

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE
TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA**



TRABAJO FIN DE GRADO

**DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA MONITORIZADA EN UN CENTRO EDUCATIVO**

**Titulación: Grado en Ingeniería en Tecnologías de la
Telecomunicación**

Mención: SISTEMAS ELECTRÓNICOS

Autor/a: SERGIO LUGO FUMERO

Tutor/a: MARÍA NIEVES HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

Fecha: julio 2023



TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA MONITORIZADA EN UN CENTRO EDUCATIVO

HOJA DE EVALUACIÓN

Calificación: _____

Presidente

Secretario

Vocal

Fdo.:

Fdo.:

Fdo.:

Fecha: julio 2023

Agradecimiento

En primer lugar, me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutora María Nieves Hernández González. Su dedicación, orientación y respaldo constante fueron fundamentales para llevar a cabo este trabajo con éxito. Agradezco su paciencia y su disponibilidad, que fueron esenciales para reconducir el proyecto y superar obstáculos que iban surgiendo por el camino.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al IES Mencey Acaymo por su invaluable contribución en la realización de este trabajo. Gracias por facilitar información que ha sido fundamental para el desarrollo de mi investigación. También me gustaría agradecer a Antonio Lleó Vega por su apoyo y disponibilidad permitiendo siempre trabajar en mi proyecto.

Por último, agradecer a mi familia y amigos por su apoyo en todo momento. Gracias a ellos, pude enfocarme en el proyecto. Quiero hacer una mención especial a mis dos mejores amigos Joseph Gabino Rodríguez y Daniel Freites Reyna, y a mi hermano Alejandro Lugo Fumero quienes me han brindado su apoyo incondicional y compañía a lo largo de todo el proceso.

Resumen

Con el paso de los años y el avance tecnológico el consumo energético ha ido en aumento y por ende el uso de los combustibles fósiles. La situación actual es insostenible por lo que cada vez más las empresas y entidades que apuestan por implementar fuentes de energía renovable consiguiendo así, por un lado, un menor impacto ambiental y por otro un coste menos elevado en la factura de la luz. La combinación de una instalación solar fotovoltaica junto a un sistema de monitorización se presenta como posible respuesta a la actual expansión del uso de energías renovables.

Con este contexto en este proyecto se desarrolla un sistema de monitoreo que permite tanto la monitorización en tiempo real como un registro histórico de los parámetros más importantes de la instalación. Toda la información captada de la instalación se mostrará en una interfaz de usuario dando de esta forma un valor añadido a una instalación fotovoltaica convencional.

Abstract

With the passage of time and technological advances, energy consumption has been increasing, as has the use of fossil fuels. The current situation is unsustainable, so more and more companies and entities are betting on the implementation of renewable energy sources, thus achieving a lower environmental impact on the one hand and a lower cost in the electricity bill on the other. The combination of a solar photovoltaic installation together with a monitoring system is presented as a possible answer to the current expansion of the use of renewable energies.

In this context, this project developed a monitoring system that allows both real-time monitoring and a historical record of the most important parameters of the installation. All the information captured from the installation will be displayed in a user interface, thus giving an added value to a conventional photovoltaic installation.

Contenido

Índice de figuras.....	XI
Índice de tablas.....	XV
Índice de acrónimos	XVII
MEMORIA	1
Capítulo 1 Introducción.....	3
1.1 Estado del arte	5
1.2 Antecedentes	6
1.3 Objetivos	7
1.4 Peticionario	7
1.5 Medios Materiales	7
1.6 Estructura del documento.....	8
Capítulo 2 Características del centro educativo	9
2.1 Descripción	9
2.2 Localización y recurso solar.....	9
2.3 Demanda energética	11
2.4 Conclusión.....	14
Capítulo 3 Dimensionamiento de la instalación.....	15
3.1 Tipos de paneles solares.....	15
3.2 Inversores	16
3.3 Tipos de reguladores	16
3.4 Tipos de batería	17
3.5 Dimensionamiento	17
3.5.1 Establecimiento de la instalación	18
3.5.2 Dimensionamiento sin baterías	20
3.5.3 Dimensionamiento con baterías	23
3.6 Balance energético	25

3.7	Conclusión	28
Capítulo 4	Solución Software	29
4.1	Características del sistema	29
4.2	Bluetooth low energy	29
4.3	Sistema de comunicación	34
4.4	Obtención de tramas	34
4.5	Wireshark.....	36
4.6	Análisis de tramas	40
4.7	Establecimiento de tramas	41
4.7.1	Registros	42
4.7.2	Tramas de solicitud	42
4.7.3	Trama desde el regulador.....	43
4.8	Conclusión	45
Capítulo 5	Solución web.....	47
5.1	Objetivos principales	47
5.2	Sistema de comunicación	49
5.3	Parse.....	50
5.3.1	Enviar y recibir datos	50
5.3.2	Conversión datos y presentación	52
5.3.3	Comunicación con la base de datos	54
5.4	Creación de la base de datos.....	56
5.5	Creación del backend.....	59
5.6	Conclusión	61
Capítulo 6	Pruebas realiza.....	62
6.1	Solución software	63
6.2	Conclusión	68
Capítulo 7	Conclusión y líneas futuras	69

7.1	Conclusión.....	69
7.2	Líneas futuras	69
7.2.1	Consumo energético	69
7.2.2	Sistema de monitorización	69
	Bibliografía	71
	PRESUPUESTO	75
8.1	Introducción	77
8.2	Recursos software	77
8.3	Recursos Hardware	77
8.4	Recursos de producción energética.....	77
8.5	Recursos humanos.....	78
8.6	Total	78
	PLIEGO DE CONDICIONES	81
9.1	Introducción	83
9.2	Equipo hardware	83
9.2.1	Equipo informático.....	83
9.2.2	Módulo BT-02.....	83
9.3	Equipos de producción energética	83
9.3.1	Panel solar SunPower PERFORMANCE 3 COM 420W Silver Frame 84	
9.3.2	Panel Solar SOLARPOWER 120W 12V XUNZEL.....	84
9.3.3	Inversor Solar GoodWe GW50KN-MT trifásico.....	84
9.3.4	BMS SC1000-200	85
9.3.5	iSCC-LXM-30-12/24V – 30A - 400W-12V / 800W-24V	85
9.3.6	Batería Solar Pylontech H32148 4,74 kWh Alto voltaje	85
9.3.7	Powercube M1 Pylontech.....	86
	ANEXOS	87

Anexo I. Características técnicas.....	89
Panel solar SunPower PERFORMANCE 3 COM 420W Silver Frame.....	89
Inversor Solar GoodWe GW50KN-MT trifásico	91
Batería Solar Pylontech H32148 4,74 kWh Alto voltaje	93
BMS SC1000-200	94
Powercube M1 Pylontech.....	95
iSCC-LXM-30-12/24V – 30A - 400W-12V / 800W-24V	96
Panel Solar SOLARPOWER 120W 12V XUNZEL	98
KBAS12800 12V 80Ah.....	101
Anexo II. Código del <i>frontend</i>	103
Código de BLE.js	103
Código de index.html	103
Anexo III. Código del <i>backend</i>	104
Código de index.js	104
Código de mongoose.js	104
Código de routes.js	105

Índice de figuras

Figura 1. Irradiación global en Santa Cruz de Tenerife de 1983 a 2005. Fuente [1].....	3
Figura 2. Potencia renovable en MW de cada isla en 2019	5
Figura 3. Vista Cenital del centro educativo.....	9
Figura 4. Mapa de radiación solar del centro.....	10
Figura 5. Irradiancia en el mes de enero	11
Figura 6. Irradiancia en el mes de junio.....	11
Figura 7. Energía consumida en 12 meses.....	12
Figura 8. Consumo de día lectivo promedio de enero de 2021	13
Figura 9. Consumo de día lectivo promedio de junio de 2021	13
Figura 10. Vista cenital del aula con división de área.....	18
Figura 11. Separación entre paneles	20
Figura 12. Esquema de conexión sin baterías.....	22
Figura 13. Disposición de los paneles solares sin baterías	23
Figura 14. Disposición de los paneles solares sin baterías	25
Figura 15. Energía generada vs consumida sin baterías en enero	26
Figura 16. Energía generada vs consumida sin baterías en junio	26
Figura 17. Energía generada vs consumida con baterías en enero	27
Figura 18. Energía generada vs consumida con baterías en junio	27
Figura 19. Estructura de comunicación BLE.....	31
Figura 20. Servicios y características del regulador	32
Figura 21. Servicio y característica del System ID.....	32
Figura 22. Servicio y característica de la batería	33
Figura 23. Servicio y característica de 'A'	33
Figura 24. Servicio y característica de 'B'.....	33
Figura 25. Interfaz de SolarAPP	34
Figura 26. Paso 2, habilitación del registro HCI.....	35
Figura 27. Paso 5, generación del informe de errores	35
Figura 28. Registro HCI generado	36
Figura 29. Interfaz de Wireshark	37
Figura 30. Filtro en Wireshark.....	38
Figura 31. Resultados del filtro btatt	38
Figura 32. Análisis inicial de Opcode.....	39

Figura 33. Opcode de notificación	39
Figura 34. Opcode de escritura	40
Figura 35. Filtro final	40
Figura 36. Trama ACK.....	40
Figura 37. Estructura del ACK.....	41
Figura 38. Comunicación inicial	41
Figura 39. Estructura de la trama de solicitud de datos	42
Figura 40. Ejemplo de solicitud de datos	43
Figura 41. Diferencia entre CRC Modbus 16 bits little y big endian.....	43
Figura 42. Estructura de la trama de datos	44
Figura 43. Ejemplo de trama de datos.....	44
Figura 44. Estructura de la trama de ejemplo.....	45
Figura 45. Estructura de la solución software	48
Figura 46. Estructura de archivos del frontend	49
Figura 47. Servicios y características utilizados en la solución	49
Figura 48. Establecimiento de la comunicación.....	50
Figura 49. Envío de ACK.....	51
Figura 50. Cálculo de CRC	51
Figura 51. Envío periódico de tramas	52
Figura 52. Transformación de datos.....	52
Figura 53. Creación de gráficas.....	53
Figura 54. Envío de información a la gráfica en tiempo real	54
Figura 55. Actualización de datos de la gráfica en tiempo real	54
Figura 56. Puerto usado en la base de datos.....	55
Figura 57. Método para subir la información a la base de datos.....	55
Figura 58. Preparación de la información	56
Figura 59. Acceso a la base de datos.....	56
Figura 60. Selección de servidor	57
Figura 61. Cliente de MongoDB	58
Figura 62. Información subida a la base de datos	58
Figura 63. Esquema del backend.....	59
Figura 64. Operaciones de subida	60
Figura 65. Fragmento del JSON usando en la base de datos	61
Figura 66. Comando para montar la base de datos	61

Figura 67. Material usado para las pruebas	62
Figura 68. Ampliación del material usado para las pruebas	62
Figura 69. Botón para iniciar el enlace	63
Figura 70. Pestaña de emparejamiento	63
Figura 71. Solución en tiempo real	64
Figura 72. Ampliación de la gráfica en tiempo real	64
Figura 73. Ampliación de los datos en tiempo real	65
Figura 74. Selección de fecha para acceder a la base de datos	65
Figura 75. Mensaje de error en la selección de la fecha	65
Figura 76. Selección de fecha	66
Figura 77. Acceso al registro de temperatura	66
Figura 78. Filtro para el acceso a la temperatura	66
Figura 79. Leyenda de la temperatura	67
Figura 80. Gráfica de la temperatura	67
Figura 81. Leyenda de la potencia	67
Figura 82. Gráfica de la potencia.....	68
Figura 83. Código de BLE.js	103
Figura 84. Llamada a todas las librerías y archivos.....	103
Figura 85. Código de Index.js.....	104
Figura 86. Código mongoose.js	104
Figura 87. Código de routes.js	105

Índice de tablas

Tabla 1. Ubicación del centro educativo	10
Tabla 2. Consumo del centro	12
Tabla 3. Irradiación mensual para distintas inclinaciones	18
Tabla 4. Comparación de irradiancias para distintos valores de azimut.....	19
Tabla 5. Resumen del dimensionamiento sin baterías	23
Tabla 6. Resumen del dimensionamiento con baterías	24
Tabla 7. Comparación de energía consumida y generada para ambos tipos de instalación	25
Tabla 8. Registros del regulador	42
Tabla 9. Recursos software	77
Tabla 10. Recursos Hardware	77
Tabla 11. Recursos de producción energética	78
Tabla 12. Recursos humanos	78
Tabla 13. Presupuesto total	79

Índice de acrónimos

PACES: Plan Acción por el Clima y Energía Sostenible.

PNIEC: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.

PWM: Modulación por ancho de pulsos.

MPPT: Seguidor de punto de máxima potencia.

BLE: Bluetooth Low Energy.

GATT: Generic Attribute Profile.

ATT: Attribute Protocol.

ACK: Acknowledgement.

CRC: verificación por redundancia cíclica.

HTML: HyperText Markup Language.

JS: JavaScript.

CSS: Cascading Style Sheets.

API: Application Programming Interface.

JSON: JavaScript Object Notation.

MEMORIA

Capítulo 1 Introducción

La energía fotovoltaica es fruto de una tecnología capaz de convertir la luz solar en electricidad mediante la utilización de células fotovoltaicas. En Canarias, esta tecnología ha cobrado especial relevancia en los últimos años debido a su potencial para reducir el uso de combustibles fósiles que al ser importados aumentan su huella de carbono.

Uno de los principales factores que favorecen el desarrollo de la energía fotovoltaica en Canarias es la alta irradiación solar que recibe la región. De hecho, según datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Canarias es la comunidad autónoma con mayor índice de radiación solar de España [1], lo que la convierte en un lugar ideal para la instalación de sistemas fotovoltaicos. En la Figura 1 se encuentra la irradiación en Santa Cruz de Tenerife durante 22 años.

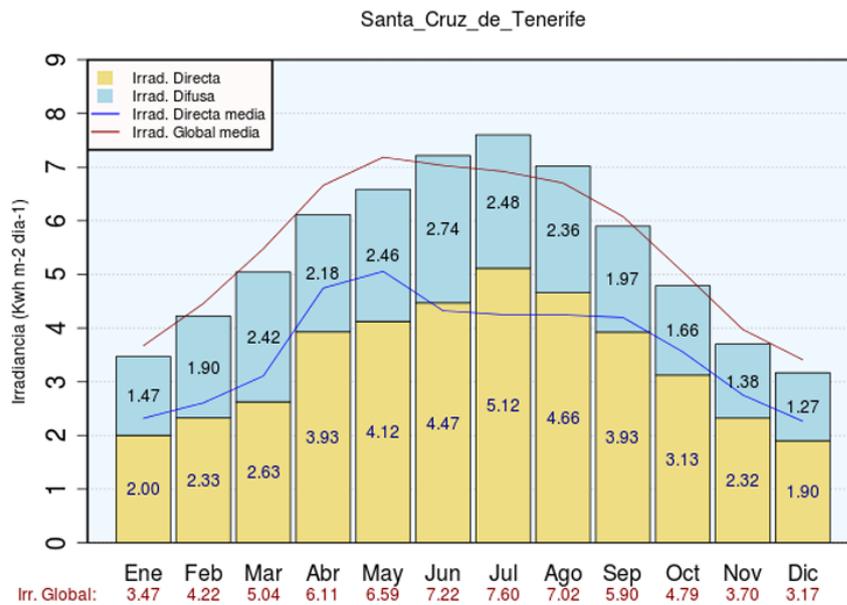


Figura 1. Irradiación global en Santa Cruz de Tenerife de 1983 a 2005. Fuente [1]

Otro factor a considerar es el elevado costo de la energía eléctrica en Canarias debido a la dependencia de la importación de combustibles fósiles y a la falta de infraestructuras de generación de energía renovable. Esto ha impulsado el interés de particulares y empresas por instalar sistemas fotovoltaicos, ya que permiten ahorrar en la factura de la luz y, en algunos casos, incluso generar ingresos a través de la venta de excedentes a la red eléctrica.

Con el paso de los años y los avances tecnológicos el consumo eléctrico es cada vez mayor, por un lado, existe un grupo poblacional que busca vivir de la forma más cómoda

posible mediante aparatos que faciliten las tareas del día a día como pueden ser los robots de limpieza entre muchísimos otros, y por otro lado el avance tecnológico crea herramientas y sistemas cada vez más punteros en tecnología, derivando todo lo anterior en un gran aumento del consumo eléctrico [2].

Actualmente la mayor parte de la energía eléctrica consumida proviene de los combustibles fósiles, a pesar del avance de las energías renovables estas solo suponen cerca del 20% [3]. El modelo actual de consumo es insostenible, no solo por el agotamiento de los combustibles fósiles, sino por eventos mundiales como puede ser el corte de los gaseoductos rusos por la invasión rusa en Ucrania o el corte del mayor gaseoducto procedente de Argelia por los conflictos con Marruecos que afectan principalmente al cliente siendo en ambos casos Europa.

Los problemas anteriormente nombrados sumados a una sociedad cada vez más ecológica impulsan el despliegue, el desarrollo y la investigación de tecnologías para crear una mayor fuente de energía renovable motivando la inversión en sistemas renovables entre ellos el fotovoltaico.

La potencia renovable instalada en Canarias en 2019 suponía el 18.4% del total con 609.44 MW siendo el 67,8% de energía eólica (413.24 MW) y el 27.5% de energía fotovoltaica (167.69 MW). Los combustibles fósiles suponen todavía más del 80% de la energía en las Islas, creando una oportunidad de expansión para las renovables que poco a poco se van introduciendo en el mercado y acaparando una mayor cuota.

Según datos del 2019 Tenerife posee el 50% de la energía renovable en las Islas con 305.63 MW de los que solo 107.16 MW proceden de la energía fotovoltaica, seguida de Gran Canaria con 196.47 MW totales de energía renovable y 37.17 MW de energía fotovoltaica. En la Figura 2 se encuentra la cuota de energía renovable total de cada una de las Islas [4].

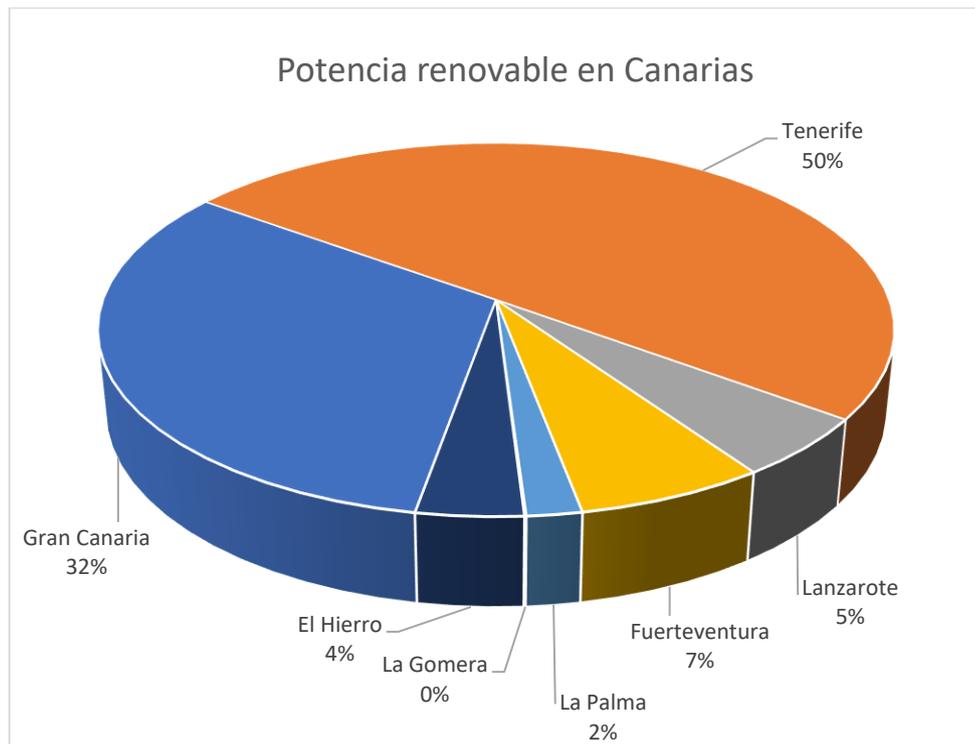


Figura 2. Potencia renovable en MW de cada isla en 2019

La región generó un 15,2% más de energía renovable en 2021 frente a 2020, llegando a los 1.600.000 MWh, gracias en parte a la nueva potencia instalada ese mismo año, en concreto se llegó a alcanzar los 731 MW con 79 MW nuevos de los que 10 MW pertenecen a solar y el resto a eólica [5].

En el ámbito de las administraciones públicas, cabe destacar la iniciativa del Cabildo de Gran Canaria de instalar paneles fotovoltaicos en edificios públicos, parques y aparcamientos. Esta iniciativa, que forma parte del Plan de Acción para el Clima y la Energía Sostenible (PACES)[6] de la isla, tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y ahorrar en la factura de la luz.

1.1 Estado del arte

La Unión Europea ha establecido para el 2030 un conjunto de objetivos sobre energías renovables, reducción de los gases de efecto invernadero y eficiencia energética. Entre estos objetivos se encuentra llegar a consumir un 32% de energía renovable, mejorar la eficiencia energética un 32% y reducir los gases de efecto invernadero un 40% (tomando como referencia los niveles de 1990). Estos objetivos se podrán revisar de forma periódica cada 5 años permitiendo aumentar el compromiso ecológico, pero nunca disminuyendo lo ya acordado.

Dentro del marco español los objetivos definidos por el Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC) son levemente diferente a los establecidos por la Unión Europea, se busca reducir un 23% los gases de efecto invernadero (frente a los niveles de 1990), que el 42% de la energía consumida sea renovable, mejorar un 39.5% la eficiencia energética y que el 74% de electricidad sea generada mediante sistemas renovables [7].

En Canarias cumplir con los compromisos energéticos de 2030 supone un gran desafío ya que presenta una gran dependencia del exterior. El 94% de la energía generada proviene de combustibles fósiles y por tanto del exterior, por lo que el PNIEC busca que la electricidad generada para el 2030 en las Islas conlleve un 50% menos de combustibles fósiles frente a los niveles de 2019. Además, se plantea no solo para España sino para toda la Unión Europea una descarbonización total en 2050.

En enero de 2020 en el Parlamento de Canarias se estableció el estado de emergencia climática. Este acuerdo permite al órgano correspondiente aprobar y desarrollar todas las medidas que vea necesarias para conseguir la adaptación, mitigación y transformación energética de las Islas, consiguiendo así luchar contra el cambio climático. Como objetivo principal se espera que para 2040 se hayan descarbonizado totalmente las Islas.

Canarias posee en el sector eléctrico 6 parques que se caracterizan principalmente por su generación poco diversificada y su envejecimiento, se basan principalmente en la generación eléctrica mediante productos petrolíferos. Solo un 19.9% de energía renovable se encuentra presenta en la generación eléctrica, valor muy inferior al del sistema nacional que presenta un 47.7% en 2021 [8].

El cumplimiento tanto de los objetivos del PNIEC como los establecidos por el estado de emergencia climática implican aumentar drásticamente la contribución de energía renovable. Por otro lado, se presenta un gran desafío tanto para la infraestructura canaria como para los ingenieros que llevarán a cabo esta transición energética.

1.2 Antecedentes

En función a lo estudiado anteriormente lo ideal no es solo invertir en instalaciones fotovoltaicas, sino que, también se debería diseñar un sistema de monitorización que mediante la utilización de la tecnología y productos de mercado permitan llevar un registro de la energía generada y consumida, tanto para realizar un correcto mantenimiento como para estudiar posibles ampliaciones o mejoras.

1.3 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es diseñar la instalación para el abastecimiento energético de un centro educativo, basada en la producción de energía limpia por medio del sol, diseñando dicha infraestructura mediante paneles fotovoltaicos, para así llegar a cubrir las necesidades del centro. Además, se va a establecer un sistema de monitoreo que permita en todo momento saber tanto la producción como el consumo.

Para este proyecto se plantean los siguientes objetivos a destacar:

O1: Diseñar la instalación fotovoltaica.

O2: Elaborar el sistema de monitorización.

1.4 Peticionario

El presente proyecto se redacta con carácter de Trabajo Fin de Grado (TFG). A petición de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica para la obtención por parte del autor, Sergio Lugo Fumero, del título de Graduado en Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación mención de Sistemas Electrónicos. Tiene por tanto como objeto la evaluación de las competencias asociadas a dicho título.

1.5 Medios Materiales

Para la realización del trabajo se han utilizado distintas herramientas de tipo hardware y software. Atendiendo a esta clasificación:

- Recurso Hardware:
 - Portátil personal Victus.
 - Samsung Tab A.
- Recurso Software:
 - SolarAPP.
 - PVGIS.
 - Wireshark.
 - Visual Studio Code (C/C++, Java, Python, R, SQL, HTML, entre otros).
 - Microsoft Office, para la elaboración de documentos.
 - Herramientas de búsquedas bibliográficas como Mendeley.
 - Visor GRAFCAN.

1.6 Estructura del documento

Tras analizar la situación actual de la energía fotovoltaica, en el Capítulo 2 se realizará un estudio de la situación actual del centro educativo. Incluyendo tanto la irradiancia que recibe como su consumo.

En el Capítulo 3 se realizará el dimensionamiento del sistema con y sin baterías estableciendo como objetivo principal satisfacer la demanda total en la hora de mayor consumo.

En el Capítulo 4 se establecerá la tecnología que se utilizará para crear el enlace con el regulador. Además, se establecerá el formato de la comunicación, de las tramas y de los datos.

En el Capítulo 5 se presentará todo el código realizado para establecer el enlace y convertir los datos en información. También se creará la base de datos que guardará toda la información.

En el Capítulo 6 se mostrarán los resultados que se han obtenido con las pruebas realizadas junto a la interfaz de usuario creada.

En el Capítulo 7 se recogerán las conclusiones extraídas de este trabajo y propondrán líneas de ampliación futuras.

Capítulo 2 Características del centro educativo

En el Capítulo 2 se estudiará la posición y situación del centro educativo del que se planea realizar una instalación fotovoltaica. Se estudiará por un lado el recurso solar que recibe el centro y por otro lado se analizará el consumo energético del mismo.

2.1 Descripción

El centro educativo IES Mencey Acaymo cuenta con una superficie de 11152 m² según datos oficiales del catastro [9]. Está formado por 3 edificios principales, un aulaio de 2215 m² donde se imparte clase tanto a la ESO como a bachillerato, un pabellón de 1228 m² donde se realizan las clases de educación física y posee actividades extraescolares como patinaje o baloncesto y un edificio de 468 m² destinado a los ciclos de nivel básico, medio y superior, destacando el ciclo básico de “Madera, Mueble y Corcho-Carpintería y Madera” debido al alto consumo de potencia que produce el trabajar la madera [10].

La actividad principal se ejerce de 8 de la mañana a 3 de la tarde de lunes a viernes, el resto del tiempo el consumo principal se encuentra en el pabellón debido a las actividades extraescolares. En la Figura 3 se puede ver una vista cenital del centro educativo.



