

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

***ANÁLISIS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS Y
ESTUDIO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
PARA AUTOCONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
EN UN HOSPITAL***

Alumno: Fernández Perea, Iñigo

Directora: Gómez Elvira, Ingrid

Fecha: Julio 2019

Curso académico: 2018-2019

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS	2
1. RESUMEN.....	4
1.1. CASTELLANO	4
1.2. EUSKERA.....	4
1.3. INGLÉS.....	4
2. INDICE DE ILUSTRACIONES, TABLAS Y ACRÓNIMOS.....	5
2.1. ILUSTRACIONES	5
2.2. TABLAS	6
2.3. ACRÓNIMOS	6
3. INTRODUCCIÓN.....	7
4. CONTEXTO.....	9
4.1. Descripción del edificio.....	9
4.2. Entorno físico.....	10
4.3. Climatología.....	11
4.4. Entorno municipal.....	11
5. ALCANCE.....	13
6. BENEFICIOS DEL PROYECTO	14
6.1. Beneficios económicos.....	14
6.2. Beneficios técnicos.....	14
6.3. Beneficios sociales	15
7. ANÁLISIS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS.....	16
8. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	18
8.1. Instalación de minicentral hidráulica.....	18
8.2. Instalación de energía eólica	19
8.3. Instalación de energía solar	21
8.3.1. Optimización de la instalación fotovoltaica ya existente.....	24
8.3.2. Ampliación de la instalación fotovoltaica	26
8.4. Instalación de una segunda enfriadora polivalente.....	28
9. CÁLCULOS	31
9.1. Radiación incidente	31
9.2. Distribución de los módulos fotovoltaicos.....	33
9.2.1. Distribución actual.....	34

9.2.2.	Distribución propuesta	35
9.2.3.	Distribución eléctrica de los módulos fotovoltaicos	36
9.3.	Potencia pico de la instalación y porcentaje de demanda cubierto	37
9.4.	Generación eléctrica y ahorro anual estimados.....	37
10.	METODOLOGÍA.....	39
10.1.	Determinación de la radiación solar disponible	39
10.2.	Definición de los paneles fotovoltaicos.....	40
10.3.	Orientación de los módulos fotovoltaicos	41
10.4.	Número y ubicación de los paneles fotovoltaicos.....	42
11.	DESCRIPCIÓN DE TAREAS Y DIAGRAMA DE GANTT	44
11.1.	Descripción de tareas.....	44
11.2.	Diagrama de Gantt.....	46
12.	ESTUDIO ECONÓMICO	47
12.1.	Presupuesto	47
12.2.	Cálculo de la rentabilidad del proyecto.....	48
12.2.1.	Payback o Tiempo de retorno de la inversión.....	48
12.2.2.	Valor Actual Neto (VAN)	49
12.2.3.	Tasa Interna de Rendimiento (TIR)	49
13.	CONCLUSIONES.....	50
14.	FUENTES DE INFORMACIÓN	51
	ANEXO I: LEGISLACIÓN VIGENTE	54
	ANEXO II: PLANOS	59
	ANEXO III: ESQUEMAS ELÉCTRICOS.....	60
	ANEXO IV: DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS.	62

1. RESUMEN

1.1. CASTELLANO

El proyecto presentado en este documento, contiene una propuesta de ampliación de la instalación fotovoltaica ya existente, así como, un análisis de consumos eléctricos y térmicos de un hospital; con el objetivo de disminuir la dependencia energética del mismo y por tanto mejorar su eficiencia hacia un *“edificio de consumo de energía casi nulo”*.

1.2. EUSKERA

Dokumentu honetan aurkeztutako proiektua, ospitaleak lehendik duen instalazio fotoboltaikoaren zabalkuntzaren proposamena dauka, baita kontsumo elektriko eta termikoaren azterketa ere. Horrela ospitalearen menpekotasun energetikoa gutxitzeko helburua lortzen da, beraz, bere eraginkortasuna hobetzea *“energía kontsumoa ia nulua duen eraikuntza batera hurbiltzeko”*.

1.3. INGLÉS

The project displayed in this document contains a proposal to extend the existing photovoltaic power station located in a hospital's rooftop. In addition, an electrical and thermal energy consumption analysis of the hospital have been made. Therefore, the main objective of this project is reducing Eibar Hospital's energy dependency and therefore improving its efficiency towards a "net zero energy building".

2. INDICE DE ILUSTRACIONES, TABLAS Y ACRÓNIMOS

2.1. ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación del Hospital de Eibar

Ilustración 2: Vista del hospital

Ilustración 3: Vista del entorno del hospital.

Ilustración 4: Consumos eléctricos del hospital

Ilustración 5: Central de agua fluyente

Ilustración 6: Central de agua embalsada.

Ilustración 7: Esquema de instalación minieólica.

Ilustración 8: Tipos de paneles fotovoltaicos.

Ilustración 9: Esquema de instalación fotovoltaica.

Ilustración 10: Plano de la propuesta de optimización de la instalación existente

Ilustración 11: Comparación de generación eléctrica de cada panel en las orientaciones existentes y la orientación propuesta

Ilustración 12: Generación de electricidad anual según orientación

Ilustración 13: Plano de la propuesta de ampliación de la instalación.

Ilustración 14: Enfriadora polivalente y localización actual en la planta de cubiertas en color gris oscuro.

Ilustración 15: Demanda térmica anual del hospital.

Ilustración 16: Radiación incidente en Eibar

Ilustración 17: Plano de cubiertas del hospital.

Ilustración 18: Plano de la distribución actual de la instalación fotovoltaica sobre la cubierta grande del hospital.

Ilustración 19: Instalación ya existente sobre la cubierta del hospital.

Ilustración 20: Plano de la nueva distribución de paneles fotovoltaicos.

Ilustración 21: Parámetros solares en Eibar.

Ilustración 22: Diagrama de Gantt del proyecto.

2.2. TABLAS

Tabla 1: Consumos energéticos del hospital.

Tabla 2: Consumos eléctricos del hospital desde 29-10-18 hasta 19-07-19.

Tabla 3: Indicadores económicos de la propuesta de optimización.

Tabla 4: Indicadores económicos de la alternativa de ampliación de la instalación fotovoltaica.

Tabla 5: Indicadores económicos de la alternativa de segunda enfriadora polivalente.

Tabla 6: Radiación incidente en Eibar.

Tabla 7: Generación eléctrica de la instalación existente y de la ampliada según PVGIS.

Tabla 8: Datos de radiación solar de Eibar.

Tabla 9: Criterio de inclinación de los paneles solares.

Tabla 10: Descripción de tareas.

Tabla 11: Presupuesto

Tabla 12: Resumen de los indicadores económicos del proyecto.

2.3. ACRÓNIMOS

GPS: Global Positioning System.

ACS: Agua Caliente Sanitaria.

SO: Suroeste

NE: Noreste

HSP: Horas Solar Pico

3. INTRODUCCIÓN

El concepto de desarrollo sostenible o sostenibilidad medioambiental, del que formarían parte la eficiencia, el ahorro y la sostenibilidad energética, se viene configurando como uno de los derechos fundamentales de tercera generación, que la evolución histórica de los estados de bienestar está atribuyendo a los ciudadanos.

Ya en 1978, la Constitución Española, en su Título Primero “De los derechos y deberes fundamentales”, establecía que todos tienen el derecho a disfrutar de un medioambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo, y que los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de la vida y defender y restaurar el medio ambiente.

La Carta de Derechos Fundamentales de la Unión Europea, publicada en el año 2000, venía a confirmar la tendencia histórica a considerar al desarrollo sostenible como un derecho fundamental de los ciudadanos, estableciendo la protección del medio ambiente como derecho fundamental, manifestando que las políticas de la Unión integrarán y garantizarán con arreglo al principio de desarrollo sostenible un alto nivel de protección del medio ambiente y la mejora de su calidad.

La creciente preocupación y el aumento de la concienciación ciudadana respecto al cuidado del medio ambiente, han llevado progresivamente a la incorporación de legislación más estricta en este ámbito.

Por esta razón, la Unión Europea, ya desde marzo de 2007, puso de relieve la necesidad de aumentar la eficiencia energética con el objetivo de alcanzar un 20% en su consumo energético para el año 2020.

Un crecimiento sostenible pasa necesariamente por un aspecto esencial como es la eficiencia energética, aumentando la utilización de energías renovables (fuentes de energía de emisión cero), con lo que se consigue la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero, por sustitución de los combustibles que producen dichas emisiones.

Por ello, la Unión Europea mantiene un compromiso firme con el cumplimiento del Protocolo de Kioto (1997) que establece una progresiva disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20 % como mínimo respecto a los niveles de emisión del año 1990 así como una reducción del consumo de energía y un aumento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

Esta legislación se plasma en diversas Directivas Europeas, leyes estatales y regionales. En las que atañen a este proyecto están: Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios; Directiva 2012/27/UE referente a la eficiencia energética, auditorías energéticas y promoción de la eficiencia del suministro de energía; y el Decreto 178/2015 sobre la sostenibilidad energética del sector público del País Vasco.

En la Directiva 2010/31/UE, se encuentra la definición de “edificio de consumo de energía casi nulo”: *edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto (que se determinará de conformidad con el Anexo I de dicha Directiva). La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida “in situ” o en el entorno.*

La realización de este Trabajo Fin de Grado sobre el Hospital de Eibar, se enmarca dentro de la mejora de la eficiencia energética de los edificios públicos de la Comunidad Autónoma Vasca, siendo sus objetivos:

- Realizar un análisis de alternativas de mejora de la eficiencia energética del hospital para acercarlo a ser un edificio de consumo de energía casi nulo.
- Plantear la ampliación de la instalación fotovoltaica ya existente con el fin de aumentar el porcentaje de demanda eléctrica del hospital cubierto por la instalación de autoconsumo fotovoltaico.

Un hospital es un modelo complejo, en el que se desempeñan funciones no sólo asistenciales sino de otros muchos tipos, y debido a ello, se constituye en un gran consumidor de energía eléctrica y térmica, recayéndole la responsabilidad social de ser eficiente en dicho consumo energético.

4. CONTEXTO

Las actuaciones que se contemplan en este proyecto tienen lugar en el Hospital de Eibar, situado en la localidad del mismo nombre cuya dirección es Avenida Otaola, 6-8 Eibar. Las coordenadas de la localización son: 43.182521, -2.482226. Se ofrece en la ilustración la ubicación del hospital.



Ilustración 1: Ubicación del Hospital de Eibar

4.1. Descripción del edificio

El hospital es gestionado por el ente público Osakidetza-Servicio Vasco de Salud y es de reciente construcción. Su inauguración tuvo lugar el 22 de octubre de 2018. Forma parte de la Organización Sanitaria Integrada Debabarrena y su función es acercar a la población de la Comarca de Debabarrena y a las comarcas de su entorno el nivel asistencial orientado principalmente a la atención del/a paciente.

El edificio cuenta con 21.011,90 m² de superficie construida distribuida en 6 plantas de las cuales 3 están dedicadas exclusivamente a hospitalización y una queda diáfana, como espacio de reserva ante eventuales necesidades sanitarias. Tiene capacidad para tener ingresados a 125 pacientes.

Instalaciones: Climatización, Producción de calor y frío con recuperación en equipo polivalente de 4 tubos, Electricidad (Baja Tensión, Centro de Transformación, Centro de Distribución y maniobra), Control de la iluminación KNX, Instalación fotovoltaica, Fontanería y Saneamiento, Gases Medicinales, Aire Comprimido y Actividad Clasificada. Programación del sistema de regulación y control de la instalación de climatización.

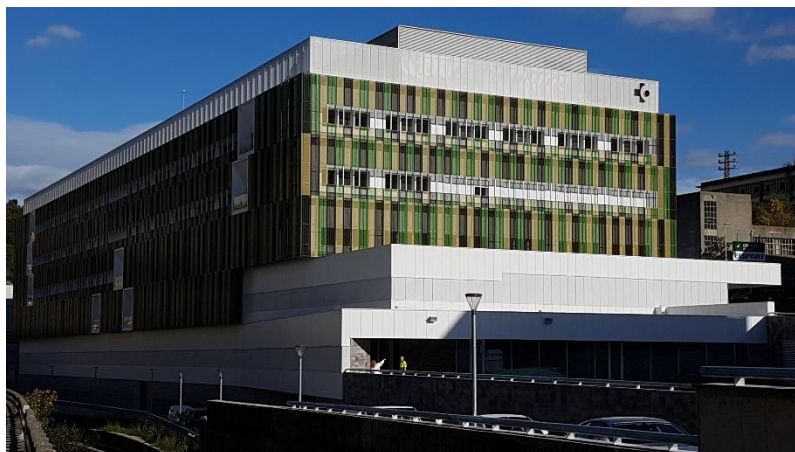


Ilustración 2: Vista del hospital

Por otra parte, tanto la energía generada por los paneles fotovoltaicos como la energía recuperada de la enfriadora polivalente se utilizarán para cubrir parte de las demandas de energía eléctrica y térmica del hospital.

El hospital funciona de manera ininterrumpida durante las 24 horas del día y todos los días del año al ser una instalación que atiende urgencias sanitarias y hospitalizaciones. Pese a esto, otras áreas del hospital como servicios administrativos, rehabilitación, farmacia, radiología, laboratorio y servicios ambulatorios, trabajan solo en horario laborable.

4.2. Entorno físico

Como se ha mencionado el hospital se encuentra en el municipio de Eibar. La zona de Eibar es un territorio de fisiografía montañosa cuya altura no supera los 800 m. Su estructura puede ser definida como un sistema valle-vertiente cuyos valles son estrechos y se encuentran profundamente encajonados. Además, las vertientes tienen grandes pendientes y existen grandes desniveles.



Ilustración 3: Vista del entorno del hospital.

4.3. Climatología

El clima de la localidad es templado, oceánico, con mucha nubosidad a lo largo de todo el año. La temperatura media anual es de 12,60°C. Gracias a este clima oceánico templado existe un bajo contraste térmico entre estaciones. En los meses más cálidos la temperatura media es de 24,50 °C y en los meses más fríos la temperatura media es de 2,70 °C. La precipitación media anual en Eibar es de 1520 mm, concentrándose cerca del 90 % de ella en los meses de octubre a abril.

4.4. Entorno municipal

El Ayuntamiento de Eibar tiene establecido el “Plan Estratégico de Eibar 2025” que marca las líneas de actuación a desarrollar por el propio Ayuntamiento de Eibar, por sí mismo o en colaboración con otros agentes públicos y privados, para dar respuesta precisa a las necesidades del municipio en el horizonte 2025. El Plan se articula en torno a 4 retos, el primero de los cuales, llamado “Una ciudad en tránsito ecológico”, contempla, entre otros aspectos, la reducción del consumo energético y la apuesta por las energías renovables, desplegando dos subproyectos:

- Elaborar un Plan Integral de eficiencia energética.

