

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA  
INDUSTRIAL

## TRABAJO FIN DE GRADO

***ANÁLISIS DEL APROVECHAMIENTO DE  
LA ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA  
POR BICICLETAS ESTÁTICAS Y  
PANELES FOTOVOLTAICOS***

**Alumno:** Bargiela Mengod, Danel

**Director:** Mazón Sainz-Maza, Ángel Javier

**Curso:** 2017-2018

**Fecha:** Jueves, 11, Julio, 2018

## Índice

<b>Datos básicos del proyecto</b> .....	1
<b>Memoria</b> .....	2
Introducción:.....	2
Contexto .....	3
Objetivos y alcance del trabajo .....	4
Beneficios que aporta el trabajo .....	4
Descripción de la instalación: .....	4
Análisis de riesgos .....	5
Descripción de la solución propuesta. Diseño básico.....	5
<b>Metodología seguida en el desarrollo del trabajo</b> .....	16
Procedimiento de los cálculos realizados:.....	16
Escenario I: Gimnasio Atlas:.....	16
Escenario 2: Fundación Estadio Fundazioa: .....	22
Descripción de los Resultados:.....	39
Resultados Escenario I: Gimnasio Atlas. ....	39
Resultados Escenario II: Fundación Estadio Fundazioa.....	42
• Resultados Subescenario I: Sala Fitness.....	42
• Resultados Subescenario II: Sala de Spinning.....	44
Plan de Proyecto y Planificación: .....	47
Diagrama de Gantt.....	47
<b>Aspectos Económicos</b> .....	48
Descripción del presupuesto: .....	48
Escenario I: Gimnasio Atlas:.....	48
Escenario II: Sala Fitness (Fundación Estadio):.....	50
Escenario III: Sala de Spinning (Fundación Estadio): .....	53
Análisis de rentabilidad.....	55
Escenario I: Gimnasio Atlas:.....	55
Escenario II: Sala Fitness (Fundación Estadio):.....	57
Escenario III: Sala de Spinning (Fundación Estadio): .....	58
<b>Conclusiones</b> .....	60
<b>Bibliografía</b> .....	63
Anexo I: Pliego de condiciones y Normativa aplicable:.....	63
Anexo II: Esquemas y diseño de bajo nivel: .....	63

**Lista de tablas, ilustraciones, gráficas y acrónimos**

Fig.3.1.- Imagen satélite de la Fundación Estadio. _____	3
Fig.3.3.- Diagrama de grupo generador, regulador y baterías. _____	7
Fig.3.4.- Diagrama de células y paneles fotovoltaicos. _____	8
Fig.3.5.- Curva fotovoltaica (I-V, P) del MPPT, cortesía de Sunfields. _____	9
Fig.3.6.- Mapa Europeo Solar de Irradiación. _____	10
Fig.3.7.- Mapa local de irradiación solar sobre los escenarios elegidos. _____	10
Fig.3.8.- Orientación de los paneles según latitud de la localización. _____	11
Fig.3.9.- Orientación de los paneles según acimut solar. _____	11
Fig.3.10.- Orientación solar variable del ciclo solar según estación del año. _____	12
Fig.3.11.- Conexión Media Tensión-Transporte. _____	12
Fig.3.12.- Esquema montaje baterías según necesidad. _____	13
Fig.3.13.- Esquema montaje consumo de red. _____	14
Fig.3.14.- Tablas de consumo en cada uno de los escenarios a tratar: Gimnasio Atlas, Sala Fitness y sala de Spinning. _____	15
Fig.4.1.- Horario gimnasio Atlas. _____	17
Fig.4.2.- Ejemplo de la afluencia al gimnasio Atlas. _____	17
Fig.4.3.- Tablas de consumo individual de los elementos del gimnasio Atlas. _____	18
Fig.4.4.- Tabla de consumo diario y semanal del Gimnasio Atlas. _____	19
Fig.4.5.- Tablas de consumo horario de elementos del gimnasio Atlas. _____	20
Fig.4.6.- Tabla de ocupación y generación -entre semana- del gimnasio Atlas. _____	21
Fig.4.7.- Tabla de ocupación y generación -sábado- del gimnasio Atlas. _____	21
Fig.4.8.- Tabla de ocupación y generación -domingo- del gimnasio Atlas. _____	22
Fig.4.9.- Tabla comparación de energía obtenida y potencia consumida. _____	22
Fig.4.10.- Tabla diferencia neta: beneficio-pérdida. _____	22
Fig.4.11.- Horario sala Fitness. _____	23
Fig.4.12.- Tabla de consumo de los elementos de la sala Fitness. _____	23
Fig.4.13.- Tabla de consumos diario y semanal de la sala Fitness. _____	24
Fig.4.14.- Tabla de consumo horario de la sala Fitness. _____	24
Fig.4.15.- Tabla de ocupación y generación -entre semana- de la sala Fitness. _____	24
Fig.4.16.- Tabla de ocupación y generación -fin de semana- de la sala Fitness. _____	25
Fig.4.17.- Tabla comparación de energía obtenida y potencia consumida. _____	25

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Fig.4.18.- Tabla diferencia neta: beneficio-pérdida. _____	25
Fig.4.19. – Tabla de características del panel Amerisolar Policristalino 320W y del escenario tratado. _____	26
Fig.4.20.- Características particulares de la localización, según PVGIS. _____	26
Fig.4.21.- Tabla con la irradiación solar recibida: Horizontal –Óptima – Inclinación Elegida (Wh/m <sup>2</sup> /día). _____	27
Fig. 4.22.- Escenario de la instalación fotovoltaica. _____	28
Fig.4.23.- Datos de las dimensiones de la azotea. _____	28
Fig. 4.24.- Cálculo y datos usados en función del escenario. _____	29
Fig.4.25.- Características de la azotea del edificio. _____	29
Fig.4.26.- Número de paneles a instalar a lo largo y ancho de la superficie. _____	30
Fig.4.27.- Potencia, energía producida y ahorro anuales de cada panel. _____	30
Fig. 4.28.- Energía producida por panel a lo largo del año. _____	31
Fig.4.29.- Irradiación y horas pico obtenidas mensualmente. _____	31
Fig.4.30.- Radiación diaria y equivalente en horas pico. _____	32
Fig.4.31.- Energía generada anual por cada panel instalado. _____	33
Fig.4.32.- Tabla de ahorro anual de consumo de la instalación. _____	33
Fig.4.33.- Precio y periodo amortización de los paneles. _____	34
Fig.4.34.- Tabla de características del modelo de batería elegido. _____	34
Fig.4.35.- Energía consumida en la instalación. _____	35
Fig.4.36.- Capacidad útil de las baterías. _____	35
Fig. 4.37. – Tabla de características de la batería calculada. _____	36
Fig.4.38.- Número de baterías necesarias en paralelo y en serie. _____	37
Fig.4.39.- Características de la sala de spinning. _____	37
Fig.4.40.- Tabla de consumo de los elementos de la sala spinning. _____	38
Fig.4.41.- Tabla de consumo semanal de la sala spinning. _____	38
Fig.4.42.- Generación semanal de la sala spinning. _____	38
Fig.4.43.- Tabla comparación de energía obtenida y potencia consumida. _____	38
Fig.4.44.- Tabla de datos de consumo del gimnasio Atlas. _____	39
Fig.4.45.- Precio energía generada, consumida y ahorrada. _____	40
Fig.4.46.- Gráfica generación, consumo y beneficio del gimnasio Atlas. _____	40
Fig.4.47.- Tablas de consumo, generación y ahorro, diario, semanal y anual. _____	41

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Fig.4.48.- Tabla con costes unitarios de montaje del generador. _____	41
Fig.4.49.- Tabla consumos de la sala Fitness. _____	42
Fig.4.50.- Tabla con beneficio, coste y ahorro de la instalación. _____	43
Fig.4.51.- Tablas de consumo, generación y ahorro, diario, semanal y anual. ____	43
Fig.4.52.- Tabla con costes unitarios de montaje del generador. _____	44
Fig.4.53.- Precio y periodo amortización de los paneles. _____	44
Fig.4.54.- Tabla consumos de la sala Spinning. _____	44
Fig.4.55.- Tabla con beneficio, coste y ahorro de la instalación. _____	45
Fig.4.56.- Tablas de consumo, generación y ahorro, diario, semanal y anual. ____	45
Fig.4.57.- Tabla con costes unitarios de montaje del generador. _____	46
Fig.4.58.- Lista de tareas del proyecto. _____	47
Fig.4.59.- Diagrama Gantt del proyecto. _____	47
Fig. 5.1.- Tabla con los costes externos de la instalación. _____	48
Fig. 5.2.- Tabla con los gastos unitarios del montaje. _____	48
Fig. 5.3.- Tabla del coste total de la instalación de generadores. _____	49
Fig. 5.4.- Tabla del coste total general de la instalación de generadores. _____	49
Fig.5.5- Tabla del coste total general de la implantación renovable. _____	49
Fig. 5.6.- Tabla con los costes externos de la instalación. _____	50
Fig. 5.7.- Tabla con los gastos unitarios del montaje. _____	50
Fig. 5.8.- Tabla del coste total de la instalación de generadores. _____	50
Fig. 5.9.- Tabla del coste total general de la instalación de generadores. _____	51
Fig. 5.10.- Tabla con los costes externos de la instalación. _____	51
Fig. 5.11.- Concepto del montaje en la azotea. _____	52
Fig. 5.12.- Tabla del coste total de la instalación fotovoltaica. _____	52
Fig. 5.13.- Tabla del coste total general de la instalación fotovoltaica. _____	52
Fig.5.14.- Tabla de coste total general de la sala Fitness. _____	53
Fig. 5.15.- Tabla con los costes externos de la instalación. _____	53
Fig. 5.16.- Tabla con los gastos unitarios del montaje. _____	53
Fig. 5.17.- Tabla del coste total de la instalación de generadores. _____	54
Fig. 5.18.- Tabla del coste total general de la instalación de generadores. _____	54
Fig.5.19.- Tabla del coste total general de la implantación. _____	54