Figura 3. Vista Cenital del centro educativo

2.2 Localización y recurso solar

El centro educativo se encuentra en la localidad de Güímar, más en concreto en la calle Juan Álvarez Delgado N°13. La Tabla 1 muestra la ubicación exacta del centro, ofreciendo los datos de latitud, longitud y altitud.

Tabla 1. Ubicación del centro educativo

Ubicación del centro educativo	
Latitud	28° 18' 51,81" N
Longitud	16° 24' 23,63" O
Altitud	253,73 m

En la Figura 4 se muestra el mapa de radiación solar que GRAFCAN[11] ofrece, en concreto la zona posee una radiación solar entre los 3.5 KWh/m² y 3.9 KWh/m².

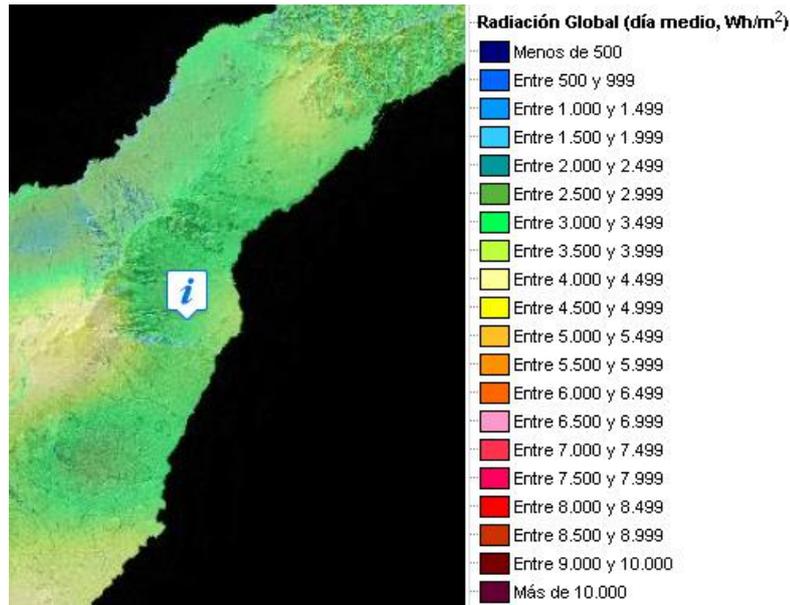


Figura 4. Mapa de radiación solar del centro

Para realizar el dimensionamiento de la instalación además de tener los datos de radiación global se utilizará PVGIS[12], una herramienta online de la Comisión Europea para obtener la irradiación diaria en los meses de enero y junio. Se han elegido estos dos meses ya que cada uno de ellos se encuentra en una época del año, en la Figura 5 y en la Figura 6 aparece la irradiancia respectiva en esos meses.

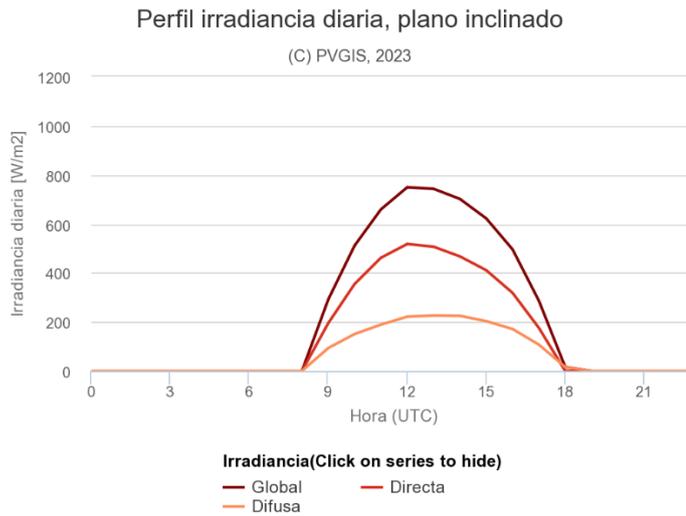


Figura 5. Irradiancia en el mes de enero

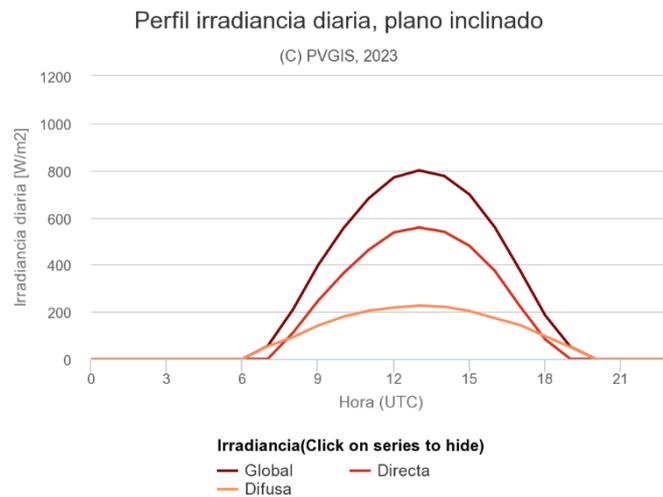


Figura 6. Irradiancia en el mes de junio

Se puede observar que en ambos casos la radiación solar máxima directa ronda los 500 W/m² en la hora punta, que en ambos casos es sobre las 12 o 13 horas. Además, no es hasta las 8 de la mañana que la radiación es lo suficientemente alta como para empezar a generar energía, tarea que se mantiene hasta las 18 horas donde la radiación solar empieza a ser insignificante. Otro motivo por el que se han escogido estos dos meses es que enero y junio son respectivamente los meses menos y más desfavorables en cuanto a consumo energético por lo que lo ideal es realizar el dimensionamiento teniendo en cuenta ambos extremos.

2.3 Demanda energética

La demanda energética del centro educativo se compone principalmente por:

- Alumbrado.
- Equipos informáticos (Ordenadores personales, proyectores, ...).
- Maquinaria especializada, el taller del ciclo básico de madera cuenta con máquinas como sierras de cinta, cepilladoras, tornos, lijadoras, ...

El centro educativo ha facilitado datos del consumo desde octubre de 2020 hasta septiembre de 2021. En la Figura 7 se puede observar la energía consumida en el periodo anteriormente nombrado.

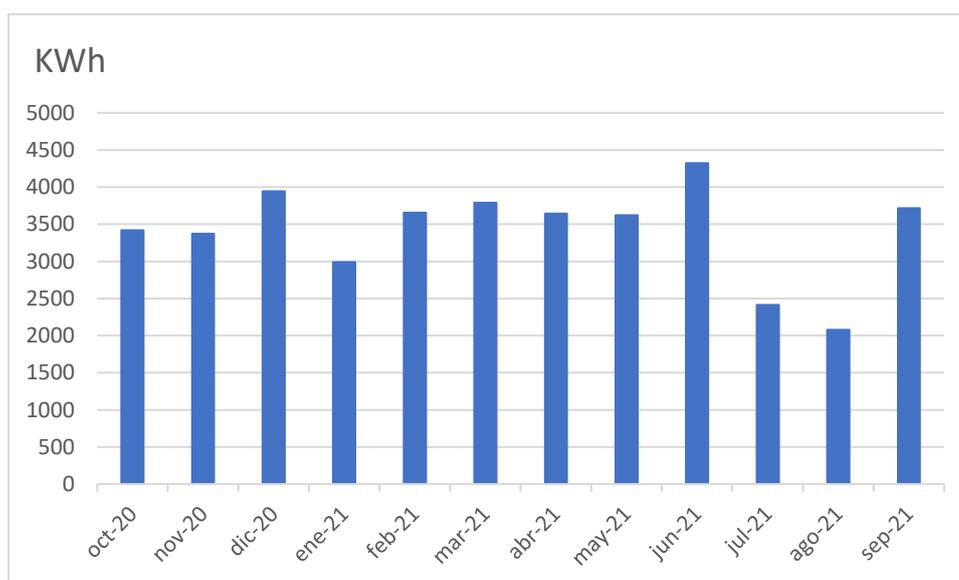


Figura 7. Energía consumida en 12 meses

En la Tabla 2 se muestra el consumo exacto de cada mes representado en la figura anterior, además, se ha obtenido la media y la suma total. Se llegan a consumir en total unos 40964 KWh y la media se encuentra en 3414 MWh, siendo los meses de julio y agosto los meses con menor consumo debido a las vacaciones escolares.

Tabla 2. Consumo del centro

Mes	Consumo (KWh)	Mes	Consumo (KWh)
Octubre 2020	3418	Abril 2021	3642
Noviembre 2020	3372	Mayo 2021	3621
Diciembre 2020	3945	Junio 2021	4324
Enero 2021	2989	Julio 2021	2415
Febrero 2021	3656	Agosto 2021	2076
Marzo 2021	3789	Septiembre 2021	3717
Total	40964	Media	3414

De la misma forma que se analizó la radiación solar diaria para los meses de enero y junio se analizó el consumo del día lectivo promedio de cada uno de esos meses para que en el siguiente capítulo con toda la información de generación y consumo se pueda dimensionar el sistema. En la Figura 8 y la Figura 9 aparecen respectivamente el consumo por hora de los días lectivos promedio de enero y junio.

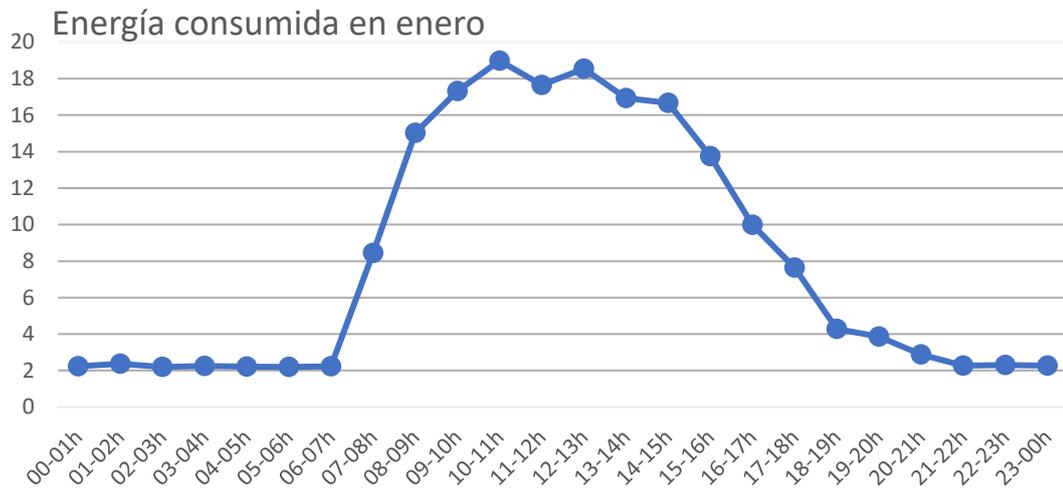


Figura 8. Consumo de día lectivo promedio de enero de 2021

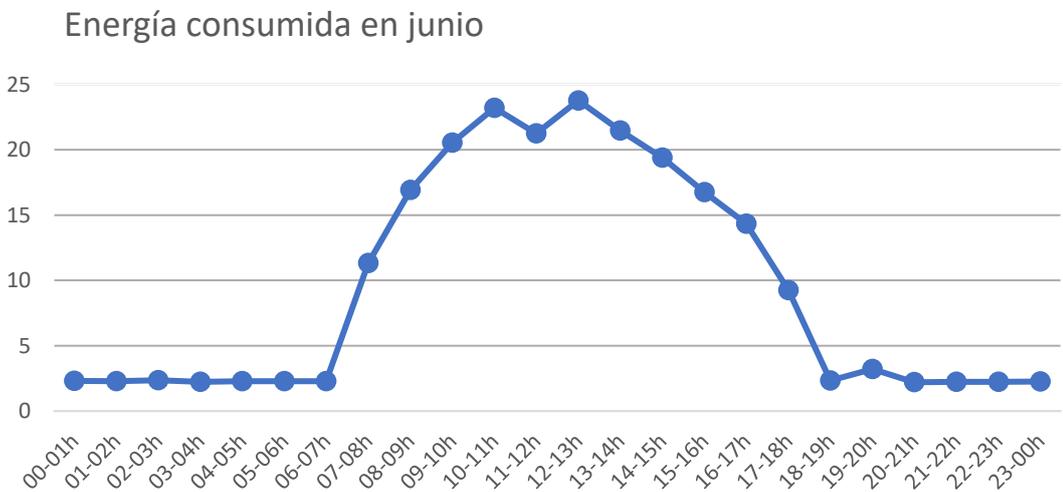


Figura 9. Consumo de día lectivo promedio de junio de 2021

Ambos días presentan una estructura similar a pesar de ser meses totalmente distintos donde en ambos casos el mayor pico de consumo aparece de 10 a 14 horas, empezando desde las 7 de la mañana y manteniendo un consumo medio de 2.2 KWh durante la noche.

2.4 Conclusión

Una vez estudiada la ubicación, el recurso solar y el consumo se puede concluir que el lugar es adecuado para una instalación fotovoltaica, además, el centro educativo posee un consumo lo suficientemente elevado como para que la inversión en energía solar pueda ser interesante.

Capítulo 3 Dimensionamiento de la instalación

En este capítulo se definirán los elementos necesarios para realizar la instalación fotovoltaica, además del diseño de esta con dos variantes. La primera variante es un sistema sin baterías conectado a la red de forma que cuando exista excedente o deficiencia de energía se utilice la red. Por otro lado, la segunda variante incluye baterías.

3.1 Tipos de paneles solares

La elección del panel solar para una instalación fotovoltaica no es trivial, actualmente en el mercado se pueden encontrar una alta variedad de paneles solares. Los paneles vienen definidos por los elementos que componen a sus células fotovoltaicas donde dependiendo de qué elementos se usen variarán las características principales siendo estas la eficiencia y el precio.

Paneles solares de silicio monocristalino: Su componente principal es el silicio monocristalino, siendo este un material altamente eficiente en la conversión de energía solar en electricidad. Son los más eficientes y duraderos lo que a su vez los convierte en los más costosos.

Eficiencia promedio: 15-20%.

Vida útil: 25-30 años.

Paneles solares de silicio policristalino: Estos de la misma forma que los monocristalinos están hechos silicio, pero al estar compuestos por más de una capa tienen una eficiencia menor, aunque por otro lado el precio también es menor.

Eficiencia promedio: 13-16%.

Vida útil: 25-30 años.[13]

Paneles solares de película delgada: Estos paneles están compuestos por materiales semiconductores como el silicio amorfo, el seleniuro de cobre indio galio o el telururo de cadmio. Son menos eficientes que los paneles de silicio, pero son más económicos, además se pueden producir en grandes cantidades.

Eficiencia promedio: 7-13%.

Vida útil: 20-25 años.[14]

Paneles solares bifaciales: Estos paneles solares son capaces de obtener energía por ambos lados permitiendo capturar una mayor cantidad de luz solar y por ende generar más energía, Pueden ser tanto monocristalinos como policristalinos.

Eficiencia promedio: 25-30%.

Vida útil: 25-30 años.[15]

3.2 Inversores

Los inversores permiten convertir la corriente continua que genera el panel solar en corriente alterna para la utilización en empresas u hogares. En el mercado se pueden encontrar distintos tipos orientados al tamaño de la instalación.

Inversores de cadena: Son los más utilizados y permiten convertir la corriente continua generada por un conjunto de paneles que se encuentren en serie en corriente alterna. Son ideales para instalaciones pequeñas o medianas.

Inversor centralizado: Están destinados a grandes instalaciones de paneles solares, permiten convertir la corriente continua de múltiples conjuntos de paneles en serie en corriente alterna, frente al inversor en cadena destaca principalmente la capacidad de manejar una mayor cantidad de paneles y una mayor eficiencia.

Microinversores: Convierten la corriente de los paneles solares de forma individual, colocándose de normal en la parte de atrás de cada uno de los paneles. Son adecuados para pequeñas instalaciones y especialmente para instalaciones con sombras parciales.

Inversores híbridos: Son dispositivos que permiten volcar la energía que se genere y no se consuma en la red, permitiendo obtener beneficios. Priorizan la alimentación de los dispositivos de consumo frente al vuelco en la red.

3.3 Tipos de reguladores

Para instalaciones solares existen principalmente dos tipos de reguladores, por un lado, los reguladores PWM y por otro lado los MPPT.

Reguladores de carga PWM: son los reguladores más comunes y básicos. Funcionan regulando el voltaje de salida de los paneles solares para evitar que exista una sobrecarga en las baterías y se dañen. Funcionan principalmente como un interruptor conectando y desconectando los paneles de las baterías.

Regulador MPPT: Son reguladores más avanzados y eficientes que son capaces de convertir la energía generada a la tensión y corriente correcta para alimentar a la batería. Al permitir el ajuste de corriente y voltaje permiten reducir las pérdidas de energía. [16]

3.4 Tipos de batería

Las baterías permiten almacenar la energía generada por la instalación para que en los momentos donde el consumo supere a la generación la instalación no se vea limitada, están principalmente destinadas para instalaciones aisladas, aunque si el consumo es muy alto en horas de poca luminosidad también puede ser recomendable su uso.

Batería de plomo-ácido: Son las más utilizadas y económicas. Existen dos tipos principales, por un lado, plomo-ácido inundadas y por otro lado plomo-ácidas selladas. Las primeras requieren mantenimiento regular para mantener los niveles de electrolitos y una ventilación adecuada para evitar explosiones. Las segundas no necesitan ni mantenimiento ni ventilación, pero la vida útil es menor.

Baterías de iones de litio: son más caras que las baterías de plomo-ácido, pero tienen una vida útil más larga y son más ligeras y compactas. Pueden ser descargadas totalmente sin dañar a la batería y son más eficientes por lo que se calientan menos en el proceso de carga y descarga.

Baterías de flujo: Son relativamente nuevas en el mercado y pueden almacenar grandes cantidades de energía e igual que las de iones de litio permiten ser descargas totalmente sin producirse daños. Poseen una mayor vida útil que las baterías de plomo-ácido y son menos susceptible al efecto de la temperatura en la capacidad de almacenamiento.

Batería de gel: Son baterías de plomo-ácido con estructura de gel, permitiendo ser menos propensas a las fugas y a la corrosión que las inundadas. También posee un ciclo de vida mayor y no requieren mantenimiento regular.

3.5 Dimensionamiento

La instalación fotovoltaica se realizará en el tejado del edificio principal del centro educativo, referenciado en el capítulo 2 como aulario. El edificio cuenta con una superficie aproximada de 1400 m². A pesar de contar con esta área no se utilizará toda, se abordará el área interior delimitada por un muro que cerca la zona ofreciendo un área de 750 m². En la Figura 10 se muestran ambas áreas.

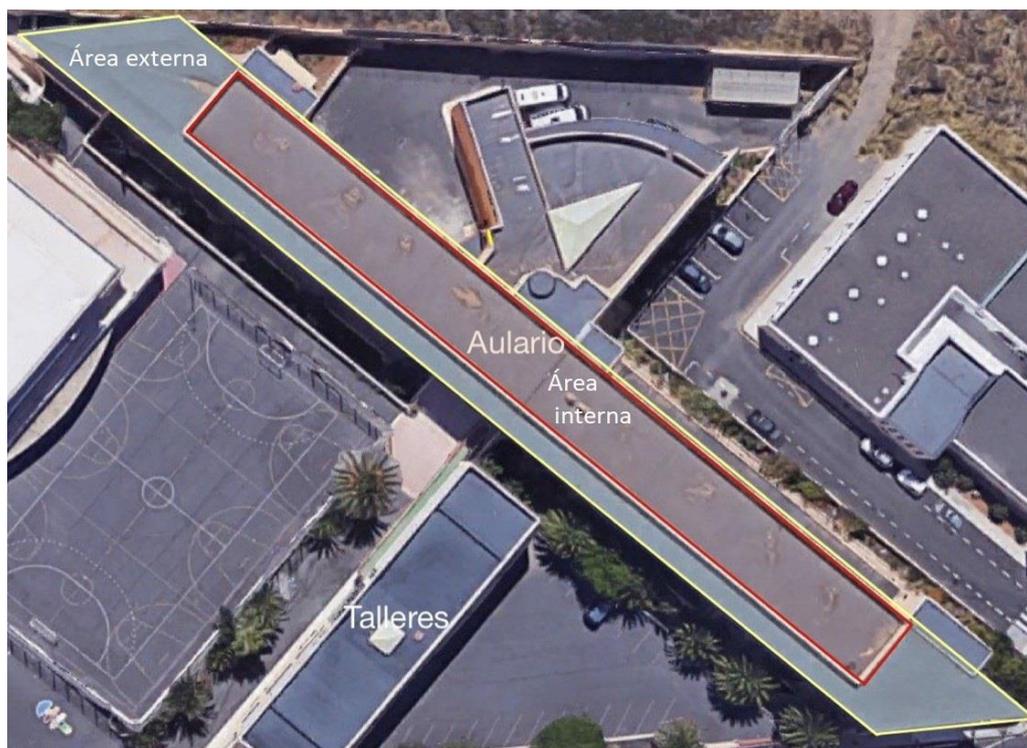


Figura 10. Vista cenital del aulario con división de área

3.5.1 Establecimiento de la instalación

Una vez elegido el lugar en el que se instalarán los paneles solares es importante elegir el mejor ángulo de inclinación posible, para ello en este trabajo se buscará mediante la herramienta de PVGIS la inclinación que se lo más fiel posible al consumo mensual que se muestra en la Figura 7. De cara a la elección de la inclinación se tendrá en cuenta principalmente los meses de septiembre a junio ya que son los que pertenecen al periodo escolar.

Para la elección de la inclinación se han usado los datos de 2020 siendo estos los más recientes que se encuentran disponibles, en la Tabla 3 aparece una comparativa de la irradiación por mes según la inclinación escogida. La inclinación aparece en grados en la primera columna mientras que la irradiación aparece debajo de cada mes en KWh/m².

Tabla 3. Irradiación mensual para distintas inclinaciones

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
25°	152	179	186	165	197	171	234	233	173	154	122	121
30°	157	183	187	162	190	165	226	228	172	156	126	125
35°	162	187	187	158	184	158	217	222	171	157	128	128
40°	165	189	186	154	176	151	207	215	168	158	130	130
45°	168	190	184	149	167	142	195	206	165	157	131	132

El ángulo de inclinación afecta principalmente a la generación dependiendo de la época del año, es decir para aumentar la generación en los meses de verano se busca una inclinación menor, pero para aumentar la inclinación en los meses de invierno y primavera prima un mayor ángulo de inclinación.

Para este dimensionamiento se ha decidido escoger el ángulo de 35° ya que, por un lado, al no ser una inclinación muy pequeña permite entre los meses de octubre y marzo obtener una irradiación aceptable y, por otro lado, al no ser un ángulo demasiado grande permite sobre todo en el mes de junio que la irradiación no sea demasiado baja.

En cuanto a la elección del azimut, lo ideal es escoger un azimut de valor 0° de forma que los paneles estén orientados hacia el sur, en este caso la fachada del edificio no está orientada del todo hacia el sur, por lo que existen 2 posibilidades:

-La primera opción es colocar los paneles totalmente orientados hacia el sur maximizando la generación, pero complicando la colocación de los mismos debido a las sombras generadas entre los paneles y la imposibilidad de colocar grandes hileras de paneles.

-La segunda opción implica colocar los paneles solares siguiendo la fachada del edificio para que sea más sencilla la gestión de las sombras y se puedan colocar hileras de paneles solares más grandes, pero en este caso existiría un azimut distinto a 0° por lo que la generación no estaría optimizada al máximo.

Para elegir la mejor opción se utilizará la herramienta de PVGIS y se comparará la irradiación en los meses de enero y junio para un azimut de 0° y para el azimut resultante de colocar los paneles siguiendo la fachada del edificio.

El azimut posee un valor igual 0° si se encuentra totalmente orientado hacia el sur, todos los ángulos entre el sur y el noreste son considerados negativos y todos los ángulos entre el sur y el noroeste son considerados positivos, en este caso el ángulo será de +45°. En la Tabla 4 aparece la comparativa de irradiación media diaria global para los meses de enero y junio con cada uno de los azimuts, todas las irradiaciones se encuentran en W/m².

Tabla 4. Comparación de irradiaciones para distintos valores de azimut

Hora	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Enero con azimut 0°	511	658	748	742	701	622	495	264
Enero con azimut 45°	275	453	597	658	680	658	579	349
Junio con azimut 0°	553	680	769	799	775	697	558	375

Junio con azimut 45°	377	547	692	791	841	835	759	605
----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

A pesar de que en las primeras horas de la mañana con un azimut de 45° la generación es menor, en hora punta la diferencia es mínima sobre todo para el mes de junio, y además la generación a primeras horas de la tarde es superior. Finalmente se optará por orientar los paneles siguiendo la fachada del edificio ya que permite simplificar la tarea de posicionar los paneles y la diferencia de irradiancia respecto al azimut de 0° no es significativa.

Para calcular la separación entre cada línea de paneles se ha usado la calculadora online de Monsolar[17]. La calculadora ofrece la separación entre paneles según el ángulo de inclinación, la latitud del lugar, la longitud del panel y el ángulo del mismo sobre la horizontal. En la Figura 11 aparece un esquema de la separación entre paneles con los valores de separación ofrecidos por la calculadora, además hay que tener en cuenta que existe un muro de 0.4 m cercanando el área interna. Finalmente queda una separación entre bases de 2.3 m.

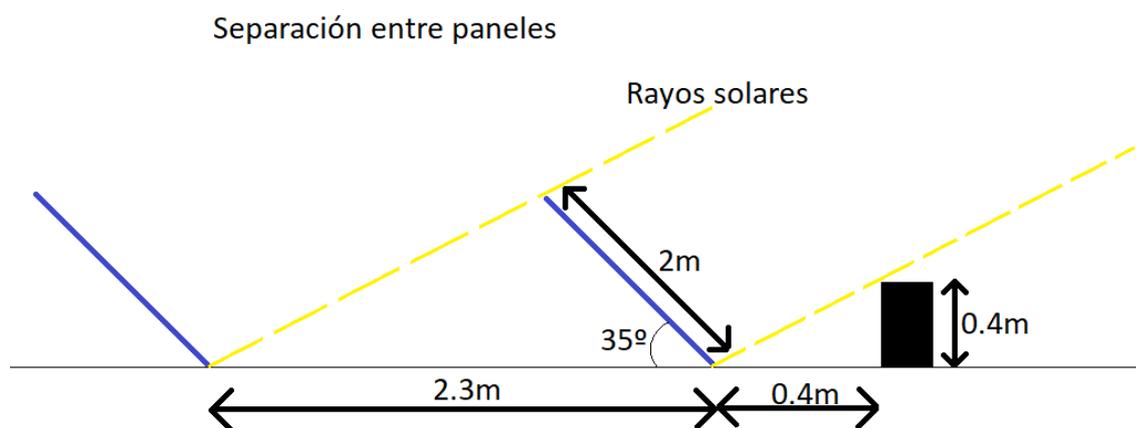


Figura 11. Separación entre paneles

3.5.2 Dimensionamiento sin baterías

En el diseño de la instalación sin baterías el sobredimensionamiento del sistema será mínimo ya que al no haber baterías no es necesario generar un excedente demasiado grande de energía.

