

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ENERGÉTICA SOSTENIBLE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LA CUBIERTA DE LA ESCUELA ZUBI ZAHAR

Estudiante Aranbarri Gutierrez, Antxon

Tutora Barrio Cagigal, Victoria Laura

Curso académico 2022-2023

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi tutora Victoria Laura Barrio Cagigal, por estar dispuesta a guiarme en la realización de este proyecto final, ayudándome en todo momento con el fin de conseguir sacar lo mejor de mí.

Agradezco, en especial, a Ane y a Esti, ya que han sido los que me han recibido con los brazos abiertos desde que les presente la idea del proyecto. Siempre han estado cerca para prestarme todo el material necesario para realizar el estudio. Gracias de verdad por vuestra voluntad.

Por último, mencionar a la cooperativa E.Z.E. Barrizar Koop. Quisiera agradecer todas sus ayudas, sus palabras motivadoras, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación.

RESUMEN

En los siguientes capítulos de este documento se encuentra la redacción de un proyecto de ingeniería relacionado con las energías renovables. La alarmante situación provocada por la subida radical de la luz, ha causado que diferentes establecimientos como los colegios intenten minimizar lo máximo este gran impacto, siendo la alternativa para este caso en especial, la de diseñar una instalación fotovoltaica conectada a red.

Esta instalación pretende asegurar el acceso a una energía limpia, renovable y sostenible, que satisfaga parte de la demanda eléctrica de un complejo educativo en un pueblo de Ondarroa.

Con 38,95 kW de potencia pico instalados en la cubierta de la escuela Zubi Zahar, se obtendrá un beneficio económico, educativo y ambiental, viendo un notable ahorro en la factura de la luz, involucrando a los estudiantes a interesarse por las energías renovables y reduciendo las emisiones de gases contaminantes de CO₂ emitidos a la atmósfera.

**Palabras clave: Instalación fotovoltaica, energía limpia renovable y sostenible, beneficio económico, educativo y ambiental.*

LABURPENA

Dokumentu honen hurrengo kapituluetan energia berriztagarriei lotutako ingeniari-tza-proiektu bat deskribatzen da. Argiaren igoera nabariak eragindako egoera kezkarriaren ondorioz, hainbat establezimenduk, hala nola ikastetxeek, inpaktu honen eragina ahalik eta gehien minimizatzea dute helburu, kasu honetan aztertutako alternatiba, bereziki, sarera konektatutako instalazio fotovoltaiko bat diseinatzea izan den.

Instalazio honen bidez, Ondarroa herriko ikastola bateko elektrizitate-eskariaren zati bat asetzea lortu nahi da, energia garbi, berriztagarri eta jasangarria baten eskutik.

Zubi Zahar ikastolako estalkian kokatutako 38,95 kW-ko potentzia piko duen instalazio batekin, ekonomia, hezkuntza eta ingurumen aldetik onurak lortuko dira, argiaren fakturan aurrezpen nabarmena nabariz, ikasleengan energia berriztagarrien inguruko jakin mina sustatuz eta atmosferara isuritako CO₂ gas kutsagarrien emisioak murriztuz.

**Hitz gakoak: Instalazio fotovoltaikoa, energia garbi berriztagarria eta jasangarria, ekonomia, hezkuntza eta ingurumen aldetik onurak.*

ABSTRACT

In the following chapters of this document, you will find the drafting of an engineering project related to renewable energies. The alarming situation caused by the radical rise in electricity prices has caused different establishments such as schools to try to minimise this major impact as much as possible, and the alternative for this particular case is to design a grid-connected photovoltaic installation.

This installation aims to ensure access to clean, renewable and sustainable energy to meet part of the electricity demand of an educational complex in the town of Ondarroa.

With 38.95 kW of peak power installed on the roof of the Zubi Zahar school, an economic, educational and environmental benefit will be obtained, with significant savings on electricity bills, involving students in renewable energies and reducing emissions of CO₂ polluting gases emitted into the atmosphere.

**Key words: Photovoltaic installation, clean renewable and sustainable energy, economic, educational and environmental benefit.*

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ENERGÉTICA SOSTENIBLE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LA CUBIERTA DE LA ESCUELA ZUBI ZAHAR

Estudiante Aranbarri Gutierrez, Antxon

Tutora Barrio Cagigal, Victoria Laura

Curso académico 2022-2023

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	II
LABURPENA	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO	2
3. METODOLOGÍA.....	3
3.1. PRINCIPIOS SEGUIDOS	3
3.2. EQUIPOS UTILIZADOS	3
4. INTEGRACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	4
4.1. ¿POR QUÉ APOSTAR POR LAS ENERGÍAS RENOVABLES?	4
4.1.1. Necesario para combatir el cambio climático	4
4.1.2. Ventajas y desventajas	5
4.1.3. Tipos de energías renovables	7
4.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	7
4.2.1. Radiación solar	7
4.2.1.1. Movimiento entre el sol y la tierra	8
4.2.1.2. Tipos de radiación	9
4.2.1.3. Efecto que va a tener en un panel fotovoltaico	9
4.2.2. Efecto fotovoltaico	12
4.2.2.1. Célula fotovoltaica	12
4.2.2.2. Condiciones para que un enlace PN genere una fuerza motriz	12
4.2.3. Tipos de instalaciones y equipos relevantes	13
4.2.3.1. Instalación solar fotovoltaica conectada a red	13
4.2.3.2. Instalación solar aislada	14

4.2.4. Nuevas tecnologías e investigación en energía solar	15
4.3. MERCADO ACTUAL DE LA SOLAR FOTOVOLTAICA	15
5. ANALISIS DE LA SITUACIÓN	16
5.1. UBICACIÓN	16
5.2. DATOS DEL CLIMA	17
5.2.1. Tipo de clima	17
5.2.2. Datos generales	18
5.2.2.1. Precipitaciones	19
5.2.2.2. Temperatura	20
5.2.2.3. Humedad	21
5.2.2.4. Irradiación	22
5.3. CONSUMO ELÉCTRICO DEL EDIFICIO	23
6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	24
6.1. ANÁLISIS PREVIO DE LA CUBIERTA	24
6.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN	25
6.2.1. Características de los componentes	26
6.2.1.1. Módulo solar	26
6.2.1.2. Inversor	28
6.2.1.3. Estructura soporte	29
6.2.1.4. Cableado	30
6.2.1.5. Sistema de monitorización	31
6.3. DISEÑO FINAL Y RESULTADOS OBTENIDOS	32
7. PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN	34
7.1. IMPLANTACIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	34
7.1.1. Instalación del sistema de seguridad	34
7.1.1.1. Línea de vida	34
7.1.2. Izado del material a cubierta	35
7.1.3. Montaje estructura de soporte	36
7.1.4. Instalación con salva-tejas	36
7.1.5. Acopio de residuos	37
7.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	38
7.2.1. Ubicación del cuadro eléctrico	38
7.2.2. Distribución de la instalación eléctrica	38
7.2.2.1. Canalizaciones	38
7.2.2.2. Instalación del cableado de corriente continua	39
7.2.2.3. Instalación del inversor y zona de corriente alterna	40
7.2.2.4. Puesta a tierra	41

7.2.2.5. Conexión y sistema de monitorización	41
7.3. PLANNING DEL PROGRAMA DE TRABAJO	42
8. MANTENIMIENTO	43
8.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	43
8.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	44
9. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	45
9.1. VIABILIDAD TÉCNICA	45
9.2. VIABILIDAD ECONÓMICA	45
9.3. VIABILIDAD AMBIENTAL	46
9.4. VIABILIDAD SOCIAL	46
10. DISCUSIÓN	47
11. CONCLUSIÓN	48
12. REFERENCIAS	49
ANEXO I: CÁLCULOS	I
I.1. ANÁLISIS INICIAL	I
I.1.1. Estudio de sombras	I
I.1.2. Superficie útil	II
I.2. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA A INSTALAR	IV
I.3. CALCULOS DE DISEÑO	IV
I.3.1. Número de paneles que se pueden colocar en serie	V
I.3.2. Número de strings posibles	V
I.3.3. Diseño del generador fotovoltaico	VI
I.4. ANÁLISIS ENERGÉTICO	VII
I.5. ANÁLISIS ECONÓMICO	XI
I.6. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	XIII
I.6.1. Viabilidad económica	XIII
ANEXO II. NORMATIVA APLICABLE	XIV
ANEXO III. PLANOS	XVI
ANEXO IV. PRESUPUESTO	XXII
ANEXO V. FICHAS TÉCNICAS	XXIII
V.1. MÓDULO SOLAR TRINASOLAR TSDM410DE	XXIV
V.2. INVERSOR SOLAR SOLIS 36K-5G	XXVI
V.3. ESTRUCTURA SOPORTE COPLANAR	XXVIII
ANEXO VI. FACTORES DE CONVERSIÓN	XXX

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aumento de la temperatura en los últimos años (Fuente: ECO inteligencia).....	4
Figura 2. Ventajas y desventajas de las energías renovables (Fuente: ERenovable)	6
Figura 3. Distribución de la radiación solar en el mundo (Fuente: Meteorología en Red) .	8
Figura 4. La órbita de la Tierra respecto al sol (Fuente: ABC)	8
Figura 5. Tipos de radiación (Fuente: Foro verde)	9
Figura 6. Trayectoria del sol dependiendo de la estación del año (Fuente: Heliosfera) ...	10
Figura 7. Trayectoria del sol en la ubicación analizada (Fuente: SunEarthTools)	10
Figura 8. Carta solar de la ubicación analizada (Fuente: SunEarthTools)	11
Figura 9. Célula fotovoltaica (Fuente: Iluminet)	12
Figura 10. Funcionamiento de una célula fotovoltaica (Fuente: Iluminet)	13
Figura 11. Instalación fotovoltaica conectada a red (Fuente: Smart Spain)	14
Figura 12. Instalación fotovoltaica aislada (Fuente: Smart Spain)	14
Figura 13. Nuevas tecnologías (Iturria: Ecología Verde)	15
Figura 14. Ubicación del pueblo de Ondarroa (Fuente: Wikipedia-Pais Vasco)	16
Figura 15. Terreno del pueblo de Ondarroa (Fuente: GeoEuskadi)	16
Figura 16. Colegio Zubi Zahar (Fuente: GeoEuskadi)	17
Figura 17. Zonas climáticas del Estado español (Fuente: Certicalia)	17
Figura 18. Clima de País Vasco (Fuente: Gobierno Vasco)	18
Figura 19. Distancia entre la estación y la escuela (Fuente: Google Earth Pro)	18
Figura 20. Estaciones meteorológicas de Bizkaia (Fuente: URA)	19
Figura 21. Análisis inicial de la cubierta (Fuente: GeoEuskadi)	24
Figura 22. Características de la cubierta (Fuente: PVsyst)	24
Figura 23. Dimensionamiento de la instalación (Fuente: GeoEuskadi)	25
Figura 24. Tipos de paneles (Fuente: Iberdrola)	26
Figura 25. Panel solar Trina Solar (Fuente: Techno Sun)	27
Figura 26. Inversor Solis (Fuente: El almacén fotovoltaico)	28
Figura 27. Estructura soporte coplanar (Fuente: Puigcercos)	29
Figura 28. Monitorización de la instalación (Fuente: El almacén fotovoltaico)	31

Figura 29. Simulación 3D.....	32
Figura 30. Propuesta de línea de vida (Fuente: GeoEuskadi)	35
Figura 31. Zona de izado (Fuente: GeoEuskadi)	36
Figura 32. Instalación con salva-tejas (Fuente: E.Z.E. Barrizar Koop.).....	37
Figura 33. Acopio de residuos (Fuente: GeoEuskadi)	37
Figura 34. Ubicación del cuadro eléctrico (Fuente: GeoEuskadi).....	38
Figura 35. Canalización (Fuente: Ekilor)	39
Figura 36. Instalación del cableado de corriente continua	39
Figura 37. Instalación del inversor	40
Figura 38. Instalación del cableado de corriente alterna	40
Figura 39. Perfil de obstáculos (Fuente: PVsyst)	II
Figura 40. Superficie total (Fuente: GeoEuskadi)	III
Figura 41. Superficie útil (Fuente: GeoEuskadi)	III
Figura 42. Análisis energético (Fuente: PVGIS)	VII
Figura 43. Factores de conversión	XXX

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Precipitación acumulada	20
Gráfico 2. Temperatura media	20
Gráfico 3. Temperatura absoluta	21
Gráfico 4. Humedad media diaria	22
Gráfico 5. Irradiación media mensual	22
Gráfico 6. Consumo eléctrico anual	23
Gráfico 7. Curva de consumo por horas	23
Gráfico 8. Consumo-generación	VIII
Gráfico 9. Comparación producción-consumo por horas	IX
Gráfico 10. Comparación producción-consumo por estaciones	X
Gráfico 11. Análisis energético	XI
Gráfico 12. Análisis económico	XII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo eléctrico anual en kWh.....	23
Tabla 2. Características del panel (Fuente: Techno Sun).....	27
Tabla 3. Características del inversor (Fuente: El almacén fotovoltaico)	28
Tabla 4. Características del cableado.....	30
Tabla 5. Diseño final de la instalación.....	32
Tabla 6. Análisis de los resultados	33
Tabla 7. Ahorros en electricidad	33
Tabla 8. Planning del programa de trabajo.....	42
Tabla 9. Sombras horizontales (Fuente: PVGIS)	I
Tabla 10. Características del panel solar y del inversor (Fuente: Techno Sun Y el almacén fotovoltaico)	IV
Tabla 11. Consumo-generación en kWh.....	VIII
Tabla 12. Comparación producción-consumo por horas en kWh.....	IX
Tabla 13. Presupuesto realizado	XXII

1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta el desarrollo la sociedad de los últimos años, se puede observar que la dependencia de la energía eléctrica es cada vez mayor. Esto se debe principalmente a los dos factores siguientes:

- Por un lado, el crecimiento de la población mundial ha sido muy importante en los últimos años. Desde 1950 hasta 2023, ha habido un aumento de más de 5 mil millones de personas, que lleva a un considerable aumento en la demanda de energía. [1]
- Por otro lado, el nivel de vida actual también se ha mejorado y simplificado mucho. Casi la mayoría de los equipos y dispositivos utilizados requieren energía para funcionar y este factor también ha sido importante para explicar la causa de esta dependencia energética.

Estudiando además el tipo de energía consumida hoy en día, no es discutible el poder que han tenido y tienen las energías no renovables. Sin embargo, como su nombre indica, no son renovables y esto quiere decir que no son inagotables, siendo esto último una realidad que está ocurriendo en la actualidad. También son contaminantes y un problema para la sociedad actual.

Encontrar una solución a esto se ha vuelto fundamental en las últimas generaciones, ya que la demanda de energía va aumentando con el paso de los años. Para ello, será muy importante apostar por las energías renovables, ya que reflejan el objetivo claro de tener un futuro próspero.

2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

Para dar un impulso a este deseo de integrar las energías renovables en la sociedad actual, el objetivo principal será crear un proyecto en una escuela ubicado en Bizkaia, concretamente en Ondarroa, que estudie la integración de una instalación solar fotovoltaica en la cubierta de la escuela, con el fin de poder generar energía para abastecer parte del suministro eléctrico del edificio.

El proyecto se llevará a cabo en la escuela Zubi Zahar, en la que, mediante un estudio preliminar, se ha detectado que la generación de energía eléctrica renovable, como es la energía solar, puede ser muy favorable para este edificio en concreto.

Los beneficios relacionados con este proyecto son evidentes, porque, no es solamente el hecho de producir energía sostenible para el abastecimiento del consumo de electricidad del edificio, sino que puede llegar a suponer un ahorro importante en la factura de la luz. De igual modo, cuando la producción es mayor que el consumo, esa parte extra de la energía producida en el propio centro (la que no se va a consumir), puede ser inyectada en la red eléctrica, debido a que no hay con la consiguiente reducción en el importe de la factura de la luz por compensación.

Pero los beneficios de colocar placas solares van más allá de los simplemente económicos. La instalación de energía solar es una buena manera de educar a los alumnos en las tecnologías ecológicas y en la cultura del respeto al medioambiente. Puede ser de hecho una forma de mostrar a los más pequeños que un futuro más sostenible es posible. Incluso se pueden programar a lo largo del curso todo tipo de actividades relacionadas con la energía solar. Porque educar en un entorno sostenible supone aceptar los nuevos modelos energéticos e integrarlos en el día a día para aplicarlos en un futuro. [2]

Por último, hay que dejar claro que se trata de un proyecto para el presente y sobre todo para el futuro. Por ello, este proyecto tendrá también como objetivo luchar por las estrategias y protocolos a favor del cambio climático, teniendo en cuenta, además de la ley que se aprobará a nivel de Euskadi, las vigentes a nivel mundial (por ejemplo, el Protocolo de Kioto, tratado medioambiental internacional de la UNFCC). [3]

3. METODOLOGÍA

3.1. PRINCIPIOS SEGUIDOS

Expresando los principios seguidos en la ejecución del proyecto, se llevará a cabo una solicitud y logro de consumos de inicio, para lo cual se mantendrá contacto con la escuela Zubi Zahar. Haciendo esto, se obtendrán los datos de referencia y de ahí, mediante cálculos, se obtendrán los resultados necesarios.

Hay que señalar que este proyecto se ha desarrollado en una época de post pandemia mundial, en la que la causa de esta pandemia ha sido el virus Covid 19. Por ello, los datos obtenidos serán sobre todo los de los años posteriores a 2021, cuando no había barreras a nivel mundial. Esta decisión ha sido muy útil en el caso de los consumos energéticos, ya que los datos de la época de pandemia no reflejan la realidad.

3.2. EQUIPOS UTILIZADOS

Los equipos utilizados serán programas y servicios disponibles online:

- **PVSYST:** PVsyst es un programa de ordenador utilizado para el diseño de instalaciones fotovoltaicas con amplias bases de datos de los principales componentes utilizados en las instalaciones del mercado internacional.
- **PVGIS:** PVGIS es una aplicación oficial desarrollada por la Unión Europea que permite calcular la producción fotovoltaica en cualquier zona de Europa, Asia y América.
- **SOLID EDGE:** Es un programa que se utilizará para desarrollar planos y que permite dibujar en 2D y 3D.
- **GIMP:** GIMP es un programa de edición de imágenes digitales en forma de mapa de bits, tanto dibujos como fotografías.

4. INTEGRACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

4.1. ¿POR QUÉ APOSTAR POR LAS ENERGÍAS RENOVABLES?

Las energías renovables son fuentes de energía limpias, inagotables y cada vez más competitivas. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en términos de diversidad, abundancia y potencial para ser utilizados en cualquier parte del planeta, pero el concepto más importante es que no producen gases de efecto invernadero ni emisiones contaminantes en comparación con los combustibles fósiles. Además, los costos están disminuyendo constantemente y la tendencia general en los costos de los combustibles fósiles va en la dirección opuesta, independientemente de la variabilidad de un estado a otro.

El crecimiento de las energías renovables es imparable, tal y como reflejan las estadísticas anuales de la Agencia Internacional de la Energía (AIE): Según la AIE, al crecimiento del 6% de 2021 le seguirá un aumento del 8% de la capacidad instalada en 2022, liderado por el aumento de la energía solar. [4]

4.1.1. Necesario para combatir el cambio climático

El desarrollo de energías limpias es fundamental para combatir el cambio climático y limitar sus efectos más destructivos. El año 2022 ha dado señales alarmantes de que el cambio climático y sus consecuencias se intensifican. El curso acabará entre los cinco o seis más cálidos registrados, ha visto un acelerón en la subida del nivel del mar y ha sido especialmente duro con el hielo de los glaciares, según el último informe sobre el clima global de la Organización Meteorológica Mundial. Este hecho se plasma en el gráfico que el Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) publicó en 2016, donde se refleja cuanto ha aumentado la temperatura promedio desde los años preindustriales. [5]

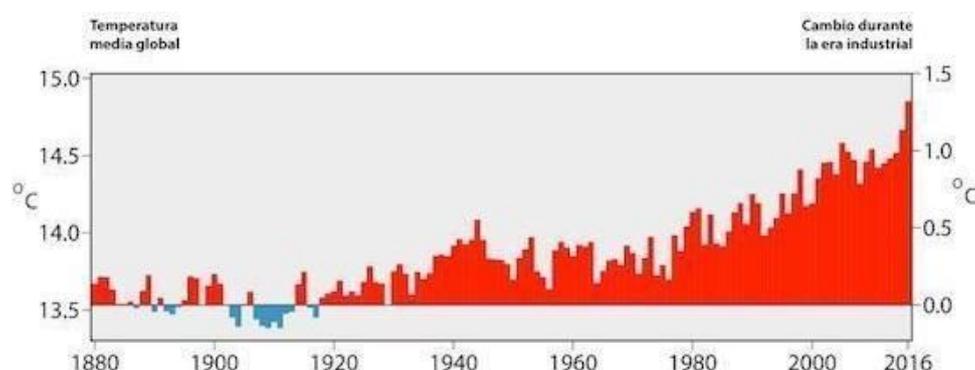


Figura 1. Aumento de la temperatura en los últimos años (Fuente: ECO inteligencia)

Al mismo tiempo, 860 millones de personas en el mundo aún no tienen acceso a la electricidad, lo que requiere un importante esfuerzo adicional para lograr el acceso universal a la electricidad en 2030 en la expansión de las energías limpias, que es una de las metas adoptadas por las Naciones Unidas, especialmente en el África subsahariana, para el desarrollo sostenible.

Las energías renovables han recibido un fuerte apoyo de la comunidad internacional a través del 'Acuerdo de París' firmado en la Cumbre Mundial del Clima celebrada en la capital francesa en diciembre de 2015.

El acuerdo entró en vigor en 2016 y, por primera vez en la historia, ha establecido un objetivo global vinculante. En consecuencia, casi 200 países firmantes se han comprometido a reducir sus emisiones para que el aumento de la temperatura media del planeta a finales de este siglo se mantenga "muy por debajo" de los dos grados.

La transición a un sistema energético basado en tecnologías renovables tendrá consecuencias económicas muy positivas para la economía global y el desarrollo. Según IRENA, la Agencia Internacional de Energías Renovables, lograr el Acuerdo de París requiere duplicar la cuota de energías renovables, hasta alcanzar el 57% a nivel mundial en 2030. Esto requiere aumentar la inversión anual en energía renovable de los \$330 mil millones actuales a \$750 mil millones, impulsando así la creación y el crecimiento de empleos relacionados con la economía verde. [6-7]

4.1.2. Ventajas y desventajas

Teniendo en cuenta el rumbo de las energías renovables, será fundamental analizar las ventajas y desventajas, para poder dar razones de peso de la intención de hacer una apuesta clara a su favor. Por ello, las ventajas y desventajas de este tipo de energías serán analizadas en los siguientes puntos.

Comenzando por los beneficios, se concluye que la lista es larga, ofreciendo un gran paso adelante para el bienestar de la sociedad.

- **NO CONTAMINA:** Son más respetuosas con el medio ambiente, no contaminan y son la opción energética más limpia hasta la fecha.
- **NO GENERA RESIDUOS A LARGO PLAZO:** Las energías renovables son muy fáciles de desmantelar, y no hay necesidad de monitorear los residuos durante millones de años, como ocurre con la energía nuclear.
- **PROSPERIDAD ECONÓMICA LOCAL:** Las energías renovables hacen que la zona en la que se instalan sea más autónoma, ya que contribuye al desarrollo de la zona en la que se instalan, tanto a nivel industrial como económico.



- **EMPLEO:** Este tipo de energías generan numerosos puestos de trabajo. Como es sabido, las previsiones apuntan a que la creación de empleo será aún mayor en los próximos años, teniendo en cuenta la proyección de la demanda y la implantación.
- **SEGURIDAD:** Las energías renovables son energías seguras que no contaminan y no suponen un riesgo para la salud. Además, los escombros no son una amenaza para nadie.
- **ILIMITADOS:** Son energías con fuentes inagotables como el sol, el agua o el viento. Además, diferentes procedencias permiten su aplicación en todo tipo de escenarios.
- **OPINIÓN PÚBLICA FAVORABLE:** Es importante que el discurso de la ciudadanía sea favorable. La opinión pública puede ser un elemento determinante y, en el caso de las energías renovables, hay más voces a favor que en contra, lo que facilita que éstas lleguen poco a poco a todo el mundo.