- Promocionar activamente las energías renovables, cuyas líneas de actuación serían consumir energía de fuentes renovables en los edificios públicos y promover instalaciones de autogeneración energética en los equipamientos públicos.

Por tanto, el objetivo de este Trabajo Fin de Grado puede enmarcarse perfectamente en el reto de “Una ciudad en tránsito ecológico”.

5. ALCANCE

El objetivo del proyecto consiste en ampliar la instalación de placas fotovoltaicas existentes y el análisis de los datos de consumo eléctrico y térmico, en el Hospital de Eibar.

De esa manera aumentará el abastecimiento del edificio con energías renovables, lo que ayudará a cumplir las exigencias del Protocolo de Kioto, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero y las pérdidas energéticas por transporte de electricidad, al estar situadas las placas en el propio edificio, puesto que la instalación que se va a ampliar está situada en la cubierta del hospital, perteneciente a Osakidetza-Servicio Vasco de Salud.

Además de este objetivo, este abastecimiento del hospital con energías renovables puede suponer una actuación ejemplarizante para toda la sociedad, por parte de una Administración Pública, que opta por una estrategia de eficiencia energética, basada en energías renovables que, por ende, propician un ahorro en la factura energética pública y una disminución de la emisión de gases de efecto invernadero.

Con todo esto, los pasos que se realizarán en este proyecto son:

- Analizar el consumo energético del hospital.
- Calcular la energía solar recuperable en el emplazamiento.
- Calcular el número de módulos.
- Distribuir los paneles fotovoltaicos.
- Determinar el porcentaje de energía eléctrica cubierto por la instalación fotovoltaica.
- Realizar el presupuesto de la ampliación de la instalación.

6. BENEFICIOS DEL PROYECTO

Actualmente el uso de las energías renovables es una estrategia en auge que se encamina al cumplimiento de los objetivos propuestos por la Unión Europea.

Los beneficios que supone la realización de este proyecto van desde el propio cambio en el modelo energético, pasando por el ahorro económico en los costes del abastecimiento de energía, el desarrollo de las tecnologías que permitan el uso de energías más limpias, hasta el efecto ejemplarizante de que una Administración Pública de tanta trascendencia como Osakidetza-Servicio Vasco de Salud persiga la utilización de edificios de consumo de energía casi nulo.

6.1. Beneficios económicos

Qué duda cabe que el problema de la escasez de fondos públicos, se puede ver disminuido mediante estrategias de eficiencia energética, que pasan por promover edificios de consumo de energía casi nulo, utilizando energía proveniente de fuentes renovables situadas en el lugar de consumo, como en este caso del Hospital de Eibar.

Debemos considerar en este punto, el ahorro económico que supone el proyecto una vez se haya amortizado la inversión, ya que el coste será menor que el que supondría consumir energía de la red eléctrica.

La ampliación del número de placas fotovoltaicas se traduce en un ahorro económico en el abastecimiento del hospital con energías renovables.

6.2. Beneficios técnicos

Se deben considerar también los beneficios derivados del uso de energía solar fotovoltaica para el abastecimiento energético del hospital, tales como:

- La transformación fotovoltaica es una energía limpia, es no contaminante, no emite CO₂, no genera residuos ni consume agua.

- Se trata de un recurso energético inagotable.
- Es una energía de libre disposición porque se puede utilizar de forma gratuita.
- Permite un aprovechamiento de espacios vacíos en los que hay una buena radiación solar, necesita escaso mantenimiento y su vida útil está en torno a los 30 años.
- La utilización de placas fotovoltaicas no produce contaminación acústica puesto que es la única fuente de energía renovable silenciosa.
- La electricidad se consume en el mismo lugar donde se produce, de tal manera que se evita la pérdida por transporte.

6.3. Beneficios sociales

Este proyecto se puede encuadrar dentro de la paulatina transformación del modelo energético, que tiende a fomentar un desarrollo económico bajo en carbono. Esta transformación supone un cambio en los hábitos y comportamientos adquiridos, por lo que el hecho de que una Administración Pública los lleve a cabo, tiene un efecto especialmente ejemplarizante para el resto de la sociedad. El Sector Público debe constituirse como un modelo a seguir en lo que se refiere a inversiones, mantenimiento y gestión energética de edificios e instalaciones. Todo ello en línea con el desafío que supone el cambio climático que exige un modo nuevo de emplear la energía.

Las placas fotovoltaicas son una de las tecnologías que contribuyen con un gran potencial, a propiciar el autoabastecimiento de necesidades energéticas, el ahorro en dichos costes públicos y reducir las emisiones de carbono a la atmósfera.

El aprovechamiento de la energía solar no requiere construcción de represas, tala de bosques, ni construcción de tanques de almacenamiento de combustibles, sin las consecuencias sociales y medioambientales que tales actuaciones suponen.

7. ANÁLISIS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS

Un hospital es un gran consumidor de energía ya que tiene una gran complejidad de funcionamiento, ya que además de las funciones asistenciales, desempeña otras muchas funciones (administración, hostelería, lavandería) y necesita de calefacción, refrigeración y ACS, con el consumo eléctrico y térmico que ello implica. Otra característica del consumo energético del hospital es que la tendencia de consumo se incrementa, ya que, al ser el edificio de reciente construcción aún existen servicios que no han entrado en funcionamiento.

En este apartado se muestran los datos de consumo eléctrico y térmico que se han obtenido del hospital.

	MWh anuales
CONSUMO ELÉCTRICO	1.533,96
CONSUMO TÉRMICO	2.293,20

Tabla 1: Consumos energéticos del hospital.

Como se observa en la tabla anterior, cerca de un 60 % del consumo energético del hospital se corresponde con necesidades de tipo térmico entre las que se encuentran la climatización, el ACS y la generación de frío. Mientras el resto incumbe a los consumos eléctricos (cerca del 40 %).

Además, se han obtenido lecturas de consumos de diversos equipamientos con necesidades de energía eléctrica que se desglosan a continuación:

	kWh
RESONANCIA	96.299,60
RAYOS X	3.203,50
CLIMATIZACIÓN 1	78.597
CLIMATIZACIÓN 2	125.140,50
CLIMATIZACIÓN 3	107.567,20
ENFRIADORA 1	21.112,20
ENFRIADORA 2	20.006,40
TELEMANDO	25,1
PRAXAIR	7,2
COCINA	51.904,30
GARAJE	40.193,30
SEMI-SOTANO 1-1	15.702,50
SEMI-SOTANO 1-2	21.293,70
PLANTA BAJA	86.769,00
PLANTA 1	31.829,90
PLANTA 2	23.528,20
PLANTA 3	16.306,40
PLANTA CUBIERTA	2.228,40
E. SAI 1	24.062,70
S. SAI 2	1.925,40
CLIMA SUR MOTORES	45.479,60
CLIMA CENTRO MOTORES	122.723,40
CLIMA NORTE MOTORES	81.737,30
CALDERAS	54.903,40
MÁQUINA CAFÉ	0,3
COCINA 2	598,3
RADIOLOGÍA	16.805,50
E. SAI 1	13.440
S. SAI 2	1.902,70
TOTAL	1.105.293,00

Tabla 2: Consumos eléctricos del hospital desde 29-10-18 hasta 19-07-19.

Como se aprecia en la relación anterior, los consumos más elevados se corresponden con los equipos de climatización, resonancia magnética, e iluminación.

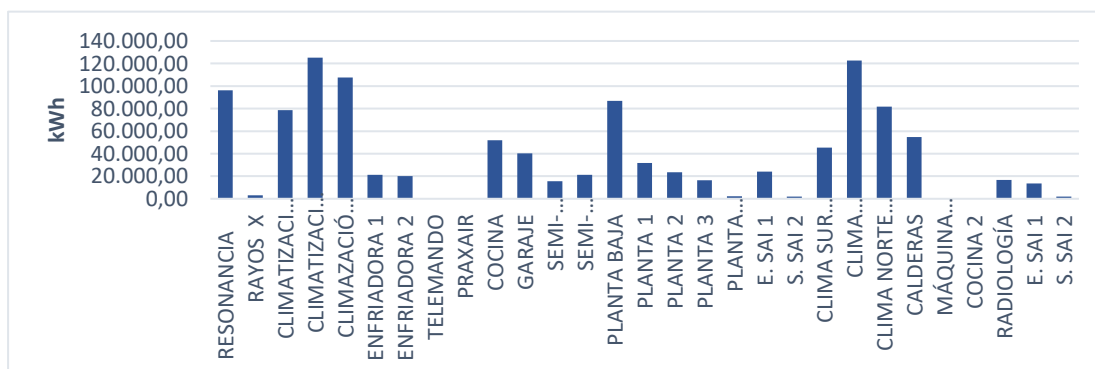


Ilustración 4: Consumos eléctricos del hospital

8. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Se van a analizar varias alternativas de las cuales se seleccionará la que mejores resultados presente para su profundización en los siguientes apartados. Todas ellas tienen como objetivo conseguir que el hospital llegue a ser un edificio de consumo de energía casi nulo.

8.1. Instalación de minicentral hidráulica

Una minicentral o pequeña central hidroeléctrica es un conjunto de instalaciones y otras infraestructuras diseñadas con el objetivo de transformar la energía de un curso de agua en energía eléctrica.

En función del tipo de aprovechamiento de la energía del curso de agua se distinguen dos grupos de centrales hidráulicas:

- Centrales de agua fluyente: Se trata de un tipo de aprovechamiento que, mediante una obra de toma, desvía una parte del caudal circulante por un río y lo conduce hasta la central en donde es turbinado. Seguidamente, este caudal es devuelto al río. Están caracterizadas por tener saltos prácticamente constantes y caudales de turbinado variables.

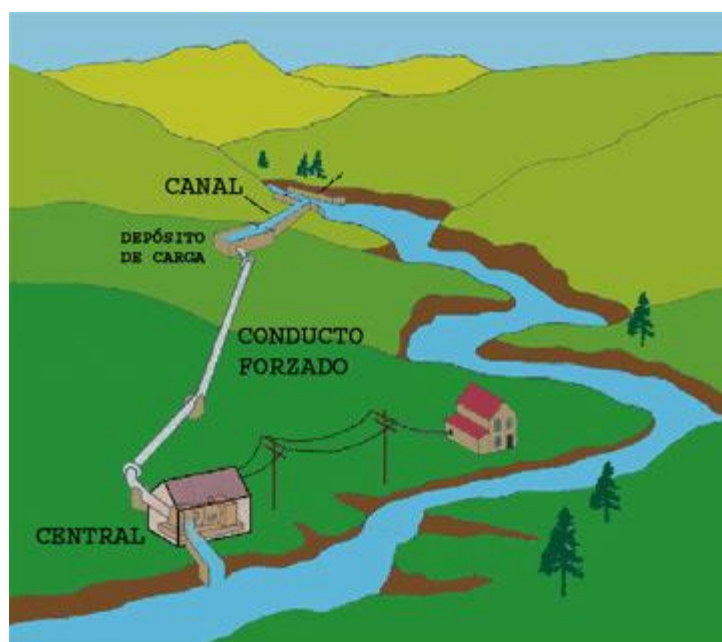


Ilustración 5: Central de agua fluyente

- Centrales de agua embalsada: Son aquellos aprovechamientos hidroeléctricos en los cuales existe la posibilidad de almacenar la aportación de un río y turbinarla en el momento necesario mediante la construcción de un embalse.

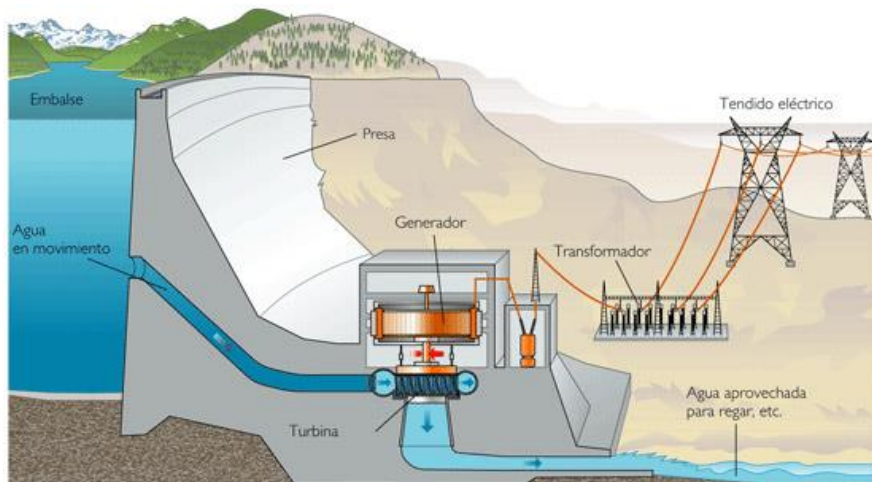


Ilustración 6: Central de agua embalsada.

Teniendo en cuenta que el Hospital de Eibar se encuentra en pleno casco urbano de la localidad, con los impedimentos que esto conlleva a la hora de proyectar, construir y operar una central hidroeléctrica en el centro de una ciudad; y que el río Ego, que fluye junto al hospital, posee un bajo caudal, se descarta la alternativa de construir una minicentral hidráulica que abastezca la demanda eléctrica del hospital.

8.2. Instalación de energía eólica

Una instalación de energía eólica actual se compone de uno o varios aerogeneradores con el objetivo de producir energía eléctrica.

El funcionamiento de estos aerogeneradores se basa en el aprovechamiento de la energía cinética de masas de aire en movimiento mediante su transformación primeramente en energía mecánica a través del giro de las palas del aerogenerador que mueven un eje que está conectado a un generador que producirá finalmente energía eléctrica.

Existen dos tipos de aerogeneradores: los de eje horizontal y los de eje vertical. Generalmente los de eje horizontal presentan mejores rendimientos, por lo que nos centraremos en este tipo.

Los aerogeneradores tienden a ser de gran tamaño con el fin de aprovechar mejor los vientos en altura, ya que poseen mayor constancia y velocidad. Por esta razón, únicamente se considera la posibilidad de instalar unos pequeños aerogeneradores en la cubierta del hospital con el fin de abastecer la demanda eléctrica.

Una instalación de pequeños aerogeneradores o micro eólica se compone de uno o varios micro aerogeneradores cada uno con su regulador de carga y uno o varios inversores dependiendo de la potencia.