El panel escogido es el Panel solar SunPower PERFORMANCE 3 COM 420 W, es un panel monocristalino con una eficiencia de 20.4% y un área de 2.10 m². El panel se montará sobre una estructura que permita obtener la máxima cantidad de irradiación solar evitando sombras entre paneles [18] este panel ha sido seleccionado ya que la tecnología monocristalina ofrece una alta eficiencia en comparación con otros tipos de tecnología.

El inversor escogido es el inversor GoodWe GW50KN-MT trifásico, es un inversor trifásico que cuenta con 4 MPPT, una tensión máxima de entrada 1100 V y una corriente máxima de entrada de 11 A por *string* [19] este inversor ha sido seleccionado ya que permite con un solo inversor el conexionamiento de todos los paneles que usarán en el dimensionamiento.

En este caso se dimensionará para cumplir con el requisito energético en la hora de máximo consumo que como se ha visto en el capítulo 2, tanto para el mes de enero como para junio es de 12 a 13 horas coincidiendo con el tramo de mayor irradiancia. Por otro lado, la potencia máxima en el MPPT que puede generar el panel es de 420 Wp para una superficie de 2.1 m².

Sabiendo que posee una eficiencia de 20.4% y de 12 a 13 horas incide respectivamente una irradiancia de 500 W/m² y el área es de 2.1 m² se obtiene que la potencia máxima que será capaz de producir el panel siguiendo la ecuación (1) es de 214 W. Por lo que al tener un consumo máximo diario de 25 KWh de 12 a 13 horas serán necesarios 117 paneles solares. El cálculo realizado sigue la Fórmula (1).

$$Potencia\ generada = \acute{a}rea * irradiancia * eficiencia \quad (1)$$

Para cubrir la necesidad del centro educativo se deben instalar 117 paneles repartidos en el área asignada de forma que no produzcan sombras entre ellos. La potencia total instalada de 117 paneles de 420 Wp es de 49 KWp.

La configuración de la instalación viene limitada por la corriente y tensión máxima admisible por el inversor. De forma que la relación de tensión entre el inversor y el panel limitan el número de paneles en serie y la relación entre la corriente del inversor y del panel limitan el número de paneles en paralelo. Las Fórmulas (2) y (3) indican el número de paneles en serie y en paralelo respectivamente.

$$N_{serie} = \frac{V_{inversor}}{V_{m\acute{o}dulo}} \quad (2)$$

$$N_{paralelo} = \frac{I_{inversor}}{I_{m\acute{o}dulo}} \quad (3)$$

Según la información ofrecida por el fabricante del regulador este es capaz de admitir una corriente de 11 A y una tensión de 1100 V por *string*, mientras que el panel solar puede generar una corriente de 9.28 A y una tensión de 45 V es por ello que la única topología

válida es colocar todos los paneles en serie con un máximo de 22 paneles. A pesar de que el máximo de paneles en serie sea 22 se ha decidido crear *strings* de 13 paneles para así dividir la carga entre los 4 MPPT. Se obtiene al final que por cada *string* de paneles se generan 5460 Wp en el caso de alcanzar el punto de MPPT.

El inversor posee 4 MPPT de los que los 2 primeros son capaces de manejar 3 *strings* y los 2 siguientes 2 *strings* cada uno. La Figura 12 muestra una imagen del esquema de conexión.

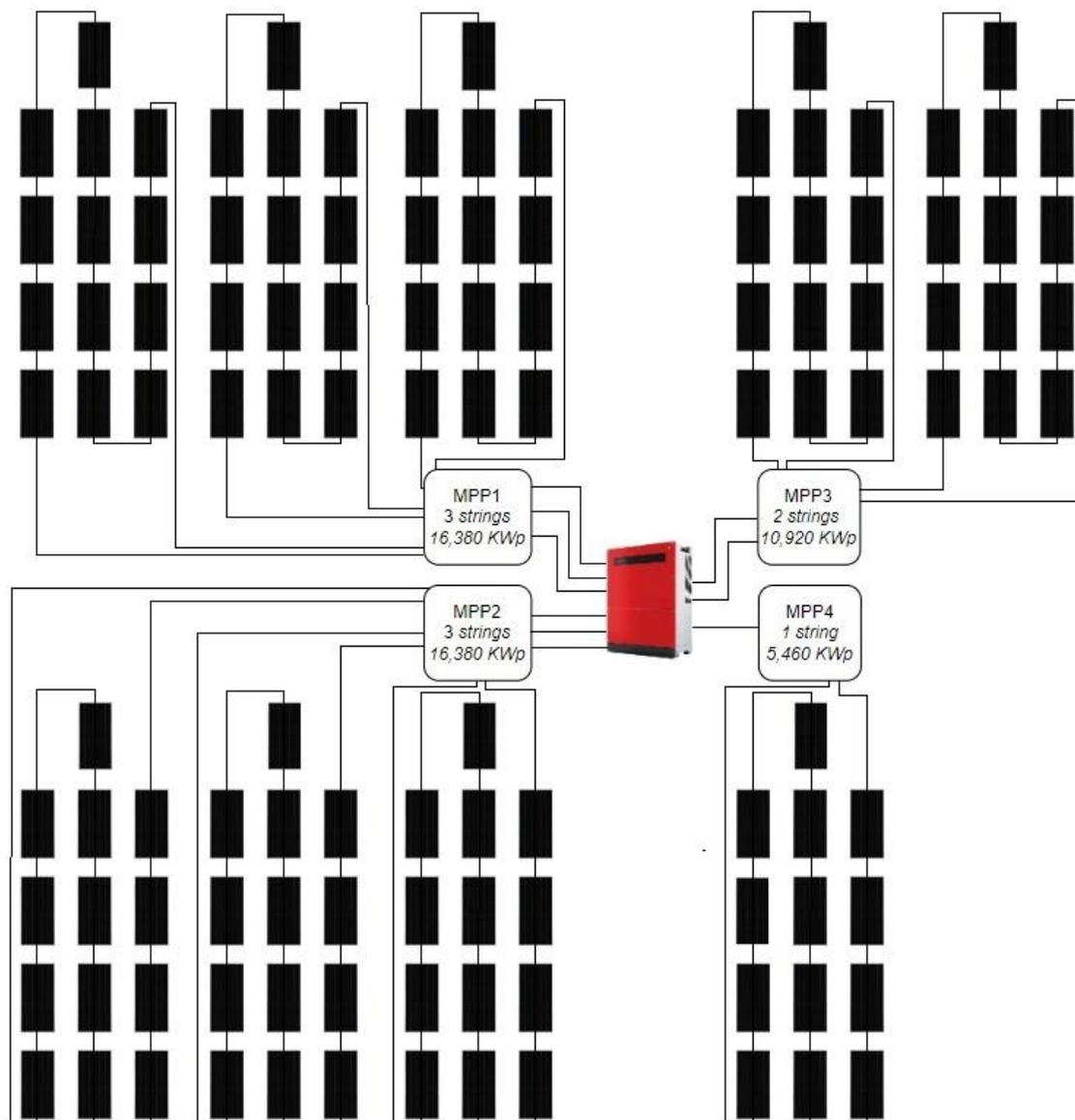


Figura 12. Esquema de conexión sin baterías

La Tabla 5 recoge a modo de resumen las características más importantes del dimensionamiento sin baterías.

Tabla 5. Resumen del dimensionamiento sin baterías

Potencia generada por <i>string</i>	Nº total de <i>strings</i>	Corriente Max por <i>string</i>	Tensión Max por <i>string</i>
5460 Wp	10	11 A	1100V
Nº de paneles en serie por <i>string</i>	Nº de MPPT	Corriente Max por panel	Tensión Max por panel
13	4	9.28A	45 V

Sabiendo que la separación mínima entre las bases de los paneles es de 2.3 m, que el largo del área interna es de 97 m y que su ancho es de 9.5 m en la Figura 13 aparece la colocación escogida para los 117 paneles. Se colocarán los paneles en 3 filas de 39 paneles cada una.

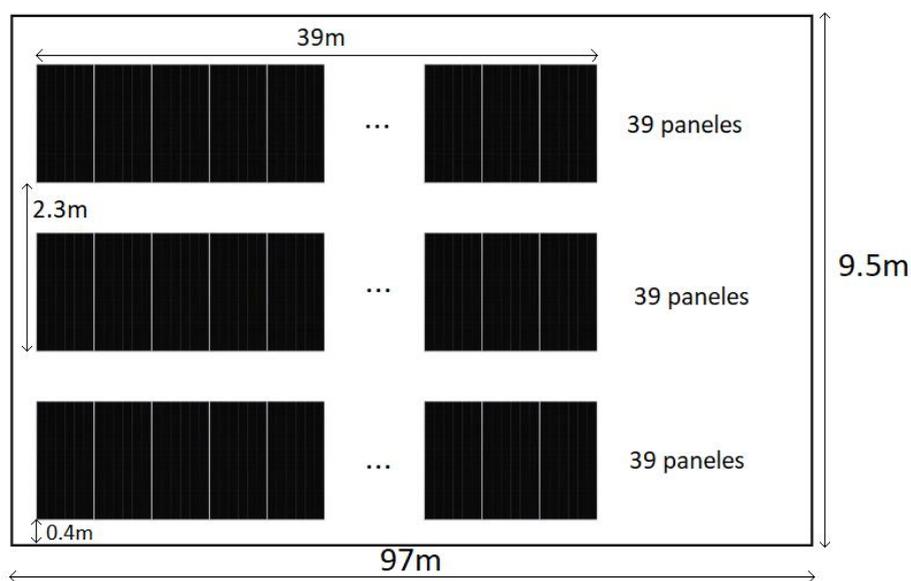


Figura 13. Disposición de los paneles solares sin baterías

3.5.3 Dimensionamiento con baterías

En este diseño será necesario, por un lado, aumentar el número de paneles para que el excedente de energía cargue las baterías y por otro lado será necesario añadir al diseño un elemento que es el regulador para que gestione tanto la generación como el consumo y carga y descarga de baterías.

Para la instalación de baterías se utilizará un rack de baterías para permitir la ampliación en el caso de que fuera necesario, en este caso se utilizará el rack Powercube M1 que admite hasta 23 baterías H32148 [20]. El modelo de batería H32148 es una batería de litio de 4.74 KWh [21]. Para regular el sistema se utilizará el regulador BMS SC1000-200 destinado al control de racks [22].

Se utilizará el mismo panel solar que en el caso anterior, pero con un sobredimensionamiento del 15% para permitir que el excedente de energía alimente las baterías. En total se utilizarán 135 paneles siguiendo el esquema utilizado en la instalación sin batería, pero con 2 paneles más por *string*. Además, el sistema contará con 10 baterías aportando una capacidad de 47.4 KWh de almacenamiento.

En la Tabla 6 aparece un resumen de las características más importantes del dimensionamiento con baterías.

Tabla 6. Resumen del dimensionamiento con baterías

Potencia generada por <i>string</i>	Nº total de <i>strings</i>	Corriente Max por <i>string</i>	Tensión Max por <i>string</i>
6300 Wp	10	11 A	1100 V
Nº de paneles en serie por <i>string</i>	Nº de MPPT	Corriente Max por panel	Tensión Max por panel
15	4	9.28 A	45 V
Cantidad de baterías	Capacidad de cada batería	Capacidad total de almacenamiento	Cantidad de racks
10	4.74 KWh	47.4 KWh	1

Sabiendo que la separación mínima entre las bases de los paneles solares es de 2.3 m, que el largo del área interna es de 97 m y que su ancho es 9.5 m de en la Figura 14 aparece la colocación escogida para los 135 paneles. Se colocarán 3 filas cada una de 45 paneles.

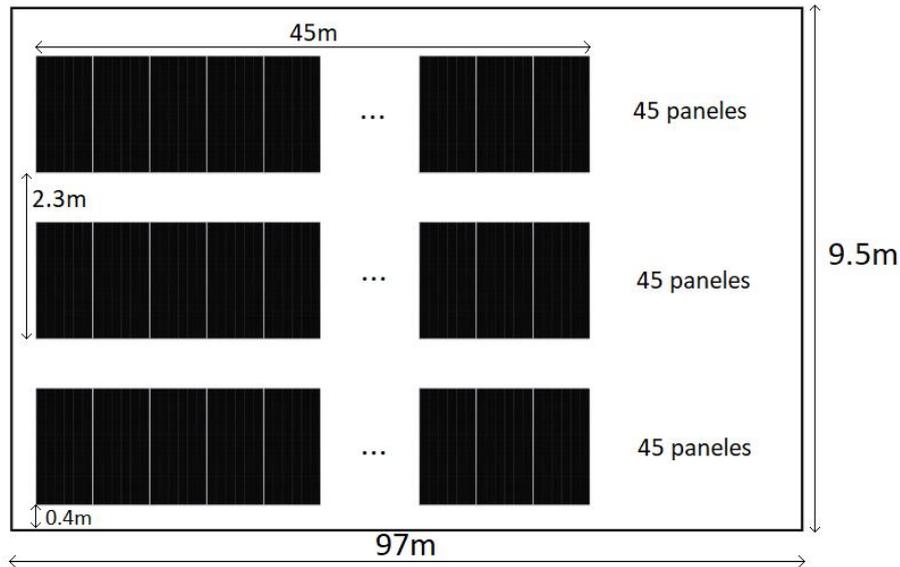


Figura 14. Disposición de los paneles solares sin baterías

3.6 Balance energético

Para realizar el balance energético se compararán ambas instalaciones con el consumo diario analizado en el capítulo 2, además también se utilizará la irradiancia por hora que se extrajo del PVGIS. De esta forma se observará si ambos sistemas cumplen con los requisitos de consumo de la instalación y se observará cuál de los dos se adapta mejor a los requerimientos de la misma. En la Tabla 7 aparece la comparación de energía generada y consumida total para ambas instalaciones y ambos días.

Tabla 7. Comparación de energía consumida y generada para ambos tipos de instalación

	Día lectivo de enero	Día lectivo de junio
Sistema sin baterías		
Consumo total	194,574 KWh	228,738 KWh
Generación total	140,525 KWh	204,326 KWh
Sistema con baterías		
Consumo total	194,574 KWh	228,738 KWh
Generación total	162,144 KWh	235,760 KWh

Los datos de generación se han obtenido de la misma forma que se utilizó para establecer la condición de dimensionamiento del apartado anterior, es decir se ha utilizado la Fórmula (1) y se han sumado todas las horas. En Figura 15, Figura 16, Figura 17 y Figura 18 aparece una comparación entre el consumo y la generación por hora durante enero y junio respectivamente y por variante de instalación primero sin y luego con baterías, además en el caso del sistema con batería aparece la cantidad de energía almacenada en porcentaje.

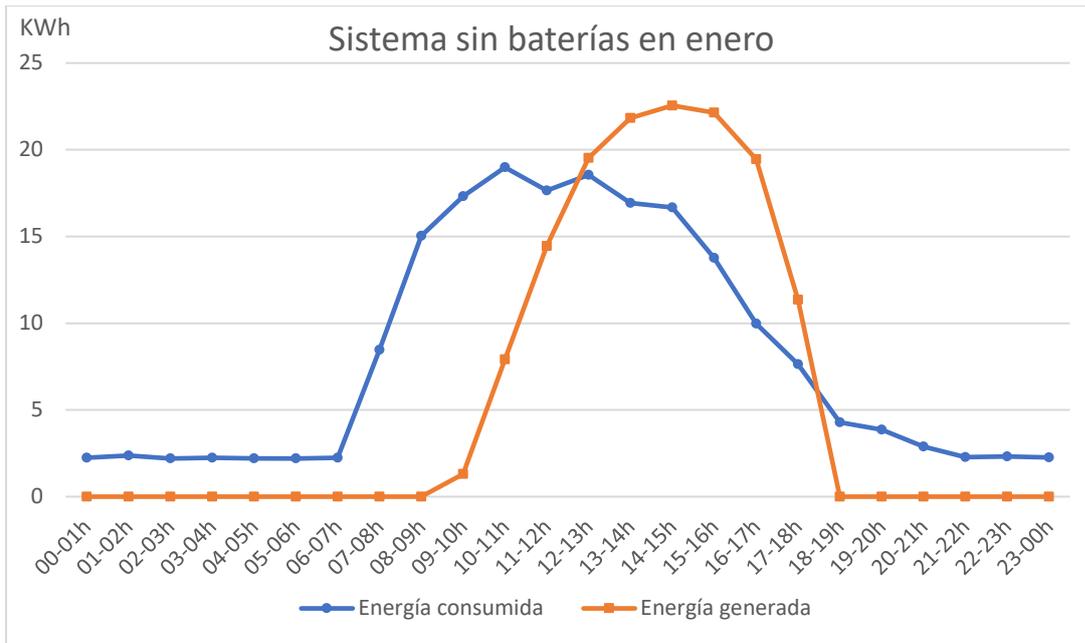


Figura 15. Energía generada vs consumida sin baterías en enero

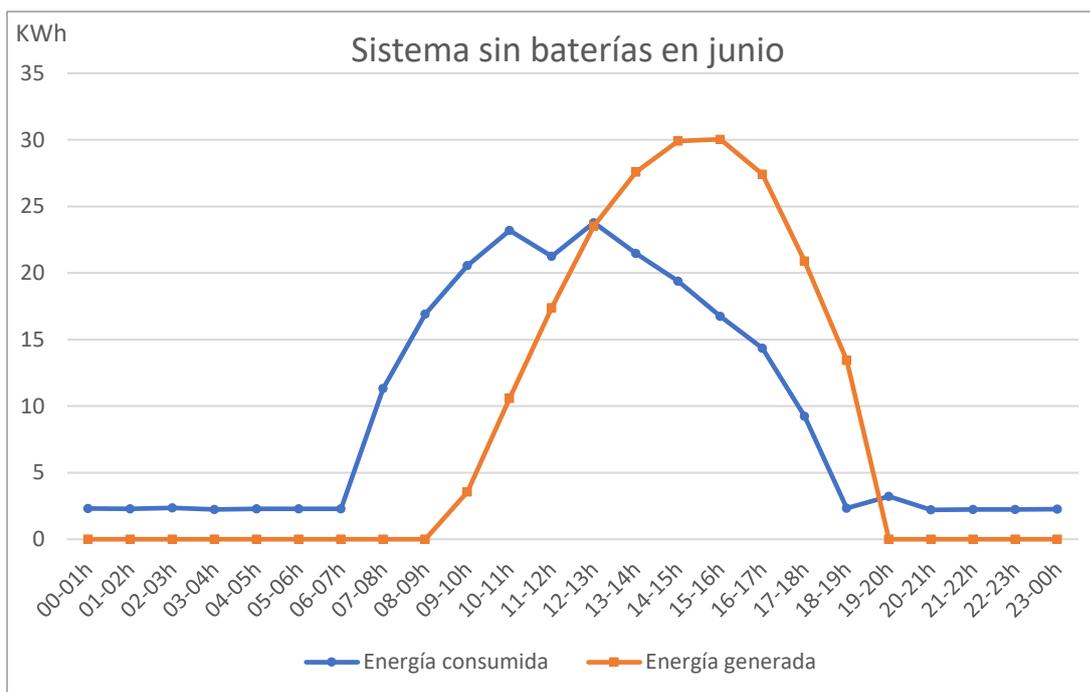


Figura 16. Energía generada vs consumida sin baterías en junio

Como se puede observar para el sistema sin baterías tanto en enero como en junio no es hasta las 12 de la mañana que la irradiancia es lo suficientemente alta como para que se genere más energía de la que se consume, de ahí hasta las 18 y 19 horas de la tarde respectivamente en enero y junio el sistema fotovoltaico es capaz de satisfacer la

demanda. A partir de las 18 y 19 horas de la tarde la irradiancia es demasiado baja como para satisfacer la demanda por lo que se consume de la red.

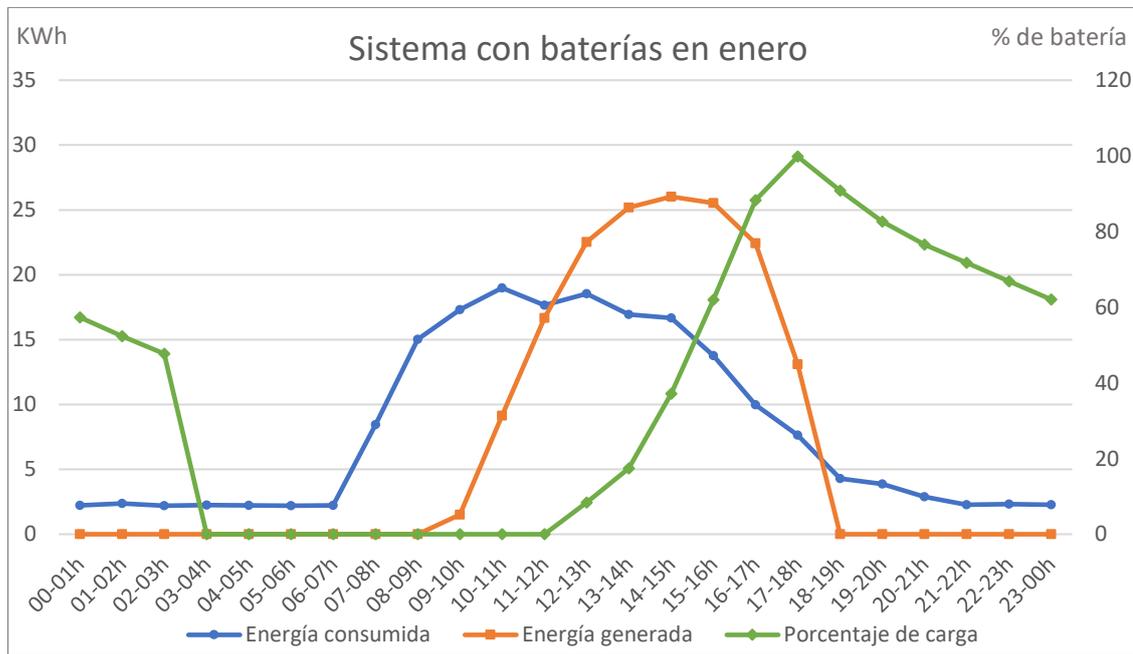


Figura 17. Energía generada vs consumida con baterías en enero

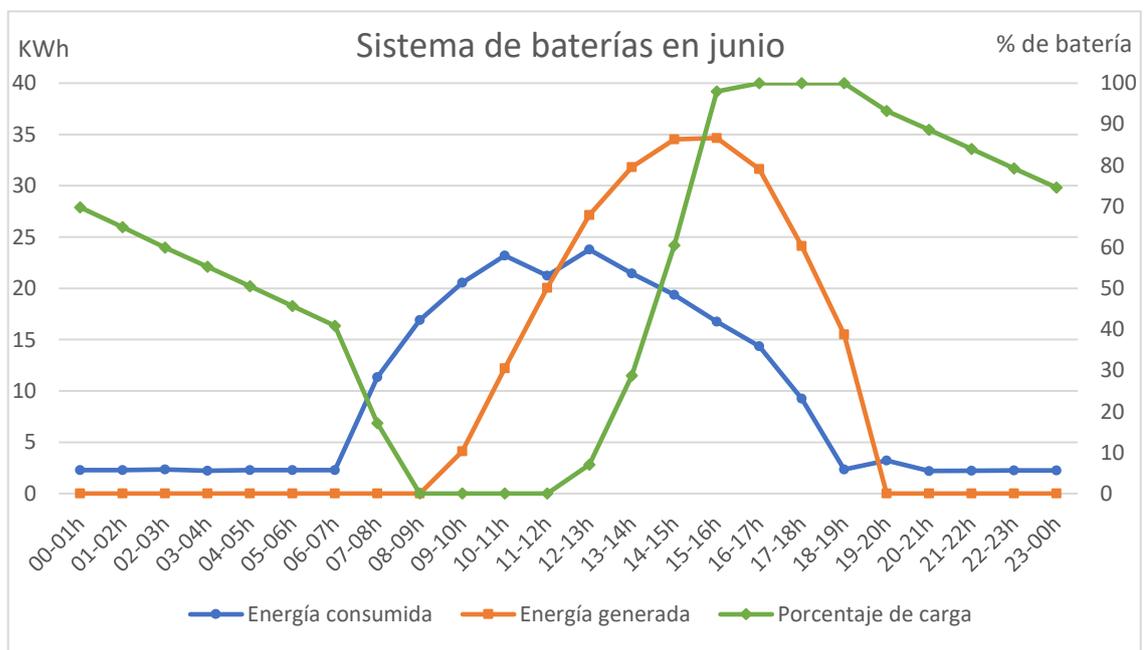


Figura 18. Energía generada vs consumida con baterías en junio

De la misma forma que en el caso anterior no es hasta las 11 que el sistema es capaz de generar suficiente energía como para satisfacer tanto la demanda como para cargar las baterías, a diferencia del primer caso al contar con batería en enero se puede satisfacer la

demanda totalmente ya que las baterías nunca se descargan. En el caso de enero las baterías solo son capaces de cargarse al máximo durante 1 hora luego rápidamente se descargan, pero en junio llegan a cargarse al máximo e incluso de 16 a 19 horas la batería se mantiene al 100%.

3.7 Conclusión

Como se vio en el Capítulo 2 la irradiancia solo es lo suficientemente alta durante aproximadamente 10 horas al día como para generar energía, mientras que la instalación consume constantemente durante todo el día por lo que esta condición de dimensionamiento no sería suficiente como para no depender de la red eléctrica.

En el caso de que se quisiera total autonomía sería necesario, por un lado, utilizar el sistema con baterías para abastecer a la instalación durante la noche y por otro lado será necesario aumentar también el número de paneles para de esta forma asegurar que en días de baja irradiancia el sistema cumple con las expectativas.

Capítulo 4 Solución Software

En este capítulo como añadido al dimensionamiento de la instalación fotovoltaica se utilizará Bluetooth Low Energy para crear un enlace que permita el monitoreo de la instalación. Además, se creará una interfaz de usuario y una base de datos que permita acceder a datos históricos.

4.1 Características del sistema

Para la realización del enlace no se utilizarán los elementos establecidos para dimensionar el sistema, sino que por el contrario la propia Escuela cuenta con un regulador BLE, en concreto iSCC-LXM™ Series – XUNZEL [23].

Este regulador no posee la capacidad de gestionar una instalación tan grande como la dimensionada, pero ha sido escogido ya que al encontrarse disponible en la escuela permite realizar prueba y verificar el correcto funcionamiento del código. El regulador como tal no es capaz de enviar tramas BLE, pero cuenta con un dispositivo que funciona como emisor y receptor de tramas, en concreto es un módulo BT-02 que se conecta directamente al regulador.