En cuanto a las desventajas, destacan los siguientes puntos:

- **INVERSIÓN INICIAL:** La primera desventaja de las energías renovables es lo que más dificulta la elección de este tipo de energías: la inversión inicial. Apostar por las renovables supone un gran movimiento de dinero y la rentabilidad no llega a corto plazo, por lo que hace falta un colchón que no todos puedan permitirse.
- **ACCESIBILIDAD:** En algunas zonas, la disponibilidad de energías renovables puede ser un problema en la actualidad. No siempre existe y se espera que lo almacenado sea suficiente. Esto está íntimamente relacionado con lo que empiezan a ser cada vez más populares.
- **ESPACIO NECESARIO:** Uno de los mayores inconvenientes de las energías renovables es el espacio necesario para comenzar a desarrollarlas. Según la fuente que necesiten, necesitan un gran espacio para poder desarrollarse o necesitan un gran sistema para producir algún efecto.
- **NATURALEZA DIFUSA:** Por otro lado, cabe añadir que un claro problema inherente a las energías renovables será el que muchas de ellas cuentan con una naturaleza difusa, con la excepción de la energía geotérmica la cual, sin embargo, sólo es accesible donde la corteza terrestre es fina, como las fuentes calientes y los géiseres. [8]



Figura 2. Ventajas y desventajas de las energías renovables (Fuente: ERenovable)

4.1.3. Tipos de energías renovables

Hay muchos tipos de fuentes renovables y utilizables, algunas se consideran completamente limpias y otras no.

Entre las fuentes limpias tenemos la energía eólica, la energía solar (fotovoltaica y térmica), la energía hidráulica o hidroeléctrica, la energía geotérmica y la energía marina.

Los menos limpios incluyen biomasa, bioetanol y biodiesel. Todos estos se obtienen a partir de materia orgánica y se utilizan como combustible en diferentes generadores. No son una forma limpia de energía porque liberan dióxido de carbono en corrientes como los combustibles fósiles, sin embargo, son renovables porque no se agotarán mientras tengamos las materias primas disponibles.

Finalmente, la nueva opción que se está desarrollando para la obtención de energía es el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos. Esta energía es inherentemente contagiosa, pero sería más contagiosa si no se aprovechara.

4.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Dentro de las energías renovables, la energía solar fotovoltaica ha sido una de las más desarrolladas gracias a la investigación de los últimos años. Empezaron a hacerlo a gran escala a partir del año 2000, cuando ecologistas alemanes y la organización Eurosolar consiguieron financiación para fabricar diez millones de tejados solares.

En 1839 el físico francés Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico y no fue hasta 1883 que se crearon las células solares. Lo que sucedió ese año tendría un futuro brillante, incluso teniendo las primeras células un rendimiento del 1%, ya que la investigación del siglo XX ha permitido aumentar la eficiencia considerablemente. En 1946 Russel Ohl creó la patente de enlace entre materiales semiconductores que se utiliza actualmente y en 1954 los laboratorios Bell crearon la primera célula fotovoltaica de silicio con un rendimiento del 4,5%.

La energía solar fotovoltaica no produce gases de efecto invernadero cuando está en funcionamiento y su principal desventaja es su dependencia de la radiación solar.

Esta transformación de radiación a electricidad se produce gracias a los materiales semiconductores de las células solares. El material básico utilizado para crear paneles solares suele ser el silicio, cuando la luz del sol (fotones) golpea una cara de la celda, se genera energía eléctrica y esta electricidad se puede utilizar como fuente de energía.

Este tipo de energía se utiliza para distribuir electricidad a gran escala a través de redes de distribución o para alimentar instalaciones aisladas de la red. [9]

4.2.1. Radiación solar

Como se mencionó, la radiación solar es fundamental para el funcionamiento de las placas. Es un conjunto de radiaciones electromagnéticas enviadas por el sol y de ella depende la

generación de energía. El valor máximo de radiación solar que llega a la tierra al mediodía de un día soleado suele ser de 1000 W/m².

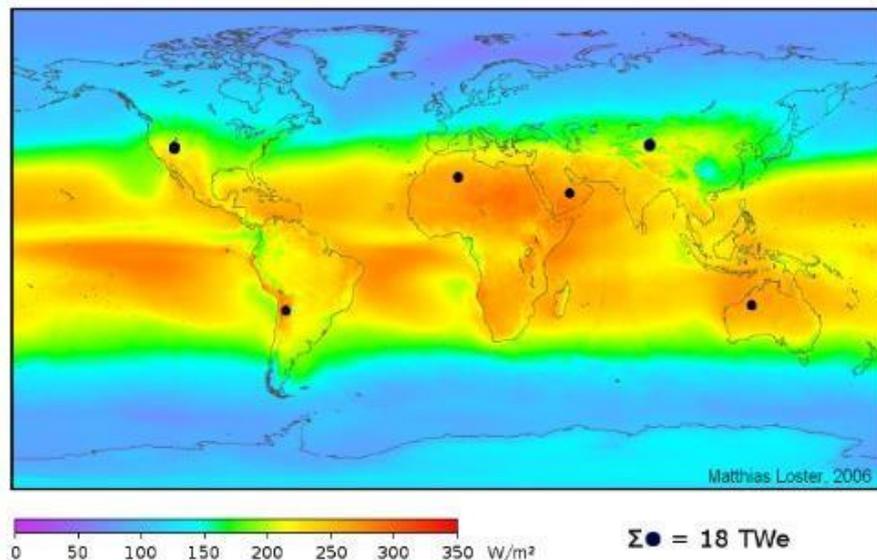


Figura 3. Distribución de la radiación solar en el mundo (Fuente: Meteorología en Red)

En la figura superior se puede ver como se distribuye la radiación solar por el mundo y que tipo de irradiancia llega a cada zona.

Como se puede ver, la zona de Euskadi no posee gran potencial para explotar este tipo de energía, pero este grado de radiación puede ser útil en muchos meses del año. [10-11]

4.2.1.1. Movimiento entre el sol y la tierra

La órbita de la tierra con respecto al sol no es circular, es elíptica, por lo que la radiación será mayor en los meses de invierno que en los de verano.

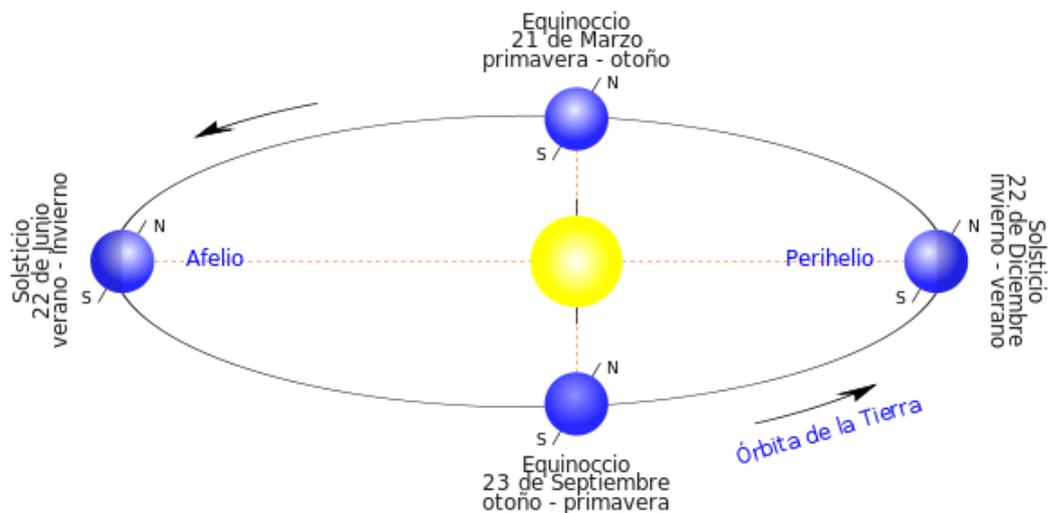


Figura 4. La órbita de la Tierra respecto al sol (Fuente: ABC)

4.2.1.2. Tipos de radiación

Según cómo reciban los paneles la radiación solar, se distinguen los siguientes tipos de radiación:

- Radiación directa: La que proviene directamente del sol, sin sufrir ningún cambio.
- Radiación difusa: Esta parte de la radiación que atraviesa la atmósfera pasa por las nubes y sale en todas direcciones.
- Radiación reflejada: Es la radiación reflejada por la corteza terrestre, también llamada albedo.
- Radiación global: Es la radiación total, la suma de las tres radiaciones anteriores.

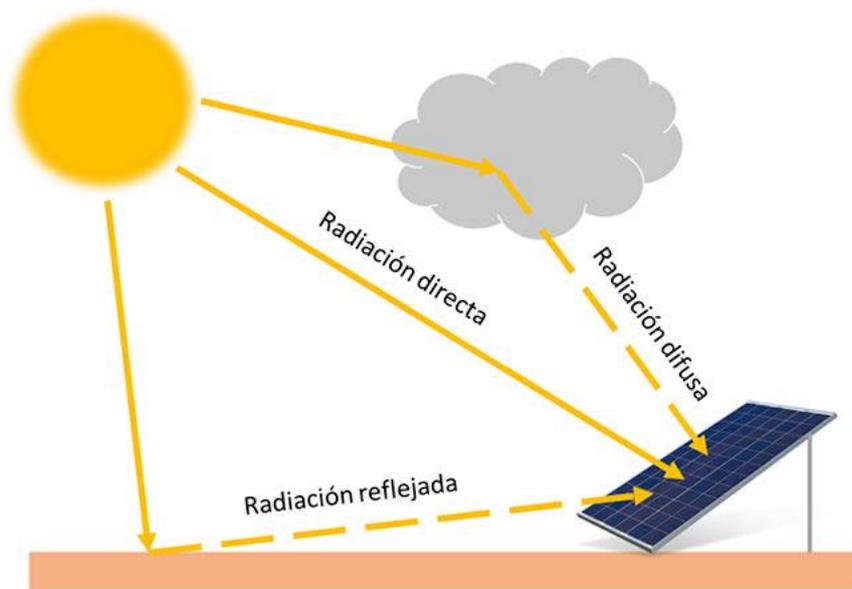


Figura 5. Tipos de radiación (Fuente: Foro verde)

4.2.1.3. Efecto que va a tener en un panel fotovoltaico

La posición del sol cambia durante el día y con las estaciones, por lo que también cambia el ángulo en el que los rayos del sol hacen contacto con una superficie como los paneles solares.

La energía recibida depende de la orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos. Una superficie horizontal recibe la mayor cantidad de energía en verano, cuando la posición del sol es alta y los días son más largos. Una superficie vertical expuesta al sur, sin embargo, recibe más aportes en invierno que en verano, aproximadamente 1,5 veces más que una horizontal.

En la siguiente figura se puede observar cómo cambia la trayectoria del sol dependiendo de la estación del año:

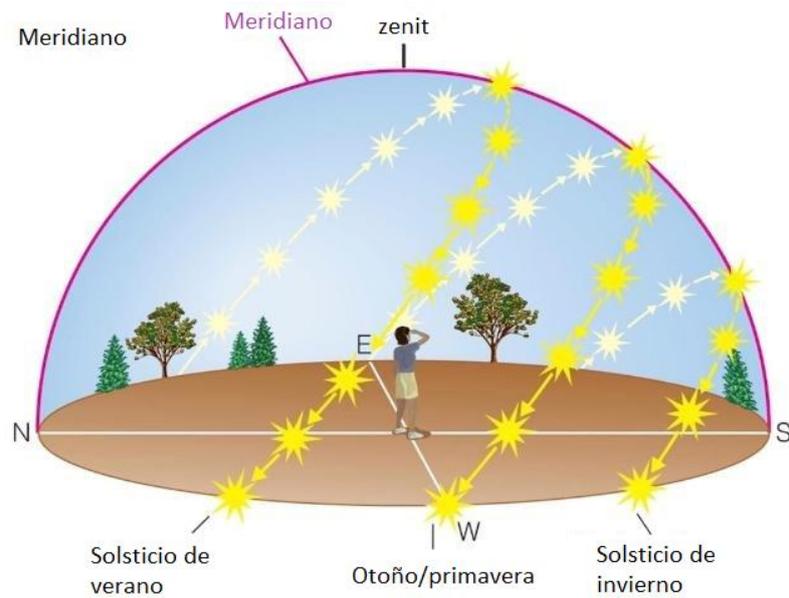


Figura 6. Trayectoria del sol dependiendo de la estación del año (Fuente: Heliosfera)

Centrándose en la ubicación de Zubi Zahar, la trayectoria del sol durante el año sería la siguiente:



Figura 7. Trayectoria del sol en la ubicación analizada (Fuente: SunEarthTools)

La trayectoria del sol de la línea amarilla es la trayectoria del 23 de noviembre de 2022 y se observa que el sol permanece aproximadamente 10 horas. Las otras dos líneas negras reflejan la trayectoria de los dos solsticios: el que tiene el recorrido más largo refleja el día 22 de junio, un día de verano exactamente y el que tiene menos recorrido el día 22 de diciembre, un día de invierno.

En estos días, en verano, por ejemplo, las horas de sol diarias son altas con 15-16 horas de sol más o menos. Sin embargo, en invierno, las horas de sol son muy escasas, con tan solo 9-10 horas.

Para ver esto más fácilmente, se puede examinar la siguiente carta solar:

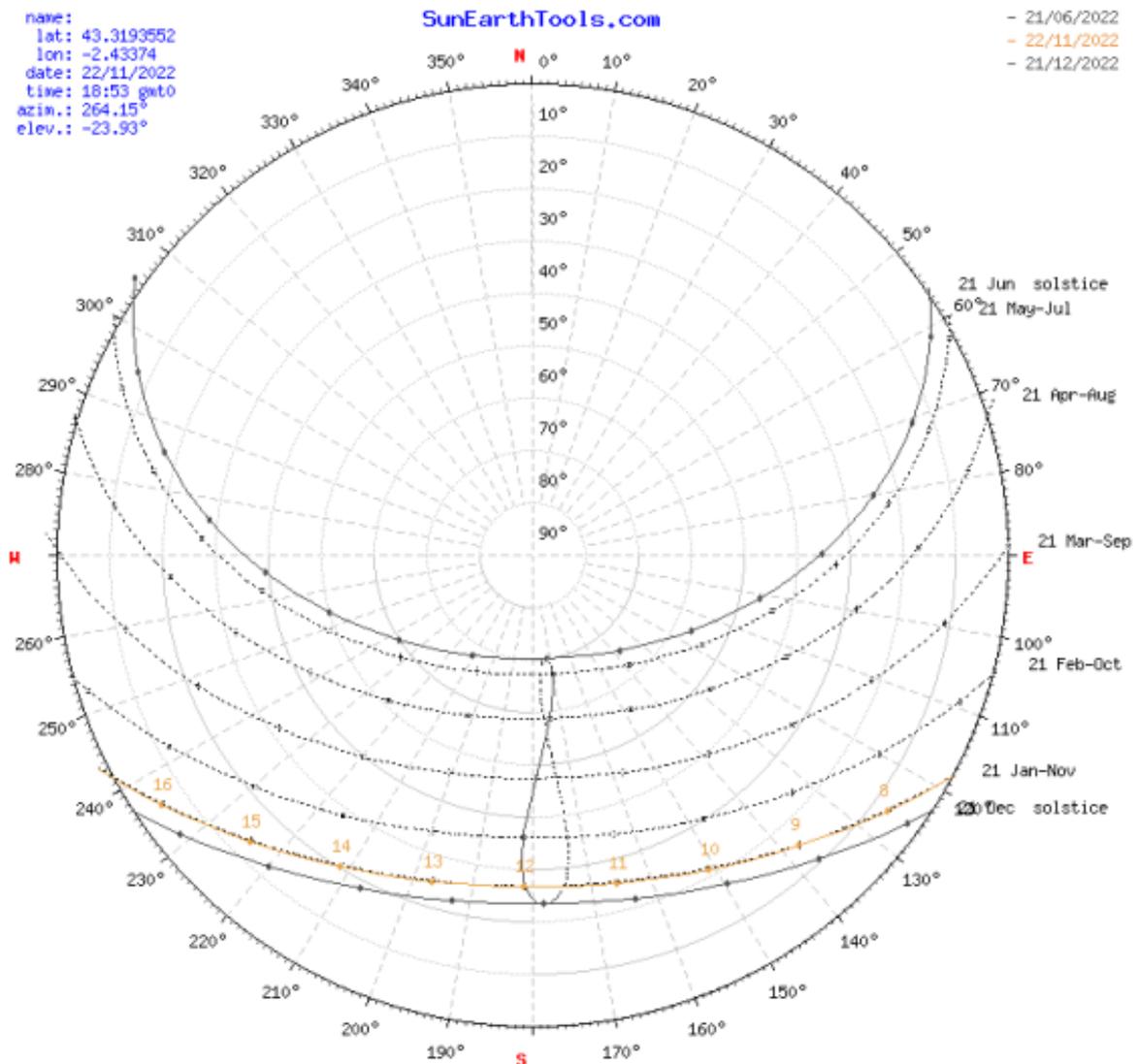


Figura 8. Carta solar de la ubicación analizada (Fuente: SunEarthTools)

Por último, como dato importante, hay que destacar que siempre se debe buscar una inclinación similar a la latitud del lugar (30-35°, por ejemplo) y orientada hacia el sur. Sin embargo, en el caso de Zubi Zahar esto no será posible ya que la cubierta ya tiene su propia inclinación y orientación.

4.2.2. Efecto fotovoltaico

4.2.2.1. Célula fotovoltaica

Una célula fotovoltaica es un dispositivo electrónico que convierte la energía luminosa en energía eléctrica. Es decir, absorbe fotones de luz para liberar electrones que puede utilizar en una corriente eléctrica. Los paneles solares no son más que varias células trabajando juntas para crear un mayor potencial eléctrico.

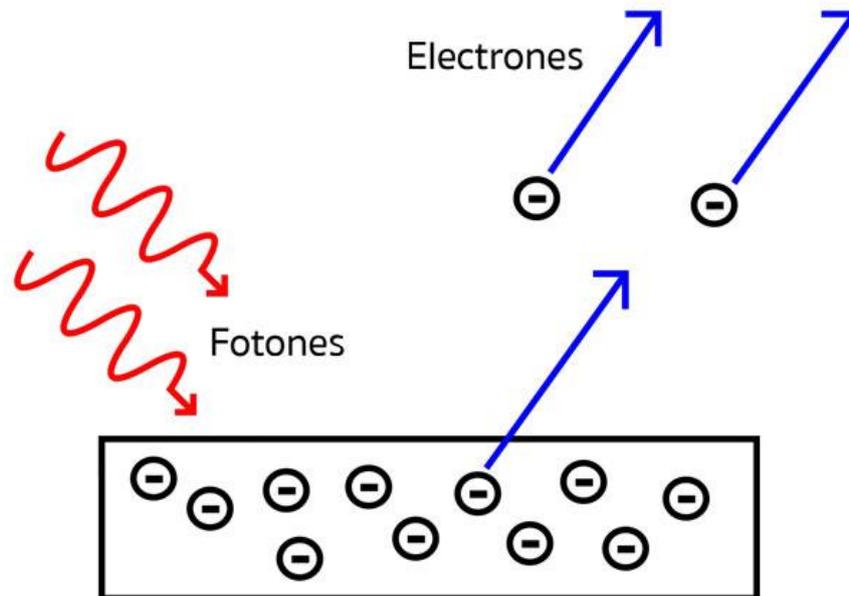


Figura 9. Célula fotovoltaica (Fuente: Iluminet)

Para que los electrones se muevan en una dirección, se requiere una fuerza impulsora, y una forma sencilla de crear esta fuerza impulsora es la unión PN. [12]

4.2.2.2. Condiciones para que un enlace PN genere una fuerza motriz

Si se inyecta boro con 3 electrones de valencia en silicio puro, habrá un hueco para cada átomo. Esto, si los dos tipos de materiales dopados se encuentran, se llama dopaje tipo P, algunos electrones de la región N se moverán a la región P y llenarán los huecos disponibles. Así, se forma una región de empobrecimiento, donde no hay electrones libres ni huecos.

Debido a la migración de electrones, el lado N se carga positivamente y el lado P se carga negativamente. Este campo eléctrico crea la fuerza impulsora necesaria.

Cuando la luz incide en la región N, entra en la región de agotamiento, donde se crean electrones y huecos, que son desplazados por el campo eléctrico a las regiones N y P respectivamente. La concentración de electrones en la región N y la de huecos en la región P llegan a ser tan altas que se producirá una diferencia de potencial entre ellas.

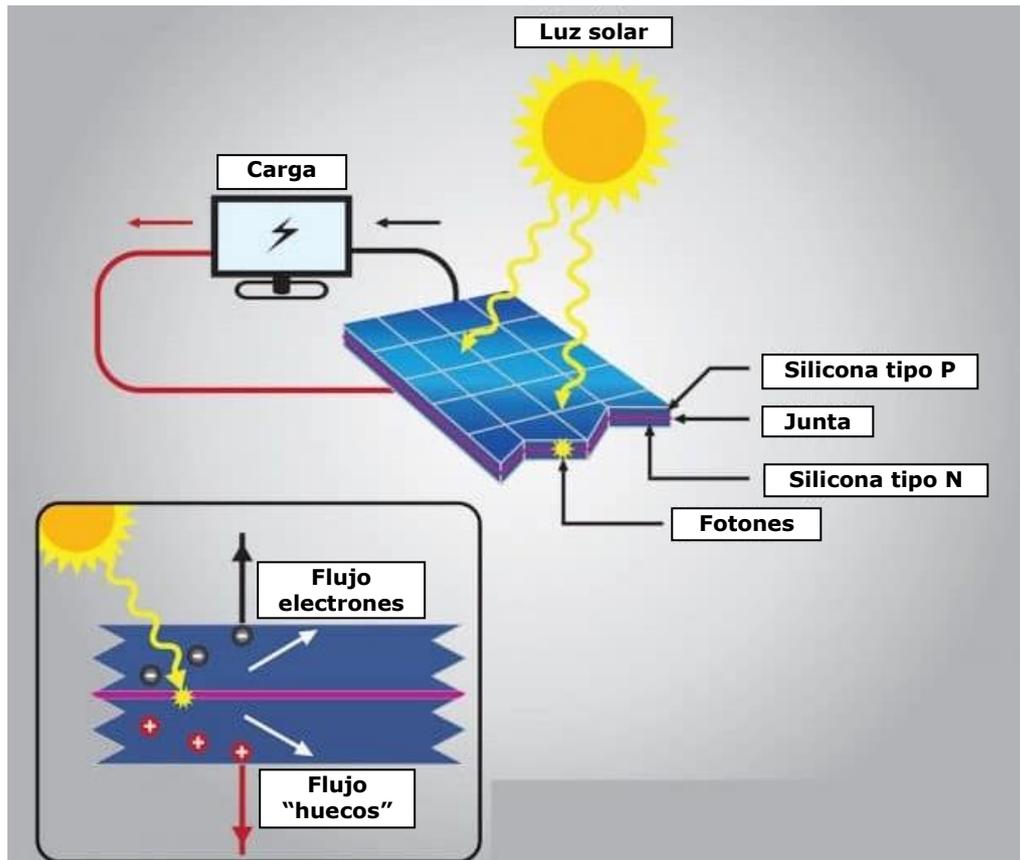


Figura 10. Funcionamiento de una célula fotovoltaica (Fuente: Iluminet)

Ahora, si cualquier carga está conectada entre estas dos regiones, los electrones comenzarán a fluir a través de la carga, combinándose con los huecos en la región P, generando electricidad. [13]

4.2.3. Tipos de instalaciones y equipos relevantes

Existen dos formas de aprovechar la energía eléctrica generada.

4.2.3.1. Instalación solar fotovoltaica conectada a red

En primer lugar, están las instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional, donde la energía generada se envía a la red eléctrica convencional para ser distribuida donde se requiera, siendo este el tipo de instalación para el caso. Esto es, la energía que no se consume en el edificio, se inyectará a red.

Una instalación solar fotovoltaica conectada a la red tiene la ventaja de disponer siempre de energía, en los momentos en los que la demanda energética es superior a la producción generada por los paneles solares. Esto es posible porque la instalación está conectada a una red de distribución eléctrica.

Gracias a este tipo de instalaciones fotovoltaicas es posible un mecanismo de compensación de excedentes que facilita el pago de toda la energía que se vierte a la red y se genera.

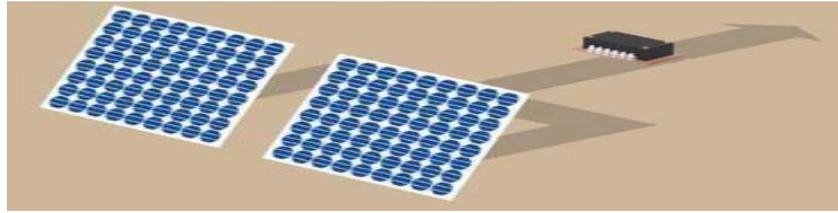


Figura 11. Instalación fotovoltaica conectada a red (Fuente: Smart Spain)

Una instalación fotovoltaica conectada a red consta de varios equipos muy bien diferenciados:

- **Generador fotovoltaico:** Un generador fotovoltaico consiste en la interconexión en serie y en paralelo de un determinado número de módulos fotovoltaicos. Los módulos fotovoltaicos son los encargados de convertir la energía del sol en energía eléctrica, creando una corriente continua proporcional a la radiación solar recibida.
- **El inversor:** Para poder inyectar la corriente continua generada por los módulos a la red eléctrica, es necesario convertirla en corriente alterna. Esta función la realizan unos equipos llamados inversores. Basados en tecnología electrónica de potencia, estos dispositivos convierten la tensión continua proveniente de los módulos en una tensión alterna trifásica (sinusoidal) de la misma forma de onda, con la misma amplitud, frecuencia, ángulo y secuencia de fases que la red, de manera que la energía fotovoltaica la instalación puede funcionar en paralelo con ella.

