.2.- Condiciones del entorno

En este punto se estudian las condiciones actuales de la vía y su entorno. Para el análisis, se tomaron distintas fotografías de los puntos que se consideran importantes para determinar los patrones de diseño del proyecto.

- **Calzada:** Se trata de una vía de doble sentido muy estrecha, en la que tienen preferencia los vehículos que salen del pueblo Quart de Poblet frente a los que entran, lo que significa que, debido a la estrechez, el paso simultáneo de dos vehículos está prohibido. Además, la calzada presenta signos de deterioro y de desnivel discontinuo. Estos son factores que pueden poner en peligro a los viandantes.
- **Tráfico:** Los vehículos que circulan por esta carretera son los que provienen de la autovía V-30 y de la carretera convencional CV-371, por lo que el volumen de autos es elevado en comparación al grado de calidad en el que se encuentra la calzada y sus inmediaciones.
- **Iluminación:** Los elementos de iluminación son nulos en la zona de estudio, ya que la zona no está conectada a la de red eléctrica. La conexión a red y las farolas más cercanas se encuentran a aproximadamente 210 metros, que coincide con la entrada al municipio de Quart de Poblet.
- **Señalización:** Las señales que se encuentran en la zona de estudio son de limitación de velocidad y de preferencia de paso. No existe ninguna señal que alerte a los vehículos de que se acercan a una zona de paso de peatones, por lo que este proyecto contempla su instalación. En lo referente al paso de cebra, la pintura se encuentra desgastada por el paso de los años, y solamente se encuentran pintadas los extremos

de las franjas. Esta es una medida utilizada por ciertas comunidades autónomas como Madrid, Barcelona y Valencia con el fin de ahorrar dinero y pintura.

“El Ayuntamiento de Valencia prevé ahorrar hasta 150.000 euros al año, alrededor del 20% del presupuesto destinado a esta partida, únicamente reduciendo la superficie grafiada. Y sin que se produzca merma alguna en la seguridad.” (El Mundo, 2011).

3.2.3.- Condiciones del clima:

En este apartado se analizan las condiciones climatológicas que influyen en el diseño de la instalación, como son la cantidad de horas de luz por mes en Quart de Poblet, donde se sitúa la zona de análisis, y la probabilidad de lluvia en la zona. Estos datos proporcionan información necesaria para estimar parámetros fundamentales en el proyecto, como son la energía que deberá producir el panel solar, el nivel de luminosidad al que deberán trabajar los LEDs y la cantidad de energía que deben almacenar las baterías en caso de condiciones adversas o fallos del sistema.

Según los datos obtenidos de la agencia de meteorología (Weather Spark, 2022), en el aeropuerto de Valencia, cercano al municipio de Quart de Poblet, tal y como se muestra en la Figura 3.7, la temperatura máxima que se alcanza en Quart ronda los 31°C y la temperatura mínima es aproximadamente de 5°C y se da en enero. La temperatura es un factor clave a tener en cuenta ya que afecta a la curva característica del panel. Cuando la temperatura es baja en el exterior, la tensión de vacío se incrementa. En casos donde haya varios paneles en serie, como es el caso de este proyecto, este fenómeno puede derivar en la destrucción del convertidor de MPPT.

Average High and Low Temperature at Valencia Airport

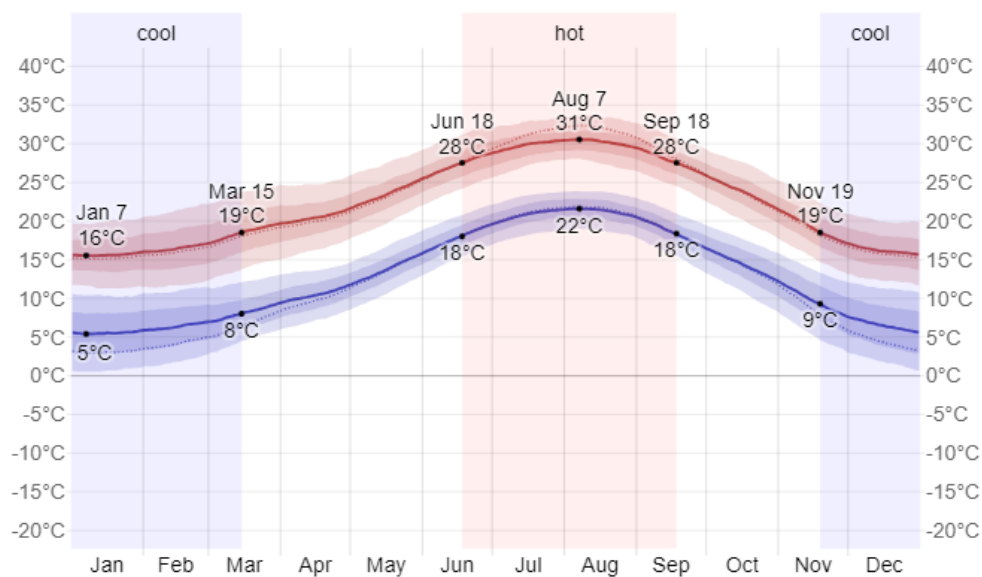


Figura 3.7: Temperatura media anual en la zona del aeropuerto de Valencia (Weather Spark, 2022).

Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Máxima	16 °C	16 °C	19 °C	21 °C	24 °C	27 °C	30 °C	30 °C	28 °C	24 °C	19 °C	16 °C
Temp.	10 °C	11 °C	13 °C	15 °C	19 °C	23 °C	26 °C	26 °C	23 °C	19 °C	14 °C	11 °C
Mínima	6 °C	6 °C	8 °C	11 °C	14 °C	18 °C	21 °C	21 °C	18 °C	14 °C	10 °C	6 °C

Figura 3.8: Temperaturas máxima, media y mínima en Valencia (Weather Spark, 2022).

Otro dato de suma relevancia es la cantidad media de horas de luz diaria disponibles en la zona de análisis, ya que determinará en gran medida la cantidad de energía generada por los paneles y cuándo será necesario que las baterías suministren la energía almacenada a las cargas. En la Figura 3.9 se puede observar la media diaria de horas de luz natural disponibles, observando un valor máximo de 14 horas y 58 minutos en junio y un mínimo de 9 horas y 23 minutos en diciembre.

Horas de luz natural y crepúsculo en Valencia

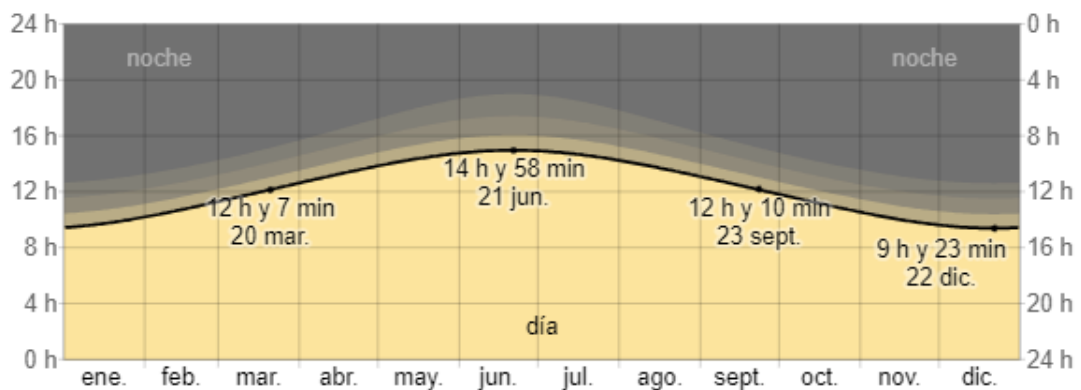


Figura 3.9: Media de horas de luz natural diaria en Valencia (Weather Spark, 2022).

Este dato, junto a la probabilidad diaria de precipitación en Valencia, que se muestra en la Figura 3.10, proporcionan información necesaria para determinar cuál es el momento del año más drástico para el funcionamiento del sistema, es decir, el periodo de tiempo en el cual los paneles generan la menor cantidad de energía debido a una disminución de las horas de luz. A su vez, esta información es utilizada para determinar durante cuánto tiempo deben suministrar energía las baterías en caso de que las condiciones climatológicas sean adversas, y no sea suficiente la energía aportada por los paneles para el funcionamiento de los aparatos lumínicos o, en el caso extremo, cuánto tiempo deben mantener las baterías en funcionamiento el sistema en caso de avería y que la energía aportada sea nula.



Figura 3.10: Probabilidad diaria de precipitación en Valencia (Weather Spark, 2022).

Días de	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Lluvia	3,5d	3,2d	3,5d	4,3d	3,7d	2,2d	1,2d	2,1d	4,3d	5,5d	4,3d	3,8d

Figura 3.11: Cantidad de días lluviosos por mes en Valencia.

4.- Evaluación del diseño y selección de dispositivos

Una vez que se han analizado las condiciones actuales del cruce peatonal y su entorno, surge la necesidad de determinar el sistema ideal a implantar para lograr mejorar las condiciones de seguridad en el ámbito de la intersección, tanto para los usuarios a pie como para los vehículos. Se procederá al cálculo de los consumos de las cargas lumínicas y se seleccionarán del mercado los dispositivos electrónicos de iluminación, generadores y de almacenamiento y regulación de energía.

4.1.- VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA A ESTUDIAR

Debido a lo antes expuesto, es imprescindible establecer y definir los elementos necesarios para configurar un sistema de señalización e iluminación, que permita a conductores contar con el tiempo de respuesta necesario para detener el coche sin que se produzca peligro para los viandantes o accidentes. Además de dicho sistema, el proyecto completo debe ser autónomo, es decir, generar y almacenar su propia energía, sin dependencia de conexión a la red eléctrica.

4.1.1.- Clasificación de dispositivos

A continuación, se clasificarán y describirán los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto:

- Dispositivos de consumo de energía: Engloba a todas las cargas que extraen la energía almacenada en las baterías, y se encargan de la iluminación del paso de peatones. Se debe estimar la energía que consumen en total los dispositivos y los niveles de potencia a los que trabajan para asegurar el correcto funcionamiento.
- Elementos generadores de energía: En este trabajo los elementos generadores de energía son paneles solares, capaces de producir energía utilizando el efecto fotoeléctrico debido a la radiación solar que incide sobre ellos. La energía generada

será estimada mediante software y serán seleccionados en función de la energía consumida por las cargas, para que el sistema funcione de forma ininterrumpida.

- Elementos de almacenamiento de energía: Serán los dispositivos encargados de mantener el equilibrio de energía en el sistema, almacenándola y proporcionándola a los dispositivos de iluminación incluso cuando las condiciones de generación sean las más desfavorables. Dichos elementos serán baterías solares, y se deberán conocer su capacidad de almacenamiento, tiempos de trabajo y potencias.
- Elementos de conversión de energía: En los proyectos en los que existen placas solares, es necesario la utilización de un dispositivo con la función de convertidor de potencia, con un algoritmo conocido como MPPT que se encarga de extraer la energía del panel. Este sistema de potencia puede ser de una o dos etapas, y con salida en corriente continua o en corriente alterna.

4.1.2.- Requisitos del proyecto

Una vez descritos los principales dispositivos que formarán parte del sistema de generación, almacenamiento y regulación de energía y sus características, se procede a la descripción de los requisitos que deben cumplirse en el proyecto, con el fin de poder llevar a cabo la selección de aquellos dispositivos que cumplan de manera óptima dichos requerimientos.

- El sistema es aislado y autónomo, es decir, funciona sin la conexión a la red pública y genera su propia energía.
- Las cargas (Dispositivos de iluminación) permanecerán en funcionamiento las 24 horas del día, siendo su intensidad regulable excepto el foco con sensor de movimiento, que funcionará únicamente cuando se aproxime un peatón.
- El panel o paneles solares seleccionados irán anclados en la parte superior de las señales verticales.
- Los cables que conectan los distintos dispositivos irán dispuestos por el interior de las señales y soterrados, para que no entorpezcan el paso a los peatones ni puedan ser manipulados por los mismos.

- Los elementos de almacenamiento y regulación de energía irán soterrados de forma que serán accesibles únicamente para operarios especializados.

Una vez se conocen todas las clases de dispositivos y elementos que formarán parte del diseño del proyecto y se tiene claro el concepto a implementar, el siguiente paso consiste en analizar cada dispositivo por separado, entender su funcionamiento y los requisitos y consideraciones de diseño de cada uno de ellos. Una vez que se hayan descrito los requisitos, y hechas las estimaciones oportunas, se seleccionarán del mercado los dispositivos que, en conjunto, proporcionen el correcto funcionamiento de la instalación.

El primer paso será la selección de unos dispositivos de iluminación adecuados, que cumplan con las exigencias del entorno. Para ello, se listará una serie de requisitos a cumplir por los mismos, las características técnicas que proporcionarán dichos elementos y lo más importante, los consumos de energía que requieren para su funcionamiento.

A partir de que los dispositivos de consumo de energía estén seleccionados, se pasará a la elección de los dispositivos de generación, almacenamiento y regulación que más se ajusten a las cargas escogidas. Como es de suponer, cada uno de estos dispositivos llevará consigo una lista de requisitos que se deberán cumplir para que el proyecto salga adelante.

4.2.- DISPOSITIVOS DE ILUMINACIÓN

4.2.1.- Fundamento teórico

El primer paso es escoger unos dispositivos de iluminación adecuados, ya que una vez que estén seleccionados y sus consumos y características sean conocidos, se podrá dar paso a la selección del resto de componentes del sistema.

En la actualidad, la gran mayoría de pasos de peatones que se encuentran en las ciudades, disponen de dispositivos de iluminación cercanos que están conectados a la red eléctrica, sea el caso de las farolas o poseen elementos que controlan el paso de los peatones y vehículos como es el caso de los semáforos.

Sin embargo, en entornos donde la tecnología y la población es más escasa, como es el caso de muchos pueblos o carreteras urbanas en España, la red eléctrica no se encuentra

disponible, a la vez que tampoco existen dispositivos de iluminación cercanos a muchos pasos de peatones.

Este proyecto se especializa en la mejora de ese último caso, proporcionando un sistema de iluminación autónomo, diseñado para funcionar en zonas sin iluminación y sin la disponibilidad de la conexión a red. Este sistema dota a los pasos de cebra un alto grado a visibilidad incluso a largas distancias, con el objetivo de mejorar la calidad de vida y la seguridad de los viandantes.

Por esta razón, surge la iniciativa de las tiras LED, que irán colocadas de forma transversal en los extremos de cada franja del paso de cebra, la instalación de dos señales verticales iluminadas para reforzar la seguridad, donde se colocarán los sistemas de generación, y almacenamiento de energía y un foco LED con sensor de movimiento para alertar a los conductores que un peatón se encuentra en la zona de estudio. En la Figura 4.1 se puede observar un ejemplo de paso de cebra iluminado, este en concreto se sitúa en Paracuellos de Jarama, diseñado por la empresa (Interlight SP, 2020).



Figura 4.1: Ejemplo de paso de cebra iluminado en Paracuellos diseñado por (Interlight SP, 2020)

4.2.2.- Factores de diseño

Entre los factores que se deben considerar para llevar a cabo el diseño, se encuentran:

- Intensidad de iluminación de acuerdo con la hora del día y a las condiciones climáticas: Se debe determinar y poder regular la intensidad lumínica de las tiras LED de forma que se adapte a la luminosidad que haya en la zona en cada momento y las condiciones climáticas. Las tiras LED deben permanecer encendidas a alta intensidad lumínica cuando las condiciones de visibilidad sean desfavorables para los vehículos que se aproximen. Esto puede deberse a la escasez de luz solar o a posibles efectos meteorológicos adversos.
- Horas y tipo de funcionamiento: en este punto se analizará la conveniencia de que los LED permanezcan encendidos las 24 horas del día, regulando la intensidad según los efectos anteriormente descritos.
- Tipo y funcionamiento del dispositivo vertical auxiliar: Además de los LED integrados en los extremos de cada franja del paso, existirá una señalización vertical a cada lado del paso de peatones que refuerce la visibilidad que los vehículos obtienen del sistema. Los dispositivos de generación irán anclados a la parte superior de una de las señales, y un foco LED con sensor de movimiento irá anclado a la otra señal. Se puede observar un ejemplo de este tipo de señalización propuesta en la Figura 4.2.



Figura 4.2: Ejemplo de señalización horizontal y dispositivos anclados, de la empresa (DENSL, 2022)

- Adecuación de la señalización y balizaje existente en el sector: Tanto la señalización horizontal constituida por las franjas LED como la señalización vertical, debe cumplir el Reglamento Electrónico de Baja Tensión aprobado mediante el Real Decreto 842/2000, de 2 agosto de 2002 (Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2002) y el Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre,

4.2.3.- Criterios de selección de dispositivos

Una vez analizado el entorno donde se realizará el proyecto, el factor climatológico y las consideraciones previas de diseño, el siguiente paso a realizar es la selección de los dispositivos de iluminación que serán utilizados en el presente trabajo, y que cumplan todos los requisitos anteriormente descritos. Se determinará el grado de iluminación que proporcionarán dependiendo de la hora del día, la época del año, la visibilidad en la zona y la climatología, siendo ésta regulable.

Con los datos recaudados en anteriores epígrafes, se determinará qué momento del año es el que presenta mayor peligrosidad para los peatones, basándose en los factores previamente descritos, como la media de horas de luz diarias Figura 3.9 y la probabilidad de lluvia en la zona Figura 3.10 y se estimará el grado de iluminación que proporcionarán los LEDs en cada momento del día durante todo el año.

Una vez determinado el momento de mayor peligrosidad en el cual los dispositivos de iluminación deben funcionar en mayor grado y estimado el grado de luminosidad aportado por los LEDs durante ese momento crítico y durante el resto del año, se calculará el consumo de potencia de éstos y la potencia pico, con el fin de seleccionar los aparatos de generación de energía, almacenamiento y regulación que se adapten de forma correcta al sistema.

El paso de cebra analizado en el presente proyecto cuenta con un total de 2 franjas laterales totalmente pintadas en la carretera de color blanco que delimitan el paso, y 5 franjas intermedias las cuales sólo se hallan pintados los extremos de las mismas, como se puede apreciar en la Figura 4.3. Se situará una tira LED en los dos extremos de cada franja, dando un total de 14 tiras LED dispuestas en los extremos del paso de cebra.



Figura 4.3: Franjas del paso de cebra

Además de las tiras LED que actuarán como iluminación horizontal, se instalarán dos dispositivos de señalización vertical en forma de poste, que tendrán la función de advertir de la presencia de una zona de paso de peatones, mejorar la visión del entorno para los vehículos que se aproximen gracias a los dispositivos de iluminación incorporados en ambas señales y se añadirá un foco LED con detector de presencia de peatones para que los vehículos sepan cuándo hay viandantes cruzando.

Una vez determinada la cantidad de dispositivos de iluminación que serán instalados en el presente proyecto, se realiza el estudio de la situación más desfavorable para el funcionamiento de dichos dispositivos, es decir, el periodo del año en el que las condiciones meteorológicas, la visibilidad y la cantidad de energía generada son las más críticas. Una vez se localice el periodo más crítico, se establecerán las distintas luminosidades que deberán aportar los LED a lo largo de las horas del día de dicho periodo y con ello, se seleccionarán del mercado los dispositivos LED que cumplan los requisitos y se determinará el consumo de energía que tendrá la instalación, para posteriormente elegir el sistema de producción de energía óptimo.

Para realizar el siguiente estudio de la situación más desfavorable, se recurre a los datos obtenidos de media de horas luz diarias en Valencia (Figura 3.9) y la probabilidad de lluvia a lo largo de los meses (Figura 3.10 y Figura 3.11).

Analizando las tres figuras, se puede observar que el mes del año en el que menos horas de luz se disponen corresponde al mes de diciembre, con un total de 9 horas y 23 minutos de luz media. Además de eso, la probabilidad de lluvia en el mes de diciembre es del 12% según datos de la página de meteorología (Weather Spark, 2022).

Con estos datos, se procede a estimar el porcentaje lumínico al que trabajarán los dispositivos LED, que variará según la hora del día y según las condiciones meteorológicas del mismo. Como punto de partida, se dividirá el grado de iluminación de los LED en dos grandes bloques, que son los días en los que las condiciones meteorológicas sean óptimas y los días en que se produzcan lluvias, granizos u otros fenómenos adversos. A su vez, dentro de cada grupo, se dividirá la intensidad según si se encuentra en horario diurno o en horario nocturno.

Utilizando la información obtenida de la cantidad de días lluviosos en Valencia (Figura 3.11), próximo a Quart de Poblet, donde se sitúa el emplazamiento del proyecto, se observa que de media existe un total de 41.6 días lluviosos o con otro tipo de condiciones meteorológicas adversas a lo largo del año, que serán redondeados a 42 días en total. Esto quiere decir que los 323 días restantes para completar el año, el cielo se encuentra despejado y las condiciones de visibilidad y generación de energía son óptimas.

Se procede a estimar la intensidad lumínica de los LED en función del tipo de día y de las horas de luz:

- Días con condiciones meteorológicas adversas: 42 días en total al año.

La gran mayoría de días lluviosos se concentran entre las épocas de otoño e invierno, en las que según la página de meteorología (Weather Spark, 2022), la media de horas de luz diarias es de aproximadamente 10 horas de luz, y las otras 14 horas corresponden a periodo de baja luminosidad, como se puede apreciar en la Figura 3.9.

Teniendo estos factores en cuenta, se establecerá que, para los 42 días lluviosos anuales, la intensidad lumínica de los LED durante las 10 horas de luz solar diarias será del 70%, y las 14 horas correspondientes a las horas nocturnas, el grado de luminosidad al que funcionarán los dispositivos será del 50%. Esta disminución durante las horas nocturnas se debe a que no es necesaria tanta luminosidad cuando la luz natural es más baja ya que la apreciación de luces intensas puede ser contraproducente tanto para vehículos como para peatones.

- Días despejados: 323 días en total al año

Por lo general se disponen de forma pareja a lo largo del año, siendo julio el mes con más días despejados del año con un total de 29 días despejados y siendo octubre el mes con menos días despejados, con un total de 25 días. Se estima que, para esta clase de días, la cantidad de horas de luz solar será de aproximadamente 13 horas diarias, y 11 horas nocturnas. Por esto, la intensidad lumínica durante las 13 horas diurnas será del 50% y durante las 11 horas restantes, la intensidad lumínica de los LEDs será del 30%.

4.2.4.- Selección de dispositivos

Una vez estimados los grados de intensidad de los dispositivos de iluminación según las horas del día y las condiciones del tiempo, se procede a buscar en el mercado los dispositivos concretos, con el fin de poder calcular el consumo total de la instalación y poder obtener un sistema de generación y almacenamiento de energía acorde a las necesidades.

Cada una de las franjas del paso de cebra, donde se colocarán las tiras LED, mide aproximadamente 50 cm, por lo que las tiras LED medirán 50 cm también para poder cubrir al completo cada franja. Serán necesarias 14 tiras LED de 50 cm cada una.

La empresa (EfectoLED, 2023), especializada en la fabricación de dispositivos de iluminación LED tanto para interior como para exterior, dispone de un amplio catálogo de tiras LED que cumplen las características necesarias de funcionamiento para el presente proyecto. De entre las opciones disponibles en el mercado, se escogió el modelo de LEDs:

Tira LED 12V DC 60LED/m 5m IP65.

Como se trata de un rollo de 5m y para el presente proyecto se necesitan un total de 7m, se comprará un total de dos rollos y se cortará uno de ellos en la medida de 2m. Los 3m de rollo restantes se utilizarán en caso de repuesto por si alguna de las tiras LED fallase.

En la Figura 4.4 se pueden observar los LED adquiridos.



Figura 4.4: Tira LED 12V DC 60LED/m 5m IP65 de la marca (EfectoLED, 2023).

Las tiras LED anteriormente descritas pueden ser cortadas en secciones de hasta 5 cm, pero en el presente proyecto serán cortadas en tiras de 50cm, longitud óptima para cubrir cada

franja del paso. El consumo del dispositivo es de 12 W/m, por lo que al contar con 14 tiras de 50cm, el consumo a máxima potencia del dispositivo es de 84 W.

En la Tabla 4.1 se muestran las características técnicas de los LED escogidos para llevar a cabo el presente proyecto:

Tira LED 12V DC 60LED/m 5m IP65.
Temperatura de color: 4500k
Regulable: Si
Voltaje de entrada: DC 12V
IP 65
CRI > 80
Ángulo de apertura: 120°
Garantía: 3 años

Tabla 4.1: Características técnicas de los LED COB Tira 48V 6W

Para hacerse una idea sobre la gama de color que proporcionan dichos LEDs, se observará la Figura 4.5 en la que aparecen las distintas tonalidades de color en función de la temperatura.

Los LED escogidos tienen una temperatura de color de 4500K regulable.

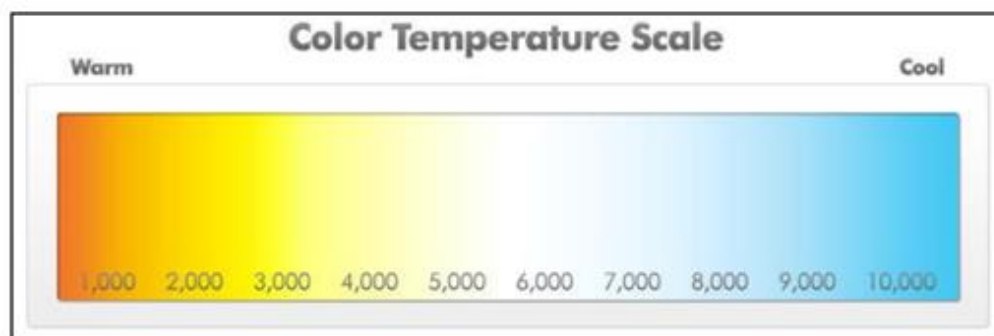


Figura 4.5. Escalas de temperatura del color

Estos dispositivos LED irán soterrados en los extremos de cada franja, de forma que no supongan un peligro al cruzar el paso de peatones ni para los viandantes ni para los vehículos y que no se vean afectados por las condiciones meteorológicas. Para ello, irán protegidos

con un recubrimiento de aluminio de 50 cm de largo por 15cm de ancho, de tal forma que la luz se transmita igual que si estuviesen descubiertos.

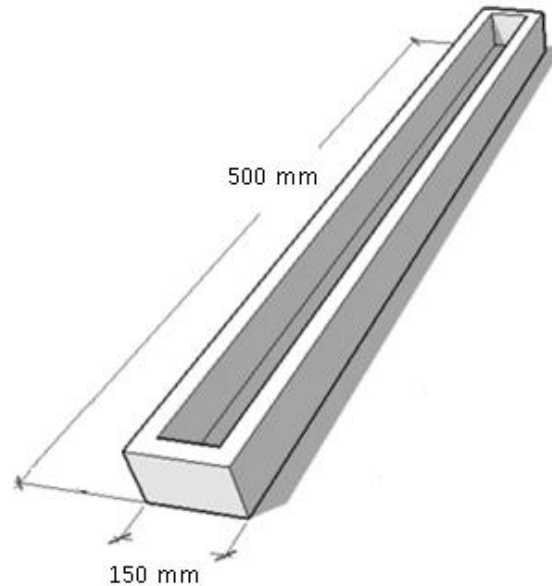


Figura 4.6. Canal de aluminio donde situar los LEDs.

En cuanto al sistema de señalización vertical, se colocarán dos señales S-13, las cuales indican situación de un paso de peatones, como se muestra en la Figura 4.7.



Figura 4.7: Señal S-13: Situación de un paso de cebra

Ambas señales contarán asimismo con señalización LED por el contorno del pictograma y de forma destellante, para advertir a los vehículos que se aproximen y mejorar la visibilidad. En la Figura 4.8 se puede apreciar una señal iluminada de la empresa española (DENSL,

2022), especializada en la fabricación de vallas peatonales de plástico y de otros sistemas de seguridad vial, como la señal iluminada en cuestión.



Figura 4.8: Señal S-13 iluminada de la empresa (DENSL, 2022)

Además del sistema de iluminación incorporado, los dispositivos de generación, de energía deberán ir anclados por encima de la señalización, de manera que no sea alcanzable por los transeúntes ni dificulte la visión o suponga un peligro para el entorno y los peatones. En la Figura 4.9 se puede observar un ejemplo de estructura diseñada por la empresa (DENSL, 2022), en la que además de contar con dispositivos de iluminación, el sistema se alimenta con un panel solar de 50 W situado en lo alto de la señal.



Figura 4.9: Señal iluminada con panel solar de la empresa (DENSL, 2022)

Uno de los objetivos del presente proyecto es realizar una estructura similar que sea capaz de sujetar los paneles solares para la generación de energía. Sin embargo, la batería irá soterrada, ya que su peso es demasiado elevado como para anclarla. Podría suponer un peligro para los viandantes.

Se seleccionó el sistema de iluminación LED vertical de la empresa (SonTrafic, 2023) que se muestra en la Figura 4.10, y cuyas especificaciones se describen a continuación.



Figura 4.10: Dispositivo de señalización vertical seleccionado de la empresa (SonTrafic, 2023)

En la se muestran algunas de las especificaciones técnicas de los sistemas de iluminación vertical seleccionados:

LEDs Señalización vertical
Consumo: 12 W
Temperatura de color: 5700k
Regulable: Si
Voltaje de entrada: DC 12V / 24 V / 48 V
Estanqueidad: IP 65
Vida del LED: Más de 50000 horas
Temperatura de funcionamiento: -15°C a 35 °C
Dimensiones: 600x600 mm

Tabla 4.2: Datos técnicos señalización vertical

La totalidad de los características y ficha técnica del dispositivo se puede consultar en el apartado Dispositivos de iluminación vertical del capítulo Anexos132A del presente proyecto.

Se instalarán dos señales verticales, una a cada lado de la carretera. Una de ellas será la encargada de la sujeción mediante anclaje de los dispositivos generadores de energía y la otra tendrá anclada el foco LED de iluminación con detector de movimiento.

En cuanto al foco LED seleccionado, se trata del **Foco LED exterior 50W 12V/24V negro Modelo BVL56500112CW** de la marca (BVLED, 2023). Este dispositivo irá anclado a una de las señales de aviso de zona de paso de peatones, y se conectará a un sistema de sensor de movimiento y temporizador de encendido y apagado. El sensor de movimiento seleccionado es el **Detector de Movimiento 12/24V Integrar FUKASHY-LV especial ULV**, adquirido en (Xindar, 2023).



Figura 4.11: Foco Proyector LED 50W Sensor De Movimiento IP65 de la marca (Ilumnia, 2023).

Foco led exterior 50W 12V/24V negro	
Tensión de entrada (V)	12 o 24 V CC
Potencia (W)	50 W
Temperatura de color	6000 - 6500 k
Vida estimada del LED	25000 horas
Estanqueidad	IP66
Dimensiones	29x24x5.8 cm

Tabla 4.3: Características del foco LED.



Figura 4.12: Detector de Movimiento 12/24V Integrar FUKASHY-LV especial ULV de (Xindar, 2023).

Detector de Movimiento 12/24V Integrar FUKASHY-LV especial ULV	
Fuente de alimentación	12 o 24 V CC
Rango de tensión	6.5 - 37 V CC
Radio de detección	Máximo 8 m
Máxima carga nominal	120 W
Altura de instalación	1.5 a 3.5 m

Tabla 4.4: Características del sensor de movimiento.

Para el presente proyecto, se ha establecido que el foco permanecerá encendido durante 20 segundos cuando detecte la presencia de peatones, y al cabo de ese tiempo, se apagará.

4.3.- CÁLCULO DEL CONSUMO DE LA INSTALACIÓN

Una vez seleccionados del mercado los dispositivos que consumirán energía en la instalación, siendo éstos las 14 tiras LED que irán dispuestas en las franjas del paso de peatones las dos señales verticales con iluminación y el foco LED, se procede a calcular el consumo de potencia total de la instalación, con el objetivo de poder escoger un sistema de generación de energía que cumpla los requisitos de diseño y proporcione un funcionamiento óptimo.

Para ello, se dividirán los consumos según sea un día lluvioso o un día con el cielo despejado, y en función de las horas de luz de esos días, según se estimó en apartados anteriores del presente proyecto.