4.2 Bluetooth low energy

A pesar de que la tecnología Bluetooth existe desde 1999 permitiendo intercambiar datos de forma inalámbrica no es hasta 2010 con la llegada de Bluetooth 4.0 que nace Bluetooth Low Energy o también conocido como BLE.

Uno de los principales objetivos de esta nueva variante es ser altamente eficiente con el uso de la energía, destacando entre otras de sus características su comunicación asimétrica donde el dispositivo con mayor batería tiene una mayor ‘responsabilidad’ en la comunicación. Un claro ejemplo de la ‘responsabilidad’ anteriormente nombrada es el uso de BLE para audio, en concreto la conexión entre un smartphone y unos auriculares donde el smartphone tendrá una mayor carga en la comunicación al establecer la comunicación, mandar tramas...

BLE permite por un lado la comunicación mediante *broadcasting* y por otro lado la comunicación entre 2 dispositivos, siendo esta última que se llevará a cabo en este TFG, a pesar de haber varias opciones toda comunicación sin importar el tipo debe cumplir con una serie de especificaciones. Dentro de una comunicación podemos encontrar los siguientes elementos:[24]

Perfil de atributo genérico (GATT): también conocido como GATT define un perfil bajo el que actúan todos los dispositivos que utilicen este tipo de conexión, en concreto es una especificación que se utiliza para enviar fragmentos de datos denominados atributos.

Protocolo de atributos (ATT): GATT está principalmente basado en el protocolo de atributos, estando este último especializado para BLE mediante un menor uso de la menor cantidad de bytes posibles. Cada atributo utiliza un identificador universal único (UUID) de 128 bits para identificar de forma única la información enviada y recibida. Los atributos ATT utilizan el formato de características y servicios.

Característica: Una característica contiene un solo valor entre 0 y n descriptores, siendo n un número entero positivo.

Descriptor: Los descriptores pueden especificar elementos como rangos de valores o unidades concretas de la característica.

Servicio: Un servicio comprende un conjunto de características, por ejemplo, se podría tener un servicio destinado a la descripción del dispositivo donde cada una de sus características hace referencia a un elemento característico del dispositivo como MAC o número de serie.[25]

En la Figura 19 se muestra cómo se agrupan para el correcto funcionamiento todos los términos anteriormente definidos.

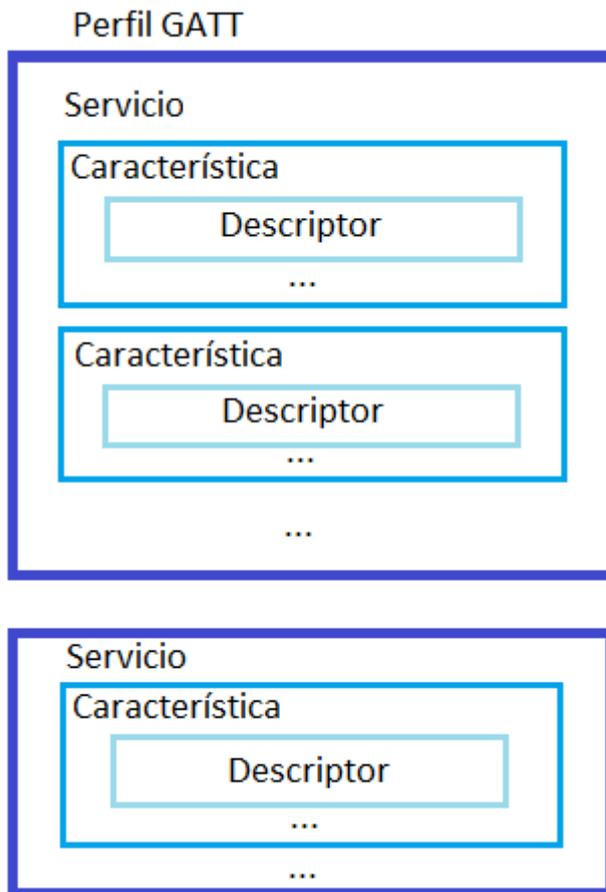


Figura 19. Estructura de comunicación BLE

Muchos servicios y características vienen predefinidos por el propio organismo de Bluetooth, a pesar de esto el fabricante es libre de utilizar otros o definir los suyos propios. En la Figura 20 mediante un teléfono Android se ha utilizado la aplicación LightBlue para descubrir que servicios y características ofrece el regulador, además en la Figura 21 se encuentra el servicio y característica del 'System ID'.

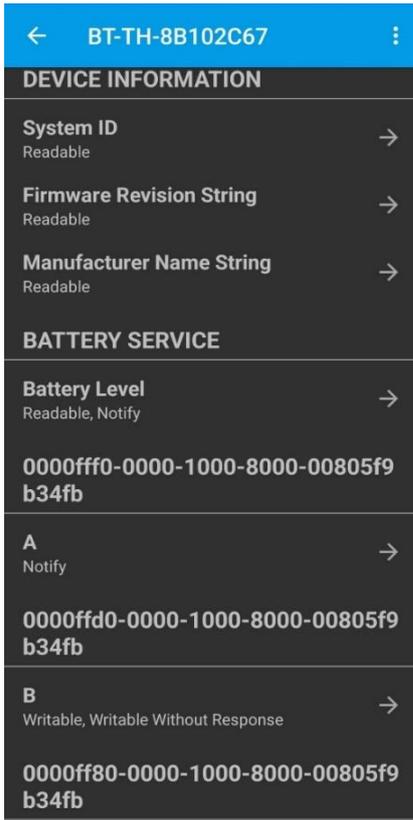


Figura 20. Servicios y características del regulador

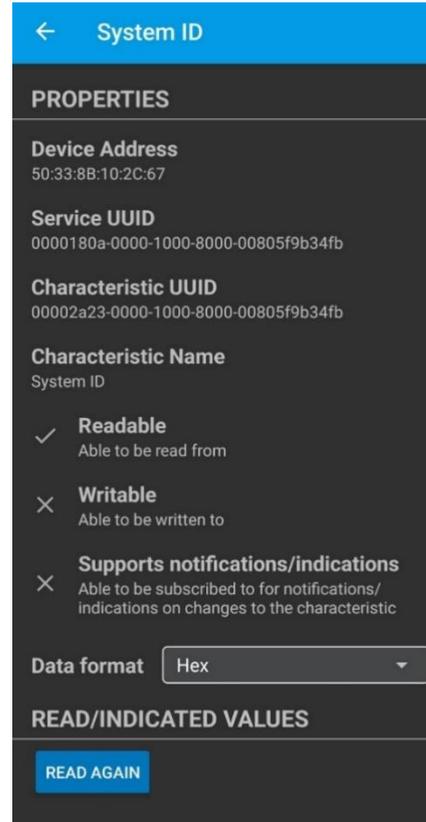


Figura 21. Servicio y característica del System ID

Todo servicio y característica que estén definidos en el estándar se identificarán con un nombre concreto como es el caso de “Battery Level” o el de “System ID”. Para identificar el servicio o característica correspondiente se deben revisar los 8 primeros valores de los mismos. En el caso de “System ID” el servicio debe ser 0000180a y la característica debe ser 00002a23, además es una característica que solamente se puede leer.

En la Figura 22 se puede apreciar cual son los servicios y características concretos para “Battery Level”, además se puede observar que posee una característica que solo permite la lectura y la notificación cuando cambie el valor, como es obvio no tiene sentido que el nivel de la batería permita la escritura de la misma.

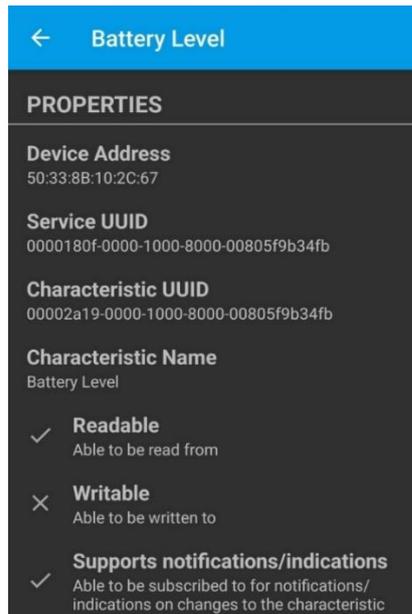


Figura 22. Servicio y característica de la batería

Si el fabricante define sus propios servicios y características estos en la APP se identifican con letras siendo en este caso 'A' y 'B'. Estos dos últimos servicios son los más importantes ya que son los utilizados por el fabricante para enviar y recibir tramas. En la Figura 23 y Figura 24 se encuentran los servicios y características de 'A' y 'B' respectivamente.

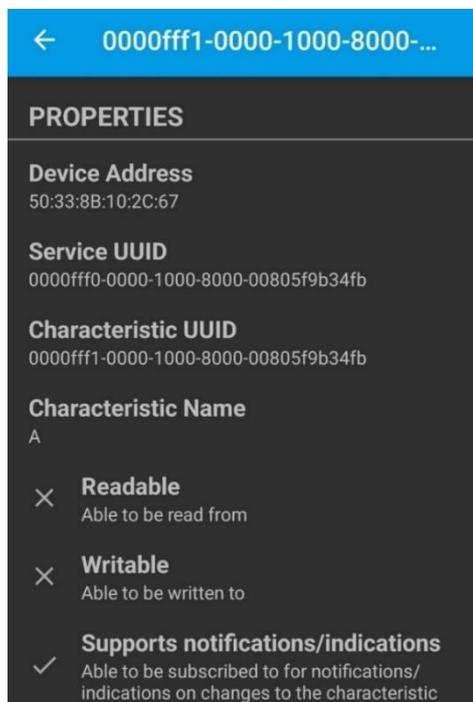


Figura 23. Servicio y característica de 'A'

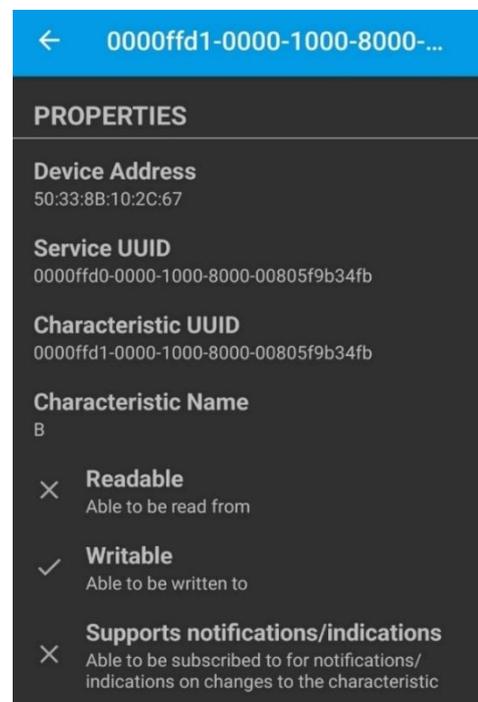


Figura 24. Servicio y característica de 'B'

‘A’ se utilizará para recibir las tramas que lleguen del regulador este conjunto de servicios y característica solo permite la notificación y no la escritura ni la lectura, por otro lado ‘B’ se utilizará para mandar las tramas que sean necesarias permitiendo solamente la escritura.

4.3 Sistema de comunicación

Para la comunicación con el regulador es necesario que este posea un módulo BLE, en concreto se trata del módulo BT-2 [26], como característica a destacar de este módulo es que el fabricante no ha publicado ningún tipo de documento describiendo el sistema de comunicación que utiliza este regulador, por lo que se debe analizar la comunicación BLE para obtener información sobre los datos que se envían y reciben. El fabricante ofrece tanto en la AppStore como en la PlayStore una aplicación llamada ‘SolarAPP’ [27], en la Figura 25 se encuentra su página principal donde muestra las características principales del regulador, en este caso muchas de ellas aparecen a 0 esto es debido a que solamente se encuentra conectada una batería, ni carga ni paneles solares.

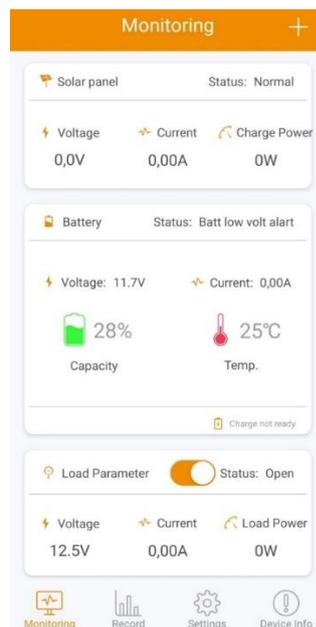


Figura 25. Interfaz de SolarAPP

4.4 Obtención de tramas

Para descifrar la comunicación entre la APP y el regulador se ha utilizado una Tablet Samsung Galaxy TAB A y se han seguido una serie de pasos descritos a continuación:

1º Activar las opciones de desarrollador desde los ajustes.

2° Habilitar el registro de Bluetooth HCI en las opciones de desarrollador, como se muestra en la Figura 26.



Figura 26. Paso 2, habilitación del registro HCI

3° Activar el Bluetooth del dispositivo.

4° Abrir la app del fabricante y esperar uno o dos minutos para que lleguen suficientes tramas.

5° Cerrar la app y generar el informe de errores en las opciones para desarrollador como en la Figura 27.

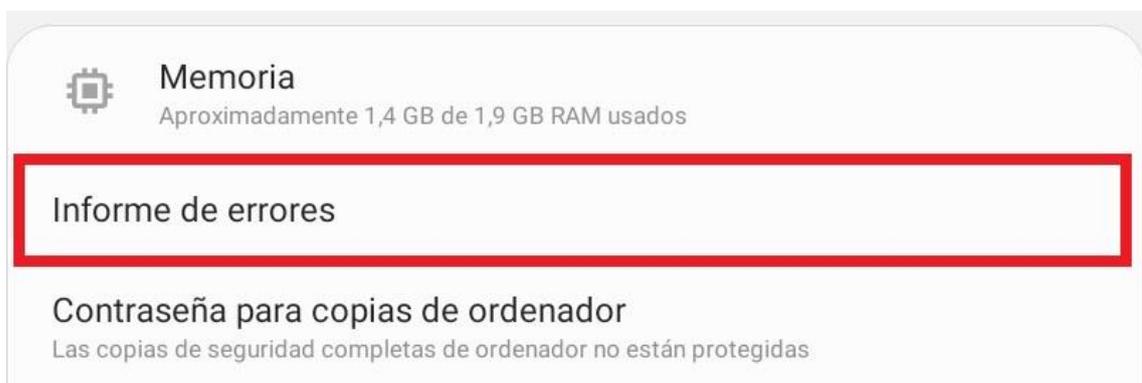


Figura 27. Paso 5, generación del informe de errores

6° Enviar ese informe al ordenador y analizarlo.

Al generar el informe de errores se crea un archivo .zip que dentro contiene la comunicación BLE en un archivo llamado 'btsnoop_hci.log' dentro de la ruta [archivo.zip]\FS\data\log\bt, como se muestra en la Figura 28. Destacar que los pasos del 4 al 6 se han repetido varias veces para obtener distintos informes y comparar las distintas

tramas. Lo que se ha buscado es que entre informe e informe de errores varíen los datos como por ejemplo el porcentaje de carga de la batería conectada entre otros.

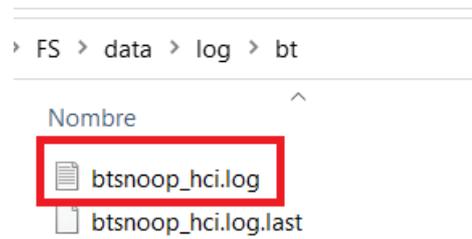


Figura 28. Registro HCI generado

4.5 Wireshark

Wireshark es un software utilizado principalmente para analizar protocolos de comunicación, en concreto es el más utilizado a nivel mundial e incluso se utiliza en alguna práctica del grado. No solo permite analizar tramas o comunicaciones, sino que además permite capturar las comunicaciones que sea capaz de detectar. Para este caso la captura se ha realizado mediante el informe de errores ya que para obtener las tramas de forma correcta es necesario que exista un receptor que convierta los datos que llegan en información y al solo existir aplicación para dispositivos móviles la captura mediante este software no es viable. Una vez importado el archivo .log en Wireshark la interfaz obtiene la forma que se muestra en la Figura 29 [28].

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Value
1	0.000000	host	controller	HCI_CMD	4	
2	0.027463	controller	host	HCI_EVT	7	
3	0.027720	host	controller	HCI_CMD	4	
4	0.028655	controller	host	HCI_EVT	14	
5	0.028890	host	controller	HCI_CMD	11	
6	0.029656	controller	host	HCI_EVT	7	
7	0.029887	host	controller	HCI_CMD	4	
8	0.031058	controller	host	HCI_EVT	15	
9	0.045847	host	controller	HCI_CMD	4	
10	0.050319	controller	host	HCI_EVT	13	
11	0.050571	host	controller	HCI_CMD	4	
12	0.052538	controller	host	HCI_EVT	71	
13	0.052803	host	controller	HCI_CMD	5	
14	0.057516	controller	host	HCI_EVT	17	
15	0.057784	host	controller	HCI_CMD	5	
16	0.059625	controller	host	HCI_EVT	7	
17	0.059878	host	controller	HCI_CMD	6	
18	0.061102	controller	host	HCI_EVT	7	
19	0.061340	host	controller	HCI_CMD	5	
20	0.062590	controller	host	HCI_EVT	17	
21	0.062830	host	controller	HCI_CMD	5	
22	0.066734	controller	host	HCI_EVT	17	
23	0.066965	host	controller	HCI_CMD	5	
24	0.068744	controller	host	HCI_EVT	7	
25	0.068994	host	controller	HCI_CMD	4	

Figura 29. Interfaz de Wireshark

Existen 8 columnas la primera asigna un número entero positivo creciente a la trama según esta va llegando, este número es generado por Wireshark y no tiene nada que ver con el protocolo que se esté analizando. La segunda columna igualmente generada por Wireshark indica cuanto tiempo tardan en llegar las distintas tramas en milisegundos desde que llegó la primera obteniendo esta el valor de tiempo 0. La tercera y cuarta indican respectivamente el emisor y el receptor. La quinta columna indica el protocolo utilizado, la sexta la longitud en bytes y la séptima el valor del campo de datos en el caso de que exista.

Cabe destacar que justo encima de las columnas existe un campo en el que se pueden añadir filtros, en este caso el filtro usado se muestra en la Figura 30 y es “btatt” de esta forma solo se verán tramas que utilicen el protocolo BLE donde de verdad están las tramas de comunicación con información.

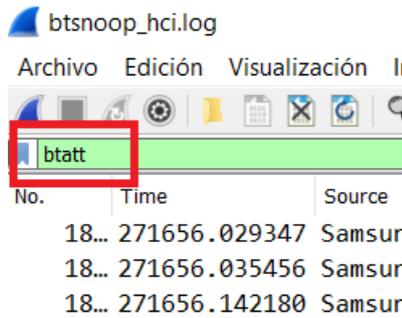


Figura 30. Filtro en Wireshark

En la Figura 31 se puede apreciar como al usar el filtro ha habido cambios como el nombre del emisor, receptor y el protocolo usado entre otros.

No.	Time	Source	Destination	Protoccc	Length	Value
232	230.214252	SamsungE_46:5f:b7 (Gal...	TexasIns_10:2c:67 (BT-TH...	ATT	16	
235	230.266320	TexasIns_10:2c:67 (BT-...	SamsungE_46:5f:b7 (Galax...	ATT	29	
236	230.266573	SamsungE_46:5f:b7 (Gal...	TexasIns_10:2c:67 (BT-TH...	ATT	16	
239	230.412224	TexasIns_10:2c:67 (BT-...	SamsungE_46:5f:b7 (Galax...	ATT	29	
240	230.414751	SamsungE_46:5f:b7 (Gal...	TexasIns_10:2c:67 (BT-TH...	ATT	16	
242	230.509739	TexasIns_10:2c:67 (BT-...	SamsungE_46:5f:b7 (Galax...	ATT	17	
243	230.510215	SamsungE_46:5f:b7 (Gal...	TexasIns_10:2c:67 (BT-TH...	ATT	16	
246	230.613916	TexasIns_10:2c:67 (BT-...	SamsungE_46:5f:b7 (Galax...	ATT	14	

Figura 31. Resultados del filtro btatt

A pesar de que este filtro permite solo ver la comunicación que utilice el protocolo ATT que en un principio es lo que se busca todavía no es lo suficientemente selectivo como para que sea viable empezar a analizar el tráfico, de hecho, muchas de estas tramas no contienen datos como se puede apreciar en la figura anterior.

Para mejorar el filtrado es necesario analizar que distingue a las tramas que sí contienen algún elemento en el campo "Value" del resto. Como se muestra en la Figura 32 al seleccionar una trama se pueden ver ciertos campos. De todos los campos que aparecen el que interesa es "Opcode" y en concreto el elemento llamado "Method" que en este caso sirve para identificar a esta trama con el código 0x05 que corresponde a "Find Information response".

```

18... 271592.780054 TexasIns_10:2c:67 (... SamsungE_46:5f:b7 (Galaxy Tab A (8... ATT 19
18... 271688.127967 TexasIns_10:2c:67 (... SamsungE_46:5f:b7 (Galaxy Tab A (8... ATT 19
> Frame 18234: 19 bytes on wire (152 bits), 19 bytes captured (152 bits)
> Bluetooth
> Bluetooth HCI H4
> Bluetooth HCI ACL Packet
> Bluetooth L2CAP Protocol
> Bluetooth Attribute Protocol
  > Opcode: Find Information Response (0x05)
    0... .... = Authentication Signature: False
    .0.. .... = Command: False
    ..00 0101 = Method: Find Information Response (0x05)
    UUID Format: 16-bit UUIDs (0x01)
  > Information Data, Handle: 0x0023, UUID: Client Characteristic Configuration
  > Information Data, Handle: 0x0024, UUID: Characteristic User Description
    [Request in Frame: 18232]

```

Figura 32. Análisis inicial de Opcode

Analizando tramas que si contienen datos en el campo “Value” se pueden identificar 2 casos concretos:

El primer caso es el que aparece en la Figura 33 y corresponde a cuando el emisor es el regulador y el receptor es la Tablet, en este caso “Method” obtiene el valor 0x1b que indica que una notificación correspondiéndose con el primer análisis realizado mediante la app LigthBlue.

```

18... 271656.425775 TexasIns_10:2c:67 (... SamsungE_46:5f:b7 (Galaxy Tab A (8... ATT
18... 271656.632084 TexasIns_10:2c:67 (... SamsungE_46:5f:b7 (Galaxy Tab A (8... ATT
> Frame 18613: 25 bytes on wire (200 bits), 25 bytes captured (200 bits)
> Bluetooth
> Bluetooth HCI H4
> Bluetooth HCI ACL Packet
> Bluetooth L2CAP Protocol
> Bluetooth Attribute Protocol
  > Opcode: Handle Value Notification (0x1b)
    0... .... = Authentication Signature: False
    .0.. .... = Command: False
    ..01 1011 = Method: Handle Value Notification (0x1b)
  > Handle: 0x000e (Unknown: Unknown)
    Value: ff0308004d00000000000003f38

```

Figura 33. Opcode de notificación

El segundo caso corresponde con la Figura 34 y ocurre cuando el emisor es la Tablet y el receptor es el regulador, en este caso “Method” obtiene el valor 0x12 correspondiente con una escritura.

```

18... 271656.249257 SamsungE_46:5f:b7 (... TexasIns_10:2c:67 (BT-TH-8B102C67) ATT
18... 271656.345486 SamsungE_46:5f:b7 (... TexasIns_10:2c:67 (BT-TH-8B102C67) ATT
18 271656.433547 SamsungE_46:5f:b7 (... TexasIns_10:2c:67 (BT-TH-8B102C67) ATT
> Frame 18609: 32 bytes on wire (256 bits), 32 bytes captured (256 bits)
> Bluetooth
> Bluetooth HCI H4
> Bluetooth HCI ACL Packet
> Bluetooth L2CAP Protocol
▼ Bluetooth Attribute Protocol
  ✓ Opcode: Write Command (0x52)
    0... .... = Authentication Signature: False
    .1... .... = Command: True
    ..01 0010 = Method: Write Request (0x12)
  > Handle: 0x0013 (Unknown: Unknown)
    Value: 6d61696e207265637620646174615b666665d205b

```

Figura 34. Opcode de escritura

Con la información obtenida se debe crear un nuevo filtro como se muestra en la Figura 35 siendo este una OR entre ambos casos.

```
btatt.opcode.method==0x12 || btatt.opcode.method==0x1b
```

Figura 35. Filtro final

4.6 Análisis de tramas

Una vez establecido el filtro y comprobado que toda trama posee información en el campo de datos toca analizar y buscar diferencias mediante distintas generaciones de informes de errores. En este caso al tratarse de una comunicación tan compleja se empezó usando solamente la batería, es decir no había ningún panel ni carga conectada, de esta forma se buscaba que entre un informe y otro variara el porcentaje de carga de la batería.

Al tratarse de una conexión orientada a la eficiencia energéticas (uso de BLE) el regulador solo enviará los datos que la aplicación solicite, por lo que los valores que se ven en la figura anterior enviados por el regulador son una respuesta a una petición que hace de forma automática la APP, además toda trama enviada por el regulador como se ve en la Figura 36 tiene como respuesta un ACK.

```

0000 02 02 00 1b 00 17 00 04 00 52 13 00 6d 61 69 6e .....-R- main
0010 20 72 65 63 76 20 64 61 74 61 5b 66 66 5d 20 5b recv da ta[ff] [

```

Figura 36. Trama ACK

El ACK tiene exactamente el mismo formato para toda trama enviada por el regulador destacando que los bytes 16 y 17 son el primer byte de la trama que ha enviado el regulador, es decir si la trama que envía como respuesta a una petición el regulador tiene

como primer valor en hexadecimal 0xFF los bytes 16 y 17 del ACK serán respectivamente 0x66 ya que no es el valor 0x0f sino 'f' en ASCII puesto que el ACK se ha diseñado para ser legible. La conversión es muy sencilla solamente hay que sumarle al valor 0x0f el valor 0x57, de esta forma se obtiene 0x66 o en ASCII 'f'. En la Figura 37 aparece una explicación visual del ACK.