4.2.3.2. Instalación solar aislada

Por otro lado, existirían instalaciones aisladas de la red. En estos sistemas, la energía generada se almacena en baterías, para que pueda ser utilizada cuando sea necesario. Estos sistemas se utilizan principalmente en lugares que no tienen acceso a la red eléctrica, y es más económico instalar un sistema fotovoltaico que poner una línea entre la red y el punto de consumo.

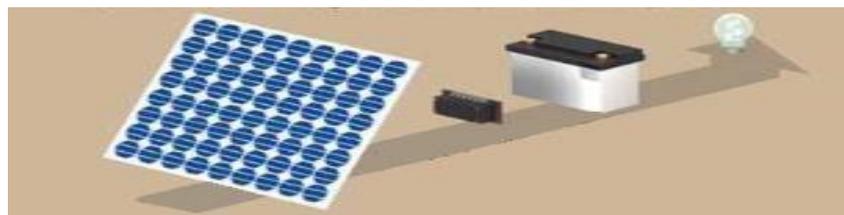


Figura 12. Instalación fotovoltaica aislada (Fuente: Smart Spain)

Además de los indicados en la tipología anterior (4.2.3.1), estas instalaciones constan de los siguientes equipos:

- **Batería:** Una batería es un dispositivo electroquímico que almacena energía eléctrica en forma de enlaces químicos. El componente básico de una batería es la celda electroquímica. Las celdas están conectadas en configuraciones serie/paralelo adecuadas para proporcionar el voltaje, el amperaje y los niveles de batería deseados.

- **Regulador:** Se encarga de regular el flujo eléctrico que va desde los módulos fotovoltaicos a las baterías (proporcionándoles una tensión e intensidad adecuada a la situación de carga en la que se encuentran). Además, la tarea del regulador es mantener la batería totalmente cargada sin que exista una sobrecarga que pueda estropear la batería. [14]

4.2.4. Nuevas tecnologías e investigación en energía solar

Las nuevas tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar están en constante desarrollo y la clave está en mejorar la rentabilidad y disponibilidad de la generación de energía.

En los últimos años ha habido un gran desarrollo en la industria de la energía solar. Se han creado paneles solares transparentes para su uso en pantallas de móviles y para cargar teléfonos, placas que reciben la luz del sol por ambas caras del panel, paneles fotovoltaicos orgánicos... [15-16]

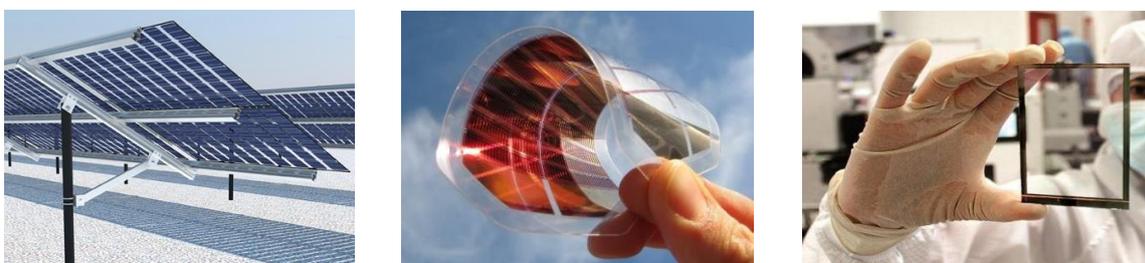


Figura 13. Nuevas tecnologías (Iturria: Ecología Verde)

4.3. MERCADO ACTUAL DE LA SOLAR FOTOVOLTAICA

En el primer semestre de 2022, los precios de los mercados eléctricos europeos subieron y registraron un récord semestral, llegando a superar en la mayoría de mercados un precio de 200 €/MWh. Esto fue otra de las claves para que la energía fotovoltaica cogiera cada vez más fuerza.

Según ha indicado AleaSoft Energy Forecasting, en primer semestre de 2022, todos los mercados europeos registraron la mayor producción solar de su historia. Además, excepto en Italia, todos los mercados registraron su récord histórico de producción solar horaria y diaria durante este período. [17]

Analizando la situación de España, actualmente, el parque fotovoltaico español alcanza los 16.959 MW, lo que supone el 14,6% de todas las tecnologías, siguiendo muy de cerca a la hidráulica (14,8%). Este crecimiento ha tenido un impacto en la producción solar, viendo que este 2022, la energía fotovoltaica ha incrementado su producción en un 37,3 % con respecto al 2021. De este modo, hoy la fotovoltaica es la cuarta tecnología en el mix de generación de España.

Para finalizar, añadir que un análisis llevado a cabo por la empresa de instalaciones fotovoltaicas para autoconsumo Powen afirma que el mercado potencial de autoconsumo en España se puede situar entre los 20 y 30 GW en 2030. [18]

5. ANALISIS DE LA SITUACIÓN

5.1. UBICACIÓN

En cuanto a la ubicación, la escuela se encuentra en la localidad vizcaína de Ondarroa. Esta localidad vasca está situada en el norte de Bizkaia, pegada al mar.



Figura 14. Ubicación del pueblo de Ondarroa (Fuente: Wikipedia-País Vasco)



Figura 15. Terreno del pueblo de Ondarroa (Fuente: GeoEuskadi)

En cuanto a la ubicación, las coordenadas de esta zona de Zubi Zahar son:

43.319448 N, -2.433672 O



Figura 16. Colegio Zubi Zahar (Fuente: GeoEuskadi)

5.2. DATOS DEL CLIMA

5.2.1. Tipo de clima

Observando esta figura de las zonas climáticas del Estado español, se puede ver que País Vasco cuenta con numerosas zonas climáticas. Parte de la zona norte de Navarra, se encuentra en la zona E, todo el sur de País Vasco en la zona D y el norte de País Vasco en la zona C. Analizado esto, dado que Ondarroa se sitúa al norte de País Vasco, se situaría en la zona C.

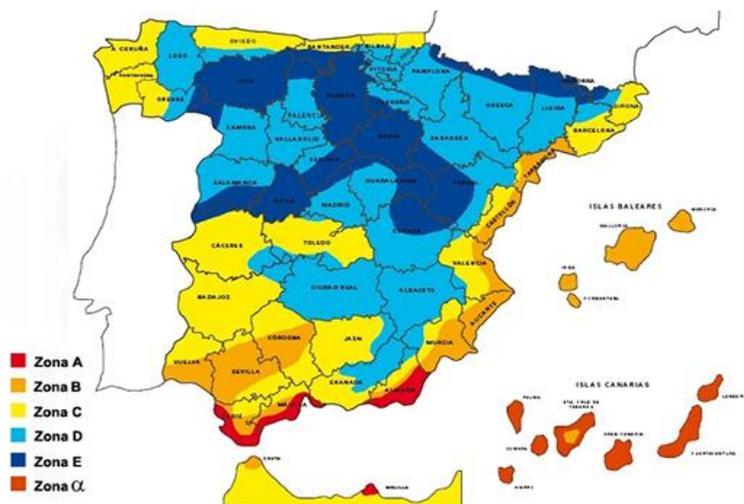


Figura 17. Zonas climáticas del Estado español (Fuente: Certicalia)

Especificando aún más lo analizado, estudiando únicamente las zonas climáticas de Euskadi se concluye lo siguiente:

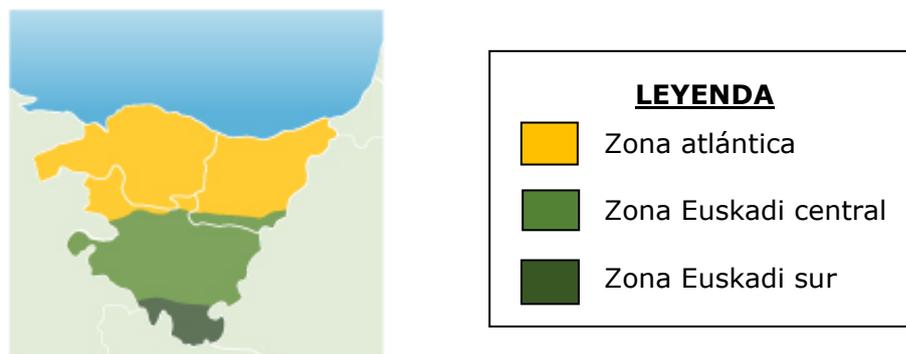


Figura 18. Clima de País Vasco (Fuente: Euskadi-Gobierno Vasco)

Como se ha señalado, Ondarroa se encuentra al noreste de Bizkaia. Por ello, se integrará en la zona atlántica. En esta zona predomina el clima mesotérmico, con temperaturas moderadas y zona muy lluviosa.

El tener una temperatura moderada es debido a la cercanía del océano Atlántico. Estas masas de aire llegadas al País Vasco, al entrar en contacto con el agua del mar, permiten que esa diferencia de temperatura entre verano e invierno no sea muy violenta. Por ello, se consigue un invierno poco frío y un verano poco caluroso en esta zona, con una temperatura media de 14°C.

En cuanto a las precipitaciones, debido a su orografía, éstas suelen ser muy abundantes a lo largo de todo el año, con precipitaciones anuales medias de entre 1.200-2.000 mm. [19]

5.2.2. Datos generales

En cuanto a los datos significativos, cabe señalar que se han analizado diferentes estaciones meteorológicas y se ha llegado a la conclusión de que se van a utilizar datos obtenidos de la estación del balneario de Oleta, a escasos 1-2 kilómetros de Lekeitio (De la escuela se encuentra a unos 7-8 kilómetros).



Figura 19. Distancia entre la estación y la escuela (Fuente: Google Earth Pro)

La razón de escoger los datos de esta estación de Oleta es la siguiente: Por un lado, como se ve en el mapa de debajo, como estación meteorológica más cercana a la escuela estaría la del puerto de Ondarroa, que se encuentra más o menos a un kilómetro. Esta opción sería la más óptima debido a que los datos obtenidos serían los más realistas posibles. Pero, esta estación se dio de baja en 2014 por lo que no hay datos actuales. Por otra parte, analizando de nuevo el mapa, se observa que en Berriatua se encuentra otra estación meteorológica. Pero, aunque no se observe muy bien en el mapa, la estación se aleja bastante de la costa entrando en zona montañosa y puede que los datos varíen un poco debido a eso. Por ello, se ha deducido que la mejor opción es la estación meteorológica del balneario de Oleta, porque es el siguiente más cercana a la escuela y además como se encuentra casi pegada a la costa, se conseguirán datos muy similares a lo que se podría conseguir en la estación del puerto de Ondarroa.

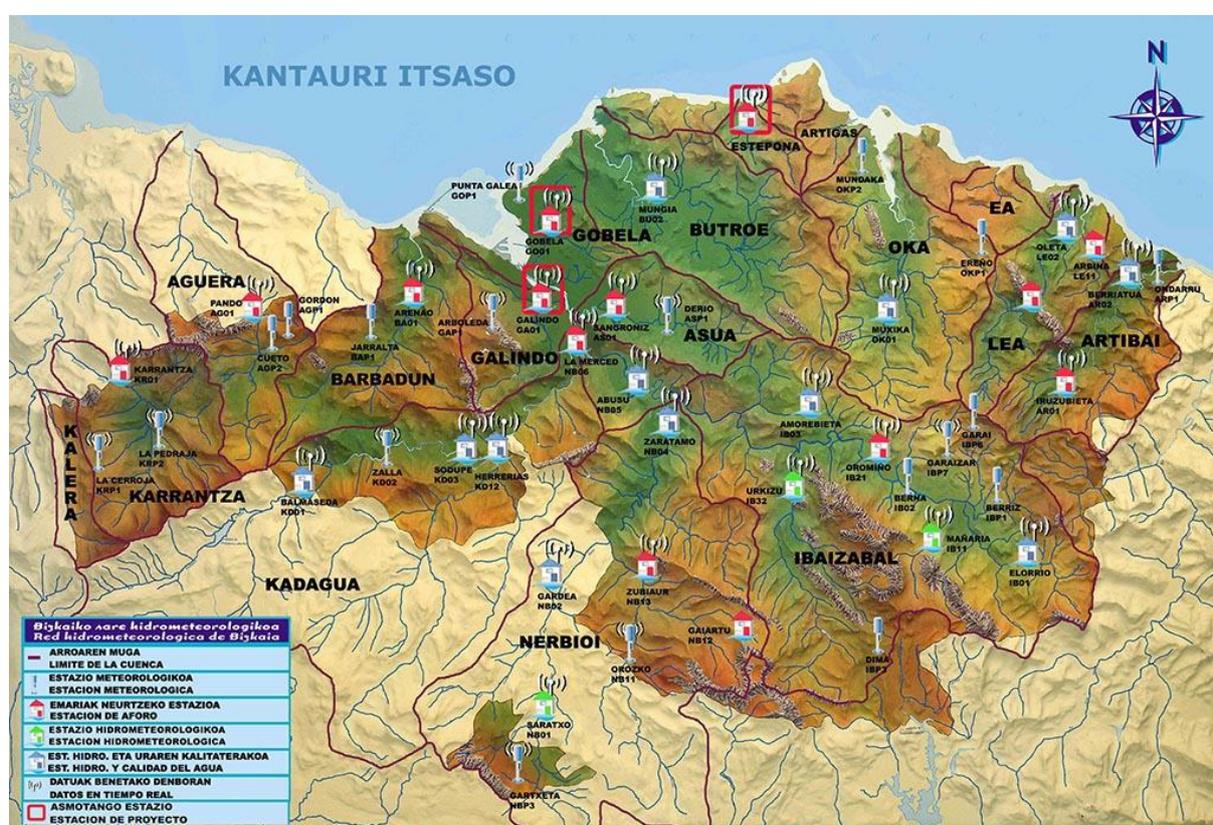


Figura 20. Estaciones meteorológicas de Bizkaia (Fuente: URA)

Teniendo esto claro, los puntos analizados fueron precipitación, temperatura, humedad e irradiación. Se obtuvieron datos por meses del 2016 al 2021 y al promediar se obtuvieron las siguientes gráficas:

5.2.2.1. Precipitaciones

Sobre la precipitación acumulada, se puede observar que los niveles de precipitación más evidentes se dan en los meses de la parte de otoño e invierno. Además, en las estaciones primavera y verano, aunque disminuye el nivel de precipitación, se mantiene en 50-100 l/m², siendo propicio para el bienestar de la naturaleza.

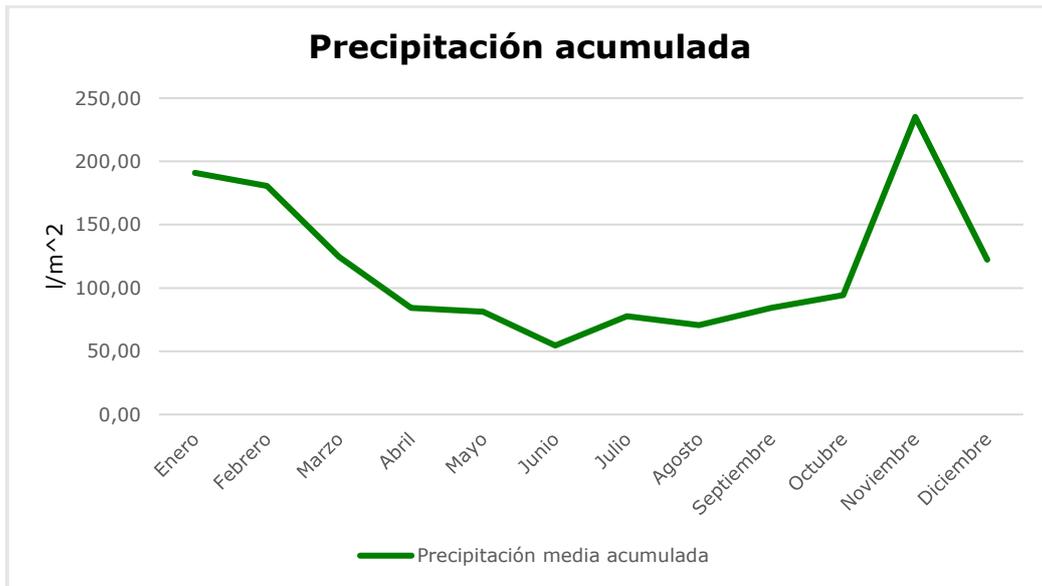


Gráfico 1. Precipitación acumulada

5.2.2.2. Temperatura

En cuanto a la temperatura de la zona, se divide en dos partes. Por un lado, se han graficado las temperaturas medias, ya que son las temperaturas que se pueden encontrar principalmente a diario, y, por otro lado, se han analizado las temperaturas máximas y mínimas absolutas, indicando los datos más cálidos y más fríos que ha tenido la zona durante esos años.

Mirando las temperaturas medias, el resultado fue el siguiente:

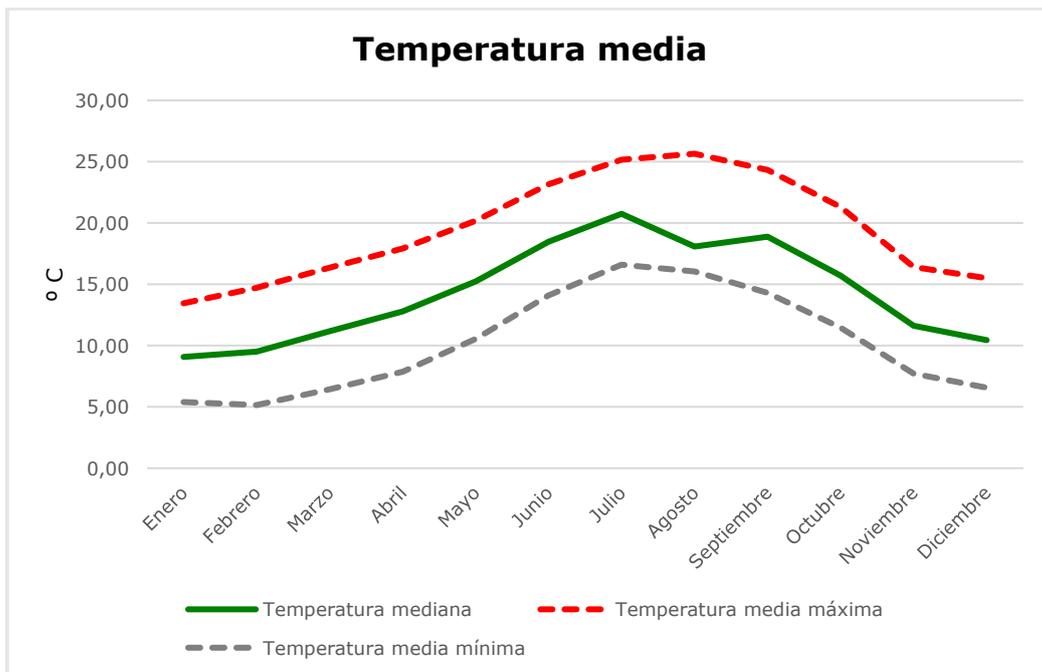


Gráfico 2. Temperatura media

Atendiendo a la temperatura media general o estándar, se observa que el clima en la localidad de Ondarroa y sobre todo en todo el norte de Bizkaia es muy estable, sin cambios bruscos durante todo el año. Esto ocurre, sobre todo, por la influencia del mar, trayendo consigo un verano poco caluroso y un invierno poco frío.

Los datos muestran que la temperatura se sitúa en torno a los 9 °C en invierno y en torno a los 19-20 °C en verano. Esta diferencia de 10 °C no es nada violenta para la convivencia, con un clima muy próspero.

Sobre las temperaturas máximas y mínimas medias, se observa que la tendencia o línea seguida es similar a la general, situándose las máximas en torno a los 25 °C y las mínimas en torno a los 5 °C.

En términos absolutos, se analiza lo siguiente:

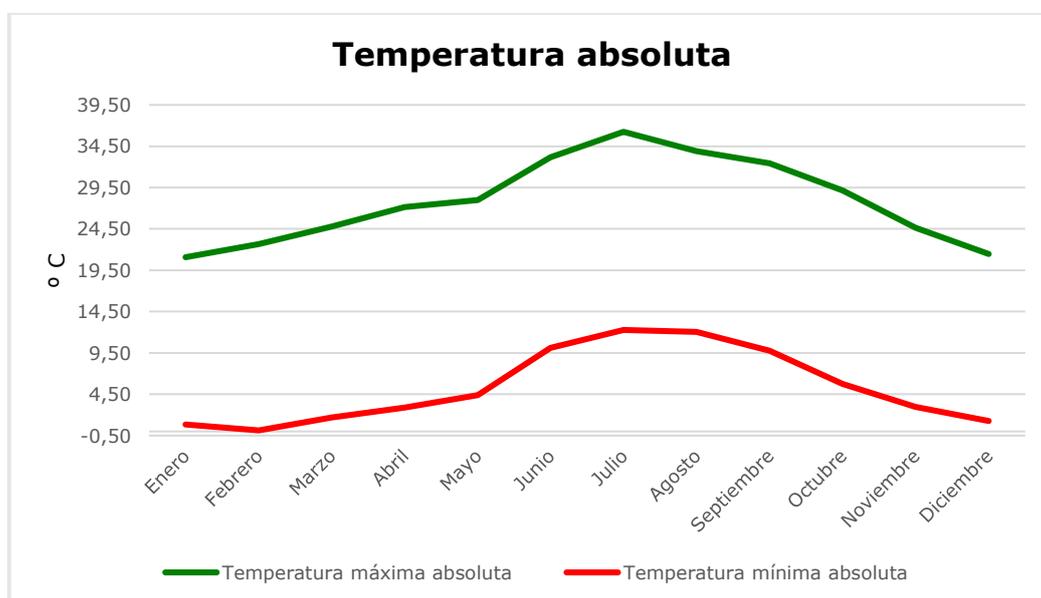


Gráfico 3. Temperatura absoluta

Como se puede ver, gracias al clima, los datos no son muy violentos. Durante el verano las temperaturas máximas han sido de 36 °C y las mínimas de 0 °C durante el invierno.

Hay que añadir, sin embargo, que estos datos no son muy frecuentes, ya que son los más extremos de esta época, siendo muy raro llegar a estos puntos en el día a día.

5.2.2.3. Humedad

Analizando el nivel de humedad promedio diario, se puede ver que los valores son bastante estables. En febrero-marzo-abril el porcentaje baja ligeramente, bajando al 78%, pero, aun así, solo está un 10% por debajo del máximo, manteniéndose entre el 78-88% durante todo el año. Con ello se ha concluido que el nivel de humedad en la localidad de Ondarroa es importante durante todo el año.