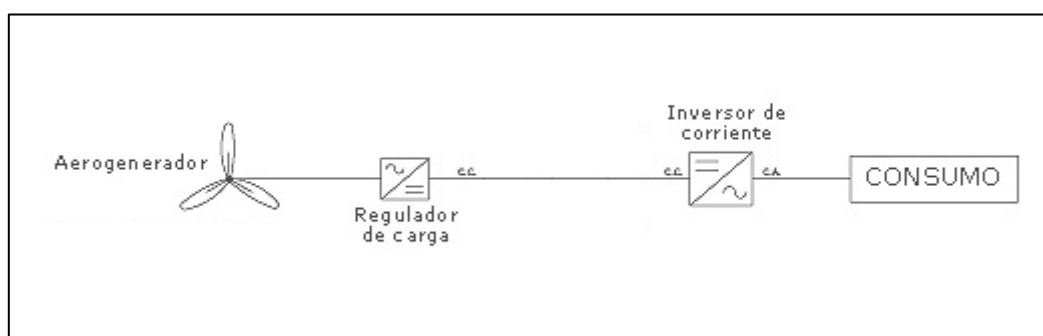


Ilustración 7: Esquema de instalación microeólica.

Este tipo de instalaciones se caracterizan por sus bajas potencias instaladas, generalmente por debajo de 100 kW, por la necesidad de vientos racheados con un mínimo de velocidad de 4 m/s para ofrecer rentabilidad y por su nivel de ruido superior a 50 dB.

Esta intensidad de ruido, existente incluso de noche, conlleva la incompatibilidad de este tipo de instalación de generación eléctrica con el necesario descanso y tranquilidad de los pacientes ingresados en el hospital. Además, la localidad de Eibar, como ya se ha mencionado en el contexto, se encuentra situada en un valle pronunciado, por lo que los vientos llevarán aparejados grandes turbulencias. Debido a esta razón la localización del hospital no es buena para la instalación de micro aerogeneradores.

8.3. Instalación de energía solar

El objetivo de este tipo de instalaciones es aprovechar la radiación solar que alcanza la Tierra y su transformación en energía eléctrica o térmica mediante diversos tipos de captadores como son las células fotovoltaicas, los helióstatos y los colectores solares.

Nos vamos a centrar en la transformación de la radiación solar en energía eléctrica. Esta transformación se realiza mediante varias células fotovoltaicas que se conectan en serie para formar módulos o paneles fotovoltaicos.

En el caso más habitual, una instalación de energía fotovoltaica, para autoconsumo está formada por:

- Módulos fotovoltaicos.
 - Inversor.
 - Contador.
 - Cajas de protecciones y cableado
-
- Módulos Fotovoltaicos

Serán los encargados de transformar la radiación solar en energía eléctrica. Existen de varios tipos, según la tecnología de construcción de los mismos:

- Paneles fotovoltaicos monocristalinos: formados por células monocristalinas constituidos por una única capa de cristal de silicio. Rendimientos altos, cercanos al 18 %.
- Paneles fotovoltaicos policristalinos: presentan un rendimiento intermedio de alrededor del 16 %.
- Paneles fotovoltaicos amorfos o de capa fina: primeras en ser manufacturadas. Rendimientos bajos, del orden del 6 %.

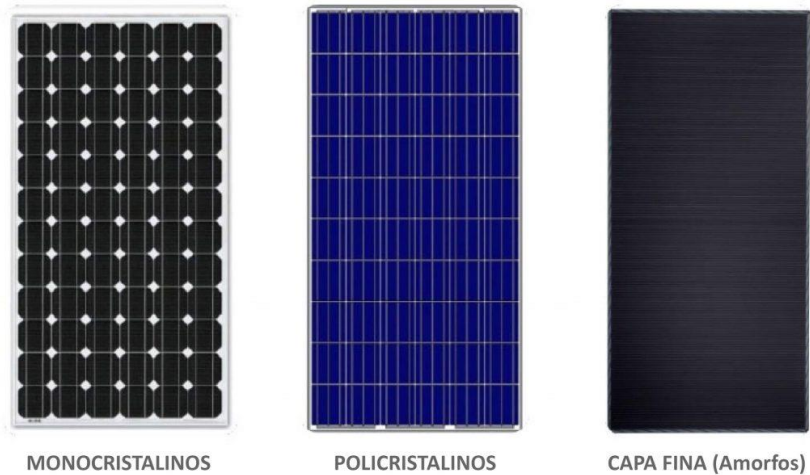


Ilustración 8: Tipos de paneles fotovoltaicos.

- Inversores

Los módulos fotovoltaicos generan electricidad en corriente continua. Para poder ofrecer servicio de consumo en corriente alterna, es necesario disponer de un inversor que se encargará de transformar la corriente continua en corriente alterna a la tensión y frecuencia de la red, en este caso 230 V y 50 Hz.

- Contador

El contador lleva contabilizada la energía eléctrica producida por la instalación fotovoltaica. Estos datos pueden ser cargados en un sistema de almacenamiento para el posterior análisis de la producción eléctrica de la instalación.

- Protecciones y cableado

o Cajas de protecciones en Corriente Continua

Se trata de las protecciones contra sobreintensidades y sobretensiones en corriente continua. Se sitúan justo antes de cada inversor y habrá una caja por cada rama de paneles.

- Cajas de protecciones en Corriente Alterna

Protegen ante fallos en el lado de corriente alterna y se sitúan inmediatamente después del conjunto de los inversores. Su interior contendrá las protecciones de alterna correspondientes a cada uno inversores.

- Cableado

Mediante el sistema de cableado pertinente, se transporta la energía eléctrica a las distintas partes del sistema y red eléctrica.

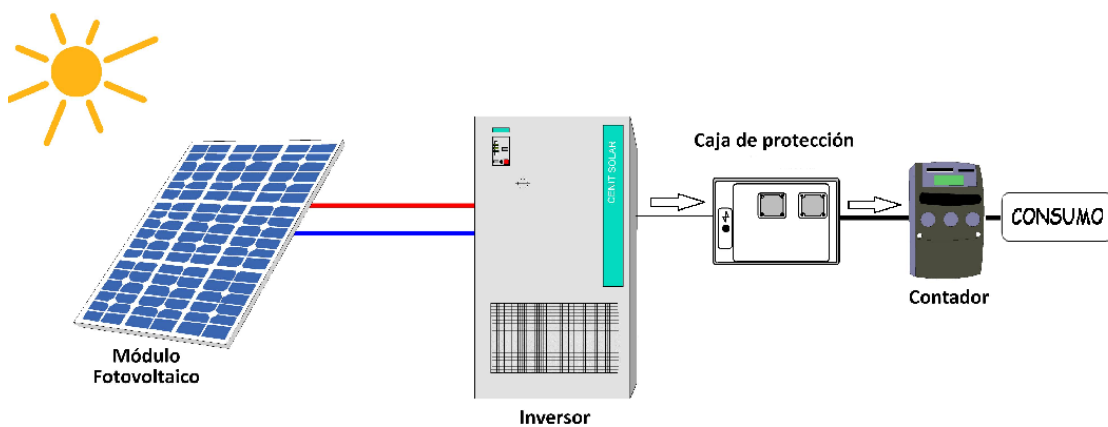


Ilustración 9: Esquema de instalación fotovoltaica.

Alternativas analizadas

Debido a que ya existe una pequeña instalación de este tipo en la cubierta del hospital y se cuenta con espacio suficiente para plantear una optimización y ampliación de la misma, se plantearán las siguientes alternativas de las cuales se seleccionará la que mejores resultados presente para su profundización en los siguientes apartados:

- Optimización de la instalación ya existente.
- Ampliación de la instalación fotovoltaica.

8.3.1. Optimización de la instalación fotovoltaica ya existente

En este apartado se considerará únicamente la reorientación de los 72 módulos fotovoltaicos ya existentes.

Tanto la orientación como la inclinación actual de la instalación (12 filas de 6 paneles cada una montados sobre una montura trapezoidal con orientaciones opuestas SO-NE inclinados 10° en la vertical hacia las respectivas direcciones) no son adecuadas para una optimización del potencial de generación eléctrica a lo largo del año.

Esta desacertada orientación de los paneles existentes se hace notable en las 6 filas orientadas hacia el NE y, en menor medida, en las orientadas hacia el SO. La inclinación de 10° en la vertical hace que los módulos posean máximos y mínimos de generación más acusados, correspondiéndose el máximo con la época estival y el mínimo con el invierno; es decir, la instalación actual está optimizada para la producción de electricidad en verano.

La actuación propuesta en este apartado tiene por objeto la reubicación, reorientación y cambio de la inclinación de los 72 módulos actualmente instalados. Se orientarán hacia el sur y se inclinarán 30° mediante la sustitución de los soportes existentes por otros nuevos. También se cambiará la disposición de los paneles en la cubierta, pasando a tenerlos distribuidos en 4 filas de 18 paneles cada una contando con una separación entre filas de 2,34 m con el fin de evitar las sombras, manteniendo intacta la distribución eléctrica.

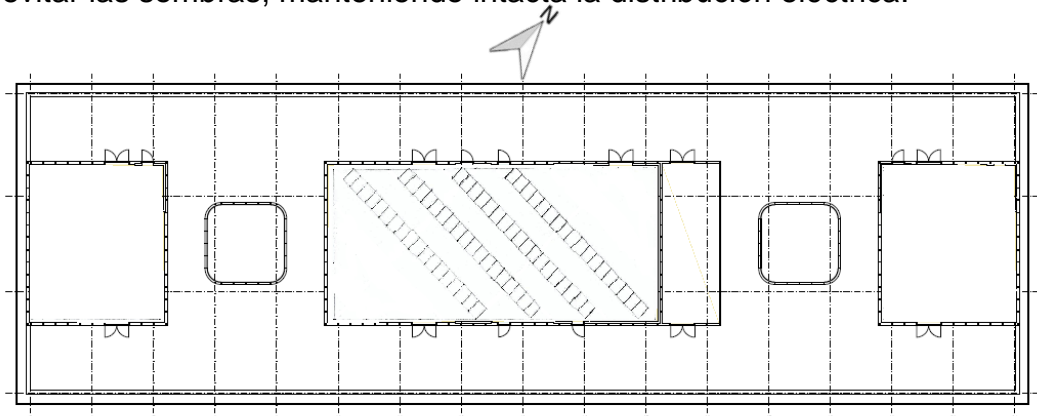


Ilustración 10: Plano de la propuesta de optimización de la instalación existente

Se proporciona una estimación de la generación eléctrica de los paneles existentes, así como un presupuesto preliminar y los indicadores económicos de esta alternativa. Para la obtención de las estimaciones se utiliza la base de datos de la herramienta online PVGIS.



Ilustración 11: Comparación de generación eléctrica de cada panel en las orientaciones existentes y la orientación propuesta.

Como se puede observar en el gráfico anterior, los paneles existentes NE-SO inclinados 10° en la vertical, producen una menor cantidad de energía eléctrica todos los meses excepto en mayo, junio y julio; ya que su inclinación es mejor para esa época del año.

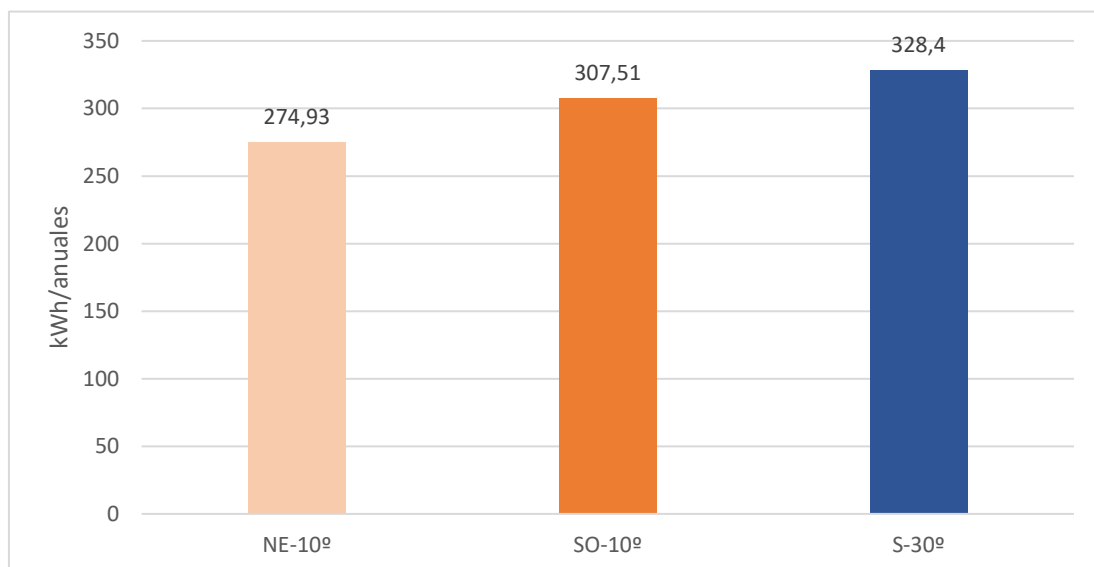


Ilustración 12: Generación de electricidad anual según orientación

Por lo tanto, la reubicación, reorientación y cambio de inclinación de los paneles tiene un impacto positivo en la generación anual de electricidad llegando hasta los 23.646,8 kWh/año aumentando en 2.676,96 los kWh generados anualmente por la instalación actual. Esto supone un ahorro en la factura eléctrica del hospital de 388,16 €/año.

En cuanto al presupuesto preliminar de esta alternativa, la compra e instalación de los nuevos soportes suma un total de 10.825,49 €.

Payback	27,89 años
VAN	-2.529,4 €
TIR	-0,682 %

Tabla 3: Indicadores económicos de la propuesta de optimización.

Los indicadores económicos muestran que esta alternativa no es viable, debido a que el VAN es inferior a 0; además, el TIR es menor que la tasa de descuento ($K = 1,49\%$).

8.3.2. Ampliación de la instalación fotovoltaica

En este apartado, la actuación propuesta tiene por objeto la ampliación del número de paneles fotovoltaicos actualmente existentes.

Para ello se partirá del estudio de la radiación incidente en el lugar, para comprobar la viabilidad de dicha ampliación. Según los datos recogidos por la herramienta PVGIS para la inclinación de 30° , que es la más cercana a la óptima en el lugar, se concluye que se dan valores de irradiancia bajos durante el invierno y altos durante el verano, y que dichos valores en la localidad de Eibar son suficientes para plantear una ampliación de la instalación fotovoltaica.

Después se continuará con el análisis del espacio disponible y la ubicación de los paneles, proponiendo una reorientación de los mismos para optimizar la producción energética.