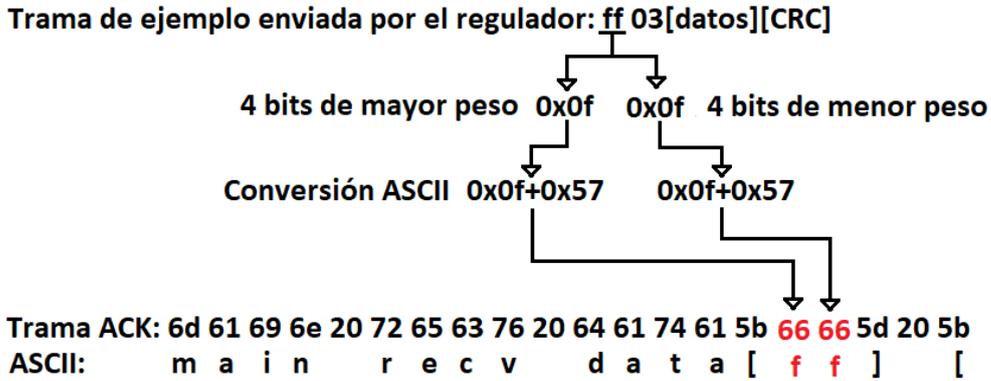


Figura 37. Estructura del ACK

Para iniciar la comunicación con el regulador y que este sea capaz de atender a las solicitudes que se envían pidiendo información es necesario enviar una trama de inicio de comunicación. La comunicación correspondiente se encuentra en la Figura 38, una vez que la APP pide iniciar la comunicación con el regulador este responde con otra trama y la aplicación envía el correspondiente ACK.

```
SamsungE_46:... TexasIns_10:... ATT     20 ff03000c000211d6
TexasIns_10:... SamsungE_46:... ATT     21 ff0304004d4332c50e
SamsungE_46:... TexasIns_10:... ATT     32 6d61696e207265637620646174615b666665d205b
```

Figura 38. Comunicación inicial

Los 2 últimos bytes de toda trama corresponden al CRC, en este caso se utiliza un CRC ModBus de 16 bits *big endian* dividido en bytes, tanto la trama de petición de datos enviada por la APP como la trama de respuesta enviada por el regulador siguen esta dinámica.

4.7 Establecimiento de tramas

Una vez entendido como funciona la comunicación es importante tener claro cómo son exactamente las tramas de solicitud de datos, la respuesta del regulador y a que datos se accederán.

El regulador ofrece la tensión, la corriente, la potencia generada por los paneles solares y los mismos parámetros para la carga. También se pueden obtener datos como la

temperatura del regulador, la temperatura de la batería, su carga y su tensión y corriente. Aparte ofrece otros campos como un historial, en este caso los parámetros del historial serán ignorados ya que la solución creada genera el suyo propio.

4.7.1 Registros

El regulador utiliza distintos registros para guardar los elementos que se pueden solicitar a través de la aplicación, en la Tabla 8 se pueden encontrar los que se utilizarán en esta solución.

Tabla 8. Registros del regulador

Nº de registro	Descripción	Tamaño	Unidad
0x0100	Porcentaje de carga de la batería	2 bytes	%
0x0101	Voltaje de la batería	2 bytes	V
0x0102	Corriente hacia la batería	2 bytes	A
0x0103	Temperatura del regulador	1 byte (primero)	°C
0x0103	Temperatura de la batería	1 byte (segundo)	°C
0x0104	Voltaje de la carga	2 bytes	V
0x0105	Corriente hacia la carga	2 bytes	A
0x0106	Potencia consumida por la carga	2 bytes	W
0x0107	Voltaje en el panel	2 bytes	V
0x0108	Corriente del panel	2 bytes	A
0x0109	Potencia generada por el panel	2 bytes	W

4.7.2 Tramas de solicitud

Las tramas de solicitud son construidas por el usuario que se quiere comunicar con el regulador, en el caso de usar la APP se generan de forma automática y han sido diseñadas por los ingenieros encargados de crear la misma. De cara a crear una solución software es necesario entender su formato. Toda trama posee la misma estructura incluso la trama que se envía para establecer la comunicación. En la Figura 39 se encuentra el formato específico de las tramas de solicitud.

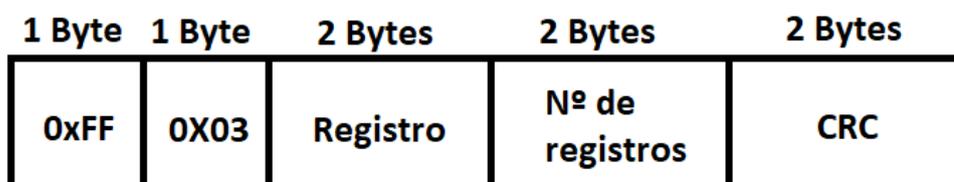


Figura 39. Estructura de la trama de solicitud de datos

0xFF: El primer byte corresponde con el valor en hexadecimal 0xFF y es siempre el mismo para todas las tramas enviadas.

0x03: El segundo byte posee el valor 0x03 y sirve para realizar una operación de lectura, también se puede encontrar el valor 0x06 en el caso que se quiera realizar una escritura.

Registro: El tercer y cuarto byte indican a partir de que registro se quiere empezar a leer.

Nº de registros: El quinto y sexto byte indican cuantos registros a partir del indicado en el apartado “Registro” se desean recibir en la respuesta del regulador.

CRC: Se envía un CRC 16 ModBus que se corresponde con el explicado en el apartado Y.

En la Figura 40 se ha extraído un ejemplo de Wireshark para esclarecer los 3 últimos campos de la trama.

```
▼ Bluetooth Attribute Protocol
  > Opcode: Write Command (0x52)
  > Handle: 0x0013 (Unknown: Unknown)
  Value: ff0301000007102a
```

Figura 40. Ejemplo de solicitud de datos

En el campo de “Registro” aparece el número 0x0100, esto quiere decir que se están pidiendo los datos a partir del registro 0x0100.

En el campo “Nº de Registros” aparece el número 0x0007, esto quiere decir que a partir del registro 100 se está pidiendo 7 registros, en concreto del 100 al 106.

En el campo de CRC aparece el valor 0x10 y 0x2a, ya que como se ha explicado en el apartado Y si fuera un CRC ModBus 16 bits *little endian* en realidad el CRC sería 0x2a10, pero al ser *big endian* separado en bytes el primer byte pasa a ser el segundo y viceversa, en la Figura 41 aparece una comparación de los dos casos.

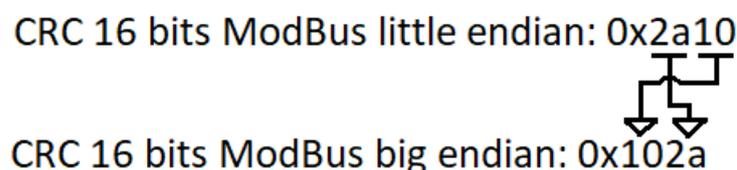


Figura 41. Diferencia entre CRC Modbus 16 bits little y big endian

4.7.3 Trama desde el regulador

Las tramas enviadas por el regulador solamente responderán a lo que se ha pedido mediante una trama de solicitud, dependiendo de que se pida el regulador es capaz de

dividir la trama en 2 o más partes, esto puede llegar a suponer un problema ya que a pesar de enviar varias tramas solamente la primera posee cabecera y la última CRC, por ello a pesar de que se podría pedir todos los datos en una trama sola es mejor enviar varias solicitudes si de esta forma evitamos la fragmentación de la respuesta. El tamaño máximo de la respuesta sin fragmentación es de 20 bytes incluyendo cabecera y CRC. En la Figura 42 aparece el formato de la respuesta sin fragmentación.

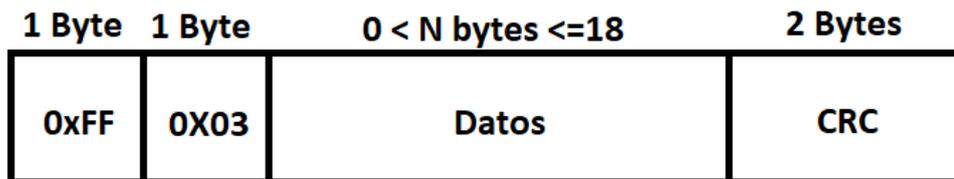


Figura 42. Estructura de la trama de datos

Datos: son los registros de los que se ha solicitado su valor, cada registro tiene su tamaño concreto por lo que se debe revisar para evitar superar los 18 bytes y por ende la fragmentación. A pesar de que la fragmentación podría suponer un problema de cara a comprobar la veracidad de la trama, el regulador implementa en el primer byte del campo de datos el número de bytes que posee el mismo sin tener en cuenta ese primer byte, es decir indica cuantos bytes son datos solicitados.

En la Figura 43 se ha extraído la respuesta al mismo ejemplo que se utilizó en el apartado anterior.

```

v Bluetooth Attribute Protocol
  > Opcode: Handle Value Notification (0x1b)
  > Handle: 0x000e (Unknown: Unknown)
  Value: ff030e002f007900001219007d000000004469
  
```

Figura 43. Ejemplo de trama de datos

Algunos valores de la respuesta poseen el valor cero debido a que mientras se realizaban pruebas no todos los elementos se encontraban conectados. En la Figura 44 se desglosa la respuesta del regulador para una mejor comprensión.

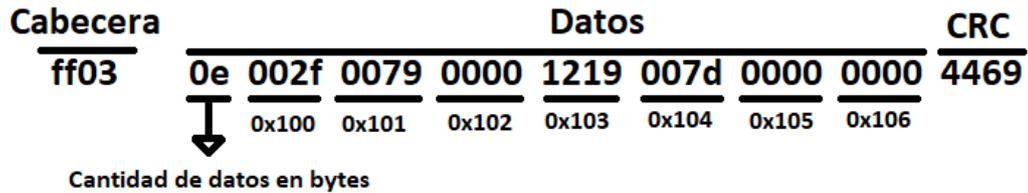


Figura 44. Estructura de la trama de ejemplo

0x0e: en decimal equivale a 14 que sería el número de bytes que contienen datos ya que se están leyendo 7 registros cada uno formado por 2 bytes.

0x100: Es la carga que posee la batería, en este caso en la aplicación se vería un 47% que es la conversión de 0x002f a decimal.

0x101: Es el voltaje de la batería, en decimal se corresponde con el valor 121, pero el voltaje lleva un decimal por lo que hay que dividir entre 10 para obtener 12.1V.

0x102: Se corresponde con la corriente de la batería de la misma forma que con el voltaje el valor tendría 2 decimales por lo que para obtener el valor real habría que dividir entre 100.

0x103: el primer byte se corresponde con la temperatura del regulador y el segundo byte se corresponde con la temperatura de la batería, en este caso 18°C y 25°C correspondientemente.

0x104: Corresponde con el voltaje de la carga que equivaldría a 12.5V, teniendo en cuenta como en el caso de la batería que hay que corregir el valor final.

0x105: Corresponde con la corriente de la carga que sigue las mismas reglas que la corriente de la batería.

0x106: Corresponde con la potencia consumida por la carga, ni la potencia consumida ni la potencia generada necesitan ningún tipo de corrección como las corrientes o los voltajes.

4.8 Conclusión

Una vez comprendido el sistema de comunicación que sigue el regulador BLE, la estructura de las tramas y desentrañados los registros que son necesarios para solicitar los datos es necesario programar una solución software que cumpla con lo establecido en este capítulo.

Capítulo 5 Solución web

En este capítulo se concretará la solución que se ha llevado a cabo para generar tanto el *frontend* que cuenta tanto con el sistema de comunicación para enviar y recibir tramas al regulador como con el *parse* necesario para filtrar todas las tramas como el *backend* que cuenta con la base de datos.

5.1 Objetivos principales

La solución propuesta tiene 2 objetivos principales, el primero es crear una solución de escritorio cómoda y amigable para el usuario y la segunda es tener una base de datos que permita convertir de forma histórica todos los datos que el regulador sea capaz de captar en información.

Para el primer objetivo se propone crea una solución web que permita establecer la comunicación con el regulador mediante BLE y que permita leer en tiempo real todos los registros anteriormente definidos. Para el segundo elemento se propone conectar la solución web a una base de datos, de forma que la solución web sea capaz de subir información a la base de forma automática y que el usuario final sea capaz de hacer solicitudes con la información que desea. En la Figura 45 se encuentra un esquema general de la solución, en los siguientes apartados se entrará en detalle para cada uno de los elementos.

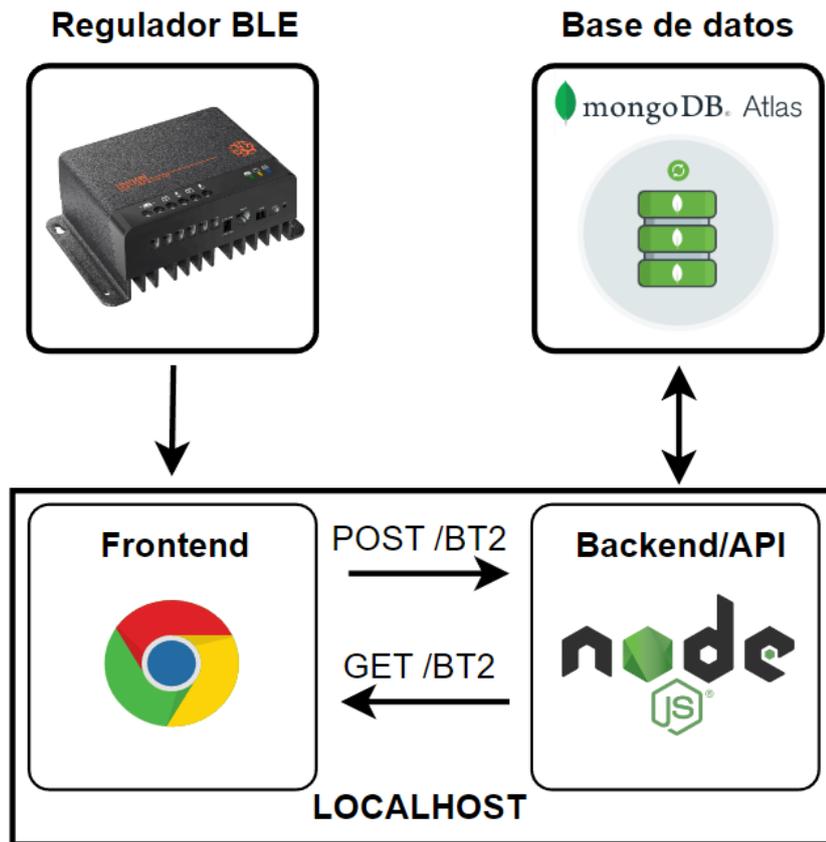


Figura 45. Estructura de la solución software

Para alcanzar el primer objetivo la solución contará con código en HTML, JS y CSS. El HTML generará la interfaz de usuario con elementos que permitan llamar al JS. El JS se encargará de realizar todas las operaciones, por ejemplo, si el usuario pulsa el botón de conectar será el JS el encargado de realizar todo lo necesario para conectar con el dispositivo... Por otro el CSS se encargará de dar el formato de la interfaz.

El primer objetivo comprenderá el *frontend*. En la Figura 46 se encuentra un esquema del *frontend* dividido en archivos. La principal diferencia entre los elementos JS con el fondo naranja y los elementos con el fondo amarillo es que los primeros son librerías externas llamadas para realizar operaciones que se definirá más adelante, mientras que los amarillos cuentan con el código desarrollado.

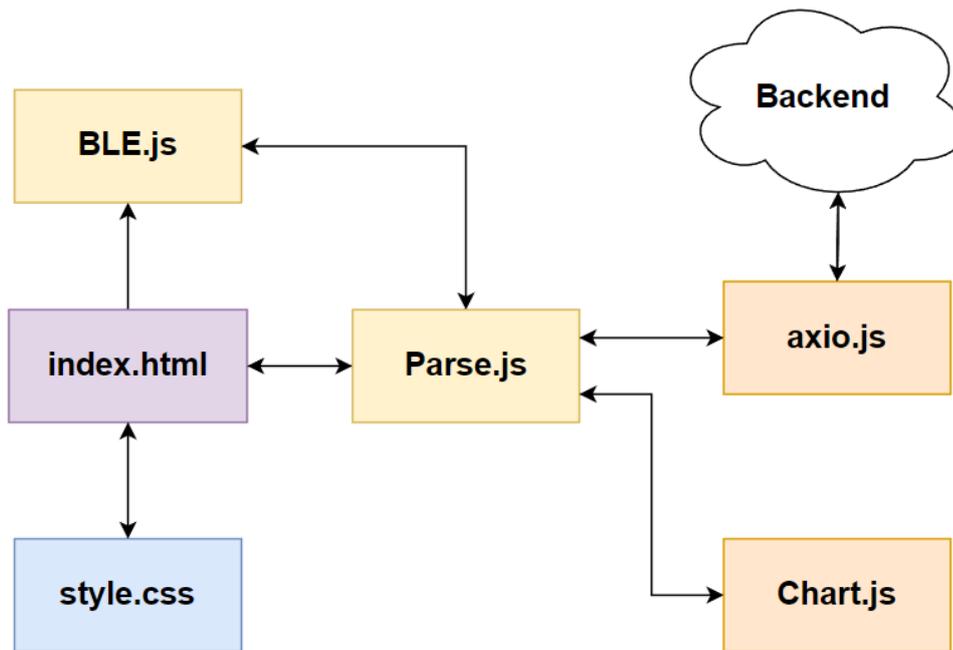


Figura 46. Estructura de archivos del frontend

5.2 Sistema de comunicación

BLE.js contiene todo el código necesario para realizar la comunicación BLE, por un lado, cuenta con los métodos necesario para establecer la conexión y por otro lado posee todo lo necesario para enviar y recibir tramas. El constructor de BLE y por ende sus métodos son llamados mediante el archivo Parse.js que se encargará de toda la gestión.

Como se vio en el capítulo anterior BLE trabaja con servicios y características, en concreto se hizo alto énfasis en dos de ellos ‘A’ y ‘B’ ya que son los dos elementos principales para realizar cualquier lectura o escritura con este regulador. En la Figura 47 se encuentra definido en el código.

```

const WRITE_SERVICE_UUID = '0000ffd0-0000-1000-8000-00805f9b34fb';
const NOTIFY_SERVICE_UUID = '0000fff0-0000-1000-8000-00805f9b34fb';
const WRITE_CHAR_UUID = '0000ffd1-0000-1000-8000-00805f9b34fb';
const NOTIFY_CHAR_UUID = '0000fff1-0000-1000-8000-00805f9b34fb';
  
```

Figura 47. Servicios y características utilizados en la solución

Teniendo ambos elementos se puede enviar y recibir cualquier tipo de información que el regulador sea capaz de admitir. Aunque para poder enviar y recibir datos lo primero que hay que hacer es establecer la conexión.

La conexión se establece mediante el nombre del dispositivo ya que todos los reguladores de este tipo que utilizan BT-02 tienen como prefijo "BT-TH" en el nombre, método de conexión que también utiliza SolarAPP.

5.3 Parse

Parse.js comprende toda la operativa del código, no solo se llama a BLE.js para enviar y recibir datos, sino que además se encarga de verificar las tramas, procesarlas y comunicarse con la base de datos.

5.3.1 Enviar y recibir datos

Lo primero que se hace es establecer la comunicación como se explicó en el Capítulo 4, por lo que cuando el usuario clique en el botón de conectar se llamará a "start()", método asíncrono que solo se ejecuta cuando se pulsa susodicho botón, una vez dentro del método esperará a que se realice la conexión por nombre para enviar la primera trama que abra la comunicación en la que aparece dicho método. Dentro de start() también se inicia "dataDB" que se utilizará para comunicarse con la base de datos como se muestra en la Figura 48.

```
async start () {
  await this.connect ();
  for (var i = 0; i < 11; i++) {
    dataDB[i] = 0;
  }
  const payload = new Uint8Array([0xFF, 0x03, 0x00, 0x0C, 0x00, 0x02,
0x11, 0xD6]);
  this.write(payload);
}
```

Figura 48. Establecimiento de la comunicación

A partir de este momento toda trama que se envíe se utilizará para pedir datos al regulador. A todas las tramas enviadas por el regulador se le debe verificar el CRC, en el caso de que este sea correcto se enviará de vuelta el ACK que espera. La Figura 49 abarca el código necesario para verificar que el CRC es correcto y enviar la trama de ACK.

```

var crc = this.calculateModbusCRC(datos);
var comprobarCRC = datos[datos.length - 2] * 256 + datos[datos.length
- 1];
if (crc == comprobarCRC) {
    var ack = new Uint8Array([0x6D, 0x61, 0x69, 0x6e, 0x20, 0x72, 0x65,
0x63, 0x76, 0x20, 0x64, 0x61, 0x74, 0x61, 0x5B, (datos[0]/32)+0x57,
(datos[0]/32)+0x57, 0x5D, 0x20, 0x5B]);
    this.wrote(ack);
}

```

Figura 49. Envío de ACK

Lo primero que se hace es pasar a un comprobador CRC16 ModBus la trama que llega, como es obvio los dos últimos bytes no se utilizarán en el cálculo del CRC, una vez generado este CRC se comprueba si es igual al que ha llegado. En el caso de que el CRC sea correcto se enviará el ACK correspondiente donde en los bytes 16 y 17 se enviará la cabecera de la trama que había enviado el regulador. El generador de ACK se encuentra en la Figura 50.

```

calculateModbusCRC(data) {
    let crc = 0xFFFF;
    for (let i = 0; i < data.length - 2; i++) {
        crc ^= data[i]; // XOR byte por byte con el CRC actual
        for (let j = 0; j < 8; j++) {
            if (crc & 0x0001) {
                crc = (crc >> 1) ^ 0xA001;
            } else {
                crc >>= 1;
            }
        }
    }
    // Invertir los bits de menor y mayor orden de los bytes del CRC
    crc = ((crc & 0x00FF) << 8) | ((crc & 0xFF00) >> 8);
    return crc;
}

```

Figura 50. Cálculo de CRC

Como los datos que se quieren solicitar son siempre los mismos las tramas se envían de forma automática cada segundo para así no ahogar al GATT y evitar que la trama se pierda. Las tramas que se envían son principalmente 2 y siguen lo establecido en el Capítulo 3. En la Figura 51 aparecen ambas tramas.

```

if (control == 0) {
var a = new Uint8Array([0xFF, 0x03, 0x01, 0x00, 0x00, 0x07, 0x10, 0x2A]);
this.timer = window.setTimeout(() => this.write(a), 1000);
} else if (control == 1) {
var a = new Uint8Array([0xFF, 0x03, 0x01, 0x07, 0x00, 0x04, 0xE1, 0xEA]);
this.timer = window.setTimeout(() => this.write(a), 1000);
}

```

Figura 51. Envío periódico de tramas

5.3.2 Conversión datos y presentación

Una vez que el CRC es verificado dicha trama pasa a recibir un tratamiento de datos para por un lado poder presentarlos por pantalla cuando llegue el momento y por otro lado para tener los datos preparados de cara a subirlos a la base de datos.

Para el tratamiento de datos el tercer byte de cada trama es distinto independientemente del contenido que se encuentra en el campo de datos por lo que de esta forma se puede filtrar el contenido, esto sucede ya que las tramas responden a una solicitud que siempre es igual por lo que la cantidad de datos siempre es la misma.

La primera solicitud coincide con la primera trama de la figura anterior donde se piden los datos que se encuentran entre el registro 100 y 106, mientras que la segunda trama se corresponde a los registros del 107 al 109. Todos estos registros han sido definidos en el Capítulo 3. En la Figura 52 aparece la conversión aplicada para los registros del 100 al 106.

```

if (dataView.getUint8(2) == 0x0E) {
    data['battery_percentage'] = dataView.getUint8(3) * 256 +
dataView.getUint8(4); //100
    data['battery_voltage'] = parseFloat(((dataView.getInt8(5) * 256 +
dataView.getInt8(6)) * 0.1).toFixed(1)); //101
    data['battery_current'] = parseFloat(((dataView.getInt8(7) * 256 +
dataView.getInt8(8)) * 0.01).toFixed(2)); //102
    data['controller_temperature'] = dataView.getInt8(9); //103
    data['battery_temperature'] = dataView.getInt8(10); //103
    data['load_voltage'] = parseFloat(((dataView.getInt8(11) * 256 +
dataView.getInt8(12)) * 0.1).toFixed(1)); //104
    data['load_current'] = parseFloat(((dataView.getInt8(13) * 256 +
dataView.getInt8(14)) * 0.01).toFixed(2)); //105
    data['load_power'] = dataView.getInt8(15) * 256 +
dataView.getInt8(16); //106

```

Figura 52. Transformación de datos

Además de aplicar la conversión correspondiente dependiendo de si se trata de voltaje, corriente o potencia los datos se envían directamente al HTML para presentarse en pantalla.

La solución visual también cuenta con gráficas, en concreto, por un lado, hay una que muestra en tiempo real la potencia consumida y generada que envía el regulador mediante tramas y por otro lado hay una que ataca directamente a los datos que se encuentran en la base de datos.

Para ambas gráficas se ha utilizado una API externa llamada chart.js [29] que ofrece de una forma rápida y cómoda generar gráficas tanto estáticas como dinámicas. En el caso de la gráfica en tiempo real se trata de una gráfica de línea mientras que la de la base de datos es una gráfica de barras. Para generar ambas gráficas nada más iniciar el programa se han establecido en el constructor como se muestra en la Figura 53.

```
constructor() {
    super(NAME_PREFIX, WRITE_SERVICE_UUID, NOTIFY_SERVICE_UUID,
          WRITE_CHAR_UUID, NOTIFY_CHAR_UUID);
    this.graficareal = this.dibujarentiemporeal();
    this.graficaH=this.dibujarhistorico();
}
```

Figura 53. Creación de gráficas

De la misma forma que una vez verificado el CRC los datos son tratados estos también son enviados a los métodos de escribir y borrar de las gráficas, estos métodos lo único que hacen es añadir un punto y borrar el más antiguo en el caso de la gráfica en tiempo real y en el otro cas borrar los datos de una fecha y carga otros cuando el usuario lo solicite. En las Figuras Figura 54 y Figura 55 aparecen respectivamente la llamada al método de escritura de la gráfica en tiempo real y el método en sí.

```

const enviar = {};
  enviar[0] = data['load_power'];
  enviar[1] = data['pv_power'];
  this.addData(this.graficareal, `${hora}:${minutos}:${segundos}`,
enviar, 2);
  return data

```

Figura 54. Envío de información a la gráfica en tiempo real

```

addData(chart, labels, enviar, elementos) {
  chart.data.labels.push(labels);
  if (enviar[0] < enviar[1]) {
    chart.options.scales.y.suggestedMin = enviar[0] - 2;
    chart.options.scales.y.suggestedMax = enviar[1] + 2;
  } else {
    chart.options.scales.y.suggestedMin = enviar[1] - 2;
    chart.options.scales.y.suggestedMax = enviar[0] + 2;
  }
  if (chart.data.datasets[0].data.length == 10) {
    this.removeData(chart, elementos);
  }
  for (var i = 0; i < elementos; i++) {
    chart.data.datasets[i].data.push(enviar[i]);
  }
  chart.update();
}

```

Figura 55. Actualización de datos de la gráfica en tiempo real

En la Figura 54 se envía también el tiempo para utilizarlo como eje X del gráfico. En la Figura 55 se añade siempre un margen de dos vatios, en este caso para que la gráfica nunca toque los bordes, esto se hace solamente con finalidad estética.

5.3.3 Comunicación con la base de datos

Para realizar la comunicación con la base de datos se utiliza la API de Axio [30], Axio es un cliente HTTP basado en promesas que permite entre otras muchas cosas solicitar y enviar información a la base de datos.