Consumo de las 14 tiras LED:

- Consumo en días lluviosos:

$$\text{Consumo} = 14 \text{ cintas} * \left(6 \text{ W} * 0,7 * 10 \frac{h}{\text{día}} + 6 \text{ W} * 0,5 * 14 \frac{h}{\text{día}} \right) = 1176 \frac{Wh}{\text{día}}$$

Ecuación 4.1: Consumo de potencia de las tiras LEDs en días lluviosos

- Consumo en días despejados:

$$\text{Consumo} = 14 \text{ cintas} * \left(6 \text{ W} * 0,5 * 13 \frac{\text{h}}{\text{día}} + 6 \text{ W} * 0,3 * 11 \frac{\text{h}}{\text{día}} \right) = 823,2 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

Ecuación 4.2: Consumo de potencia de los LEDs en días despejados

Como se mencionó en apartados anteriores, la cantidad de días lluviosos en Valencia es de 42 días al año, lo que se traduce en una probabilidad de lluvia media diaria de 11,51%. Teniendo en cuenta este porcentaje, se realizará el cálculo de un consumo medio diario de las 14 tiras LED.

$$\text{Consumo medio diario} = \left(1176 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * 0,1151 + 823,2 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * 0,8849 \right) = 863,8 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

Ecuación 4.3: Consumo de potencia media diaria de las tiras LED

Se convierte el resultado en consumo horario:

$$\text{Consumo medio} = 863,8 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 36 \text{ Wh}$$

Ecuación 4.4: Consumo medio LEDS en una hora (Wh)

A continuación, se realiza el cálculo del consumo de los dos dispositivos de señalización vertical:

Según datos del fabricante (SonTrafic, 2023), el consumo de cada foco es de 12 W a máxima potencia y al ser la intensidad regulable, se establecerá una intensidad lumínica del 100% durante las horas diurnas y durante las horas de noche se establecerá la luminosidad al 33%.

Consumo de las 2 señales verticales:

$$\begin{aligned} \text{Consumo medio diario} &= 2 \text{ señales} * \left(12 \text{ W} * 1 * 13 \frac{\text{h}}{\text{día}} + 12 \text{ W} * 0,33 * 11 \frac{\text{h}}{\text{día}} \right) \\ &= 399,1 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \end{aligned}$$

Ecuación 4.5: Consumo medio diario de las dos señales verticales

Se pasa también este consumo a consumo horario:

$$\text{Consumo medio} = 399,1 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 16,7 \text{ Wh}$$

Ecuación 4.6: Consumo medio horario de las dos señales verticales

Por último, se realiza el cálculo del consumo del foco LED junto al sensor de movimiento: Para ello, se deben realizar una lista de parámetros previos a tener en cuenta sobre el funcionamiento del aparato:

- El sensor y el foco se activarán durante las horas en las que la luminosidad sea reducida, durante las horas de luz, el sistema permanecerá inactivo.
- Durante las horas de funcionamiento del sistema, se estima que cruzan el paso de peatones un total de 30 personas, por lo que el foco se activa 30 veces.
- Cada vez que se el sensor de movimiento detecta la presencia de una persona, el foco permanecerá activo durante 20 segundos.

Con todo ello, se calcula el consumo medio diario del foco y el sensor:

$$\text{Consumo medio diario} = 50W * \frac{1h}{3600 s} * 20 \frac{s}{\text{persona}} * 30 \frac{\text{personas}}{\text{día}} = 8.3 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

Ecuación 4.7: Consumo medio diario del foco y el sensor.

Se pasa este resultado a consumo horario:

$$\text{Consumo medio} = 8.3 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 0.35 \text{ Wh}$$

Ecuación 4.8: Consumo medio horario del foco y el sensor.

En la Tabla 4.5 se recogen todos los datos de consumos de los dispositivos de iluminación anteriormente descritos:

Dispositivo	Cantidad	Potencia máxima por unidad (W)	Uso (Horas/día)	Modo de funcionamiento	Intensidad de funcionamiento	Consumo medio diario (Wh/día)	Consumo medio diario (Wh/día)	Consumo medio horario (Wh)
Cintas LED	14	6	24	Días lluviosos	70% durante el día, 50% durante la noche	1176 Wh/día	863.8 Wh/día	36 Wh
				Días soleados	50% durante el día, 30% durante la noche	823.2 Wh/día		
Señal lumínica	2	12	24	Mismo modo siempre	100% durante el día, 33% durante la noche	399,1 Wh/día	399,1 Wh/día	16,7 Wh
Foco LED y Sensor	1	50	Total de 10 mins/día	Mismo modo siempre	100% Siempre que se active	8.3 Wh/día	8.3 Wh/día	0.4 Wh
TOTAL							1271.2 Wh/día	53.1 Wh

Tabla 4.5: Resumen de funcionamientos y consumos dispositivos de iluminación.

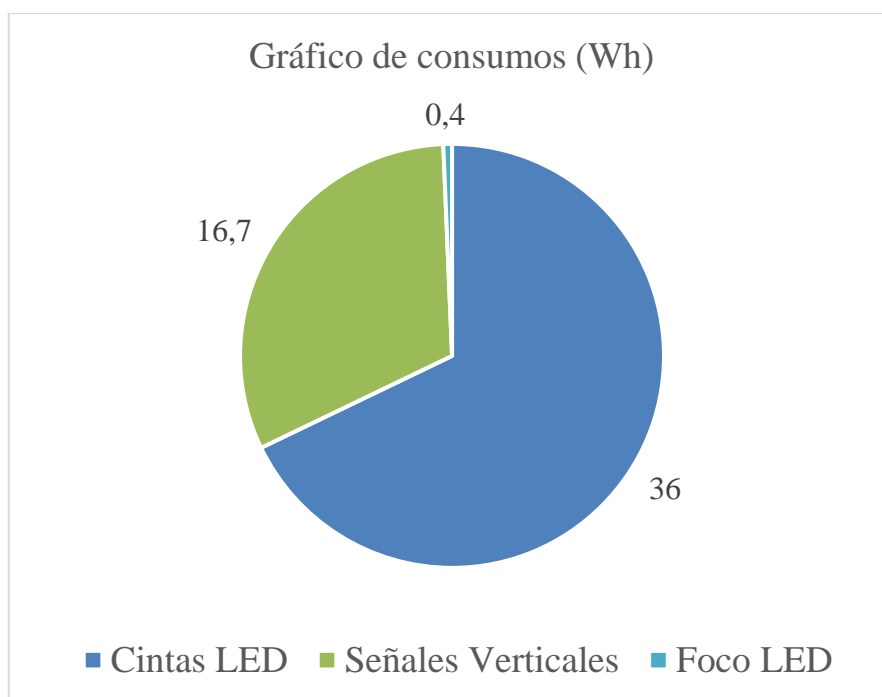


Figura 4.13: Gráfico de consumos de los dispositivos de iluminación (Wh).

4.3.1.- Consumo mensual

Una vez conocidos los valores de consumo de energía de cada carga en función de si el día está despejado o hay climatología adversa, se calcula el consumo total de energía en cada mes del año a partir de la cantidad de días despejados y lluviosos del mismo. Para ello, se recurre a la Figura 3.11 donde se muestra la cantidad de días que llueve cada mes en Valencia, donde se encuentra el presente proyecto.

A estos días lluviosos, se les aplicará un coeficiente de seguridad, lo que hará que aumente el número de días en que la visibilidad es más reducida y por tanto que aumente el consumo mensual de los dispositivos. Esto se realiza para que el sistema funcione de forma óptima en meses con situaciones climatológicas extremas.

Para realizar el cálculo correctamente, hay que tener en cuenta que las 14 tiras LED consumen un total de 1176 Wh/día cuando el día es lluvioso y un total de 823,2 Wh/día si el día está despejado, las señales verticales consumen un total de 399,1 Wh/día y el foco LED y el sensor un total de 8.3 Wh/día.

En la Tabla 4.6 aparecen los días lluviosos de cada mes y los consumos de energía mensuales del conjunto de dispositivos de iluminación:

Mes	Cantidad de días lluviosos	Días lluviosos aplicando coeficiente de seguridad	Consumo mensual de las cargas (kWh)
Enero	3,5 días	5 días	39,9
Febrero	3,2 días	5 días	36,2
Marzo	3,5 días	5 días	39,9
Abril	4,3 días	6 días	39,0
Mayo	3,7 días	5 días	39,9
Junio	2,2 días	4 días	38,3
Julio	1,2 días	3 días	39,2
Agosto	2,1 días	3 días	39,2
Septiembre	4,3 días	6 días	39,0
Octubre	5,5 días	7 días	40,6
Noviembre	4,3 días	6 días	39,0
Diciembre	3,8 días	5 días	39,9

Tabla 4.6: Consumo mensual (Wh) de las cargas del proyecto.

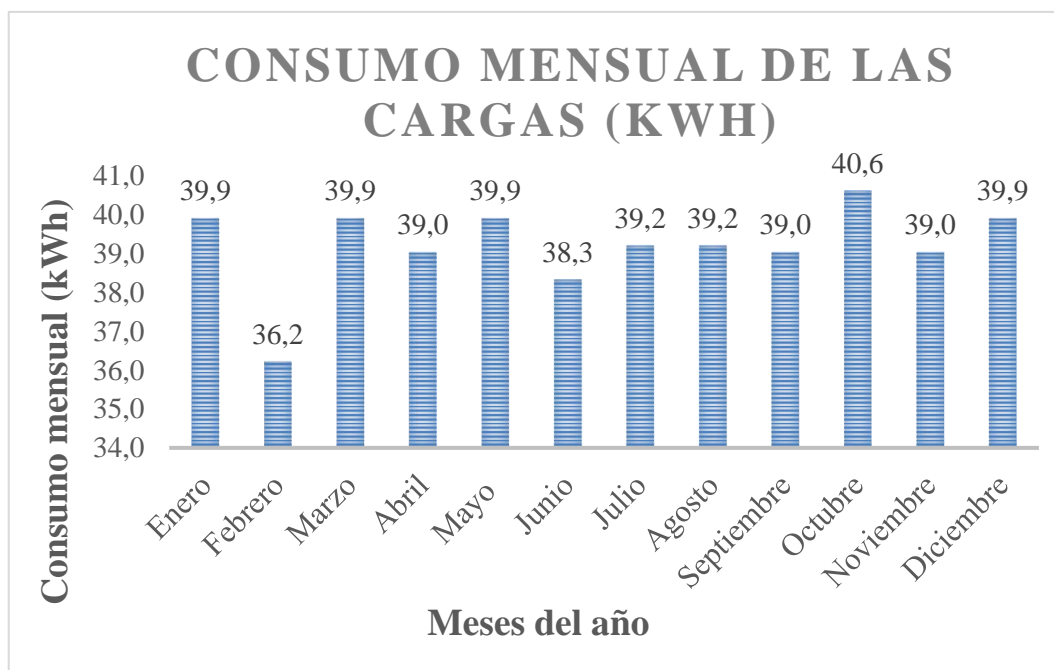


Figura 4.14: Gráfico de barras del consumo mensual de las cargas del proyecto.

4.3.2.- Análisis de las situaciones más desfavorables

Una vez estimado el consumo de potencia diario y el consumo de potencia horario total de los dispositivos de iluminación, se procede a calcular el consumo del sistema en dos casos hipotéticos en el que el funcionamiento del sistema podría verse comprometido. Estos dos casos se realizan con el fin de asegurar el correcto funcionamiento del sistema, aunque las condiciones sean lo más desfavorables posibles, y gracias a ellos, se escogerá una batería capaz de suplir estas necesidades. Los dos casos hipotéticos son:

- Dos días lluviosos consecutivos en Quart de Poblet: El primer caso hipotético corresponde a que llueva durante dos días en el entorno del proyecto durante la época del año en la que menos energía se genere. Como se pudo observar en las Figura 3.11 y se entrará más en detalle en los próximos capítulos, el momento en que menos energía se genera es en diciembre, y llueve una media de 3.9 días durante el mes. Este caso tomará como que de esos 3.9 días mensuales, se producen dos días seguidos de lluvia, por lo que los consumos de los LEDs serán los correspondientes a días lluviosos:

$$\begin{aligned} \text{Consumo total: } & 1176 \frac{Wh}{\text{día}} * 2 \text{ días} + 399,1 \frac{Wh}{\text{día}} * 2 \text{ días} + 8,3 \frac{Wh}{\text{día}} * 2 \text{ días} \\ & = 3166,8 Wh \end{aligned}$$

Ecuación 4.9: Consumo total (Wh) caso desfavorable 1.

Este caso hipotético aún no puede ser completado porque, aunque se trate de días lluviosos, los paneles solares siguen generando una parte de la energía necesaria, pero como los paneles solares utilizados en el presente proyecto aún son desconocidos, no se puede estimar la energía que deberá aportar la batería para mantener en funcionamiento al sistema. Se retomará este caso hipotético en próximos apartados, cuando se conozca la cantidad generada de energía por los paneles.

- Irrupción del sistema de generación de energía durante 24 horas: El segundo caso hipotético corresponde a que el sistema de generación de energía no funcionase durante 24 horas debido a alguna avería, por mantenimiento u otra causa externa, y toda la energía utilizada por el sistema deba ser suministrada por las baterías. En este caso, como la generación de energía es nula, sólo se dispone de la energía consumida

por los dispositivos de iluminación, que corresponderá con la energía que tiene que proporcionar la batería. Se procede al cálculo del consumo de los dispositivos en el caso de un día lluvioso con los paneles solares sin funcionar:

$$\begin{aligned} \text{Consumo total: } & 1176 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} + 399,1 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} + 8,3 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \\ & = 66 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Ecuación 4.10: Consumo horario de los dispositivos de iluminación en un día lluvioso

Ahora, se multiplica este consumo horario por las 24 horas que el sistema de generación se mantendrá inactivo:

$$\text{Consumo total: } 66 \text{ Wh} * 24 \text{ horas} = 1584 \text{ Wh}$$

Ecuación 4.11: Consumo total de los dispositivos de iluminación durante 24 horas de un día lluvioso

Una vez estimado este segundo caso hipotético, ya se conoce la cantidad de energía que debe almacenar la batería para mantener en funcionamiento el sistema de iluminación sin disponer de la energía de los paneles.

El siguiente paso del proyecto consistiría en la selección de las placas solares (Generación de energía) que sean capaces de suministrar la energía suficiente al sistema para que funcione de forma ininterrumpida, después la selección de la batería, inversor y controlador que conectados, proporcionasen el funcionamiento adecuado, pero para el presente proyecto, se estudió una alternativa más eficiente y que asegura que los dispositivos utilizados funcionen de forma correcta entre sí. Esta alternativa es la utilización de un kit solar sin conexión a red, en vez de seleccionar los dispositivos de generación, almacenamiento, regulación y regulación de energía por separado.

En el siguiente apartado del proyecto, se enumerarán y describirán todos los dispositivos utilizados para el óptimo funcionamiento de la instalación.

4.4.- PANEL SOLAR

4.4.1.- Fundamento teórico

Es el componente fundamental de este tipo de sistemas y es el elemento encargado de generar la energía mediante el aprovechamiento de la radiación solar. Según la empresa (ENDESA, 2020), encargada de suministrar luz y gas a las viviendas españolas, se define el funcionamiento de un panel solar como *“Los rayos solares chocan contra unas placas compuestas por materiales semiconductores que transforman la energía recibida en electricidad.*

Las encargadas de realizar esta transformación son las llamadas celdas solares. Forman los paneles solares y son pequeñas células hechas de silicio cristalino o arseniuro de galio. Las celdas solares se mezclan con otros componentes como el fósforo y el boro para formar dos partes: una cargada con electrones negativos y otra con positivos.

Cuando la celda solar se expone al sol, los fotones consiguen mover los electrones de la parte donde sobra carga negativa hacia la parte en la que falta. Este movimiento de electrones es la que crea la energía de Autoconsumo Solar.

A medida que los fotones van liberando electrones se va generando más y más electricidad. Los electrones que no se utilizan o que provienen del viento regresan al panel negativo haciendo que todo empiece de nuevo en un proceso sin fin.

Con ello se produce corriente continua, la cual se almacena en baterías hasta ser convertida en corriente alterna (la que llega a tu hogar) a través de los inversores de voltaje”.

El modelo de generador fotovoltaico de uso más frecuente se conoce con el nombre de módulo o panel fotovoltaico. Existen diversos tipos de paneles, entre los más utilizados se pueden mencionar los de silicio monocristalino, los de silicio policristalino y los de silicio amorfo.

4.4.2.- Características

Para el presente proyecto, se escogió un tipo de panel solar monocristalino. Algunas características fundamentales de este tipo de elemento que deben tenerse en consideración a la hora de escoger un dispositivo u otro son las siguientes:

- Alta eficiencia: Poseen una eficiencia ligeramente mayor en la conversión de la energía solar en energía eléctrica, entorno a un 20% superior que el resto de tipos de paneles solares.
- Mayor rendimiento en condiciones de poca luz: Mayor capacidad de generar energía eléctrica en días nublados o con luz difusa.
- Coeficiente de temperatura más bajo: La temperatura afecta menos a la producción de energía eléctrica, por lo que generarán energía de manera más efectiva en días cálidos.
- Durabilidad: suelen tener una vida útil de alrededor de los 25 años, con altas garantías de funcionamiento.
- Espacio: Como son más eficientes a la hora de generar energía, requieren menos espacio que otro tipo de paneles para conseguir la misma cantidad de energía generada.
- Precio: Suelen tener un precio superior al resto de tipos de paneles solares, pero su eficiencia y estética suelen compensar la diferencia de precio.



Figura 4.15. Estructura de los paneles solares.

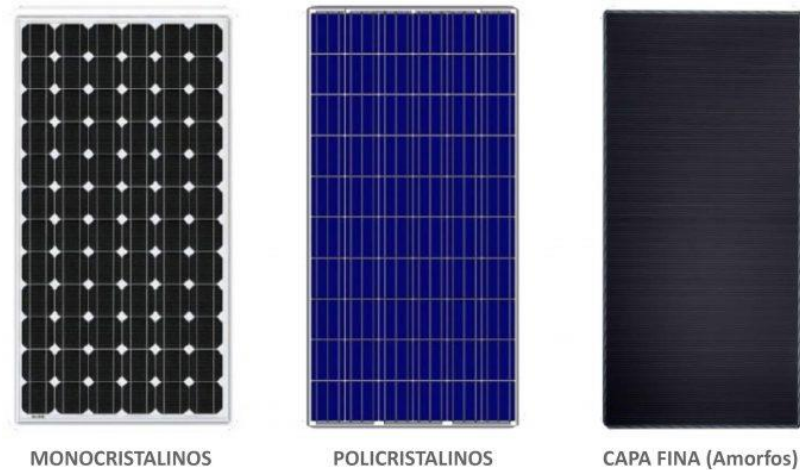


Figura 4.16. Tipos de paneles solares

4.4.3.- Parámetros eléctricos

Una vez definido el módulo solar, se debe entender su comportamiento cuando se conecten al resto de dispositivos que conforman el sistema. El comportamiento de los paneles solares viene definido por sus curvas V-I y P-V.

La curva V-I representa todos los posibles puntos de funcionamiento (tensión y corriente) de un módulo solar medidos experimentalmente a una irradiancia y temperatura definidas, al igual que ocurre con la curva P-V (potencia y tensión) (CCruz, 2014). En la Figura 4.17 se muestran las curvas características V-I (Línea discontinua verde) y P-V (Línea discontinua azul) de un módulo solar en condiciones de $1000\text{W}/\text{m}^2$, luz AM 1.5 y 25°C , caso que fue analizado por la empresa de energía solar (AutoSolar, 2023).

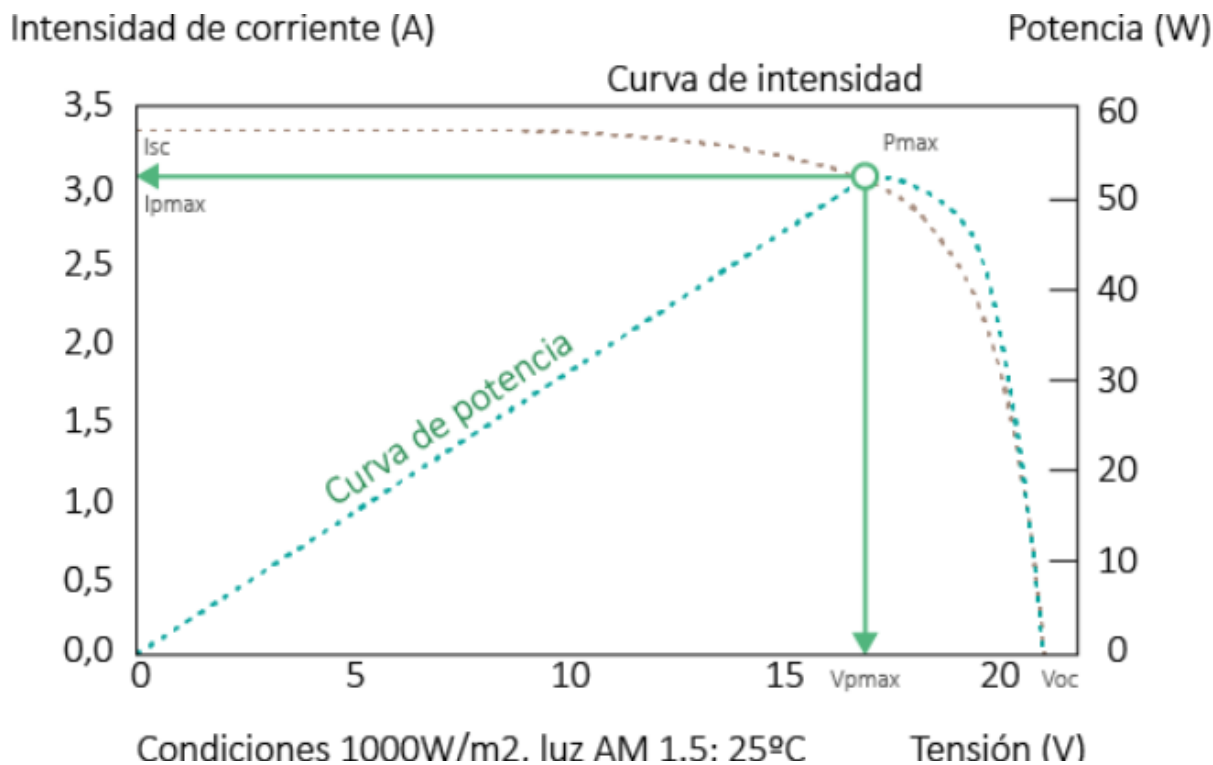


Figura 4.17: Curva característica I-V de una célula fotovoltaica en iluminación (AutoSolar, 2023)

Los parámetros fundamentales que describen el funcionamiento del dispositivo son los siguientes:

- Corriente de cortocircuito (I_{SC}): Se corresponde al valor máximo de corriente que circula por la célula y se produce cuando la tensión es cero. (Martín, 2021)

$$I_{SC} = I(V = 0)$$

Ecuación 4.12: Intensidad de cortocircuito

- Tensión de circuito abierto (V_{OC}): Es la tensión que se puede medir al no existir una carga conectada y representa la tensión máxima que puede dar una célula. Su medida se realiza simplemente conectando un voltímetro entre bornes. (CCruz, 2014).
- Tensión máxima ($V_{p\text{máx}}$): Tensión en el punto de máxima potencia. Con esta tensión se producirá la máxima potencia y dicha tensión será siempre menor que la de circuito abierto. (Martín, 2021)
- Intensidad máxima ($I_{p\text{máx}}$): Corriente en el punto de máxima potencia. Con esta tensión se producirá la máxima potencia y dicha intensidad será siempre menor que la de cortocircuito.

- Potencia máxima ($P_{\text{máx}}$): Es el producto del valor de tensión máxima ($V_{\text{pmáx}}$) e intensidad máxima ($I_{\text{pmáx}}$) para los que la potencia entregada a una carga es máxima. (Martín, 2021)

Una vez descritos estos parámetros necesarios para el funcionamiento del sistema, hay que tener en cuenta dos conceptos fundamentales para poder interpretar de forma correcta las hojas de características de los módulos solares, y asegurar una correcta elección de los dispositivos.

- La tensión en bornas de la unión p-n del semiconductor varía en función de la temperatura, pero a un determinado valor de esta última dicha tensión es constante.
- La corriente suministrada por una célula solar a un circuito exterior es proporcional a la intensidad de la radiación y a la superficie de la célula (CCruz, 2014).

Ambos conceptos fundamentales pueden observarse en la Figura 4.18 y Figura 4.19.

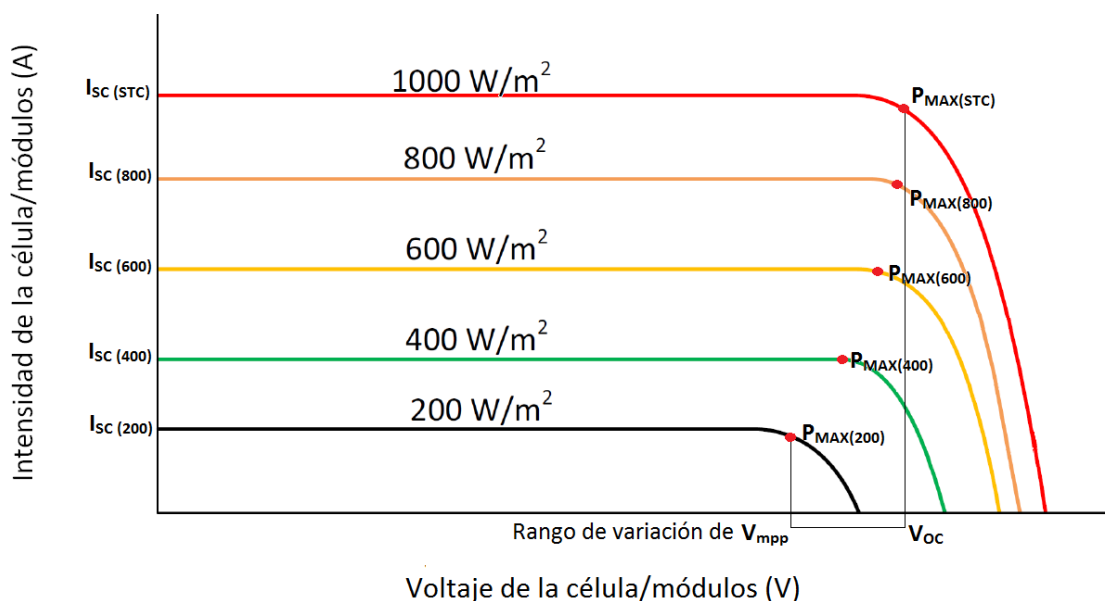


Figura 4.18: Influencia de la irradiación en la curva I-V a temperatura constante (IngeLibre, 2014)

Al aumentar el nivel de irradiancia y mantener la temperatura constante, se observa que la corriente máxima o de corto circuito también aumenta, ya que está relacionada proporcionalmente con la radiación incidente. A su vez se puede observar cómo la tensión de circuito abierto varía poco con la irradiancia, aunque también crece, pero a efectos prácticos se puede considerar constante (Martín, 2021).

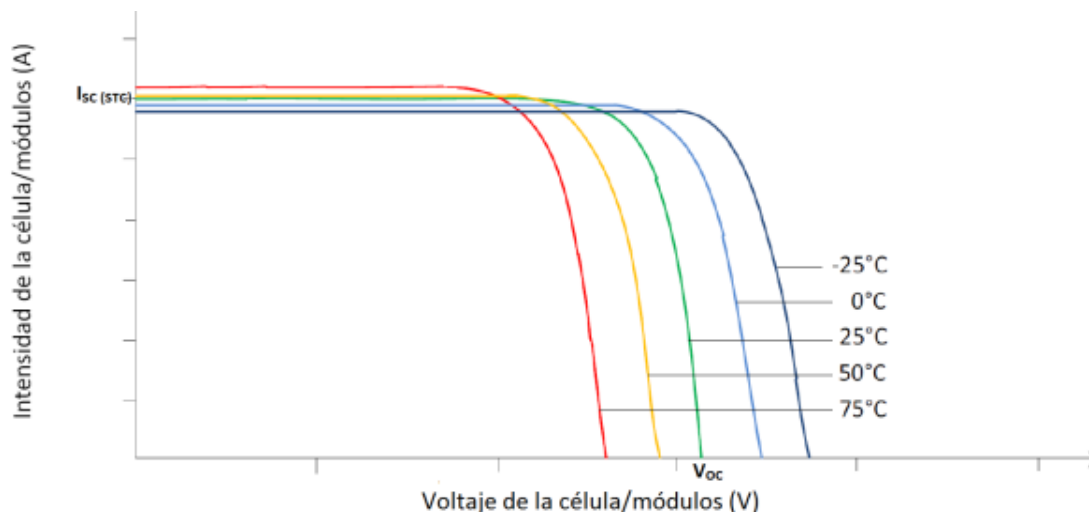


Figura 4.19: Influencia de la temperatura en la curva I-V a iluminación constante (IngeLibre, 2014).

Al mantener la iluminación constante (Irradiancia) y aumentar la temperatura, la curva inicial se va desplazando hacia la izquierda a la vez que la tensión máxima o tensión de circuito abierto se va haciendo más pequeña y manteniendo casi constante la corriente de corto circuito.

Las ecuaciones que relacionan la tensión, intensidad y potencia en función de la temperatura son las siguientes:

$$V_{OC}(T_m) = V_{OC} * [1 + \beta * (T_m - T_{STC})]$$

Ecuación 4.13: Variación de la tensión de circuito abierto en función de la temperatura.

$$I_{SC}(T_m) = I_{SC} * [1 + \alpha * (T_m - T_{STC})]$$

Ecuación 4.14: Variación de la corriente de cortocircuito en función de la temperatura.

$$P_{m\acute{a}x}(T_m) = P_{m\acute{a}x} * [1 + \gamma * (T_m - T_{STC})]$$

Ecuación 4.15: Variación de la potencia máxima en función de la temperatura.

Siendo:

- T_{STC}: La temperatura en condiciones estándar de medida (25 °C).
- T_m: La temperatura a la que se encuentra el módulo.
- β: Coeficiente de temperatura de tensión.
- α: Coeficiente de temperatura de intensidad.
- γ: Coeficiente de temperatura de potencia.

4.4.4.- Selección

Hay que tener en cuenta que el panel solar que se elija debe generar más energía que la consumida por las cargas lumínicas. En apartados anteriores, se calculó que el conjunto de las cargas consumía un total de 52,7 Wh, lo que se traduce en un total de 1262,9 Wh/día. Esta es sólo una aproximación, ya que este valor depende de los días lluviosos que haya en cada mes del año.

El panel solar seleccionado para el siguiente proyecto ha sido: **MEGA 200 Watt Monocrystalline Solar Panel 12V** de la marca (Rich Solar, 2023).



Figura 4.20: Panel solar MEGA 200 Watt Monocrystalline de la marca (Rich Solar, 2023).

En la Tabla 4.7 se muestran algunas de las características técnicas del panel solar seleccionado:

Rich Solar MEGA 200 Watt 12 V Monocrystalline	
Potencia máxima (P _{máx})	200 W
Tensión máxima (V _{pmáx})	20.4 V
Intensidad máxima (I _{pmáx})	9.80 A
Tensión de circuito abierto (V _{OC})	24.3 V
Corriente de cortocircuito (I _{SC})	10.2 A
Máximo voltaje del sistema (V _{máx})	1000 V de CC
Dimensiones	149 x 68 x 3,6 cm
Peso	12 kg
Rango de temperatura	-40°C a 85°C

Tabla 4.7: Especificaciones técnicas del panel solar seleccionado

La totalidad de los datos técnicos y hojas de características de cada dispositivo seleccionado serán mostrados en el apartado Panel solar del capítulo Anexos del presente proyecto.

Además de los datos técnicos anteriormente mostrados, el panel solar seleccionado posee una característica fundamental a la hora de llevar a cabo el proyecto. Esta característica es que el panel solar posee 14 agujeros pretaladrados, lo que lo hace compatible con monturas en Z estándar, monturas terrestres, monturas basculantes y la utilizada en el presente proyecto, montura en poste lateral.

Esta clase de montura está diseñada para ser anclada a señales verticales, como las utilizadas en este estudio. En futuros apartados de este proyecto se diseñará la estructura soporte del panel solar sobre la señal de tráfico instalada en la zona de estudio.

En la Figura 4.21 se puede apreciar un ejemplo de la estructura que se pretende seleccionar para sujetar el panel solar, y posteriormente, se realizará un análisis de cargas en la estructura.



Figura 4.21: Panel solar instalado en poste lateral de la empresa (Ameresco Solar, 2023).

4.4.5.- Cálculo de parámetros eléctricos

Se calculan los parámetros eléctricos característicos del panel solar seleccionado a partir de las temperaturas mínima y máxima de la zona de estudio que fueron mostradas en la Figura 3.8 y los datos proporcionados por el fabricante en la hoja de características del panel solar:

Temperatura máxima	30 °C
Temperatura en condiciones estándar	25 °C
Temperatura mínima	6 °C
Coefficiente de temperatura de tensión (β)	-0,29%/°F
Coefficiente de temperatura de intensidad (α)	-0,05%/°F
Coefficiente de temperatura de potencia (γ)	-0,39%/°F

Tabla 4.8: Temperaturas y coeficientes de temperatura.