Actualmente existen 72 paneles con un rendimiento del 16,6%, distribuidos en 12 filas de 6 paneles cada uno, inclinados 10° en la vertical y con orientación NE, pero tanto la inclinación como la orientación distan mucho de la

optimización de la producción energética, por lo que se propone, además de la adquisición de 90 paneles nuevos, llegando a un total de 162, una nueva colocación de los mismos, con una inclinación de 30° y una orientación S, evitando al distribuirlos, las sombras entre las filas de paneles durante el tiempo de generación.

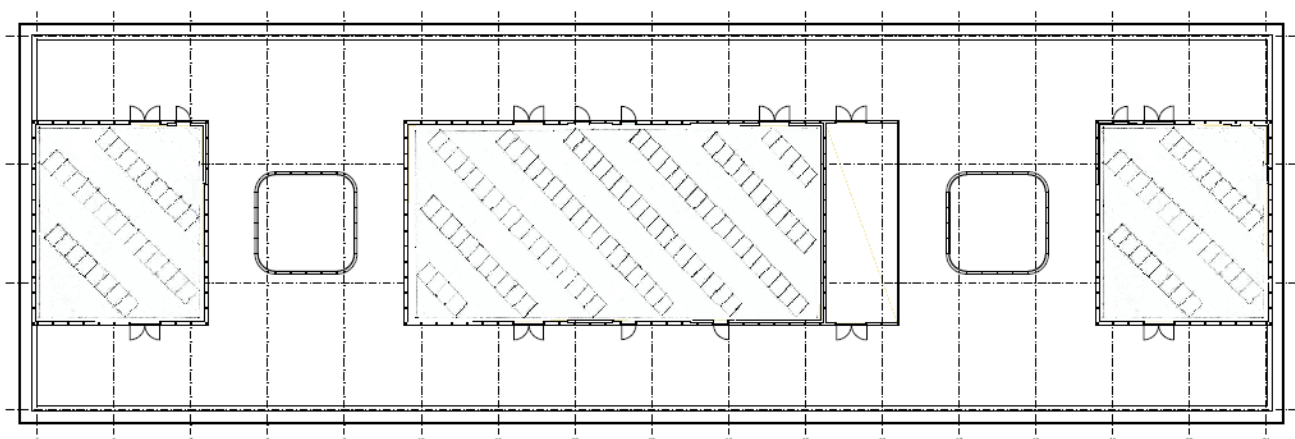


Ilustración 13: Plano de la propuesta de ampliación de la instalación.

Teniendo en cuenta lo anterior, la ampliación, reorientación y cambio de inclinación de los paneles conlleva un aumento significativo de la generación anual de electricidad llegando hasta los 53.200,8 kWh/año, superando en 32.232,96 los kWh generados anualmente por la instalación actual. Esto supone un ahorro en la factura eléctrica del hospital de 4.673,78 €/año.

Se proporciona un presupuesto preliminar de la ampliación por un valor de 59.158,19 €. Finalmente se tendrá en cuenta el análisis de varios indicadores económicos (Payback, VAN y TIR), calculando así la rentabilidad y viabilidad de la ampliación de la instalación fotovoltaica.

Payback	12,66 años
VAN	37.242,60 €
TIR	6,104 %

Tabla 4: Indicadores económicos de la alternativa de ampliación de la instalación fotovoltaica.

Esta alternativa es la elegida debido a que tiene los mejores indicadores económicos y un tiempo aceptable de retorno de la inversión, por consiguiente, se profundizará y detallará en los puntos siguientes.

8.4. Instalación de una segunda enfriadora polivalente

En esta alternativa se propone la adquisición de una segunda enfriadora polivalente con el fin de aumentar la eficiencia energética del hospital y disminuir el consumo de fuentes de energía fósiles junto con un ahorro en la factura energética del edificio.

El edificio analizado ya cuenta con un sistema de producción de agua caliente a partir del sistema de recuperación de calor de una enfriadora polivalente (marca CLIMAVENETA, modelo NECSQ/SL CA 1314).

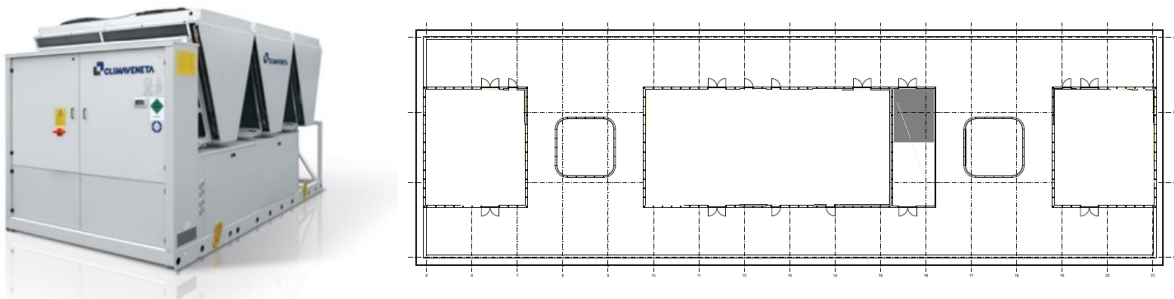


Ilustración 14: Enfriadora polivalente y localización actual en la planta de cubiertas en color gris oscuro.

Estas máquinas térmicas permiten, siempre que exista una cierta demanda de refrigeración en el hospital, precalentar el ACS hasta los 45°C a coste cero y sin consumo suplementario de energía, por tanto, sin emisiones efectivas de CO₂.

Así pues, en el sistema de producción de calor del hospital, se precalentará el ACS hasta los 45°C con energía procedente del condensador de la enfriadora polivalente siempre que exista demanda de refrigeración y, por tanto, permita el precalentamiento a partir de los sistemas de recuperación de calor de la propia máquina sin consumo energético suplementario. El recalentamiento del ACS hasta alcanzar los 60°C exigidos se atenderá mediante una caldera de baja temperatura de gas natural.

La instalación existente cuenta con un sistema de acumulación de agua precalentada de 8.000 litros que permite acumular toda el agua caliente sanitaria que está previsto se consuma en un día. Así, se logra acumular agua precalentada para poder adecuar los momentos de demanda de frío del edificio con los de demanda de ACS reales, consiguiendo el aprovechamiento total de la energía recuperada.

Mediante un análisis de consumos térmicos diarios del hospital se concluye que esa demanda de refrigeración mínima para precalentar el ACS a coste cero se supera en 198 días anuales. Esto supone, un ahorro anual de 49.698 kWh térmicos en el sistema de producción de ACS.

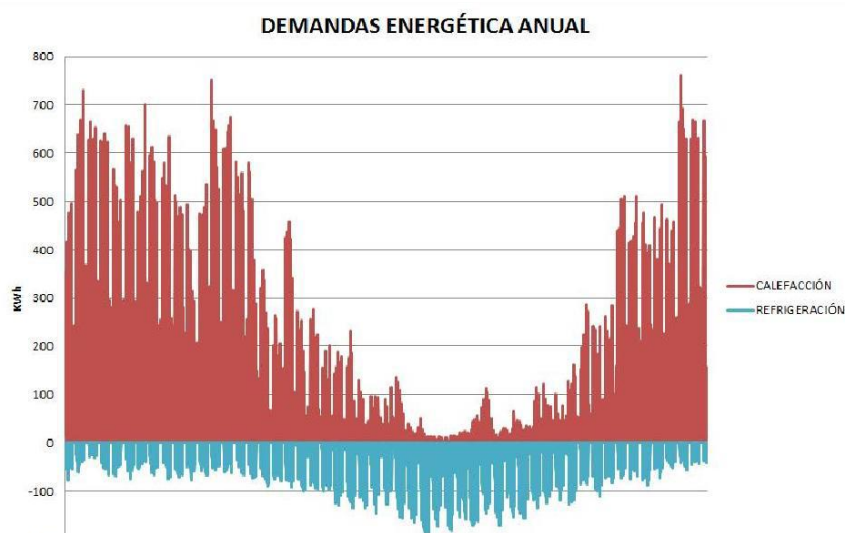


Ilustración 15: Demanda térmica anual del hospital.

Para la simplificación de los cálculos se entiende que el ahorro en energía térmica en el caso de ejecutar esta alternativa será el doble del ahorro energético existente con una única enfriadora polivalente. Esto permite obtener un ahorro térmico anual de 99.396 kWh en el sistema de producción de ACS que de otra manera se atenderían mediante una caldera de gas natural.

Considerando un precio medio del kWh de gas natural de 0,05325 €/kWh, esta alternativa logra un ahorro económico de 2.646,42 €/año. Se necesita una inversión de 86.314,37 €, por lo tanto, el payback de la inversión es de 32,62 años.

Payback	32,62 años
VAN	-30.954,2 €
TIR	-1,949 %

Tabla 5: Indicadores económicos de la alternativa de segunda enfriadora polivalente.

Se concluye que, debido a la reciente construcción del hospital, el elevado periodo de retorno de la inversión y los desfavorables indicadores económicos, no tiene sentido ejecutar esta alternativa.

9. CÁLCULOS

En primer lugar, se realiza un estudio de la radiación incidente en el lugar con el fin de comprobar la viabilidad de la ampliación de la instalación fotovoltaica.

En segundo lugar, se analizará la disponibilidad de espacio y la ubicación de los paneles, realizando un estudio de la distribución ya existente y proponiendo una reorientación de los mismos para la optimización de la producción de energía.

Cabe destacar que, debido al alto consumo eléctrico y potencia pico de del hospital, resulta imposible cubrir las necesidades eléctricas del mismo mediante una instalación fotovoltaica en la cubierta, ya que las dimensiones de ésta son reducidas.

9.1. Radiación incidente

Para realizar el estudio se cuenta con la herramienta PVGIS, mantenida por la Comisión Europea, la cual, mediante su base de datos, genera una estimación mensual de irradiación solar de una ubicación deseada. En este caso, se proporcionan a la herramienta las coordenadas GPS del hospital: 43.182521, -2.482226.

Se presentan los datos de radiación incidente en Eibar para la inclinación óptima de los paneles en el lugar (33°) y para una inclinación de 30° , que es la más cercana a la óptima conseguida mediante soportes estándar.

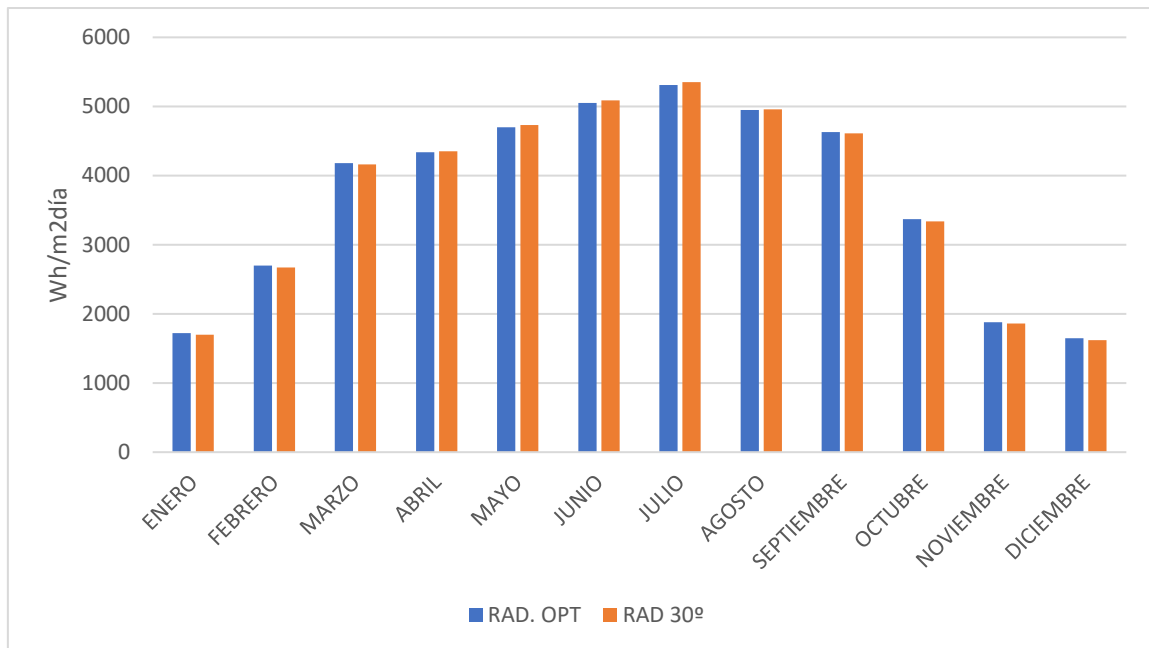


Ilustración 16: Radiación incidente en Eibar.

MES	RAD. OPT	RAD 30°
ENERO	1720	1700
FEBRERO	2700	2670
MARZO	4180	4160
ABRIL	4340	4350
MAYO	4700	4730
JUNIO	5050	5090
JULIO	5310	5350
AGOSTO	4950	4960
SEPTIEMBRE	4630	4610
OCTUBRE	3370	3340
NOVIEMBRE	1880	1860
DICIEMBRE	1650	1620

Tabla 6: Radiación incidente en Eibar

Como se puede observar, se presentan valores bajos durante el invierno por la alta nubosidad de la zona en esa época y valores altos para la época estival. La menor radiación incidente se produce en el mes de diciembre con $1,62 \text{ kWh/m}^2 \text{ día}$, mientras que la mayor se da en julio con $5,35 \text{ kWh/m}^2 \text{ día}$.

Se puede concluir mediante el análisis de los datos, que los valores de irradiancia en la localidad de Eibar son suficientes para una instalación fotovoltaica.

9.2. Distribución de los módulos fotovoltaicos

Para realizar la distribución de los paneles fotovoltaicos se cuenta con una superficie útil de $708,75 \text{ m}^2$. Esta superficie está dividida en 3 cubiertas planas y horizontales, de las cuales una tiene unas dimensiones útiles de $13,5 \text{ m}$ de ancho por $30,5 \text{ m}$ de largo ($411,75 \text{ m}^2$), mientras, las otras dos son idénticas de $13,5 \text{ m}$ de ancho por 11 m de largo ($148,5 \text{ m}^2$). Las cubiertas útiles se encuentran señaladas de color gris oscuro en la siguiente ilustración.