Para poder comunicarse con la base de datos necesita acceder al puerto en el que esté escuchando, en este caso y por definición propia se ha decidido establecer el puerto 3000, en concreto la ruta que aparece en la Figura 56.

```
"http://localhost:3000/BT2"
```

Figura 56. Puerto usado en la base de datos

Axio posee solamente 2 métodos dentro del código uno para hacer solicitudes a la base de datos y otra para subir datos a la base. En ambos casos los datos siguen una estructura JSON que se definirá en el *backend*. En la Figura 57 se encuentra el método para realizar la subida de datos.

```
async axiosRequest() {
  var dateDB = new Date();
  try {
    const dataRequest = {
      date: `${dateDB.getFullYear()}-${dateDB.getMonth() + 1}-${dateDB.getDate()}`,
      hour: dateDB.getHours(),
      battery_percentage: dataDB[0],
      battery_voltage: dataDB[1],
      battery_current: dataDB[2],
      controller_temperature: dataDB[3],
      battery_temperature: dataDB[4],
      load_voltage: dataDB[5],
      load_current: dataDB[6],
      load_power: dataDB[7],
      pv_voltage: dataDB[8],
      pv_current: dataDB[9],
      pv_power: dataDB[10],
    };
  }
}
```

Figura 57. Método para subir la información a la base de datos

El método de subida de datos se ejecuta cada hora, para lograr esto todos los datos que van llegando de las tramas se van sumando junto a una variable que cuenta la cantidad de datos de forma que cuando sean las en punto se realice la media y se suba a la base de datos mediante el método de la figura anterior. En la Figura 58 aparece el código que prepara los datos para la base de datos.

```

const time = new Date();
const hora = time.getHours();
const minutos = time.getMinutes();
const segundos = time.getSeconds();
if (hora > horavARIABLE) {
    horavARIABLE = hora;
    // Conversión primera trama1
    for (let i = 0; i < 11; i++) {
        if (i < 8) {
            dataDB[i] = dataDB[i] / trama1repe;
        } else {
            // Conversión primera trama2
            dataDB[i] = dataDB[i] / trama2repe;
        }
    }
    //enviamos a base de datos por cada periodo de tiempo (Cada hora)
    this.axiosRequest();
}

```

Figura 58. Preparación de la información

En la Figura 59 aparece el código necesario para bajar los datos de la base, la solicitud se hace por fecha de forma que se puedan acceder a los datos de un día completo.

```

async getDateFromDB() {
    try {
        const dateControl = document.querySelector('input[type="date"]');
        if (dateControl.value === "") {
            // Mensaje en etiqueta <p> mediante innerHtml
            const Errorfecha = "La fecha seleccionada no es válida";
            document.getElementById("Errorfecha").innerHTML = Errorfecha;
        } else {
            const Errorfecha = "";
            document.getElementById("Errorfecha").innerHTML = Errorfecha;
            const fecha = dateControl.value.split('-');
            response = await
            axios.get(`http://localhost:3000/BT2?date=${+fecha[0]}-${+fecha[1]}-${+fecha[2]}`);
            console.log(response);
            getter=1;
            //LLAMAR A PINTAR LOS VALORES DE LA GRÁFICA NUEVOS
            this.historial(opciondesple);
        }
    } catch (e) {
        // Mensaje
        console.log(e);
    }
}

```

Figura 59. Acceso a la base de datos

5.4 Creación de la base de datos

Para alcanzar el segundo objetivo se ha decidido utilizar MongoDB [31] como base de datos. MongoDB es una base de datos no relacional que debido a su naturaleza no utiliza

tablas como sí utilizaría una base de datos SQL, sino que por el contrario utiliza documentos.

Dependiendo de la finalidad puede llegar a interesar una solución basada en documentos o en tablas, en este caso al tratar pequeñas cantidades de datos es irrelevante. El motivo principal de esta elección es que MongoDB permite crear la base de datos de forma gratuita, sin límite de peticiones y sin límite de tiempo online.

Para crear la base de datos se accederá a MongoDB Atlas que es el servidor que ofrece la compañía, de cara a crear la base de datos solamente hay que elegir el nombre de la misma y el servidor en el que se quiere alojar, el nombre de la base de datos será BT-02 y el servidor escogido y la ubicación se muestran en la Figura 60, se ha elegido utilizar un servidor de Amazon ubicado en Francia.

The screenshot displays the MongoDB Atlas configuration interface. At the top, the 'Cloud Provider & Region' is set to 'AWS, Paris (eu-west-3)'. Below this, three cloud provider options are shown: AWS (highlighted with a green border), Google Cloud, and Azure. A toggle for 'Multi-Cloud, Multi-Region & Workload Isolation (M10+ clusters)' is currently turned off. The bottom section, titled 'Recommended region', lists various global regions categorized by continent: North America (N. Virginia, Ohio, N. California, Oregon, Montreal), Europe (Stockholm, Ireland, London, Paris, Frankfurt), and Australia (Sydney). The Paris (eu-west-3) region is highlighted with a green border.

Figura 60. Selección de servidor

Una vez creada la base de datos se debe ejecutar MongoDB Compass siendo este el cliente de escritorio desde el que se puede gestionar todo lo que tenga que ver con la base de datos. Para conectarse desde el cliente se debe crear en el servidor un URI que es una

cadena que permite seleccionar la base de datos. En la Figura 61 aparece una imagen del cliente antes de realizar la conexión.

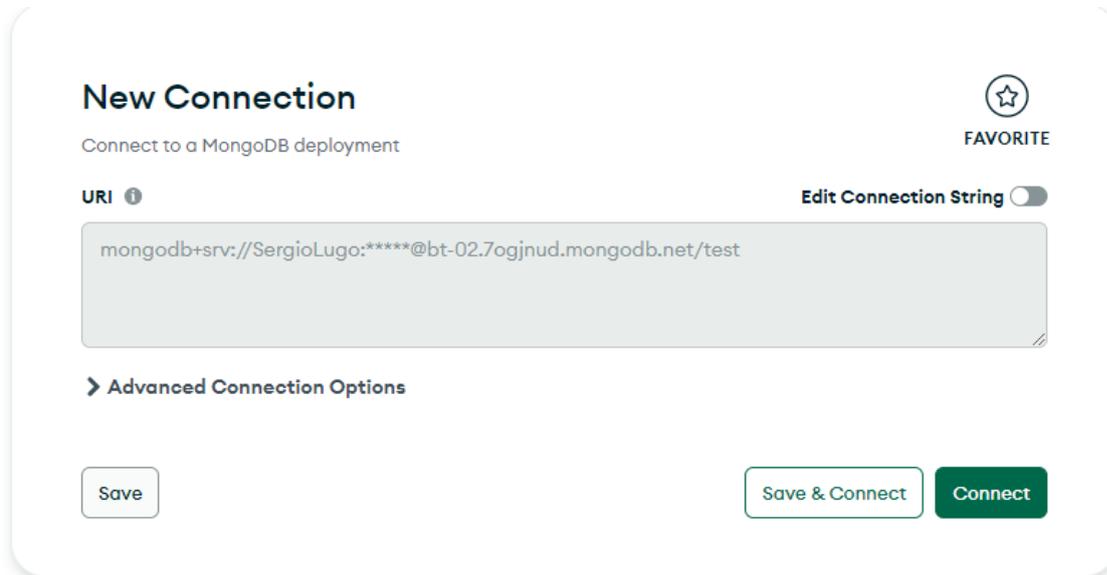


Figura 61. Cliente de MongoDB

Una vez iniciada sesión se ha creado un documento llamado bt2datas que se encuentra dentro de la base de datos BT-02, dentro de este documento se guardarán todos los datos. En este caso y como se explicó en la parte del *frontend* se realiza una subida de datos cada hora por lo que cada elemento aparte de tener datos eléctricos debe tener datos sobre la fecha y la hora del día, en la Figura 62 aparece todos los elementos que contendría un elemento del documento.

```
_id: ObjectId('6423f73fdf24fbb61ff1c361')
date: "2023-3-28"
hour: "1"
battery_percentage: 68
battery_current: 0
battery_voltage: 12.4
controller_temperature: 20
battery_temperature: 22
load_voltage: 12.5
load_current: 0
load_power: 0
pv_voltage: 12.5
pv_current: 0
pv_power: 0
__v: 0
```

Figura 62. Información subida a la base de datos

A parte de todos los datos del usuario la propia base de datos genera dos más, por un lado, un identificador propio e interno de MongoDB y por otro lado `__v` que siempre vale 0.

5.5 Creación del backend

Para permitir que el *fronted* se conecte con la base de datos es necesario crear un *backend* sobre el que mantener la conexión. La creación del *backend* no es trivial y para ello se han utilizado dos APIs:

-Node.js es un entorno de tiempo de ejecución para JavaScript que se utiliza para construir aplicaciones tanto en el lado del cliente como en el lado del servidor. Es ampliamente usado para la construcción de servidores web o servicios de API. En este caso todo el *backend* se monta sobre Node [32].

-Koa.js es un marco de desarrollo compatible con Node.js basado en promesas que permite establecer la comunicación con la base de datos. En este caso la solución se apoya en Koa para realizar todas las operaciones necesarias, como iniciar la escucha en el puerto, o realizar la comunicación con la base de datos [33].

Dentro del *backend* existen 5 archivos principales que siguen el esquema de la Figura 63.

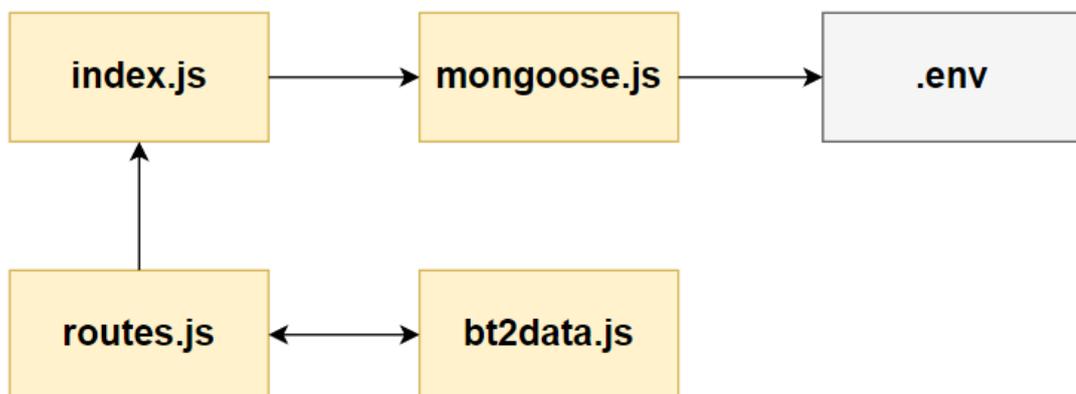


Figura 63. Esquema del backend

El archivo `.env` es un archivo que se utiliza de forma común para guardar variables de entorno, en este caso guarda la cadena que permite conectar con la base de datos. El archivo `routes.js` contiene las operaciones de lectura y escritura en el servidor, en este caso no se han creado las operaciones ni de borrado de actualización ya que no son necesarias en la interfaz final de usuario, pero utilizando el cliente de MongoDB se podría

realizar cualquiera de las acciones. En la Figura 64 aparece la operación de subida con sus correspondientes estatus.

```
routes.post("/BT2", async (ctx) => {
  try {
    const BT2 = BT2Schema(ctx.request.body);
    console.log(ctx.request.body);

    await BT2.save();
    ctx.body = { message: BT2 };
    ctx.status = 201;

  } catch (error) {
    ctx.body = { error };
    ctx.status = 400;
  }
});
```

Figura 64. Operaciones de subida

El archivo mongoose.js contiene las operaciones para conectarse con la base de datos mediante el uso del archivo .env. Por otro lado, el archivo index.js se utiliza para inicializar Koa y llamar al resto de archivos. El último archivo es bt2data.js que contiene la definición del JSON utilizado, el formato que se elige aquí es el que por una parte tendrán los archivos que se suban a la base de datos y por la otra parte marca el criterio que debe tener el *frontend* para subir los archivos o bajarlos. En la Figura 65 aparece un fragmento de los datos que contiene el JSON, todos los elementos poseen el elemento 'required', esto quiere decir que todos los elementos son obligatorios para poder realizar la subida a la base de datos.

```
const BT2Schema = mongoose.Schema({
  date: {
    type: String,
    trim: true,
    required: true
  },
  hour: {
    type: String,
    trim: true,
    required: true
  },
  battery_percentage: {
    type: Number,
    required: true
  },
  battery_current: {
    type: Number,
    required: true
  },
  battery_voltage: {
    type: Number,
    required: true
  },
},
```

Figura 65. Fragmento del JSON usando en la base de datos

Una vez que todos los elementos están listos se debe escribir el comando para poner a escuchar al *backend* en el puerto 3000 y que el *frontend* se pueda comunicar con la base de datos. En la Figura 66 aparece el comando necesario para subir la base de datos.

```
node ./src/index.js
```

Figura 66. Comando para montar la base de datos

5.6 Conclusión

La correcta comunicación del *frontend* con el *backend* es imprescindible para poder realizar peticiones a la base de datos independientemente si se desea subir o bajar datos. Por otro lado, el *frontend* acarrea todo el peso de la comunicación y procesamiento de datos estando en este conjunto de archivos la mayor parte del peso código.

Capítulo 6 Pruebas realizadas

Para las pruebas realizadas como se adelantó en el capítulo 3 se ha utilizado el material de la Escuela, además del regulador ya definido también se ha utilizado 2 paneles SOLARPOWER 120W 12V XUNZEL [34] y una batería [35]. Además, como carga se ha cogido un generador de ondas que presenta un consumo de 17W alimentado mediante un inversor. En la Figura 67 aparece una imagen de la instalación que se llevó a cabo. Mientras que en la Figura 68 aparece una ampliación de la carga y la parte de almacenamiento.



Figura 67. Material usado para las pruebas



Figura 68. Ampliación del material usado para las pruebas

6.1 Solución software

Para revisar el correcto funcionamiento del sistema se debe comprobar que los datos que llegan a la solución software son correctos.

En la Figura 69 aparece la pantalla inicial de la solución software, lo primero que se debe hacer es conectarse al regulador clicando en el botón.



Figura 69. Botón para iniciar el enlace

Una vez clicado el botón aparecerán una nueva pestaña para seleccionar el dispositivo y emparejar como se muestra en la Figura 70.

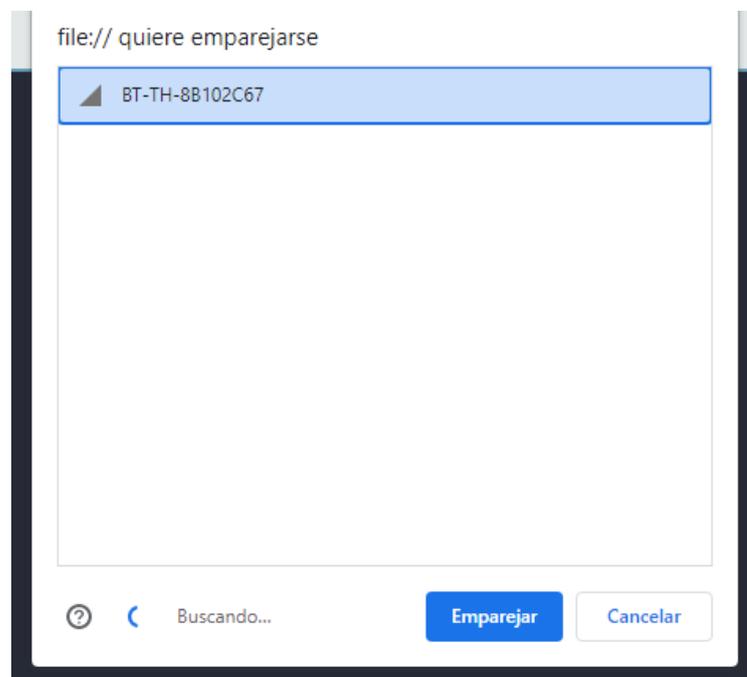


Figura 70. Pestaña de emparejamiento

Cuando se establezca el enlace cargará la pantalla con los datos en tiempo real como en la Figura 71.

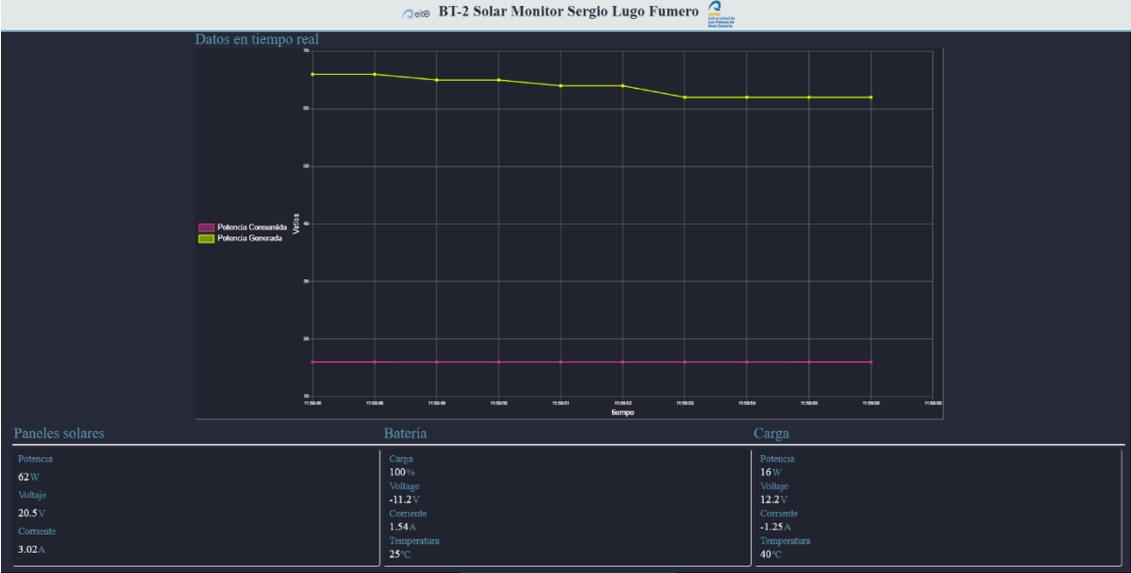


Figura 71. Solución en tiempo real

La Figura 71 consta por un lado de la potencia generada y consumida en tiempo real donde solo se muestran los últimos 10 valores y por otro lado aparece una tabla con todos los datos que el regulador puede aportar. En las Figuras Figura 72 y Figura 73 aparecen ambas secciones ampliadas.

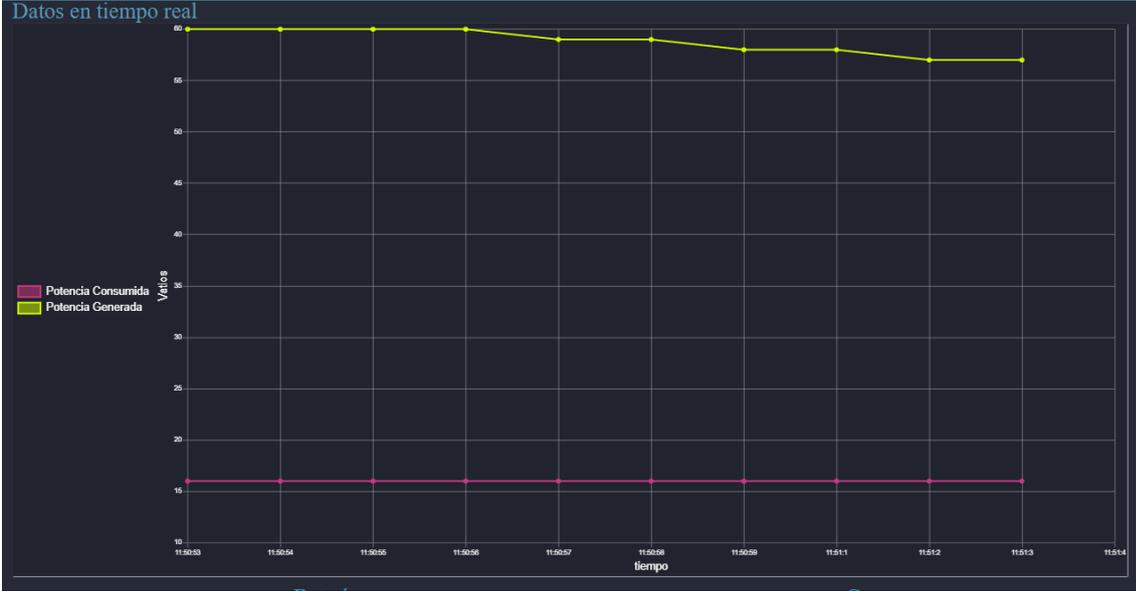


Figura 72. Ampliación de la gráfica en tiempo real

Paneles solares	Batería	Carga
Potencia 75 W	Carga 100%	Potencia 16 W
Voltaje 20.7 V	Voltage -11.2 V	Voltaje 12.2 V
Corriente 3.62 A	Corriente 2.41 A	Corriente -1.25 A
	Temperatura 25°C	Temperatura 40°C

Figura 73. Ampliación de los datos en tiempo real

Los resultados de la tabla están divididos por columnas según los datos vengan de los paneles solares, de la batería o bien de la carga.

Debajo de los datos en tiempo real aparecen los datos que se encuentran en la base de datos. Los datos se pueden filtrar por tipo sobre una fecha concreta. En la Figura 74 aparece el seleccionador que ofrece la solución.

Figura 74. Selección de fecha para acceder a la base de datos

En el caso de que la fecha no sea correcta la propia aplicación avisará al usuario al este clicar en “Get Data” como se muestra en la Figura 75.

Figura 75. Mensaje de error en la selección de la fecha

Para elegir la fecha se debe clicar en el cuadro de la fecha y se abrirá la pestaña que aparece en la Figura 76.

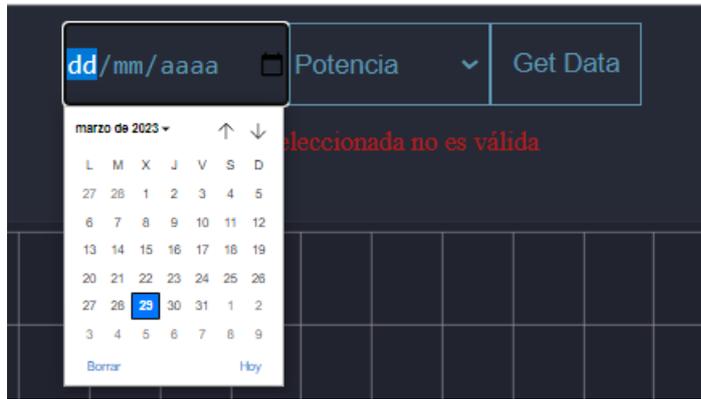


Figura 76. Selección de fecha

En el caso de que la fecha si sea correcta y existan datos en la misma la Figura 77 representa la solución que se le mostrará al usuario.



Figura 77. Acceso al registro de temperatura

En las Figuras Figura 78 , Figura 79 y Figura 80 aparece la Figura 77 ampliada.



Figura 78. Filtro para el acceso a la temperatura



Figura 79. Leyenda de la temperatura



Figura 80. Gráfica de la temperatura

En este caso compara como el 28 de marzo de 2023 evoluciona la temperatura de la batería y del regulador. Información muy útil sobre todo en épocas calurosas para comprobar que las baterías no exceden la temperatura máxima indicada por el fabricante. También aparecen se pueden elegir otros datos como la potencia consumida y generada o por ejemplo la carga de la batería durante el día.

En las Figuras Figura 81 y Figura 82 aparecen forma ampliada la potencia generada y consumida para el mismo 28 de marzo de 2023.

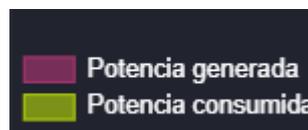


Figura 81. Leyenda de la potencia



Figura 82. Gráfica de la potencia

6.2 Conclusión

Las pruebas realizadas han cumplido con lo establecido en el anteproyecto, por un lado, la base de datos es capaz de almacenar los datos que el regulador emite y por otro lado es capaz de atender en tiempo real a las peticiones del usuario. Además, la interfaz de usuario sencilla y fácil de utilizar.

Capítulo 7 Conclusión y líneas futuras

7.1 Conclusión

El objetivo principal de este trabajo de fin de grado ha sido la monitorización en tiempo real de una instalación solar fotovoltaica, el diseño de un sistema de generación de energía renovable aplicado mediante una instalación solar fotovoltaica.

Se ha diseñado un sistema de abastecimiento de energía solar fotovoltaica donde se han estudiado dos variantes, un sistema con batería y otro sistema sin baterías, pero siempre conectado a la red. Como requisito para la instalación se ha escogido que la instalación sea totalmente capaz de satisfacer la demanda en la hora de mayor consumo.

El sistema de monitorización se ha diseñado para una comunicación basada en BLE donde el sistema es capaz de obtener datos en tiempo real y convertirlos en información mostrando esa información en la interfaz de usuario. Además, el sistema es capaz de almacenar en una base de datos periódicamente los datos para que cuando el usuario lo solicite se realice una petición a la base de datos y se muestre en la interfaz de usuario creada anteriormente toda la información requerida. Los datos se pueden seleccionar escogiendo la fecha y filtrar según lo que el usuario solicite.

7.2 Líneas futuras

Las líneas futuras de trabajo se dividen en 2 vertientes, la primera está orientada a la generación de energía y la segunda al sistema de monitorización.

7.2.1 Consumo energético

Para el consumo energético las líneas futuras de este proyecto se basarán en reducir el consumo general de energía:

- Instalar de luces de bajo consumo, tipo led, tanto para el alumbrado exterior como el interior del recinto educativo.
- Instalar cargadores para vehículos eléctricos.

7.2.2 Sistema de monitorización

Para el sistema de monitorización las líneas futuras de este proyecto se basarán en adaptar la solución creada:

- Subir la solución creada a la web de forma que el *backend* esté siempre activo y toda consulta del usuario se realice mediante una dirección web.
- Separar el sistema de obtención de datos del *frontend* moviendo el primero a un dispositivo de adquisición de datos.