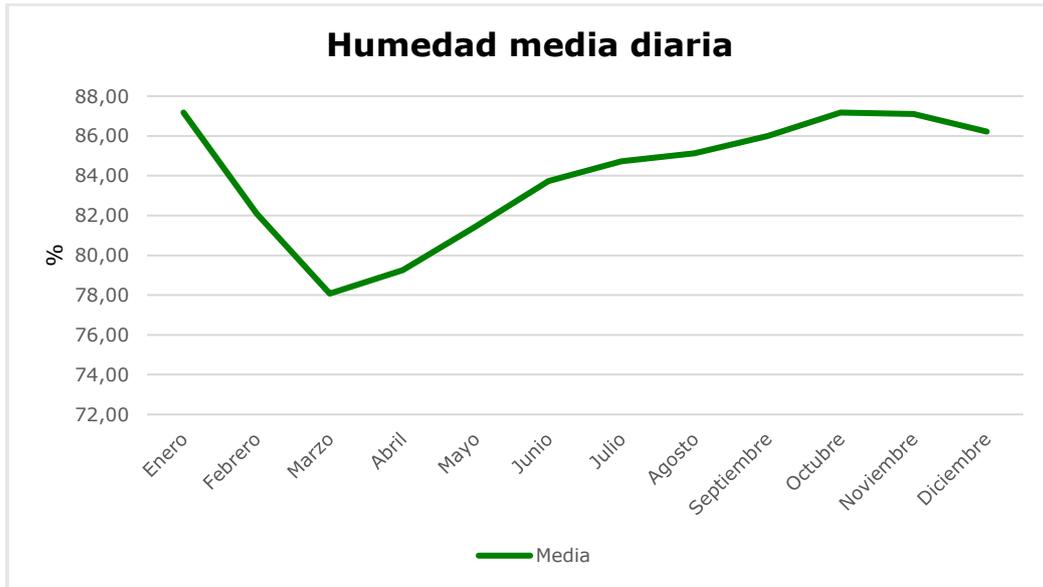


Gráfico 4. Humedad media diaria

5.2.2.4. Irradiación

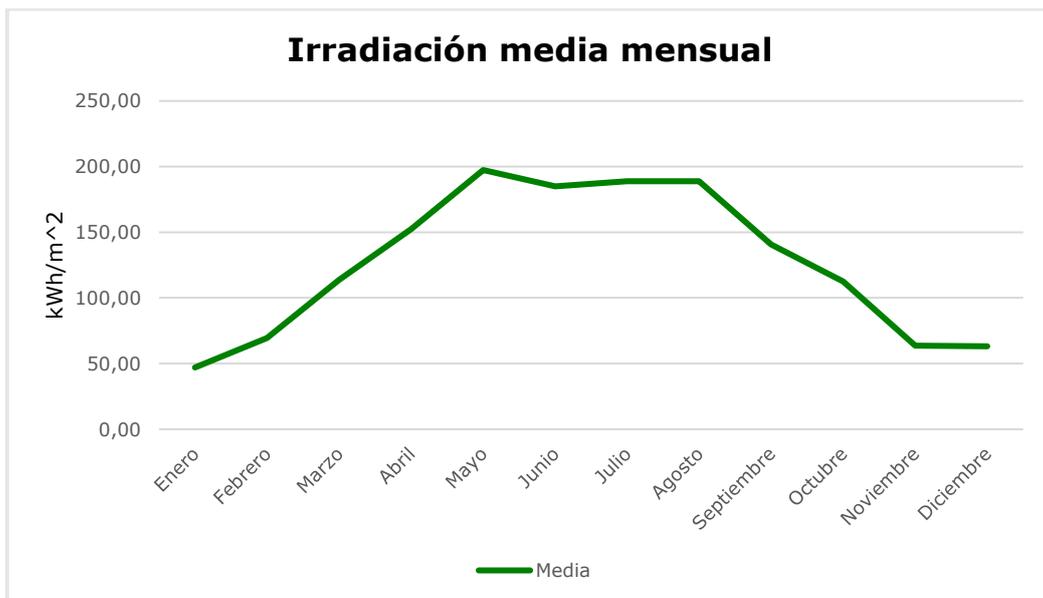


Gráfico 5. Irradiación media mensual

Finalmente, mirando los datos de irradiación, lógicamente, el nivel es alto en verano y bajo en invierno. Por lo tanto, habrá una mayor capacidad para obtener más energía solar en verano. [20]

5.3. CONSUMO ELÉCTRICO DEL EDIFICIO

Sobre el consumo eléctrico anual que tiene el edificio, se han estudiado facturas eléctricas facilitas por la escuela, realizando una curva anual con los datos obtenidos entre enero de 2021 y diciembre de 2021. Añadir que el suministro de electricidad se realiza desde la red eléctrica, teniendo un contrato eléctrico trifásico de 50 kW con la comercializadora SWAP.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
4.099	4.027	4.214	3.458	4.064	3.295	2.290	972	3.392	3.992	4.094	3.079	40.976

Tabla 1. Consumo eléctrico anual en kWh

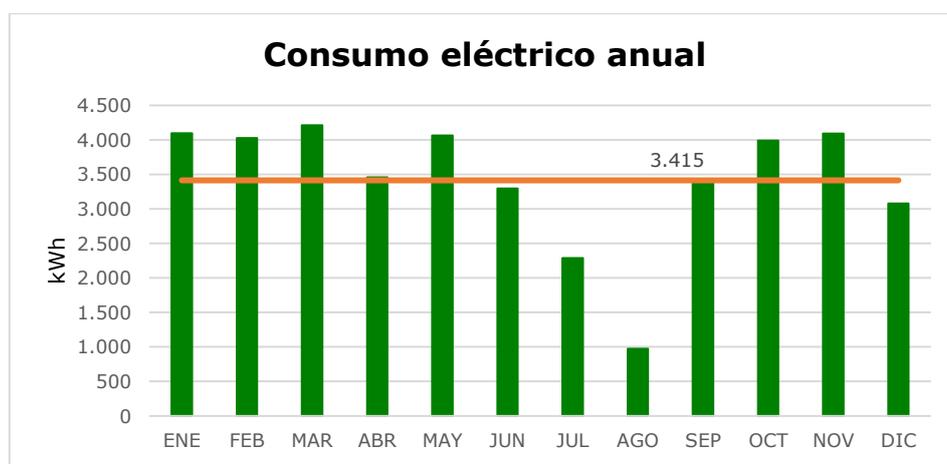


Gráfico 6. Consumo eléctrico anual

Como se puede observar en este gráfico, el consumo presenta variaciones mensuales como cualquier escuela, debido a que el uso estará ligado al calendario escolar.

En resumen, el consumo total anual es de unos **40.976 kWh** (este dato se tendrá de referencia durante todo el estudio).

Por otro lado, también se ha analizado la curva de consumo por horas, observando clarísimamente la subida de consumo en horario de clase:

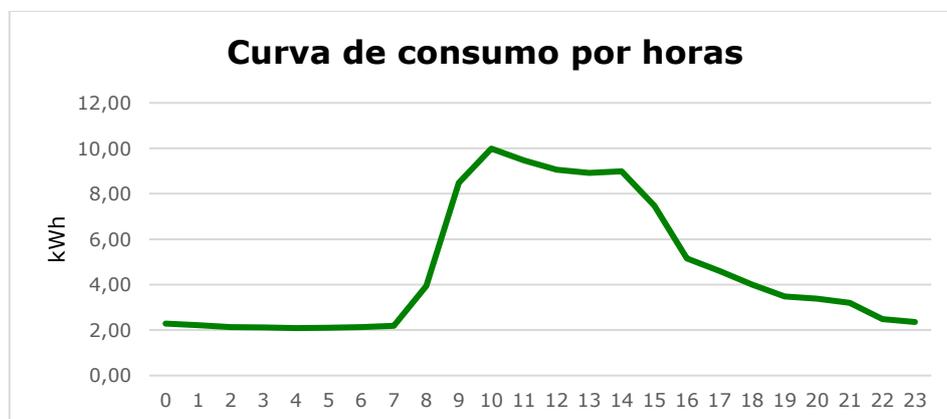


Gráfico 7. Curva de consumo por horas

6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

6.1. ANÁLISIS PREVIO DE LA CUBIERTA

La cubierta donde se va a integrar la instalación fotovoltaica de 38,95 kW de potencia (analizado en el anexo I) será la indicada en la siguiente figura, debido a la superficie útil mínima que dispone.



Figura 21. Análisis inicial de la cubierta (Fuente: GeoEuskadi)

La cubierta indicada tiene una inclinación de unos 20° y está orientada 44° al suroeste.

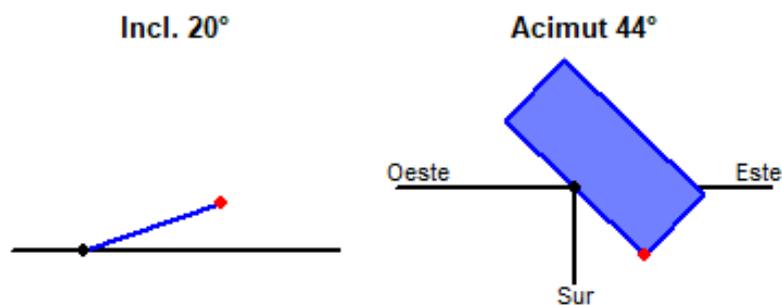


Figura 22. Características de la cubierta (Fuente: PVsyst)

6.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

De acuerdo con lo analizado en el anexo I, se decide diseñar un sistema fotovoltaico de **38,95 kW de potencia instalada conectada a la red**. De esta forma, cuando la energía producida por los módulos solares no sea capaz de satisfacer la demanda, la energía podrá tomarse de la red como hasta ahora.

Además, el nuevo Real Decreto Ley 244/2019, publicado el 5 de abril, permite inyectar a la red esta misma energía cuando no se consume toda la energía procedente de la planta de autoconsumo. Así, en cada periodo de facturación, la factura emitida por la Comercializadora compensará el coste de la energía adquirida a la red con el exceso de energía valorado al precio medio del mercado horario.

Para reflejar la instalación fotovoltaica a ubicar en la cubierta se ha elaborado el siguiente esquema:



Figura 23. Dimensionamiento de la instalación (Fuente: GeoEuskadi)

6.2.1. Características de los componentes

6.2.1.1. Módulo solar

Es el elemento destinado a la captación de la energía solar, el cual transforma la radiación solar en energía eléctrica. Son los formados por un conjunto de células fotovoltaicas interconectadas entre sí y suelen ser de silicio monocristalino, policristalino o amorfo, pero también es posible que pertenezcan a otros materiales semiconductores de capa fina.

Los de silicio monocristalino se obtienen de un solo cristal de silicio puro y alcanzan su máxima eficacia, con una media de entre el 18 y el 20%. Los de silicio policristalino se hacen en bloque a partir de varios cristales. Por tanto, son más baratas y tienen una eficacia media de entre el 16 y el 17,5%. Por último, las empresas de silicio amorfo tienen una red de cristales desordenada, lo que conlleva peores prestaciones (entre un 8% y un 9% de eficacia media) pero también un precio menor. [21]

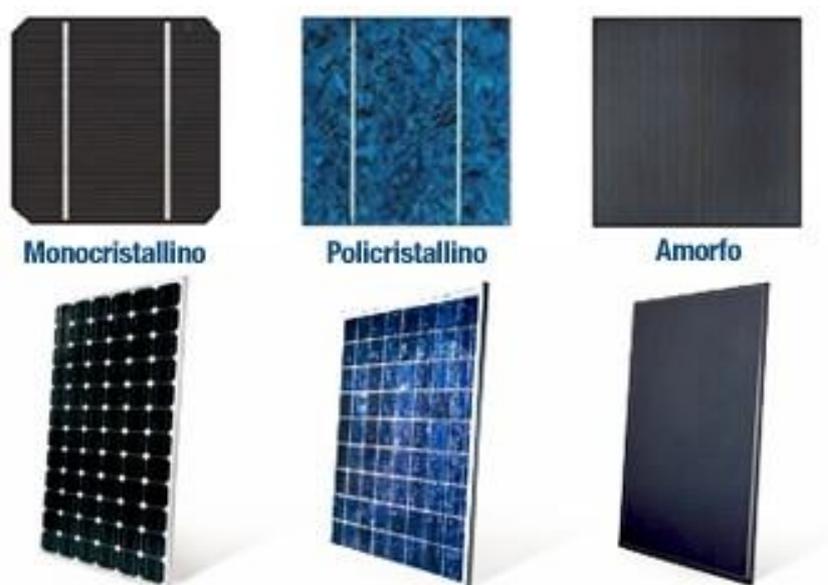


Figura 24. Tipos de paneles (Fuente: Iberdrola)

Para este caso, se propone trabajar con paneles monocristalinos del fabricante Trina Solar. Cada panel TSM-D09.08 de Trina Solar 410Wp se compone de 120 células mono cristalinas, conectadas en serie, de silicio monocristalino. Un cristal solar altamente transparente con tratamiento anti reflectante. La Lámina posterior es de doble capa de poliéster de alto rendimiento. El marco de aluminio anodizado. Los contactos de salida (el positivo y el negativo) en su caja de conexiones IP 65. Unos diodos para protección que van en la caja de conexiones. [22]

Se utilizarán 95 módulos fotovoltaicos que se dividirán en 5 series, cada una de 19 módulos, conectadas todas ellas a un inversor de 36 kW. Estos módulos se agrupan a su vez en series de paneles y van instalados sobre estructura metálica en la cubierta.

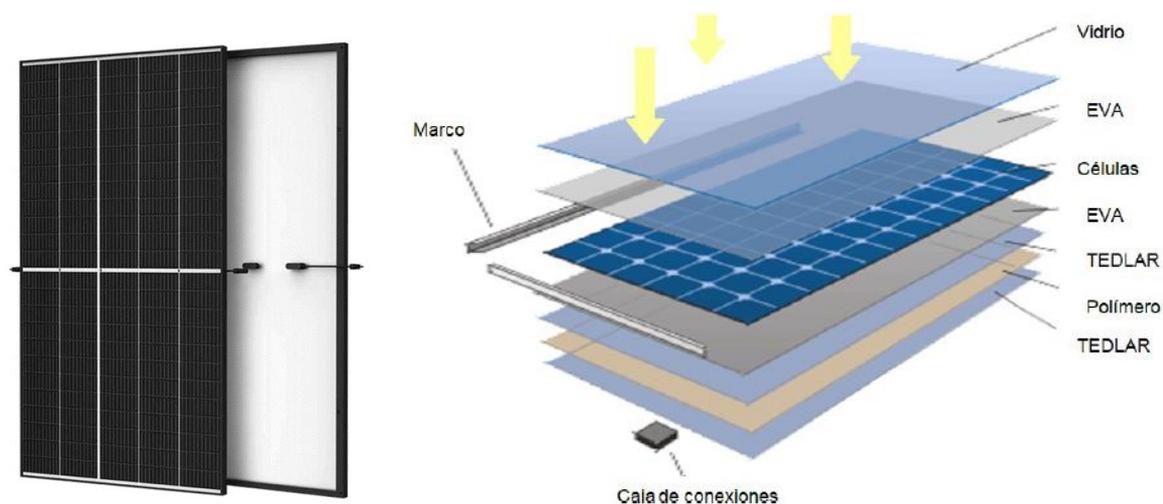


Figura 25. Panel solar Trina Solar (Fuente: Techno Sun)

En la siguiente tabla se resumen las principales características de este módulo:

Fabricante	Trina Solar
Modelo	TSM-DE09.08 410 Wp
Potencia	410 Wp
Tipo de módulo	Silicio monocristalino
Dimensiones	1754 x 1096 x 30 mm
Peso	21 kg

Tabla 2. Características del panel (Fuente: Techno Sun)

Amplio espectro de aplicación.

Instalaciones fotovoltaicas acopladas a red.

Larga duración de vida de los módulos.

Células encapsuladas. Cristal solar de seguridad en el lado de la parte frontal. Lámina resistente a la intemperie e impermeable en el lado de la parte posterior.

Armazón estable.

Armazón de aluminio con el borde completo, Armazón atornillado en las caras frontales.

Montaje simple.

Enchufes de contacto múltiple disponibles en serie MC4.

Alta calidad de fabricación.

Control de módulo óptico, mecánico y eléctrico durante y después de la producción. Calidad permanente del producto en el más alto nivel a base de una línea de fabricación automatizada.

Garantías y certificados.

Garantía de rendimiento utilización de 25 años de garantía lineal de la potencia nominal. 15 años garantía de producto.

6.2.1.2. Inversor

En los generadores fotovoltaicos conectados a la red eléctrica comercial, el inversor de conexión a red es el corazón del sistema, siendo su función de una importancia extraordinaria. Se propone en esta ocasión trabajar con un inversor Solis de 36 kW, que cumple con las normativas más exigentes en cuanto a calidad y seguridad y por supuesto con la normativa europea armonizada aplicable a este tipo de productos.

A su vez y de forma integrada en el propio inversor a través de una conexión Ethernet, se puede conectar a un portal del fabricante y visualizarse el funcionamiento de planta en un portal. [23]



Figura 26. Inversor Solis (Fuente: El almacén fotovoltaico)

Se añaden los datos más relevantes en cuanto al equipo:

Fabricante	Solis
Modelo	Solis 36K-5G
Potencia de salida máxima CA	36.000 W
Eficiencia Europea	98,3%
THDi	< 3%
Índice de protección	IP65

Tabla 3. Características del inversor (Fuente: El almacén fotovoltaico)

6.2.1.3. Estructura soporte

Sobre la estructura, se prioriza la ligereza de la estructura soporte y la integración en el entorno, por lo que una buena opción será utilizar perfiles de aluminio de la marca SURFER.

La perfilera será de aluminio EN AW 6005 A T6, de alta resistencia y la tornillería y fijaciones de acero inoxidable A2-70.

Las partes metálicas de la estructura estarán conectadas a la toma de tierra de la instalación, con el objeto de proteger a la instalación y al personal de sobrecargas debida a factores climatológicos adverso.

La estructura soporte propuesta cumpliría ciertos requisitos:

- Toda la tornillería necesaria en los anclajes y sujeciones serán de acero inoxidable.
- La sujeción de los módulos, la estructura soporte y los módulos fotovoltaicos una vez instalados, resistirán las sobrecargas del viento y de la nieve de acuerdo con lo indicado en el CTE especialmente en el Documento Básico DB SE-AE (Acciones en la Edificación), y las del euro código UNE-EN 1991-1-4:2007/AC:2010.
- La forma de la estructura soporte minimizará la longitud del cableado de conexión dando más fiabilidad el conjunto de la instalación.
- Incorporará toma de tierra que cumple con las especificaciones del R.E.B.T. y el RD 1663/2000.

Añadir también que el diseño se realizará atendiendo a criterios de resistencia a cargas de viento y nieve de acuerdo lo estipulado en el CTE especialmente en el Documento Básico DB SE-AE (Acciones en la Edificación), y las del euro código UNE-EN 1991-1-4:2007/AC: 2010.

Por último, recalcar que la estructura podrá soportar velocidades de viento de hasta 150 km/h. [24]



Figura 27. Estructura soporte coplanar (Fuente: Puigercos)

6.2.1.4. Cableado

Como norma general, los conductores serán de cobre y dispondrán de una sección adecuada para asegurar que las caídas de tensión sean inferiores al 1,5%, tanto en la zona CC (corriente continua) como en la zona CA (corriente alterna), incluyendo las posibles pérdidas desde terminales intermedios y los límites de calentamiento recomendados por el fabricante de conductores, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

ZONA	Caída de la tensión máxima correspondiente a la tensión nominal directa del sistema (%)
Zona CC	<1,5
Zona CA	<1,5

Tabla 4. Características del cableado

A continuación, se describe el tipo de cable a utilizar en cada una de las partes de la instalación fotovoltaica:

- **Cableado de corriente continua:** A partir del generador fotovoltaico, los positivos y negativos de la instalación se canalizan por separado, protegidos y señalizados de acuerdo con la normativa vigente.

El cable utilizado será un conductor flexible de cobre con aislamiento de polietileno reticulado, RV de 0,6/1 kV o RZ1 de 0,6/1 kV, UNE 21-123, de tensión nominal inferior a 1000 V, especialmente diseñado para el aire libre y con resistencia a rayos UV.

- **Cableado de corriente alterna:** El cableado CA corresponde al último tramo de la instalación fotovoltaica, que terminará conectado físicamente a la red eléctrica de distribución.

El cable utilizado será un conductor flexible de cobre, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), no propagador del incendio y con emisión de humo y opacidad reducida, RZ1 clase 0,6/1 kV, UNE 21-123, partes 4 y 5, de tensión nominal inferior a 1000 V.

- **Conexión a tierra:** La instalación de puesta a tierra tiene como objetivo limitar la tensión sobre el suelo de las masas metálicas, tanto fijas como móviles, en un momento determinado, permitir detectar fallos en el terreno y asegurar la intervención y coordinación de las protecciones, eliminando o minimizando el riesgo que puede acarrear una avería en el material eléctrico utilizado.

Esta instalación dispondrá de una red de tierra, a la que se conectarán las masas metálicas de la instalación que no presenten tensión eléctrica. [24]

6.2.1.5. Sistema de monitorización

El inversor permite sin coste alguno, mediante conexión Ethernet o mediante una tarjeta de comunicaciones, utilizar un portal WEB de forma gratuita, para poder visualizar el funcionamiento de la planta de forma remota y en pantalla.

Se puede visualizar cada planta individualmente de forma agrupada sin coste alguno. El SolisCloud es un completo portal de Internet para la configuración, supervisión, análisis y visualización de instalaciones fotovoltaicas.

Para operaciones y mantenimiento simples, la plataforma presenta una pantalla de tamaño completo de todas sus instalaciones con datos en tiempo real. Tendrá un sistema de alarma inteligente que brinda recomendaciones para reparar rápidamente sus fallas de campo. Las herramientas de análisis en profundidad le permiten comprender el estado general de su sistema. El escaneo de la curva IV puede realizar fácil y rápidamente en todo su sistema. Una pantalla de flujo de energía en vivo brinda visibilidad tanto de los sistemas solares estándar como de los de reserva. Lo más importante es que tendrá un control completo de sus sistemas y podrá monitorear y adaptar cualquier cosa cuando y como quiera. [23]

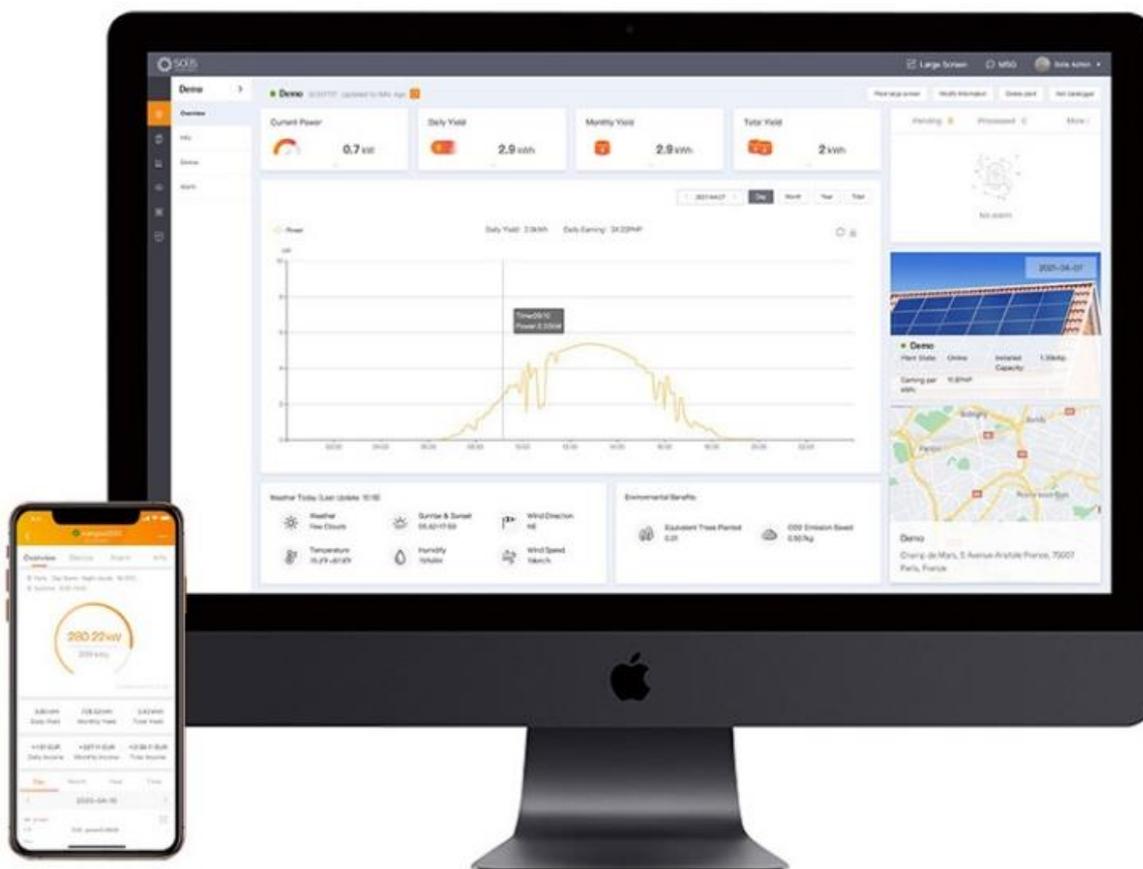


Figura 28. Monitorización de la instalación (Fuente: El almacén fotovoltaico)

6.3. DISEÑO FINAL Y RESULTADOS OBTENIDOS

En resumen, los detalles técnicos de la instalación son los siguientes:

Módulo fotovoltaico	TRINASOLAR TSDM410DE
Potencia unitaria módulo solar	Potencia de 410 Wp
Tecnología	Monocristalino
Número de módulos solares	95 módulos solares fotovoltaicos
Pot. Solar Fotovoltaica	38.950 Wp
Superficie Solar Fotovoltaica	± 182 m²
Localización del generador	El generador solar fotovoltaico se colocará en la cubierta de la escuela
Inversor	SOLIS 36K-5G
Potencia nominal del inversor	36 kW
Número de inversores	1 inversor
Tipo de conexión a la red	Conectada a red. Trifásico 400 V 50 Hz Red de baja tensión.
Modalidad	Individual con excedentes
Almacenamiento	No
Descripción / Uso	Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre / autoconsumo con excedentes

Tabla 5. Diseño final de la instalación

También se ha realizado una simulación 3D que refleja el resultado final de la instalación.