A pesar de que las temperaturas máxima y mínima en la zona de estudio son conocidas, se aplicará un coeficiente de seguridad a ambos valores, por lo que las nuevas temperaturas máxima y mínima serán:

Temperatura máxima	40 °C
Temperatura mínima	-5 °C

Tabla 4.9: Valores de temperatura máxima y mínima utilizados.

Para realizar los cálculos de manera sencilla, se realiza el cambio de unidades de grados Fahrenheit a grados Celsius mediante la Ecuación 4.16.

$$1\text{ }^{\circ}\text{F} = -17.22\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Ecuación 4.16: Conversión grados Fahrenheit a Celsius.

Por lo tanto, los coeficientes de temperatura expresados en %/°C toman los siguientes valores:

Coefficiente de temperatura de tensión (β)	0,01684%/°C
Coefficiente de temperatura de intensidad (α)	0,00290%/°C
Coefficiente de temperatura de potencia (γ)	0,02265%/°C

Tabla 4.10: Coeficientes de temperatura corregidos.

Se calculan los valores máximos y mínimos de la tensión de circuito abierto, la intensidad de cortocircuito y la potencia máxima en Quart de Poblet, donde se ubica el presente proyecto:

- $V_{OC\text{Máx}} = V_{OC}(40^{\circ}\text{C}) = 24,4\text{ V} * \left[1 + \frac{0.01684}{100} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} * (40^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) \right] = 24,36\text{ V}$

Ecuación 4.17: Tensión de circuito abierto máxima

- $V_{OC\text{Mín}} = V_{OC}(-5^{\circ}\text{C}) = 24,3\text{ V} * \left[1 + \frac{0.01684}{100} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} * (-5^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) \right] = 24,18\text{ V}$

Ecuación 4.18: Tensión de circuito abierto mínima

- $I_{SCMáx} = I_{SC}(40^{\circ}C) = 10.2 A * \left[1 + \frac{0.0029}{100} \frac{1}{^{\circ}C} * (40^{\circ}C - 25^{\circ}C)\right] = 10.2 A$

Ecuación 4.19: Corriente de cortocircuito máxima

- $I_{SCMín} = I_{SC}(-5^{\circ}C) = 10.2 A * \left[1 + \frac{0.0029}{100} \frac{1}{^{\circ}C} * (-5^{\circ}C - 25^{\circ}C)\right] = 10.19 A$

Ecuación 4.20: Corriente de cortocircuito mínima

- $P_{MÁXMáx} = P_{MÁX}(40^{\circ}C) = 200 W * \left[1 + \frac{0.02265}{100} \frac{1}{^{\circ}C} * (40^{\circ}C - 25^{\circ}C)\right] = 200,7 W$

Ecuación 4.21: Potencia de pico máxima

- $P_{MÁXMín} = P_{MÁX}(-5^{\circ}C) = 200 W * \left[1 + \frac{0.02265}{100} \frac{1}{^{\circ}C} * (-5^{\circ}C - 25^{\circ}C)\right] = 198,6 W$

Ecuación 4.22: Potencia de pico mínima

Estos valores se deben ajustar a las características de la batería, ya que la conexión se realiza entre la placa solar y la misma.

4.5.- ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN SOLAR. SOFTWARE PVGIS

Una vez seleccionados los dispositivos de iluminación y calculada la energía diaria consumida por las cargas, se procede a la estimación y cálculo de la energía generada por el módulo fotovoltaico elegido en la zona de estudio donde tiene lugar el presente proyecto.

4.5.1.- Descripción e interfaz

Con el propósito de obtener unos datos aproximados climatológicos y de rendimiento del panel solar en la zona de estudio, se empleará el software PVGIS de la comisión europea (Joint Research Centre, 2022), herramienta que nos permite conocer datos sobre la radiación solar y de la producción de energía de los paneles solares según su grado de inclinación, la temperatura media anual y las condiciones de irradiación media mensual en la zona de estudio.

Las coordenadas del paso de cebra objeto de estudio fueron nombradas en la Tabla 3.1. Dichas coordenadas serán introducidas en el software para la obtención de los datos anteriormente descritos.

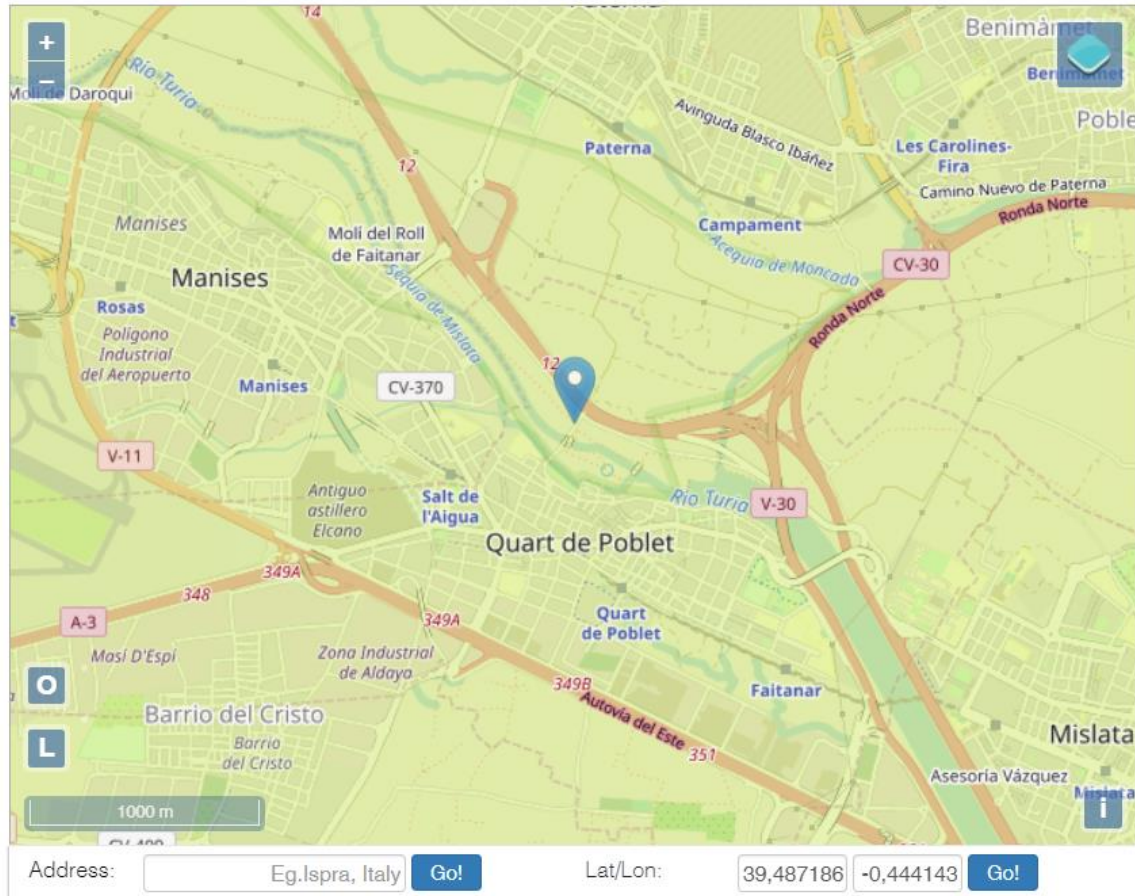


Figura 4.22: Mapa con las coordenadas del proyecto en (PVGIS, 2023).

Cursor:

Selected: 39.487, -0.444

Elevation (m): 35

PVGIS ver. 5.2

Use terrain shadows:

Calculated horizon

Upload horizon file

[Switch to version 5.1](#)

[↓ csv](#)

[↓ json](#)

Seleccionar archivo Ninguno archivo selec.

GRID CONNECTED
PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV
?

TRACKING PV

OFF-GRID

MONTHLY DATA

DAILY DATA

HOURLY DATA

TMY

Solar radiation database* PVGIS-SARAH2

PV technology* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]* 0.4

System loss [%]* 14

Fixed mounting options

Mounting position* Free-standing

Slope [°]* 35 Optimize slope

Azimuth [°]* 0 Optimize slope and azimuth

PV electricity price

PV system cost (your currency) [input]

Interest [%/year] [input]

Lifetime [years] [input]

Figura 4.23: Interfaz de usuario de PVGIS

Analizando los datos que aparecen en la interfaz del programa, se puede observar que PVGIS puede calcular la cantidad de energía generada por los paneles solares conectados a red o de forma aislada. Además, también muestra datos de la irradiancia mensual, diaria y horaria de las coordenadas que se introduzcan.

La cantidad de energía producida por los módulos fotovoltaicos se ve muy influenciada por ciertos parámetros que pueden ser ajustados en PVGIS. A continuación, se enumeran y describen los parámetros fundamentales que hay que tener en cuenta a la hora de implantar los paneles solares en la zona de estudio:

- **PV Technology:** Crystalline silicon, es el material del cual está fabricado el panel solar seleccionado.
- **Installed peak PV power (kWp):** Potencia de pico de los paneles solares seleccionados. En el presente proyecto se utilizarán dos paneles solares anteriormente descritos, por lo que la potencia pico instalada en kWp es de 0,4 kWp.

- System loss: Son las pérdidas del sistema, que engloba a todas ellas que hacen que la potencia realmente entregada a las cargas sea inferior a la producida por los módulos fotovoltaicos. El valor de 14% de pérdidas del sistema es un valor utilizado como estándar en este tipo de diseños y aparatos. Se deben sobre todo a pérdidas en los cables, en las pérdidas en la etapa de potencia y a posible suciedad que disminuya la captación de luz solar en el panel.
- Mounting position: Se selecciona Free-standing ya que los paneles solares irán anclados por encima de las dos señales verticales, por lo que no disponen de ningún impedimento en cuanto a su orientación.
- Slope (Ángulo de inclinación): Es el ángulo que forman los paneles solares con respecto al plano horizontal. La máxima energía generada se alcanza cuando los rayos del Sol inciden de manera perpendicular en la superficie del panel. Por esto, el ángulo de inclinación debe ser optimizado. El programa PVGIS es capaz de analizar los diferentes ángulos y encontrar el óptimo para el sistema. Un ángulo que suele ser óptimo en España ronda entre los 35 y 37°.
- Azimut (Ángulo de orientación): Es el ángulo que forma el panel solar con respecto al Sur geográfico. Su valor es 0° si el panel solar está orientado totalmente hacia el Sur. Su valor es -90° si está totalmente orientado al Este y 90° si se encuentra totalmente orientado al Oeste. (PVGIS, 2023) también es capaz de optimizar este ángulo.

4.5.2.- Energía generada

En la Figura 4.14 se mostró la energía consumida por las cargas en cada mes del año en la localización donde se implantará el presente proyecto. El siguiente paso es calcular mediante PVGIS la cantidad de energía generada por los paneles solares seleccionados. Para ello, introducimos las coordenadas del emplazamiento Tabla 3.1, se selecciona la opción de Grid-connected para observar la energía generada y se introducen los valores anteriormente descritos en la interfaz de datos de PVGIS.

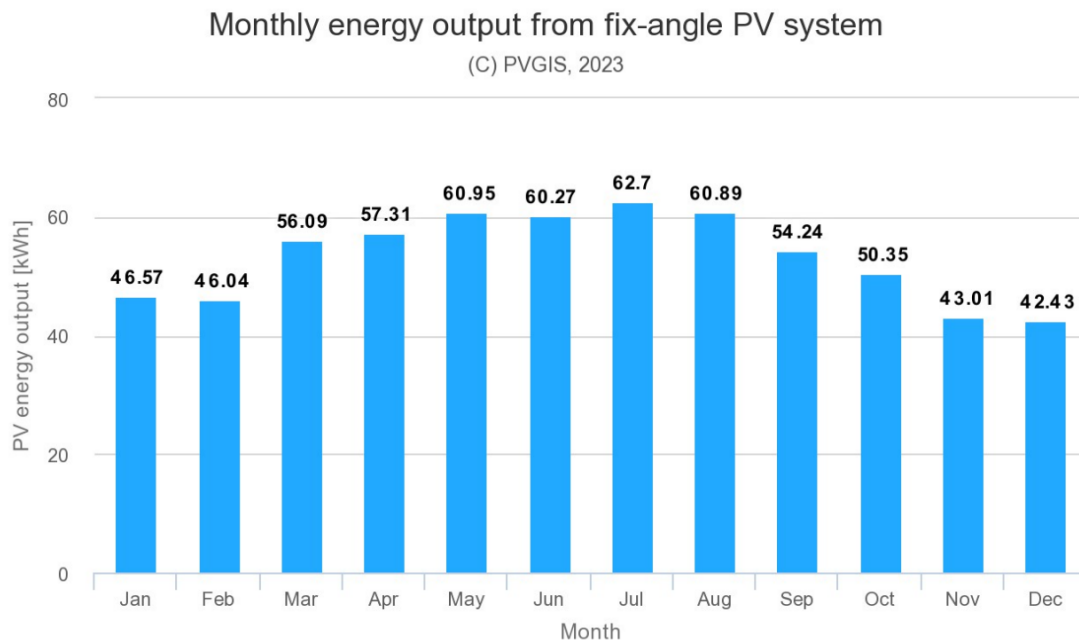


Figura 4.24: Energía mensual generada (kWh) por los paneles solares en la ubicación del proyecto con el software (PVGIS, 2023).

La totalidad de los datos de partida introducidos en el software y los resultados obtenidos se muestran en el apartado de RESULTADOS PVGIS correspondiente al capítulo Anexos A del presente trabajo. Una vez se conoce la energía generada y la energía consumida por las cargas, se comparan para comprobar que la energía producida es suficiente para alimentar al sistema. La figura siguiente muestra la cantidad mensual de energía generada por los paneles y la consumida por las cargas lumínicas.

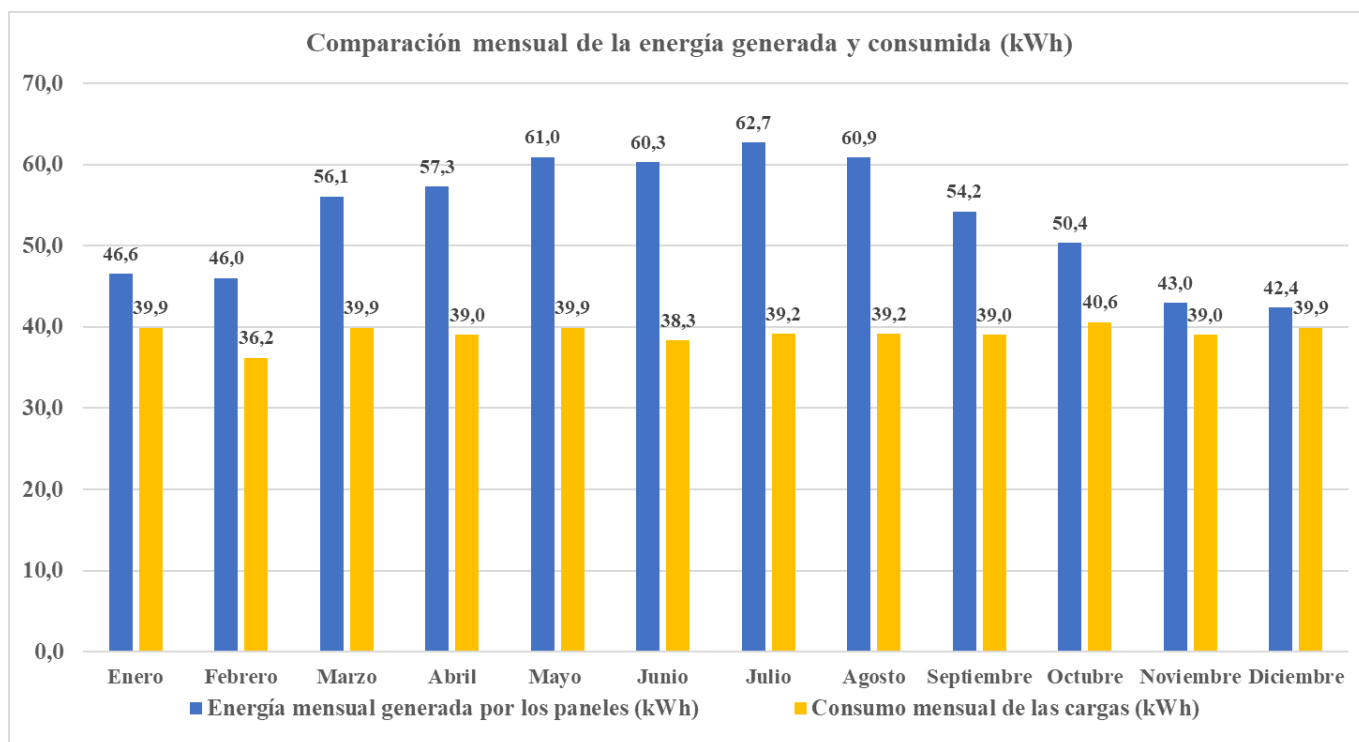


Figura 4.25: Comparación de la energía generada y consumida (kWh).

Analizando la figura, se puede observar que los consumos se mantienen prácticamente constantes a lo largo del año. La variable de la que dependen es de la cantidad de días lluviosos del mes, mientras que la energía generada varía en gran cantidad debido a la cantidad de horas de luz que tiene cada mes. Los meses que menos horas de luz tienen, son en los que menos energía se genera. El mínimo se alcanza en diciembre con una generación de 42,4 kWh y un consumo de 39,9 kWh.

El software PVGIS también dispone de una herramienta que facilita la temperatura de bulbo seco media a lo largo del año. Según la empresa Area Cooling Solutions, especializados en refrigeración avanzada y aire acondicionado: “La temperatura de bulbo seco es la temperatura que se considera real en el aire húmedo. Por ello, en general se la denomina simplemente temperatura del aire. En efecto, se trata de la temperatura que suele mostrar un termómetro común.” (Area Cooling Solutions, 2023). Dicha temperatura de bulbo seco se puede observar en la gráfica de la Figura 4.26, y que toma valores muy parecidos a los mostrados en la Figura 3.7.

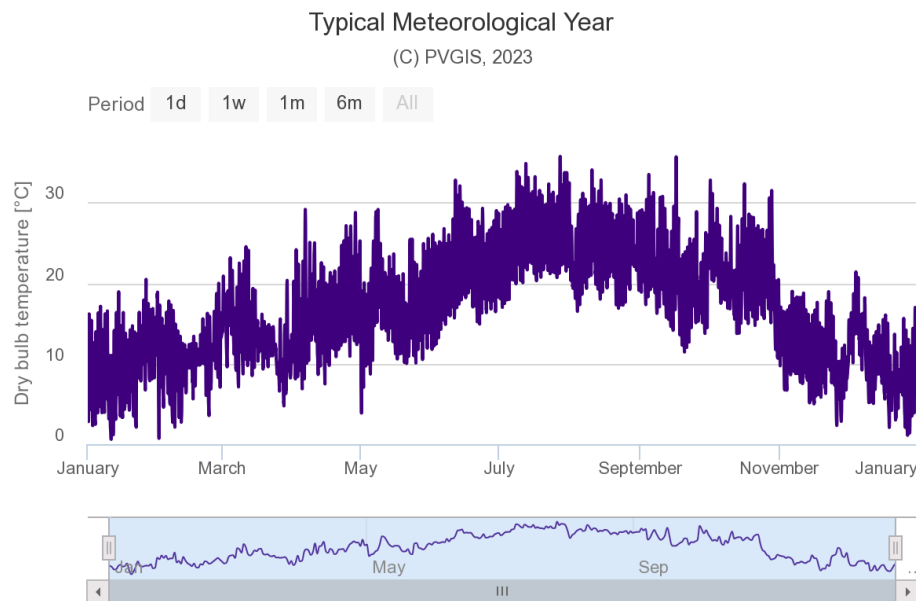


Figura 4.26: Temperatura de bulbo seco media en la zona de estudio.

Estos valores sí son concluyentes ya que no dependen de los aparatos que vayan a ser utilizados en el sistema.

En cuanto a la radiación solar, PVGIS es capaz de obtener datos mensuales, diarios e incluso horarios. En la Figura 4.27 se muestran los valores de la radiación solar mensual obtenida durante el año 2022 en la zona de estudio.

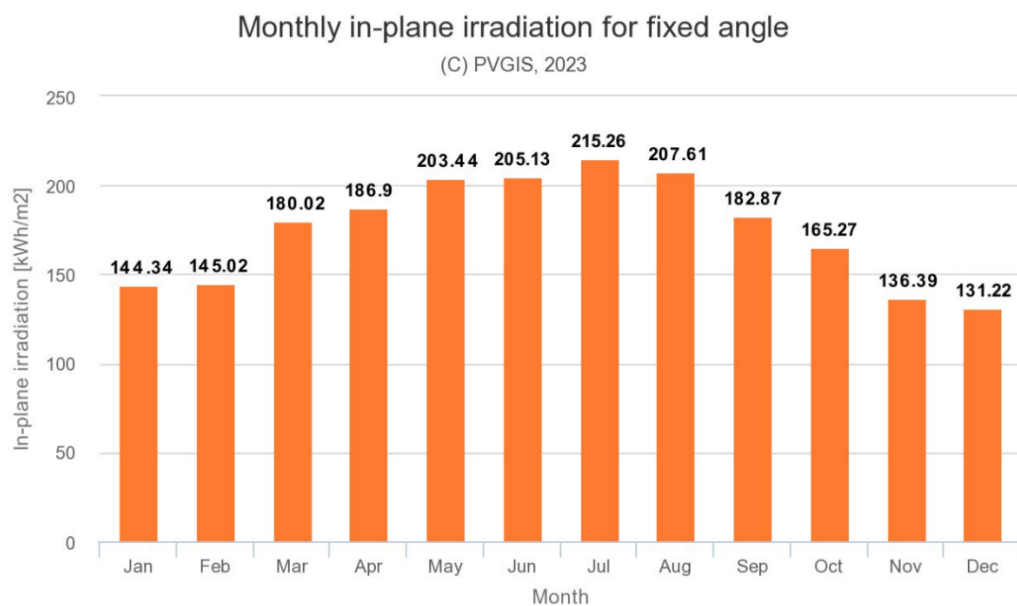


Figura 4.27: Irradiación solar mensual en la zona de estudio.

Analizando los resultados obtenidos con el software, se observa que la irradiancia media a lo largo del año para un panel solar situado en la zona de estudio, e inclinado aproximadamente 37° es de $175,28 \text{ kWh/m}^2$.

4.6.- BATERÍA SOLAR

4.6.1.- Fundamento teórico

Debido a que la producción solar es un sistema de energía que depende de muchos parámetros como la hora del día, las condiciones del clima o la estación del año, se clasifica como sistema de producción de energía muy variable. Es por esto, que surge la necesidad de utilizar dispositivos capaces de almacenar la energía sobrante en momentos donde hay exceso de producción y poder suministrarla a las cargas cuando la energía generada no sea suficiente.

Este tipo de dispositivos son especialmente esenciales en sistemas de producción de energía fotovoltaica sin conexión a red, como es el caso del presente proyecto. A continuación, se presentan algunas de las razones para la utilización de baterías en este proyecto:

- Almacenamiento de energía: Permite que las cargas lumínicas sigan en funcionamiento cuando la energía generada no es suficiente para alimentar al sistema o se produzca algún fallo en los dispositivos de generación.
- Suministro continuo: Permiten que el suministro de energía se realice de forma ininterrumpida.
- Autonomía: Permite que el sistema sea capaz de funcionar sin la utilización o instalación de conexión a red.

4.6.2.- Parámetros clave

A la hora de escoger una batería para un sistema de energía solar, es necesario considerar los siguientes parámetros clave para poder seleccionar un dispositivo óptimo para el proyecto:

- Capacidad de almacenamiento (Wh o Ah): Es la cantidad de energía eléctrica que la batería puede suministrar bajo un determinado sistema de descarga, generalmente

expresado en vatios-hora (Wh). La capacidad de la batería es directamente proporcional a la cantidad de material activo, por eso, cuanto más material presente la batería, más energía es capaz de almacenar.

- Tensión nominal: Es la diferencia de potencial entre los polos positivo y negativo de la batería y es a la tensión a la que opera. Las baterías solares suelen trabajar a tensiones de 12 V, 24 V o 48 V.
- Estado de carga (SoC): Porcentaje de la capacidad de la batería disponible para la descarga.
- Profundidad de descarga (DoD): Porcentaje de la capacidad de la batería que se descarga partiendo de la carga total. Una profundidad de descarga de entre un 10% y un 30% corresponde a una descarga de ciclo poco profundo. Entre un 40% y un 70%, corresponde a una descarga de ciclo medio y entre un 80% y un 90% corresponde a una descarga de ciclo profundo. Cuanto mayor sea la profundidad de descarga diaria de la batería durante el funcionamiento a largo plazo, menor será la vida útil de la batería. (OCW, 2023)
- Ciclos de vida: Es el número de ciclos de carga y descarga que la batería puede soportar antes de que se degrade y se alcance una determinada capacidad.

Dicha degradación de la capacidad se suele aproximar a un 80% de la capacidad nominal de la batería. Suele ser un parámetro que proporciona el fabricante de las baterías, pero que puede verse modificado según el uso que se le dé a la batería (Maniy, 2021).

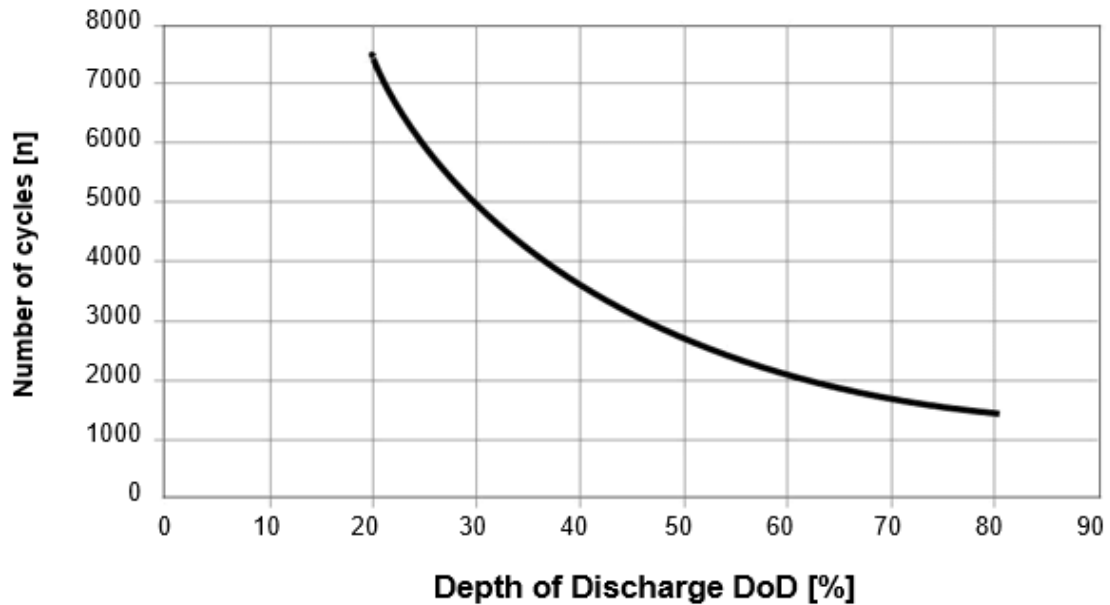


Figura 4.28: Número de ciclos de vida en función de la profundidad de descarga (Castro Martínez, Villaseñor, & Domínguez, 2019).

- Eficiencia de la batería: Se define como la eficiencia de almacenamiento de la batería, y se suele describir como el ratio entre la energía que la batería es capaz de ceder a las cargas dividida entre la energía que se introduce en la batería para ser almacenada:

$$\eta_{\text{bat}} = \frac{E_{\text{out}}}{E_{\text{in}}}$$

Ecuación 4.23: Eficiencia de las baterías (OCW, 2023)

- Temperatura: Las baterías suelen estar diseñadas para trabajar a temperatura ambiente (25°C), por lo que las desviaciones de ésta, provoca que las reacciones químicas se aceleren o se frenen. Al aumentar la temperatura, las reacciones químicas se aceleran, lo que provoca que aumente el rendimiento y la capacidad, a costa de disminuir la vida útil de la batería. Cuando las temperaturas son bajas, aumenta la resistencia interna haciendo que la capacidad disminuya hasta un 60%. A temperaturas por debajo de 0°C, corre el riesgo de que se congele el electrolito, dejando inutilizada la batería. (Autosolar, 2023).

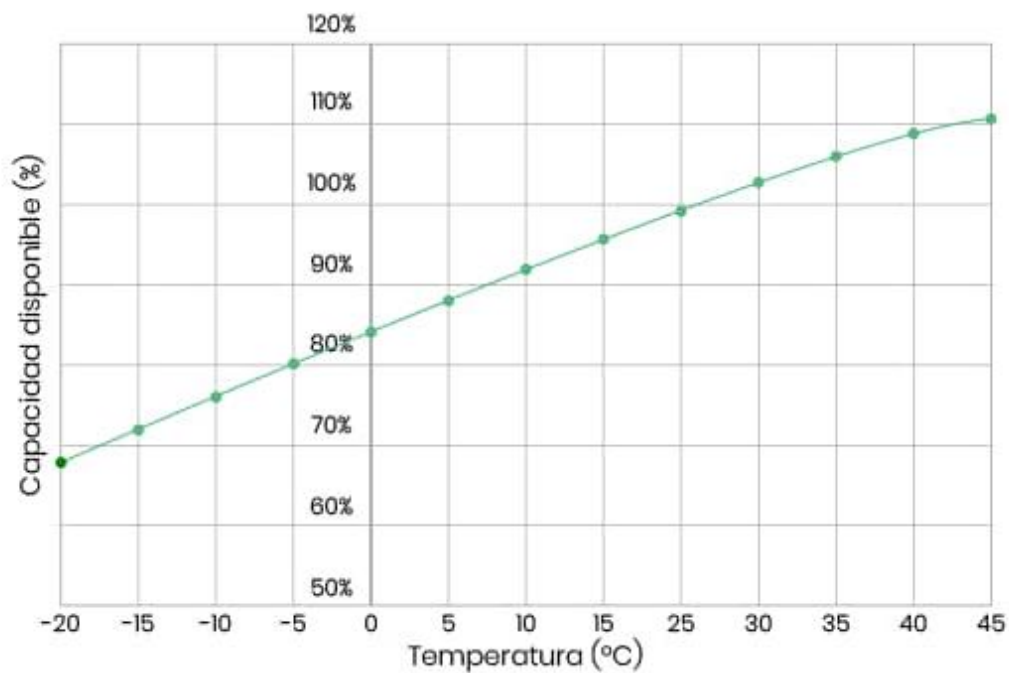


Figura 4.29: Capacidad disponible de la batería en función de la temperatura (Autosolar, 2023).

4.6.3.- Tipos de baterías

En cuanto a los tipos más usados de baterías en proyectos de instalaciones solares, destacan los siguientes:

- **Baterías monoblock:** Adecuadas para usar en pequeñas instalaciones fotovoltaicas aisladas ya que suelen ser las más baratas y sencillas. Emplean un compuesto químico a base de plomo y ácido que emite gases, por lo que deben colocarse en lugares con ventilación y no deben recibir luz directa. Requieren un alto mantenimiento y sus niveles de descarga no deben superar el 50% para que su vida útil pueda prolongarse hasta los 5 años.
- **Baterías AGM:** El funcionamiento de este tipo de baterías es bastante similar al anterior en cuanto a composición química, pero poseen una malla de fibra de vidrio que permite controlar el electrolito, aumentando así la estabilidad y durabilidad de la batería. Al estar sellada e incorporar una válvula de regulación de gases, el mantenimiento y atención que requieren por parte del usuario son mínimas. Pueden ser almacenadas en sitios cerrados sin problema y soportan bien las bajas temperaturas. Además, se pueden someter a ciclos de descarga profundos, poseen

una alta potencia debido a la mayor cantidad de ciclos de carga-descarga que soportan. *“La batería AGM está pensada para pequeñas instalaciones fotovoltaicas en las que realizar el mantenimiento sería muy difícil o costoso”* (TecnoSolab, 2016).

- **Baterías estacionarias:** Basan su método de funcionamiento en un principio químico formado por plomo y ácido, como ocurría con las monoblock y las AGM, pero su montaje se basa en elementos de 2 voltios conectados en serie que permiten a los usuarios alcanzar la potencia que mejor se ajuste a sus necesidades. *“Estas baterías tienen una larga vida útil, son perfectas para instalaciones que requieran un consumo diario y durante largos periodos de tiempo”*. (TecnoSolab, 2016).
- **Baterías de Ion-Litio:** Se trata de una de las tecnologías más avanzadas con una gran aceptación social debido a que el litio es uno de los metales más ligeros con mayores densidades de energía (110-160 Wh/kg o 300-400 kWh/m³). Permitiendo de este modo un gran potencial químico para fabricar baterías. Su aprovechamiento de la energía está muy cerca del 100% y carecen de efecto memoria, por lo que no sufren si son descargadas completamente. Esta característica las hace especialmente apropiadas para ser utilizadas en sistemas de almacenamiento inteligente.