Bibliografía

- [1] J. M. Sancho Ávila, J. Riesco Martín, C. Jiménez Alonso, M. C. Sánchez de Cos Escuin, y J. Montero Cadalso, «Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT», abr. 2012. Accedido: 18 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf
- [2] «Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita) | Data». <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC> (accedido 24 de septiembre de 2022).
- [3] «Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (% del total) | Data». <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.COMM.FO.ZS> (accedido 24 de septiembre de 2022).
- [4] «ANUARIO ENERGÉTICO DE CANARIAS 2019». Accedido: 18 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.gobiernodecanarias.org/cmsweb/export/sites/energia/doc/Publicaciones/AnuarioEnergeticoCanarias/20210219_AnuarioEnergeticoCanarias2019.pdf
- [5] Grupo Red Eléctrica, «Las renovables de Canarias crecen un 15,2% en 2021 en un año récord de producción eólica», 2022, Accedido: 18 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.ree.es/sites/default/files/07_SALA_PRENSA/Documentos/2022/1803_NP_Avance_Canarias.pdf
- [6] «Portal de Noticias del Gobierno de Canarias». <https://www3.gobiernodecanarias.org/noticias/gobierno-y-fecam-suscriben-un-convenio-para-redactar-los-planes-de-accion-para-el-clima-y-la-energia-sostenible/> (accedido 18 de enero de 2023).
- [7] «PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA», ene. 2020. Accedido: 8 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf

- [8] «Estrategia de Energía Sostenible en las Islas Canarias», feb. 2022. Accedido: 8 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/transicion-ecologica/Documents/2022/160222_EstrategiaSostenible_Canarias.pdf
- [9] «Sede Electrónica del Catastro - Consulta y certificación de Bien Inmueble». <https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCConCiud.aspx?del=38&mun=20&UrbRus=U&RefC=2229024CS6323S0001SX&Apenom=&esBice=&RCBice1=&RCBice2=&DenoBice=&from=nuevoVisor&ZV=NO&anyoZV=> (accedido 8 de febrero de 2023).
- [10] «Oferta Educativa | IES Mencey Acaymo». <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/edublog/iesmenceyacaymo/categor-y/oferta-educativa/> (accedido 8 de febrero de 2023).
- [11] «Mapa de Radiación Solar en IDECanarias | GRAFCAN - Mapas de Canarias». <https://www.grafcan.es/2010/02/mapa-de-radiacion-solar-en-idecanarias> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [12] «JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission». https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/ (accedido 7 de mayo de 2023).
- [13] «Células fotovoltaicas, generadoras de electricidad a partir de la luz - Iberdrola». <https://www.iberdrola.com/innovacion/celulas-fotovoltaicas-fotoelectronica> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [14] «Célula solar de película fina, descripción y tipos». <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/celula-fotovoltaica/celula-solar-de-pelicula-fina> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [15] «Paneles solares bifaciales - Iberdrola». <https://www.iberdrola.com/innovacion/paneles-solares-bifaciales> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [16] «Regulador de carga solar: tipos, funcionamiento y precio». <https://selectra.es/autoconsumo/info/componentes/regulador-solar> (accedido 7 de mayo de 2023).

- [17] «calculadora separación entre filas de paneles». <https://www.monsolar.com/separacion-paneles-solares> (accedido 5 de junio de 2023).
- [18] «Obtener panel solar SunPower PERFORMANCE 3 COM 420W Silver Frame | TS». <https://tienda-solar.es/es/paneles-solares/1237-panel-solar-sunpower-performance-3-com-420w-silver-frame> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [19] «Obtener Inversor Solar GoodWe GW50KN-MT trifásico | Tienda Solar». <https://tienda-solar.es/es/inversores-conexion-a-red/1467-inversor-solar-goodwe-gw50kn-mt-trifasico> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [20] «Powercube M1 | Pylontech | Distribuidor OFICIAL Techno Sun». <https://b2b.technosun.com/en/shop/category/batteries-pylontech-powercube-m1-2224> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [21] «Comprar Batería de Litio Pylontech Alto Voltaje H32148 4,74KWH». <https://tienda-solar.es/es/baterias-placas-solares/1430-bateria-pylontech-h32148-474-kwh-alto-voltaje> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [22] «Comprar BMS SC1000-200 al mejor precio». <https://tienda-solar.es/es/baterias-placas-solares/1429-bms-sc1000-200> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [23] «iSCC-LXM 30A-12/24V XUNZEL – Xunzel». <https://www.xunzel.com/inicio/iscc-lxm-30a-12-24v-xunzel/> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [24] «Bluetooth Low Energy – Regulatory Aspects Document (RAD) | Bluetooth® Technology Website». <https://www.bluetooth.com/bluetooth-resources/bluetooth-low-energy-regulatory-aspects-document-rad/> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [25] «Descripción general del Bluetooth de bajo consumo | Desarrolladores de Android | Android Developers». <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth-le?hl=es-419> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [26] «BT-2 Bluetooth Module | Renogy». <https://www.renogy.com/bt-2-bluetooth-module/> (accedido 7 de mayo de 2023).

- [27] «SolarApp - Apps en Google Play». https://play.google.com/store/apps/details?id=com.shuori.gfv2.guangfu&hl=es_NI&gl=US (accedido 7 de mayo de 2023).
- [28] «Wireshark · Go Deep». <https://www.wireshark.org/> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [29] «Chart.js | Open source HTML5 Charts for your website». <https://www.chartjs.org/> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [30] «Getting Started | Axios Docs». <https://axios-http.com/docs/intro> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [31] «MongoDB: The Developer Data Platform | MongoDB». <https://www.mongodb.com/> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [32] «About | Node.js». <https://nodejs.org/en/about> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [33] «Koa - next generation web framework for node.js». <https://koajs.com/> (accedido 7 de mayo de 2023).
- [34] «Panel Solar SOLARPOWER 120W 12V XUNZEL con». <https://coelca.es/energia-solar/348-energias-renovables-panel-solar-solarpower-120w-12v-xunzel-con-cable-4-4m.html> (accedido 8 de mayo de 2023).
- [35] «Batería KAISE KBAS12800 AGM SOLAR 12V 80Ah. Baterías Berrocal». <https://www.bateriasberrocal.com/kaise-kbas12800-agm-solar> (accedido 8 de mayo de 2023).

PRESUPUESTO

8.1 Introducción

En este apartado se estiman los costes del proyecto, por un lado, todo el sistema solar fotovoltaico planteado y recogido en la memoria del proyecto y por otro lado todo el recurso software y hardware que ha sido necesario para el correcto desarrollo del proyecto.

8.2 Recursos software

En este apartado se exponen los recursos software utilizados para el desarrollo de este proyecto, en la Tabla 9 se recoge todo el recurso software.

Tabla 9. Recursos software

Recurso software	Licencia	Coste	Coste total
PVGIS	Open Source	0.00 €	0.00 €
Wireshark	Open Source	0.00 €	0.00 €
OFFICE 365	Universitaria	0.00 €	0.00 €
Diseño Monsolar	Open Source	0.00 €	0.00 €
Mongo DB Atlas	Open Source	0.00 €	0.00 €
Visual Studio Code	Open Source	0.00 €	0.00 €
Coste total software			0.00 €

8.3 Recursos Hardware

En este apartado se recogerá el coste total del recurso hardware del proyecto, para los equipos electrónicos se plantea una amortización total a 5 años por lo que se deducirá del coste total el uso durante 3 meses, en la Tabla 10 se recoge todo el recurso hardware.

Tabla 10. Recursos Hardware

Recurso hardware	Amortización	Coste	Coste total
Portátil Victus	5%	1000.0 €	50.0 €
XUNZEL Controlador de Cargar	100%	179.0 €	179.0 €
Modulo BLE	100%	30.0 €	30.0 €
Coste total hardware			259.0 €

8.4 Recursos de producción energética

Dentro de este apartado existirán 2 presupuestos, uno para el diseño planteado sin utilizar baterías y otro presupuesto para la instalación planteada con baterías, en la Tabla 11 se recoge ambos presupuestos.

Tabla 11. Recursos de producción energética

Elemento	Unidad	Coste	Coste total
Instalación sin baterías			
SunPower PERFORMANCE 3 COM 420 W	117	212.0 €	24804.0 €
Inversor GoodWe GW50KN-MT trifásico	1	3390.3 €	3390.3 €
Coste total			28194.3 €
Instalación con baterías			
SunPower PERFORMANCE 3 COM 420 W	135	212.0 €	28620.0 €
Rack Powercube M1	1	1126.0 €	1126.0 €
Batería H32148	10	1862.2 €	18622.0 €
BMS SC1000-200	1	1074.2 €	1074.2 €
Coste total			49442.2 €

8.5 Recursos humanos

En la Tabla 12 se recoge el coste por horas de un ingeniero técnico de telecomunicaciones, teniendo en cuenta que la duración del proyecto es de 300 horas.

Tabla 12. Recursos humanos

Partida	Horas	Coste	Coste total
Ingeniero técnico	300	8.89 €	2667.0 €

8.6 Total

Para el desarrollo del proyecto se considera un margen de ampliación de la cuantía total del 15% para los costes indirectos. Considerando gastos indirectos aquellos gastos no estimados en las tablas anteriores.

En la Tabla 13 se define el coste total del proyecto como la suma de todos los apartados anteriores, donde se puede encontrar el subtotal del presupuesto, posteriormente se aplica el I.G.I.C. sobre bienes y servicios de la Comunidad Autónoma de Canarias, actualmente corresponde con el 7%. Obteniendo así, el presupuesto total para el desarrollo del proyecto presentado para el Trabajo de Fin de Grado, hay que tener presente que según la solución que se escoja (sistema sin baterías o con baterías) el presupuesto final variará, de igual forma ambas opciones están recogidas en la siguiente tabla.

Tabla 13. Presupuesto total

Presupuesto total	
Sistema sin baterías	
Subtotal	31120.3 €
Subtotal con costes indirectos	35788,4 €
Total, con impuestos (IGIC)	38293.5 €
Sistema con baterías	
Subtotal	49442.2 €
Subtotal con costes indirectos	56858.5 €
Total, con impuestos (IGIC)	60838.6 €

Yo Sergio Lugo Fumero, declaro que el presupuesto de este proyecto en el caso de que se escoja el sistema sin baterías asciende a un total de treinta y ocho mil doscientos noventa y tres euros y cincuenta céntimos (38293,5 €), en el caso de que se escoja el sistema con baterías el presupuesto asciende a un total de sesenta mil ochocientos treinta y ocho euros con sesenta céntimos (60838.6 €).

Las Palmas de Gran Canaria, 1 de Julio de 2023

Fdo. Sergio Lugo Fumero

PLIEGO DE CONDICIONES

9.1 Introducción

En este capítulo se conocerán todas las características mínimas de deben tener los diferentes equipos hardware y equipos destinados a la producción energética para el correcto funcionamiento de las soluciones anteriormente planteadas.

9.2 Equipo hardware

Dentro del equipo hardware, se encuentra por un lado el equipo informático necesario para conectarse con el módulo BLE y el módulo BLE en sí.

9.2.1 Equipo informático

Para que el regulador BLE sea capaz de establecer conexión con el portátil es necesario por un lado que sea compatible con BLE y por otro lado que sea capaz de ejecutar un navegador, por ello debe reunir las siguientes especificaciones técnicas:

- Intel Pentium 4 o superior.
- Windows Vista o Ubuntu 12.06 o superior.
- 350 MB libres en el disco duro.
- 512 MB de memoria RAM.
- Conectividad BLE y Wifi Ethernet.

9.2.2 Módulo BT-02

Es necesario que el módulo BLE sea la versión 02, en el caso de que fuese la versión 01 la comunicación no sería posible puesto que las tramas contienen otra estructura, el módulo debe contener las siguientes especificaciones:

- Tensión de entrada: 4.5 V – 5.5 V (soporte máximo 12 V).
- Consumo de energía de reserva: 004W.
- Consumo de energía de funcionamiento: 0,05 W.
- Pico de corriente de trabajo: 30 mA.

9.3 Equipos de producción energética

Dentro de los equipos de producción energética se encuentran todos los elementos necesarios para generar energía.

9.3.1 Panel solar SunPower PERFORMANCE 3 COM 420W Silver Frame

Este panel solar es el que se ha usado en el planteamiento de la instalación solar en el centro educativo, sus especificaciones son:

- Potencia pico 420 Wp.
- Tolerancia potencia máxima (%) +5/-0.
- Eficiencia de módulo 20,4 %.
- Voltaje nominal (V_{mpp}) 45.3 V.
- Intensidad nominal (I_{mpp}) 9.28 A.
- Voltaje de circuito abierto (V_{oc}) 54.4 V.
- Intensidad de cortocircuito (I_{sc}) 9.92 A.
- Voltaje máximo del sistema 1500 V.
- Fusible de serie máxima 18 A.

9.3.2 Panel Solar SOLARPOWER 120W 12V XUNZEL

El panel solar de Xunzel es el panel solar utilizado en la etapa de pruebas donde se comprobó el correcto funcionamiento del desarrollo software, sus especificaciones son:

- Potencia pico 120 Wp.
- Tolerancia potencia máxima (%) +5/-0.
- Voltaje nominal (V_{mpp}) 12 V.
- Intensidad nominal (I_{mpp}) 10 A.
- Voltaje de circuito abierto (V_{oc}) 23.8 V.
- Intensidad de cortocircuito (I_{sc}) 6.36 A.
- Voltaje máximo del sistema 1000 V.
- Fusible de serie máxima 12 A.

9.3.3 Inversor Solar GoodWe GW50KN-MT trifásico

El inversor trifásico es utilizado en el planteamiento del sistema sin baterías, y sus especificaciones son:

- Máx. potencia de entrada CC 65000 W.
- Máx. tensión de entrada CC 1100 V.
- Rango MPPT 200~1000 V.
- Tensión de arranque 200 V.

- Tensión de entrada nominal CC 620 V.
- Máx. corriente de entrada 33/33/22/22 A.
- Máx. corriente cortocircuito 41.5 / 41.5 / 27.5 / 27.5 A.
- No. de rastreadores MPP4.
- No. de cadenas por rastreadores MPP 3 / 3 / 2 / 2.
- Potencia aparente de salida nominal a la red 50000 W.
- Máx potencia aparente de salida a la red 55000 VA.
- Tensión de salida nominal 400, 3L / N / PE o 3L / PE V.
- Frecuencia de salida nominal 50/60 Hz.
- Max corriente de salida CA a la red 80 A.

9.3.4 BMS SC1000-200

Para el control de las baterías de la solución que las incluye se utilizará este regulador, siendo sus especificaciones:

- Voltaje de funcionamiento 0-1000 V.
- Corriente de funcionamiento 180 A.
- Potencia consumida 8 W.
- Grado de protección IP20.

9.3.5 iSCC-LXM-30-12/24V – 30A - 400W-12V / 800W-24V

Este regulador ha sido utilizado junto al módulo BLE para realizar las pruebas de la solución software, sus especificaciones son:

- Voltaje del sistema 12/24 V.
- Potencia máxima consumida 100 W.
- Corriente máxima de salida 30 A.
- Voltaje máximo en los terminales de la batería 32V.
- Voltaje máximo en los terminales de los paneles solares 92 V.
- Voltaje máximo MPPT 72V.
- Autoconsumo 0.03 A.

9.3.6 Batería Solar Pylontech H32148 4,74 kWh Alto voltaje

Esta batería es la que se ha planteado utilizar para almacenar energía en la solución estudiadas y sus características son:

- Capacidad de Batería 4.74 kWh.
- Tensión nominal de trabajo 32V.
- Capacidad nominal 1 48Ah.
- Peso 48kg.

9.3.7 Powercube M1 Pylontech

Las baterías serán almacenadas en un rack, cuyas especificaciones son:

- Batería soportada H32148.
- Eficiencia 96%.

ANEXOS

Anexo I. Características técnicas

Panel solar SunPower PERFORMANCE 3 COM 420W Silver Frame



PERFORMANCE 3 COM

RANGO DE POTENCIA: 420 - 405 W

El panel SunPower Performance 3 de tercera generación representa el último capítulo de una historia de innovación tecnológica, ofrece términos de garantía mejorados con una mayor área de células activas para aumentar la potencia y la eficiencia con respecto a los paneles de la generación anterior.

Respaldado por una garantía líder en el sector y una vida útil estimada de 35 años,¹ el panel SunPower Performance envuelve células de contacto frontal convencionales con 35 años de experiencia en materiales, ingeniería y fabricación para mitigar los desafíos de fiabilidad del diseño de paneles convencionales.

Diseñados para el desempeño

- Las células más pequeñas permanecen más frías cuando están sombreadas, lo que prolonga la vida útil del panel⁴
- Un encapsulante patentado minimiza la degradación por la exposición ambiental
- El adhesivo conductor protege contra los cambios de temperatura diarios
- Las conexiones de células redundantes crean rutas flexibles para lograr un flujo continuo de la electricidad



sunpower.maxeon.com/es

Durabilidad que se traduce en más energía

Diseñado para soportar tensiones ambientales como sombras, cambios diarios de temperatura y alta humedad, el panel SunPower Performance 3 brinda hasta un 8 % más de energía en el mismo espacio durante 25 años en comparación con los paneles de PERC monocristalino convencionales.²

Un historial de liderazgo en innovación

Diseñado para soportar tensiones ambientales como sombras, cambios diarios de temperatura y alta humedad, el panel SunPower Performance 3 brinda hasta un 8 % más de energía en el mismo espacio durante 25 años en comparación con los paneles de PERC monocristalino convencionales.³



Más de 3 GW
desplegados



Más de 60
países



Más de 90
patentes

Un mejor producto. Una mejor garantía.

Cada panel SunPower Performance se fabrica con la confianza necesaria para ofrecer más energía y fiabilidad a lo largo del tiempo, y está respaldado durante 25 años por la garantía de paneles de total confianza de SunPower.

- | | |
|---|-------|
| • Potencia mínima garantizada en el año 1 | 97.5% |
| • Degradación máxima anual | 0.50% |
| • Potencia mínima garantizada en el año | 85.5% |

PERFORMANCE 3 COM POTENCIA: 420 - 405 W

Datos eléctricos				
	SPR-P3-420-COM-1500	SPR-P3-415-COM-1500	SPR-P3-410-COM-1500	SPR-P3-405-COM-1500
Potencia nominal (P _{nom}) ⁵	420 W	415 W	410 W	405 W
Tolerancia de potencia	+5/-0%	+5/-0%	+5/-0%	+5/-0%
Eficiencia de los paneles	20,4%	20,1%	19,9%	19,6%
Tensión nominal (V _{mpp})	45,3 V	45,0 V	44,5 V	44,0 V
Intensidad nominal (I _{mpp})	9,28 A	9,22 A	9,21 A	9,20 A
Tensión de circuito abierto (V _{oc})	54,4 V	54,1 V	53,9 V	53,3 V
Intensidad de cortocircuito (I _{sc})	9,92 A	9,90 A	9,89 A	9,88 A
Máx. tensión del sistema	1500 V IEC			
Fusible de serie máxima	18 A			
Coef. potencia-temperatura	-0.34% / °C			
Coef. tensión-temperatura	-0.28% / °C			
Coef. intensidad-temperatura	0.06% / °C			

Pruebas y certificaciones	
Pruebas estándar ⁶	IEC 61215, IEC 61730, nominal a 1500 V
Certificados de gestión de calidad	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
Conformidad con EHS	OHSAS 18001:2007, plan de reciclaje
Prueba de amoniaco	IEC 62716
Prueba de soplado de arena	MIL-STD-810G
Prueba de niebla salina	IEC 61701 (máxima severidad)
LeTID Prueba ⁷	IEC 61215 (MQT 23.1 LeTID detection) proyecto de norma
Prueba PID	IEC 62804
Normas disponibles	TUV

Condiciones de funcionamiento y datos mecánicos	
Temperatura	-40°C a +85°C
Resistencia a impactos	Granizo de 25 mm de diámetro a 23 m/s
Células solares	PERC monocristalino
Cristal templado	Templado antirreflectante de alta transmisión
Caja de conexión	IP-67, Staubli MC4-Evo2, 3 diodos de derivación
Peso	22 kg
Máx. carga	Viento: 2400 Pa, 245 kg/m ² en cara frontal y posterior Nieve: 5400 Pa, 550 kg/m ² en cara frontal
Bastidor	Anodizado plata de clase 2

1 Vida útil prevista de los paneles Performance de 35 años. Fuente: "SunPower P-Series Technology Technical Review" (Reseña técnica sobre la tecnología de serie P de SunPower), informe de ingenieros independientes de Leidos, 2016.

2 El panel SunPower 420 W tiene el 20,4 % de eficiencia en comparación con un panel convencional en matrices del mismo tamaño (PERC monocristalino de 370 W, 19 % de eficiencia, aprox. 1,94 m²) y una tasa de degradación menor, de 0,25 % por año (Jordan, et. al. Metodología y aplicación sobre la degradación de células fotovoltaicas robustas. PVSC, 2018).

3 Osborne. "SunPower supplying P-Series modules to a 125MW NextEra project" (SunPower suministra módulos de la serie P a un proyecto NextEra de 125 MW) PV-Tech.org, Marzo de 2017.

4 SunPower Performance Series - Thermal Performance, Z. Campeau 2016.

5 Medido en condiciones de prueba estándar (STC): irradiancia de 1000 W/m², AM 1,5 y temperatura de células de 25 °C.

6 Calificación antincendios de clase C según IEC 61730.

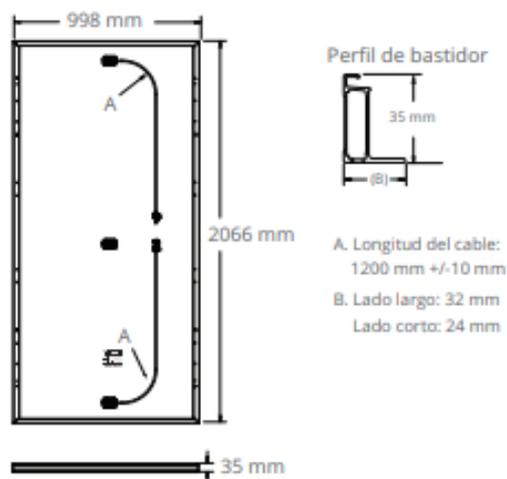
7 Sensibilidad LID de Fraunhofer CSP de acuerdo con IEC 61215 (detección LeTID MQT 23.1).

Diseñado en Estados Unidos por SunPower Corporation
Ensamblado en China

Las especificaciones incluidas en esta ficha técnica están sujetas a cambios sin previo aviso.

© 2020 Maxeon Solar Technologies. Todos los derechos reservados.
Consulte la información sobre la garantía, patentes y marcas comerciales en maxeon.com/legal.

sunpower.maxeon.com/es



Lea la guía de instalación y seguridad.

SUNPOWER
FROM MAXEON SOLAR TECHNOLOGIES

535836 REV A / A4_ES

Fecha de publicación: Septiembre 2020

GOODWE

Serie MT

50-80kW | 4 MPPT | Trifásico

La segunda generación de inversores de la serie MT de GoodWe está diseñada para proyectos comerciales de techo solar de mediana y gran escala y para instalaciones fotovoltaicas terrestres que exigen la máxima versatilidad y rentabilidad. Con su diseño compacto y su reforzador de potencia, la nueva generación de inversores MT de GoodWe puede proporcionar un 15% de sobrecarga continua máxima de potencia de salida en CA, lo que se traduce en una rentabilidad más inmediata. La tensión de arranque es de 200V, muy inferior a otros productos, por lo que su arranque es más rápido y, por tanto, la generación de energía es mayor con el tiempo.



Sobredimensionamiento de entrada CC hasta 50%



Control individualizado de cadenas



Sobrecarga de salida CA hasta 15%



Operación a pleno rendimiento a 50°C



Eficiencia máxima de hasta 99%



Power Line Communication

Datos técnicos	GW50KN-MT	GW60KN-MT	GW50KBF-MT	GW80KHV-MT	GW75K-MT	GW80K-MT
Entrada						
Máx. tensión de entrada (V)	1100					
Rango de tensión MPPT de funcionamiento (V)	200 ~ 1000					
Tensión de arranque (V)	200					
Tensión nominal de entrada (V)	620	620	620	800	600	620
Máx. corriente de entrada por MPPT (A)	33 / 33 / 22 / 22	33	30	44	44	44
Máx. corriente de cortocircuito por MPPT (A)	41.5 / 41.5 / 27.5 / 27.5	41.5	37.5	55	55	55
Número de seguidores (MPPT)	4					
Número de series FV por MPPT	3 / 3 / 2 / 2	3	2	4	4 (Estándar), 3 (Opcional, compatible con módulos bifaciales)	
Salida						
Potencia nominal de salida (W)	50000	60000	50000	80000	75000	80000
Potencia nominal aparente de salida (VA)	50000	60000	50000	80000	75000	80000
Máx. potencia activa (W)	55000; 57500@415V	66000; 69000@415V	55000; 57500@415V	88000	75000	88000
Máx. potencia aparente (VA)	55000; 57500@415V	66000; 69000@415	55000; 57500@415V	88000	75000	88000
Tensión nominal de salida (V)	400, 3L / N / PE o 3L / PE			540, 3L / PE	400, 3L / N / PE o 3L / PE	
Rango de tensión de salida (V)	340 ~ 440	340 ~ 440	340 ~ 440	459 ~ 594	340 ~ 440	340 ~ 440
Frecuencia nominal de red (Hz)	50 / 60					
Rango de frecuencia de red (Hz)	45 ~ 55 / 55 ~ 65					
Máx. corriente de salida (A)	80.0	96.0	80.0	94.1	133.0	133.0
Factor potencia	~1 (Ajustable, desde 0.8 capacitivo a 0.8 inductivo)					
Máx. distorsión armónica total	<3%					
Eficiencia						
Máx. eficiencia	98.7%	98.8%	98.8%	99.0%	98.8%	98.8%
Eficiencia europea	98.3%	98.5%	98.3%	98.4%	98.3%	98.3%
Protecciones						
Monitorización de corriente por serie FV	Integrado					
Detección de la resistencia de aislamiento FV	Integrado					
Monitorización de la corriente residual	Integrado					
Protección contra polaridad inversa CC	Integrado					
Protección anti-isla	Integrado					
Protección contra sobrecorriente CA	Integrado					
Protección contra cortocircuito CA	Integrado					
Protección contra sobretensión CA	Integrado					
Interruptor CC	Opcional					
Protección contra sobretensión CC	Tipo II					
Protección contra sobretensión CA	Tipo II					
AFCI	Opcional					
Recuperación PID	Opcional					
Datos generales						
Temperatura de operación (°C)	-30 ~ +60					
Humedad relativa	0 ~ 100%					
Altitud máx. de operación (m)	4000			≈4000		
Método de refrigeración	Refrigeración mediante ventilación inteligente			Refrigeración forzada		
Interfaz de usuario	LED, LCD (Opcional), WiFi + APP			LED, WiFi + APP		
Comunicación	RS485, WiFi o PLC (Opcional)			RS485, WiFi, PLC (Opcional)		
Peso (kg)	59.0	64.0	60.0	65.0	70.0	70.0
Medidas (ancho x alto x profundo mm)	586 x 788 x 264			586 x 788 x 267		
Topología	No aislado					
Consumo nocturno (W)	<1					
Grado de protección	IP65					
Conector CC	MC4 (4 ~ 6mm ²)	MC4 (4 ~ 6mm ²)	-	-	-	MC4 (4 ~ 6mm ²)

*: Visite el sitio web de GoodWe para ver los últimos certificados.