Figura 29. Simulación 3D

Teniendo todo el análisis hecho y teniendo en cuenta todos los factores, se ha analizado que, de los 36.644 kWh/año que generaría la instalación, un 41,97% sería lo que autoconsumiría el edificio, 15.380 kWh/año exactamente y el 58,03% se vertería a red mediante compensación económica.

Reflejando lo dicho en una tabla, se puede observar lo siguiente:

Potencia de la instalación	38,95 kW
Consumo red eléctrica (sin FV)	40.976 kWh
Consumo red eléctrica (con FV)	25.596 kWh
Energía autoconsumida de la FV	15.380 kWh (41,97%)
Excedentes	21.264 kWh

Tabla 6. Análisis de los resultados

En total, se obtendrían los siguientes ahorros en electricidad:

INDICADOR	ANTERIOR	FV 38,95 kW	AHORRO ANUAL
Ahorro consumo real	40.976 kWh	25.596 kWh	15.380 kWh (38%)
Ahorro económico	-	-	4.599,18 €
Consumo de energía primaria*	97.031 kWh	60.611 kWh	36.420 kWh (38%)
Emisiones de CO₂	13.563 kg CO ₂	8.472 kg CO ₂	5.091 kg CO₂ (38%)

Tabla 7. Ahorros en electricidad

* Energía final: Cuantificación de la energía que habitualmente recogemos en las facturas, cantidad de energía a pagar.

* Energía Primaria: Energía a generar en las centrales para alcanzar esa cantidad final de energía.

7. PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN

7.1. IMPLANTACIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

En este apartado, se especificarán algunos aspectos para una correcta implantación de la instalación. Para ello primero de todo añadir que toda operación deberá estar señalizada en todo momento, indicando el acceso a las obras y la regulación del tráfico en la zona de trabajos y sus inmediaciones, así como en todos los puntos de posible peligro o afectados por la marcha de aquellos. Se cuidará un uso no sexista del lenguaje y de las imágenes de las señalizaciones. La señalización estará aprobada por la dirección de obra antes de comenzar con la obra. Si hubiera servicios afectados por las obras se repondrán para evitar interferencias en el uso habitual de las instalaciones durante el periodo de instalación.

7.1.1. Instalación del sistema de seguridad

Como primera tarea primordial a realizar, será la instalación de todas las medidas de seguridad necesarias, todo ello siguiendo el reglamento de seguridad y salud laboral. Una de las medidas más importantes a incorporar será la instalación de una línea de vida en la cubierta, ya que será el encargado de evitar cualquier tipo de accidente en el trabajo a realizar en altura.

7.1.1.1 Línea de vida

Tal y como se establece en la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales, todos los trabajos realizados a más de dos metros de altura deberán estar protegidos con los medios de protección adecuados para garantizar que no suponga un riesgo de caída a distinto nivel para el trabajador. En el caso de Zubi Zahar se plantea lo siguiente:

La cubierta presenta un riesgo evidente de caída a distinto nivel en todo su perímetro exterior de cubierta.

Para evitar el riesgo existente, se plantea la instalación de líneas de vida únicamente en la cubierta superior y solo para actuar en el acceso a cubierta y en su agua suroeste. Se propone el sistema de línea de vida ALL in ONE de INNOTECHue ha sido desarrollado para el uso por personas en lugares donde exista riesgo de caída a distinto nivel. Este sistema es además especialmente cuidadoso evitando posibles filtraciones de humedades dentro del edificio.

ALL in ONE cuenta con un cable de 8 mm sostenido por dos fijaciones finales y soportes intermedios en función de la longitud de la línea. El usuario va fijado al sistema por medio de un arnés de seguridad, elemento absorbedor y el carro de unión AIO GLEIT.

ALL in ONE ofrece a los usuarios libertad de movimientos sin restricciones al pasar sin resistencia el carro tanto por soportes intermedios, como por las curvas. Se trata de un sistema de seguridad por cable homologado según norma 795 clase C.

El sistema está homologado para el uso simultáneo por 4 personas.

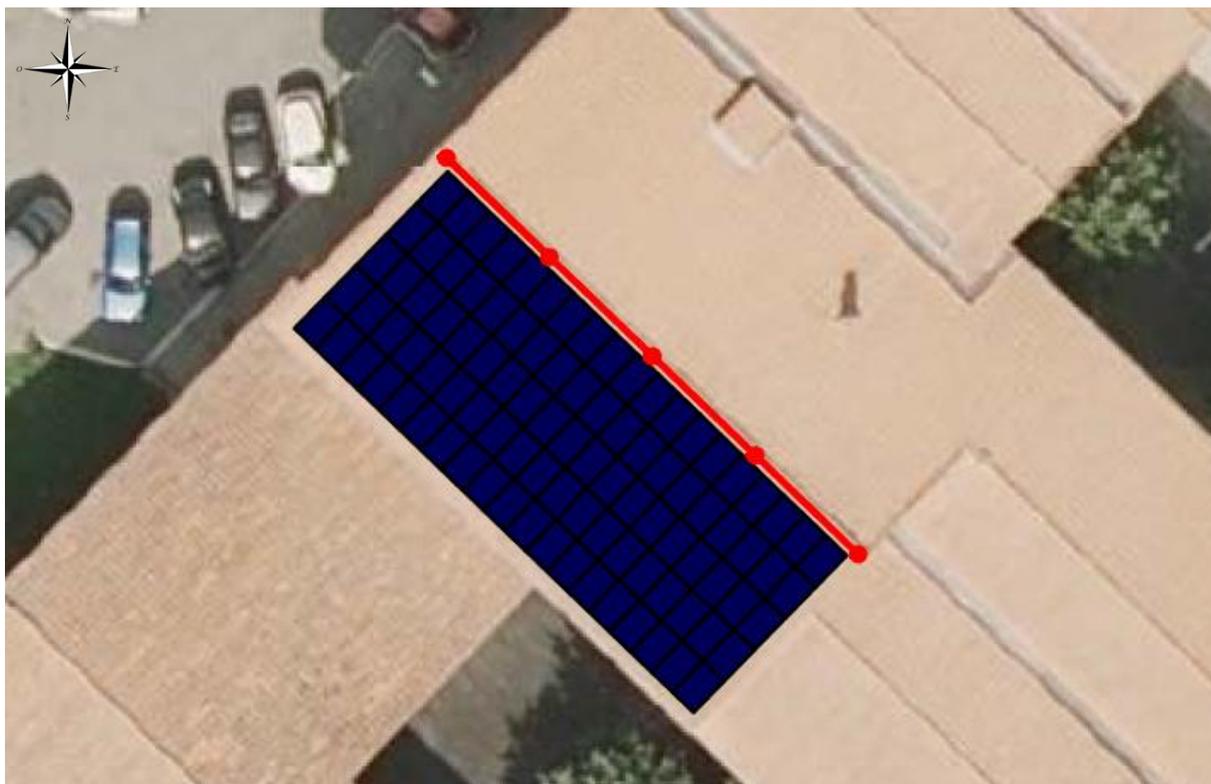


Figura 30. Propuesta de línea de vida (Fuente: GeoEuskadi)

7.1.2. Izado del material a cubierta

Teniendo la verificación del cumplimiento de todas las medidas de seguridad, la siguiente acción a realizar será el izado del material a cubierta. Para realizar esta acción, se habilitará una zona al costado de la carretera principal de la escuela (entre la escuela y el centro médico), punto desde el que, mediante un camión pluma, se elevará parte del material a cubierta.



Figura 31. Zona de izado (Fuente: GeoEuskadi)

7.1.3. Montaje estructura de soporte

El primer paso de la instalación propiamente dicha es la instalación de la estructura de soporte. La estructura es la encargada de sujetar los paneles fotovoltaicos y darles la inclinación y orientación óptima para un mayor aprovechamiento de la radiación solar.

Esta estructura estará formada por perfiles y piezas salva-teja de aluminio de alta calidad unidos mediante tornillería de acero inoxidable. Todos los anclajes ejecutados se realizarán sobre elementos estructurales. Se garantiza una correcta sujeción de la instalación, así como la estanqueidad y un fácil mantenimiento.

7.1.4. Instalación con salva-tejas

Se estima que la estructura bajo las tejas es de hormigón. Este será perforado para anclar las piezas salva-teja. El proceso que sigue la instalación de la estructura es la siguiente: Primero, se retiran las tejas bajo las que se va a perforar. A continuación, se ancla la pieza y se vuelve a colocar la teja, así como se muestra en las imágenes inferiores.



Figura 32. Instalación con salva-tejas (Fuente: E.Z.E. Barrizar Koop.)

Los perfiles van apoyados en las piezas salva-teja una vez se han fijado. De esta forma aseguramos la correcta fijación de toda la estructura coplanar que servirá de soporte para los paneles.

7.1.5. Acopio de residuos

Se aplicará el protocolo de limpieza, barrido y retirada de restos eléctricos tras la instalación de la zona. La ubicación para el acopio de residuos será el siguiente:

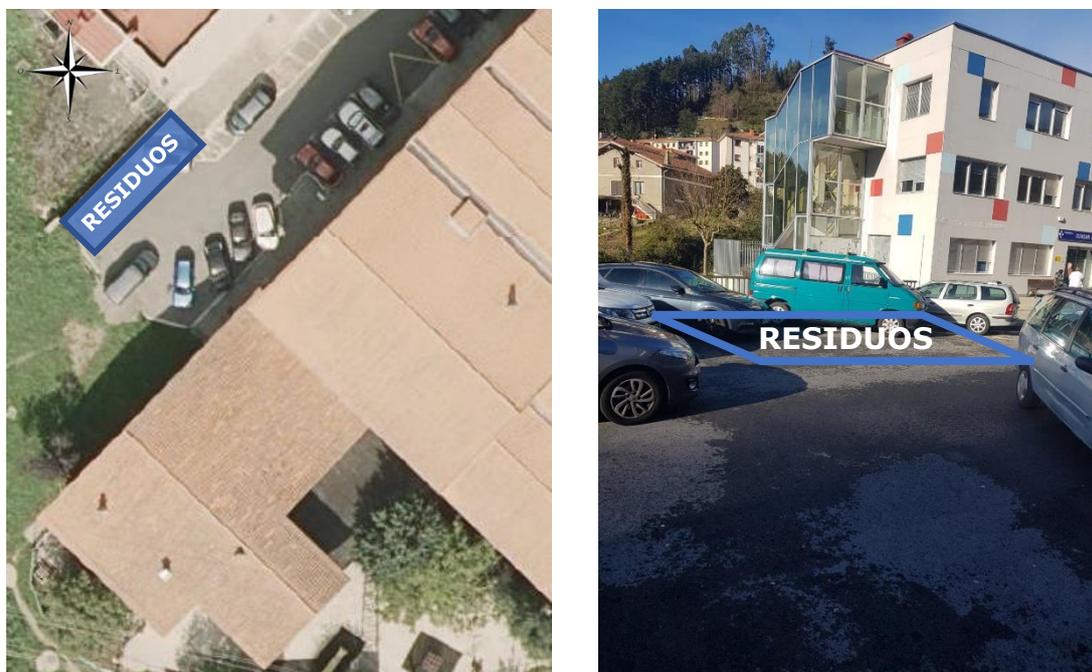


Figura 33. Acopio de residuos (Fuente: GeoEuskadi)

De esta manera se evitará la interferencia a la circulación de los habitantes y a los accesos a las instalaciones. Además, se encargará de realizar la gestión de residuos a través de un gestor que certifique que los desechos se administran de forma ecológica. [24]

7.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

7.2.1. Ubicación del cuadro eléctrico

Antes de empezar a especificar como se realizará la distribución de la instalación eléctrica, será importante saber que el cuadro eléctrico general se encuentra en la planta baja, exactamente en secretaria:

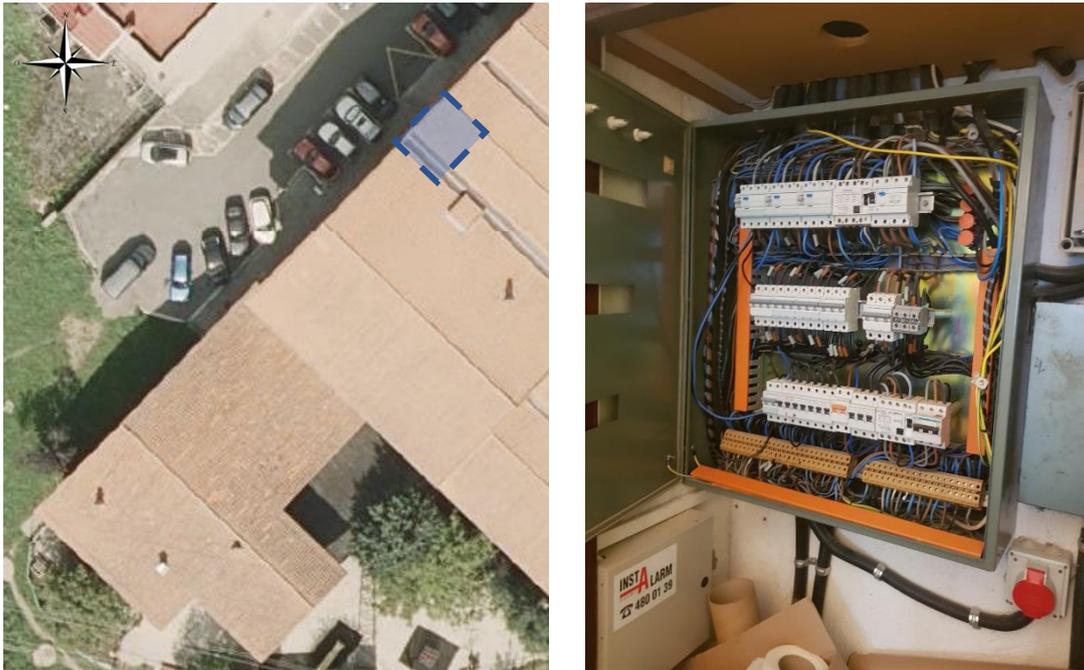


Figura 34. Ubicación del cuadro eléctrico (Fuente: GeoEuskadi)

7.2.2. Distribución de la instalación eléctrica

En cuanto a la distribución de la instalación eléctrica, se separa en 5 partes:

- Canalizaciones del cableado.
- La instalación de las líneas de corriente continua.
- Instalación del inversor y el cableado en alterna.
- Puesta a tierra de los dispositivos.
- La definición de las comunicaciones entre los equipos instalados y la monitorización de la instalación fotovoltaica de cara a los futuros servicios de O&M que pudieran ser necesarios.

7.2.2.1. Canalizaciones

Previamente a la instalación del cableado tanto de corriente continua como de corriente alterna se instalarán las bandejas, tubos y elementos de canalización necesarios para transportar el cableado.



Figura 35. Canalización (Fuente: Ekilor)

7.2.2.2. Instalación del cableado de corriente continua

Se instalarán las series desde el final de cada string hasta el cuadro de protecciones de corriente continua. La tirada de cables se realizará de manera que no interfiera al funcionamiento de las instalaciones.

Se tratará de reducir la distancia del cableado lo máximo posible dirigiendo los cables en vertical directamente hasta la planta baja, donde se encuentra toda la instalación eléctrica. Tras la visita, se ha planteado dirigir los cables de corriente continua por la fachada noroeste hasta llegar a secretaria que es donde se encuentra el cuadro eléctrico. En la figura de debajo de observa que para bajar del tejado a la planta baja habrá que hacer zig-zags, aumentando los metros de cableado de continua.



Figura 36. Instalación del cableado de corriente continua

*Las flechas indican donde está la sala del cuadro eléctrico.

7.2.2.3. Instalación del inversor y zona de corriente alterna

El inversor estará colocado en el armario del cuadro eléctrico. La mejor ubicación sería debajo del cuadro, siendo necesario la limpieza de todos los objetos que se ven en la figura.

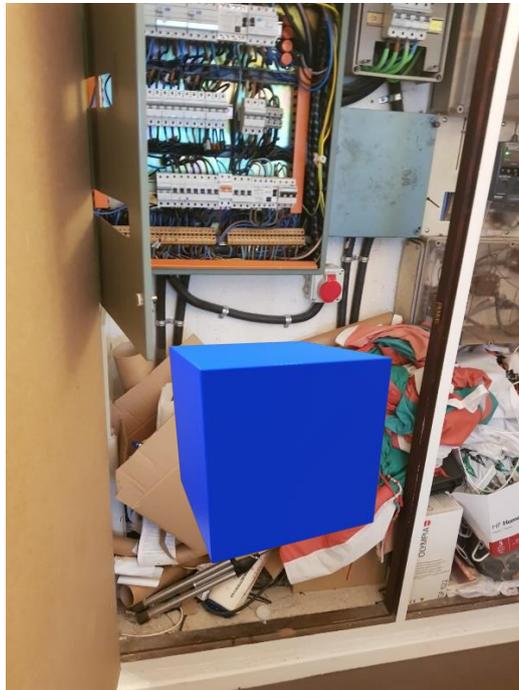


Figura 37. Instalación del inversor

Desde el inversor se dirigirá el cableado de alterna hasta el cuadro eléctrico del edificio.

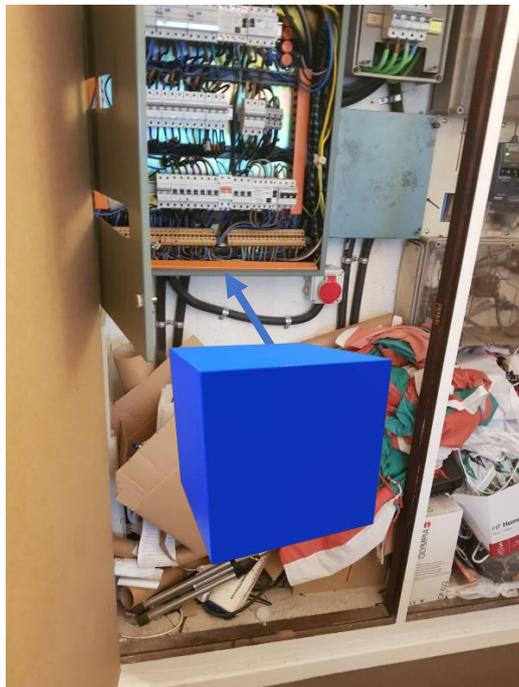


Figura 38. Instalación del cableado de corriente alterna

También se ubicará el cuadro de protecciones de alterna. En el cuadro de protecciones de corriente alterna se instalará la protección magnetotérmica y diferencial. Desde el cuadro de protecciones de corriente alterna se llevará el cableado hasta el punto de conexión de la red.

7.2.2.4. Puesta a tierra

Paralelamente a los trabajos eléctricos, habrá un grupo de electricistas instalando las masas de cada uno de los paneles a tierra, así como conectando también la estructura y los inversores a la puesta a tierra general, con el objetivo de proteger de esta forma frente a posibles derivas o cortocircuitos.

7.2.2.5. Conexión y sistema de monitorización

Finalmente se realizará la conexión al cuadro de contadores.

Una vez finalizados los trabajos de montaje de estructura y paneles, instalación eléctrica y cuadros necesarios, se procederá a instalar el sistema de comunicaciones. [24]

7.3. PLANNING DEL PROGRAMA DE TRABAJO

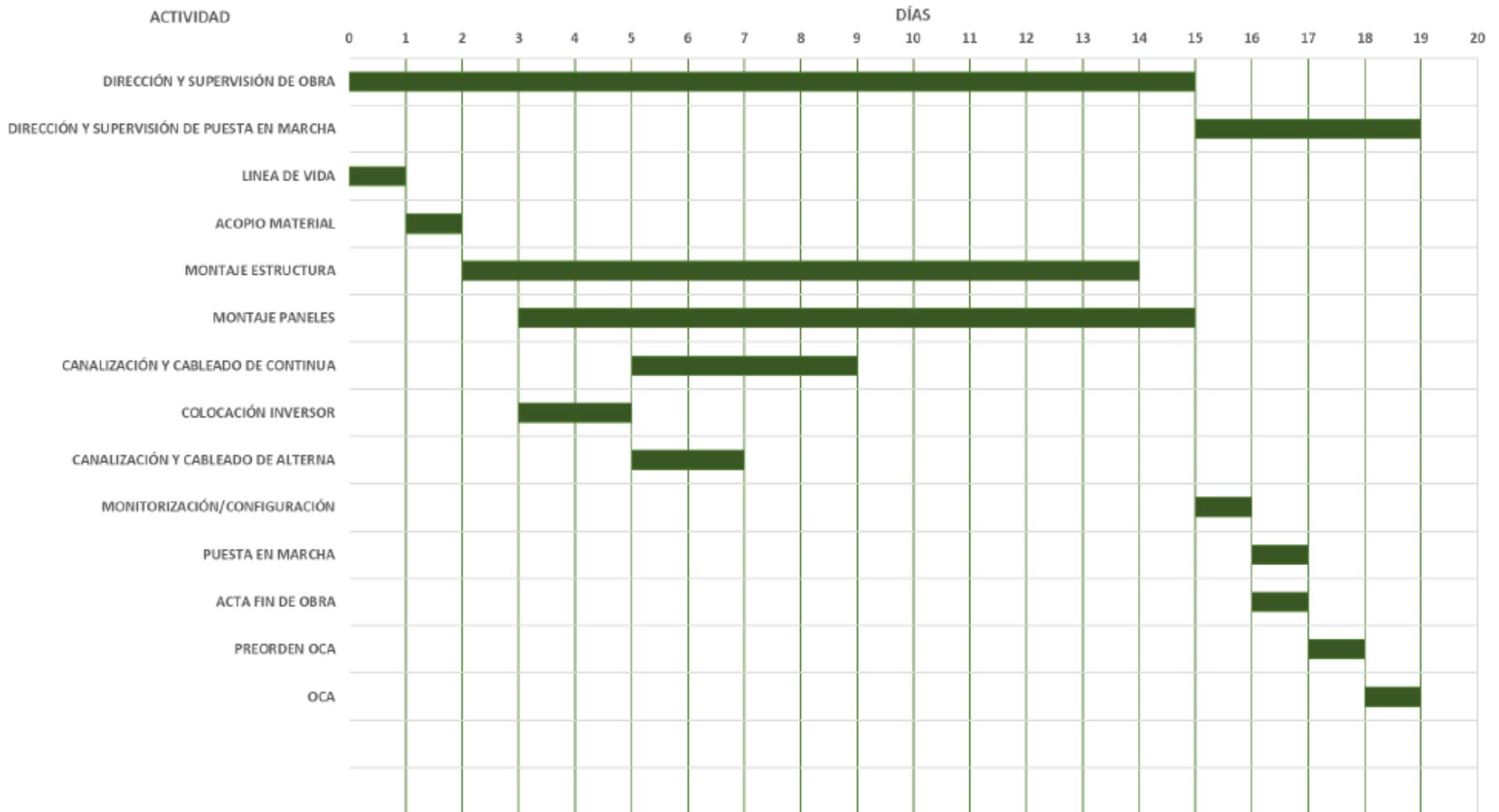


Tabla 8. Planning del programa de trabajo

8. MANTENIMIENTO

El mantenimiento de las instalaciones solares es fundamental para asegurar que todos los componentes de la instalación fotovoltaica funcionan adecuadamente. Para ello, se deben realizar tanto acciones preventivas como correctivas y llevar a cabo una serie de prácticas que aseguren un completo y óptimo mantenimiento de la instalación para maximizar así la producción y alargar la vida útil evitando pérdidas que mermen su rentabilidad.

8.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Mantenimiento que tiene como primer objetivo evitar o mitigar las consecuencias de los fallos o averías (inspección de calidad) de un sistema en la instalación solar fotovoltaica. Trata de prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Una buena inspección finaliza con una propuesta de medidas de mejora detalladas en un informe técnico que tendrán su origen en los problemas técnicos y organizativos identificados. Asimismo, se podrán realizar aportes en base a nuevas tecnologías existentes y hacer una estimación de costes para estudiar su rentabilidad. Este mantenimiento preventivo se realizará 2 veces/año en el periodo de 3 años desde la puesta en marcha de la instalación.

Se incluyen las siguientes actuaciones:

- Inversores
 - Comprobar y analizar historia de los fallos habidos.
 - Actualización de software.
 - Limpieza exterior y de filtros.
 - Reapriete de terminales.
 - Revisión ventilación y refrigeración.
 - Comprobaciones de conductores de corriente continua.
 - Comprobaciones de conductores de corriente alterna.

- Cuadro de corriente continua y corriente alterna
 - Mediciones de intensidad y tensión.
 - Limpieza y detección de humedades.
 - Aislamiento, valores de toma de tierra.
 - Ajustes de cables y terminales de corriente continua y corriente alterna.

- Canalizaciones
 - Detección de humedades que afecten al cableado.

- Módulos fotovoltaicos
 - Revisar cambios de color o roturas.

- Medición de la tensión e intensidad suministrada.
- Detección depósito de excrementos, sombras etc.
- Ajustes de tornillos, cables y terminales.