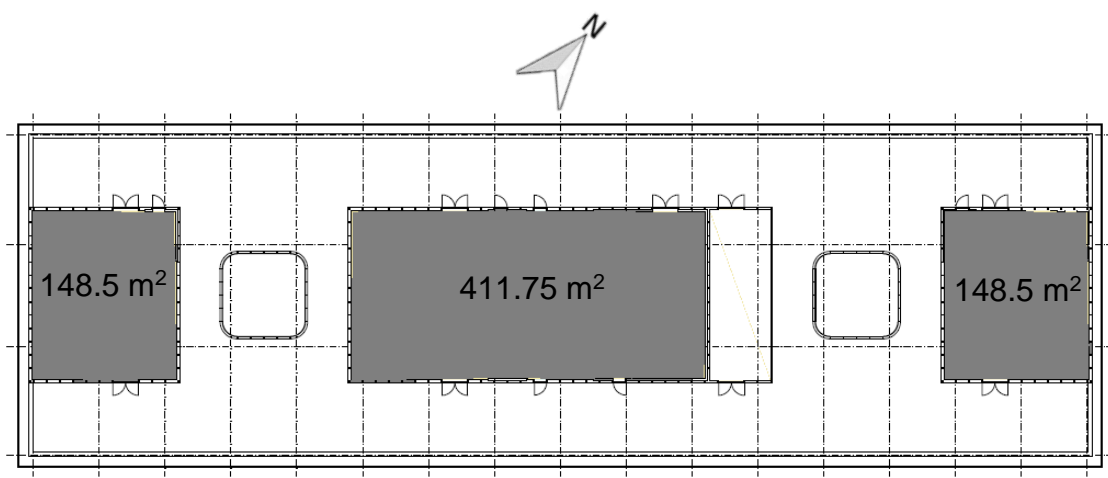


Ilustración 17: Plano de cubiertas del hospital.

Debido a que las dimensiones de la cubierta no permiten cubrir toda la demanda eléctrica del hospital en horas pico mediante esta instalación se optará por la distribución que maximice la cantidad de módulos fotovoltaicos instalables.

9.2.1. Distribución actual

La instalación ya existente cuenta con 72 paneles fotovoltaicos de la marca IBC Solar de tipo policristalinos, con una potencia pico de 270 W y unas dimensiones de 1640x992 mm. Cuentan con un rendimiento del 16,6 %. Los 72 paneles se encuentran distribuidos físicamente en 12 filas de 6 paneles cada una montados sobre una montura trapezoidal con orientaciones opuestas SO-NE inclinados 10° en la vertical hacia las respectivas direcciones.

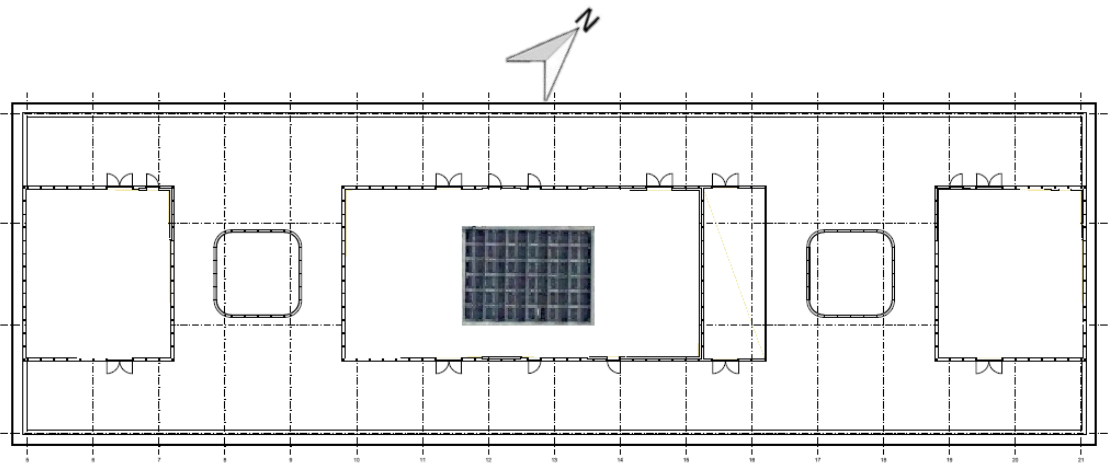


Ilustración 18: Plano de la distribución actual de la instalación fotovoltaica sobre la cubierta grande del hospital.

Esta distribución permite la instalación de una gran cantidad de paneles en un mismo espacio ya que las filas de paneles no necesitan apenas separación al no producir sombras. Sin embargo, tanto la inclinación de 10° de los paneles (siendo 33° la óptima) como la orientación NE de 6 de las filas hace que diste mucho de una optimización de la producción eléctrica de los equipos.



Ilustración 19: Instalación ya existente sobre la cubierta del hospital.

9.2.2. Distribución propuesta

La propuesta de nueva distribución de la ampliación de la instalación fotovoltaica incluye la reutilización de los 72 paneles ya existentes, con el ahorro económico que esto conlleva, y la adquisición de 90 nuevos (para su instalación en la cubierta más grande y el aprovechamiento de las otras 2 cubiertas más pequeñas para generación fotovoltaica), de la misma marca y con las mismas características que los existentes; suponiendo un total de 162 paneles en la instalación. Se cuenta con una oferta económica de 127,70 € por unidad. Por lo tanto, es necesario invertir 11.493,00 € en la compra de los nuevos paneles.

Como ya se ha comprobado en el apartado de cálculo de la energía solar recuperable, el ángulo de inclinación óptimo de cada fila de paneles sería de 33°, mientras que la mejor orientación será hacia el S (formando 45° con la fachada principal del hospital). También hay que tener en cuenta que ese ángulo de inclinación no está disponible a la hora de adquirir soportes de tipo estándar, en donde se montan los paneles, por lo que todos los cálculos de la nueva distribución se realizan para soportes estandarizados con una inclinación de 30°.

Todas las filas estarán formadas por paneles que se colocarán de tal forma que el lado mayor de cada uno de ellos sea adyacente a los contiguos. Además, para realizar una correcta distribución de filas, hay que tener en cuenta un determinado espaciado entre filas como forma de evitar las sombras provocadas por el sol, durante el tiempo de generación seleccionado. Por esta razón, las filas se separarán 2,34 m unas de otras en dirección perpendicular a cada una de ellas, para maximizar la generación de energía eléctrica.

- Distribución en la cubierta grande

En esta cubierta se localizarán 102 del total de 162 paneles fotovoltaicos de la instalación, de los cuales 72 serán los ya existentes y 30 nuevos. Se distribuirán en ocho filas que formarán 45° con la fachada principal del hospital y se orientarán hacia el sur. La primera y última filas se compondrán de cuatro paneles cada una; la segunda y séptima, de 11; mientras, las filas centrales se constituirán con los 72 paneles ya existentes, 18 en cada una de las cuatro filas.

De esta forma la intervención sería mínima en el caso de la instalación existente, se limitaría a un cambio de distribución física y de localización de los paneles. Tanto la distribución eléctrica (4 ramas en paralelo de 18 paneles en serie), como el inversor existente se mantendrán, simplificando en gran parte los trabajos de montaje y suponiendo un ahorro considerable.

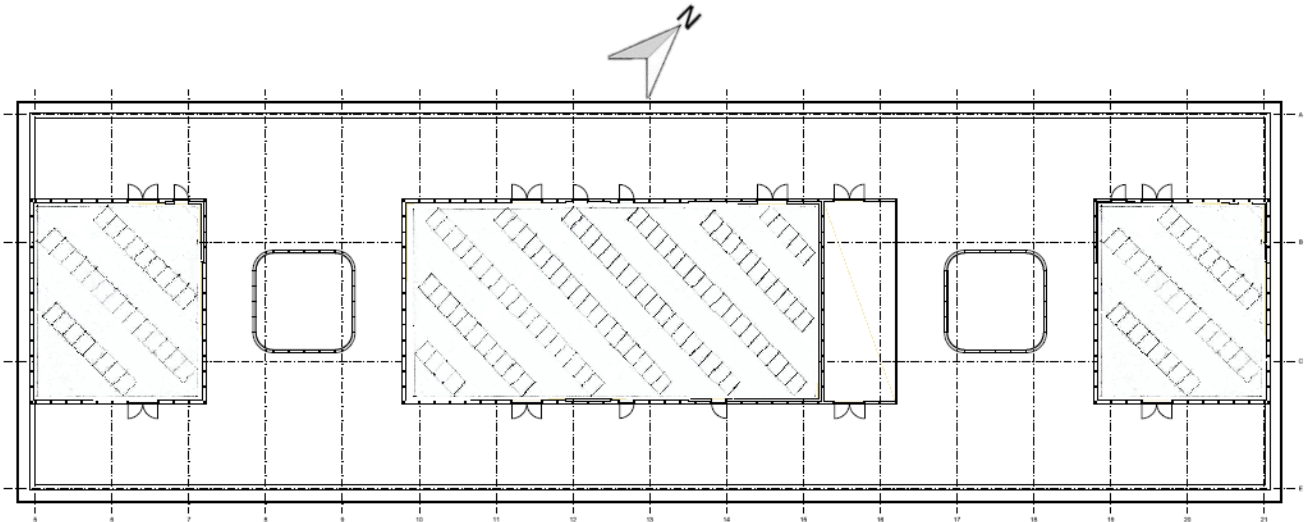


Ilustración 20: Plano de la nueva distribución de paneles fotovoltaicos.

- Distribución en ambas cubiertas pequeñas

Cada una de las cubiertas pequeñas tendrá una distribución idéntica, contarán con 30 paneles fotovoltaicos cada una, todos nuevos, distribuidos en tres filas. La primera y última filas se compondrán de 8 paneles. La fila central estará formada por 14 paneles.

9.2.3. Distribución eléctrica de los módulos fotovoltaicos

Como ya se ha comentado anteriormente, tanto la distribución eléctrica de la instalación existente (4 ramas en paralelo de 18 paneles en serie), como el inversor se mantendrán; simplemente se reubicarán los paneles de forma que se consiga optimizar la obtención de energía eléctrica. La potencia pico de la instalación ya existente es de 19,44 kW

En cuanto a los 90 nuevos paneles, se distribuirán en cinco ramas en paralelo de 18 paneles en serie cada una, utilizando de esta manera los cálculos eléctricos, ya realizados para la instalación existente. Cada uno de los paneles

cuenta con una potencia pico de 270 W, por lo que la nueva potencia pico que se instalará será 24,3 kW. Será necesario adquirir uno o varios nuevos inversores. Se tiene una oferta para la compra de un nuevo inversor de la misma marca que el existente por valor de 2.820,69 € que cumple las especificaciones con soporte de hasta 30 kW de potencia pico del generador fotovoltaico y hasta seis ramas en paralelo.

9.3. Potencia pico de la instalación y porcentaje de demanda cubierto

- Potencia pico

Contando la instalación ampliada con 162 paneles fotovoltaicos, cada uno con una potencia de 270 Wp (proporcionado por el fabricante), se obtiene una potencia pico de 43,74 kW para la instalación completa. Esto supone un añadido de 24,3 kW a la potencia instalada previamente, mediante los nuevos paneles.

- Porcentaje cubierto por la instalación

Teniendo en cuenta una potencia pico del hospital de 168,02 kW y la potencia pico de la instalación de 43,74 kW, el porcentaje de la demanda eléctrica del edificio que se puede llegar a cubrir es del 26,03 %.

9.4. Generación eléctrica y ahorro anual estimados

Mediante la base de datos de la herramienta PVGIS se obtienen, como se ha mencionado anteriormente, una estimación de la electricidad generada anualmente por cada panel según su orientación e inclinación. Estos datos permiten realizar una extrapolación de la generación de energía eléctrica de la instalación existente y la ampliada:

	Generación eléctrica (kWh/año)
Instalación existente	20.967,84
Instalación ampliada	53.200,80

Tabla 7: Generación eléctrica de la instalación existente y de la ampliada según PVGIS.

También se realiza el cálculo de la generación eléctrica de la instalación ampliada mediante las HSP de la localización para estimar el ahorro según el método de cálculo más conservador. Para ello, se tienen en cuenta los siguientes datos: las Horas Solar Pico medias diarias en el hospital (HSP = 3,71 h), la potencia pico de la instalación ampliada (Pinst = 43,74 kW) y los días que tiene un año (365 días). La energía eléctrica generada se obtiene como el producto de estos tres datos.

$$\text{Energía generada} = 3,71 * 43,74 * 365 = 59.230,521 \text{ kWh}$$

Al ser este valor mayor al obtenido mediante el otro método, se utilizará el dato recabado con las estimaciones del PVGIS para el cálculo del ahorro anual.

En el caso de la estimación del ahorro producido por la instalación fotovoltaica en un año, se debe tener en cuenta que la instalación existente ya genera electricidad. Debido a esto, el ahorro en la factura eléctrica del hospital se calculará como la resta de la energía eléctrica estimada que producirá la ampliación y reubicación de la instalación (mediante el método de cálculo más conservador) menos la energía eléctrica que se produce en la instalación actual.

$$\text{Ahorro de energía anual} = 53.200,8 - 20.967,84 = 32.232,96 \text{ kWh}$$

Con este dato se puede estimar el ahorro económico que la ampliación de la instalación fotovoltaica proporcionará en la factura eléctrica del Hospital de Eibar. Considerando un precio para el kWh facturado de 0,145 €, el ahorro económico anual será:

$$\text{Ahorro económico anual} = 32.232,63 * 0,145 = 4.673,78 \text{ €}$$

10. METODOLOGÍA

Para la realización de los cálculos de este proyecto, se han seguido las siguientes fases:

10.1. Determinación de la radiación solar disponible

El objetivo de esta fase es valorar la energía solar disponible en la zona en que se sitúa la instalación fotovoltaica.

Para ello, se va a usar la base de datos del Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), mantenida por la Comisión Europea. Mediante esta herramienta, se puede obtener la radiación incidente (en Wh/m²día) sobre el ángulo que se pida y sobre el óptimo para cada mes del año. Se aporta una tabla con los datos de radiación solar de la zona.

MES	RAD. OPT	RAD 30°
ENERO	1720	1700
FEBRERO	2700	2670
MARZO	4180	4160
ABRIL	4340	4350
MAYO	4700	4730
JUNIO	5050	5090
JULIO	5310	5350
AGOSTO	4950	4960
SEPTIEMBRE	4630	4610
OCTUBRE	3370	3340
NOVIEMBRE	1880	1860
DICIEMBRE	1650	1620
MEDIA ANUAL	3710	3710

Tabla 8: Datos de radiación solar de Eibar.

Como se puede comprobar en la tabla anterior la radiación es variable, según el mes, siendo máxima en el mes de Julio con 5.350 Wh/m²día y mínima para el mes de diciembre con 1.620 Wh/m²día.

Mientras tanto, la media anual es de 3710 Wh/m²día, lo que permite obtener las HSP con un valor de 3,71 h.

10.2. Definición de los paneles fotovoltaicos

En esta fase se determinará la potencia pico del sistema y la producción eléctrica en un día de cada panel.

Los paneles fotovoltaicos están caracterizados por los fabricantes por su potencia pico, tomada para unas condiciones de 1000 W/m² a 25°C, con un espectro solar AM 1.5. Bajo estas condiciones y en un momento determinado, el panel generará una potencia igual a la potencia pico. En el caso de permanecer así durante un número de horas, el panel producirá una energía eléctrica igual al producto de la potencia pico por ese número de horas.