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Fig.5.20.- Tabla de costes, gastos y ganancias totales anuales de la generación. __	55
Fig.5.21.- Tabla con costes y ahorro anual de la instalación. _____	56
Fig.5.22.- Tabla con ingresos, gastos y flujo acumulado en la sala de spinning. __	56
Fig.5.23.- Tabla de costes, gastos y ganancias totales anuales de la generación. __	57
Fig.5.24.- Tabla con costes, ahorro anual y periodo de amortización de la instalación._____	57
Fig.5.25- Tabla con ingresos, gastos y flujo acumulado en la sala de spinning. ____	58
Fig.5.26.- Tabla de costes, gastos y ganancias totales anuales de la generación. __	58
Fig.5.27.- Tabla con costes, ahorro anual y periodo de amortización de la instalación._____	59
Fig.6.1.- Comparativa Escenario I: Gimnasio Atlas. _____	61
Fig.6.2.- Sello EKOenergy _____	62

## **DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO**

Equipo de Proyecto: *Danel Bargiela Mengod, A. Javier Mazón Sainz-Maza.*

Título del Proyecto: *Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Resumen: *En este documento se describe el análisis y diseño detallado de una instalación de generación mediante generadores DC y paneles fotovoltaicos modelando su uso para alimentar cargas. Se especifican elementos, proceso de montaje, presupuesto y futura inversión necesaria. La energía sobrante generada, de no ser usada, se almacenará en una serie de baterías mediante el uso de reguladores de tensión e intensidad.*

Palabras Clave: *Generador, Fotovoltaico, Energía eléctrica, Batería.*

Laburpena: *Dokumentu honetan DC sorgailu eta panel fotoboltaikoen bidez doan sorkuntz-instalazio baten analisi eta diseinu zehatza deskribatzen da, karga elektrikoak elikatzeko modelatuko dena. Haren elementuak, montaketa-prozesua, aurrekontua eta beharrezko inbertsioa zehazten dira. Sortutako gainontzeko energia, erabiltzen ez bada, bateria multzo batean bilduko da, tentsio eta intentsitate erregulatzileen bidez.*

Hitz-gakoak: *Sorgailu, fotoboltaiko, Energia elektrikoa, Bateria.*

Abstract. *In this document the analysis and detailed design of a generation site by means of DC generators and photovoltaic panels as well as its use for feeding electrical charges, specifying elements, assembly procedure, economic budget and necessary future investment are described. The surplus of generated energy, if unused, will be stored in a series of batteries through voltage and current regulators.*

Keywords: *Generator, Photovoltaic, Electric energy, Battery.*

## **MEMORIA**

### **Introducción:**

Este documento contiene la propuesta de proyecto en el que se detalla el proceso de análisis y diseño de una instalación de soporte energético renovable, utilizando para ello dos fuentes de generación principales. En primer lugar, un equipo de generadores instalados en bicicletas estáticas y en segundo, una instalación de paneles fotovoltaicos.

En una primera parte se explica el contexto en el que se lleva a cabo el proyecto (su ubicación, beneficio económico, etc.), junto con aquellos aspectos característicos del entorno en el que se desarrollará, y posteriormente, se analizarán los objetivos que se pretenden alcanzar con la realización de este proyecto.

Más tarde, se explican detalladamente las características técnicas tanto de la instalación como del proceso de montaje, incluyendo información, siempre de manera clara y gráfica, acerca de los elementos utilizados en éste, además de planos de la instalación, incluyendo su funcionamiento de cada una de sus partes, así como el de todas ellas como instalación generadora. Por ello, se añaden planos de las distintas partes de la instalación, donde se distinguen las diferentes zonas de generación, almacenamiento y conexión a red.

Posteriormente, se hace referencia a la inversión necesaria que habrá que realizar para la correcta finalización del proyecto y el cumplimiento de los objetivos, es decir, inversión en elementos, en instalaciones o en el factor humano.

Finalmente, se incluye un análisis de costes de la instalación final, adjuntando tablas de Excel, cálculos y las explicaciones necesarias para su clara y gráfica justificación. Además, se añaden las conclusiones del proyecto mencionadas en el resumen.

## **Contexto**

El cometido de este proyecto es el de conseguir un beneficio de la unión del mundo del deporte con el de la generación de energía renovable, dos de los pilares sobre los que más hincapié se está haciendo hoy en día, tanto desde las instituciones -tratando de promover un estilo de vida saludable- como desde departamentos de Medio Ambiente y la UE, que insisten en dejar atrás cuanto antes el consumo de energías fósiles para conseguir integrar en el sistema eléctrico redes inteligentes, capaces de auto-gestionarse, siempre desde la generación de energías renovables.

Para ello, el objetivo y función principal del proyecto que se detalla a lo largo de éste documento es el de suministrar -siempre que las condiciones lo permitan- energía eléctrica a la instalación deportiva a la cual está conectada, y bien mediante el grupo de generadores acoplados o bien mediante las placas fotovoltaicas, compensar la energía consumida en ese momento. Por tanto, ya que podría darse el caso de un exceso de producción eléctrica, se añadirá un equipo de baterías al conjunto, en las cuales depositar la energía sobrante. Así, cuando dicha generación no sea suficiente, podrá utilizarse el banco de baterías como soporte energético, y si no fuese suficiente como para alimentar o compensar parte de las cargas eléctricas acopladas, se usaría la conexión convencional a la red eléctrica.

Todos estos objetivos a cumplir por la instalación, se trataron primero mediante un estudio teórico aproximado, junto a una serie de pruebas en el laboratorio del departamento y viendo los buenos resultados, se optó por realizarlo sobre un caso real. Dicho caso es el de Fundación Estadio Fundazioa, ubicado en Vitoria-Gasteiz (*Green Capital en 2012*), referente en la capital vasca por sus instalaciones, siendo un centro deportivo puntero en lo que se refiere al deporte y ocio.

El centro deportivo, que se ubica junto a una zona verde de la ciudad, dispone de un complejo de 4 edificios, cada uno de los cuales cumple una función dentro de éste. 3 de ellos cuentan con salas de máquinas, gimnasios, canchas y vestuarios, sobre los que se analizará a lo largo de este documento la posibilidad de poder implantar en alguno o varios de ellos el proyecto aquí presentado.



*Fig.3.1.- Imagen satélite de la Fundación Estadio.*

## **Objetivos y alcance del trabajo**

Los objetivos y alcance del trabajo, como ya se ha comentado previamente, es el de, mediante la instalación de generación renovable, conseguir disminuir el consumo realizado a la red eléctrica. Dicho complejo deportivo funciona de manera ininterrumpida a lo largo de todo el año, por lo que se antoja evidente que su consumo energético es elevado. Por ello, este proyecto plantea, mediante el uso de dos fuentes de generación y un grupo de baterías, una reducción notable de dicho consumo eléctrico, lo cual, a medio y largo plazo, repercute directamente en un gran beneficio económico en las instalaciones.

Las tareas que deberán ser llevadas a cabo en la instalación serán las siguientes:

- Instalación de paneles fotovoltaicos en las azoteas de los edificios.
- Generación de energía eléctrica en los paneles fotovoltaicos.
- Acoplamiento mediante regulador de potencia al grupo de baterías.
  
- Instalación de generadores DC en las bicicletas estáticas.
- Generación de energía eléctrica mediante los generadores de las bicicletas.
- Acoplamiento mediante regulador de potencia al grupo de baterías.
  
- Conexión del grupo de baterías a las cargas de la instalación deportiva.
- Conexión a red eléctrica de las cargas de la instalación deportiva.

## **Beneficios que aporta el trabajo**

Los beneficios que dicho proyecto aporta, se van a ver tratados más en profundidad en los siguientes apartados, una vez se haya modelizado la instalación, las fuentes de generación, las cargas a alimentar y las necesidades de los usuarios en el día a día.

## **Descripción de la instalación:**

En este apartado se va a hacer una descripción detallada del servicio a desarrollar. A lo largo de éste, se definirán con precisión las características técnicas del montaje, los elementos de éste y todas sus características a tener en cuenta. Así mismo, se acompañan dichas descripciones de fotografías tanto de los elementos como del montaje y la instalación, así como el entorno en el que se ubicará, junto con las pruebas realizadas en el laboratorio.