- Estructura
 - Reaprietes de fijaciones.
 - Detección y eliminación de óxido.

- Monitorización
 - Comprobaciones con el portal.

- Queda excluido:
 - Medios de elevación en caso de ser necesarios.
 - Medidas correctoras fuera de garantías.

8.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Mantenimiento que se aplica únicamente cuando por circunstancias sobrevenidas, debidas a averías en la instalación, es necesario subsanar el defecto de la misma.

- Sustitución de paneles.
- Reparación o sustitución de componentes electrónicos de inversores, sistemas de comunicaciones...
- Sustitución de elementos pasivos en los cuadros eléctricos (diferenciales, fusibles, cableado, magnetotérmicos...).
- Atender y solucionar las alertas informadas por el sistema de monitorización.

Se suministrará el material defectuoso cubierto por la garantía en las condiciones y periodos establecidos en la misma. **[24]**

9. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

En cuanto al análisis, ya se ha visto que es muy enriquecedor y beneficioso para la escuela Zubi Zahar, pero el proyecto deberá ser eficaz y sostenible para que sea rentable. Por ello, para valorar la rentabilidad de este proyecto, se analizarán aspectos relacionados con los objetivos de desarrollo sostenible de la UNESCO.

9.1. VIABILIDAD TÉCNICA

Desde el punto de vista de la viabilidad técnica, ya se sabe que el consumo total anual es de 40.976 kWh, donde actualmente la aportación renovable a este valor de consumo es nula. Con lo propuesto, la aportación renovable aumentará considerablemente, siendo muy rentable en términos de viabilidad técnica.

Con llevar esto hacia delante, se dará un gran paso en el cumplimiento del objetivo 9 de la UNESCO, que promueve el desarrollo de una infraestructura resiliente, la promoción de la industrialización inclusiva y sostenible y el fomento de la innovación.

Además, dado que se dará un impulso a las renovables, se luchará por el cumplimiento del objetivo 12, que es una producción y consumo responsables.

9.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

Comenzando a analizar la viabilidad económica, en la actualidad la factura eléctrica ha aumentado mucho por la subida del precio de la electricidad. Para afrontarlo, se propone avanzar con este proyecto, donde para conseguir esa reducción de factura eléctrica, deberá haber una inversión inicial importante. Esta inversión rondará los 50.965,16 €.

Para la recuperación de este capital se obtendrán unos beneficios energéticos anuales en los que se estima un beneficio total anual de 4.599,18 €

Una vez analizado todo, se estima que el Payback es de 11,08 años. Este valor es muy interesante porque el máximo de Payback que exigen en la actualidad es de 15 años y se puede ver que esa necesidad se cumple. Hace unos años se pedía que ese valor Payback circulara alrededor de 7 años para considerar rentable el proyecto. Pero a medida que han ido pasando los años, ese valor ha ido subiendo, situándose hoy en 15 años. Por ello, se puede concluir que este proyecto es viable económicamente. Además, mediante las ayudas que están saliendo desde Europa, es posible que este proyecto reciba una subvención económica, bajando aún más el Payback estimado.

Desde el punto de vista económico, la UNESCO también incluye una serie de objetivos en los que se cumpliría el objetivo 8 a través de este proyecto. Este objetivo promueve un crecimiento económico sostenible, un empleo productivo y un trabajo digno para todos.

9.3. VIABILIDAD AMBIENTAL

Además de ser viable técnica y económicamente, hay que tener en cuenta el medio ambiente, ya que con un proyecto como éste se puede conseguir reducir una cantidad significativa de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

Reduciendo el consumo un 38%, se evita la emisión anual de 5.091 kg CO₂ a la atmósfera.

Las reducciones de emisiones obtenidas son notables, dando un claro paso adelante a favor del medio ambiente, en el que se cumplieran otros dos objetivos de la UNESCO a favor del medio ambiente, concretamente los objetivos 7 y 13. El 7 lucha por la obtención de una energía accesible y no contaminante y el 13 promueve la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus consecuencias.

9.4. VIABILIDAD SOCIAL

El hecho de que un proyecto sea socialmente viable, lo conseguirá cuando sea un beneficio general y no sólo cuando suponga ventajas para algunos.

En este caso, se garantiza que aporta beneficios a largo plazo, no solo beneficiando a los que van a ejecutar el proyecto, sino también a la escuela, sobre todo en el aspecto económico.

10. DISCUSIÓN

En este apartado de discusión se realizará una reflexión del proyecto ejecutado, teniendo en cuenta diversos factores.

En primer lugar, observando los resultados del proyecto, en un principio puede parecer que es un proyecto muy viable y rentable por muchas razones, pero también se ve que tiene sus partes más negativas.

El mayor inconveniente será claramente la pequeña o nula generación de energía de la instalación durante el invierno, siendo una de las épocas donde más energía eléctrica necesitará. Esto, puede crear un desequilibrio para llevar a cabo lo estudiado.

El caso que transcurre en verano también puede parecer un inconveniente, ya que se genera más energía de lo que necesitaría el centro. Pero como esa energía extra producida es compensada económicamente, no es tan alarmante. Es verdad que se regala energía que se ha producido mediante la instalación del centro y además no se compensa económicamente al mismo precio que se compra la energía, pero por lo menos se recibe una pequeña compensación, siendo una ayuda extra para la amortización.

Por otro lado, la orientación del tejado tampoco es la óptima, ya que la producción diaria suele estar en sus máximos por la tarde, debido a la orientación que tiene al suroeste, siendo un obstáculo para el consumo de todo el día que tiene el edificio.

Aunque lo dicho anteriormente sea una traba para la producción solar, hay que añadir que el ahorro será notable, tanto energéticamente (habrá una gran posibilidad de autoconsumir la energía generada en los días de sol), como económicamente (se amortizará en unos 11 años).

También hay que señalar que, a pesar de ser rentable para el bolsillo, también se podrá dar un gran paso educativamente, debido a que este edificio es una escuela y puede tener una enorme influencia en los jóvenes. Puede servir para aprender más sobre las energías renovables, aumentando la concienciación y el deseo de ir en busca de un futuro mejor.

Por todo esto, está claro que el proyecto puede jugar un papel muy importante de cara a futuro, concluyendo que en general se ha diseñado un proyecto rentable y atractivo.

11. CONCLUSIÓN

En cuanto a las conclusiones, cabe destacar que el proyecto realizado es muy rentable, y a continuación se analiza si se han conseguido los objetivos señalados.

Para empezar, al tiempo que se estaba haciendo el preanálisis necesario de la cubierta o del consumo a abastecer, se ha visto que crear un proyecto que realmente se lleve a cabo iba a ser un duro reto, pero a través del dimensionamiento final realizado se llega a la conclusión de que es un proyecto viable y necesario.

Uno de los problemas sería la inversión inicial necesaria, rondando los 51.000 €. A pesar de todo, se prevé contar con subvenciones que harán que un proyecto como éste se lleve a cabo. Por ello, se reduciría mucho el precio a pagar por el centro educativo.

También se conseguiría reducir mucho los gases contaminantes de CO₂ emitidos a la atmósfera por la apuesta realizada a favor de la energía verde.

Cabe destacar que se trata de un proyecto que se planteó en el pasado pero que no se llevó a cabo por diferentes circunstancias. En las actuales circunstancias y a la vista de los resultados obtenidos y que se cumplen todos los objetivos señalados al principio, sería un momento perfecto para volver a lanzar este proyecto y que se pueda desarrollar.

Resumiendo, se concluye que se ha diseñado un proyecto sostenible y atractivo para su aplicación real en un centro educativo extrapolable.

12. REFERENCIAS

- [1] Statista (). Evolución de la población mundial. [ONLINE] Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/635122/evolucion-de-la-poblacion-mundial/>
- [2] Prime Energy (). Los beneficios de una instalación de paneles solares en Centros Educativos. [ONLINE] Disponible en: <https://www.primenergy.es/blog/los-beneficios-de-una-instalacion-de-paneles-solares-en-centros-educativos-colegios/>
- [3] Miteco.gob (). Protocolo de Kioto. [ONLINE] Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/protocolo-kioto.aspx>
- [4] JAB (). Estado de las energías renovables en 2022. [ONLINE] Disponible en: <https://www.grupojab.es/estado-de-las-energias-renovables-en-2022/#:~:text=Imagen%3A%20AIE,Se%20espera%20que%20la%20energ%C3%ADa%20solar%20represente%20el%2060%25%20del,Uni%C3%B3n%20Europea%2C%20dice%20la%20AIE>
- [5] Eco Inteligencia (). Evidencias científicas del cambio climático. [ONLINE] Disponible en: <https://www.ecointeligencia.com/2017/11/evidencias-cientificas-cambio-climatico/>
- [6] Acciona (). Energías renovables. [ONLINE] Disponible en: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
- [7] elDiario (). Evolución del cambio climático. [ONLINE] Disponible en: https://www.eldiario.es/sociedad/2022-confirma-cambio-climatico-intensifica-velocidad-catastrofica_1_9686639.html
- [8] ERenovable (). Ventajas y desventajas de las energías renovables. [ONLINE] Disponible en: <https://erenovable.com/energias-renovables-ventajas-y-desventajas/>
- [9] Wikipedia (). Energía solar fotovoltaica. [ONLINE] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Energia_solar_fotovoltaica
- [10] EcuRed (). Radiación solar. [ONLINE] Disponible en: https://www.ecured.cu/Radiación_solar
- [11] SunFields (). Curiosidades sobre la radiación solar. [ONLINE] Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/>
- [12] Iluminet (). ¿Cómo funcionan las celdas fotovoltaicas? [ONLINE] Disponible en: <https://www.iluminet.com/funcionamiento-paneles-fotovoltaicos-energia-solar/#:~:text=Una%20celda%20fotovoltaica%20convierte%20la,energ%C3%A9tica%2C%20pero%20%C2%BFc%C3%B3mo%3F&text=Una%20celda%20fotovoltaica%20es%20un,usar%20energ%C3%A9tica>
- [13] Eco Inventos (). Células solares fotovoltaicas. [ONLINE] Disponible en: <https://ecoinventos.com/celulas-solares-fotovoltaicas/>
- [14] Smart Spain (). Tipos de instalaciones. [ONLINE] Disponible en: <https://www.smartspain.es/diferencias-entre-instalacion-aislada-o-instalacion-conectada-a-la-red/>

- [15] Ecología Verde (). Nuevas tecnologías solares. [ONLINE] Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/nuevas-tecnologias-solares-que-probablemente-no-conoces-464.html>
- [16] Diario Renovables (). Las tecnologías que cambiarán la energía fotovoltaica. [ONLINE] Disponible en: <https://www.diariorenovables.com/2018/02/las-tecnologias-que-cambiaran-la.html>
- [17] El periódico de la energía (). Mercado europeo. [ONLINE] Disponible en: <https://elperiodicodelaenergia.com/produccion-solar-record-en-todos-los-mercados-europeos-en-el-primer-semestre-de-2022/>
- [18] World Energy Trade (). Mercado español. [ONLINE] Disponible en: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-solar/fotovoltaica-espana-records-en-2022-16474>
- [19] Gobierno Vasco (). Climatología en el País Vasco. [ONLINE] Disponible en: https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/contenidos/informacion/cla_clasificacion/es_7264/es_clclasificacion.html
- [20] Bizkaia (). Datos meteorológicos. [ONLINE] Disponible en: https://www.bizkaia.eus/Ingurugiroa_Lurraldea/Hidrologia_Ac/Estaciones_Seleccion.asp?Tem_Codigo=2780&Idioma=CA&bnetmobile=0
- [21] Iberdrola (). Tipos de paneles fotovoltaicas. [ONLINE] Disponible en: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-fotovoltaica>.
- [22] Techno Sun (). Panel fotovoltaico Trina Solar. [ONLINE] Disponible en: <https://b2b.technosun.com/shop/product/sol0378-panel-solar-410w-1185a-1754x1096x30mm-vertex-s-tsm-410-de09-08-trina-solar-36726#attr=>
- [23] El almacén fotovoltaico (). Inversor Solis. [ONLINE] Disponible en: <https://elalmacenfotovoltaico.com/inversor-conexion-a-red/576-inversor-solis-36k-5q-trifasico-36000w.html>
- [24] E.Z.E. Barrizar Koop (). Información proporcionada por empresa de servicios energéticos. [OFFLINE]

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ENERGÉTICA SOSTENIBLE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ANEXOS

Estudiante	Aranbarri Gutierrez, Antxon
Tutora	Barrio Cagigal, Victoria Laura
Curso académico	2022-2023

Bilbao, Marzo de 2023

ANEXO I: CÁLCULOS

I.1. ANÁLISIS INICIAL

Antes de comenzar con el diseño de la instalación, será necesario realizar un estudio inicial o preliminar para conocer el impacto de las sombras y la superficie útil del tejado, ya que pueden ser dos aspectos que pueden ser muy relevantes para llevar a cabo el proyecto final.

I.1.1. Estudio de sombras

Comenzando por el estudio inicial, uno de los puntos más importantes para calcular las pérdidas que se producirán será el impacto de las sombras.

Por un lado, hay que dejar claro que como es el edificio más alto de la zona y no tiene altos árboles alrededor, las sombras cercanas no serán un problema para la producción de energía.

A pesar de todo, los montes de alrededor pueden suponer la existencia de sombras horizontales. Por ello, para ver cuanto afectarán estas sombras a la instalación, se ha medido su altura en grados mediante PVGIS (siendo esto una estimación anual), donde los datos obtenidos han sido los siguientes:

Altura (°)	14,9	14,0	33,2	33,2	29,8	29,8	22,2	5,0	8,4
Azimut (°)	-120	-90	-60	-30	0	30	60	90	10

Tabla 9. Sombras horizontales (Fuente: PVGIS)

La primera impresión sobre los datos obtenidos es que, las sombras que va a generar durante el día (sobre todo en los meses de invierno, cuando el sol suele estar en los niveles más bajos posibles) van a afectar radicalmente. Esto es, puede ser que haya días que no se genere nada de energía por las sombras generadas por el horizonte.

Para visualizar lo dicho con más claridad, se han integrado los datos en el programa PVsyst, consiguiendo así el perfil de obstáculos:

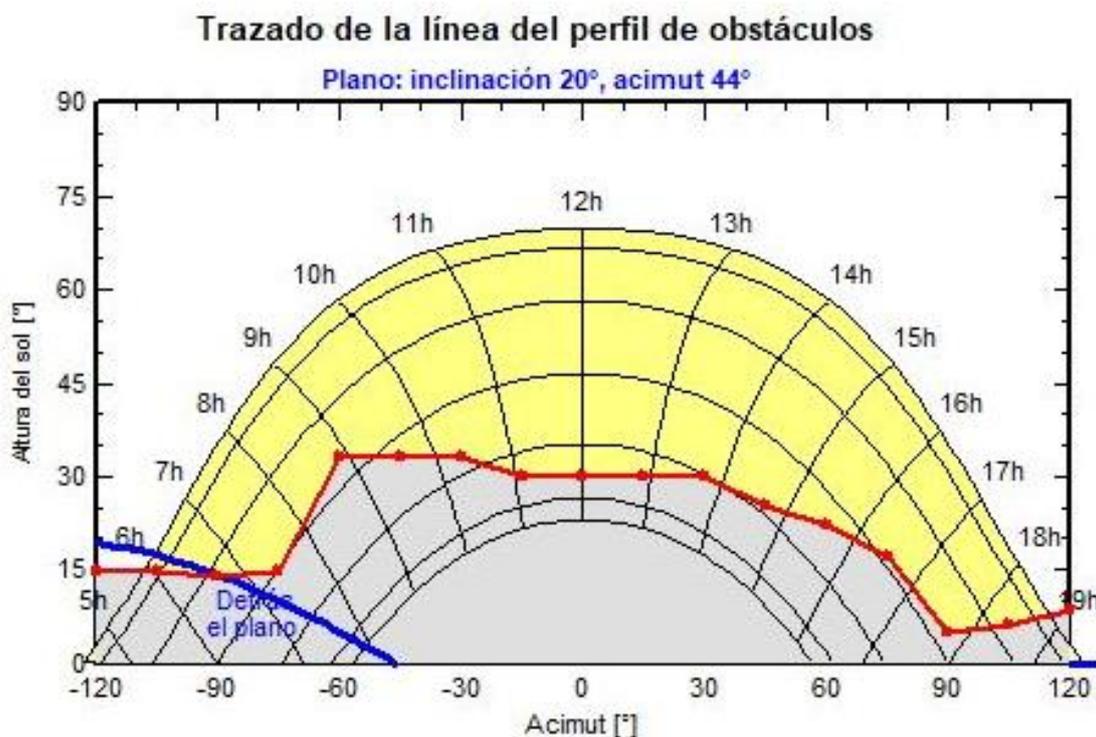


Figura 39. Perfil de obstáculos (Fuente: PVsyst)

Explicando el perfil conseguido, al introducir los datos obtenidos mediante PVGIS, se ha obtenido la línea roja que cruza todo el gráfico. De esa línea para arriba serán las horas que el sol pegará directamente sobre la instalación y de esa línea para abajo, las horas donde los montes generaran algún que otra sombra en la instalación.

Añadir también que la curva más corta, refleja los días de los meses más cortos del año, esto es, diciembre y enero (en esos meses amanece a las 7:30 y anochece a las 4:30) y la curva más larga, refleja los días de los meses más largos del año, como junio y julio (amaneciendo a las 5:00 y anocheciendo a las 20:00).

Teniendo esto claro, como era de esperar, las sombras horizontales afectarán bastante en los meses de invierno, siendo esto un problema que se tendrá muy en cuenta.

Hay que señalar que no será obligatorio calcular el impacto concreto de las sombras sobre las placas, como se verá más adelante, ya que el programa PGVIS que se utilizará para calcular el estudio energético general permite conocer el porcentaje de pérdidas totales según la zona. Por ello, este cálculo de sombras será sólo el estudiado por encima.

I.1.2. Superficie útil

Continuando con el proceso, primero se ha calculado la superficie total y después la superficie útil de cada tejado utilizando Google Maps. La diferencia es que la superficie total es toda la superficie al completo que tiene el tejado y la superficie útil sería la superficie donde se podrán instalar los paneles, teniendo en cuenta que hay que dejar 0,5 metros de distancia desde cada borde del tejado, con el fin de garantizar la seguridad para los trabajadores a la hora de la instalar los paneles.

Por lo que la superficie total sería la siguiente:



Figura 40. Superficie total (Fuente: GeoEuskadi)

Resumiendo, la superficie total obtenida se ha visto que es de 635 m².

Por lo que, restándole la superficie de seguridad, la superficie útil para instalar paneles quedaría tal que así:



Figura 41. Superficie útil (Fuente: GeoEuskadi)

Esto es, para el diseño del proyecto la superficie sería de 494 m².

I.2. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA A INSTALAR

Realizado el análisis inicial, se va a realizar una estimación de la potencia que necesitaría más o menos la escuela para que sea lo más rentable posible tanto energéticamente como económicamente. Esto es, no se busca una instalación sobredimensionada con mucha generación de energía y gran inversión inicial, ni una instalación bajo dimensionado, teniendo una inversión inicial pequeña pero una cantidad mínima de generación.

Por eso, viendo lo analizado como orientación, inclinación y sombras, se puede estimar que la potencia instalada y la energía producida irán acordes. Esto es, cada wattio instalado, producirá más o menos un kWh. Por lo que, viendo el consumo del edificio de 40.976 kWh, se buscará producir una cantidad similar, estimando que la potencia optima instalada ronde los 40 kW.

La superficie necesaria para instalar esa potencia es de unos 180 m². Una superficie parecida se encuentra en la cubierta de 184 m², por lo que utilizar solamente un tejado para la instalación fotovoltaica y dejar las demás para futuros proyectos puede ser muy interesante.

Por eso, teniendo 184 m² de superficie útil y viendo que los paneles TRINASOLAR VERTEX S 410 W ocupan 1,922 m², en esa superficie la cantidad de paneles que se podrán instalar seria de,

$$\text{Paneles a instalar} = \frac{184 \text{ m}^2}{1,922 \text{ m}^2/\text{panel}} = 95 \text{ paneles}$$

Con esto, se conseguirían 38,95 kWp de potencia instalada.

I.3. CALCULOS DE DISEÑO

Teniendo más o menos claro la cantidad y la potencia a instalar, faltaría analizar si la instalación puede ser funcional. Por lo que, se tendrá que dimensionar el número de paneles que se colocarán en serie, el número de strings y el diseño del generador fotovoltaico. Estos son los datos de los equipos utilizados para el proyecto:

Panel fotovoltaico		Inversor	
TRINASOLAR VERTEX S 410 W		SOLIS-36K-5G	
Pmax	410 W	Vdc max	1.100 V
Vmpp	34,6 V	Rango Vmpp	200-1000 V
Impp	11,85 A	Idc max	104 A
Voc	41,6 V		
Isc	12,4 A		
Pmax coef.	-0,34 %/°C		
Voc coef.	-0,25 %/°C		
Isc coef.	0,04 %/°C		
Tcel	-10 °C		
Tcel	70 °C		

Tabla 10. Características del panel solar y del inversor (Fuente: Techno Sun Y el almacén fotovoltaico)

I.3.1. Número de paneles que se pueden colocar en serie

Para comenzar, se calculará el número máximo de paneles que se pueden colocar en serie. Para ello, se deberá tener en cuenta la máxima tensión en circuito abierto del panel, cuyo cálculo es el siguiente (en cuanto a la temperatura mínima de la célula, la referencia será $T_{cel} = -10^{\circ}\text{C}$):

$$V_{OC_{max\ panel}} = V_{OC_{STC}} * [1 + \beta * (T_{cel} - 25)] \rightarrow$$

$$V_{OC_{max\ panel}} = 41,6 * \left[1 - \frac{0,25}{100} * (-10 - 25) \right] = 45,24\ \text{V}$$

$$n_{S_{max}} = \frac{V_{DC_{max\ INV}}}{V_{OC_{max\ panel}(-10^{\circ}\text{C})}} = \frac{1.100}{45,24} = 24,31$$

$$\mathbf{n_{S_{max}} = 24}$$

Por otro lado, sabiendo el número máximo de paneles que se pueden colocar en serie, se calculará el número mínimo de paneles que se pueden poner en serie. Para ello, se tendrá en cuenta la mínima tensión de la potencia máxima del panel, cuyo cálculo es el siguiente (en cuanto a la temperatura máxima de la célula, la referencia será $T_{cel} = 70^{\circ}\text{C}$):

$$V_{MPP_{min\ panel}} = V_{MPP_{STC}} * [1 + \beta * (T_{zel} - 25)] \rightarrow$$

$$V_{MPP_{min\ panel}} = 34,6 * \left[1 - \frac{0,34}{100} * (70 - 25) \right] = 29,31\ \text{V}$$

$$n_{S_{min}} = \frac{V_{MPP_{min\ INV}}}{V_{MPP_{min\ panel}(70^{\circ}\text{C})}} = \frac{200}{29,31} = 6,82$$

$$\mathbf{n_{S_{min}} = 7}$$

I.3.2. Número de strings posibles

Para calcular el número de strings que se pueden colocar, se necesitará la máxima corriente de cortocircuito del panel (en cuanto a la temperatura máxima de la célula, $T_{zel} = 70^{\circ}\text{C}$ como se ha indicado anteriormente):

$$I_{SC_{max\ panel}} = I_{SC_{STC}} * [1 + \alpha * (T_{zel} - 25)] * \frac{E}{1000} \rightarrow$$

$$I_{SC_{max\ panel}} = 12,4 * \left[1 + \frac{0,04}{100} * (70 - 25) \right] * \frac{1000}{1000} = 12,62\ \text{A}$$

$$n_{STRING_{max}} = \frac{I_{DC_{max\ INV}}}{I_{SC_{max\ panel}(70^{\circ}\text{C})}} = \frac{104}{12,62} = 8,24$$

$$\mathbf{n_{STRING_{max}} = 8}$$

I.3.3. Diseño del generador fotovoltaico

Sabiendo, el número máximo y mínimo de paneles que se pueden instalar en serie y el número de strings posibles, se analizará si el caso de instalar 38,95 kW (95 paneles) es válido. Teniendo una potencia instalada de casi 40 kW, se introducirá un inversor de 36 kW, debido a que este inversor admite hasta 47 kW.

Por lo que, el cálculo sería el siguiente:

Conociendo que debe cumplir,

$$C_{INV} = \frac{P_{GF}}{P_{AC}} \rightarrow 0,83 < C_{INV} < 1,25$$

P_{GF} = Cantidad de paneles en serie * cantidad de strings * potencia del panel

P_{AC} = Potencia del inversor (CA)

El P_{GF} para este caso deberá ser,

$$P_{GF} = 19 * 5 * 410 = 38.950 \text{ W}$$

Teniendo esto en cuenta,

$$C_{INV} = \frac{P_{GF}}{P_{AC}} = \frac{38.950 \text{ W}}{36.000 \text{ W}} = 1,082$$

Además del cumplimiento de la condición, ésta se sitúa entre los valores 1,05 y 1,1, consiguiendo pérdidas aún menores.