High Voltage Lithium-Ion Phosphate Battery storage system -Powercube M1

Battery Module: H32148



Module	H32148
Basic Parameters	
Capacity(kWh)	4.74
Nominal Voltage(Vdc)	32
Nominal Capacity(AH)	148
Voltage Range(Vdc)	30~36
Depth of Discharge	90%
Dimension(W*D*H,mm)	330*628*150.5
Communication	RS485/CAN
Protection Class	IP20
Weight(kg)	48
Operation Life	10+ years
Operation Temperature	0~50℃
Storage Temperature	-20~60℃
Product Certificate	UN38.3/ UL9540A

BMS SC1000-200



Main Controller : SC1000-200

Module	SC1000-200
Basic Parameters	
Related Product	PowerCube-M1
AC Supply	100 - 290Vac/50Hz/1.3A
System Operation Voltage (Vdc)	0~ 1000
Operation Current (Max.) (A)	180
Self-consumption Power(W)	8
Dimension (W×D×H, mm)	330×628×150.5
Communication	MODBUS RTU/CAN
Protection Class	IP20
Weight(kg)	15
Operation Life	15+
Operation Temperature	-20~65
Storage Temperature	-40~80

BMS Function

Protection and Alarm

Charge/Discharge End
 Charge Over Voltage
 Charge/Discharge Over Current
 High/Low Temperature
 Operation Record
 Administrator Monitor: Current, Voltage, Temperature, SOC&SOH.

Management and Monitor

Cells Balance
 Intelligent Charge Model
 Capacity Retention Calculate
 Isolation and Protection
 Alarm and Protection



Module	PowerCube-M1
Basic Parameters	
Battery System Capacity (kWh)	4.74*n
Battery System Voltage (Vdc)	32*n
Battery System Capacity (AH)	148
Battery Module	H32148
Battery Module Capacity (kWh)	4.74
Battery Modules Qty. (Optional)	1~ 23
Battery System Charge Upper-Voltage(Vdc)	36*n
Battery System Standard Operation Current(Ah)	29.6
Battery System Normal Operation Current(Ah)	74
Battery System Max. Operation Current(Ah)	148
Battery System Discharge lower-Voltage(Vdc)	27*n
Efficiency	96%
Depth of Discharge	90%
Dimension(W*D*H, mm)	815*659*2130
Communication	RS485/CAN/Ethernet
Weight (kg)	120kg+47*n
Operation Life	10+Years
Operation Temperature	10~40℃
Storage Temperature	-20~60℃
Humidity	5%~95%
Altitude (m)	<4000
Product Certificate	IEC62619/IEC63056/UL1973/UL954 0A/VDE2510-50/CE/UN38.3

iSCC-LXM™ Series

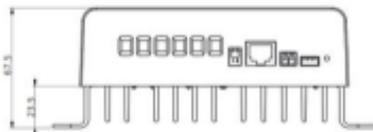


iSCC-LXM™ Series – XUNZEL

Controlador de Carga y Descarga Solar Avanzado MPPT

Descripción

- iSCC-LXM™ es un **controlador programable de carga y descarga solar MPPT de alta eficiencia**.
- **Bajo auto-consumo.** Saca lo máximo de tu Sistema.
- Protege la batería de sobrecargas generadas por los paneles solares fotovoltaicos y contra descargas profundas.
- Protección estática (según el voltaje de la batería) o dinámica (según el voltaje de la batería y la carga). Prolonga la vida útil de tus baterías.
- **Diseñado para sistemas de 12 y 24 V.**
- Diseñado para cargar baterías de Pb-AGM, GEL, abiertas, de litio y definidas por el usuario
- Seguro y fiable.
- Con interfaces de comunicación RS-485 y Modbus.
- **Modos de operación programables:** Automático o Manual ON/OFF Carga y tipo de batería.
- Universal para diferentes tecnologías de baterías: Plomo-Ácido (AGM, abierta, Gel) y Litio.
- Ligero y de dimensiones compactas.
- Indicadores LED de fácil uso para una lectura y programación de estado fácil y rápida.
- Ideal para sistemas fotovoltaicos Off-Grid, Móviles, Off-Shore y Backup.
- Sensor de temperatura para la compensación de la temperatura.
- Protecciones automáticas electrónicas completas.
- Salida de carga de 12/24V para la alimentación de cargas de CC de forma directa y eficiente ya que no se necesita ningún inversor. Dos modos (Prioridad de carga y prioridad de consumo)



Modelos

- **iSCC-LXM-30-12/24V – 30A - 400W-12V / 800W-24V**
Code: ISCLLXM30124
- **iSCC-LXM-30-12/24V – 30A - 400W-12V / 800W-24V con módulo Bluetooth**
Code: ISCLLXM30124B
- **iSCC-LXM-30-12/24V – 30A - 400W-12V / 800W-24V con Display Remoto**
Code: ISCLLXM30124D

iSCC-LXM™ Series

Especificaciones técnicas

Modelo	iSCC-LXM-30 12/24
Tensión Sistema	12/24V
Max. Potencia Panel Solar	12V System: 400Wp 24V System: 800Wp
Max. Corriente de Carga Solar	30A
Max. Tensión circuito abierto Solar	92V
Tipo batería (Programable)	AGM, GEL, abierta, Calcio, Litio LiFePO4
MPPT Eficiencia	> 99%
Tensión absorción- Tensión de carga (Litio; Programable)	14.40/28.80V 10.00 ~ 32.00V (Litio)
Tensión batería	9 ~ 32V
Tensión ecualización	14.60/29.20V (Programable por usuario 9 ~ 17V / 18 ~ 34V)
Tensión flotación	13.80/27.60V (Programable por usuario 9 ~ 17V / 18 ~ 34V)
Compensación por Temperatura	-3mV/K por celda 2V / No para Litio
Desconexión por batería baja (Programable)	11.10 / 22.20V (Programable por usuario 9 ~ 17V / 18 ~ 34V)
Max. Tensión fotovoltaica	95V
Potencia máxima salida carga	100W
Protecciones	Contra polaridad inversa, cortocircuito, sobre corriente, corriente inversa, sobre voltaje, bajo voltaje, sobre temperatura
Dimensiones / Peso	183x122.5x67.5mm / 1200g
Sección cable max.	16mm ² (6AWG)
Rango Tª ambiente	-35°C ~ +65°C
Grado protección	IP32
Tierra	Negativo-comun
Max. Altitud	3000m
Certificaciones	CE, RoHS, LVD, EMC

SOLARPOWER™ Series



SOLARPOWER™ Series - XUNZEL



Incluye cables solares premontados



*No incluido



SOLARPOWER™ Series - XUNZEL

XUNZEL Paneles solares fotovoltaicos de aislada y de alta eficiencia para cargar baterías

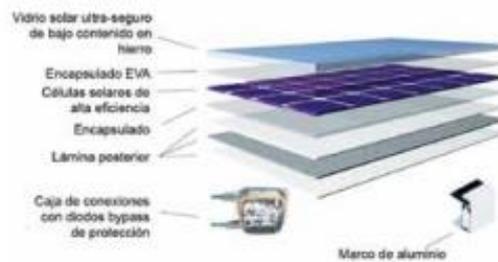
Características del Producto

- Diseñado para sistemas de aislada (Off-Grid) y Off-shore
- Preparado para conectar y usar. Cableado seguro y fácil
- SOLARPOWER™ incluye largos cables solares premontados, listos para conectar al controlador de carga solar
- Módulos de 36 células, la mejor opción para carga baterías de 12V (módulos de 72 células para baterías de 24V)
- Ampliable. Conecte strings de paneles en paralelo, para obtener sistemas de alta potencia
- Módulos solares fotovoltaicos de Silicio Cristalino (c-Si)
- Alta calidad, gran fiabilidad y excelente rendimiento
- Caja de conexiones resistente a la corrosión para proteger las conexiones eléctricas
- El vidrio protector endurecido protege las células que, además, están embebidos en EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate) transparente
- Pruebas de Flash y Electroluminiscencia
- Tolerancia de potencia positiva

Modelos Disponibles

SOLARPOWER 05W 12V
 SOLARPOWER 10W 12V
 SOLARPOWER 15W 12V
 SOLARPOWER 20W 12V
 SOLARPOWER 30W 12V

SOLARPOWER 60W 12V
 SOLARPOWER 80W 12V
 SOLARPOWER 120W 12V
 SOLARPOWER 185W 24V
 SOLARPOWER 240W 24V



Si el precio total de todos y cada uno de estos ficheros es superior al precio publicado por el fabricante, el precio de venta por el que se publica en el presente documento por escrito de XUNZEL, 8018-2018 XUNZEL - Xunzel no se hace responsable de posibles errores tipográficos.

XU-2109215-AH

Industry Leading Technology for Off-Grid, Off-Shore and Backup Power Applications



© 2016-2018 Copyright Xunzel. Information contained in this document is subject to change without notice.



info@xunzel.com
 www.xunzel.com

SOLARPOWER™ Series

Especificaciones

Modelo	SOLARPOWER 05W 12V	SOLARPOWER 10W 12V	SOLARPOWER 15W 12V	SOLARPOWER 20W 12V	SOLARPOWER 30W 12V	SOLARPOWER 60W 12V	SOLARPOWER 80W 12V	SOLARPOWER 120W 12V	SOLARPOWER 185W 24V	SOLARPOWER 240W 24V	
Parámetros eléctricos - especificaciones en condiciones estándares de prueba (Standard Test Conditons, STC): 1000W/m² radiación solar, AM 1.5, 25°C temperatura de la célula											
Potencia máxima Pmax [W]*	5	10	15	20	30	60	80	120	185	240	
Voltaje nominal [V]	12								24		
Voltaje de circuito abierto Voc [V]	2170								2250	4450	4420
Voltaje de potencia máxima Vmpp [V]	1720								1820	3595	3620
Corriente de corto circuito Isc [A]	0.33	0.66	0.95	1.30	1.95	3.80	5.00	7.00	5.50	7.21	
Corriente de potencia máxima Imp [A]	0.291	0.582	0.873	1.17	1.75	3.49	4.66	6.60	5.15	6.63	
Valor máximo del fusible	10A										
Temperatura nominal de funcionamiento de la célula NOCT	46°C ± 2°C										
Coefficiente de temperatura de la potencia	-0.43%/°C										
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.36%/°C										
Coefficiente de temperatura de Isc	-0.07%/°C										
Parámetros integrados del sistema											
Voltaje máximo del sistema SCII	1000VCC										
Máxima corriente inversa	No aplique tensiones superiores a Voc al modulo										
Células	36 pcs. Silicio policristalino de alta calidad								72 pcs. Silicio policristalino de alta calidad		
Dimensiones [mm]	270 x 185 x 25	345 x 282 x 25	386 x 345 x 25	483 x 345 x 25	670 x 380 x 30	695 x 670 x 30	900 x 670 x 30	1325 x 670 x 30	1330 x 990 x 35	1690 x 990 x 45	
Peso Neto [kg]	0.71	1.20	1.65	1.90	3.10	5.44	6.78	10.40	15.80	20.10	
Cables solares premontados	Un cable solar de 2 núcleos. 2 x 2.5mm ² / 2m Precortado 15mm					2 cables solares de un núcleo. 4mm ² / 4m Precortado 15mm		2 cables solares de un núcleo. 6mm ² / 4m Precortado 15mm			
Marco	Aluminio anodizado de alta calidad										
Vidrio frontal	Vidrio templado de 32mm de bajo contenido en hierro (EN 12150)										
Embebecimiento de las células	EVA transparente (Ethylene-Vinyl-Acetate)										
Lámina posterior	Lámina plástica de alta calidad TPT/TPE/BBF										
Caja de conexiones	IP65										
Certificados	IEC 61215 / IEC 61730										

* Tolerancia de potencia positiva

XU-2109215-AH

Industry Leading Technology for Off-Grid, Off-Shore and Backup Power Applications



© 2015-2016 Copyright Xunzel. Information contained in this document is subject to change without notice.

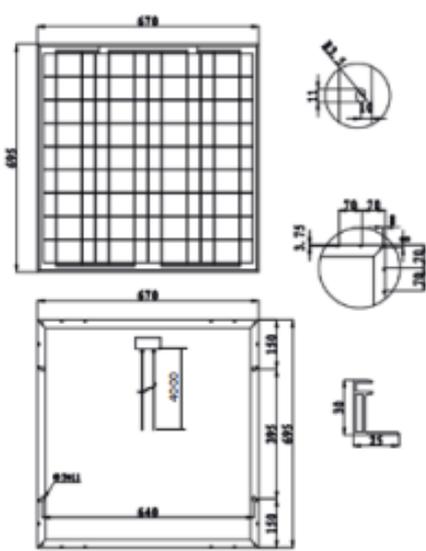


info@xunzel.com
www.xunzel.com

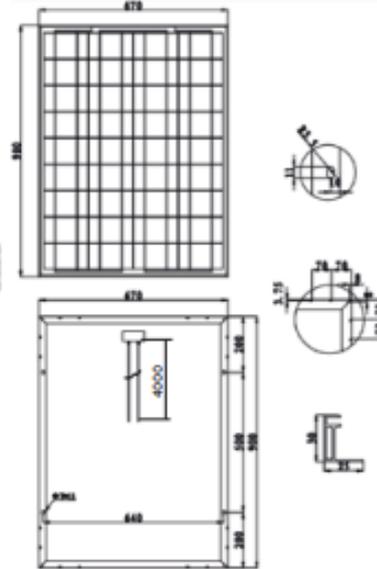
El diseño y todos los íconos y dibujos de esta ficha, están protegidos por las leyes que rigen su distribución, su reproducción, su total o parcial imitación, su publicación o cualquier otro uso no autorizado por escrito de XUNZEL. Reservados todos los derechos. No se permite su uso sin el consentimiento escrito de XUNZEL.

Especificaciones

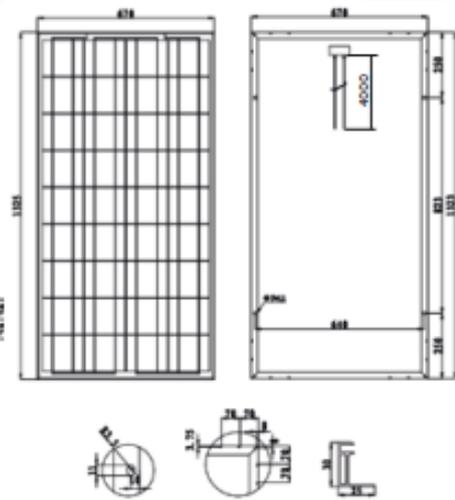
SOLARPOWER 60W 12V



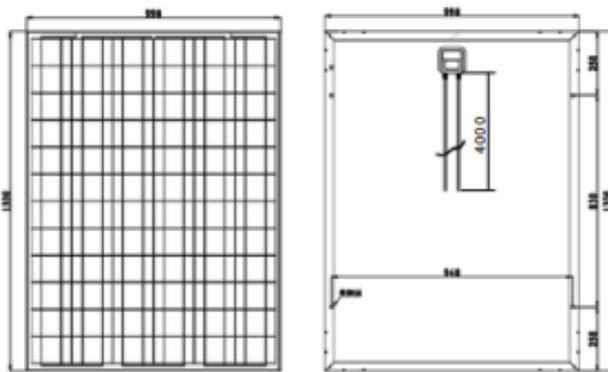
SOLARPOWER 80W 12V



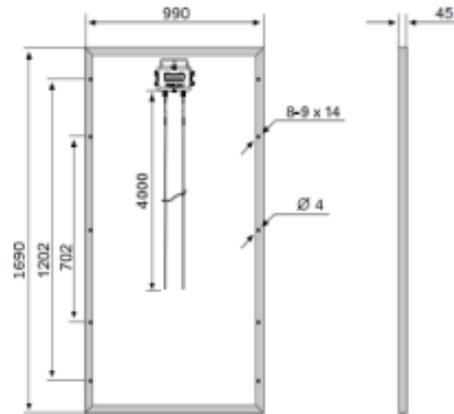
SOLARPOWER 120W 12V



SOLARPOWER 185W 24V



SOLARPOWER 240W 24V



El contenido de este documento es propiedad de Xunzel y no puede ser reproducido, ni total ni parcialmente, ni publicado o usado para ningún propósito sin el consentimiento por escrito de Xunzel. ©2009 XUNZEL. Xunzel no se hace responsable de posibles errores tipográficos.

XU-2109215-AH

Industry Leading Technology for Off-Grid, Off-Shore and Backup Power Applications



SOLAR WIND MARINE BOAT CARAVAN CAMPING UPS-BACKUP ENERGY PROFESSIONAL TELECOM CATV AGRICULTURAL WORKS TRAFFIC



info@xunzel.com
www.xunzel.com

KBAS12800 12V 80Ah

KBAS12800 12V 80Ah

The Kaise Solar range is mainly used in the renewable energies industry, given their optimal performance in cyclic use. With lower acid density, excess of electrolyte and larger distance between plates the batteries maintain a low temperature and also slows down the plate grid corrosion speed. These batteries have a unique plate grid configuration which, alongside the high quality AGM separator and the battery management system, ensures the batteries have a longer service life. The valves were specially designed to control water loss and prevent air and other elements from getting in.



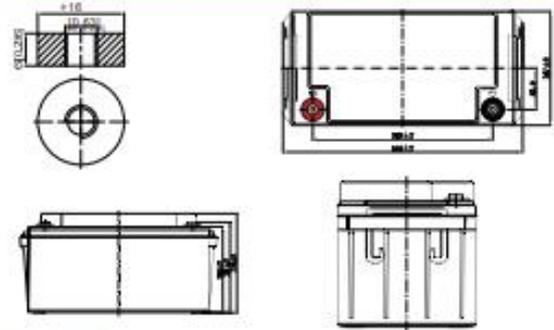
Performance Characteristics

Nominal Voltage	12V	
Dimensions	Length (mm / inch)	348 / 13.70
	Width (mm / inch)	167 / 6.57
	Height (mm / inch)	178 / 7.01
	Total Height (mm / inch)	178 / 7.01
Approx. Weight	[Kg / lbs] 21.2 / 46.8	
Design Life	8 - 12 years	
Terminal	M8	
Container Material	ABS	
Rated Capacity	74.8 Ah / 0.748 A	(100hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	68.2 Ah / 3.413A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	65.0 Ah / 6.50 A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	56.7 Ah / 11.34 A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	39.5 Ah / 39.5 A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)
Max. Discharge Current	780A (5s)	
Internal Resistance	Approx 7.3mΩ	
Operating Temp. Range	Discharge : -15 - 50°C (5 - 122°F)	
	Charge : 0 - 40°C (32 - 104°F)	
	Storage : -15 - 40°C (5 - 104°F)	
Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)	
Cycle Use	Initial Charging Current less than 19.5A	
	Voltage: 14.4V - 15.0V at 25°C (77°F)	
	Temp. Coefficient: -30mV/°C	
Standby Use	Initial Charging Current less than 28A	
	13.5V - 13.8V at 25°C (77°F)	
	Temp. Coefficient: -20mV/°C	
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F)	103%
	25°C (77°F)	100%
	0°C (32°F)	86%
Self Discharge	Fully charged Kaise Solar Series batteries may be stored for up to 6 months at 25°C (77°F) and then a freshening charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

Constant Current Discharge (Amperes) at 77°F (25°C)

Volts/cell	15min	30min	45min	1h	5h	10h	20h	100h
1.80V	87.0	51.5	40.1	32.2	10.9	6.50	3.41	0.748
1.70V	80.9	55.4	42.9	34.8	11.3	6.64	3.48	0.795
1.70V	89.3	60.8	44.8	36.7	11.8	6.85	3.55	0.764
1.60V	105.2	64.1	47.6	38.0	12.2	7.00	3.64	0.776
1.60V	115.3	68.1	49.3	39.5	12.6	7.16	3.72	0.783

Dimensions and Terminal (Unit: mm (inches))



Applications

- Renewable Energy
- Alarm systems
- Electric Test Equipment
- Emergency lighting systems
- Marine equipment
- Telecommunications systems

Certifications

ISO 9001:2008 ISO 14001:2008



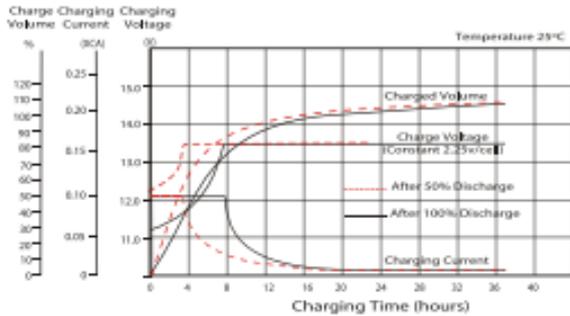
Discharge Current vs. Discharge Voltage

Final discharge voltage VCELL	1.8	1.75	1.7	1.6
Discharge current (A)	1 ≤ 0.1CA	0.25CA ≥ 1 > 0.1CA	0.56CA ≥ 1 > 0.25CA	1 > 0.56CA

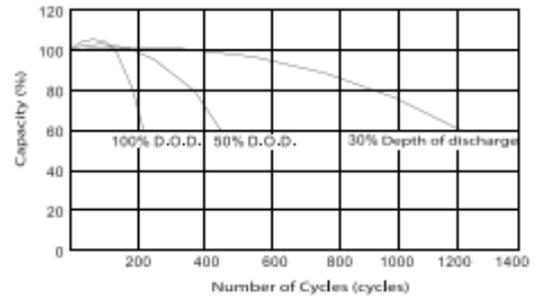
Constant Power Discharge (Watts per cell) at 77°F (25°C)

Volts/cell	15min	30min	45min	1h	5h	10h	20h
1.80V	151.7	97.1	76.4	62.2	21.4	12.9	6.78
1.70V	166.2	103.6	81.5	66.7	22.2	13.2	6.92
1.70V	179.1	112.7	84.8	70.3	23.0	13.4	7.05
1.60V	188.9	118.8	89.6	72.4	23.8	13.8	7.21
1.60V	202.9	124.9	92.1	74.6	24.5	14.1	7.37

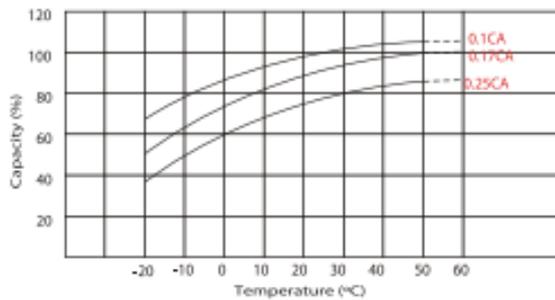
Charging Characteristic (float use)



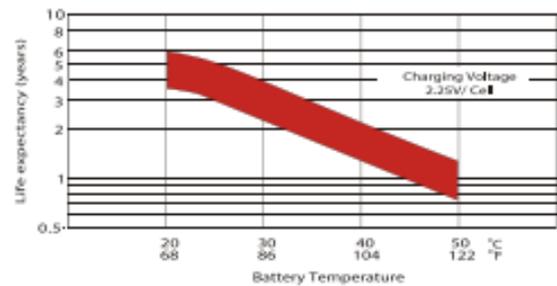
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



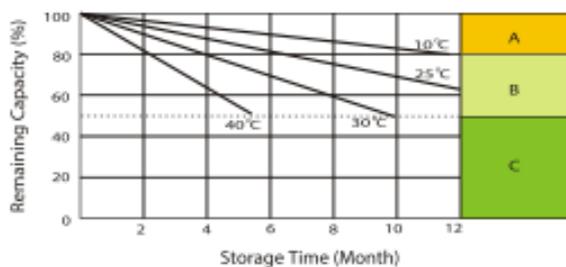
Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



Effect of Temperature on Long Terme Float Life



Self Discharge Characteristics



- A** With switch regulator (two-step controller) charge on curve max. charge voltage for max. 2 hrs/ day then switch over to continous charge.
- B** Standard charge without switching.
- C** Boost charge (Equalising charge with external generator) charge on curve continous charge for max. 5 hrs/month, then switch over to curve Standard charge.

IMPORTANT NOTE: The specifications presented herein are subject to revision without notice.

Anexo II. Código del *frontend*

Código de BLE.js

```
//Establecer la conexión
async connect() {
  try {
    if (typeof navigator.bluetooth.getDevices !== "undefined") {
      const devices = await navigator.bluetooth.getDevices()
      if (devices.length > 0) this.device = self.devices.find(device =>
device.name.startsWith(this.namePrefix));
    }

    if (!this.device) {
      this.device = await navigator.bluetooth.requestDevice({
        filters: [{ namePrefix: this.namePrefix }],
        optionalServices: [this.writeServiceUuid,
this.notifyServiceUuid]
      })
    }
  }
}

//Escribir
async write(command) {
  await this.writeChar.writeValue(command);
}

//Leer
read(event) {
  this.onData(event.target.value)
}

//Desconectar
async disconnect() {
  if (this.device.gatt.connected) {
    await this.device.gatt.disconnect();
  } else {
    console.log('Se encuentra desconectado');
  }
  this.onDisconnect()
}
```

Figura 83. Código de BLE.js

Código de index.html

```
//Llama a librerías y archivos
<script type="module"
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/Chart.js/3.9.1/chart.min.js"></script>
<script src="./js/BLE.js"></script>
<script src="./js/Parse.js"></script>
<script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/axios/1.2.1/axios.min.js">
</script>
```

Figura 84. Llamada a todas las librerías y archivos

Anexo III. Código del *backend*

Código de *index.js*

```
import './db/mongoose.js';
import koa from "koa";
import bodyParser from "koa-bodyparser";
import loggerKoa from "koa-logger";
import cors from "koa2-cors";

import routes from './routes/routes.js';

const port = process.env.PORT || 9000;
const app = new koa();

app.use(bodyParser()) // Parses the body of the request
  .use(loggerKoa()) // Logs all requests
  .use(cors()) // Allows cross origin requests
  .use(routes.routes());

app.listen(port, () => console.log(`http://localhost:${port}`));
```

Figura 85. Código de *Index.js*

Código de *mongoose.js*

```
import { mongoose } from "mongoose";
import * as dotenv from 'dotenv'
dotenv.config();

mongoose
  .connect(process.env.DATA_BASE)
  .then(() => console.log("Connected to MongoDB Atlas Sergio"))
  .catch((error) => console.error(error));
```

Figura 86. Código *mongoose.js*

Código de routes.js

```
import Router from "koa-router";
import BT2Schema from "../models/bt2data.js";

// Create a new router
const routes = new Router();

// Get home page
routes.get("/", async (ctx) => {
  console.log("Back-End by Sergio Lugo Fumero")
  ctx.body = "Bienvenido a la API de Sergio";
  ctx.status = 200;
});

// Post data to DB
routes.post("/BT2", async (ctx) => {
  try {
    const BT2 = BT2Schema(ctx.request.body);
    console.log(ctx.request.body);

    await BT2.save();
    ctx.body = { message: BT2 };
    ctx.status = 201;

  } catch (error) {
    ctx.body = { error };
    ctx.status = 400;
  }
});

routes.get("/BT2", async (ctx) => {
  try {
    const { date } = ctx.query;
    console.log(date);

    const data = await BT2Schema.find({date});
    console.log(data, date)

    ctx.body = { data };
    ctx.status = 200;

  } catch (error) {
    ctx.body = { error };
    ctx.status = 400;
  }
});

export default routes;
```

Figura 87. Código de routes.js