## **Análisis de riesgos**

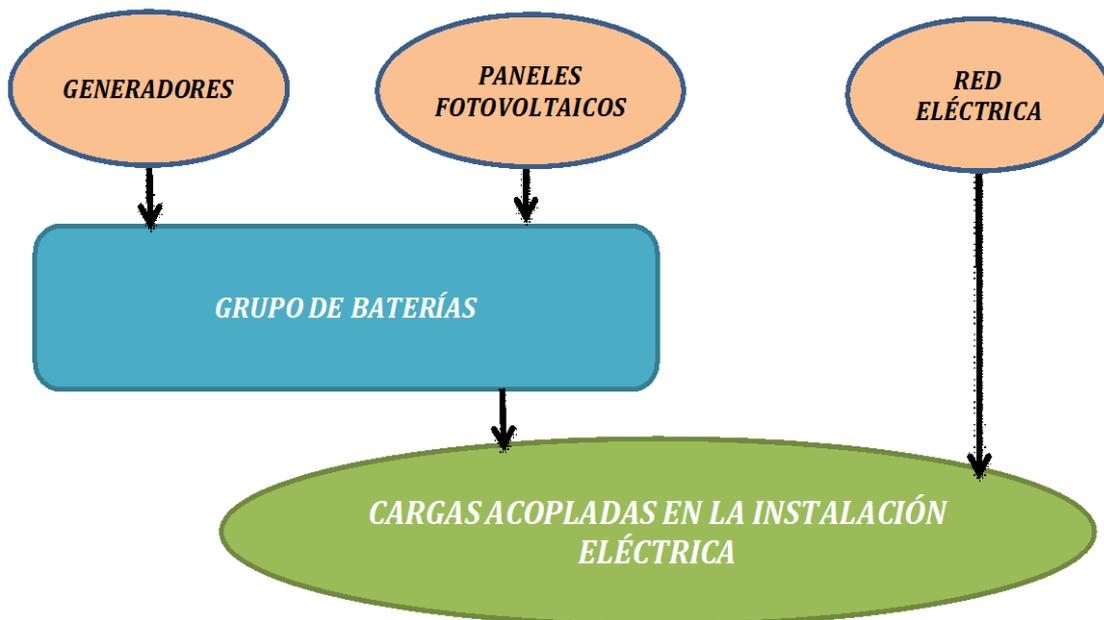
A la hora de analizar los riesgos posibles que pudieran surgir tras la decisión de implantar dicha instalación, podría considerarse la falta de uso en ella. Una parte importante de su beneficio, tanto energético como económico, es la de su utilización. Ésta influye directamente sobre la generación energética mediante los generadores implantados en las bicicletas estáticas, por lo que podemos concluir que el riesgo de falta de uso que haría inviable económicamente la solución propuesta.

## **Descripción de la solución propuesta. Diseño básico.**

En primer lugar, a la hora de describir la instalación, conviene dejar claro que en este apartado se tratan 5 partes, todas ellas referenciadas de la siguiente manera:

- Grupo de generación mediante generadores DC.
- Grupo de generación mediante paneles fotovoltaicos.
- Grupo de baterías para el almacenamiento de energía.
- Conexión a la red eléctrica convencional.
- Cargas demandantes de energía eléctrica.

Cada una de ellas se explicada a continuación, siguiendo el siguiente diagrama arborescente, a fin de que quede claro visualmente su función dentro de la instalación.



*Fig.3.2.- Diagrama de árbol de la propuesta del proyecto.*

### Grupo de generadores

Es la parte de generación activa de la instalación. Ésta depende directamente del número de personas que haya en ese momento haciendo uso del conjunto de generadores, es decir, pedaleando sobre alguna de las bicicletas. Para ello, se plantea lo siguiente:

Una persona usa la bicicleta estática como medio de calentamiento, como gimnasia de mantenimiento o bien como entrenamiento de spinning. Cada cual, dependiendo de las necesidades o características de la actividad que desarrolle, hace uso de un freno mecánico (normalmente, una zapata) que mediante rozamiento con el volante de inercia, consigue que nos sea más fácil o difícil pedalear.

Tras ello, surge el problema de que toda esa energía producida por el mencionado freno se disipa en el sistema por medio de calor y vibraciones mecánicas.

Debido a esto, es frecuente ver como dichos volantes se desgastan, a la vez que las zapatas, debido a su uso continuo y al rozamiento y exigencias mecánicas a las que ambos se ven sometidos, lo que repercute a largo plazo en un desembolso constante en lo que se refiere a recambios de piezas y mantenimiento de la maquinaria.

Es por ello que se pensó en una solución más eficiente, mediante la cual fuese posible no sólo ahorrar los costes debidos al desgaste de los elementos, sino conseguir obtener un beneficio tras la implantación del cambio.

Este proyecto encuentra el hueco técnico suficiente para plantear, siempre desde un punto de vista teórico, como sería la posible solución y ver sus beneficios y futuras aplicaciones, de la manera descrita a continuación.

Unido al volante de inercia -que más adelante se dimensionará mediante cálculos- de la propia bicicleta, va un tren de transmisión elevador, el cual multiplica el número de revoluciones de dicho volante antes de llegar al generador. Así, no hará falta un elevado ritmo de pedaleo para que la aplicación sea útil, ya que con una suave cadencia estaremos generando energía eléctrica.

Gracias a dicho movimiento de rotación sobre el rotor, nuestro generador genera electricidad, y mediante el uso de un regulador electrónico, adapta la intensidad y voltaje logrando niveles óptimos para la carga del grupo de baterías.

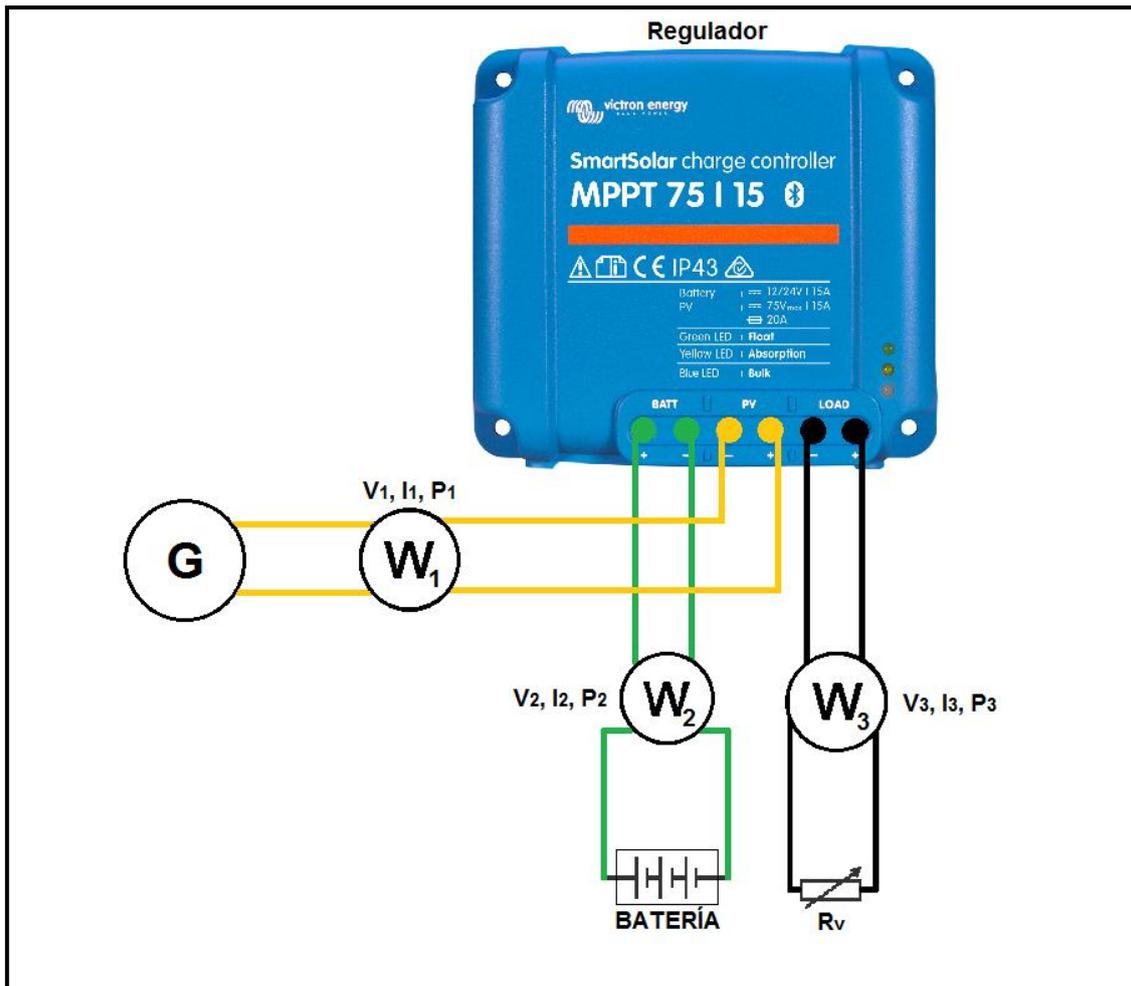


Fig.3.3.- Diagrama de grupo generador, regulador y baterías.