Las baterías para el autoconsumo de litio suelen alcanzar vida útil entorno a los 20 años, y los cuidados necesarios por parte del usuario son más bajos que en el resto de baterías. En definitiva, es la que ofrece las mejores prestaciones en todos los aspectos, pero también tiene el precio más elevado (Sotysolar, 2023).

Tipo	Peso	Profundidad de descarga (DoD)	Ciclo de vida	Mantenimiento	Fugas	Soporta bajas temperaturas	Precio
Monoblock	Elevado	30% - 50%	Hasta 5 años	Si	Si	No	Muy Bajo
AGM	Medio-Elevado	70%	6-7 años	No	No	Si	Medio
Estacionarias	Elevado	60%	Hasta 20 años	No	No	No	Medio
Ion-Litio	Bajo	90% - 100%	Más de 20 años	No	No	Si	Elevado

Tabla 4.11: Resumen de características de las baterías

4.6.4.- Selección

Los dos paneles solares anteriormente seleccionados pertenecen a la empresa de energías renovables (Rich Solar, 2023), por lo que, para asegurar el correcto montaje entre dispositivos, se selecciona una batería solar de la misma compañía. La batería seleccionada es: **24V 100Ah LiFePO4 Lithium Iron Phosphate Battery**. Se trata de una batería de litio que funciona a 24V, igual que los paneles solares, por lo que el conexionado será más sencillo. Posee una capacidad de 2560 Wh por lo que sería capaz de alimentar a las cargas durante más de un día entero sin el funcionamiento del equipo de generación de energía.



Figura 4.30: Batería de litio seleccionada de la marca (Rich Solar, 2023).

En la Tabla 4.12 se muestran algunas de las características técnicas de la batería seleccionada:

24V 100Ah LiFePO4 Lithium Iron Phosphate Battery	
Capacidad	100 Ah
Energía	2560 Wh
Voltaje nominal	25.6 V
Corriente continua de carga	100 A
Ciclo de vida esperado	> 3000 ciclos con 80% DoD
Protección al agua	IP65
Dimensiones	48 x 17 x 24 cm
Peso	19,3 kg
Rango de temperatura	-20°C a 60°C

Tabla 4.12: Características técnicas de la batería seleccionada

El resto de las especificaciones y ficha técnica serán incluidos en el apartado Batería solar del capítulo AnexosA del presente documento.

4.6.5.- Análisis de los casos desfavorables

Una vez seleccionada la batería, ya se pueden analizar las dos situaciones desfavorables explicadas en el apartado 4.3.2.- del presente proyecto que tendrá que poder soportar la batería.

- Caso desfavorable 1: Dos días lluviosos consecutivos en diciembre en Quart de Poblet: El consumo total de energía de los dispositivos de iluminación durante dos días lluviosos seguidos durante el mes de diciembre es de 3166,8 Wh y los paneles solares seleccionados son capaces de generar un total de 2735,5 Wh durante esos dos días, por tanto, la cantidad de energía que debe aportar la batería a las cargas es de:

$$\text{Energía a aportar} = 3166,8 \text{ Wh} - 2735,5 \text{ Wh} = 431,3 \text{ Wh}$$

Ecuación 4.24: Energía que debe suministrar la batería a las cargas durante los dos días de lluvia (Wh).

La batería seleccionada es capaz de almacenar un total de 2560 Wh por tanto el funcionamiento es óptimo.

- Caso desfavorable 2: Irrupción del sistema de generación de energía durante 24 horas: Si los paneles solares dejasen de generar energía por un fallo de conexión u otro motivo grave, la batería debe ser capaz de suministrar la energía a las cargas durante al menos 24 horas. Se sabe que los dispositivos de iluminación consumen un total de 1584 Wh en un día completo de funcionamiento, y como la batería es capaz de almacenar 2560 Wh, se podría concluir que el funcionamiento es óptimo.

Se debe tener en cuenta otro parámetro que proporciona el fabricante de la batería, y es que el funcionamiento habitual de esta batería es a una profundidad de descarga del 80%, para que el ciclo de vida de la batería no se vea afectado. Esto significa que la cantidad de energía que puede suministrar la batería a las cargas sin superar ese 80% de DoD es de:

$$\text{Energía real suministrada} = 2560 \text{ Wh} * 0,8 = 2048 \text{ Wh}$$

Ecuación 4.25: Energía real suministrada por la batería con un 80% DoD.

Finalmente se puede afirmar que el funcionamiento del sistema en estos dos casos desfavorables es correcto. Los dispositivos de generación y almacenamiento de energía son capaces de mantener los LEDs encendidos las 24 horas del día incluso en estas dos situaciones extremas.

4.7.- REGULADOR DE CARGA:

4.7.1.- Fundamento teórico:

El regulador o controlador de carga, es el aparato que permitirá controlar de manera eficiente la corriente y el voltaje que circulan desde los paneles solares hasta la batería. Existen dos tipos claramente diferenciados de reguladores de carga:

- Reguladores PWM: Funcionan mediante modulación por pulsos y solamente trabajan de corte de paso de energía entre los paneles y las baterías cuando éstas se han cargado completamente. Para que funcionen de forma correcta, los paneles solares y las baterías deben trabajar al mismo voltaje, es decir, si los paneles son de 12 V, la batería ha de ser de 12 V. La principal desventaja que presentan es que se hace trabajar a los paneles al voltaje de la batería, que puede no coincidir con el punto de máxima intensidad que optimizaría la potencia generada al máximo. La principal ventaja es que son más económicos. (Autosolar, 2023).
- Reguladores MPPT: Son también llamados maximizadores ya que su funcionamiento aprovecha la máxima producción del panel solar para la carga de la batería. El principio de funcionamiento es que se regula el voltaje de los paneles solares hasta encontrar el punto de máxima producción de energía (MPPT) y para no dañar las baterías, se reduce esta tensión CC-CC a un valor óptimo que no ponga en peligro el sistema de almacenaje. Las variables que hay que tener en cuenta son:
 - No se debe sobrepasar el voltaje de trabajo en paneles, es decir la tensión de circuito abierto V_{oc} .
 - La intensidad de carga hacia baterías indicará la potencia total en paneles que puede gestionar el regulador, si son 200W a 12V, serán 400W a 24V.

4.7.2.- Selección

Para el presente proyecto, se ha escogido un regulador MPPT de la marca (Rich Solar, 2023) del mismo modo que fueron seleccionados los paneles solares y la batería. Al pertenecer a la misma compañía, se asegura que los datos técnicos para la conexión entre dispositivos sean óptimos. El regulador de carga en concreto seleccionado es:

40 Amp MPPT Solar Charge Controller.

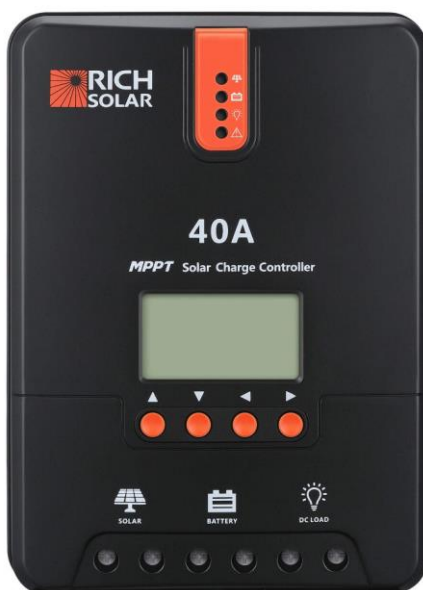


Figura 4.31: Regulador MPPT seleccionado de la marca (Rich Solar, 2023).

A continuación, se muestran algunas de las características más destacables del dispositivo para su correcto conexionado con los paneles solares y con la batería escogida:

40 Amp MPPT Solar Charge Controller	
Corriente nominal de la batería	40 A
Corriente de carga nominal	20 A
Corriente máxima de los paneles solares	50 A
Máxima tensión de la batería	32 V
Tensión máxima de los paneles solares	100 V CC
Temperatura de trabajo	-35°C a 45°C
Dimensiones	23.8 x 17.3 x 7.2 cm
Peso	2 kg

Tabla 4.13: Parámetros característicos del controlador escogido.

El resto de las variables del controlador y su ficha técnica serán mostrados en el apartado Regulador MPPT correspondiente al capítulo AnexosA del presente documento y se acudirán a ellos cuando sea necesario.

4.8.- OTROS COMPONENTES

Este apartado abarca todos los elementos de conexión, control, cableado monitorización y protección de dispositivos. Estos elementos no han sido calculados ni seleccionados y se recogen en los posibles trabajos futuros a realizar.

5.- Control de iluminación

5.1.- INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo del proyecto, se procede a exponer cómo se realizará el control y la regulación de la luminosidad de los distintos aparatos luminosos instalados en el paso de peatones objeto de estudio. Se explicarán los elementos necesarios para llevar a cabo esta tarea, su conexionado con el resto de dispositivos previamente seleccionados, se definirán sus características y se asignarán valores óptimos a las variables de control para que el funcionamiento sea correcto.

El primer paso consiste en el diseño de un aparato convertidor reductor de tensión, que sea capaz de reducir la tensión de salida de la batería, que era de 24V, a una tensión válida para el sistema de regulación de los LED. Para conseguir este objetivo, se busca un circuito integrado capaz de realizar este propósito.

5.2.- DRIVER PARA LED

Uno de los elementos más importantes para el funcionamiento de los LEDs son los drivers. El driver es el dispositivo encargado de regular la alimentación de los LEDs, adaptándose a las necesidades cambiantes de estos mediante un suministro constante de energía y asegurándose de que siempre se alimenten con el voltaje y la corriente adecuados. Sin un driver óptimo, los LEDs podrían sobrecalentarse o descontrolarse provocando una pérdida de rendimiento o fallo irreparable (EfectoLED, 2017).

Si se quiere que los LEDs sean regulables, se debe utilizar el concepto de PWM (Modulación por ancho de pulsos) al driver LED. Esta forma de realizar la regulación o dimming de los LEDs, consiste en transmitir señales analógicas o digitales que permiten controlar la cantidad de energía que se transfiere a las cargas (Upowertek, 2023).

Esto se consigue activando una salida digital durante un tiempo y apagándola durante otro periodo, generando así pulsos positivos que se generan de manera constante, es decir, los pulsos se realizan a frecuencia constante.

La empresa (AreaDeTecnología, 2023) explica lo que es un dimmer como: *“Un Regulador de Luz o Dimmer es un aparato eléctrico o electrónico que nos permite regular el nivel de luz de uno o varios puntos de luz, por ejemplo, de una bombilla, un fluorescente o una bombilla Led. En ingles dimmer significa regulador de intensidad y/o voltaje. Precisamente eso es lo que hacemos para que nuestro punto de luz tenga una intensidad de luz variable, regular la intensidad que circula a través de él, o regular la tensión en sus dos bornes (conexiones).”*

5.2.1.- Selección

Se escogió el circuito integrado **MP2489**, utilizado para regular el reductor con una alta eficiencia y diseñado en modo de corriente continua para controlar los diodos emisores de luz (LED) de alto brillo desde un rango de voltaje de entrada de 6 a 60V. El MP2489 emplea una arquitectura de control de histéresis para regular una corriente LED de alta precisión, que se mide a través de una resistencia de detección de corriente externa de lado alto. (MPS, 2023). El MP2489 implementa el PWM y el dimming analógico con el PIN DIM, el cual se corresponde con el PIN 3 del dispositivo.

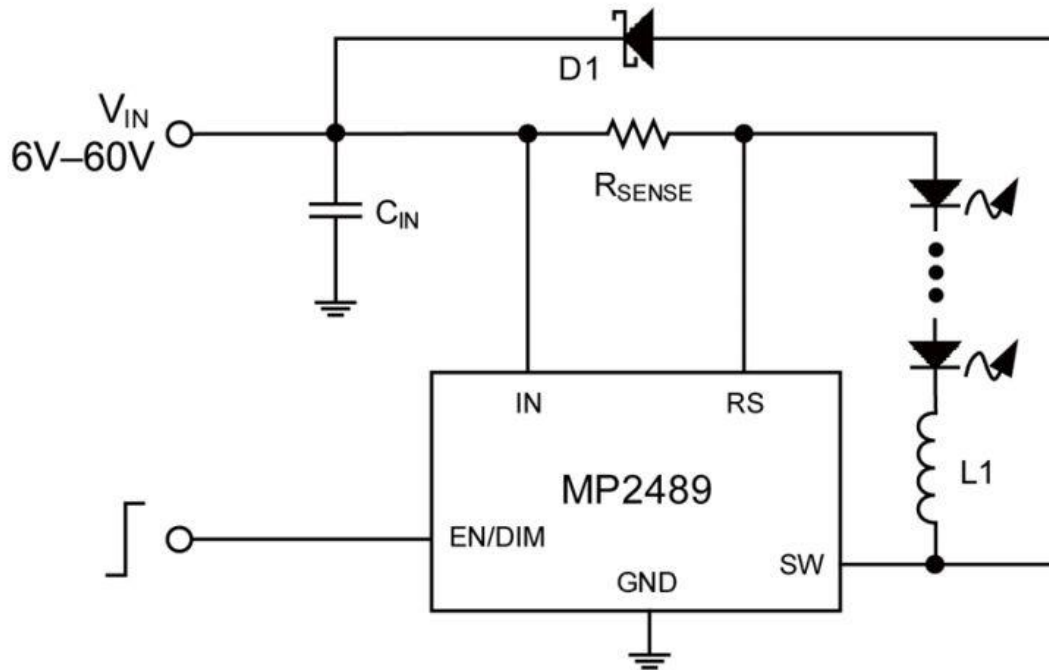


Figura 5.1: Esquema de funcionamiento del MP2489 de (MPS, 2023).

Se usará el MP2489 para regular la intensidad lumínica de los LEDs instalados en el paso de peatones y en las señales verticales según la cantidad de luz en cada momento del día, y cuando las condiciones climatológicas sean adversas.

El Pin 3 de este circuito integrado es el encargado de habilitar el dimming de los dispositivos LED. Para ello, se le aplica una señal de onda cuadrada aplicando un voltaje entre 0.3 y 2.5V para poder variar la intensidad de corriente de los LED de 25% a 200%. Además, se conecta un condensador de entre 1nF y 10nF para operar en condiciones normales y que se produzca un arranque suave. (MPS, 2023).

A continuación, se muestran algunas de las características más destacables del circuito integrado:

MP2489	
Tensión de entrada	6 a 60V DC
Corriente de salida	> 1A
Eficiencia	> 95%
Tensión PIN EN/DIM	0.3 a 2.5 V DC
Frecuencia de trabajo máxima	600 kHz
Temperatura de trabajo	-40 °C a +125 °C

Figura 5.2: Características del MP2489

La ficha técnica del dispositivo, donde se muestra la totalidad de los parámetros, se encuentra en el apartado MP2489 del capítulo AnexosA del presente proyecto.

5.2.2.- Configuración de la corriente LED

Para poder establecer la corriente nominal para el funcionamiento de los dispositivos LED, se debe configurar la resistencia interna R_{SENSE} que dispone el circuito integrado. Esta resistencia tiene un valor variable según la fórmula:

$$R_{SET} = \frac{202mV}{I_{LED}}$$

Ecuación 5.1: Resistencia del circuito integrado.

Se debe conocer previamente la corriente a la que trabajan los dispositivos de iluminación seleccionados para poder escoger un valor de R_{SET} que se adapte a la intensidad.

- LEDs horizontales: Funcionan a la tensión de 12V y consumen 6W de potencia, por lo que su intensidad de funcionamiento es:

$$I_{LED} = \frac{6W}{12V} = 0.5 A$$

Ecuación 5.2: Intensidad de los LED.

- Dispositivos verticales: Funcionan a la tensión de 12V y consumen 12W cada uno, por lo que la intensidad de funcionamiento es:

$$I_{VERTICAL} = \frac{12W}{12V} = 1 A$$

Ecuación 5.3: Intensidad de los dispositivos verticales.

La intensidad de los dispositivos de iluminación es diferente para los LEDs instalados en el paso de peatones y para los LEDs instalados en las señales verticales, por lo que se seleccionarán dos circuitos integrados con valores de R_{SET} diferentes para poder realizar el dimming a cada tipo de dispositivo:

$$R_{SETLED} = \frac{0.202V}{0.5 A} = 0.40 \Omega$$

Ecuación 5.4: R_{SET} de los LEDs horizontales.

$$R_{SETDISPVERT} = \frac{0.202V}{1 A} = 0.20 \Omega$$

Ecuación 5.5: R_{SET} de los dispositivos lumínicos verticales.

Una vez se conocen las intensidades de cada dispositivo de iluminación, y seleccionadas las resistencias de cada circuito integrado, se procede a configurar la frecuencia de funcionamiento del modo PWM dimming. Para ello, se aplicaría una señal de onda cuadrada de 2 kHz al pin EN/DIM ya que la normativa actual, no permite hacer dimming de baja frecuencia. La corriente media del LED es proporcional al ciclo de trabajo PWM. Dado que este pin se activa por una fuente interna de 1.25V como referencia de corriente del inductor, se recomienda un circuito de encendido/apagado con un transistor NPN para separar la señal PWM de la referencia de corriente. La amplitud mínima de la señal PWM es de 1.5V (MPS, 2023).

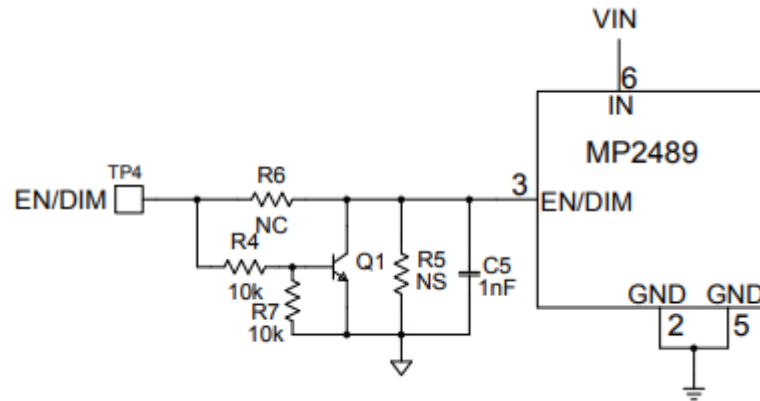


Figura 5.3: Esquema del PIN EN/DIM.

5.2.3.- Selección del inductor

Otro parámetro clave del circuito integrado que es necesario conocer para el funcionamiento del dimming de cada dispositivo de iluminación es la inductancia. La empresa de electrónica y tecnología (Polaridad, 2020) define el inductor como un componente electrónico utilizado para almacenar energía en un campo magnético, que está compuesto por un conductor en forma de bobina. La función principal del inductor es la de oponerse a los cambios de corriente en un circuito, lo que se conoce como inductancia. Esta propiedad hace que los inductores sean muy útiles en la protección de los componentes electrónicos contra picos de corriente y voltaje.

Para el cálculo de la inductancia de cada circuito integrado, se utiliza la siguiente fórmula:

$$L = \frac{\left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) * V_{OUT}}{0.3 * I_{LED} * f_{SW}}$$

Ecuación 5.6: Inductancia del circuito integrado.

Siendo:

- V_{OUT} : Tensión de salida, a la que trabajan los LED.
- V_{IN} : Tensión de entrada al circuito.
- I_{LED} : Intensidad de los LED.
- f_{sw} : Frecuencia de conmutación.

La frecuencia de conmutación en un convertidor reductor es la velocidad a la que se enciende y se apaga el dispositivo de conmutación y ésta suele tomar valores entre 20kHz y 2MHz. Dicha frecuencia afecta directamente a la disipación de potencia en elementos de conmutación como el diodo o los transistores. Las ventajas de utilizar frecuencias más altas incluyen un tamaño reducido de los componentes, un tiempo de respuesta de carga transitoria más rápido y una menor ondulación de salida. Sin embargo, las frecuencias más altas tienen eficiencias reducidas, mayores pérdidas de energía, ruido de RF y EMI. Por lo tanto, un diseñador debe equilibrar todos estos factores y también observar las especificaciones del fabricante para seleccionar componentes con la capacidad de manejar la frecuencia de diseño. Para la mayoría de los dispositivos de 12 V, un rango óptimo de la frecuencia de conmutación suele ser entre 500kHz y 800kHz, proporcionando una buena relación entre las pérdidas de conmutación y el tamaño del componente (RichTek, 2015).

En la hoja del fabricante, se especifica que para el dispositivo MP2489, se recomienda un rango de frecuencia de conmutación de entre 200kHz y 600kHz, por lo que, para el diseño de este proyecto, se tomará el valor máximo de 600kHz para poder sobredimensionar el sistema y evitar posibles fallos. Con este valor, se calculan las inductancias de los LEDs y las señales verticales:

$$L_{LED} = \frac{\left(1 - \frac{12V}{24V}\right) * 12}{0.3 * 0.5 A * 600 * 10^3 Hz} = 0.000067 H = 67 \mu H$$

Ecuación 5.7: Inductancia de los LED.

$$L_{Señales} = \frac{\left(1 - \frac{12V}{24V}\right) * 12}{0.3 * 1 A * 400 * 10^3 Hz} = 0.000033 H = 33 \mu H$$

Ecuación 5.8: Inductancia de las señales verticales.

Se escogieron los siguientes inductores para los LED y las señales verticales:

Inductores	
LEDs	AEC-Q200-001 Inductor de potencia Würth, 100 μ H, 20%, 500mA.
Señales	Inductor de montaje en superficie bobinado Würth, 47 μ H, \pm 20%, 1A.

Ecuación 5.9: Inductores seleccionados.



Ecuación 5.10: Inductor AEC-Q200-001 Inductor de potencia Würth, 100 μ H, 20%, 500mA (RS, 2023).

5.3.- CONEXIONADO DE DISPOSITIVOS

Una vez han sido seleccionados todos los dispositivos requeridos para el funcionamiento del sistema, se procede al conexionado entre ellos, asegurándose que los parámetros característicos de cada uno son óptimos para su conexión con el resto. Se muestra una guía de las conexiones que hay que realizar para que el sistema funcione:

- Conexión de los paneles solares al regulador de carga MPPT.
- Conexión del regulador MPPT a la batería de litio.
- Conexión de la batería de litio al reductor DC-DC
- Conexión del reductor DC-DC al PWM Dimming mode.
- Conexión del PWM Dimming mode a los dispositivos de iluminación.

Los dos paneles solares irán dispuestos en serie uno encima del otro y anclados sobre el mismo soporte. Al conectarlos de esta manera, la tensión nominal de los paneles aumenta mientras que la corriente nominal se mantiene constante. Como cada panel tiene un valor de tensión máxima de 20.4V y estar conectados en serie, la tensión de salida hacia el regulador

MPPT es de 40.8V. De esta forma, pueden ser anclados en la misma señalización vertical, reduciendo la resistencia en el cableado y por tanto las pérdidas.

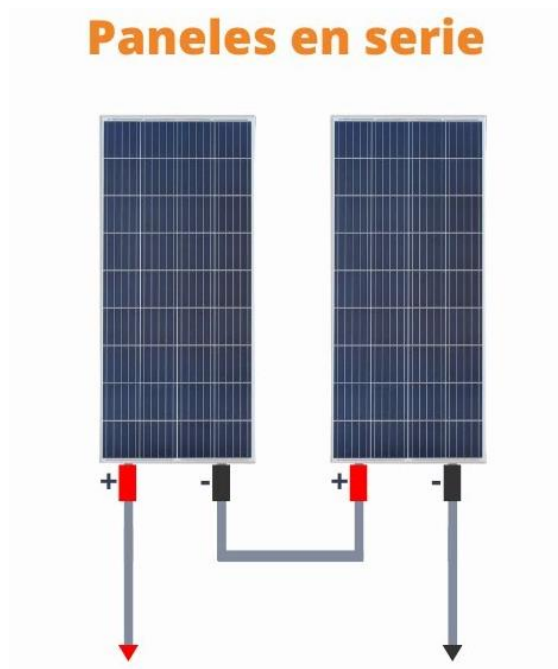


Figura 5.4: Conexión de paneles en serie (ATERSA, 2023).

El regulador de carga soporta un máximo de 100 V de corriente continua y los paneles proporcionan 40.8 V y teniendo en cuenta los días más fríos del año, las tensiones máximas de los paneles no superan los 100 V del regulador. En cuanto a la corriente del circuito, el regulador soporta una corriente máxima de 50 A proveniente de los paneles, y los que fueron seleccionados, trabajan a una intensidad máxima ($I_{p\text{máx}}$) de 9,80 A, y al estar conectados en serie, la corriente se mantiene constante. El conexionado entre los paneles y el regulador MPPT es óptimo y gracias a dicha tecnología, los paneles podrán funcionar en su punto de máxima potencia sin dañar la batería.

Los cables que unen los módulos fotovoltaicos con el regulador MPPT irán por dentro de la señalización vertical, ya que el regulador MPPT se encontrará soterrado junto a la batería.

La batería seleccionada trabaja a una tensión nominal de 24 V por lo que el regulador MPPT es el dispositivo encargado de disminuir esta tensión desde los 40.8 V, valor máximo producido por los paneles hasta los 24V utilizados por la batería. En los datos técnicos del

regulador se puede observar que es capaz de realizar este proceso, por lo que el conexionado es óptimo.

La batería almacena la energía generada por los paneles solares en forma de corriente continua. Esta corriente pasa por un driver para LED que actúa como reductor de tensión, y que posee un circuito integrado para poder regular los LED y que la tensión sea óptima para su uso.

La tensión ya es correcta para que los dispositivos de iluminación funcionan de forma óptima durante las 24 horas del día de forma ininterrumpida.

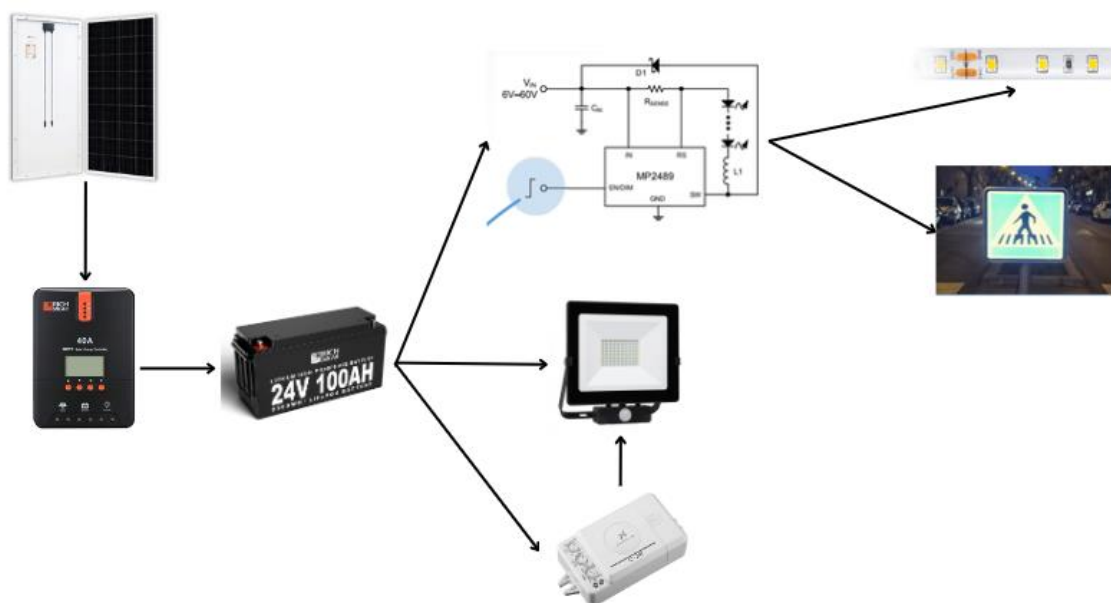


Figura 5.5: Esquema de conexionado de los dispositivos.

La energía es generada en los paneles solares en forma de corriente continua, y gracias al regulador MPPT conectado a ellos, ambos trabajan en el punto de máxima potencia, excepto cuando se tiene energía sobrante, momento en el cual no se puede trabajar en dicho punto. La energía es almacenada en la batería a 24V y de ella, la energía es transportada a los distintos dispositivos de iluminación. En el caso del foco LED y el sensor, al trabajar a la misma tensión que la batería (24V), la energía se les suministra directamente de ella. Para las tiras LED y las señales iluminadas, se debe utilizar un Driver para LED el cual es capaz de reducir la tensión a la requerida por los LED (12 V), y que llevará un circuito integrado que permite la regulación de los LED (dimming mode).

6.- Simulación de la estructura de señalización vertical

En el presente capítulo del proyecto, se exponen todos los estudios de simulación realizados sobre el diseño de la estructura metálica de la señalización vertical del proyecto. Esta estructura abarca la señal de peatones instalada, la estructura de anclaje de los paneles solares y los propios módulos fotovoltaicos seleccionados.

El objetivo de este capítulo es el diseño estructural del soporte utilizado para el anclaje de los módulos fotovoltaicos, y la realización de simulaciones que muestren resultados sobre el análisis de esfuerzos, resistencia y estabilidad de la instalación y la aptitud al servicio, cumpliendo lo establecido en el Documento Básico de Seguridad Estructural del Código Técnico de Edificación (Ministerio de Fomento , 2023)

Para la realización del diseño virtual de la señalización y las pertinentes simulaciones de la estructura, se utiliza el programa de cálculo estructural mediante elementos finitos RFEM 6. Este programa permitirá modelar, dimensionar y realizar el análisis estático y dinámico de la estructura utilizada en el proyecto.

6.1.- ESTRUCTURA SOPORTE DE LOS PANELES SOLARES

Antes de comenzar con el diseño virtual, es necesario encontrar en el mercado una estructura capaz de sujetar mediante anclaje a los dos paneles solares utilizados para la generación de energía. Los paneles van dispuestos en serie, por lo que se necesita un apoyo que permita este tipo de conexionado.

La ubicación de los paneles y sus ángulos óptimos de inclinación y orientación ya fueron descritos anteriormente, por lo que los requisitos fundamentales que debe garantizar la estructura son:

- Soporte total del peso de los paneles
- Anclaje permitiendo los ángulos óptimos de los paneles.

6.1.1.- Selección

La empresa (SolarElectricSupply.Inc, 2023), especializada en la venta de dispositivos de generación, almacenamiento y regulación de energía en proyectos fotovoltaicos, tiene un amplio catálogo de monturas para paneles solares aislados de la red eléctrica, y dichas estructuras pueden montarse sobre postes de tráfico. Se seleccionó la montura tipo lateral: **MAPPS SPM2-150 Side of Pole Mount for 2 Solar Panels**, anclaje diseñado específicamente para soportar dos paneles solares como los utilizados en el presente proyecto.

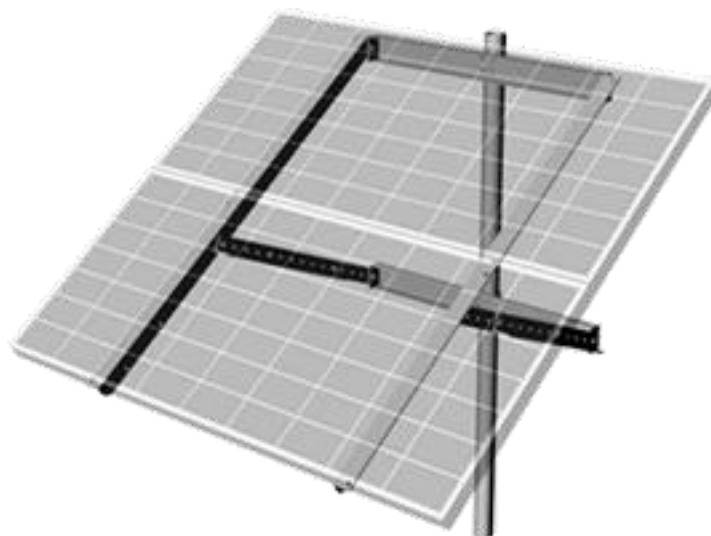


Figura 6.1: Montura de los paneles solares de la empresa (SolarElectricSupply.Inc, 2023).

MAPPS SPM2-150 Side of Pole Mount for 2 Solar Panels	
Rango de inclinación	30°-90°
Tamaño del poste	8,9 cm - 15 cm
Materiales	Soportes de aluminio y herrajes de acero inoxidable
Resistencia a viento	Máximo 145 km/h
Peso	13.6 kg

Tabla 6.1: Características técnicas del soporte seleccionado.

6.2.- SIMULACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS. RFEM 6

Una vez seleccionada la montura a la que se anclarán los dos paneles solares dispuestos en serie, y se han descrito los requisitos técnicos y de diseño que debe cumplir dicha estructura, se procede a la simulación mediante el software de cálculo estructural por elementos finitos RFEM 6.