Hay que tener en cuenta que la radiación solar a lo largo del día no es constante. Por lo que, para realizar una estimación de la producción de energía de un panel en un día, se multiplicará la radiación instantánea de 1000 W/m² por el número de horas denominadas Horas Solar Pico (HSP).

La energía generada de media en un día por cada panel será obtenida de la multiplicación de las Horas Solar Pico por la potencia pico de un panel. Siendo la energía generada en un día:

$$E_{\text{panel}} = 3,71 \text{ h} \times 0,27 \text{ kW} = 1 \text{ kWh}$$

Además, la potencia pico del sistema considerando los 162 paneles fotovoltaicos de la instalación será de:

$$P_{\text{inst}} = 0,27 \text{ kW} \times 162 = 43,44 \text{ kW}$$

10.3.Orientación de los módulos fotovoltaicos

En este apartado, se fijará cual es la orientación óptima de los paneles, que será aquella que dirija la cara activa del módulo fotovoltaico hacia el ecuador, esto es, hacia el sur, debido a que la instalación se encuentra en el hemisferio norte. Se ha optado por esta orientación de los paneles para maximizar la producción de energía eléctrica durante todo el año.

La forma de seleccionar la inclinación más adecuada, definida como el ángulo, medido en grados que forman los módulos con el plano horizontal, será aquella que permita que la radiación incida perpendicularmente sobre la cara activa de los paneles durante el máximo tiempo posible. Esta óptima inclinación, se puede conseguir mediante unos dispositivos mecánicos denominados seguidores solares, capaces de encontrar la posición del Sol en todo momento del día. Sin embargo, estos dispositivos incrementan de manera notable el coste de la instalación. Por ello, es habitual la utilización de estructuras fijas con una inclinación que optimice la captación de energía.

Existen varios criterios a la hora de seleccionar la inclinación de los paneles. En este proyecto se va a utilizar un criterio que tendrá en cuenta un periodo de diseño anual.

Periodo de diseño	Inclinación óptima
Diciembre	Latitud + 10
Julio	Latitud - 20
Anual	Latitud - 10

Tabla 9: Criterio de inclinación de los paneles solares.

Los módulos fotovoltaicos serán colocados en la cubierta del hospital orientados hacia el sur y con una inclinación de 30°, que a pesar de no ser la inclinación óptima del lugar (33° para una latitud de 43°), se considera aceptable teniendo en cuenta que los soportes de los paneles están estandarizados para una inclinación de 10°, 15° y 30°, suponiendo esta elección un ahorro económico.

10.4. Número y ubicación de los paneles fotovoltaicos

En esta fase del proyecto se ha tratado de maximizar el número de nuevos paneles (90) que se instalarán, además de la reubicación de los ya existentes (72), teniendo en cuenta la superficie útil disponible, evitando en todo momento las sombras entre ellos, para optimizar la producción de energía eléctrica.

A la hora de diseñar un sistema fotovoltaico, hay que tener en cuenta el tamaño de las sombras producidas por los paneles para poder calcular adecuadamente la separación entre filas de la instalación. Para ello, hay que tener en cuenta que el Sol se desplaza dibujando una trayectoria con forma de arco a través del cielo, de modo que, tanto la altitud del sol (en grados) como el azimut (ángulo medido en grados con respecto al sur geográfico en la ilustración mostrada a continuación) afectan al tamaño de las sombras producidas por los módulos.

- En un primer paso se debe determinar la altura y el azimut en el día del año en el que se produce la sombra de mayor tamaño. Esto ocurre el día del solsticio de invierno, 21 de diciembre, al ocaso. Los valores obtenidos son: Altura: 15° ; Azimut: 40°

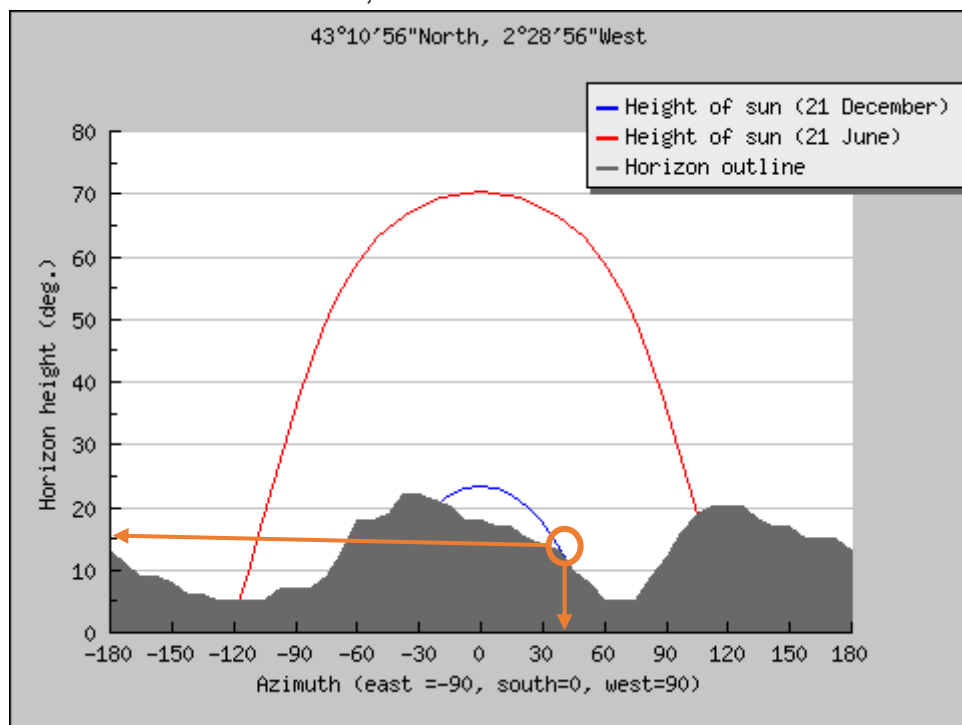


Ilustración 21: Parámetros solares en Eibar.

- En un segundo paso, teniendo en cuenta estos parámetros se fijan las distancias entre filas de los paneles, mediante las siguientes fórmulas:

- o Sombra/altura igual a la altura del módulo respecto al suelo dividido por la tangente de la altura solar.

$$\text{Sombra/altura} = \frac{0,82}{\tan 15^\circ} = 3,05 \text{ m}$$

- o A continuación, este valor se corrige mediante el azimut para obtener la separación entre filas que se calcula como la sombra/altura multiplicada por el coseno del azimut.

$$\text{Separación entre filas} = 3,05 * \cos 40^\circ = 2,34 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta los datos obtenidos, se concluye que se pueden colocar 90 paneles nuevos para totalizar 162, orientando las filas hacia el sur (formando 45° con respecto a la fachada principal del hospital) y con una inclinación de 30°.

11. DESCRIPCIÓN DE TAREAS Y DIAGRAMA DE GANTT

11.1.Descripción de tareas

T. 1	TRABAJOS PREVIOS
1.1	Organización del Proyecto: Trazado de conjunto de las labores y actuaciones a realizar sobre el abastecimiento del Hospital de Eibar con energías renovables, mejorando y analizando las existentes. Para ello se han empleado 3 días.
1.2	Recopilación de información: Previamente a realizar un proyecto es necesario aprender los conceptos teóricos relativos al mismo. Para ello se han empleado 15 días.
1.3	Estudio del contexto del Proyecto: Conforme se procedía a la recogida de información se analizaban el edificio en sí, la ubicación, la climatología, el entorno físico y su entorno social en el municipio de Eibar. Para ello se han empleado 7 días.
1.4	Describir el alcance del Proyecto y beneficios: Definición de objetivos y detalle de los diferentes beneficios que aportará el Proyecto. Se han empleado 5 días.
1.5	Visita al Hospital de Eibar: Bajo la supervisión de la Directora del Trabajo Fin de Grado, Ingrit Gómez Elvira, se realiza la visita al edificio objeto del Proyecto, para recabar más datos. Se ha empleado 1 día.
T. 2	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN
2.1	Análisis de alternativas: Se procede a plantear las posibles alternativas para el abastecimiento energético. Se han empleado 3 días.
2.2	Descripción de la solución: Se propone la solución más adecuada al caso, que, teniendo en cuenta la climatología y el

	espacio disponible, es la ampliación de la instalación actual de placas fotovoltaicas. Se ha empleado 2 días.
T. 3	DIMENSIONAMIENTO
3.1	Descripción de la Metodología: Explicación de cómo se van a realizar los cálculos necesarios. Se han empleado 15 días.
3.2	Obtención de los datos necesarios: Se recaban los datos de consumo energético existentes. Se ha empleado 1 día.
3.3	Análisis de consumos eléctricos y térmicos: Se completa un análisis de los datos de consumo energético del hospital. Se han empleado 5 días.
3.4	Realización de los cálculos: Se procede a la realización de los cálculos necesarios para la realización del Proyecto, según la metodología descrita. Se han empleado 20 días.
T. 4	REALIZACIÓN DEL ESTUDIO ECONÓMICO
4.1	Realización del estudio económico: Se propone un presupuesto además de tres indicadores económicos para la ampliación de la instalación fotovoltaica. Se han empleado 5 días.
T. 5	MONTAJE DE LA INSTALACIÓN
5.1	Montaje de la instalación: Se procede a la instalación de los nuevos paneles y reubicación de los existentes. Se han empleado 25 días.
T. 6	REDACCIÓN DE LAS CONCLUSIONES
6.1	Redacción de conclusiones: Tras finalizar el Proyecto se aportan las conclusiones obtenidas. Se han empleado 2 días.

Tabla 10: Descripción de tareas.

11.2. Diagrama de Gantt

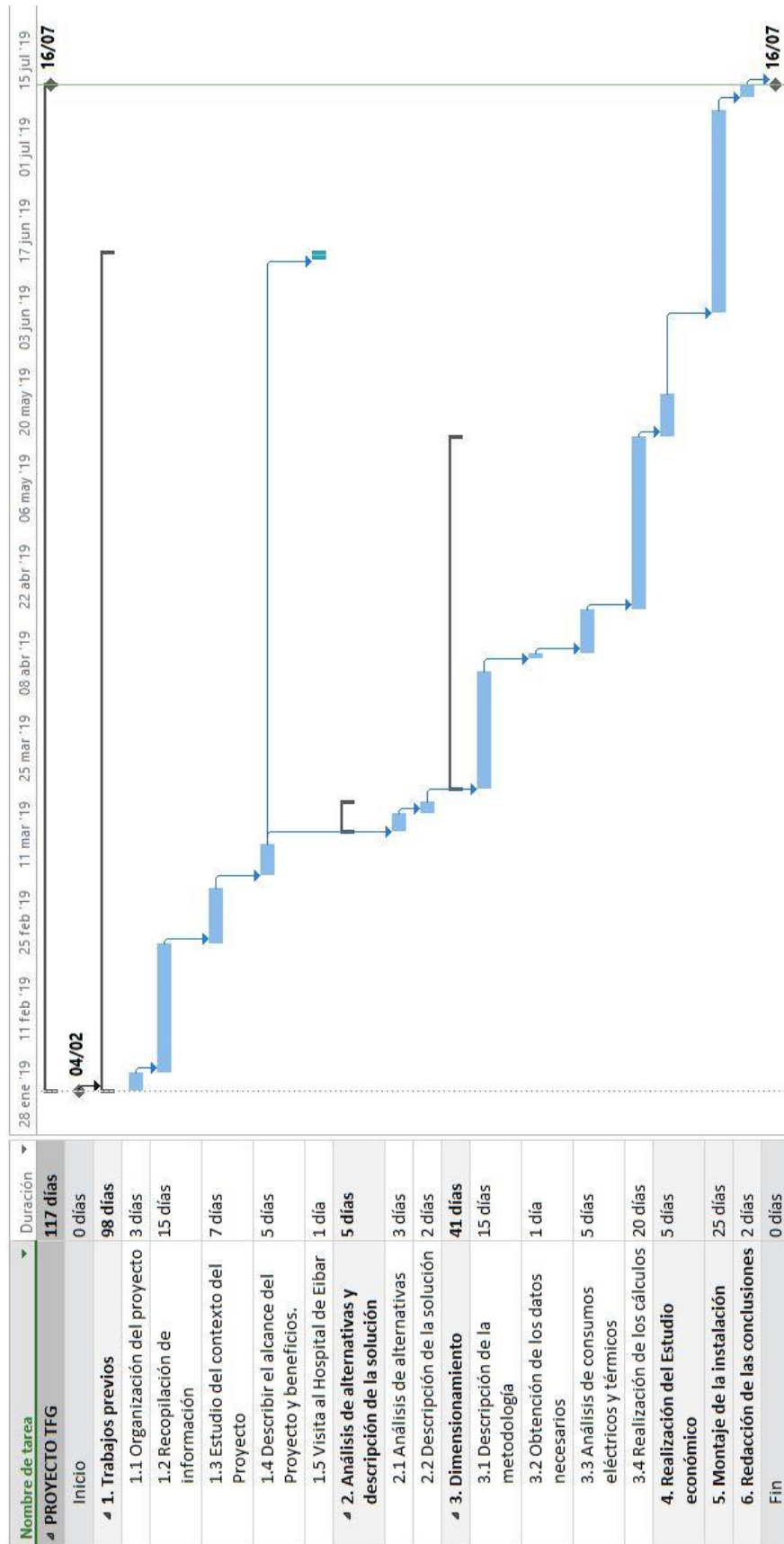


Ilustración 22: Diagrama de Gantt del proyecto.

12. ESTUDIO ECONÓMICO

12.1.Presupuesto

Cantidad (Ud)	UNIDAD	Concepto	Precio unitario (€/ud.)	Precio total (€)
HORAS INTERNAS				13.710,00
16	h	Director de proyecto	60,00	960,00
150	h	Ingeniero	45,00	6.750,00
200	h	Operario	30,00	6.000,00
AMORTIZACIONES				521,52
164	h	Ordenador	0,42	68,88
164	h	Licencias Software	2,76	452,64
GASTOS				36.987,69
90	uds	Módulos fotovoltaicos IBC PolySol VL4	127,70	11.493,00
1	uds	Inversor Fronius Symo 20.0-3M	2.820,69	2.820,69
5	uds	Cajas de protecciones CC	23,00	115,00
1	uds	Cajas de protecciones CA	34,00	34,00
2500	m	Cableado	1,15	2.875,00
5000	uds	Elementos de union (tornillos, tuercas...)	1,50	7.500,00
162	uds	Soportes de los paneles	75,00	12.150,00
TOTAL DIRECTOS				51.219,21
5%	COSTES INDIRECTOS			2.560,96
SUBTOTAL				53.780,17
10%	IMPREVISTOS			5.378,02
COSTE TOTAL (€)				59.158,19

Tabla 11: Presupuesto

El presupuesto para la ejecución del proyecto de ampliación de la instalación fotovoltaica del Hospital de Eibar asciende a la cantidad de CINCUENTA Y NUEVE MIL CIENTO CINCUENTA Y OCHO EUROS CON DIECINUEVE CÉNTIMOS (59.158,19 €).