### Grupo de paneles fotovoltaicos.

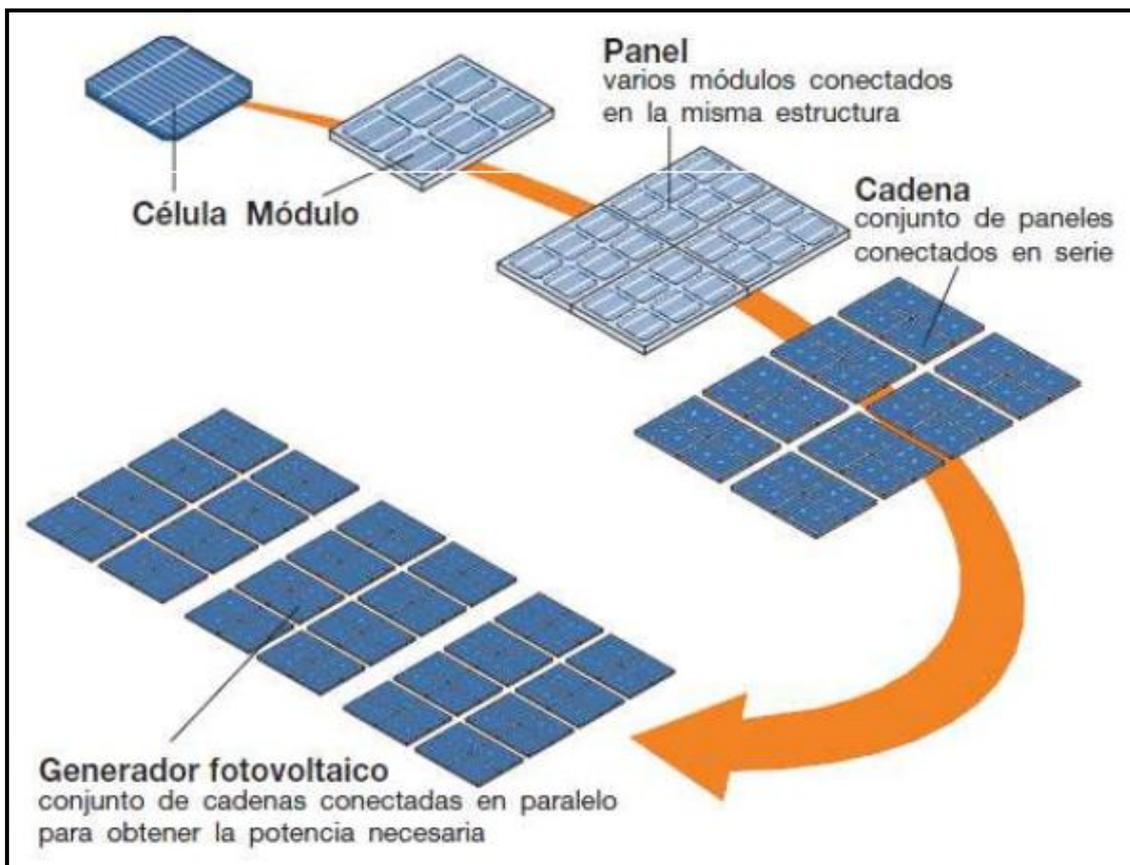
Es la parte de generación pasiva de la instalación. Ésta no depende del número de personas que están en ese momento haciendo uso del gimnasio, ya que como es evidente, depende exclusivamente de factores climatológicos. Para ello, se plantea lo siguiente:

Un panel fotovoltaico, en general, es un conjunto de módulos de silicio que utilizan el efecto fotovoltaico que se produce en una unión semiconductor para generar electricidad de CC. Estos paneles están formados en su unidad más básica por células fotovoltaicas.

Éstas consisten en una unión semiconductor que al recibir radiación solar genera una corriente proporcional al flujo luminoso, es decir, cuanta más luz se recibe, más electricidad genera (*normalmente, 3A con 0.5V y una potencia de 1.7 Wp*). A su vez, una agrupación en serie de estas células recibe el nombre de módulo fotovoltaico.

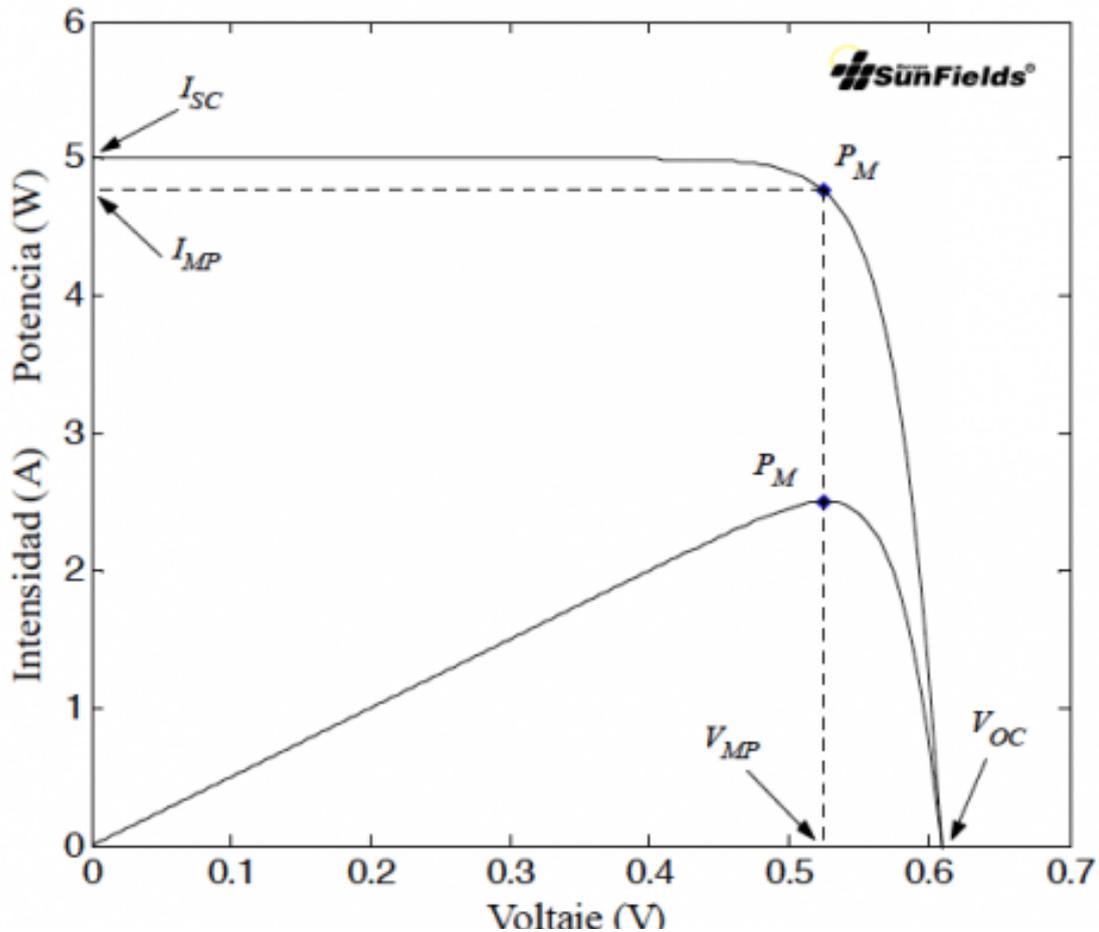
*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Con dicha agrupación, conseguimos aumentar la tensión en bornes y potencia del conjunto, siendo los típicos de 36 células y 12V y de 125Wp. Como ya se ha comentado, una agrupación de estos módulos recibe el nombre de panel, que será con lo que trabajaremos de ahora en adelante.



*Fig.3.4.- Diagrama de células y paneles fotovoltaicos.*

En los paneles fotovoltaicos, la característica principal de todos ellos es su curva I-V. Ésta tiene 3 puntos principales importantes, que son la intensidad de cortocircuito ( $I_{cc}$ , a partir de ahora), la tensión en circuito abierto ( $V_{oc}$ ) y el punto de máxima potencia ( $MPPT$ ).



*Fig.3.5.- Curva fotovoltaica (I-V, P) del MPPT, cortesía de Sunfields.*

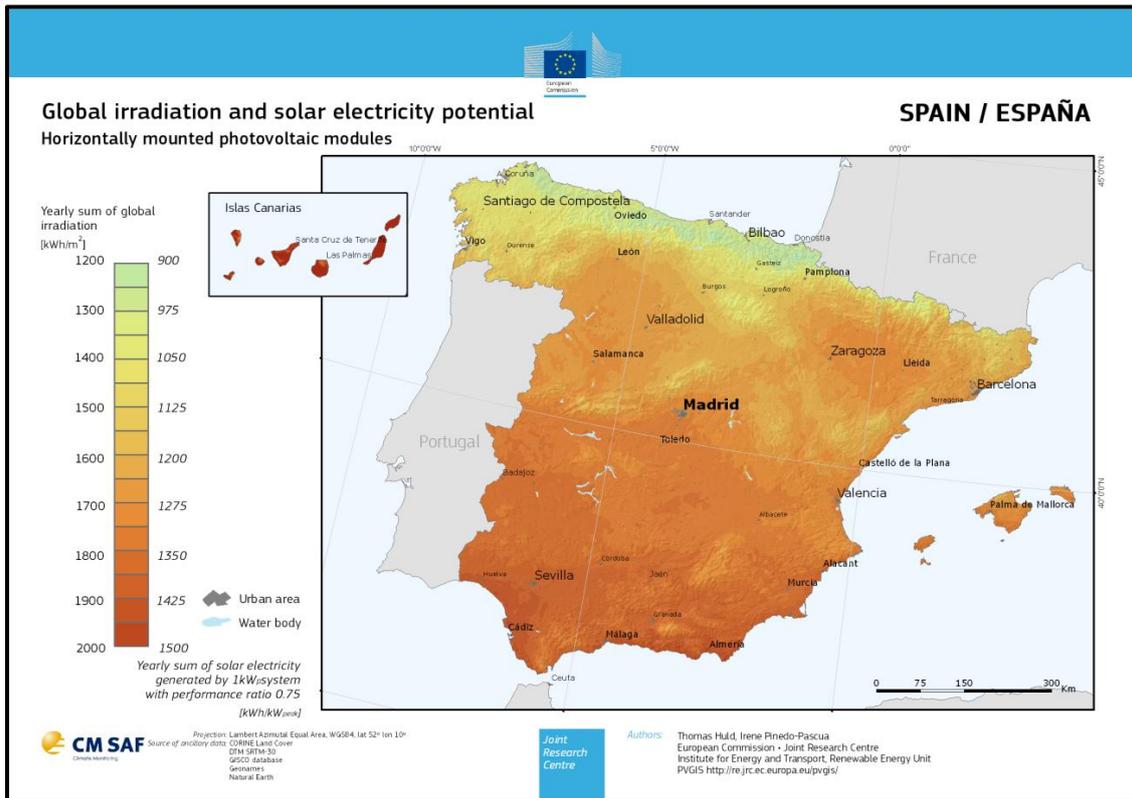
Teóricamente, el punto de máxima potencia (MPPT) de un elemento fotovoltaico es la máxima potencia eléctrica que éste puede llegar a generar bajo las condiciones estándar de funcionamiento, es decir, a una temperatura de celda de 25°C y recibiendo una irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Dichas condiciones son difíciles de alcanzar, en primer lugar porque cuanto más luz se reciba, también se recibirá más radiación (espectro infrarrojo). Esto repercute negativamente en el rendimiento del panel, aumentando la temperatura de la celda.