Mediante este software, se realizará una estructura de barras compuesta por elementos lineales como vigas y columnas de distintos materiales y perfiles conectada mediante uniones. Dicha estructura de barras será lo más similar posible a los equipos estructurales escogidos en el presente proyecto, es decir, se simularán tanto el poste vertical como los anclajes de los paneles, utilizando los materiales proporcionados por los fabricantes, sus características mecánicas y dimensiones.

RFEM 6 permite al usuario obtener datos del análisis de deformaciones, esfuerzos internos, tensiones, esfuerzos en los apoyos, y tensiones de contacto con el suelo. Además, proporciona análisis de estados de carga como puede ser el viento, la nieve y otras influencias ambientales. Gracias a estas funciones, los ingenieros y arquitectos pueden evaluar la seguridad y la viabilidad de las estructuras antes de la construcción. (Dlubal Software, 2023).

Además de lo anteriormente mencionado, el software RFEM 6 incluye un conjunto de normativas usadas en la simulación, por lo que toda estructura diseñada en el programa cumple la totalidad de las normas aplicadas. Este conjunto de normas viene listado en la Tabla 6.2.

Normas activas en el diseño de la estructura
CTE DB-SE:2009-04
UNE-EN 1990:2019
EN 1991-1-3:2003
EN 1991-1-3:2003/AC:2009
EN 1991-1-3:2003/A1:2015
EN 1991-1-4:2005
EN 1991-1-4:2005/AC:2010
EN 1991-1-4:2005/A1:2010

Tabla 6.2: Conjunto de normas activas en RFEM 6

Antes de comenzar la simulación, se debe diseñar y dimensionar la estructura y seleccionar los materiales de cada componente. Para ello, se redactan a continuación los pasos a seguir con el objetivo de obtener una correcta simulación del proyecto:

- 1) Inserción de todos los nudos de la estructura, formada por el poste vertical y la montura de los paneles solares.
- 2) Colocación de empotramiento en la base de la estructura .
- 3) Unión de los nudos por medio de líneas simples.
- 4) Conversión de las líneas simples en barras con material y sección específica, cumpliendo los requisitos de diseño del poste vertical y posteriormente los requisitos de la montura de los paneles solares.
- 5) Se crean superficies ancladas a la montura simulando los paneles, con sus respectivas dimensiones.

A continuación, se analizarán dos casos con estructuras diferentes, con el objetivo de encontrar aquella que funcione de forma óptima en el emplazamiento, es decir, se seleccionará la estructura más estable en cuanto a tensiones y deformaciones. El primero de

los casos consistirá en analizar la estructura diseñada lo más realista posible a la presentada por el fabricante.

El segundo caso, consiste en el diseño de una estructura similar a la del fabricante, pero con ciertas modificaciones, como que la montura de los paneles se sitúe parcialmente por encima del propio poste con el objetivo de situar el centro de gravedad de los paneles más próximo al centro de gravedad del poste para obtener así una estructura más compacta o la incorporación de dos barras de apoyo para mejorar la estructura.

En este capítulo del proyecto se mostrarán únicamente las estructuras diseñadas, los resultados de los casos de carga analizados y la selección de la estructura óptima. El completo diseño de las estructuras, dimensiones, materiales utilizados y situaciones de carga se encuentra en el apartado DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS. RFEM 6 perteneciente al capítulo de Anexos del presente proyecto.

6.2.1.- Estructura A)

Se siguen los pasos anteriormente mencionados, por lo que primero se crean los nudos de la estructura, después se añaden los apoyos, luego las líneas, se transforman las líneas en las barras adecuadas y por último se insertan los paneles solares.

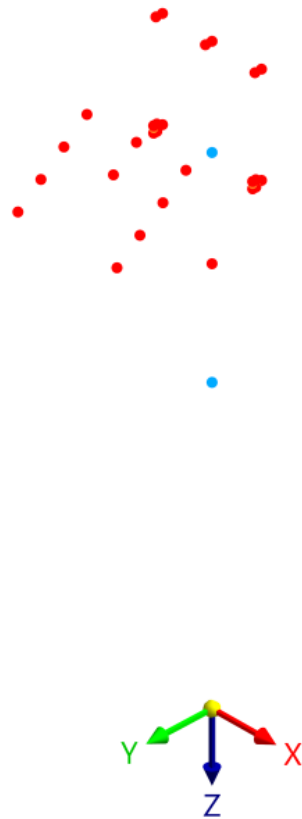


Figura 6.2: Estructura A) Nudos del poste y montura de los paneles.

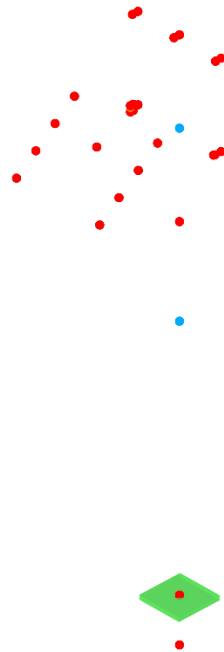


Figura 6.3: Estructura A) Nudos y empotramiento del poste en el suelo.

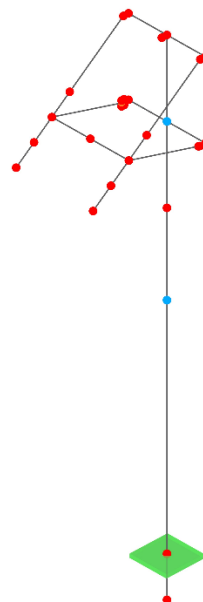


Figura 6.4: Estructura A) líneas, nudos y empotramiento.

Una vez se han diseñado los nudos, empotramientos y líneas que conforman la estructura, se procede al paso 4) mencionado anteriormente. Se deben convertir las líneas en barras que cumplan los requisitos especificados por los fabricantes de cada estructura.

Se diseña el conjunto de todas las barras, arreglando las excentricidades para que no existan solapamientos entre barras. La estructura de barras diseñada en el programa RFEM 6, como los materiales establecidos por los fabricantes, puede observarse en la Figura 6.5.



Figura 6.5: Estructura A) Poste y montura con materiales de los fabricantes.

6.2.2.- Estructura B)

Esta estructura es un diseño alternativo que pretende acercar los centros de gravedad de la montura y los paneles solares al centro de gravedad del poste, para obtener una estructura en conjunto más compacta y evitar riesgo de deformaciones. Se ha diseñado de tal forma que parte de la montura de los paneles solares queda por encima del poste de la señal de tráfico

y se han añadido dos barras laterales que ayuden a reducir las deformaciones en la parte superior de los paneles. En la Figura 6.6 se muestra un ejemplo de una estructura similar a la que se pretende diseñar para obtener una estructura más compacta. Se realizan los mismos pasos que en el caso de la estructura A).

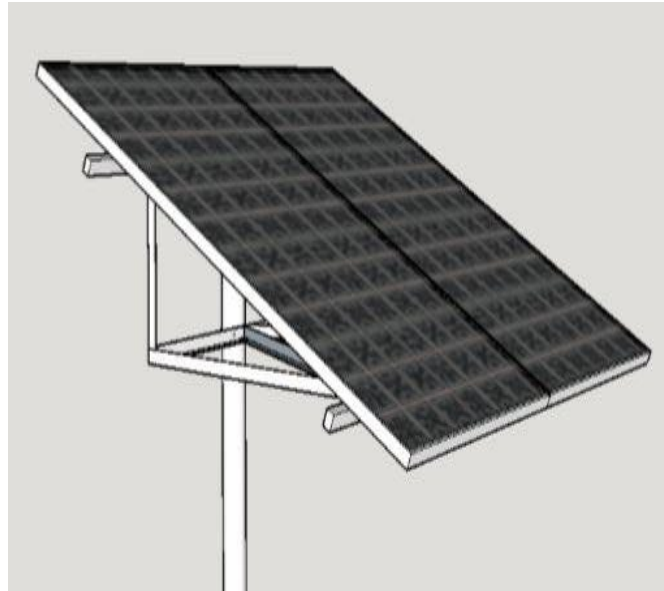


Figura 6.6: Ejemplo de estructura que se pretende diseñar de la empresa (SuitableEnergySolutions, 2023).

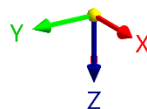


Figura 6.7 Estructura B) Nudos del poste y montura de los paneles.

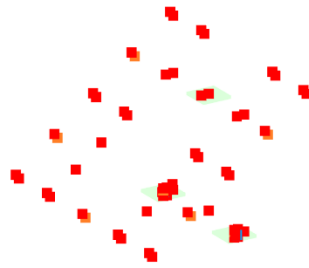


Figura 6.8: Estructura B) Nudos y empotramiento del poste en el suelo.

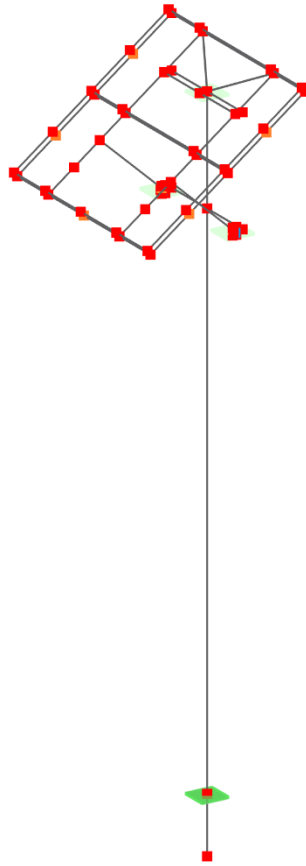


Figura 6.9: Estructura B) líneas, nudos y empotramiento.

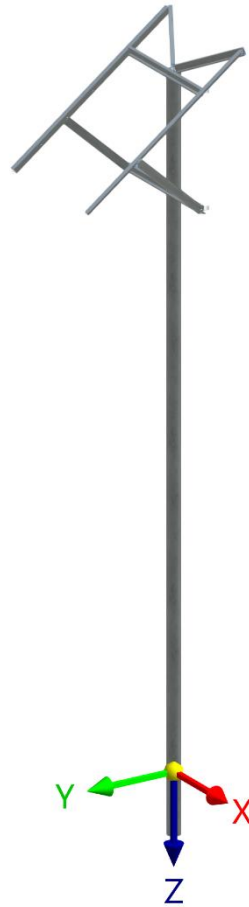


Figura 6.10: Estructura B) Poste y montura con materiales de los fabricantes

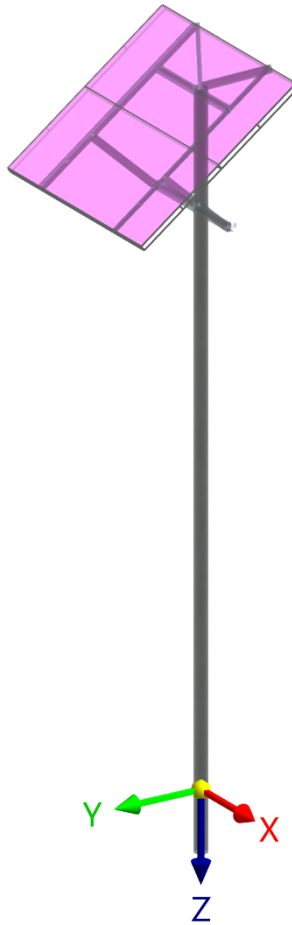


Figura 6.11: Estructura B) Estructura completa.

6.3.- CASOS DE CARGA

A continuación, se explican los casos de cargas analizados y simulados con el objetivo de obtener resultados sobre la estabilidad y fiabilidad de la estructura en función de diferentes tipos de esfuerzos. El propio programa RFEM 6 realiza los cálculos y simulaciones según decreta el CTE DB SE (Ministerio de Fomento, 2019) por lo que el usuario debe introducir al programa son las cargas y los casos de carga. Los casos de cargas que se analizarán en el presente proyecto son los siguientes:

- **Peso propio + peso paneles:** Se analiza el caso de carga que contiene el peso de todas las barras más el peso de los dos paneles solares.
- **Simulación de cargas de viento:** Se realizan ensayos de viento para verificar la estabilidad de la estructura antes este fenómeno meteorológico.
- **Simulación de cargas de nieve:** Ensayo similar al anterior, pero con cargas de nieve.

El primer caso de carga, que corresponde al del propio peso de las barras más el de los paneles solares, se analizará para los dos casos estructurales explicados anteriormente, y el que obtenga mejores resultados, será el escogido para realizar el resto de simulación de cargas.

6.3.1.- Carga peso propio + peso panel

Se sitúan dos cargas superficiales en las estructuras de los paneles solares de 0.012 t/m^2 cada una, equivalentes al peso por metro cuadrado de los paneles solares.

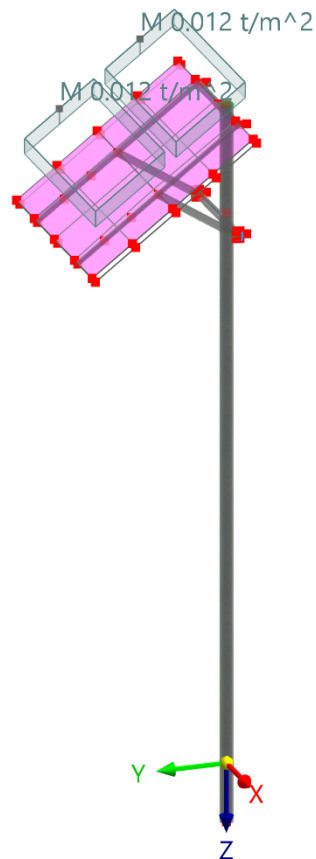


Figura 6.12: Estructura con la carga superficial de los paneles.

Caso A)

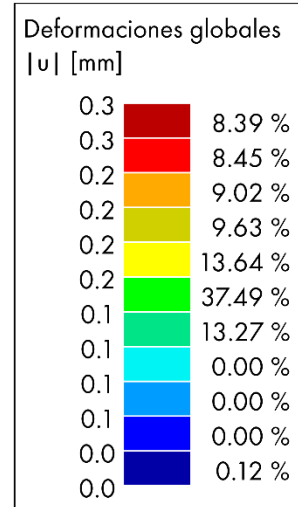
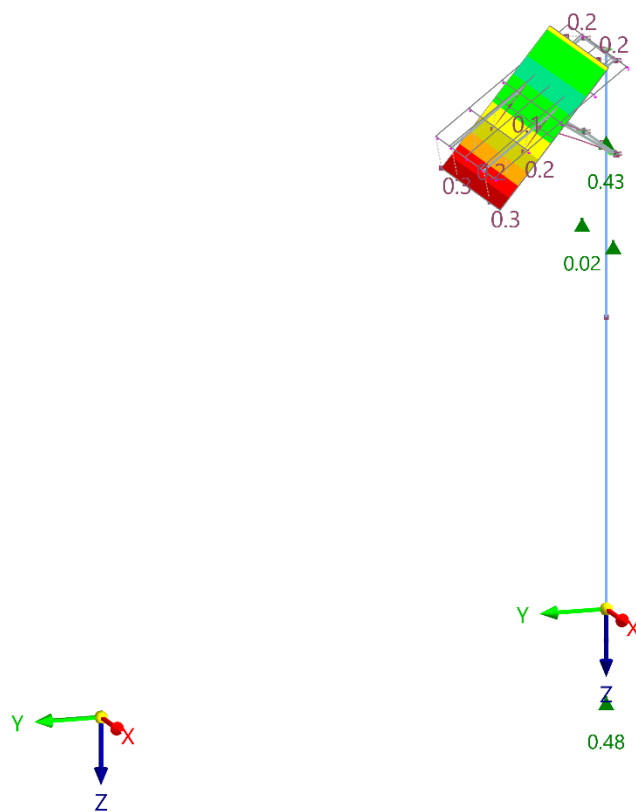
Modo de visibilidad

CC1 - Peso propio

Análisis estático

Desplazamientos $|u|$ [mm]

Nudos | Esfuerzos de reacción locales P_x, P_y, P_z [kN]



máx. $|u|$: 0.3 | mín. $|u|$: 0.0 mm

Nudos | máx. P_x : 0.00 | mín. P_x : 0.00 kN

Nudos | máx. P_y : 0.00 | mín. P_y : 0.00 kN

Nudos | máx. P_z : 0.48 | mín. P_z : 0.02 kN

Figura 6.13: Caso A) Análisis de desplazamientos en el caso de carga Peso propio + Peso paneles.

Caso B)

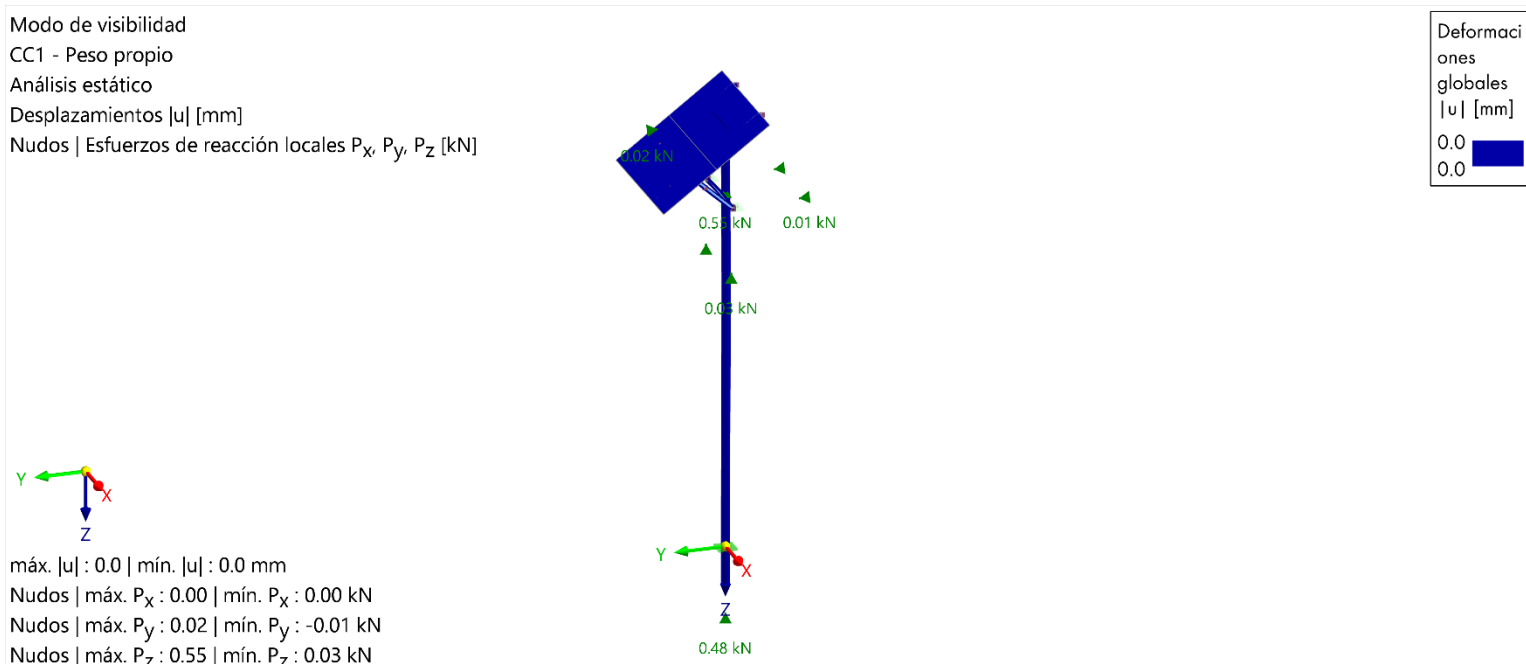


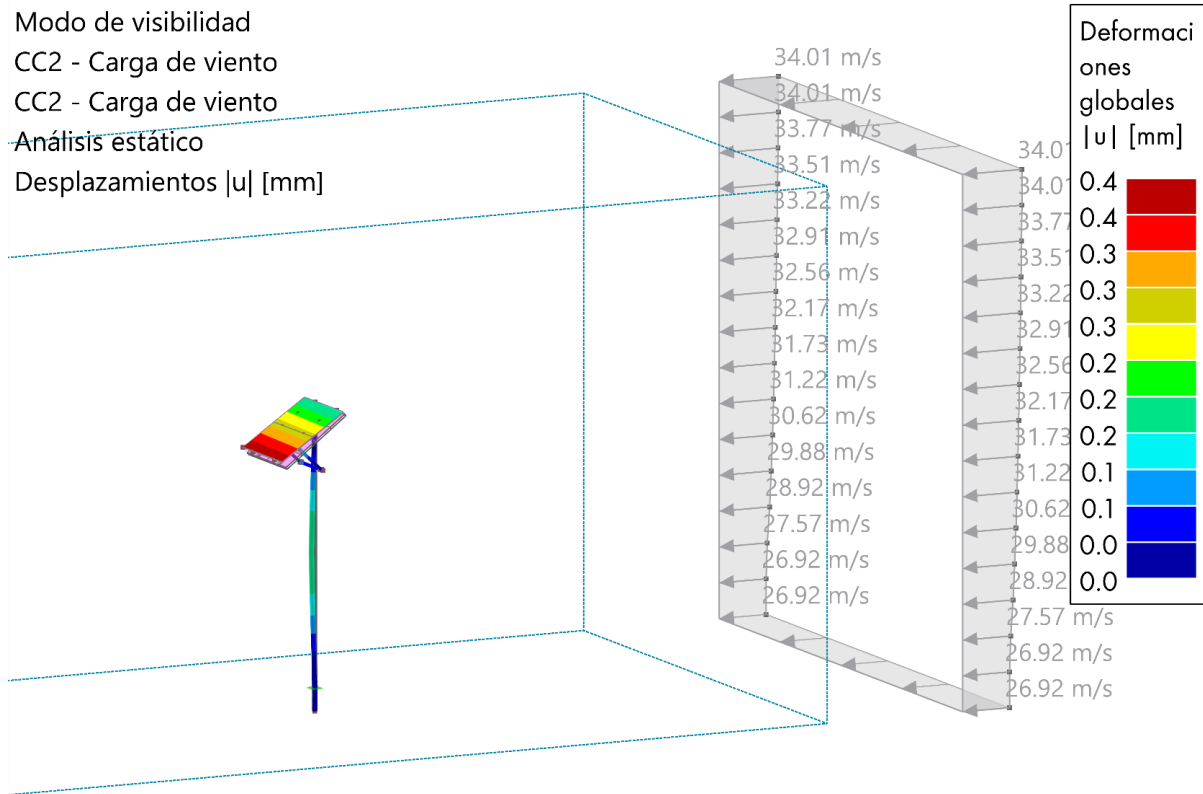
Figura 6.14: Caso B) Análisis de desplazamientos en el caso de carga Peso propio + Peso paneles.

Como se puede observar, el diseño estructural B) es mucho más eficiente en cuanto a desplazamientos globales de la estructura, por lo que se escoge este diseño estructural para la simulación del resto de casos de carga.

6.3.2.- Caso de cargas de viento

Para realizar el caso de cargas de viento, se utiliza el programa RWIND, en el cual se simula la estructura completa diseñada en RFEM ante distintas cargas de viento. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la simulación de una carga de viento de 20 m/s según la norma EN 1991 CEN 2015-09 sobre la estructura escogida.

El completo diseño del caso de carga y la totalidad de los resultados se encuentran en el apartado Caso de carga simulación de viento correspondiente al capítulo de Anexos del presente proyecto.



máx. $|u|$: 0.4 | mín. $|u|$: 0.0 mm

Figura 6.15: Resultados de desplazamientos en la estructura tras la simulación de viento.

Como se puede apreciar, la estructura alcanza un desplazamiento máximo 0.4mm en la parte inferior de los paneles solares cuando incide sobre ellos una carga de viento variable que llega a alcanzar los 34 m/s en algunos puntos, lo que equivale a una velocidad de 122 km/h. El desplazamiento de 0.4 mm se considera óptimo ante una carga de viento de tan alta magnitud, por lo que la estructura se considera fiable ante cargas de viento.

6.3.3.- Caso de cargas de viento

Para realizar este caso de cargas, se inserta la ubicación con coordenadas del emplazamiento del proyecto, para que RFEM tenga en cuenta la carga característica de nieve de la zona. Dada la ubicación del proyecto, el programa asume que la carga de nieve característica es de 0.61kN/m².

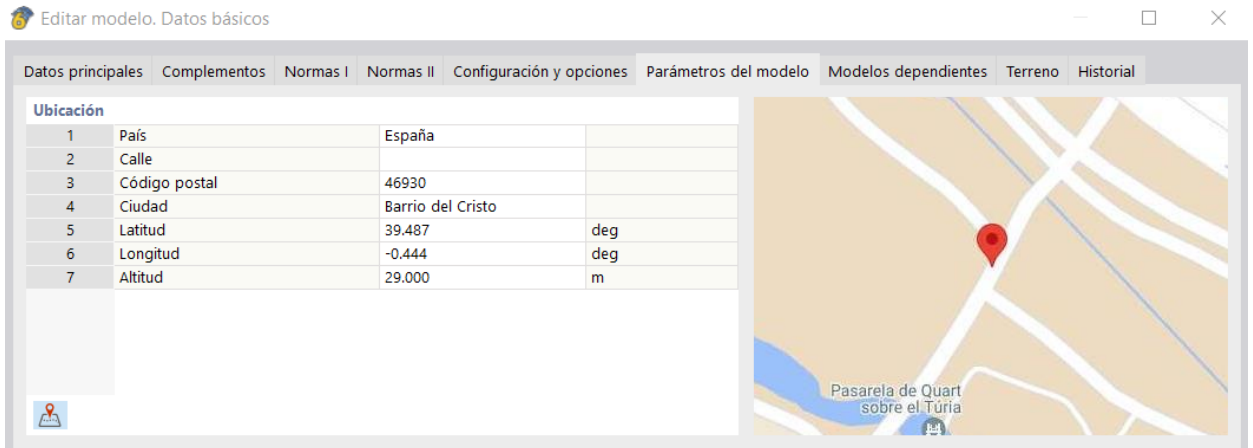


Figura 6.16: Datos del emplazamiento del proyecto en RFEM.

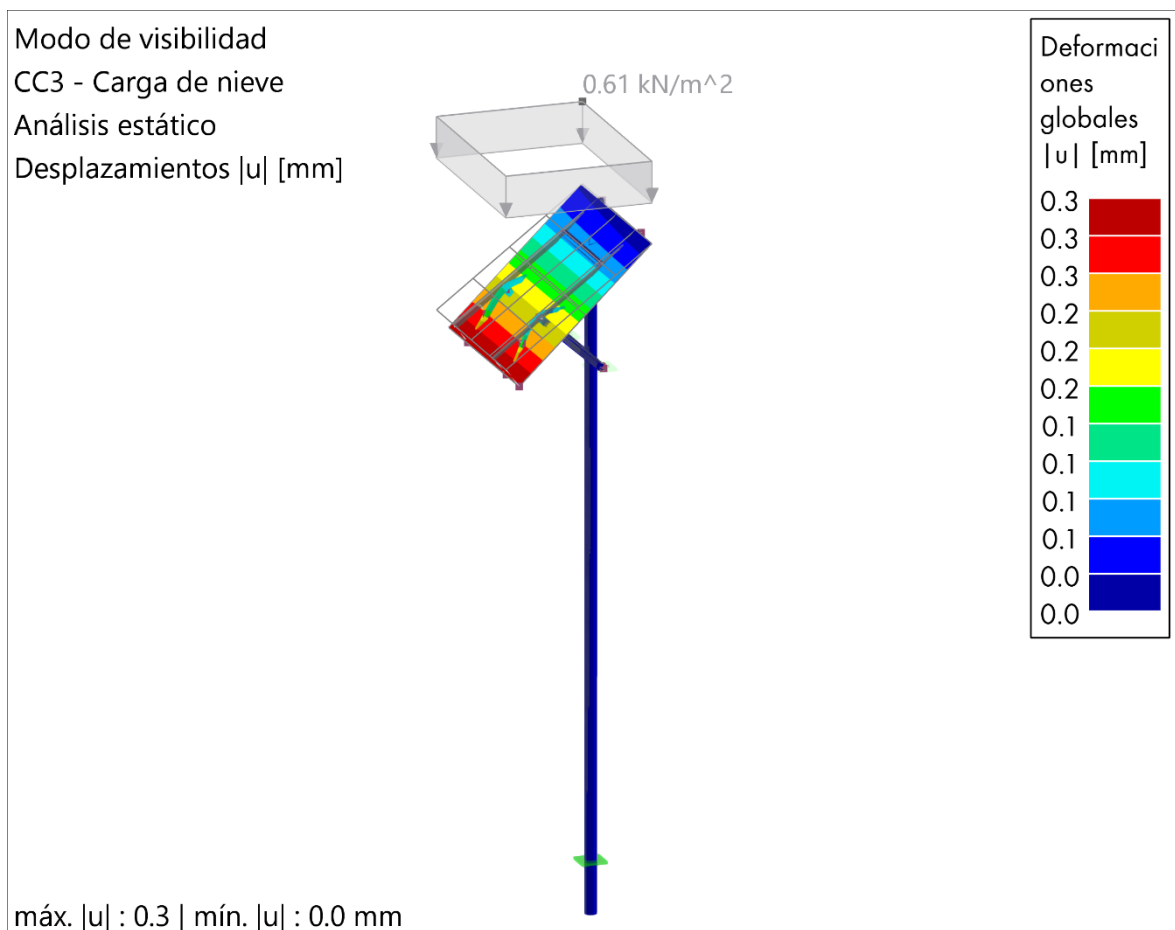


Figura 6.17: Resultados de desplazamientos en la estructura tras la simulación de carga de nieve.

6.3.4.- Análisis tensión-deformación

Una vez se han diseñado todos los casos de carga anteriormente mencionados, el propio programa RFEM crea situaciones de carga, que son combinaciones de los casos de carga creados por el usuario. Estas situaciones de carga multiplican los casos de cargas por distintos coeficientes mayores o menores que la unidad, con el objetivo de obtener resultados de la estructura trabajando a diferentes grados de exigencia.

En la Figura 6.18 se muestra un resumen con los casos de cargas que han sido creados, que corresponden al peso propio de la estructura, las cargas de viento y las cargas de nieve. Con estos tres casos de carga, RFEM crea las 14 combinaciones de cargas de las cuales se obtendrán los resultados finales del proyecto.

Estadística	
	Recuento
Casos de carga	3
Acciones	3
Situaciones de proyecto	4
Combinaciones de acciones	19
Combinaciones de cargas	14
Combinaciones de resultados	0

Figura 6.18: Resumen de casos de cargas, acciones, situaciones y combinaciones del proyecto.

Situaciones de carga		
Situación del proyecto	Nombre y tipo de situación según CTE DB SE 2009-04	Nº de combinaciones de cargas
SP1	ELU (STR/GEO) - Permanente y transitoria - Ec. 6.10	5
SP2	ELS - Característica	5
SP3	ELS - Frecuente	3
SP4	ELS - Cuasipermanente	1

Tabla 6.3: Situaciones de carga analizadas.

Lista			Núm.	Nombre de la situación de proyecto
ELU	SP1	ELU (STR/GEO) - Permanente y transitoria - Ec. 6	SP1	ELU (STR/GEO) - Permanente y transitoria - Ec. 6.10
S Ch	SP2	ELS - Característica		
S Fr	SP3	ELS - Frecuente		
S Qp	SP4	ELS - Cuasipermanente		

Asignación a SP1		
ELU	CO1	1.35 * CC1
ELU	CO2	1.35 * CC1 + 1.50 * CC2
ELU	CO3	1.35 * CC1 + 1.50 * CC2 + 0.75 * CC3
ELU	CO4	1.35 * CC1 + 1.50 * CC3
ELU	CO5	1.35 * CC1 + 0.90 * CC2 + 1.50 * CC3

Figura 6.19: Combinaciones de carga de la situación de carga SP1.

Al simular todas las combinaciones de carga, se obtienen resultados detallados del análisis estático, el análisis de simulación de viento, la simulación de nieve y del análisis tensión deformación, en el cual se puede comprobar las tensiones en cada barra y comprobar si existe algún caso crítico. Para comprobar la fiabilidad de la estructura, el propio programa aporta resultados de la tensión equivalente de Von Mises, la cual se compara con el límite elástico de cada material utilizado en la estructura. (Urbipedia, 2023).