También es conveniente observar la condición $V_{MPP_{max\ INV}} > V_{MPP_{max\ GF}}$:

$$V_{MPP_{max\ panel}} = V_{MPP_{STC}} * [1 + \beta * (T_{zel} - 25)] \rightarrow$$

$$V_{MPP_{max\ panel}} = 34,6 * \left[1 - \frac{0,34}{100} * (-10 - 25) \right] = 38,72 \text{ V}$$

$$V_{MPP_{max\ GF}} = 19 * V_{MPP_{max\ panel}} = 19 * 38,72 = 503,36 \text{ V}$$

$$1.000 \text{ V} = V_{MPP_{max\ INV}} > V_{MPP_{max\ GF}} = 503,36 \text{ V}$$

Aunque no es obligatorio, suele ser conveniente cumplirlo y se ver que lo cumple.

Por lo que, la estimación de la potencia y el número de paneles es válido, instalando un total de 38,95 kW, repartido en 5 strings de 19 paneles en serie.

I.4. ANÁLISIS ENERGÉTICO

Sobre el análisis energético, sería importante calcular la cantidad de energía anual que generará la instalación. Para ello se ha utilizado el programa PVGIS.

Paralelamente a lo analizado en el impacto de las sombras, a través de este programa, analizando la zona y el sistema, existe la posibilidad de obtener un porcentaje de pérdidas generalizadas de la instalación, en el que el programa señala que en total hay un nivel de pérdida cercano al 14%. Este porcentaje puede considerarse aproximadamente como la suma de todas las pérdidas (orientación, inclinación, transporte de energía...):

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

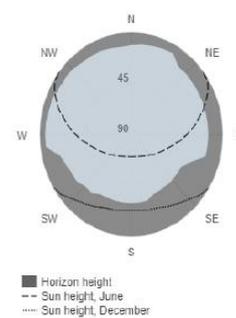
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 43.319,-2.434
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 38.95 kWp
 System loss: 14 %

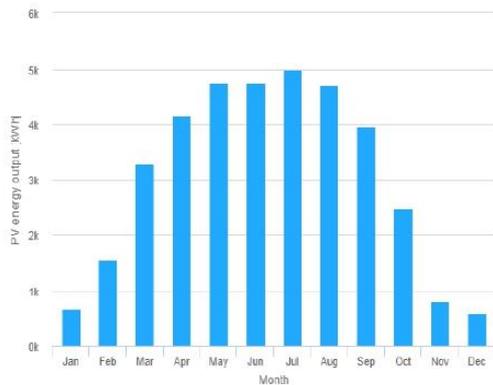
Simulation outputs

Slope angle: 20 °
 Azimuth angle: 44 °
 Yearly PV energy production: 36643.87 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1198.17 kWh/m²
 Year-to-year variability: 1353.82 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -3.06 %
 Spectral effects: 1.36 %
 Temperature and low irradiance: -7.08 %
 Total loss: -21.48 %

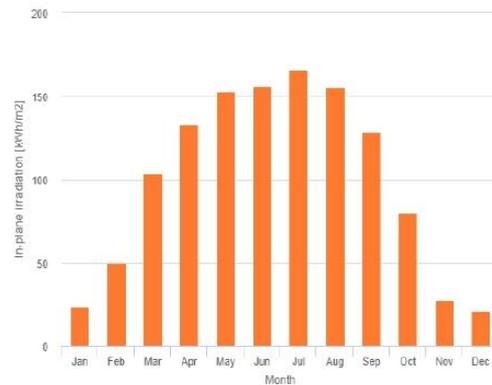
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	669.5	23.5	59.9
February	1554.9	49.6	242.3
March	3266.3	103.2	566.5
April	4160.9	133.2	552.8
May	4751.6	153.0	574.5
June	4740.9	156.3	409.6
July	4990.3	166.2	399.9
August	4712.9	156.0	301.4
September	3957.6	129.0	250.9
October	2459.3	79.8	235.0
November	794.5	27.4	57.3
December	585.1	21.1	37.5

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

Figura 42. Análisis energético (Fuente: PVGIS)

De esta forma, se observa que la instalación es capaz de generar 36.644 kWh al año utilizando únicamente energía solar. Esto comparándolo con el consumo anual del edificio se podría observar lo siguiente:

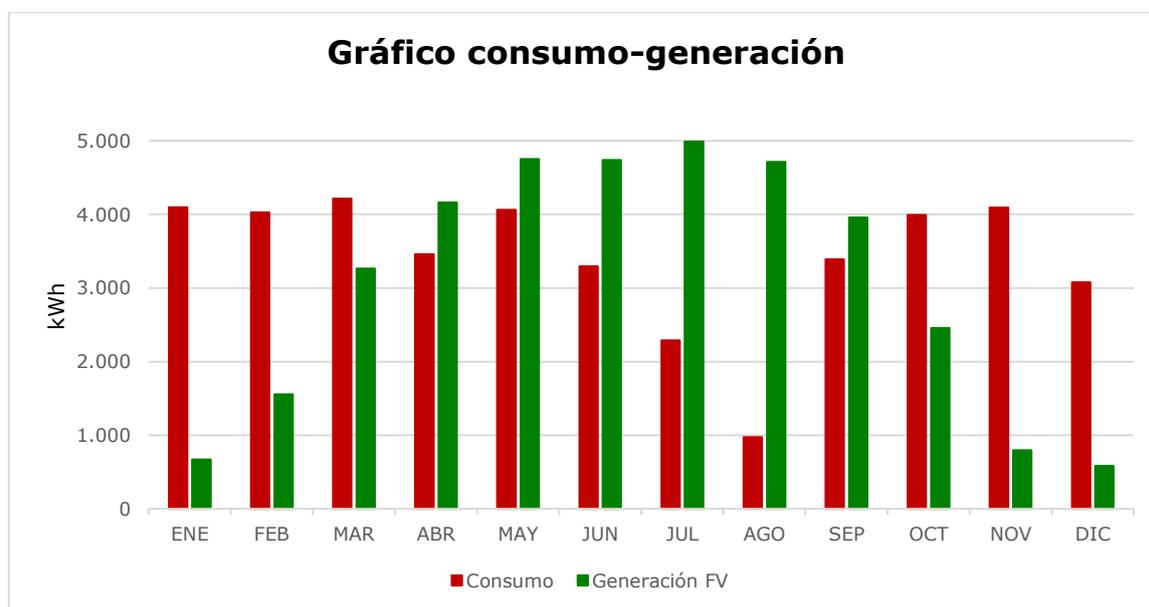


Gráfico 8. Consumo-generación

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Consumo	4.099	4.027	4.214	3.458	4.064	3.295	2.290	972	3.392	3.992	4.094	3.079	40.976
Generación FV	670	1.555	3.266	4.161	4.752	4.741	4.990	4.713	3.958	2.459	795	585	36.644

Tabla 11. Consumo-generación en kWh

Como es lógico, la producción en los meses de verano será mucho más elevado que en los meses de invierno. Y esto es muy perjudicial para el tipo de edificio que se está estudiando, debido a que, como es una escuela, el uso y también paralelamente el consumo irá asociado al curso académico, por lo que el consumo será menor cuando la producción sea el máximo.

Además, como las sombras lejanas son muy perjudiciales para este caso en concreto, la producción solar en los meses de invierno (justo es la época donde el sol esta más bajo) no será muy destacado, pudiendo abastecer mediante la instalación fotovoltaica una pequeña parte del consumo que va a tener la escuela en esos meses en concreto.

Por otra parte, se han obtenido tanto datos del consumo como de la producción de todas las horas del 2021, obteniendo una comparación media anual de consumo-producción durante las 24 horas del día:

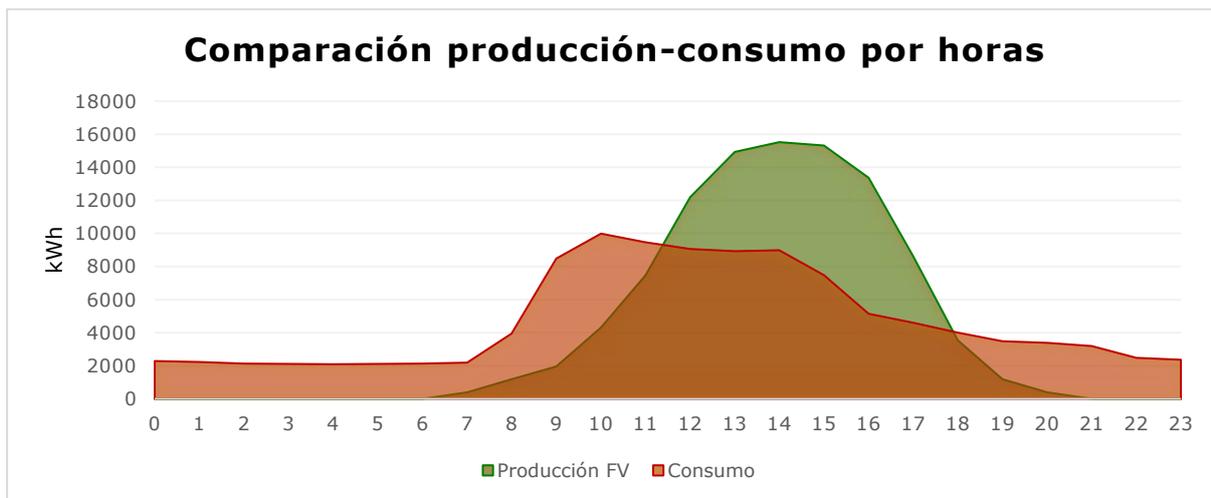


Gráfico 9. Comparación producción-consumo por horas

	Producción FV	Consumo
0	0	2.290
1	0	2.220
2	0	2.127
3	0	2.119
4	0	2.088
5	0	2.106
6	0	2.131
7	393	2.184
8	1.179	3.945
9	1.965	8.486
10	4.322	9.990
11	7.466	9.469
12	12.181	9.054
13	14.931	8.918
14	15.521	8.987
15	15.324	7.471
16	13.360	5.151
17	8.645	4.608
18	3.536	4.006
19	1.179	3.484
20	393	3.385
21	0	3.202
22	0	2.483
23	0	2.359

Tabla 12. Comparación producción-consumo por horas en kWh

Por un lado, como era de esperar, el consumo aumenta en horas de clase (empieza a aumentar a las 8:00 de la mañana y baja drásticamente a las 16:00 de la tarde). Por otro lado, como la cubierta está orientada hacia el suroeste. La producción máxima tenderá a ser por lo tarde, teniendo el pico de producción entorno a las 14:00-15:00 de la tarde.

Sin embargo, este grafico no es muy fiable, ya que es la media de todo un año y como se ha indicado anteriormente, el edificio tendrá un consumo que irá asociado al curso y que ira variando en las diferentes épocas del año, siendo las curvas de generación-consumo variables durante los diferentes meses. Por ello, con el fin de realizar un análisis más detallado, se ha distribuido por estaciones la siguiente comparación de las curvas de producción-consumo:

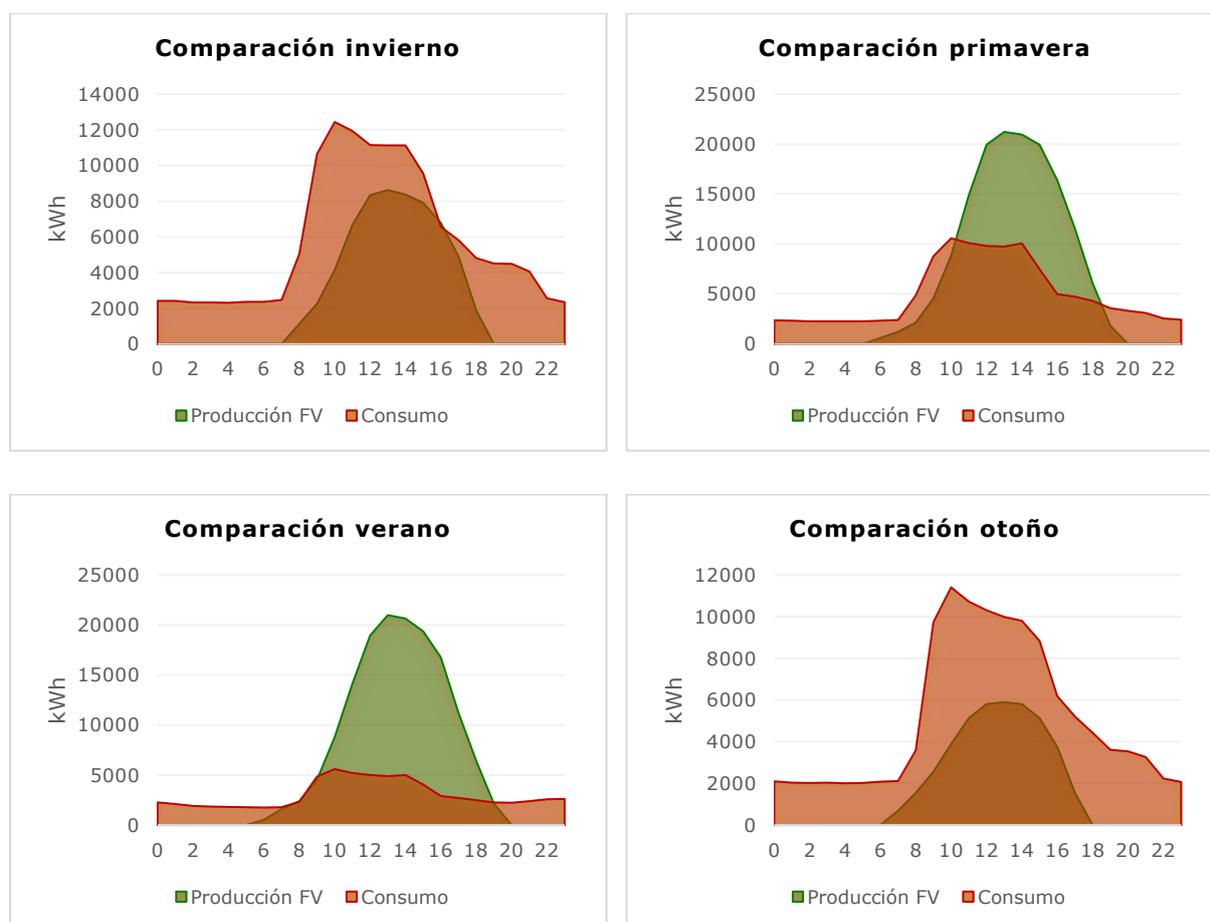


Gráfico 10. Comparación producción-consumo por estaciones

Los resultados obtenidos eran los esperados. El mayor consumo del edificio se producirá durante la época invierno-otoño, siendo también la generación la menor en esta época. Por ello, el porcentaje de energía autoconsumida desde la instalación fotovoltaica será elevado. Por otro lado, durante la época primavera-verano (sobre todo en verano) el consumo se reduce y al ser los meses de mayor generación, el porcentaje autoconsumido desde la instalación no será tan alto. Además, habrá que tener en cuenta los días festivos y los fines de semana a la hora de calcular la energía autoconsumida.

Para este cálculo de la energía autoconsumida, se han utilizado los datos anuales por horas tanto de generación como de consumo obtenidos anteriormente, adquiriendo que el edificio consumirá un 41,97% de la producción total.

Este porcentaje se ha obtenido del siguiente cálculo:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Consumo total (kWh)	4.101	4.025	4.213	3.458	4.225	3.137	2.289	972	3.393	3.991	4.095	3.078	40.976
Producción FV (kWh)	1.769	2.119	2.403	3.649	4.734	4.347	4.884	3.972	3.438	2.828	1.171	1.330	36.644
Autoconsumido gráfico (kWh)	1.114	1.346	1.417	1.396	2.237	1.680	1.155	496	1.367	1.492	910	771	15.380
Autoconsumido (%)	63%	64%	59%	38%	47%	39%	24%	12%	40%	53%	78%	58%	41,97%
Energía de la red con FV (kWh)	2.987	2.679	2.796	2.063	1.988	1.457	1.134	476	2.026	2.500	3.185	2.307	25.596
Excedentes (kWh)	655	773	986	2.254	2.497	2.667	3.728	3.476	2.071	1.337	261	559	21.264

Gráfico 11. Análisis energético

Como resultado más relevante, está claro que, integrando una instalación fotovoltaica en la cubierta del edificio, la energía que se tendría que tomar de la red eléctrica se reduciría en grandes cantidades, pasando de tener un consumo de red de 40.976 kWh/año a 25.596 kWh/año.

La mayor desventaja de esta instalación, como se ha dicho anteriormente, sería la elevada cantidad de excedentes que va a tener durante todo el año. Pero como el nuevo Real Decreto Ley 244/2019, publicado el 5 de abril, permite inyectar a la red esta misma energía que no se consume, se recibirá una compensación económica por la cantidad de energía inyectada a la red. Por lo que, se convierte en un problema menos importante por esta cuestión.

I.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para finalizar con el estudio, teniendo en cuenta los datos obtenidos en el apartado energético, se llegarían a lograr estos ahorros económicos:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Autoconsumido gráfico (kWh)	1.114	1.346	1.417	1.396	2.237	1.680	1.155	496	1.367	1.492	910	771	15.380
Autoconsumido (%)	63%	64%	59%	38%	47%	39%	24%	12%	40%	53%	78%	58%	41,97%
Energía de la red con FV (kWh)	2.987	2.679	2.796	2.063	1.988	1.457	1.134	476	2.026	2.500	3.185	2.307	
Precio energía red (€/kWh)	0,148	0,148	0,147	0,144	0,145	0,145	0,247	0,202	0,214	0,386	0,433	0,454	
Precio energía sin FV (€)	607 €	596 €	619 €	498 €	613 €	455 €	565 €	196 €	726 €	1.541 €	1.773 €	1.397 €	9.586 €
Precio energía con FV (€)	442 €	396 €	411 €	297 €	288 €	211 €	280 €	96 €	434 €	965 €	1.379 €	1.047 €	6.247 €

Ahorro precio energía con FV (€)	165 €	199 €	208 €	201 €	324 €	244 €	285 €	100 €	293 €	576 €	394 €	350 €	3.339 €
Excedentes (kWh)	655	773	986	2.254	2.497	2.667	3.728	3.476	2.071	1.337	261	559	
Precio excedente red (€/kWh)	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,07	0,07	0,07	0,1	0,15	0,15	
Precio excedentes (€)	33 €	39 €	50 €	115 €	127 €	136 €	261 €	243 €	145 €	134 €	39 €	84 €	
Precio Energía - excedentes (€)	409 €	357 €	361 €	182 €	161 €	75 €	19 €	-147 €	289 €	831 €	1.340 €	964 €	
Precio cobrado excedentes (€)	33 €	39 €	50 €	115 €	127 €	136 €	261 €	96 €	145 €	134 €	39 €	84 €	1.260 €
Excedentes cobrados (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	40%	100%	100%	100%	100%	

Gráfico 12. Análisis económico

Por un lado, viendo la tabla por encima, el ahorro del coste de energía anual es lo que más impacta. Con el tipo de contrato eléctrico actual, se podría ahorrar 3.339 € al año mediante la energía no recibida de la red.

Por otro lado, como la energía inyectada a red se ve ayudado con una compensación económica, al año se ahorrarían 1.260 €.

Sobre la compensación de excedentes, aclarar un dato significativo: En agosto se puede ver que se compensaría menos de lo que teóricamente habría que compensar y esto se debe a que, si el gasto por energía en la factura eléctrica llega a 0 € y hay más excedentes, no serán compensados.

En Zubi Zahar se da el caso en agosto. Se ha estimado que la comercializadora SWAP, para ese mes en concreto concedería una compensación de 0,07 €/ kWh, por lo que teóricamente la cantidad a cobrar con excedentes debería ser de 243 €, pero dado que el gasto energético es de 96 €, sólo serán compensados esos 96 €, es decir, se conseguirá que el gasto energético en la factura eléctrica sea de 0 € (sólo habría que pagar la potencia contratada).

No obstante, y a pesar de que estos excedentes no son compensados, viendo el balance de todo el año, dado que los ahorros obtenidos con los excedentes reales compensados y la reducción en el gasto energético serán mayores, se concluye que esta potencia de 38,95 kW establecida es la más óptima para el edificio, básicamente porque, si se pudieran menos placas, la generación disminuiría y si se pusieran más, la energía inyectada a red que no se compensaría, aumentaría drásticamente.

En resumen, anualmente se ahorrarían 4.599,18 € integrando una instalación fotovoltaica en la cubierta.

I.6. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

Para el análisis de sostenibilidad, en cuanto a cálculos, será conveniente centrarse en la parte de los aspectos económicos, siendo una de las cuestiones más relevantes, la del cálculo del Payback o del año de amortización.

I.6.1. Viabilidad económica

El cálculo del Payback será muy importante a la hora de saber la rentabilidad del proyecto.

En primer lugar, analizando el capital necesario para llevar a cabo este proyecto, la inversión inicial deberá rondar los 50.965,16 €.

En segundo lugar, viendo el mercado eléctrico actual y observando el precio de compensación recibido en los últimos meses, se estima que el ahorro o la ganancia anual será de 4.599,18 €.

Sabiendo esto, el Payback sería el siguiente:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ganancia anual}} = \frac{50.965,16 \text{ €}}{4.599,18 \text{ €}} = \mathbf{11,08 \text{ años}}$$

El Payback obtenido es de 11,08 años, siendo aceptable, viendo que la vida útil de una instalación fotovoltaica ronda los 25 años. Por lo que, este proyecto no sólo será ambientalmente beneficioso, sino que también se logrará que sea económicamente beneficioso para el centro educativo.

ANEXO II. NORMATIVA APLICABLE

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Ley 24/2013 de 26 de septiembre, del Sector Eléctrico.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas.
- Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE 5 "Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica".
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1433/2003 de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto Ley 15/2018 de 5 de octubre de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto por el que se aprueba el reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 186/2016 de 6 de mayo por el que se regula la compatibilidad de los equipos eléctricos y electrónicos.
- Real Decreto 614/2001 de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Norma UNE 206001 EX sobre Módulos fotovoltaicos. Criterios ecológicos.
- Norma UNE-EN 50380 sobre Informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.
- Norma UNE EN 60891 sobre Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica 1-V de dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino.
- Norma UNE EN 60904 sobre Dispositivos fotovoltaicos. Requisitos para los módulos solares de referencia.
- Norma UNE EN 61173 sobre Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía - Guía.
- Norma UNE EN 61194 sobre Parámetros característicos de sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos.
- Norma UNE 61215 sobre Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo.
- Norma UNE EN 61277 sobre Sistemas fotovoltaicos (FV) terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía.
- Norma UNE EN 61453 sobre Ensayo ultravioleta para módulos fotovoltaicos (FV).
- Norma UNE EN 61646:1997 sobre Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo.
- Norma UNE EN 61683 sobre Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- Norma UNE EN 61701 sobre Ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos (FV).
- Norma UNE EN 61721 sobre Susceptibilidad de un módulo fotovoltaico (FV) al daño por impacto accidental (resistencia al ensayo de impacto).
- Norma UNE EN 61724 sobre Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis.
- Norma UNE EN 61725 sobre Expresión analítica para los perfiles solares diarios.
- Norma UNE EN 61727 sobre Sistemas fotovoltaicos (FV). Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica.
- Norma UNE EN 61829 sobre Campos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino. Medida en el sitio de características 1-V.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del Instituto de Diversificación y Ahorro Energético.