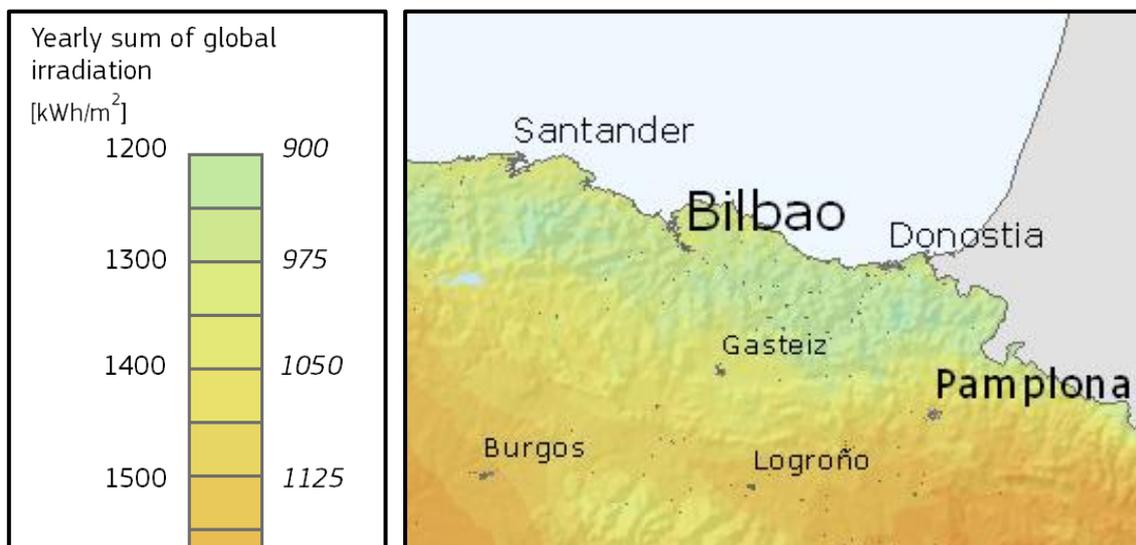
En segundo lugar, porque dicho nivel de irradiación se trata de una idealización que será muy difícil alcanzar en la práctica (o al menos de manera constante, bajo las condiciones del escenario planteado).

Por todo ello, en este proyecto se han tomado una serie de medidas, consideraciones y factores de corrección y de seguridad que buscan garantizar una aproximación fiable en los cálculos, lo más próxima a la realidad posible.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*



*Fig.3.6.- Mapa Europeo Solar de Irradiación.*

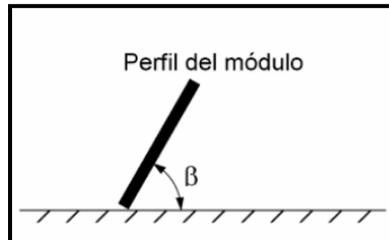


*Fig.3.7.- Mapa local de irradiación solar sobre los escenarios elegidos.*

Por otra parte, un factor que influye de manera notable en la energía eléctrica obtenida en una instalación fotovoltaica es la orientación de la misma. En este ámbito, existen dos posibles configuraciones para una instalación de este tipo: las de posición fija y las de seguimiento solar.

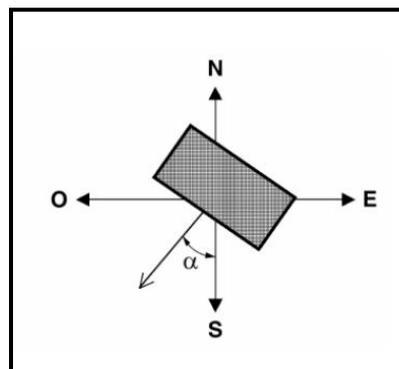
*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Las primeras, en posición fija, están normalmente orientadas al sur geográfico (en caso de estar situadas en el norte) u orientadas al norte geográfico (en caso de estar al sur) y con una inclinación -inamovible- según latitud.



*Fig.3.8.- Orientación de los paneles según latitud de la localización.*

Las segundas, con seguimiento solar, modifican continuamente su posición (inclinación y orientación del panel) buscando obtener la máxima eficiencia solar, al conseguir tener la fuente energética siempre de frente.



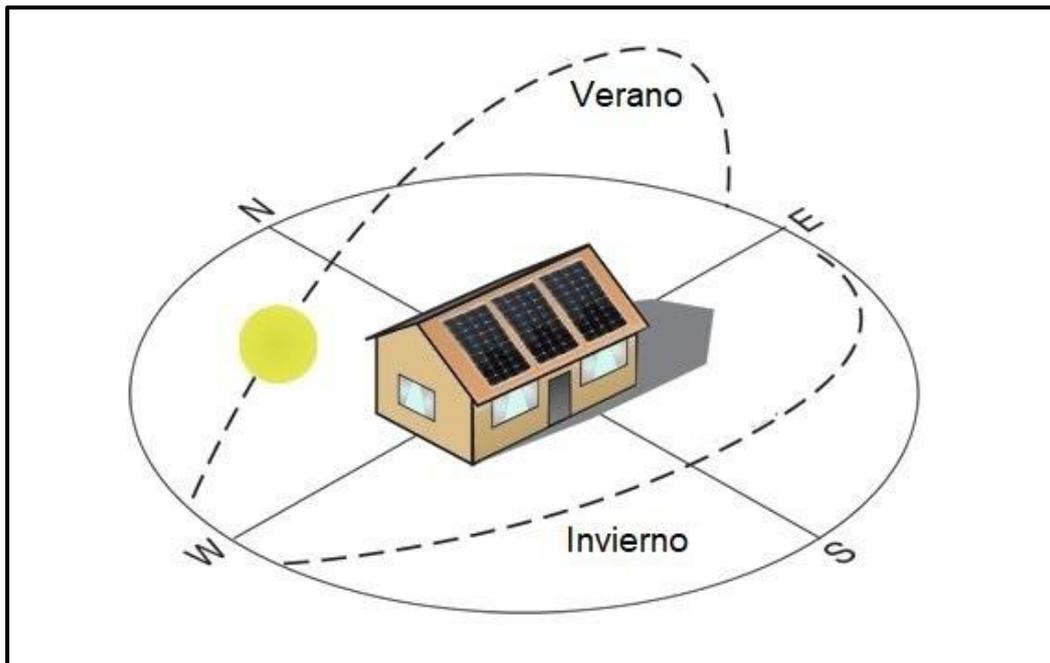
*Fig.3.9.- Orientación de los paneles según acimut solar.*

La irradiación ( $G$ ) mencionada previamente, depende de manera directa de dicho factor, ya que no se recoge la misma energía en todas las partes del mundo, siendo la latitud un factor importante a tener en cuenta.

La inclinación de los rayos en las diversas estaciones del año depende de la latitud. Pues bien, la latitud de Euskadi, entre los  $42^\circ$  y los  $43,5^\circ$  al norte del Ecuador, sitúa al país dentro de lo que se ha llamado zona templada. El papel que juega la latitud en el clima de una región es doble: en primer lugar, determina la cantidad de energía solar incidente y sus variaciones estacionales a lo largo del año; en segundo lugar, determina la dirección general y más frecuente de los vientos que la afectan.

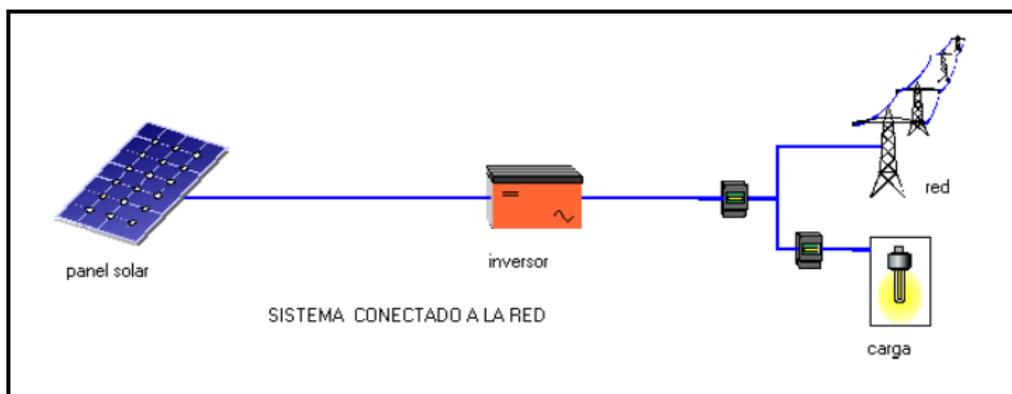
A rasgos generales, la latitud determina que la inclinación solar sobre Euskadi varíe a mediodía entre un máximo de  $70^\circ$  en el solsticio de verano (*21 de Junio*) y un mínimo de  $25^\circ$  en el solsticio de invierno (*21 de Diciembre*), y que la duración del día, esto es, de la iluminación solar, oscile entre las 16 horas del máximo veraniego y las 9 horas aproximadamente del mínimo invernal.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*



*Fig.3.10.- Orientación solar variable del ciclo solar según estación del año.*

Además, existen dos posibles configuraciones para la conexión de las instalaciones fotovoltaicas, bien sea conectadas a la red o bien como generación aislada. En el primer caso, dicha conexión se realiza por medio de una serie de inversores, aparatos electrónicos que transforman la CC generada en CA antes de llevarla a centros de transformación y conectar a líneas de Media Tensión (MT) o a las cargas eléctricas que se necesiten.