Modo de visibilidad
Análisis tensión-deformación

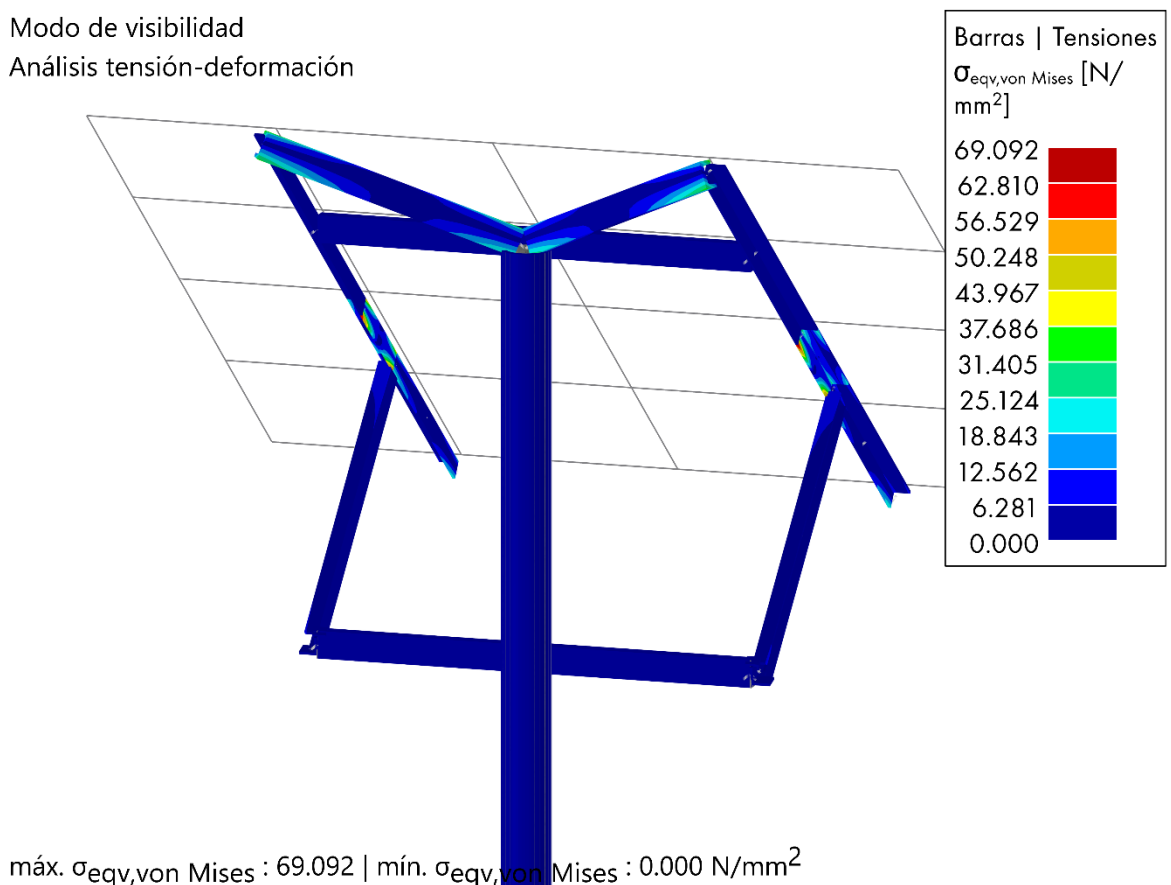


Figura 6.20: Resultados de la tensión de Von Mises del análisis de tensión-deformación.

En la figura anterior se puede observar el punto más cargado de la estructura, que corresponde a la barra 17, fabricada en aluminio EN AW-6061 T4, cuyo límite elástico es:

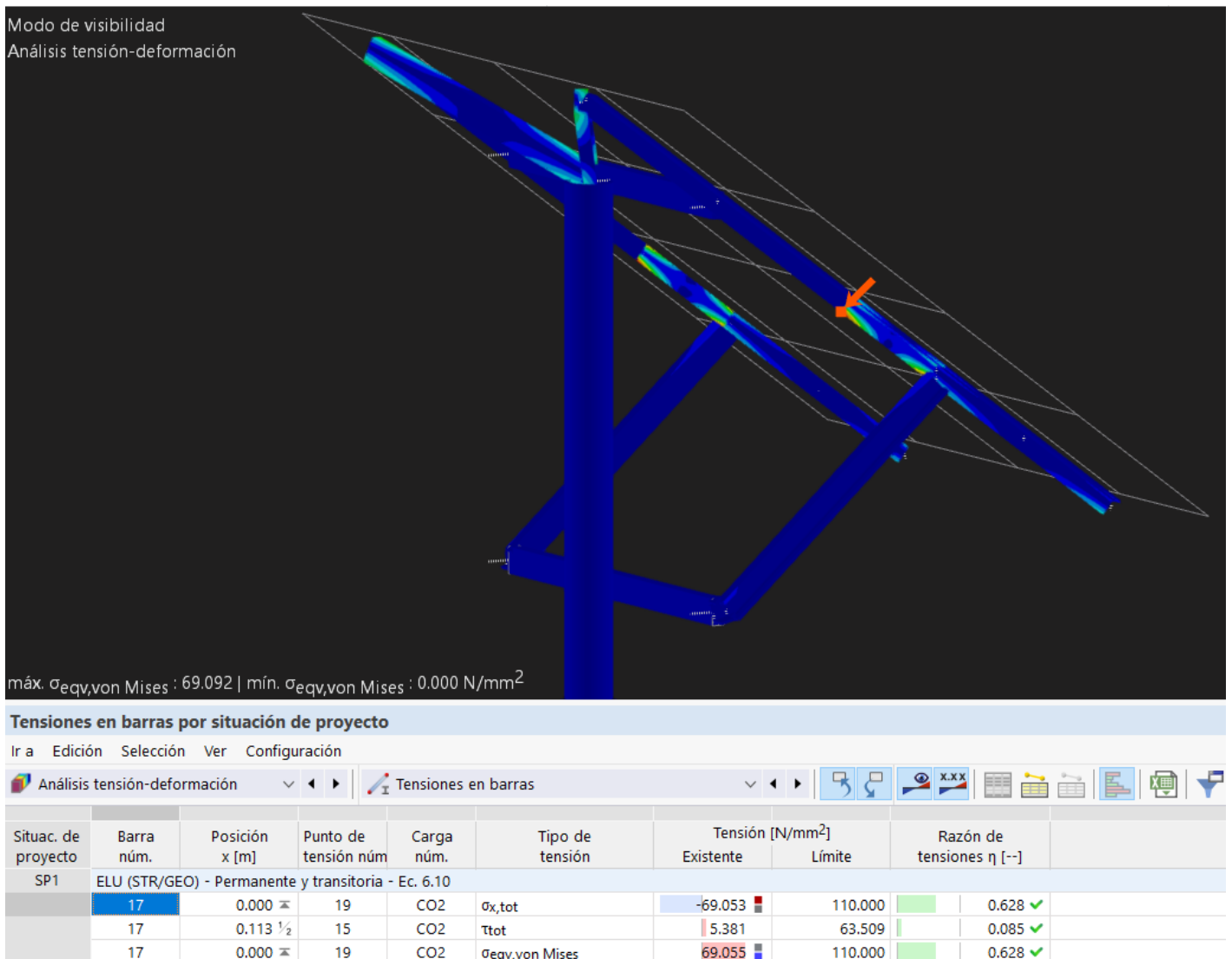


Figura 6.21: Barra más cargada de la estructura.

$$\sigma_{elas} = 110 \frac{N}{mm^2}$$

Ecuación 6.1: Límite elástico del aluminio EN AW-6061 T4.

Y la razón de tensiones que se alcanza en el punto más cargado de la estructura es:

$$\eta = \frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{\sigma_{elas}} = \frac{69.053 \frac{N}{mm^2}}{110 \frac{N}{mm^2}} = 0.628$$

Ecuación 6.2: Razón de tensiones en la barra más cargada de la estructura.

Como este valor es menor que la unidad, significa que la estructura nunca alcanza el límite elástico de sus materiales, por lo que su funcionamiento es fiable.

7.- Conclusiones

En base a los estudios realizados y los resultados obtenidos del presente proyecto, se puede concluir que:

- Gracias a la implementación de los sistemas de iluminación, se aumenta la seguridad de los viandantes de la zona de estudio y se le proporciona un valor añadido al entorno.
- Utilización de energías renovables para la implementación del proyecto.
- El sistema propuesto es capaz de funcionar de forma autónoma, sin la necesidad de conexión a la red pública.
- La energía generada por los paneles es mayor que la energía consumida por las cargas en todo momento, por lo que los dispositivos pueden alumbrar de forma ininterrumpida.
- En las dos situaciones desfavorables analizadas, la energía almacenada en las baterías es suficiente para alimentar a las cargas durante estos casos.
- Se llevó a cabo la elección de todos los equipos electrónicos y estructurales necesarios para la realización del proyecto y se comprobó que el conexionado entre ellos fue correcto.
- Realización del diseño de la estructura y su cálculo estructural mediante RFEM, software de mecánica de elementos finitos cumpliendo la normativa vigente.
- Comprobación de la estabilidad y fiabilidad de la estructura, dando como resultado que la estructura es capaz de soportar el peso de los elementos y las cargas de lluvia y nieve.

7.1.- POSIBLES IMPLEMENTACIONES FUTURAS

A continuación, se presenta una serie de mejoras a implementar en el sistema, con el objetivo de realizar un sistema más complejo y viable de cara a la implementación real del paso de cebra autónomo e inteligente en el barrio de Quart de Poblet, Valencia.

- Cálculo del cableado y otros elementos presentes en el proyecto.

- Diseño específico de cada convertidor, realizando pruebas de su funcionamiento y respetando la normativa vigente.
- Definir cómo interconectar el microcontrolador a todos los subsistemas.
- Definir el protocolo de comunicaciones entre el microcontrolador y un sistema central con el objetivo de implementar una base de datos, mantenimiento predictivo u otras funciones.
- Programación del microcontrolador mediante softwares como microPython o Arduino.
- Análisis de la viabilidad económica del proyecto.
- Investigación de las tecnologías emergentes con el fin de poder utilizarlas para mejorar el sistema.
- Adaptación del proyecto a otro tipo de sistemas, como el conexionado a red para verter la energía sobrante.
- Estudio del impacto ambiental, considerando la gestión de residuos.
- Pruebas y evaluación en sitios reales.

8.- Presupuesto

En el presente capítulo se redacta el presupuesto del proyecto, incluyendo la obra civil realizada, la mano de obra y los materiales para su construcción, así como todos los dispositivos seleccionados, la gestión de los residuos y el equipamiento y medidas de seguridad necesarias para su ejecución.

	TFG_GITI_PRESUPUESTO_ALBERTO	Pág.: 1
	MEDICIONES Y PRESUPUESTOS	Ref.: TFG_GITI_PRESUP...
	OBRA CIVIL	11/23

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Latitud	Longitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
1	CAP1 OBRA CIVIL								
1.1	ACT_1_1 DEMOLICIONES								
1.1.1 DMX030	M ² Demolición de pavimento exterior de aglomerado asfáltico. Demolición de pavimento de aglomerado asfáltico en calzada, con martillo neumático, y carga manual sobre camión o contenedor. Criterio de valoración económica: El precio incluye el corte previo del contorno del pavimento, pero no incluye la demolición de la base soporte. Incluye: Corte previo del contorno de la zona a demoler. Demolición del elemento. Fragmentación de los escombros en piezas manejables. Retirada y acopio de escombros. Limpieza de los restos de obra. Carga manual de escombros sobre camión o contenedor. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente demolida según especificaciones de Proyecto.						12,000	8,38	100,56
	Total partida 1.1.1								
	Total ACT_1_1 Demoliciones								100,56
1.2	ACT_1_2 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO								
1.2.1 ADE001	M ³ Excavación a cielo abierto, con medios manuales. Excavación a cielo abierto, en suelo de arcilla semidura, con medios manuales, y carga manual a camión. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga manual a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.						12,600	41,35	521,01
	Total partida 1.2.1								
	Total ACT_1_2 Acondicionamiento del terreno								913,41
1.3	ACT_1_3 CIMENTACIONES								
1.3.1 CVH010	Ud Sistema de encofrado estanco para hueco de arqueta en losa de cimentación. Montaje de sistema de encofrado perdido, en forma de cajón estanco, realizado con planchas de acero corten, de 3 mm de espesor, dobladas y cortadas, con uniones soldadas y elementos de rigidización formados por perfiles de acero S275JR, serie T 40x40, para formación de hueco de arqueta en losa de cimentación, con unas dimensiones máximas interiores de 600x600x600 mm. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo. Montaje del sistema de encofrado. Aplomado y nivelación del encofrado. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.						1,000	428,89	428,89
	Total partida 1.3.1								
	Total ACT_1_3 Cimentaciones								428,89

	TFG_GITI_PRESUPUESTO_ALBERTO	Pág.: 2
	MEDICIONES Y PRESUPUESTOS	Ref.: TFG_GITI_PRESUP...
	OBRA CIVIL	11/23

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Latitud	Longitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
1.4	ACT_1_4 ESTRUCTURAS								
1.4.1	Ud Perforación en hormigón para el paso de instalaciones.								
HPH010	Perforación por vía húmeda en forjado de hormigón con capa de compresión y bovedilla, de 52 mm de diámetro, hasta una profundidad máxima de 35 cm, realizada con perforadora con corona diamantada, para el paso de instalaciones. Incluye: Replanteo de las zonas a perforar. Perforación con corona diamantada. Fragmentación de los escombros en piezas manejables. Retirada y acopio de escombros. Limpieza de los restos de obra. Carga manual de escombros sobre camión o contenedor. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.								
	Total partida 1.4.1						3,000	8,85	26,55
	Total ACT_1_4 Estructuras								26,55
1.5	ACT_1_5 REVESTIMIENTOS								
1.5.1	M ² Pintura plástica sobre paramento exterior.								
RFP010	Aplicación manual de dos manos de pintura plástica, color blanco, acabado mate, textura lisa, la primera mano diluida con un 15 a 20% de agua y la siguiente diluida con un 5 a 10% de agua o sin diluir, (rendimiento: 0,1 l/m ² cada mano); previa aplicación de una mano de imprimación acrílica, reguladora de la absorción, sobre paramento exterior de mortero de cemento. Criterio de valoración económica: El precio incluye la protección de los elementos del entorno que puedan verse afectados durante los trabajos y la resolución de puntos singulares. Incluye: Preparación, limpieza y lijado previo del soporte. Preparación de la mezcla. Aplicación de una mano de fondo. Aplicación de dos manos de acabado. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, con el mismo criterio que el soporte base. Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, con el mismo criterio que el soporte base.								
	Total partida 1.5.1						10,000	12,10	121,00
	Total ACT_1_5 Revestimientos								121,00
	Total CAP1 OBRA CIVIL								1.590,41

	TFG_GITI_PRESUPUESTO_ALBERTO	Pág.: 3
	MEDICIONES Y PRESUPUESTOS	Ref.: TFG_GITI_PRESUP...
	INSTALACIONES	11/23

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Latitud	Longitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
2	CAP2 INSTALACIONES								
2.1	ACT_2_1 ELÉCTRICA								
2.1.1 IEP021	Ud Toma de tierra con pica. Toma de tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, hincada en el terreno, conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso grapa abarcón para la conexión del electrodo con la línea de enlace y aditivos para disminuir la resistividad del terreno. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la excavación ni el relleno del trasdós. Incluye: Replanteo. Hincado de la pica. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Conexión a la red de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.								
	Total partida 2.1.1						1,000	172,16	172,16
2.1.2 IEC010	Ud Caja de protección y medida. Suministro e instalación en el interior de hornacina mural, en vivienda unifamiliar o local, de caja de protección y medida CPM1-S2, de hasta 63 A de intensidad, para 1 contador monofásico, formada por una envolvente aislante, precintable, autoventilada y con mirilla de material transparente resistente a la acción de los rayos ultravioletas, para instalación empotrada. Incluso equipo completo de medida, bornes de conexión, bases cortacircuitos y fusibles para protección de la derivación individual. Normalizada por la empresa suministradora y preparada para acometida subterránea. Totalmente montada, conexionada y probada. Incluye: Replanteo de la situación de los conductos y anclajes de la caja. Fijación. Colocación de tubos y piezas especiales. Conexionado. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.								
	Total partida 2.1.2						1,000	171,92	171,92
2.1.3 IEL010	M Línea general de alimentación. Línea general de alimentación enterrada, que enlaza la caja general de protección con la centralización de contadores, formada por cables unipolares con conductores de cobre, RZ1-K (AS) Cca-s1b,d1,a1 5G10 mm ² , siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, bajo tubo protector de polietileno de doble pared, de 75 mm de diámetro, resistencia a compresión mayor de 250 N, suministrado en rollo, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería, sin incluir la excavación ni el posterior relleno principal de las zanjas. Incluso hilo guía. Totalmente montada, conexionada y probada. Incluye: Replanteo y trazado de la zanja. Ejecución del lecho de arena para asiento del tubo. Colocación del tubo en la zanja. Tendido de cables. Conexionado. Ejecución del relleno envolvente. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.								
	Total partida 2.1.3						20,000	25,95	519,00
	Total ACT_2_1 Eléctrica								863,08
	Total CAP2 INSTALACIONES								863,08

	TFG_GITL_PRESUPUESTO_ALBERTO	Pág.: 4
	MEDICIONES Y PRESUPUESTOS	Ref.: TFG_GITL_PRESUP...
	EQUIPOS ELECTRÓNICOS	11/23

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Latitud	Longitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
3	CAP3 EQUIPOS ELECTRÓNICOS								
3.1	Ud Panel Solar								
SOLAR	Paneles solares utilizados en el proyecto								
	Total partida 3.1						2,000	312,00	624,00
3.2	Ud Batería solar								
BAT	Batería solar								
	Total partida 3.2						1,000	1.656,00	1.656,00
3.3	Ud Regulador MPPT								
REG	Regulador MPPT								
	Total partida 3.3						1,000	193,00	193,00
3.4	Ud LEDs del paso de peatones								
LED	LEDs del paso de peatones								
	Total partida 3.4						14,000	28,00	392,00
3.5	Ud Señal vertical								
SENAL	Señal vertical								
	Total partida 3.5						2,000	80,00	160,00
3.6	Ud Foco LED								
FOCOLED	Foco LED								
	Total partida 3.6						1,000	41,70	41,70
3.7	Ud Detector de movimiento								
DETECT...	Detector de movimiento								
	Total partida 3.7						1,000	20,00	20,00
3.8	Ud Circuito integrado								
MP2489	Circuito integrado								
	Total partida 3.8						2,000	8,00	16,00
3.9	Ud Inductores								
INDUCTOR	Inductores								
	Total partida 3.9						2,000	1,50	3,00
3.10	Ud Montura paneles solares								
MONTURA	Montura paneles solares								
	Total partida 3.10						1,000	280,00	280,00
	Total CAP3 EQUIPOS ELECTRÓNICOS								3.385,70

	TFG_GITI_PRESUPUESTO_ALBERTO	Pág.: 5
	MEDICIONES Y PRESUPUESTOS	Ref.: TFG_GITI_PRESUP...
	GESTIÓN DE RESIDUOS	11/23

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Latitud	Longitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
4	CAP4 GESTIÓN DE RESIDUOS								
4.1	M ³ Transporte de tierras con camión.								
GTA020	<p>Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.</p>								
	Total partida 4.1						6,000	5,20	31,20
	Total CAP4 GESTIÓN DE RESIDUOS								31,20

TFG_GITI_PRESUPUESTO_ALBERTO		Pág.: 6
MEDICIONES Y PRESUPUESTOS		Ref.: TFG_GITI_PRESUP...
SEGURIDAD Y SALUD		11/23

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Latitud	Longitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
5	CAP5 SEGURIDAD Y SALUD								
5.1	M Vallado perimetral de delimitación de excavaciones abiertas.								
YCB030	Delimitación de la zona de excavaciones abiertas mediante vallado perimetral formado por vallas peatonales de hierro, de 1,10x2,50 m, color amarillo, con barrotos verticales montados sobre bastidor de tubo, con dos pies metálicos, amortizables en 20 usos. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente montada según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Total partida 5.1						12,000	3,66	43,92
5.2	Ud Casco.								
YIC010	Casco contra golpes, destinado a proteger al usuario de los efectos de golpes de su cabeza contra objetos duros e inmóviles, amortizable en 10 usos. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente suministradas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Total partida 5.2						5,000	0,36	1,80
5.3	Ud Protector ocular.								
YIU010	Gafas de protección con montura universal, de uso básico, con dos oculares integrados en una montura de gafa convencional con protección lateral, amortizable en 5 usos. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente suministradas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Total partida 5.3						5,000	4,06	20,30
5.4	Ud Par de guantes.								
YIM010	Par de guantes contra riesgos mecánicos, de algodón con refuerzo de serraje vacuno en la palma, resistente a la abrasión, al corte por cuchilla, al rasgado y a la perforación, amortizable en 4 usos. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente suministradas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Total partida 5.4						5,000	5,24	26,20
5.5	Ud Calzado de seguridad, protección y trabajo.								
YIP010	Par de zapatos de seguridad, con puntera resistente a un impacto de hasta 200 J y a una compresión de hasta 15 kN, con resistencia al deslizamiento, con código de designación SB, amortizable en 2 usos. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente suministradas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Total partida 5.5						5,000	29,46	147,30
5.6	Ud Ropa de protección.								
YIU005	Mono de protección, amortizable en 5 usos. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente suministradas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Total partida 5.6						5,000	12,17	60,85
5.7	Ud Señal provisional de obra.								
YSV010	Suministro, colocación y desmontaje de señal provisional de obra de chapa de acero galvanizado, de peligro, triangular, L=70 cm, con retroreflectancia nivel 1 (E.G.), amortizable en 5 usos, con caballete portátil de acero galvanizado, amortizable en 5 usos. Incluso mantenimiento en condiciones seguras durante todo el periodo de tiempo que se requiera. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.								
	Total partida 5.7						1,000	16,38	16,38
	Total CAP5 SEGURIDAD Y SALUD								316,75

	TFG_GITI_PRESUPUESTO_ALBERTO	Pág.: 7
	MEDICIONES Y PRESUPUESTOS	Ref.: TFG_GITI_PRESUP...
	RESUMEN DE CAPÍTULOS	11/23

Presupuesto de ejecución material

1 OBRA CIVIL	1.590,41
1.1.- Demoliciones	100,56
1.2.- Acondicionamiento del terreno	913,41
1.3.- Cimentaciones	428,89
1.4.- Estructuras	26,55
1.5.- Revestimientos	121,00
2 INSTALACIONES	863,08
2.1.- Eléctrica	863,08
3 EQUIPOS ELECTRÓNICOS	3.385,70
4 GESTIÓN DE RESIDUOS	31,20
5 SEGURIDAD Y SALUD	316,75
Total	6.187,14

Asciede el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de SEIS MIL CIENTO OCHENTA Y SIETE EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS.

	TFG_GITI_PRESUPUESTO_ALBERTO	Pág.: 8
	RESUMEN DE PRESUPUESTO	Ref.: TFG_GITI_PRESUPU...
	RESUMEN DE CAPÍTULOS	11/23

Nº Orden	Código	Descripción de los capítulos	Importe	%
1	CAP1	OBRA CIVIL	1.590,41	25,71
1.1	ACT_1_1	Demoliciones	100,56	1,63
1.2	ACT_1_2	Acondicionamiento del terreno	913,41	14,76
1.3	ACT_1_3	Cimentaciones	428,89	6,93
1.4	ACT_1_4	Estructuras	26,55	0,43
1.5	ACT_1_5	Revestimientos	121,00	1,96
2	CAP2	INSTALACIONES	863,08	13,95
2.1	ACT_2_1	Eléctrica	863,08	13,95
3	CAP3	EQUIPOS ELECTRÓNICOS	3.385,70	54,72
4	CAP4	GESTIÓN DE RESIDUOS	31,20	0,50
5	CAP5	SEGURIDAD Y SALUD	316,75	5,12

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	6.187,14
13% Gastos Generales.....	804,33
6% Beneficio Industrial.....	371,23
PRESUPUESTO	7.362,70
21% IVA.....	1.546,17
PRESUPUESTO + IVA	8.908,87

Suma el presente presupuesto más IVA la
cantidad de: OCHO MIL
NOVECIENTOS NUEVE EUROS

9.- Bibliografía

- AFASEMETRA. (Septiembre de 2017). *UNE 135314: Perfiles de acero galvanizado empleados como postes de sustentación de señales, carteles laterales y paneles direccionales*. Obtenido de <https://plataforma-aenormas-aenor-com.uniovi.idm.oclc.org/pdf/UNE/N0058861>
- Alterstore. (2023). *Alterstore: Side Pole Mounts*. Obtenido de <https://www.altestore.com/store/solar-panel-mounts/side-of-pole-mounts-for-solar-panels/dpw-side-of-pole-mount-spm-p9581/#details>
- Ameresco Solar. (2023). *Ameresco Solar: Panel Mounting*. Obtenido de <https://www.amerescosolar.com/1x-spm-poletower-mount>
- Area Cooling Solutions. (2023). *Area Cooling Solutions: Temperatura de bulbo seco*. Obtenido de <https://areacooling.com/es/glosario-de-terminos-hvac/temperatura-de-bulbo-seco-tbs/>
- AreaDeTecnología. (2023). *AreaDeTecnología: Dimmer regulador de luz*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/dimmer-regulador-de-luz.html>
- ATERSA. (2023). *ATERSA Shop*. Obtenido de https://atersa.shop/regulador-mppt-ipanda-explorer-m-12-24v-50a-100v-bluetooth/#tab-link-additional_information
- Autosolar. (2023). *Autosolar: Efecto de la temperatura en las baterías*. Obtenido de <https://autosolar.es/energia-solar/efecto-de-la-temperatura-en-las-baterias>
- Autosolar. (2023). *Autosolar: Funcionamiento de los reguladores de carga*. Obtenido de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga>
- AutoSolar. (2023). *AutoSolar: La curva I-V y la P-V de un panel solar. El papel del regulador de carga*. Obtenido de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/la-curva-de-intensidad-voltaje-y-la-de-potencia-voltaje-de-un-panel-solar-el-papel-del-regulador-de-carga>
- BVLED. (2023). *BVLED: Foco LED exterior*. Obtenido de <https://www.byverdleds.com/focos-led-12v24v/3604-foco-led-exterior-50w-12v24v-negro-8436568449192.html>
- CambioEnergético. (2022). *CambioEnergético: Profundidad de descarga de las baterías*. Obtenido de <https://www.cambioenergetico.com/blog/profundidad-descarga-bateria/>

- Castro Martínez, J., Villaseñor, R., & Domínguez, M. (2019). *Sistemas de almacenamiento mediante baterías electroquímicas. Contribución a la integración de energías renovables*. Madrid.
- CCruz, P. G. (2014). *Trazador de curvas V-I para seguimiento de módulos solares*. Madrid.
- DENSL. (2022). *DENSL: Paso de peatones iluminado - Sistema de seguridad para pasos de cebra*. Obtenido de <https://densl.com/productos/senalizacion-electronica/iluminacion-automatica/paso-peatones-iluminado/>
- Derun. (2023). *Derun Led Lights*. Obtenido de <https://www.derunledlights.com/es/about-us/>
- DGT. (2019). *DGT*. Obtenido de <https://www.epdata.es/datos/accidentes-trafico-datos-estadisticas/65/espana/106>
- DGT. (2023). *Dirección General de Tráfico: Siniestralidad en vías urbanas e interurbanas*. Obtenido de <https://www.dgt.es/export/sites/web-DGT/.galleries/downloads/dgt-en-cifras/24h/Avance-de-las-cifras-de-siniestralidad-vial-2022.pdf>
- Dlubal Software. (Noviembre de 2023). *RFEM 6: software de análisis estructural por elementos finitos*. Obtenido de <https://www.dlubal.com/es/productos/rfem-software-del-mef/que-es-rfem>
- EcoFlow. (2023). *EcoFlow: DeltaMax*. Obtenido de <https://ecoflow.com.pl/kategorie/stacje-zasilania/delta-max>
- EcoGreenEnergy. (25 de Febrero de 2022). *EcoGreenEnergy*. Obtenido de <https://www.ecogreenenergy.com/es/baterias-de-gel-y-baterias-de-litio-que-elegir/>
- EfectoLED. (Enero de 2017). *EfectoLED: Drivers para LED*. Obtenido de <https://www.efectoled.com/blog/es/importancia-del-driver-iluminacion-led/>
- EfectoLED. (2023). *EfectoLED: Tira LED 12V DC 60LED/m*. Obtenido de <https://www.efectoled.com/es/comprar-tiras-led-12v-dc/62342-tira-led-12v-dc-60ledm-5m-cct-seleccionable-ip65-ancho-10mm.html>
- El Mundo. (Enero de 2011). *El Mundo Valencia: Los pasos de cebra pierden sus rayas para ahorrar pintura*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/elmundo/2011/01/04/valencia/1294173376.html>
- ENDESA. (Diciembre de 2020). *ENDESA: Cómo funciona un panel solar*. Obtenido de <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/como-funcionan-los-paneles-solares>

- Energía Roams. (Septiembre de 2023). *Energía Roams: Zonas de radiación solar en España*.
Obtenido de <https://energia.roams.es/energia-renovable/energia-solar/radiacion-solar-espana/>
- EnergíaRenovable. (Abril de 2022). *EnergíaRenovable: Inversor solar fotovoltaico*.
Obtenido de https://energiarenovable.cat/es/blog/inversor-solar/#Tipos_de_inversores_solares
- Filux. (2023). *Filux: Tiras LED*. Obtenido de [https://productos.filux.es/Articulo/filux/F2821/rollo%20%80%9010m%20%80%90tira%20%80%90led%20%80%902835%20%80%9060%20%80%90ledsm%20%80%90%20%80%90%20%80%90%20%80%9024v%20%80%90%20%80%90%20%80%9012wm%20%80%90%20%80%90%20%80%90%20%80%90100%20%80%90lmw%20%80%90%20%80%90%20%80%90%20%80](https://productos.filux.es/Articulo/filux/F2821/rollo%20%80%9010m%20%80%90tira%20%80%90led%20%80%902835%20%80%9060%20%80%90ledsm%20%80%90%20%80%90%20%80%9024v%20%80%90%20%80%90%20%80%9012wm%20%80%90%20%80%90%20%80%90100%20%80%90lmw%20%80%90%20%80%90%20%80)
- HelioEsfera. (2 de Febrero de 2023). *HelioEsfera: Comprobación de los parámetros eléctricos del inversor*. Obtenido de <https://www.helioesfera.com/comprobacion-de-los-parametros-electricos-del-inversor/>
- HogarSense. (Octubre de 2021). *HogarSense: Distribución de la irradiación solar media diaria en España Octubre 2021 [kWh/m2]*. Obtenido de <https://www.hogarsense.es/placas-solares/radiacion-solar-directa-e-indirecta>
- Ilumnia. (2023). *Ilumnia: Foco LED con sensor de movimiento*. Obtenido de https://www.ilumnia.es/productos-led/102-694-foco-proyector-led-50w-slim-sensor-ip65.html#/271-material-aluminio_die_casting
- IngeLibre. (9 de Noviembre de 2014). *Ingelibre: Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica*. Obtenido de <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/11/09/influencia-de-la-irradiacion-y-temperatura-sobre-una-placa-fotovoltaica/>
- InterLight. (29 de Diciembre de 2021). *InterLight*. Obtenido de <https://interlight.es/pasos-de-cebra-inteligentes-cartagena/>
- Interlight SP. (Enero de 2020). *TeleMadrid: Paracuellos instala cinco pasos de peatones inteligentes para mejorar la seguridad vial*. Obtenido de <https://www.telemadrid.es/noticias/madrid/Paracuellos-instala-peatones-inteligentes-seguridad-0-2195480440--20200115124657.html>
- Joint Research Centre. (Marzo de 2022). *Europa.eu*. Obtenido de https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en

- Maniy. (19 de Noviembre de 2021). *Maniy: Parámetros clave de las baterías*. Obtenido de <https://es.manly-battery.com/info/do-you-know-about-the-battery-parameters-64094681.html>
- Martín, R. D. (2021). *Caracterización de curvas I-V en paneles fotovoltaicos bifaciales*. Valladolid.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2002). *Reglamento electrotécnico para baja tensión*. BOE.
- Ministerio de Fomento . (2019). *Código Técnico de Edificación: Documento Básico: Seguridad Estructural*.
- Ministerio de Fomento . (2023). *CTE*. <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/DocumentosCTE.html>.
- Ministerio de Fomento. (2023). *Código Técnico de la Edificación*.
- Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. (2023). *PG3: Pliego de condiciones técnicas generales*. Obtenido de <https://www.mitma.gob.es/carreteras/normativa-tecnica/17-pleigos-de-prescripciones-tecnicas-generales>
- MPS. (2023). *MPS: MP2489*. Obtenido de <https://www.monolithicpower.com/en/mp2489.html>
- NaTURTURia. (Octubre de 2022). *Levante: El mercante valenciano*. Obtenido de Quart de Poblet amplía la puesta en valor del entorno del Túria iniciada por la Edusi: <https://www.levante-emv.com/horta/2022/10/25/quart-poblet-amplia-puesta-entorno-77447697.html>
- OCW. (2023). *OCW: Components of PV Systems*. Obtenido de https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/solar_energy_section_19_3_3.pdf
- OptonicaLED. (2023). *OptonicaLED*. Obtenido de Tiras LED: <https://www.optonicaled.com/es/products/view/led-cob-strip-48v-6w-25m-roll-6wm-warmwhite>
- Plena Energía. (28 de Abril de 2022). *Plena Energía: Inversor solar*. Obtenido de <https://www.plena-energia.com/post/inversor-solar#:~:text=Los%20rayos%20del%20sol%20hacen,ir%20hacia%20varios%20destinos%20diferentes>.
- Polaridad. (2020). *Polaridad: Funcionamiento del inductor*. Obtenido de <https://polaridad.es/guia-completa-de-inductores-todo-lo-que-necesitas->

- TecnoSolab. (26 de Agosto de 2016). *TecnoSolab: Baterías para energía solar. Conceptos y tipos de baterías*. Obtenido de <https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/>
- Todo Fotovoltaica. (19 de Abril de 2023). *TodoFotovoltaica: Inversores de energía solar fotovoltaica*. Obtenido de <https://www.todofotovoltaica.com/inversores-de-energia-solar-fotovoltaica-que-es-el-mpp-o-mppt/>
- Upowertek. (2023). *Upowertek: PWM Dimming*. Obtenido de <https://www.upowertek.com/what-is-pwm-dimming/>
- Urbipedia. (2023). *Tensión de Von Mises*. Obtenido de https://www.urbipedia.org/hoja/Tensi%C3%B3n_de_Von_Mises
- Valencia Plaza. (Agosto de 2023). *Valencia Plaza*. Obtenido de Quart de Poblet recupera el bosque de ribera del río Turia: <https://valenciaplaza.com/quart-de-poblet-recupera-bosque-ribera-rio-turia>
- Weather Spark. (2022). *Weather Spark: Horas de luz natural, temperatura media y probabilidad de lluvia en Valencia*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/42614/Clima-promedio-en-Valencia-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-SolarDay>
- Xindar. (2023). *Xindar: Detector de Movimiento 12/24V Integrar FUKASHY-LV especial ULV*. Obtenido de <https://xindar.com/producto/detector-de-movimiento-para-integrar-de-alta-frecuencia-microondas-fukashy-lv-especial-muy-baja-tension-1224v/>

10.- Anexos

10.1.- DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

10.1.1.- Términos de geometría solar:

azimut solar; ángulo azimutal solar, γ_s : Desplazamiento angular entre la dirección de referencia seleccionada y la proyección, sobre el plano horizontal, de la línea recta que une la posición aparente del Sol y el punto de observación.