En Bilbao, julio de 2019

12.2. Cálculo de la rentabilidad del proyecto

En este apartado se realizará el cálculo de la rentabilidad de la ampliación de la instalación fotovoltaica para una valorar si compensa efectuar la inversión. Este estudio se basa en el análisis de varios indicadores económicos (Payback, VAN y TIR). Se debe tener en cuenta que los equipos que forman la instalación tienen una vida útil estimada en 25 años.

También es de destacar que las actuaciones contempladas en este proyecto una vez completadas no proporcionarán rendimientos económicos en forma de flujos de caja anuales, sino que únicamente permiten un ahorro en la factura eléctrica del hospital ya que toda la energía producida será consumida por el propio edificio.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la inversión requerida (I) por este proyecto es de 59.158,19 €, mientras que el ahorro anual (Q) conseguido es de 4.673,78 €/año.

Payback	12,66 años
VAN	37.242,6 €
TIR	6,104 %

Tabla 12: Resumen de los indicadores económicos del proyecto.

12.2.1. Payback o Tiempo de retorno de la inversión

Número de años en que la inversión se recupera, vía facturación, cobros o utilidades.

$$\text{Payback} = \frac{I}{Q} = \frac{59.158,19 \text{ €}}{4.673,78 \text{ €/año}} = 12,66 \text{ años} \approx 13 \text{ años}$$

Se puede concluir que el tiempo de retorno de la inversión es de 13 años aproximadamente.

12.2.2. Valor Actual Neto (VAN)

Es el valor actualizado de la corriente de los flujos de caja que el proyecto promete generar a lo largo de su vida. Un proyecto es realizable si su VAN es mayor a cero. La forma de calcularlo es mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{Q}{(1+K)^t} = 37.242,60 \text{ €}$$

Donde: I: Inversión inicial del proyecto, Q: Flujo neto de caja, K: Tasa de descuento y n: Duración del proyecto. Se toma K = 1,49 % (rentabilidad del bono español a 30 años a fecha del 11 de julio de 2019) y n = 25 años.

Al resultar un VAN mayor a cero, se concluye que el proyecto genera flujos de caja suficientes como para pagar los intereses de la financiación y recuperar el desembolso inicial de la inversión.

12.2.3. Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

Tasa de descuento para la se obtendría un VAN igual a 0. Es una medida de la rentabilidad relativa de una inversión. El proyecto será rentable si su TIR es superior a la tasa de descuento (K).

Su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{Q}{(1+r)^t} = 0$$

Donde r es la Tasa Interna de Rendimiento (TIR), valor que se desea calcular.

La Tasa Interna de Rendimiento obtenida mediante la aplicación de la fórmula anterior es 6,104 %, mayor que la tasa de descuento (K=1,49 %), por lo que el proyecto sí es rentable.

13. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se extraen tras finalizar el Proyecto son las siguientes:

- La alternativa seleccionada para lograr un edificio de consumo de energía casi nulo es la ampliación de la instalación fotovoltaica de la cubierta del hospital.
- La instalación fotovoltaica solar y su ampliación es un sistema sencillo, rentable y con un mantenimiento mínimo, con el fin de producir energía eléctrica para el autoconsumo del Hospital de Eibar.
- La ampliación de la instalación es una mejora energética y también medioambiental.
- En el plano económico, la instalación proporciona un ahorro estimado anual de cerca de 5.000 €, sobre el gasto en energía eléctrica del Hospital. Además, los indicadores económicos son favorables para la ejecución de esta alternativa.
- El objetivo final de un edificio de consumo de energía casi nulo es el empleo eficiente de la energía, consumiendo únicamente lo necesario y ahorrando sin perder calidad asistencial o de bienestar.

14. FUENTES DE INFORMACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes de la asignatura "Proyectos de Ingeniería", J.I. Zuazo.
- Plan funcional del hospital de Éibar – Gobierno Vasco, Departamento de Salud.
- Energías Renovables. M. Ortega Rodríguez. Ed. Paraninfo, Madrid, 1999.
- Renewable Energy. Power for Sustainable Future. G. Boyle. Ed. Oxford, 2004
- Energía Eólica (Teoría, Concepción y Cálculo Práctico de las Instalaciones). D. Le Gourieres. Ed. Masson, 1983
- Manuales de Energías Renovables – IDAE, Miner, 2006
- Electricidad Solar. Ingeniería de los Sistemas Fotovoltaicos. E. Lorenzo. Progensa 1994.
- Compendio de Energía Solar, J.M. Fernandez.
- Solar Cells (Principles) and Silicon Solar Cells (Advanced). M. A. Green. Unsw, 1992 Y 1995
- Energía Solar Fotovoltaica. Varios autores. Marcombo Boixareu (1983)

REVISTAS

- Solar Materials and Solar Cells
- Renewable & Sustainable Energy Reviews

DIRECCIONES WEB

- PVGIS: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP
- Espaciado de paneles: <https://pveducation.com/solar-concepts/shadow-calculations-for-row-spacing/>
- Módulos fotovoltaicos:
 - o <https://www.secondsol.com/de/anzeige/15330/ibc-solar/ibc-solar/ibc-polysol-270-gx4>
 - o <https://es.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/33349>
- Inversor Fronius:
 - o https://www.solar-pur.com/products/fronius-symo-20-0-3-m-solar-wechselrichter-symo-20-0-3-m-4-210-054-1?variant=28334189281385%C2%A4cy=EUR&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=google+shopping&ls=es&gclid=CjwKCAjwgqbpBRAREiwAF046JW0UdQHFgAqYkVYZIGnHCtSu71MP2z66SgjR9rGjDh2RTOu0KjiPCxoC1YYQAvD_BwE
- Cables: <https://www.wireandcableyourway.com/solar-photovoltaic-pv-wire/>
- Ente Vasco de la energía: www.eve.es
- Bono a 30 años: <https://es.investing.com/rates-bonds/spain-30-year-bond-yield>
- Instituto para la diversificación y el ahorro energético: www.idae.es

- Asociación Internacional de la Energía (IEA): www.iea.org
- Plan Estratégico de Eibar 2025:
www.eibar.eus/es/ayuntamiento/objetivos-y-proyectos/plan-estrategico-de-eibar-2025/PlanEstrategicoEibar2025informeSep2016.pdf

LEGISLACIÓN

Internacional:

- Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, de 11/12/1997.

Europea:

- Carta de Derechos Fundamentales de la Unión Europea. (2000).k
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición). DOUE de 18/06/2010.
- Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/31/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. DOUE de 14/11/2012.
- Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.
- Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, y por el que se modifican entre otras normas las Directivas 2010/31/UE y 2012/27/UE. DOUE de 21/12/2018.

Estatutal:

- Constitución Española de 1978.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba del Código Técnico de Edificación.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios. BOE nº 207, de 29/08/2007.
- Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. BOE nº 38 de 13/02/2016.
- Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE “Ahorro de energía” y el Documento Básico

DB-HS “Salubridad” del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. BOE nº 149 de 23/06/2017.

Autonómica (Comunidad Autónoma Vasca):

- Decreto 178/2015, de 22 de septiembre, sobre la sostenibilidad energética del sector público de la Comunidad Autónoma de Euskadi. BOPV de 14/10/2015.
- Ley 4/2019, de 21 de febrero, de Sostenibilidad Energética de la Comunidad Autónoma Vasca. BOPV nº 42 de 28/02/2019.

ANEXO I: LEGISLACIÓN VIGENTE

NORMATIVA APLICABLE SOBRE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA

La preocupación legislativa por los temas de eficiencia, ahorro y sostenibilidad energética, es bien patente desde hace unos años tanto en el ámbito de la Unión Europea, como del Estado, como de la Comunidad Autónoma Vasca. Naturalmente, esto tiene su origen en la preocupación que estos temas han despertado a nivel mundial en las Organizaciones Internacionales, buena muestra de lo cual fue la suscripción del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, de 11/12/1997, a raíz del cual se han seguido actuaciones para su cumplimiento a nivel supranacional, nacional, regional y municipal.

El concepto de desarrollo sostenible o sostenibilidad medioambiental, del que formarían parte la eficiencia, el ahorro y la sostenibilidad energética, se viene configurando como uno de los derechos fundamentales de tercera generación, que la evolución histórica de los estados de bienestar está atribuyendo a los ciudadanos.

Ya en 1978, la Constitución Española, en su Título Primero “De los derechos y deberes fundamentales”, aunque no enmarcado en el Capítulo de “Derechos y libertades”, sino en el de “Principios rectores de la política social y económica”, en el art. 45.1 establecía que todos tienen el derecho a disfrutar de un medioambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo, y en el art. 45.2 que los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de la vida y defender y restaurar el medio ambiente.

La Carta de Derechos Fundamentales de la Unión Europea, publicada en el año 2000, venía a confirmar la tendencia histórica a considerar al desarrollo sostenible como un derecho fundamental de los ciudadanos, estableciendo en su art. 37 la protección del medio ambiente como derecho fundamental, manifestando que las políticas de la Unión integrarán y garantizarán con arreglo al principio de desarrollo sostenible un alto nivel de protección del medio ambiente y la mejora de su calidad.

En cuanto a la normativa sobre eficiencia energética en los edificios, en el ámbito estatal hay que retrotraerse a la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, que en su Disposición Final segunda, autoriza al Gobierno para que mediante Real Decreto apruebe un Código Técnico de la Edificación, que establezca las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos establecidos en el art. 3.1.b) (relativos a la seguridad) y en el art. 3.1.c) (relativos a la habitabilidad) de la propia ley, siendo el art. 3.1.c).3) el que contempla el ahorro de energía y aislamiento térmico, de tal forma que se consiga un uso racional de la energía necesaria para la adecuada utilización del edificio.

Aún tardaría unos años el Gobierno estatal en cumplir con la autorización que se ha señalado en el párrafo anterior, pues habrá que esperar al Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de Edificación. Es en el art. 15 de esta norma, donde se establecen las exigencias básicas de ahorro de energía en el proyecto, construcción, utilización y mantenimiento de los edificios. Por su evidente interés, se transcribe seguidamente el texto de dicho artículo:

“Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE).

1. El objetivo del requisito básico «Ahorro de energía» consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

3. El Documento Básico «DB-HE Ahorro de Energía» especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

15.1 Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética: los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

15.2 Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas: los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.

15.3 Exigencia básica HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación: los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

15.4 Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria: en los edificios con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, en los que así se establezca en este CTE, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio o de la piscina. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la

sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

15.5 Exigencia básica HE 5: *Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica: en los edificios que así se establezca en este CTE se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.”*

En esta materia, las normas europeas que vinculan a la legislación estatal son fundamentalmente las Directivas 2010/31/UE y la Directiva 2012/27/UE (modificadas ambas por el Reglamento (UE) 2018/1999), que para su aplicación en el Estado han tenido que ser objeto de transposición, mediante el Real Decreto 56/2016 o por la Orden FOM/588/2017. En la declaración programática del mencionado Real Decreto se afirma que su finalidad será el impulso y la promoción de un conjunto de actuaciones a realizar dentro de los procesos de consumo energético que puedan contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía consumida, así como a optimizar la demanda energética de la instalación, equipos o sistemas consumidores de energía.

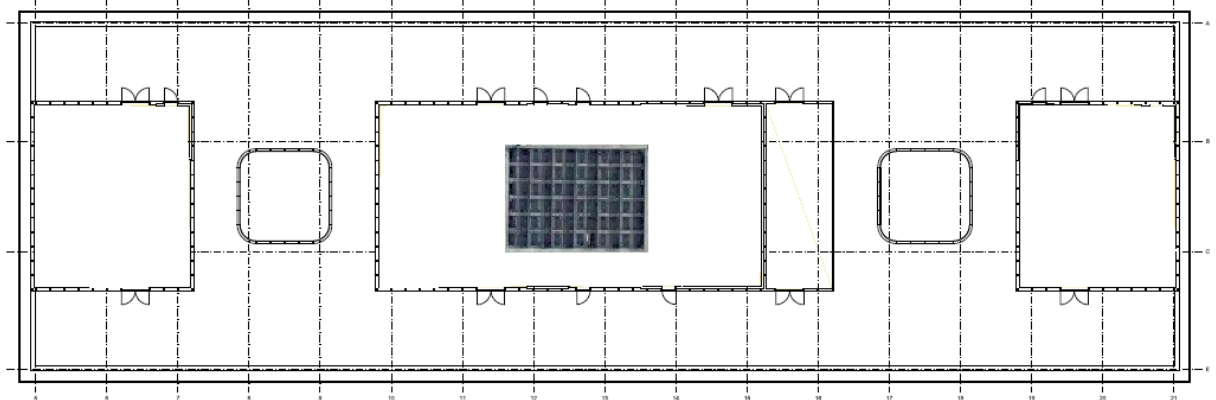
En el ámbito de la Comunidad Autónoma Vasca, la Estrategia Vasca de Cambio Climático 2050, aprobada en el año 2015, para alcanzar los objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a largo plazo, establece entre sus metas la de disponer de una Administración Pública Vasca responsable, ejemplar y referente en cambio climático, y señala que para lograr la implicación de todos los agentes de la sociedad vasca, se debe impulsar una acción ejemplarizante desde todos los órganos de la Administración Pública Vasca, logrando una Administración Pública “cero emisiones”. En esta línea, el Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco aprobó el Decreto 178/2015, de 22 de septiembre, sobre la sostenibilidad energética del sector público de la Comunidad Autónoma de Euskadi, para que las exigencias de la normativa europea necesarias para el ahorro, eficiencia

energética y uso de las energías renovables, dejen de ser objetivos loables y se conviertan en realidades constatables en las Administraciones Públicas Vascas, determinando para ellas un papel ejemplarizante ante el resto de la sociedad.