ANEXO III. PLANOS

Para un estudio más técnico se han realizado los siguientes planos:



TMF	Nº 02	Proyecto	INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LA CUBIERTA DE LA ESCUELA ZUBI ZAHAR
Autor	ANTXON ARANBARRI GUTIERREZ	Plano	Emplazamiento
Año	2022-2023	Firma	
Escala	-		



TMF	Nº 03	Proyecto	INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LA CUBIERTA DE LA ESCUELA ZUBI ZAHAR
Autor	ANTXON ARANBARRI GUTIERREZ	Plano	Dimensionamiento
Año	2022-2023	Firma	
Escala	1 : 290		



Distribución de los paneles



19 paneles en serie
por cada string

Reparto de strings



Primer string



Segundo string



Tercer string



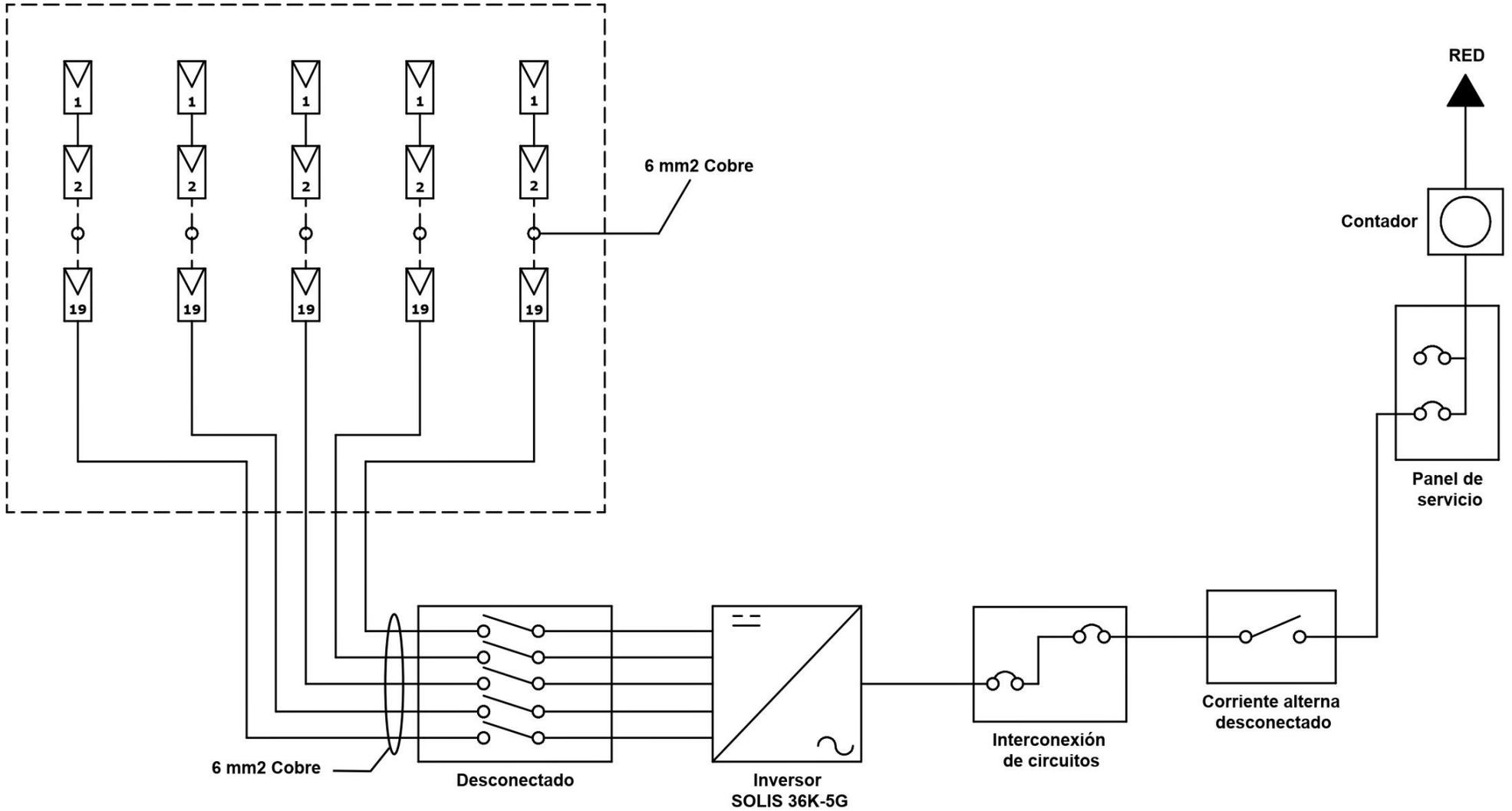
Cuarto string



Quinto string

TMF	Nº 04	Proyecto	INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LA CUBIERTA DE LA ESCUELA ZUBIZAHAR
Autor		Plano	Distribución
Año		Firma	
Escala			

Sistema fotovoltaico - TRINASOLAR TSDM410DE



TMF	Nº 05	Proyecto	INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LA CUBIERTA DE LA ESCUELA ZUBI ZAHAR
Autor ANTXON ARANBARRI GUTIERREZ		Plano	Esquema unifilar
Año 2022-2023		Firma	
Escala -			

ANEXO IV. PRESUPUESTO

CANT.	CONCEPTO	PRECIO	IMPORTE
INSTALACIÓN FV 38,95 KW			
MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO TRINA 410W			
95	Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino de la marca TRINA 410Wp, modelo TSDM410DE, conexión rápida MC-4. Tolerancia 0/+5W. Garantía contra defectos de fabricación de 15 años. 25 años de garantía de potencia nominal lineal. Totalmente instalado y puesto en marcha.	178,25 €	16.933,75 €
SOPORTE ESTRUCTURAL PARA MÓDULOS SOLARES			
95	Suministro de estructura de aluminio para montaje en cubierta de 95 paneles fotovoltaicos. Tornillos inoxidables. Totalmente instalado y puesto en marcha.	79,20 €	7.524,00 €
INVERSOR TRIFÁSICO SOLIS 36K-5G CONECTADO A RED			
1	Suministro de inversor fotovoltaico trifásico conectado a red, marca Solis, modelo Soilis 36K-5G. Totalmente instalado y puesto en marcha.	2.475,00 €	2.475,00 €
CUADRO, CABLEADO, ACOMETIDA Y PROTECCIONES CC Y CA			
1	Suministro del cuadro eléctrico y protecciones de la instalación solar fotovoltaica con armario de superficie. Cables interiores y de comunicación con todos los equipos. Cableado CA y cableado CC. Totalmente instalado y puesto en marcha.	4.189,41 €	4.189,41 €
CONTROL, MONITORIZACIÓN Y CONTADOR DE ENERGÍA			
1	Controlador energético, sistema de monitorización y contador trifásico para autoconsumo compartido, incluido el servicio de WEBSolar. Totalmente instalado y puesto en marcha.	655,00 €	655,00 €
MANO DE OBRA, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA			
1	Horas de mano de obra para el montaje de la instalación, incluido el camión grúa para recoger el material a cubierta.	6.167,05 €	6.167,05 €
DIRECCIÓN DE OBRA Y PROYECTO			
1	Realización de todos los trámites necesarios para la legalización y puesta en marcha de la instalación. Trámites con la empresa proveedora, boletín eléctrico, legalización del proyecto, documentación de la dirección de obra...	4.175,76 €	4.175,76 €
		TOTAL	42.119,96 €
		IVA 21%	8.845,19 €
		IMPORTE TOTAL	50.965,16 €

Tabla 13. Presupuesto realizado

* CC (corriente continua), CA (corriente alterna)

ANEXO V. FICHAS TÉCNICAS

A continuación, se especifican las fichas técnicas:

V.1. MÓDULO SOLAR TRINASOLAR TSDM410DE

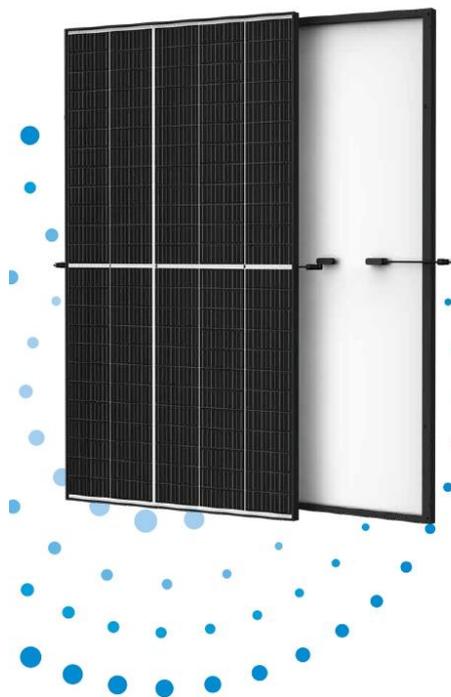


PRODUCTO: TSM-DE09.08
RANGO DE POTENCIA: 390-410 W

410 W+
POTENCIA MÁXIMA DE SALIDA

0/+5 W
TOLERANCIA POSITIVA

21,3%
EFICIENCIA MÁXIMA



Pequeño en tamaño, grande en potencia

- Genera hasta 410 W, 21,3 % de eficiencia del módulo con tecnología de interconexión de alta densidad
- Tecnología multi-busbar para una mejor absorción de la luz, menores resistencias en serie, captura de corriente mejorada y mayor fiabilidad
- Excelente rendimiento con poca luz (IAM) gracias a la optimización del proceso de las células y de los materiales del módulo



Solución universal para tejados residenciales, comerciales e industriales

- Diseñado para ser compatible con inversores, optimizadores y sistemas de montaje convencionales
- Tamaño perfecto y bajo peso para un fácil manejo. Costes de transporte optimizados
- Reduce el coste de la instalación con una mayor potencia y rendimiento
- Soluciones de instalación flexibles para el despliegue del sistema



Gran fiabilidad

- Cargas de nieve probadas de hasta 6.000 Pa
- Cargas de viento probadas de hasta 4.000 Pa

Garantía Ampliada del Vertex S

- 2 %**
Degradación máxima del año 1
- 0,55 %**
Degradación anual máxima del año 2 al 25
- 15 Años**
Garantía de producto



Certificados de productos y sistemas

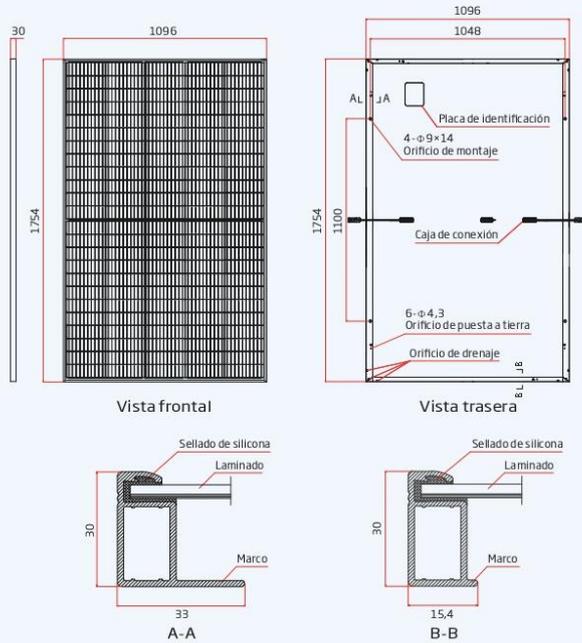


IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716
 ISO 9001: Sistema de Gestión de la Calidad
 ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental
 ISO 14064: Verificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
 ISO 45001: Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

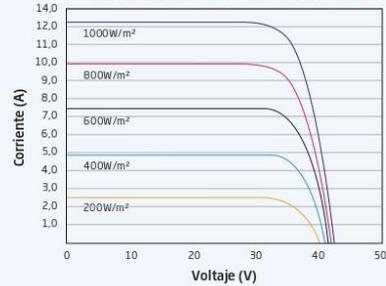




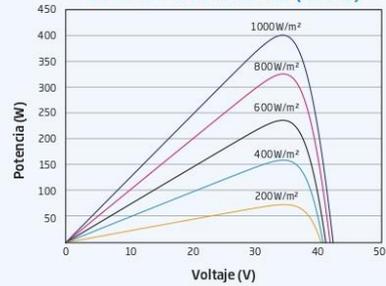
DIMENSIONES DEL MÓDULO (mm)



CURVAS I-V DEL MÓDULO (400 W)



CURVAS P-V DEL MÓDULO (400 W)



DATOS ELÉCTRICOS (STC)	TSM-390 DE09.08	TSM-395 DE09.08	TSM-400 DE09.08	TSM-405 DE09.08	TSM-410 DE09.08
Potencia Máxima -P _{MAX} (Wp)*	390	395	400	405	410
Tolerancia de Potencia Nominal-P _{MAX} (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión en Máxima Potencia-V _{MPP} (V)	33,8	34,0	34,2	34,4	34,6
Corriente en Máxima Potencia-I _{MPP} (A)	11,54	11,62	11,70	11,77	11,85
Tensión de Circuito Abierto-V _{OC} (V)	40,8	41,0	41,2	41,4	41,6
Corriente de Cortocircuito-I _{SC} (A)	12,14	12,21	12,28	12,34	12,40
Eficiencia η _{PM} (%)	20,3	20,5	20,8	21,1	21,3

STC: Irradiancia de 1000W/m²; Temperatura de la célula de 25 °C, AM1.5 *Tolerancia de medida de ±3%

DATOS MECÁNICOS

Células Solares	Monocristalinas
Número de células	120 células
Dimensiones del módulo	1.754 x 1.096 x 30 mm
Peso	21,0 kg
Vidrio Frontal	3,2 mm, alta transmisión, vidrio termoadherido con recubrimiento AR
Material Encapsulante	EVA/POE
Lámina posterior	Blanca
Marco	Aleación de aluminio anodizado de 30 mm
J-Box	IP 68
Cables	Cable fotovoltaico: 4,0 mm² Instalación en horizontal: 1,100/1,100 mm Instalación en vertical: 280/280 mm*
Conector	TS4/MC4 EVO2*

*Bajo pedido

DATOS ELÉCTRICOS (NOCT)	TSM-390 DE09.08	TSM-395 DE09.08	TSM-400 DE09.08	TSM-405 DE09.08	TSM-410 DE09.08
Potencia Máxima -P _{MAX} (Wp)	295	298	302	306	310
Tensión en Máxima Potencia-V _{MPP} (V)	31,8	32,0	32,2	32,5	32,8
Corriente en Máxima Potencia-I _{MPP} (A)	9,26	9,32	9,38	9,41	9,46
Tensión en Circuito Abierto-V _{OC} (V)	38,4	38,6	38,8	38,9	39,1
Corriente de Cortocircuito-I _{SC} (A)	9,78	9,84	9,90	9,95	9,99

NOCT: Irradiancia de 800W/m²; Temperatura ambiente de 20 °C; Velocidad del viento de 1 m/s.

TASAS DE TEMPERATURA

NOCT (Temperatura de Operación Nominal de la Célula)	43 °C (±2 K)
Coefficiente de Temperatura de P _{MAX}	-0,34 %/K
Coefficiente de Temperatura de V _{OC}	-0,25 %/K
Coefficiente de Temperatura de I _{SC}	0,04 %/K

LÍMITES OPERACIONALES

Temperatura de Operación	-40 a +85 °C
Tensión Máxima del Sistema	1.500 V DC (IEC)
Capacidad Máxima del Fusible	20 A

GARANTÍA

15 años de garantía del Producto
25 años de garantía de Potencia
2% de degradación el primer año
0,55% de degradación anual de potencia

(Consulte la garantía de producto para más información)

CONFIGURACIÓN DE EMBALAJE

Módulos por caja	36 unidades
Módulos por contenedor 40'	936 unidades



PRECAUCIÓN: LEA LAS INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD E INSTALACIÓN ANTES DE UTILIZAR EL PRODUCTO.
© 2021 Trina Solar Limitada. Todos los derechos reservados. Las especificaciones de esta ficha técnica están sujetas a cambios sin previo aviso

Versión número: TSM_ESP_2021_C

www.trinasolar.com

V.2. INVERSOR SOLAR SOLIS 36K-5G



Solis-(25-50)K-5G

Inversores Solis trifásicos



360 grados

Características:

- ▶ 98.8% de eficiencia máxima
- ▶ Rango de voltaje ultra amplio, voltaje de arranque ultra bajo
- ▶ Diseño de 3/4 MPPT con algoritmo preciso
- ▶ THDi <3% baja distorsión armónica
- ▶ Antirresonancia, compatible con más de 6 MW en paralelo en un transformador
- ▶ Solución perfecta de monitoreo de sitios comerciales
- ▶ 130% de sobrecarga de CC, 13A de entrada para cada cadena fotovoltaica
- ▶ Monitorización inteligente de strings. Exploración inteligente de curvas I-V
- ▶ Diseño sin fusibles para evitar riesgos de incendio
- ▶ Descargador de sobretensiones tipo II para CC y CA
- ▶ Convección natural, diseño sin ventilador, vida útil más larga
- ▶ Tecnología de supresión de fuga de corriente
- ▶ Modo de trabajo voltio-vatio integrado
- ▶ Alarma de retroceso de entrada CC
- ▶ Administrador de energía de exportación integrado (EPM)



Modelo:

- 400V:** Solis-25K-5G Solis-30K-5G
Solis-33K-5G Solis-36K-5G
Solis-40K-5G
- 480V:** Solis-40K-HV-5G Solis-50K-HV-5G

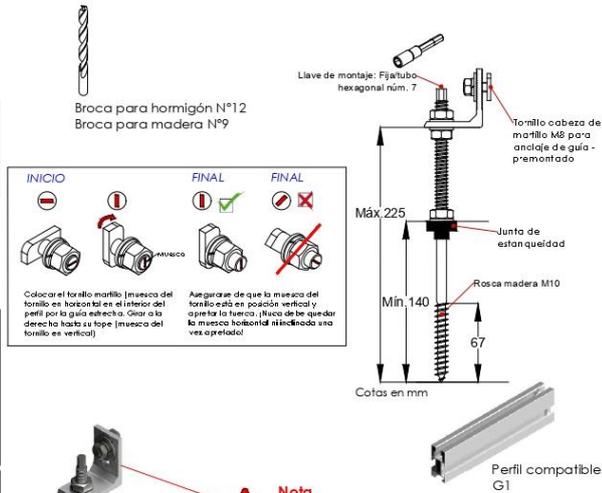


Tabla de datos

Modelo	Solis-25K-5G	Solis-30K-5G	Solis-33K-5G	Solis-36K-5G	Solis-40K-5G	Solis-40K-HV-5G	Solis-50K-HV-5G
Entrada (CC)							
Potencia de entrada máxima recomendada	33 kW	39 kW	43 kW	47 kW	52 kW	52 kW	65 kW
Voltaje máxima de entrada	1100 V						
Voltaje de nominal	600 V						
Voltaje de arranque	180 V						
Rango de voltaje MPPT	200-1000 V						
Corriente máxima de entrada	26 A / 26 A / 26 A			4*26 A			
Corriente máxima de cortocircuito	40 A / 40 A / 40 A			4*40 A			
Número de MPPT/Número máxima de cadenas de entrada	3/6			4/8			
Salida (CA)							
Potencia nominal de salida	25 kW	30 kW	33 kW	36 kW	40 kW	40 kW	50 kW
Potencia máxima de salida aparente	27.5 kVA	33 kVA	36.3 kVA	39.6 kVA	44 kVA	44 kVA	55 kVA
Potencia máxima de salida	27.5 kW	33 kW	36.3 kW	39.6 kW	44 kW	44 kW	55 kW
Voltaje nominal de la red	3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V					3/PE, 480 V	
Frecuencia nominal de la red	50 Hz / 60 Hz						
Corriente nominal de salida de red	38.0 A / 36.1 A	45.6 A / 43.3 A	50.1 A / 47.6 A	54.7 A / 52.0 A	60.8 A / 57.7 A	48.1 A	60.1 A
Corriente máxima de salida	41.8 A	50.2 A	55.1 A	60.2 A	66.9 A	53.0 A	66.2 A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)						
THDi	<3%						
Eficiencia							
Eficiencia máxima	98.8%						
Eficiencia EU	98.3%						
Protección							
Protección contra polaridad inversa DC	Sí						
Protección contra cortocircuito	Sí						
Protección de sobrecorriente de salida	Sí						
Protección contra sobretensiones	Tipo II CC / Tipo II CA						
Monitoreo de red	Sí						
Detección Anti-isla	Sí						
Protección de temperatura	Sí						
Monitoreo de cadenas	Sí						
Escaneo de curvas I/V	Sí						
Función anti-PID	Opcional						
AFCI integrado (Protección de circuito de falla de arco CC)	Sí*						
Interruptor de CC integrado	Opcional						
Datos generales							
Dimensiones (longitud*ancho*altura)	647*629*252 mm						
Peso	45 kg						
Topología	Sin Transformador						
Consumo propio (noche)	<1 W						
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 ~ +60°C						
Humedad relativa	0-100%						
Nivel de protección	IP65						
Enfriamiento	Convección natural						
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m						
Estándar de conexión de red	G98 or G99, VDE-AR-N 4105 / VDE V 0124, EN 50549-1, VDE 0126 / UTE C 15 / VFR:2019, RD 1699 / RD 244 / UNE 206006 / UNE 206007-1, CEI 0-21, C10/11, NRS 097-2-1, TOR, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC60068, IEC 61683, EN 50530						
Estándar de seguridad / EMC	IEC/EN 62109-1/-2, IEC/EN 61000-6-1/-2/-3/-4						
Características							
Conexión de CC	Conector MC4						
Conexión de CA	Terminal OT						
Pantalla	LCD						
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS						

* Activación necesaria.

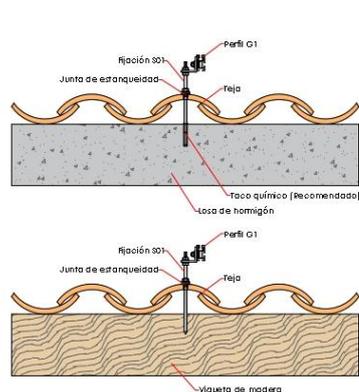
V.3. ESTRUCTURA SOPORTE COPLANAR



- Soporte coplanar para anclaje a losa de hormigón y/o madera.
- Válido para todo tipo de tejas, excepto pizarra.
- Sin necesidad de desmontar la cubierta.
- La fijación incluye junta de estanqueidad.
- Disposición de los módulos: Horizontal.
- Válido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm.
- Kits disponibles de 1 a 3 módulos.

Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)
 Materiales: Perfilera de aluminio EN AW 6005A T6
 Tornillería de acero inoxidable A2-70
 Comprobar el buen estado y la capacidad portante de la cubierta antes de cualquier instalación.
 Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.

Para módulos de hasta 2279x1150  Carga de nieve: 40 kg/m²

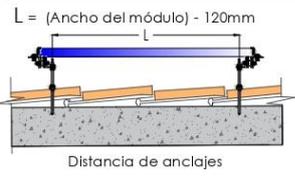


Par de apriete:

Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

Nota
 La fijación L no se debe montar hasta haber fijado el anclaje.

*Para losa de hormigón, se recomienda utilizar taco químico.
 *Para anclaje a madera se recomienda un pretaladro con una broca del núm. 9



- Herramientas necesarias:
- 
 - 
 - 
 - 
- Seguridad:
- 
 - 
 - 
 - 
 - 
 - 

Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.





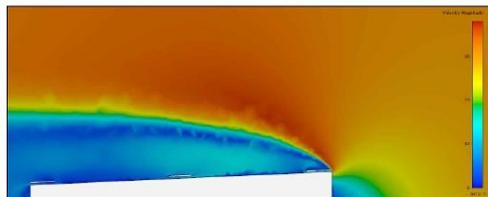
Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

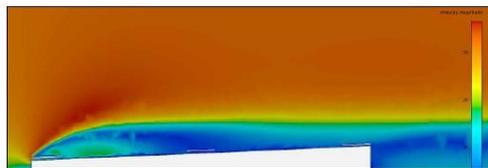
Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento				
Tamaño del módulo	1	2	3	nº de módulos
2000x1000	150	150	150	Velocidad de viento km/h
2279x1150	150	150	150	

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados.



Flujo viento norte - En estructura coplanar.



Flujo viento sur - En estructura coplanar.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje. Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

Marcado ES19/86524

ANEXO VI. FACTORES DE CONVERSIÓN

Los datos relativos al consumo de energía primaria y emisiones de CO₂ generados se han obtenido utilizando los valores indicados en el documento "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España". Los datos de consumo reales obtenidos en el edificio se multiplican por las emisiones totales de CO₂ y la energía primaria consumida.

Factores de emisiones de CO ₂			
	Fuente	Valores aprobados	Valores previos (****)
		kg CO ₂ /kWh E. final	kg CO ₂ /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,357	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,331	0,649
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,833	0,981
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,932	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,776	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,721	
Gasóleo calefacción	(***)	0,311	0,287
GLP	(***)	0,254	0,244
Gas natural	(***)	0,252	0,204
Carbón	(***)	0,472	0,347
Biomasa no densificada	(***)	0,018	neutro
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018	neutro

Factores de conversión de energía final a primaria					
	Fuente	Valores aprobados			Valores previos (****)
		kWh E.primaria renovable /kWh E. final	kWh E.primaria no renovable /kWh E. final	kWh E.primaria total /kWh E. final	kWh E.primaria /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,396	2,007	2,403	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,414	1,954	2,368	2,61
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,075	2,937	3,011	3,35
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,082	2,968	3,049	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,070	2,924	2,994	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,072	2,718	2,790	
Gasóleo calefacción	(***)	0,003	1,179	1,182	1,08
GLP	(***)	0,003	1,201	1,204	1,08
Gas natural	(***)	0,005	1,190	1,195	1,01
Carbón	(***)	0,002	1,082	1,084	1,00
Biomasa no densificada	(***)	1,003	0,034	1,037	
Biomasa densificada (pelets)	(***)	1,028	0,085	1,113	

Figura 43. Factores de conversión