NOTA 1 Para evitar errores, se tiene que utilizar la misma definición (dirección de referencia y dirección de medición) tanto para el azimut solar como para la orientación de la superficie inclinada.

NOTA 2 La dirección de referencia puede ser norte o sur, y el desplazamiento azimutal angular desde la dirección de referencia puede variar de 0° a 360° o -180° a $+180^\circ$.

NOTA 3 El azimut geográfico se mide desde el Sur en sentido horario y de 0° a 360° .

cénit: Punto situado en la vertical por encima del observador.

ángulo cenital solar, θ_z : Distancia angular entre el Sol y la vertical.

ángulo de incidencia; ángulo incidente, θ : Ángulo formado entre la línea que une el centro del disco solar con un punto de una superficie expuesta al Sol y la normal a dicha superficie.

10.1.2.- Terminología de la radiación y magnitudes

radiación: Emisión y transferencia de energía en forma de ondas electromagnéticas o de partículas.

energía radiante: Cantidad de energía transferida por radiación

irradiación: Energía incidente sobre una superficie por unidad de área, obtenida al integrar la irradiancia (3.2.5) en un intervalo de tiempo determinado.

energía solar: Energía emitida por el Sol en forma de ondas electromagnéticas.

10.1.3.- Células fotovoltaicas y módulos fotovoltaicos

intensidad de corriente fotovoltaica (photovoltaic current): La intensidad de corriente generada en un dispositivo fotovoltaico.

Unidad: A.

tensión asignada (rated voltage): Tensión que produce un generador fotovoltaico trabajando en condiciones de funcionamiento especificadas.

Unidad: V.

material fotovoltaico (photovoltaic material): Material que presenta el efecto fotovoltaico.

módulo fotovoltaico (photovoltaic module): Unidad operativa mínima constituida por células fotovoltaicas interconectadas y protegidas del medioambiente. Suele denominarse módulo solar.

energía (energy): Capacidad de producir trabajo. Unidades: J, aunque comúnmente se utiliza kWh en la industria eléctrica.

potencia (power): Ritmo al que se utiliza o genera la energía. Unidad: W.

potencia pico o potencia en CEM (peak power): Potencia máxima suministrada en condiciones estándar de medida (CEM).

rendimiento de conversión fotovoltaica (conversion efficiency): Cociente entre la potencia eléctrica generada por un dispositivo y la irradiancia incidente medida en condiciones estándar de medida (CEM). Unidad: magnitud adimensional, comúnmente expresada en porcentaje.

silicio cristalino (crystalline silicon): Categoría general de materiales de silicio con estructura cristalina, es decir cuyos átomos se ordenan manteniendo un orden de largo alcance. Símbolo: Si-c (también Si-m para silicio monocristalino y Si-mc para silicio multicristalino).

10.2.- RESULTADOS PVGIS



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

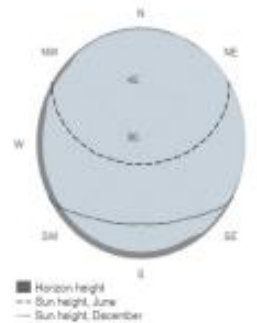
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 39.487,-0.444
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 0.67 kWp
 System loss: 14 %

Simulation outputs

Slope angle: 37 (opt) °
 Azimuth angle: 1 (opt) °
 Yearly PV energy production: 1073.43 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 2103.48 kWh/m²
 Year-to-year variability: 29.98 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.45 %
 Spectral effects: 0.57 %
 Temperature and low irradiance: -9.72 %
 Total loss: -23.83 %

Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	78.0	144.3	10.6
February	77.1	145.0	9.4
March	94.0	180.0	8.8
April	96.0	186.9	6.2
May	102.1	203.4	8.0
June	101.0	205.1	2.6
July	105.0	215.3	3.6
August	102.0	207.6	4.2
September	90.8	182.9	4.6
October	84.3	165.3	9.1
November	72.0	136.4	9.1
December	71.1	131.2	6.3

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
 H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
 SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission ensures this website is accessible to the public. It is not responsible for any damage or loss of data caused by the use of this website. The Commission accepts no responsibility for any liability or damage caused by the use of this website.

It is our goal to ensure that the information on this website is accurate and up-to-date. However, some data or information on this website may have been created or structured in a way that is not error-free and we cannot guarantee that our website will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems caused as a result of using this site or any linked external sites.

For more information, please visit <http://ec.europa.eu/energy>

PVGIS ©European Union, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2023/11/03



10.3.- DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS. RFEM 6

En este apartado se describe el completo diseño de las estructuras creadas en RFEM y que fueron analizadas en el capítulo “Simulación de la estructura de señalización vertical” del presente proyecto. Se realizará el análisis para cada una de las estructuras presentes.

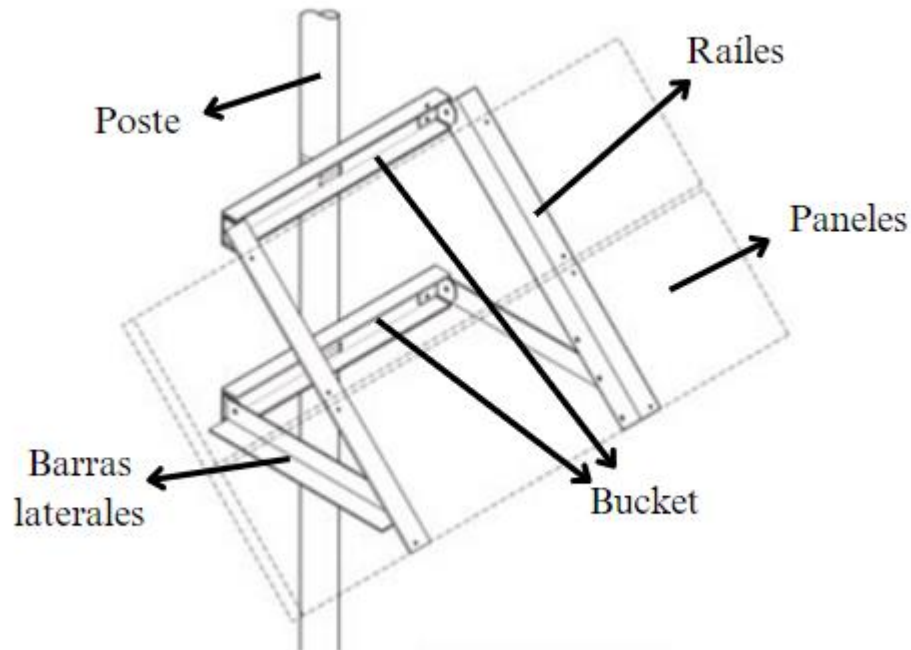


Figura 10.1: Componentes de la estructura.

10.3.1.- Poste vertical

El poste utilizado para la señalización vertical debe cumplir la Norma 8.1-IC Señalización vertical del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y la Normativa UNE 135314 (AFASEMETRA, 2017) sobre perfiles de acero para su correcta instalación y anclaje de señales en vías convencionales.

El poste debe ir soterrado entre 20 y 40 cm por debajo del suelo y la altura del poste debe ser de 3 m mínimo, para que quede una vista libre de al menos 2 m en poste con señal cuadrada de 50 cm como es el caso de las señales iluminadas del presente proyecto (DENSL, 2022).

Para cumplir dicha norma, el acero utilizado será como mínimo del tipo S245 grado JR o superior, con un espesor mínimo de 2 mm. Es por esto, que para el presente trabajo se utiliza el Acero S275 JR. Se seleccionará una longitud estimada de 4.9 m de barra, de los cuales 0.4m irán soterrados, a 3m sobre el nivel del suelo se encontrará la parte más alta de la señal de paso de peatones, y el 1.5m restante será utilizado para el anclaje de los paneles solares.

El espesor de la barra es de 9mm, con un diámetro de 90mm, medidas necesarias establecidas para la correcta instalación de los anclajes de los módulos fotovoltaicos (Alterstore, 2023).

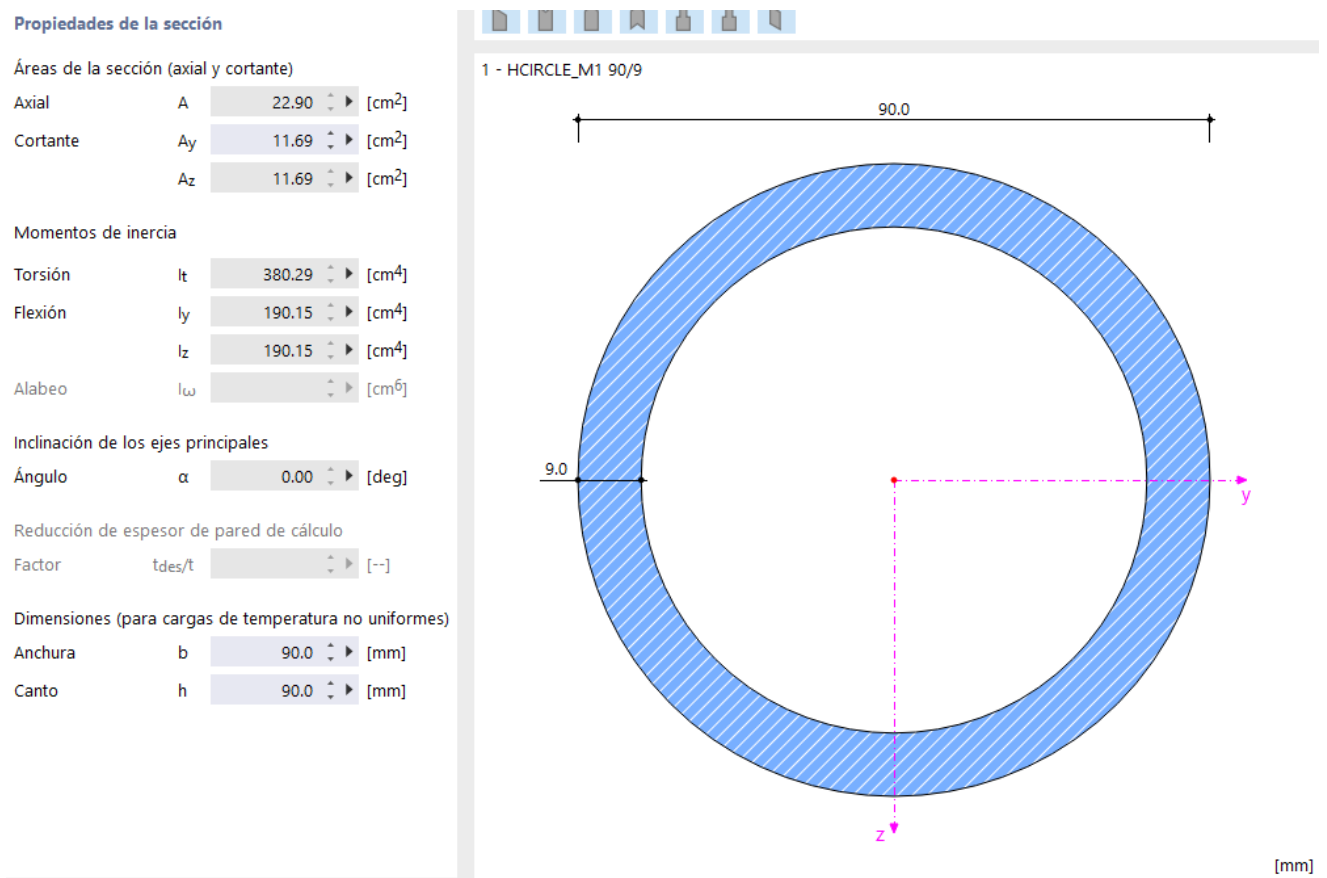


Figura 10.2: Diseño del poste.

Acero S275 Poste de la señal			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Módulo de elasticidad	E	205000	N/mm ²
Módulo de cortante	G	78846.2	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	ν	0.3	
Densidad	ρ	7850	kg/m ³
Peso específico	γ	78.5	kN/m ³
Coefficiente de dilatación térmica	α	0.000012	1/°C

Tabla 10.1: Características mecánicas del material del poste de la señal vertical.

10.3.2.- Montura de los paneles

En cuanto a la montura de los dos paneles instalados en serie, el fabricante recomienda utilizar aluminio de las series 5000 o 6000, por lo que para el presente proyecto se utiliza Aluminio EN AW-6061 T4, cuyas propiedades se muestran a continuación:

Como los paneles miden aproximadamente 150 cm de largo, y se sitúan de forma horizontal, la barra horizontal que los sujeta, llamada bucket, tendrá una longitud de 80cm, por lo que quedarán libres 35cm de panel a cada lado.

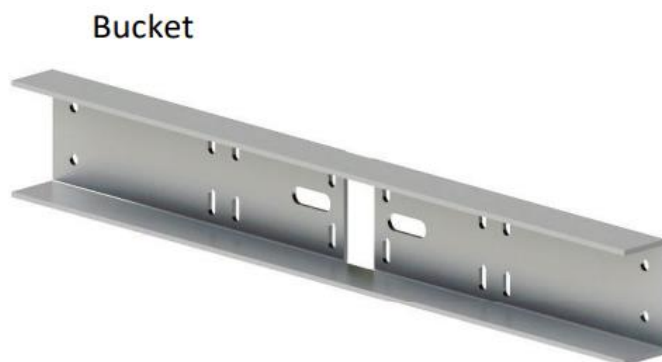


Figura 10.3: Bucket de 80cm de la empresa (Alterstore, 2023).

En el software RFEM se diseñaron las barras lo más parecido a la realidad, teniendo en cuenta las propiedades del material y dimensiones. En la Figura 10.4 y Tabla 10.2 se pueden ver el diseño de las barras de aluminio utilizadas en la montura y las características mecánicas del mismo.

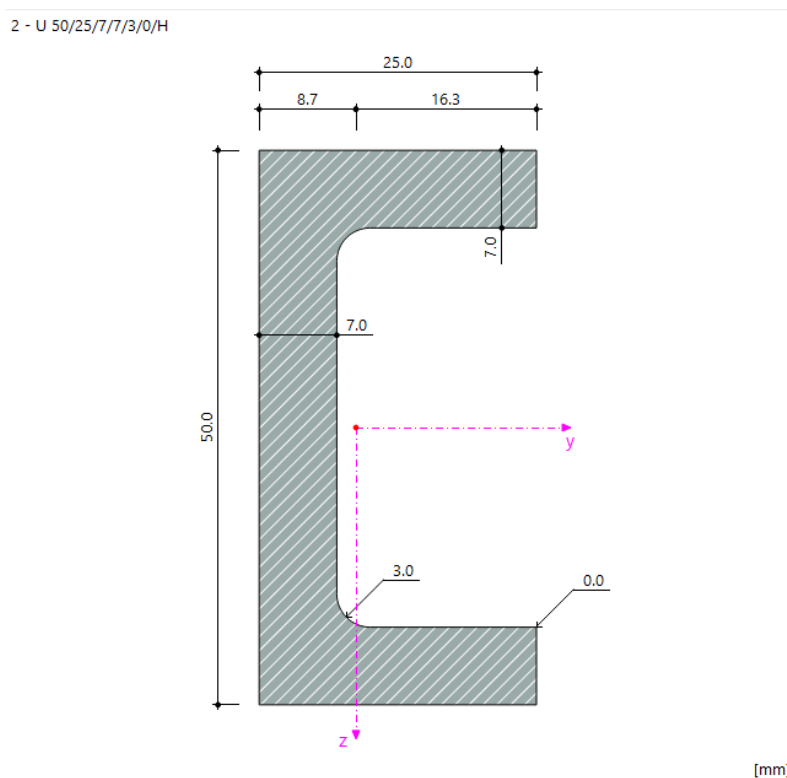


Figura 10.4: Sección en U 50/25/7/7/3/0/H.

EN AW-6061 T4			
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Módulo de elasticidad	E	70000.0	N/mm ²
Módulo de cortante	G	27000.0	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	ν	0.3	
Densidad	ρ	2700.00	kg/m ³
Peso específico	γ	27.00	kN/m ³
Coefficiente de dilatación térmica	α	0.000023	1/°C

Tabla 10.2: Características mecánicas del aluminio usado para la montura de los paneles.

Para poder acoplar correctamente esta barra con el poste vertical, se debe tener en cuenta la excentricidad de las mismas, es decir, en la realidad las barras no se pueden superponer a otras barras, sino que tienen que acoplarse en los lindes de su superficie. Para solucionarlo, se crea una excentricidad en la barra bucket de la montura de 45mm en la dirección positiva del eje Y. Esta distancia es el radio del poste vertical, de esta forma ambas barras se unirán en su linde.

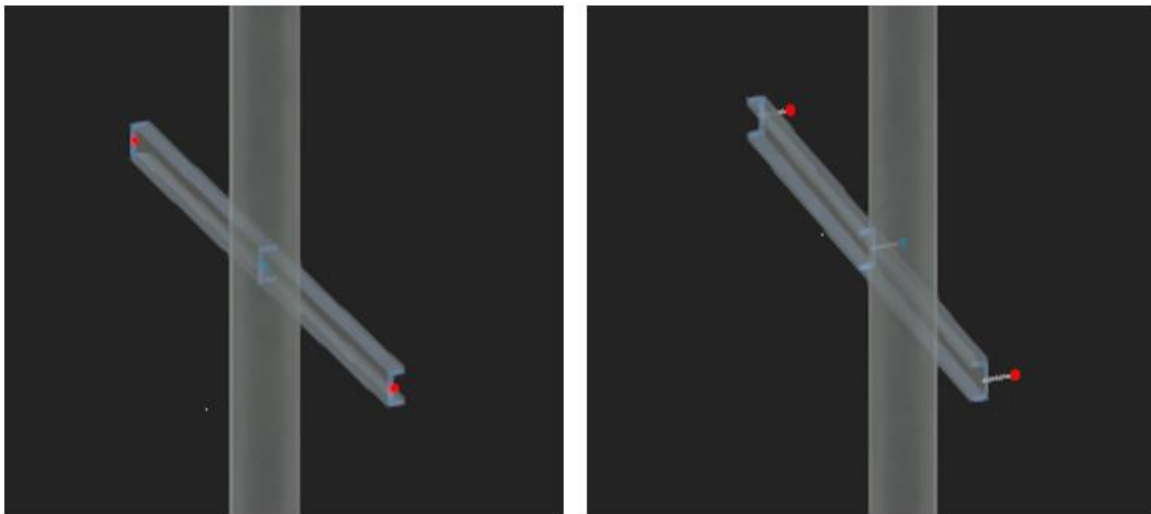


Figura 10.5: a) Barras sin excentricidad aplicada. b) Barras con la excentricidad correcta aplicada.

Acopladas en los extremos de la barra bucket, irán dos barras laterales perpendiculares a la barra bucket y que utilizan el mismo tipo de sección y el mismo material que ésta.

Unidas a estas dos barras laterales, se acoplan los raíles soporte de los paneles solares. Éstos llevan la inclinación que permite el fabricante y que es óptima para la generación de energía, cuyo ángulo es 37° según el estudio analizado en Figura 4.24. Estas barras también están fabricadas del mismo aluminio y su longitud es ajustable para que se puede alcanzar el ángulo deseado. La sección utilizada es diferente a la barra bucket y a las barras laterales, y puede observarse en la Figura 10.6.

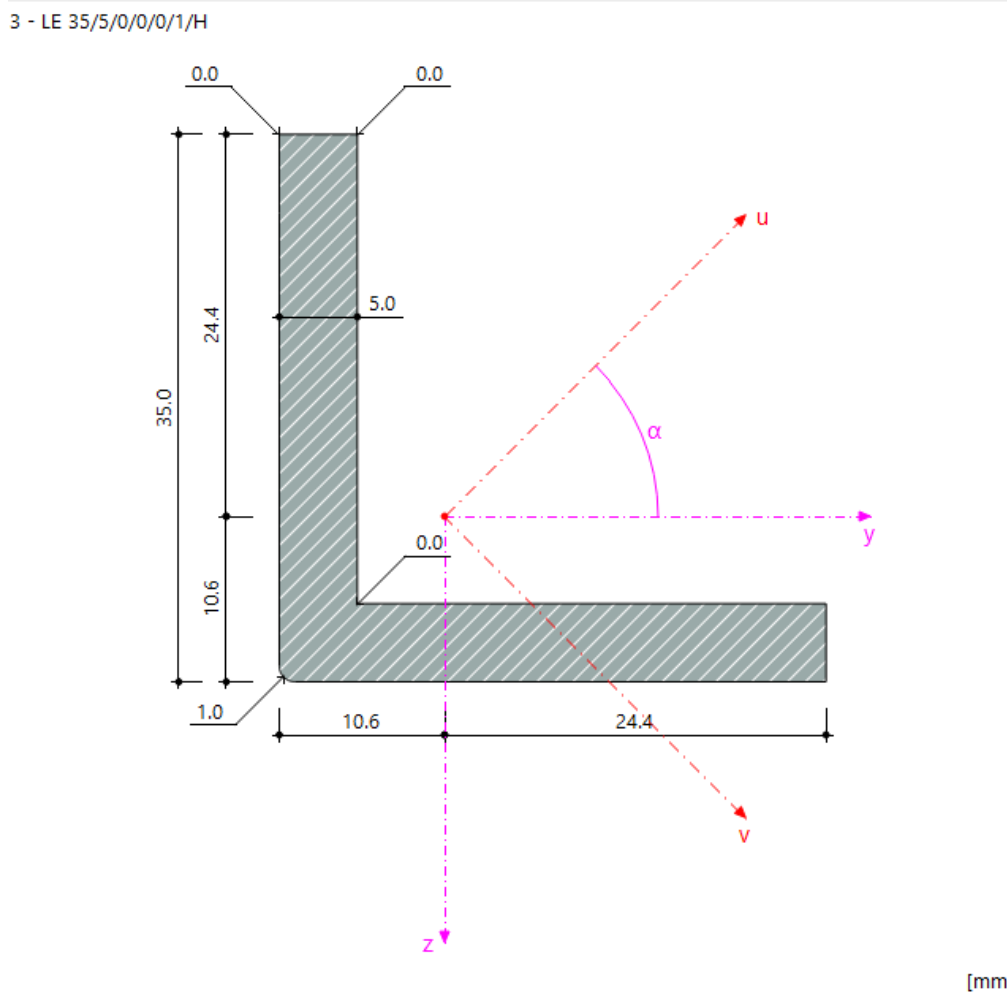


Figura 10.6: Sección en LE 35/5/0/0/0/1/H utilizada para los raíles.

10.4.- DISEÑO DE LOS CASOS DE CARGA. RFEM 6

10.4.1.- Caso de carga Peso propio + Peso paneles

Para este caso de carga, se realiza un análisis estático de la estructura, donde al activar la casilla de “Peso propio activo” e indicarle la dirección y sentido que se le quiere aplicar, se genera el estado de carga teniendo en cuenta el peso de todos los componentes de la estructura.

Peso propio

Peso propio activo

Factor en dirección

X	0.000	↕ ▶	[--]
Y	0.000	↕ ▶	[--]
Z	1.000	↕ ▶	[--]

Figura 10.7: Casilla de activación de peso propio.

Se le asigna valor 1 en dirección del eje Z, simulando el efecto de la gravedad, que en el programa viene por defecto como 10 m/s^2 .

10.4.2.- Caso de carga simulación de viento

Para diseñar este caso de carga, se utiliza el programa RWIND, en el que se introduce el diseño de la estructura realizado en RFEM 6. Se utiliza un perfil de viento normalizado según la norma EN 1991 CEN 2015-09, en el cual la velocidad del viento es de 20 m/s. Se analiza para el caso más extremo, que es que el viento venga proveniente de la dirección trasera de los paneles solares, ya que puede dar lugar a las mayores inestabilidades y deformaciones.

Para simular este caso de carga, se introducen 90° en dirección Z, con lo que se consigue que el viento venga proveniente de la dirección trasera de los paneles.

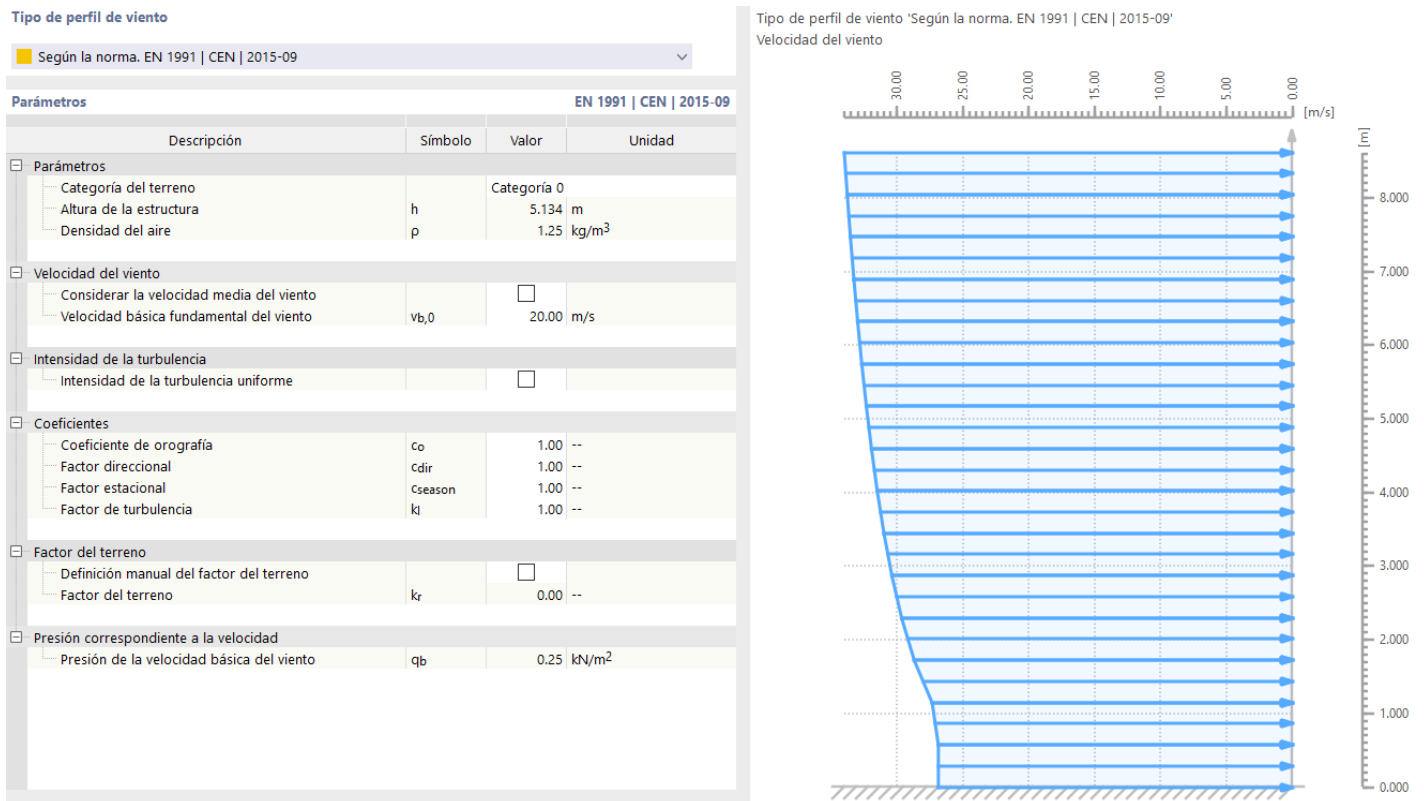


Figura 10.8: Perfil de viento utilizado.

Para llevar a cabo la simulación, se realizan 1000 iteraciones para que se lleven a cabo los cálculos de forma correcta.

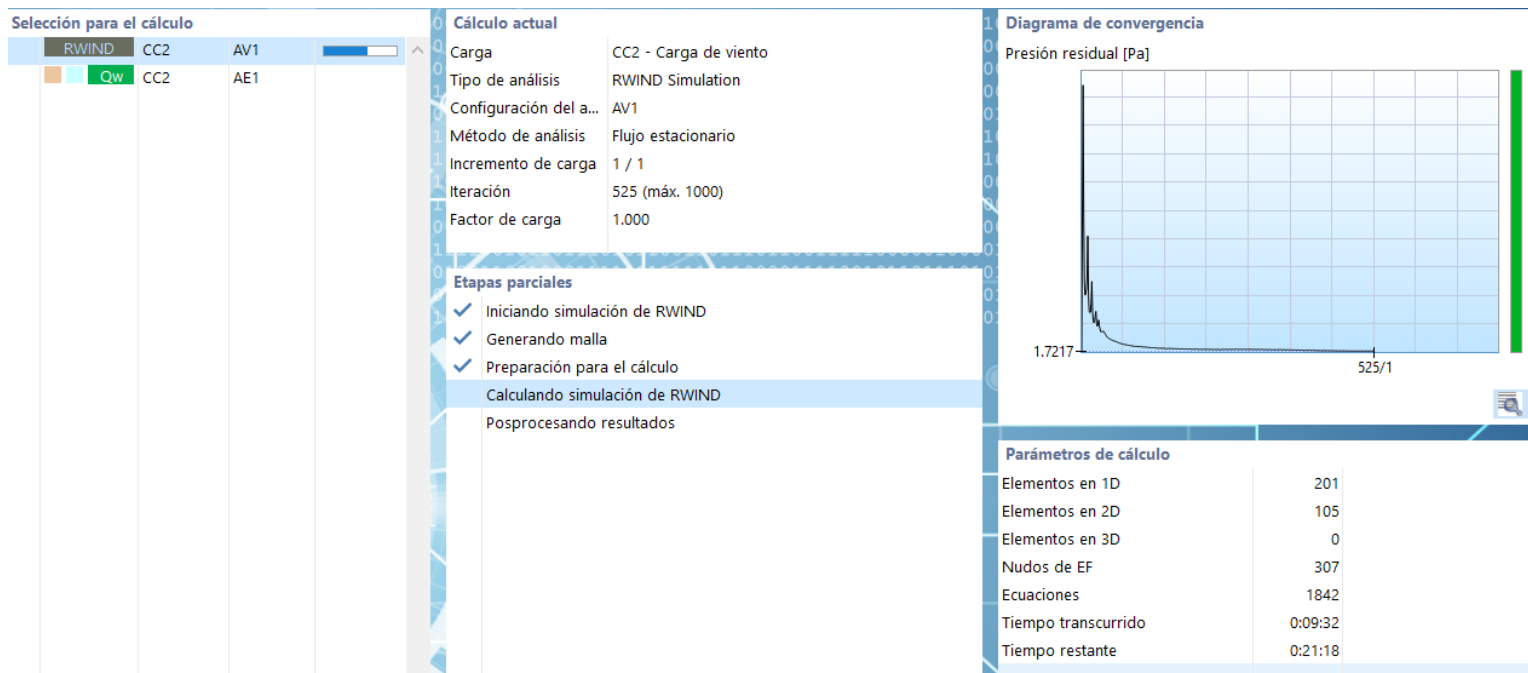


Figura 10.10: Simulación de la carga de viento.