*Fig.3.11.- Conexión Media Tensión-Transporte.*

En el segundo caso, que es el tratado en este proyecto, se trabaja con un planteamiento en el que la energía, tras pasar por un regulador, es usada bien para alimentar unas cargas en CC o CA, para lo que se hace uso también del mencionado inversor o se acumula en una serie de baterías.

Su funcionamiento es el siguiente:

- Generador fotovoltaico: Recibe la radiación solar y genera electricidad en CC. Ésta, obtenida en los paneles solares, es suministrada a las baterías, a través del regulador de carga.

Éste regulador proporciona el control que se necesita de todos los parámetros, y en nuestro caso particular, el MPPT 75/15A, se encargará de buscar siempre el punto de máxima potencia (*MPPT*) gracias a su electrónica interna.

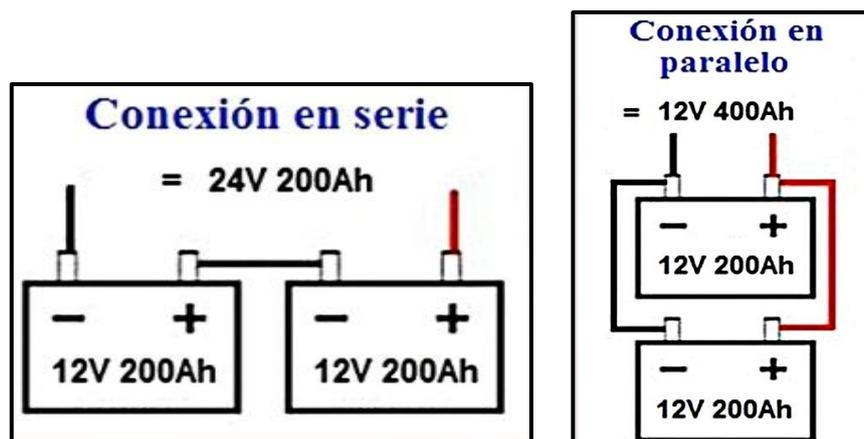
- Por otro lado, si el consumo es alimentado por corriente continua (CC), lo adecuado es utilizar la salida del regulador destinada a consumos, ya que se encuentra protegida. Si el consumo es alimentado por corriente alterna (CA) es necesario disponer de un inversor, como ya se ha comentado previamente.

### Grupo de baterías para el almacenamiento de energía.

Como ya se ha comentado a lo largo de este documento, la energía generada por las dos fuentes de generación (generadores e instalación fotovoltaica) es usada para mitigar el consumo energético de la instalación a la que se acopla. Por ello, ya que dicha generación no es constante -debido entre otros a factores de ocupación del gimnasio y factores meteorológicos- se opta por el acoplamiento a un grupo de baterías.

La función principal de estas baterías es acumular la energía generada. En un momento dado, o a lo largo de todo el día, éstas se descargan para suplir la demanda de energía eléctrica efectuada por las cargas acopladas a la red eléctrica de la instalación. Con ello, conseguimos dos cosas principalmente, la primera, disminuir el consumo de energía, ahorrando una importante cantidad de kWh al año -por ende, cantidad económica-, y la segunda, hacerlo mediante fuentes de generación limpia y renovable.

Este grupo de baterías, para cumplir su función, se conectan en serie y en paralelo, en el primer caso para aumentar la tensión en bornes si fuese necesario, y en el segundo, para aumentar la capacidad de carga y descarga del conjunto.

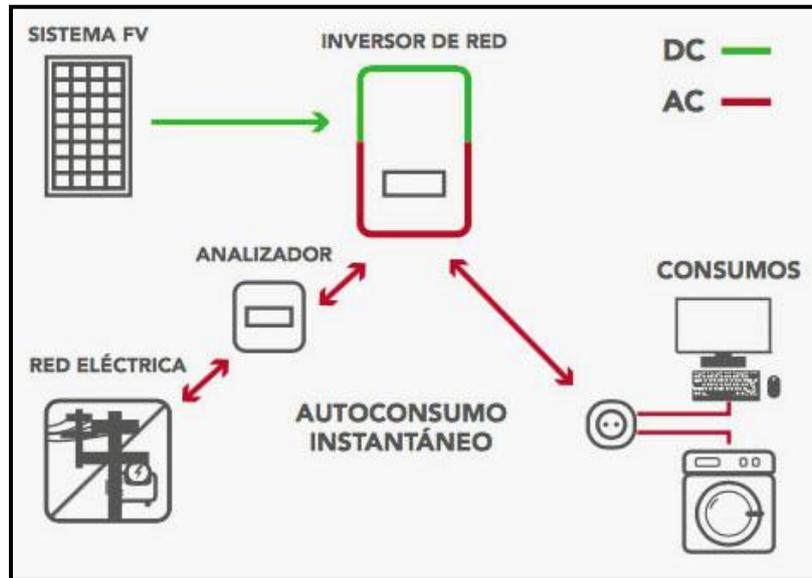


*Fig.3.12.- Esquema montaje baterías según necesidad.*

Con estas consideraciones, se aumenta la capacidad de funcionamiento, y como se ha comentado, mediante el uso de reguladores tanto de la fuente de generación de las bicicletas como de la fuente de generación fotovoltaica, se acumula la energía en ellas, y a su vez, se alimentan las cargas a través de las salidas de los reguladores cada vez que sea necesario.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Cuando la energía demandada por las cargas es mayor que la de las baterías, es decir, cuando ni la energía acumulada en el grupo de baterías ni los grupos de generación son capaces de generar la suficiente electricidad como para suplir toda la demanda de las cargas conectadas, la instalación hace uso de la red de consumo eléctrico convencional (Monofásica, 230V), cuyo funcionamiento y acople se explican en el siguiente apartado.



*Fig.3.13.- Esquema montaje consumo de red.*

Conexión a la red eléctrica.

La conexión a la red eléctrica es la base del funcionamiento de toda carga acoplada hoy en día en un sistema. Mediante el consumo a través de ésta red, se consigue alimentar todos los aparatos, tanto eléctricos como electrónicos, con los que hacer nuestra vida más fácil.

En lo que se refiere a una instalación deportiva -en nuestro caso, un gimnasio o sala de spinning- dicha conexión no se antoja un factor fundamental, puesto que las únicas cargas a tener en cuenta son luces, equipos de sonido, etc. Sobre nuestra bicicleta estática, lo único que nos atañe son piezas puramente mecánicas. Cuadro, volante de inercia, pedales y zapata de freno son independientes del consumo eléctrico, por lo que al acoplar el generador a la bicicleta y éste a su vez al grupo generador, conseguimos introducir una micro-red de la que obtener energía, donde antes no la había.

Tras esta generación, se transporta la electricidad a través de cables -previo dimensionamiento- hasta las baterías, de las que consumen energía las cargas, creando así una red eléctrica inteligente (*también llamadas Smart Grids*) de consumo. Por otra parte, también en el caso de los paneles fotovoltaicos obtenemos el mismo resultado, al integrar el grupo de paneles dentro del sistema eléctrico de consumo.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Cargas demandantes de energía eléctrica.

Como objetivo principal y final del proyecto, se tienen las cargas eléctricas. Toda la generación obtenida, previa acumulación en el grupo de baterías analizado es consumida por el conjunto de cargas demandantes de electricidad de la instalación. Existen dos tipos bien diferenciados de cargas: la carga de CC (*bombilla LED DC*) y la de CA (*frigorífico, TV, equipo de sonido, lámpara fluorescente*).

Dependiendo del tipo de carga eléctrica que sea necesario alimentar, así como su número, las exigencias del sistema de generación y de conexión a la red eléctrica son diferentes, variando significativamente de un caso a otro. Incluso, dentro de las cargas de consumo en CA, se pueden distinguir 3 casos: resistivas, inductivas y capacitivas, también con características de consumo y demanda distintas.