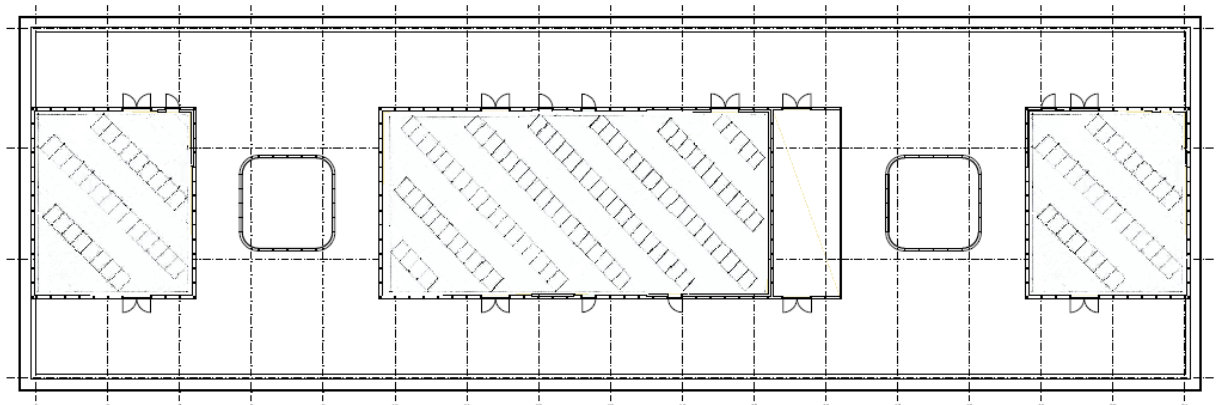
Con posterioridad, el Parlamento Vasco ha aprobado la Ley 4/2019, de 21 de febrero, de Sostenibilidad Energética de la Comunidad Autónoma Vasca, que tiene por objeto establecer los pilares normativos de la sostenibilidad energética en los ámbitos de las administraciones públicas vascas y del sector privado, articulando los deberes y obligaciones básicos que unos y otros deben cumplir y que se orientan fundamentalmente al impulso de medidas de ahorro y eficiencia energética, y de promoción e implantación de energías renovables, y que en materia de las obligaciones referidas a los edificios y las viviendas, se exige la calificación energética de todos los edificios existentes, y que los nuevos o que sean objeto de reformas importantes sean de consumo energético casi nulo.

ANEXO II: PLANOS

Plano de la instalación existente.

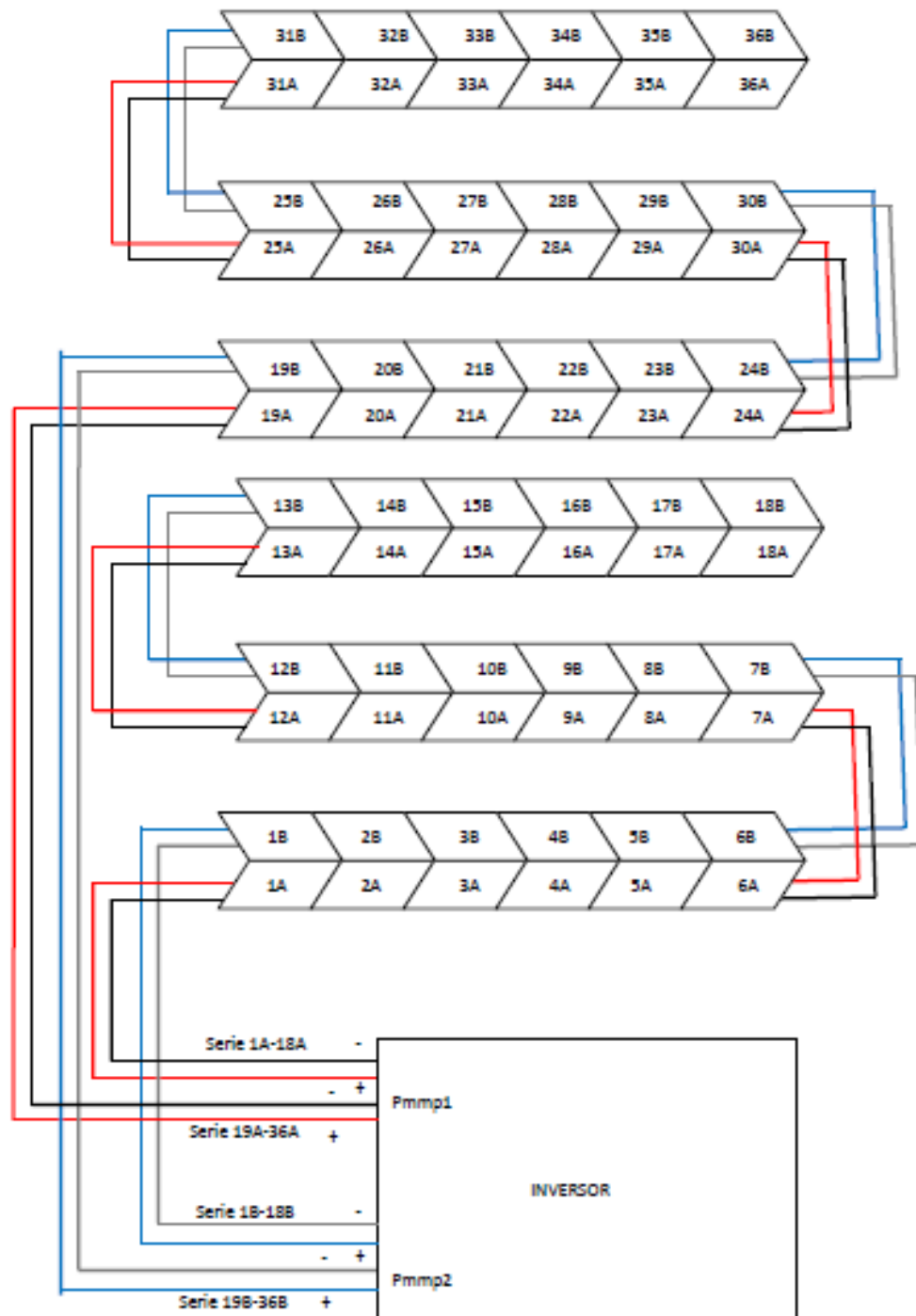


Plano de la instalación después de la reubicación de los paneles existentes y de la ampliación.

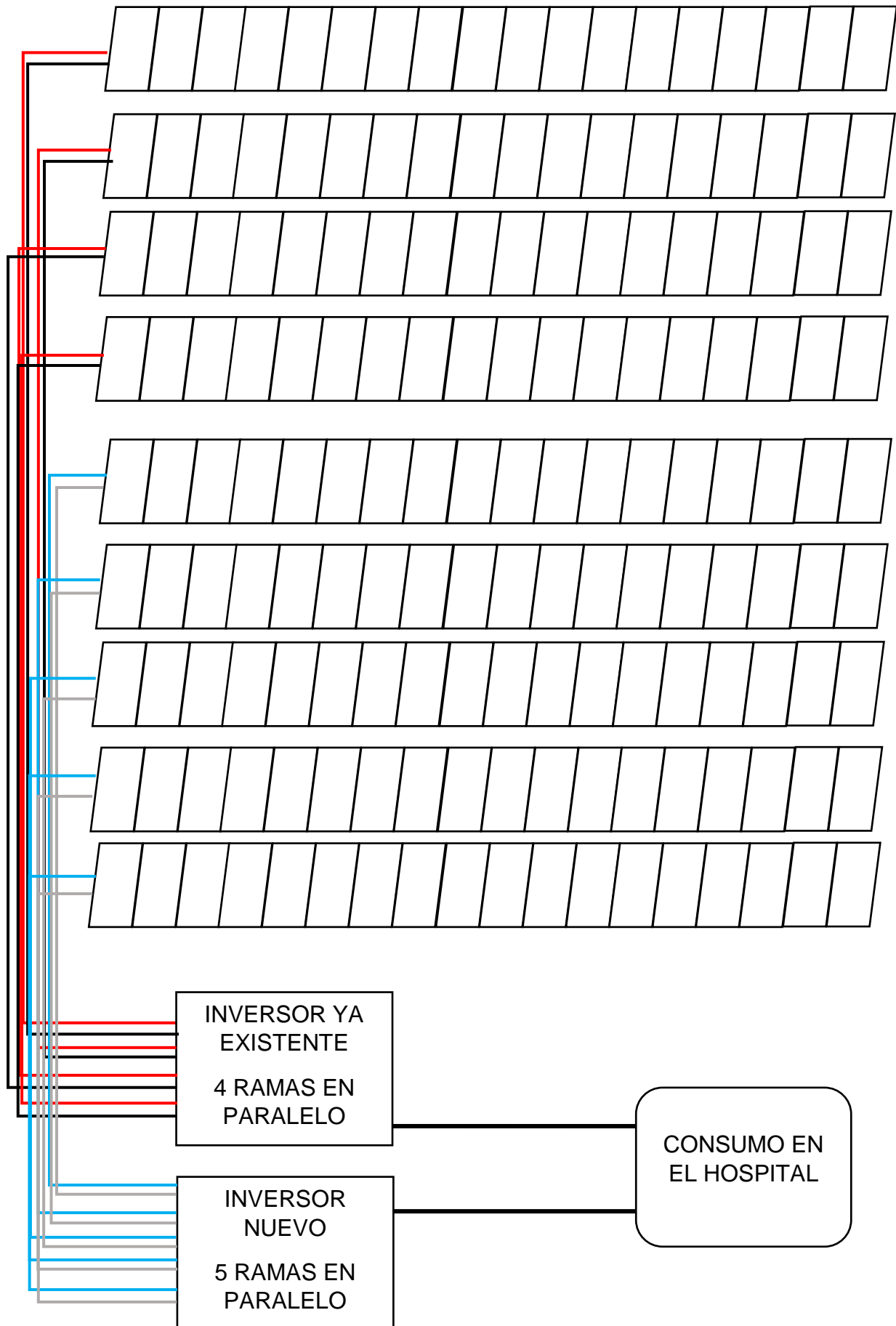


ANEXO III: ESQUEMAS ELÉCTRICOS

- Esquema de la instalación ya existente.



- Esquema de la nueva instalación.



ANEXO IV: DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS.

Inversor Fronius Symo 20.0 kW -3M



DATOS DE ENTRADA

Número de seguidores MPP	2
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ max}$)	33,0 / 27,0 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	49,5 / 40,5 A
Rango de tensión de entrada CC ($U_{cc\ mín.} - U_{cc\ máx.}$)	200 - 1000 V
Tensión CC mínima de puesta en marcha ($U_{dc\ arranque}$)	200,0 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)	600,0 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	420 - 800 V
Rango de tensión de punto de rendimiento máximo utilizable	200 - 800 V
Número de entradas CC	3 + 3
Máxima salida del generador FV ($P_{cc\ máx.}$)	30,0 kWpeak
DATOS DE SALIDA	
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	20,0 kW

Máxima potencia de salida ($P_{ac\ máx}$)	20,0 kVA
Corriente de salida CA ($I_{ca\ nom}$)	28,9 A
Acoplamiento a la red ($U_{ca,r}$)	3~ NPE 400/230, 3~ NPE 380/220 V
Rango de tensión CA ($U_{mín.} - U_{máx.}$)	150 - 280 V
Frecuencia (f_r)	50 / 60 Hz
Rango de frecuencia ($f_{mín.} - f_{máx.}$)	45 - 65 Hz
Coefficiente de distorsión no lineal	1,30%
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$)	0 - 1 ind./cap.
DATOS GENERALES	
Dimensión (altura)	725,0 mm
Dimensión (anchura)	510,0 mm
Dimensión (profundidad)	225,0 mm
Peso	43,4 kg
Tipo de protección	IP 66
Clase de protección	1
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	02-mar
Consumo nocturno	< 1 W
Concepto de inversor	Sin transformador
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada
Instalación	Instalación interior y exterior
Rango de temperatura ambiente	-40°C - +60°C
Humedad del aire admisible	0 - 100 %
Máxima altitud ²⁾	2.000 m / 3.400 m
Tecnología de conexión CC	Conexión de 6x CC+, 6x CC- bornes roscados 2,5 mm ² - 16 mm ²
Tecnología de conexión principal	Conexión de 5 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm ²

Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777- 2, AS 4777-3, CER 06- 190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097
--	---

RENDIMIENTO

Máximo rendimiento (FV - red)	98,10%
Rendimiento europeo (η_{UE})	97,90%
η con 5 % $P_{ac,r}^{3)}$	91,9 / 95,2 / 93,0 %
η con 10 % $P_{ac,r}^{3)}$	94,8 / 96,9 / 95,8 %
η con 20 % $P_{ac,r}^{3)}$	96,3 / 97,8 / 97,1 %
η con 25 % $P_{ac,r}^{3)}$	96,7 / 97,9 / 97,4 %
η con 30 % $P_{ac,r}^{3)}$	96,8 / 98,0 / 97,6 %
η con 50 % $P_{ac,r}^{3)}$	97,0 / 98,1 / 97,8 %
η con 75 % $P_{ac,r}^{3)}$	97,0 / 98,1 / 97,7 %
η con 100 % $P_{ac,r}^{3)}$	96,8 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD

Medición del aislamiento CC	Sí
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia
Seccionador CC	Sí
Protección contra polaridad inversa	Sí

Módulos fotovoltaicos IBC PolySol 270 VL4



No. de Modelo	PolySol 270 VL4
Garantía de Producto	10 Años
Garantía de energía	12 años de 90% potencia de salida, 25 años de 80% potencia de salida
Potencia Máxima (Pmax)	270 Wp
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax)	31,6 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	8,56 A
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	38,8 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,18 A
Eficiencia	16,60%
Tolerancia de Potencia (+)	2%
	<i>Condiciones de prueba estándar (STC): Masa de aire AM 1,5, radiación 1000W/m², temperatura de célula 25°C,</i>
Características Eléctricas en NOCT	
Potencia Máxima (Pmax)	196,4 Wp
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (Vmax)	28,3 V
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	35,4 V

Corriente de cortocircuito (Isc)	7,4 A
Temperatura	44 °C
	<i>Temperatura en condiciones normales de operación (NOCT): 800W/m², AM 1,5, velocidad del viento de 1m/s, temperatura ambiente de 20°C</i>
Características Térmicas	
Coeficiente de Temperatura de Pmax	-0,42 %/°C
Coeficiente de Temperatura de Voc	-0,31 %/°C
Coeficiente de Temperatura de Isc	0,046 %/°C
Parámetros del Sistema	
Tensión Máxima del Sistema	1000 V
Corriente inversa máxima	15 A
Limite de Corriente	15 A
Características Mecánicas	
Dimensiones (A/A/F)	1640x992x40 mm
Peso	18,5 kg
Tipo de Células	Policristalino
Numero de Células	60
Tipo de Vidrio	Capa Antireflejo, Bajo Hierro
Grosor de Vidrio	3,2 mm
Tipo de Trama	Aleación de Aluminio Anodizado
Caja de Proteccion de Uniones	IP 65
Tipo de Conector	MC4