Dimensiones del túnel de viento

Profundidad		
d-	2.455 [-]	2.764 [m]
d	1.000 [-]	1.126 [m]
d+	5.729 [-]	6.450 [m]
Σd	9.184 [-]	10.341 [m]
Anchura		
w-	2.322 [-]	3.483 [m]
w	1.000 [-]	1.500 [m]
w+	2.322 [-]	3.483 [m]
Σw	5.644 [-]	8.466 [m]
Altura		
h	1.000 [-]	5.134 [m]
h+	0.678 [-]	3.483 [m]
Σh	1.678 [-]	8.617 [m]

Las dimensiones del túnel de viento son aproximadas y se pueden modificar en RWIND.

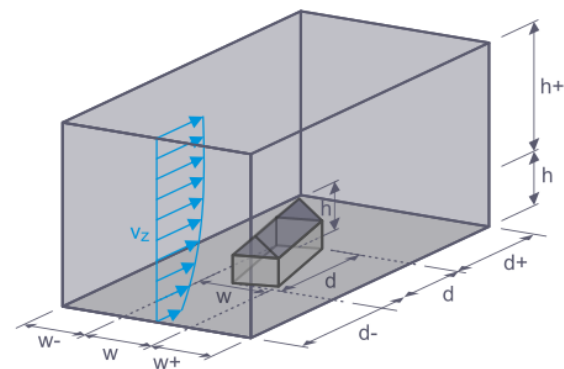


Figura 10.9: Dimensiones del tubo de viento según la norma EN 1991 CEN 2015-09.

10.4.3.- Caso de carga de nieve

Para realizar este caso de carga, se crea un asistente para cargas de nieve, y se introducen los datos establecidos por el CTE DB SE. La carga de nieve característica es de 1kN/m^2 que se pondera por un factor de forma de 0.61, por lo que la carga de nieve en la zona es de 0.61kN/m^2 .

Datos principales			
Parámetros		EN 1991 CEN 2015-09	
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Carga de nieve			
Carga de nieve característica	s_k	1.00	kN/m^2
Topografía			
Tipo de topografía		Normal	
Coefficientes			
Coefficiente de exposición	C_e	1.00	--
Coefficiente térmico	C_t	1.00	--
Distribución de carga			
Tipo de distribución de carga		Trapezoidal	
Opciones			
Bloquear para nuevos objetos		<input type="checkbox"/>	
Considerar la excentricidad de barra		<input type="checkbox"/>	
Considerar la distribución de la sección		<input type="checkbox"/>	

Tipo de cubierta 'Plana/a un agua'
Caso (i) - CC3

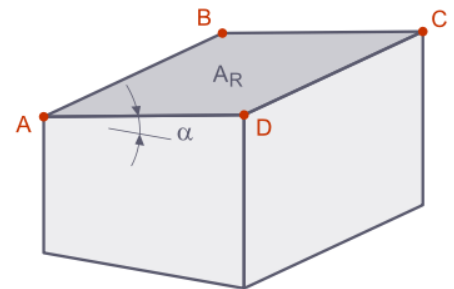


Figura 10.11: Parámetros de la carga de nieve.

10.4.4.- Análisis de tensión-deformación

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de las tensiones máximas y las relaciones de tensiones en cada barra, con el objetivo de comprobar que todas cumplen los criterios de tensiones. La celda de la relación de tensiones se muestra en verde si es menor que la unidad, lo que significa que no se supera el límite elástico del material utilizado en cada barra.

Barra núm.	Posición x [m]	Punto de tensión núm.	Situación de proyecto	Carga núm.	Tipo de tensión	Razón de tensiones η [--]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
							N	V _y / V _u	V _z / V _v	MT	My / Mu	Mz / Mv
2	Viga 1 - HCIRCLE_M1 90/9 L : 3.750 m											
2	0,000	10	SP1	CO3	$\sigma_{x,tot}$	0,015	-0,86	0,20	0,00	0,00	0,00	0,16
2	0,000	37	SP1	CO2	τ_{tot}	0,001	-0,55	0,20	0,00	0,00	0,00	0,16
2	0,000	10	SP1	CO3	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,015	-0,86	0,20	0,00	0,00	0,00	0,16
2												
4	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.400 m											
4	0,000	11	SP1	CO3	$\sigma_{x,tot}$	0,016	0,00	0,03	0,04	0,00	-0,01	0,01
4	0,000	8	SP1	CO3	τ_{tot}	0,001	0,00	0,03	0,04	0,00	-0,01	0,01
4	0,000	11	SP1	CO3	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,016	0,00	0,03	0,04	0,00	-0,01	0,01
4												
5	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.400 m											
5	0,400	11	SP1	CO3	$\sigma_{x,tot}$	0,016	0,00	-0,03	-0,04	0,00	-0,01	0,01
5	0,400	8	SP1	CO3	τ_{tot}	0,001	0,00	-0,03	-0,04	0,00	-0,01	0,01
5	0,400	11	SP1	CO3	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,016	0,00	-0,03	-0,04	0,00	-0,01	0,01
5												
6	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.400 m											
6	0,000	11	SP1	CO3	$\sigma_{x,tot}$	0,011	0,00	0,02	0,04	0,00	-0,01	0,00
6	0,000	6	SP1	CO4	τ_{tot}	0,001	0,00	0,00	0,05	0,00	-0,01	0,00
6	0,000	11	SP1	CO3	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,011	0,00	0,02	0,04	0,00	-0,01	0,00
6												
7	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.400 m											
7	0,400	11	SP1	CO3	$\sigma_{x,tot}$	0,012	0,00	-0,02	-0,04	0,00	-0,01	0,00
7	0,400	6	SP1	CO4	τ_{tot}	0,001	0,00	0,00	-0,05	0,00	-0,01	0,00

7	0,400	11	SP1	CO3	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,012	0,00	-0,02	-0,04	0,00	-0,01	0,00
7												
10	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.026 m											
10	0,026	12	SP1	CO4	$\sigma_{x,tot}$	0,052	0,87	-0,09	0,08	0,00	0,01	0,00
10	0,026	7	SP1	CO4	τ_{tot}	0,015	0,87	-0,09	0,08	0,00	0,01	0,00
10	0,026	12	SP1	CO4	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,052	0,87	-0,09	0,08	0,00	0,01	0,00
10												
12	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.340 m											
12	0,000	19	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,009	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,170	15	SP1	CO2	τ_{tot}	0,001	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
12	0,000	19	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,009	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
12												
13	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.227 m											
13	0,227	19	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,622	0,00	-0,45	-0,47	0,00	-0,06	0,05
13	0,113	15	SP1	CO2	τ_{tot}	0,084	0,00	-0,46	-0,48	0,00	0,00	0,00
13	0,227	19	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,622	0,00	-0,45	-0,47	0,00	-0,06	0,05
13												
14	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.227 m											
14	0,227	19	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,239	0,00	0,08	0,09	0,00	0,02	-0,02
14	0,113	15	SP1	CO2	τ_{tot}	0,018	0,00	0,08	0,10	0,00	0,01	-0,01
14	0,227	19	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,239	0,00	0,08	0,09	0,00	0,02	-0,02
14												
15	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.227 m											
15	0,000	19	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,210	0,00	0,08	0,10	0,00	-0,02	0,02
15	0,000	15	SP1	CO2	τ_{tot}	0,018	0,00	0,08	0,10	0,00	-0,02	0,02
15	0,000	19	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,210	0,00	0,08	0,10	0,00	-0,02	0,02
15												

16	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.340 m											
16	0,000	19	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,012	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,170	15	SP1	CO2	τ_{tot}	0,001	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,000	19	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,012	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
16												
17	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.227 m											
17	0,000	19	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,628	-0,01	0,46	0,47	0,00	-0,06	0,05
17	0,113	15	SP1	CO2	τ_{tot}	0,085	-0,01	0,46	0,48	0,00	0,00	0,00
17	0,000	19	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,628	-0,01	0,46	0,47	0,00	-0,06	0,05
17												
18	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.227 m											
18	0,000	19	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,244	0,01	-0,09	-0,10	0,00	0,02	-0,02
18	0,113	15	SP1	CO2	τ_{tot}	0,018	0,01	-0,09	-0,10	0,00	0,01	-0,01
18	0,000	19	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,244	0,01	-0,09	-0,10	0,00	0,02	-0,02
18												
19	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.227 m											
19	0,227	19	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,214	0,00	-0,09	-0,10	0,00	-0,02	0,02
19	0,227	15	SP1	CO2	τ_{tot}	0,018	0,00	-0,09	-0,10	0,00	-0,02	0,02
19	0,227	19	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,214	0,00	-0,09	-0,10	0,00	-0,02	0,02
19												
20	Viga 1 - HCIRCLE_M1 90/9 L : 0.750 m											
20	0,750	28	SP1	CO3	$\sigma_{x,tot}$	0,018	0,92	-0,26	0,00	0,00	0,00	0,19
20	0,563	37	SP1	CO3	τ_{tot}	0,002	0,85	-0,26	0,00	0,00	0,00	0,14
20	0,750	28	SP1	CO3	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,018	0,92	-0,26	0,00	0,00	0,00	0,19
20												
23	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.026 m											
23	0,000	12	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,036	-0,58	-0,03	0,03	0,00	-0,01	0,00

23	0,000	7	SP1	CO2	τ_{tot}	0,005	-0,58	-0,03	0,03	0,00	-0,01	0,00
23	0,000	12	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,036	-0,58	-0,03	0,03	0,00	-0,01	0,00
23												
24	Viga 1 - HCIRCLE_M1 90/9 L : 0.400 m											
24	0,000	28	SP1	CO3	$\sigma_{x,tot}$	0,001	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,000	37	SP1	CO2	τ_{tot}	0,000	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,000	28	SP1	CO3	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,001	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
24												
57	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.340 m											
57	0,340	19	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,012	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
57	0,170	15	SP1	CO2	τ_{tot}	0,001	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
57	0,340	19	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,012	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
57												
58	Viga 3 - LE 35/5/0/0/0/1/H L : 0.340 m											
58	0,340	19	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,009	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
58	0,170	15	SP1	CO2	τ_{tot}	0,001	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
58	0,340	19	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,009	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
58												
59	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.007 m											
59	0,007	1	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,001	-0,04	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
59	0,000	6	SP1	CO2	τ_{tot}	0,002	-0,04	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
59	0,000	6	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,002	-0,04	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
59												
60	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.010 m											
60	0,010	8	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,011	0,27	0,00	0,15	0,00	0,02	0,00
60	0,000	6	SP1	CO2	τ_{tot}	0,003	0,27	0,00	0,15	0,00	0,02	0,00
60	0,010	8	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,011	0,27	0,00	0,15	0,00	0,02	0,00

60												
61	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.589 m											
61	0,589	1	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,030	0,75	-0,03	0,09	0,00	0,02	0,01
61	0,000	6	SP1	CO2	τ_{tot}	0,004	0,77	-0,02	0,13	0,00	-0,05	0,00
61	0,589	1	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,030	0,75	-0,03	0,09	0,00	0,02	0,01
61												
62	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.006 m											
62	0,006	4	SP1	CO4	$\sigma_{x,tot}$	0,001	0,02	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
62	0,000	6	SP1	CO2	τ_{tot}	0,003	-0,02	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
62	0,000	6	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,003	-0,02	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
62												
63	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.011 m											
63	0,011	8	SP1	CO4	$\sigma_{x,tot}$	0,011	-0,18	0,00	-0,18	0,00	-0,02	0,00
63	0,011	6	SP1	CO2	τ_{tot}	0,005	0,27	0,01	0,22	0,00	0,02	0,00
63	0,011	8	SP1	CO4	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,011	-0,18	0,00	-0,18	0,00	-0,02	0,00
63												
64	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.589 m											
64	0,589	4	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,029	0,78	0,02	-0,13	0,00	-0,05	0,00
64	0,589	6	SP1	CO2	τ_{tot}	0,004	0,78	0,02	-0,13	0,00	-0,05	0,00
64	0,589	4	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,029	0,78	0,02	-0,13	0,00	-0,05	0,00
64												
82	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.500 m											
82	0,000	1	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,139	-0,42	-0,08	0,79	0,00	-0,21	-0,02
82	0,125	6	SP1	CO2	τ_{tot}	0,019	-0,42	-0,10	0,79	0,00	-0,11	-0,01
82	0,000	1	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,139	-0,42	-0,08	0,79	0,00	-0,21	-0,02
82												
83	Viga 2 - U 50/25/7/7/3/0/H L : 0.505 m											

83	0,505	1	SP1	CO2	$\sigma_{x,tot}$	0,137	-0,42	0,07	-0,78	0,00	-0,21	-0,02
83	0,379	6	SP1	CO2	τ_{tot}	0,018	-0,43	0,09	-0,78	0,00	-0,11	-0,01
83	0,505	1	SP1	CO2	$\sigma_{eqv,von Mises}$	0,137	-0,42	0,07	-0,78	0,00	-0,21	-0,02

Tabla 10.3: Comprobación de tensiones de todas las barras.

10.5.- FICHAS TÉCNICAS

10.5.1.- LEDs horizontales


Tira LED 12V DC 60LED/m 5m CCT Seleccionable IP65 Ancho 10mm Corte cada 5cm


 Ref: 62342



Modelos

Temperatura de Color	Ref:
<input type="checkbox"/> Seleccionable (Cálido-Neutro-Frío)	62342-122346

Detalles técnicos

Potencia:	12 W/m	Uso:	Exterior
W/m:	12	Protección IP:	IP65
Corte cada:	5 cm	Material:	Silicona
Instalación Tira LED:	MAX. 5 m	Material:	Resina Epoxi
Tensión:	12V DC	Material:	PCB
Regulable:	Controlador	Dimensiones:	3x10x5000 mm
Fuente Lumínica:	SMD5050	Alto:	3 mm
Número de LED:	300	Ancho:	10 mm
Color de luz:	CCT	Largo:	5000 mm
Tª de Color:	Tº de Color Seleccionable	Longitud:	5 m
Índice Rep. Cromática (CRI):	80	Longitud Máxima:	10 m
Luminosidad:	4500 lm	Tª Ambiente Trabajo:	-20°C ~ +40°C
Eficiencia Lumínica:	75 lm/W	Vida Útil:	40.000 Horas
Eficiencia Energética 2021 (UE-1369/2017):	A+	Garantía:	3 Años
Eficiencia Energética 2023 (UE-2019/2015):	F	Certificados:	CE & RoHS
Ángulo de Apertura:	120º	Certificados:	UKCA

10.5.2.- Dispositivos de iluminación vertical



SEÑAL / SIGNALING

PASO PEATONES LED

CROSSWALKS LED

FICHA TÉCNICA

TECHNICAL DATA

Referencia
Reference
SIGNAL SLW. S13.60M

Descripción:
Description:
Señal Paso de Peatones iluminada con led
Crosswalk Sign with led light




Tamaño / Size:	600mm x 600mm
Tecnología / Technology:	Panel luz LED Blanco - 5700K / <i>LED Light white panel - 5700K</i>
LED:	SMD Blanco / <i>SMD White</i>
Vida del LED / LED life:	Más de 50.000 horas / <i>Excess of 50.000 hours</i>
Estanqueidad / IP Degree:	>IP65
Fabricación / Manufactured:	Fabricado según la norma EN 12899 / <i>Manufactured to meet EN 12899</i>

CARACTERÍSTICAS / FEATURES

Material / Material:	Cuerpo de Aluminio Anodizado / <i>Anodized Aluminum Body</i> (Cubierta frontal de policarbonato / <i>Front cover polycarbonate</i>)
Diseño / Design:	Diseño delgado, solo 15mm de profundidad / <i>Slim design, only 15mm deep</i>
Potencia / Power:	12W
Alimentación / Powered:	AC 240V 50/60 Hz. - ELV (Extra Low Voltage) 12v - 24v - 48 v Disponibile baja petición / <i>Available on request</i>
Opciones / Options:	Energía solar / <i>Solar Energy</i>
Controladores / Controller:	Control mediante fotocélula de encendido y apagado / <i>Photocell control on/off</i>
Modo de Trabajo / Working Mode:	Fijo o intermitente / <i>Fixed or intermitten flashing</i>
Frecuencia de Intermitencia / Flashing frequency:	1 Sec. ON , 1 Sec. OFF / 1 Sec. ON , 3 Sec. OFF (Ajustable / <i>Adjustable</i>)
Temperatura de funcionamiento / Operating temperature:	-15° C a +35° C / -15 C to + 35° C
Aplicaciones / Applications:	Señalización vial / <i>Road signs</i>
Film Reflectante / Reflective film:	3M / Every Dennison





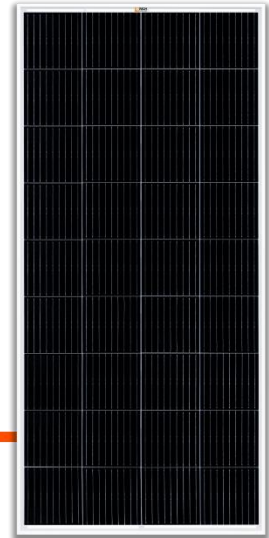
C/ Marquesos de Barberà nº 63, Local 7 - 08210 Barberà del Valles - Barcelona - Spain
 Tel: + 34.93.718.59.78 | Fax: +34.93.719.23.10 | URL: www.sontrafic.com

10.5.3.- Panel solar



MEGA 200

200 WATT SOLAR PANEL



200 WATT
MAXIMUM POWER OUTPUT

36 CELL
MONOCRYSTALLINE MODULE

0~+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE

19.9%
MAXIMUM EFFICIENCY

RICH SOLAR is the leading supplier of off-grid solar equipment for RV, agriculture, off-grid housing, marine, light industrial and heavy equipment, provides solar panels and other equipment, including solar charge controllers, inverters, batteries and complete do-it-yourself solar kits.

We'd love to work with you to create the perfect solar solution for your product or industry. Lead your industry and increase product value by adding solar or making it solar-ready.

☎ 1-800-831-9889
✉ sales@richsolar.com
🌐 www.richsolar.com
📍 5550 Jurupa St
Ontario, CA 91761

FEATURES

- 9 buss bar solar cell configuration
- Lightweight anodized aluminum frame
- High transmission, AR (anti-reflective) coated tempered glass
- Plug and play junction box
- Industry standard quick connect cables (MC4) work in series or in parallel
- Highly reliable due to stringent quality control (Over 30 in-house tests (UV, TC, HF, and many more), PID resistant, 100% EL double inspection)
- Certified to withstand challenging environmental conditions (2400 Pa wind load, 5400 Pa snow load, 35 mm hail stones at 97 km/h)
- Excellent low light performance on cloudy days, mornings and evenings

INSTALLATION

- Easy installation and handling for various applications (high-end off-grid and mobile applications)
- Pre-drilled holes compatible with ground mounts, Z brackets, pole mounts and tilt mounts
- Compatible with on-grid and off-grid inverters

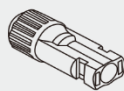
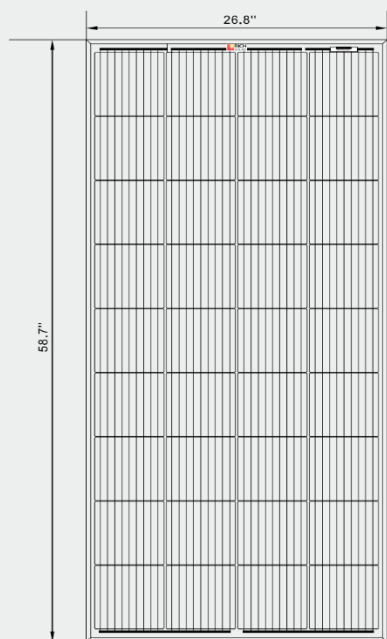
WARRANTY

- 25 year limited power output

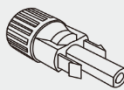


MEGA 200

200 WATT SOLAR PANEL



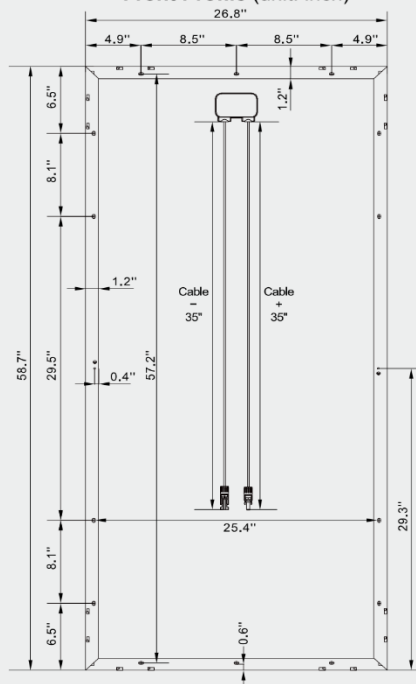
MC4 Negative



MC4 Positive

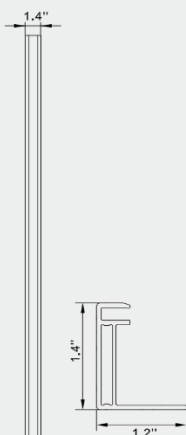
Front Profile (unit: inch)

MC4 Connectors



Back Profile (unit: inch)

Side Profile



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)	200 W
Power Output Tolerance- P_{MAX} (W)	0~+5 W
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	20.4 V
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	9.80 A
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	24.3 V
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	10.2 A
Module Efficiency η_m (%)	19.9%

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 77°F, Air Mass AM1.5

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline 166 × 166 mm (6 inches)
Cell Orientation	36 cells (4 × 9)
Module Dimensions	58.7 × 26.8 × 1.4 in
Weight	26.5 lb (12 kg)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Tempered Glass
Backsheet	White
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP 65 or IP 67 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (#12 gauge), 35 inches (900 mm) Length
Connector	MC4

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	113±35°F
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.39%/°F
Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.29%/°F
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.05%/°F

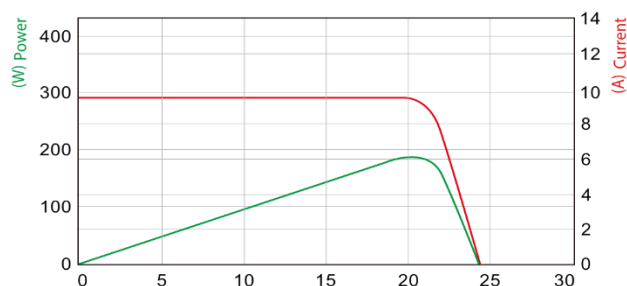
MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+185°F
Maximum System Voltage	1000VDC
Maximum Series Fuse Rating	20A

WARRANTY

25 year Limited Output Power Warranty
(Please refer to product warranty for details)

CURVE CHARACTERISTICS



10.5.4.- Bateria solar



Specifications

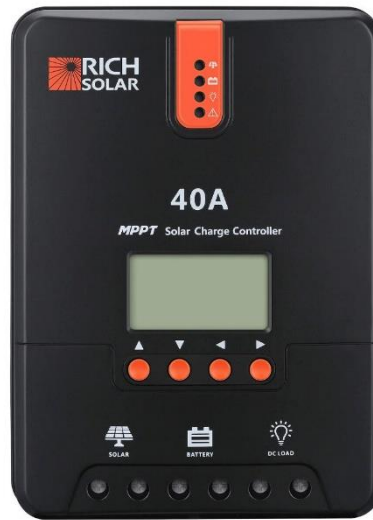
Electrical Specifications

Nominal Voltage:	25.6V
Nominal Capacity(at .5C, 77°F):	100Ah
Minimum Capacity (at .5C, 77°F):	95Ah
Expected Cycle Life:	>3000 cycles w/1C charge and discharge rate, at 77°F, 80% DOD

Operating Specifications

Charge Method:	Smart charger, constant current, constant voltage
Operating Voltage:	25.6 V
Capacity:	100 Ah
Energy:	2560 Watt Hours
Charge Voltage Range:	28.8 -29.2V
Continuous Charge Current:	50A
Continuous Discharge Current:	100A
Over Voltage Shutdown:	31.2 +/-0.2V

10.5.5.- Regulador MPPT



SPECIFICATIONS

ATTRIBUTE	VALUE
Rated Battery Current:	40A
Rated Load Current:	20A
Max. PV Input Short Current:	50A
Max. Battery Voltage:	32V
Max Solar Input Voltage:	100VDC
Charge circuit voltage drop:	≤ 0.26V
Discharge Circuit Voltage drop:	≤ 0.15V
Working Temperature:	-35°C to +45°C
Max Terminal Size:	8AWG
Rated Load Current:	10% to 90% NC
Overall Dimension:	9.37 x 6.81 x 2.85 in
Net Weight:	4.41 lb

10.5.6.- Foco LED



Foco led exterior 50W 12V/24V negro

Reference: **BVL56500112CW**
Ean13: **8436568449192**

Descripción

Foco proyector LED para uso en exterior de 50W de potencia y acabado en color negro 12V/24V. Incorpora led SMD de altas prestaciones que garantiza una máxima eficiencia energética y una gran luminosidad, el cuerpo del foco está fabricado en inyección de aluminio con un radiador que garantiza una eficiente disipación del calor.

Sus principales aplicaciones de uso son en exteriores donde la alimentación sea tensión continua a 12v ó 24v como por ejemplo en caravanas, camping, barcos, zonas donde no haya tendido eléctrico y funcionen con baterías, también pueden alimentarse directamente de una placa solar cuya salida sea 12V ó 24V.

El grado de protección IP de este foco es IP65, por lo que es ideal para aplicaciones en el exterior.

Disponible en luz fría 6000K

Este tipo de producto es ideal para reemplazar a los antiguos focos de exterior, dándonos la misma luz y permitiéndonos ahorrar un 90% de consumo eléctrico. Otras ventajas y características que tienen este tipo de focos de exterior de led en comparación con otras tecnologías es:

- Reproducción de colores mucho más nítida, tienen un CRI>85.
- Diseño mucho más pequeño y moderno solamente tienen 45mm de profundidad.
- No necesita equipos auxiliares para su uso como reactancias, por lo que el índice de averías es mucho más bajo.
- No genera prácticamente calor
- Son totalmente reciclables, no están fabricados con productos contaminantes.
- El encendido es instantáneo, dan el 100% de luz desde el principio.
- No le afecta tanto el número de encendidos.
- Garantía – estas focos tienen dos años de garantía

Su instalación es muy sencilla, primero se debe de desconectar la luminaria de la corriente, retiramos el antiguo foco halógeno, instalamos el foco a la pared y después conectamos el nuevo foco de led directamente a 12V-24V DC

Tonalidad

Blanco frío

Características

Potencia (W)	50 W
Flujo luminoso (Lm)	4000 Lm
Ángulo de apertura (°)	120°
Instalación protección	IP66
Dimensiones	285x240x58 mm
Vida estimada (horas)	25.000
Certificados	Ecoraee
Certificados	CE

ByVerdLeds, tienda online de iluminación Led

Polígono Industrial Barrafuerte Nave 16

30880 Águilas, Murcia, España

Teléfono: 968448841 - Fax: 968448841

info@byverdleds.com



Certificados	RoHS
CRI	80
Factor de potencia	0.7
Tonalidad	Blanco frío (6000-6500K)
Forma	Cuadrado
Acabado	Negro
Luminaria apta para	Exterior
Garantía	Garantía 2 años
Alimentación (VDC)	DC 12-24V

10.5.7.- Sensor de movimiento



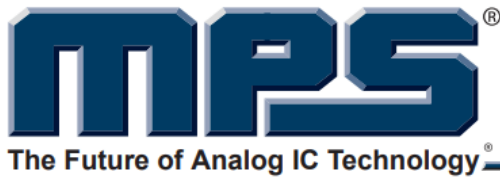
DETECTOR DE MOVIMIENTO 12/24V INTEGRAR FUKASHY-LV ESPECIAL ULV



- Detector de Movimiento de 12/24V de Alta Frecuencia - Microondas- para integrar
- Más rápido y Seguro
- Especial para controlar cargas de 12/24VCC
- Diseñado para integrar en luminarias, cajas de enlace, armarios y falsos techos
- Uso en Exterior e Interior
- Totalmente Regulable: Radio de Detección (hasta 8 metros), Nivel Luminoso, Tiempo de Encendido
- Especialmente indicado para luminarias solares, de muy baja tensión, etc. Controla LEDs
- Diseñado para Automatización, Confort y Domótica
- Eficiencia energética. Puedes ahorrar más de un 50%
- Más Seguridad. Luz cuando la necesitas

SKU: FUKASHYLV | **Categories:** [Detectores de Movimiento 12/24 V](#), [Detectores de Movimiento](#), [Detectores de Movimiento Integrables](#) |

10.5.8.- MP2489



MP2489
Step Down White LED Driver with
Wide 6V–60V Input Voltage

DESCRIPTION

The MP2489 is a high efficiency step-down converter designed in continuous current mode for driving the high brightness Light Emitting Diodes (LED) from wide input voltage 6V–60V.

The MP2489 employs hysteretic control architecture to regulate a high accuracy LED current, which is measured through an external high-side current sensing resistor. Moreover, this control scheme provides optimized circuit stabilization and very quick response time without the loop compensation. Its low 202mV average feedback voltage reduces power loss and improves the converter efficiency.

The MP2489 implements PWM and analog dimming together with DIM pin.

The MP2489 includes thermal overload protection preventing damage in the event of an output overload.

The MP2489 is available in small QFN6 (3x 3mm), TSOT23-5 and SOIC8E packages.

FEATURES

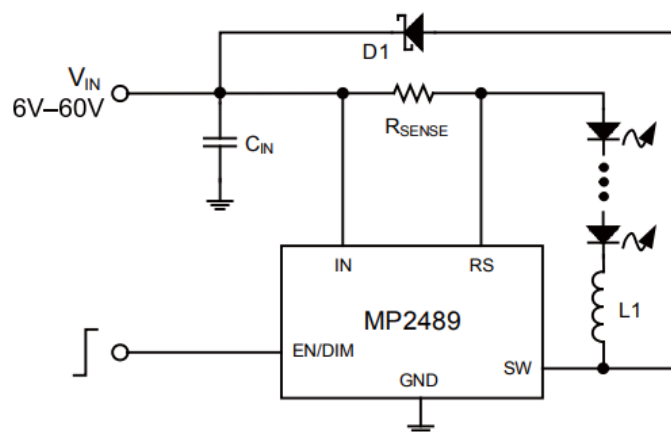
- Internal 65V MOSFET
- Wide 6V to 60V Input Range
- $\geq 1A$ Output Current
- High Efficiency ($>95\%$)
- Hysteresis Control
- PWM & Analog Dimming
- 1000:1 PWM Dimming Resolution
- Thermal Shutdown
- Inherent Open LED Protection
- Short LED Protection
- Available in TSOT23-5, QFN6(3x 3mm) and SOIC8E Packages

APPLICATIONS

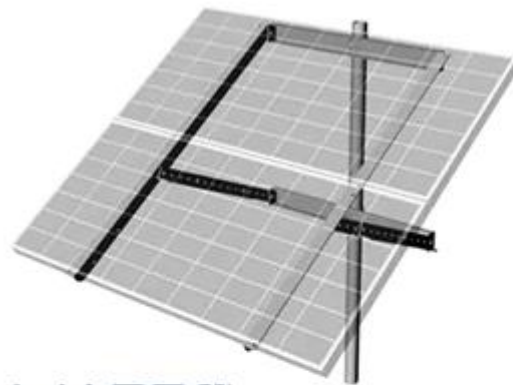
- Low Voltage Halogen Replacement
- Low Voltage General Illumination
- Automotive/Decorative LED Lighting
- Signs/Emergency Lighting
- LED Backlighting

All MPS parts are lead-free and adhere to the RoHS directive. For MPS green status, please visit MPS website under Quality Assurance. "MPS" and "The Future of Analog IC Technology" are Registered Trademarks of Monolithic Power Systems, Inc.

TYPICAL APPLICATION



10.5.9.- Montura panel solar



MAPPS™
SPM2-150
Side of Pole Solar Module Mount

MAPPS SPM2-150 Side of Pole Mount for 2 Solar Panels



SES MAPPS Side of Pole Solar Panel Mount

Model Number	SPM2-150
Solar Panel Compatibility	Supports two 130-150W J or VLS series
Tilt Range	30°-90°
Pole Size	3.5"-6" (custom sizes available)
Wind Speed Rating	90 MPH, (130 MPH available)
Weight	30 lbs.
Warranty	1 year limited warranty
Origin	USA