Por tanto, teniendo en cuenta dichas características (tipo y número de cargas) se ha modelado la instalación, obteniendo los siguientes resultados:

Nombre Aparato Eléct.	Nº Unid.	Consumo (W)
Frigorif. Bebidas Energ.	1	120
TV (LED, 24p)	9	40
Equipo de Sonido	1	200
Router WiFi	3	6
Extractor Aire Baños	3	8
Extractor Aire Sala	4	8
Secador Pelo	4	1500
Focos Sala	25	50
Focos Flexo	8	21

Nombre	Nº Unid.	Consumo (W)
TV	1	250
Equipo de Sonido	1	100
Router WiFi	1	50
Clima	1	500
PC	1	400
Cintas Correr	9	220
Focos Sala	56	41

Nombre Aparat. Eléct.	Nº Unid.	Consumo (W)
Clima	1	5200
Aire Acondicionado Sala	3	240
Focos Sala	12	41

*Fig.3.14.-Tablas de consumo en cada uno de los escenarios a tratar: Gimnasio Atlas, Sala Fitness y sala de Spinning.*

## **METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO**

### **Procedimiento de los cálculos realizados:**

A la hora de realizar los cálculos, se han usado dos métodos para aproximar la realidad de manera precisa y clara. Por un lado, se ha analizado y modelizado el rendimiento individual de una sola bicicleta estática conectada a un generador mediante una serie de pruebas realizadas en el laboratorio y por otro lado, se ha hecho un estudio detallado de la irradiación recibida y latitud e inclinación configurables de la instalación fotovoltaica en el escenario estudiado.

Mediante el primer montaje, el de la bicicleta, se ha comprobado que la aproximación teórica realizada es próxima a la realidad, por lo que después, mediante Excel, se han desarrollado los cálculos. En el caso de la instalación fotovoltaica, por el contrario, se ha usado la tabla de especificaciones de cada uno de los modelos estudiados -y por ende, planteados como posibles- para conseguir asemejar el consumo gracias a las hipótesis planteadas en un principio. Tras ello, se ha propuesto un escenario real de latitud e irradiación solar, basados en los datos meteorológicos y ambientales de dicho entorno.

La realidad en la que se va a trabajar de ahora en adelante, es decir, los escenarios que se han planteado en éste proyecto, son dos. Por una parte, el gimnasio Atlas de Vitoria-Gasteiz y por otro, la Fundación Estadio Fundazioa, también ubicada en la capital alavesa. En ellos, se ha estudiado la posibilidad de implantación del proyecto que se ha planteado a lo largo del documento, como solución al consumo excesivo de energía realizado por sus instalaciones. Ambas, durante el periodo de estudio que atañe a este proyecto, han mantenido diferentes tendencias energéticas, aunque con ciertos símiles que se han tenido en cuenta. Por ello, el obtener unos datos fiables de consumo, equipamiento, horario, tasa de ocupación de la instalación y espacio es crucial para una buena propuesta teórica, así como los cálculos que se han tenido en cuenta para ello.

### **Escenario I: Gimnasio ATLAS:**

El primer escenario planteado es el del Gimnasio Atlas. Este complejo deportivo se encuentra en el centro de la ciudad y cuenta con varias salas para la práctica de deporte. Una de ellas, la sala principal, dispone de un número de bicicletas colocadas en serie a lo largo de todo el espacio, hasta alcanzar las 50 unidades. Todas ellas son bicicletas estáticas, de las mismas características, es decir, mismo volante de inercia, misma transmisión y mismo tamaño, lo que ha facilitado a la postre todos los cálculos y aproximaciones realizadas.

Cabe decir que en este escenario en particular, la instalación fotovoltaica se antoja legalmente difícil. El edificio en el que se encuentra situado el gimnasio es residencial, por lo que la azotea y el tejado a dos aguas es propiedad de la comunidad de vecinos, y por tanto, de implantarse, los beneficios energéticos

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

deberían repartirse entre todos los propietarios, por lo que no resultaría en una opción rentable. Es por ello que en este caso sólo será contemplada la opción de instalación de generadores en las bicicletas estáticas.

Por otra parte, dicha sala cuenta con numerosas cargas acopladas, entre ellas, equipo de sonido, varias TV y una gran cantidad de focos lumínicos. Cada una de las cargas mencionadas tiene un consumo diferente dependiendo de la energía requerida para su funcionamiento y además, el número de elementos de cada tipo evidentemente afecta a la hora de realizar los cálculos.

Tras enumerar todas las cargas eléctricas de la instalación, así como su número, para el cálculo energético posterior, se plantean dos nuevas características del complejo en cuestión: su horario y su tasa de ocupación.

		Horas Tot.
Horario Normal	6.45-22:30h	15:45h
Horario Sabado	8:00-20:00h	12:00h
Horario Domingo	9:00-14:00h	5:00h

*Fig.4.1.- Horario gimnasio Atlas.*

En la tabla superior se muestra el horario semanal del gimnasio ATLAS, junto con la columna de la derecha, que nos indica el tiempo total que dicho gimnasio está abierto al día. Además, la figura inferior nos aporta la información fundamental acerca del porcentaje de ocupación del gimnasio a lo largo del día, viendo claramente tendencias -picos y valles- en la afluencia a la instalación deportiva.

Para estimar dicha afluencia, se ha realizado una media aproximada de diferentes épocas del año y diferentes días de la semana, y será sobre esta estimación sobre la que se trabajará a partir de ahora.



*Fig.4.2.- Ejemplo de la afluencia al gimnasio Atlas.*

Una vez modelizado tanto las cargas eléctricas demandantes de la energía generada, como su número, y sabiendo la tasa de ocupación y horario del gimnasio dependiendo del día de la semana, se procede a plantear el consumo eléctrico semanal, por medio de las siguientes tablas:

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

<b>Entre Semana</b>	Nombre Aparato Eléct.	Nº Unid.	Consumo (W)	Horas Uso Diario (h)
	Frigorif. Bebidas Energ.	1	120	15,75
	TV (LED, 24p)	9	40	15,75
	Equipo de Sonido	1	200	15,75
	Router WiFi	3	6	15,75
	Extractor Aire Baños	3	8	1,00
	Extractor Aire Sala	4	8	15,75
	Secador Pelo	4	1500	0,50
	Focos Sala	25	50	15,75
	Focos Flexo	8	21	8,00

<b>Sábado</b>	Nombre Aparato Eléct.	Nº Unid.	Consumo (W)	Horas Uso Diario (h)
	Frigorif. Bebidas Energ.	1	120	12,00
	TV (LED, 24p)	9	40	12,00
	Equipo de Sonido	1	200	12,00
	Router WiFi	3	6	12,00
	Extractor Aire Baños	3	8	1,00
	Extractor Aire Sala	4	8	12,00
	Secador Pelo	4	1500	0,25
	Focos Sala	25	50	12,00
	Focos Flexo	8	21	8,00

<b>Domingo</b>	Nombre Aparato Eléct.	Nº Unid.	Consumo (W)	Horas Uso Diario (h)
	Frigorif. Bebidas Energ.	1	120	5,0
	TV (LED, 24p)	9	40	5,0
	Equipo de Sonido	1	200	5,0
	Router WiFi	3	6	5,0
	Extractor Aire Baños	3	8	0,5
	Extractor Aire Sala	4	8	5,0
	Secador Pelo	4	1500	0,3
	Focos Sala	25	50	5,0
	Focos Flexo	8	21	2,5

*Fig.4.3.- Tablas de consumo individual de los elementos del gimnasio Atlas.*

En ella se muestran todos los aparatos eléctricos conectados, junto con el correspondiente número de unidades de los mismos. Además, se incluye un consumo aproximado de cada uno de los elementos junto con una estimación precisa de las horas de uso diario de los mismos.

Por todo ello, cada uno de los elementos genera un consumo eléctrico diario dentro de la instalación, mostrado a continuación, junto con el consumo total semanal, sobre el que trabajaremos a partir de ahora:

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

<b>Entre Semana</b>	Nombre Aparato Eléct.	Consumo Diario (Wh)	Consumo Semanal (Wh)
	Frigorif. Bebidas Energ.	1890	9450
	TV (LED, 24p)	5670	28350
	Equipo de Sonido	3150	15750
	Router WiFi	284	1418
	Extractor Aire Baños	24	120
	Extractor Aire Sala	504	2520
	Secador Pelo	3000	15000
	Focos Sala	19688	98438
	Focos Flexo	1344	6720
<b>Wh Totales Entre Semana</b>		<b>177765</b>	

<b>Sábado</b>	Nombre Aparato Eléct.	Consumo Diario (Wh)
	Frigorif. Bebidas Energ.	1440
	TV (LED, 24p)	4320
	Equipo de Sonido	2400
	Router WiFi	216
	Extractor Aire Baños	24
	Extractor Aire Sala	384
	Secador Pelo	1500
	Focos Sala	15000
	Focos Flexo	1344
<b>Wh Totales Sábado</b>		<b>26628</b>

<b>Domingo</b>	Nombre Aparato Eléct.	Consumo Diario (Wh)
	Frigorif. Bebidas Energ.	600
	TV (LED, 24p)	1800
	Equipo de Sonido	1000
	Router WiFi	90
	Extractor Aire Baños	12
	Extractor Aire Sala	160
	Secador Pelo	1500
	Focos Sala	6250
	Focos Flexo	420
<b>Wh Totales Domingo</b>		<b>11832</b>

*Fig.4.4.- Tabla de consumo diario y semanal del Gimnasio Atlas.*

Tras ello, y con el fin de realizar la modelización lo más real posible, se muestra la siguiente tabla, la cual tiene en cuenta el número de horas de uso diario del gimnasio junto con el consumo unitario de cada una de las cargas acopladas, quedando un consumo medio constante a lo largo del día, en este caso, de 2267Wh:

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

<b>Entre Semana</b>	Nombre Aparato Eléct.	Consumo por Hora (W)	
	Frigorif. Bebidas Energ.	120	
	TV (LED, 24p)	360	
	Equipo de Sonido	200	
	Router WiFi	18	
	Extractor Aire Baños	2	
	Extractor Aire Sala	32	
	Secador Pelo	190	
	Focos Sala	1250	
	Focos Flexo	85	
	<b>Wh Totales por Hora</b>		<b>2257</b>

<b>Sábado</b>	Nombre Aparato Eléct.	Consumo por Hora (W)
	Frigorif. Bebidas Energ.	120
	TV (LED, 24p)	360
	Equipo de Sonido	200
	Router WiFi	18
	Extractor Aire Baños	2
	Extractor Aire Sala	32
	Secador Pelo	125
	Focos Sala	1250
	Focos Flexo	112
	<b>Wh Totales por Hora</b>	

<b>Domingo</b>	Nombre Aparato Eléct.	Consumo por Hora (W)
	Frigorif. Bebidas Energ.	120
	TV (LED, 24p)	360
	Equipo de Sonido	200
	Router WiFi	18
	Extractor Aire Baños	2
	Extractor Aire Sala	32
	Secador Pelo	300
	Focos Sala	1250
	Focos Flexo	84
	<b>Wh Totales por Hora</b>	

*Fig.4.5.- Tablas de consumo horario de elementos del gimnasio Atlas.*

Una vez obtenido todo el apartado de consumo, tanto el unitario -de cada uno de los elementos-, el total semanal y el diario, se procede a modelizar el horario de afluencia y tasa de ocupación del gimnasio a lo largo del día, y por ende, el horario de generación de energía eléctrica mediante los generadores acoplados a las 50 bicicletas estáticas.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

En la siguiente tabla, se plantea el “% de ocupación” del gimnasio, de donde se extrapola que dicho porcentaje también afectará de igual manera al % de bicicletas usadas en dicho periodo de tiempo. Es decir, si el gimnasio está al 40% de ocupación, supondremos un uso del 40% de las bicicletas estáticas. Una vez planteada la hipótesis, se obtiene la generación eléctrica teórica que dicho % de uso de las bicicletas produciría.

Horario Entre Semana	% Lleno	Nº Bicicletas Usadas	Wh generados (Wh)
6:45-7:00h	3,33	2	250
7-8h	10,00	5	750
8-9h	30,00	15	2250
9-10h	33,33	17	2500
10-11h	33,33	17	2500
11-12h	30,00	15	2250
12-13h	20,00	10	1500
13-14h	13,33	7	1000
14-15h	10,00	5	750
15-16h	6,67	3	500
16-17h	13,33	7	1000
17-18h	36,67	18	2750
18-19h	66,67	33	5000
19-20h	86,67	43	6500
20-21h	70,00	35	5250
21-22h	40,00	20	3000
22-22:30h	10,00	5	750
Wh Totales al día (Wh)			38500
Julios Totales al día (J)			138600000

*Fig.4.6.- Tabla de ocupación y generación -entre semana- del gimnasio Atlas.*

Y procediendo de la misma manera tanto para el sábado como para el domingo, se obtienen las siguientes cantidades generadas:

Horario Sábado	% Lleno	Nº Bicicletas Usadas	Wh generados (Wh)
9-10h	10,00	5	750
10-11h	30,00	15	2250
11-12h	40,00	20	3000
12-13h	43,33	22	3250
13-14h	33,33	17	2500
14-15h	13,33	7	1000
15-16h	3,33	2	250
16-17h	6,67	3	500
17-18h	13,33	7	1000
18-19h	20,00	10	1500
19-20h	10,00	5	750
Wh Totales al día (Wh)			16750
Julios Totales al día (J)			60300000

*Fig.4.7.- Tabla de ocupación y generación -sábado- del gimnasio Atlas.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Horario Domingo	% Lleno	Nº Bicycletas Usadas	Wh generados (Wh)
9-10h	6,67	3	500
10-11h	20,00	10	1500
11-12h	30,00	15	2250
12-13h	40,00	20	3000
13-14h	26,67	13	2000
Wh Totales al día (Wh)			9250
Julios Totales al día (J)			33300000

*Fig.4.8.- Tabla de ocupación y generación –domingo- del gimnasio Atlas.*

Una vez estimada toda la generación eléctrica producida a lo largo de la semana, se procede en la siguiente tabla a comparar tanto la mencionada generación como el consumo eléctrico de todos los elementos acoplados planteado en un inicio, obteniendo los siguientes resultados:

Energía Obtenida Semanal (Wh)	218500
Energía Consumida Semanal (Wh)	216225

*Fig.4.9.- Tabla comparación de energía obtenida y potencia consumida.*

Tras la cual se ve un claro beneficio en lo que a energía producida se refiere, concretamente, de unos 2'275 kWh semanales:

Diferencia: Beneficio - Pérdidas (Wh)
2275

*Fig.4.10.- Tabla diferencia neta: beneficio-pérdida.*

**Escenario 2: Fundación ESTADIO Fundazioa:**

El segundo escenario planteado es el de la Fundación Estadio Fundazioa. Este centro cuenta con varios edificios para la práctica de deporte, y actualmente, dos de ellos disponen tanto de salas de spinning como de gimnasio (de ahora en adelante, sala Fitness) equipado con bicicletas estáticas. Además, al ser una propiedad privada, en todos los edificios puede plantearse la instalación fotovoltaica, ya que su implementación no afecta ni repercute sobre terceros.

Dentro del propio complejo, se han considerado dos casos principalmente, el de gimnasio equipado con bicicletas generadoras e instalación fotovoltaica (I) y la de sala de spinning, con tan sólo bicicletas generadoras (II).

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Subescenario 1: Sala Fitness (Gimnasio).

Este escenario se plantea de la misma manera que el caso del gimnasio Atlas. En él, se encuentran dispuestas un número de bicicletas estáticas (14, en este caso), las cuales tras el acoplamiento del generador, obtendrán energía del pedaleo. La diferencia en este escenario, por tanto, es el consumo de las cargas y el soporte energético que suministrará la instalación fotovoltaica. Gracias a ella, el consumo realizado a la red eléctrica se verá disminuido aún más, obteniendo un mejor resultado en cuanto a costes y beneficios se refiere.

		Horas Tot.
Horario Normal	7:00-22:00h	15:00h
Horario Fines	8:00-22:00h	14:00h

*Fig.4.11.- Horario sala Fitness.*

En el consumo de las cargas, influyen de nuevo los factores ya mencionados, el horario del complejo deportivo, el tipo de carga y su número, resumido en la siguiente tabla:

Nombre	Nº Unid.	Consumo (W)
TV	1	250
Equipo de Sonido	1	100
Router WiFi	1	50
Clima	1	500
PC	1	400
Cintas Correr	9	220
Focos Sala	56	41

*Fig.4.12.- Tabla de consumo de los elementos de la sala Fitness.*

Y como se ha realizado previamente, genera un consumo medio semanal sobre el cual trabajaremos para obtener la modelización del escenario y proceder a su posterior análisis.

Entre Semana	Nombre	Consumo Diario (Wh)	Consumo Semanal (Wh)
	TV	3750	18750
	Equipo de Sonido	1500	7500
	Router WiFi	750	3750
	Clima	7500	37500
	PC	6000	30000
	Cintas Correr	29700	148500
	Focos Sala	34440	172200
Wh Totales Entre Semana			418200

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Fines de Semana	Nombre	Consumo Diario (Wh)	Consumo Semanal (Wh)
	TV	3500	7000
	Equipo de Sonido	1400	2800
	Router WiFi	700	1400
	Clima	7000	14000
	PC	5600	11200
	Cintas Correr	27720	55440
	Focos Sala	32144	64288
	Wh Totales Fines de Semana		156128

*Fig.4.13.- Tabla de consumos diario y semanal de la sala Fitness.*

Nombre	Consumo por Hora (W)
TV	250
Equipo de Sonido	100
Router WiFi	50
Clima	500
PC	400
Cintas Correr	1980
Focos Sala	2296
Wh Totales por Hora	5576

*Fig.4.14.- Tabla de consumo horario de la sala Fitness.*

Ahora, como en el caso anterior, modelizamos de nuevo la generación dentro de la instalación, en función de las bicicletas usadas, y extrapolando la ocupación a las mismas.

Horario Entre Semana	% Lleno	Nº Bicicletas Usadas	Wh generados (Wh)
7-8h	6,67	1	150
8-9h	16,67	3	450
9-10h	26,67	4	600
10-11h	36,67	6	900
11-12h	30,00	5	750
12-13h	23,33	4	600
13-14h	13,33	2	300
14-15h	10,00	2	300
15-16h	10,00	2	300
16-17h	16,67	3	450
17-18h	40,00	6	900
18-19h	70,00	10	1500
19-20h	76,67	11	1650
20-21h	53,33	8	1200
21-22h	20,00	3	450
Wh Totales al día			10500
Julios Totales al día			37800000

*Fig.4.15.- Tabla de ocupación y generación -entre semana- de la sala Fitness.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Horario Fines Semana	% Lleno	Nº Bicicletas Usadas	Wh generados (Wh)
8-9h	6,67	1	150
9-10h	16,67	3	450
10-11h	30,00	5	750
11-12h	40,00	6	900
12-13h	43,33	7	1050
13-14h	33,33	5	750
14-15h	16,67	3	450
15-16h	10,00	2	300
16-17h	13,33	2	300
17-18h	23,33	4	600
18-19h	33,33	5	750
19-20h	30,00	5	750
20-21h	20,00	3	450
21-22h	10,00	2	300
Wh Totales al día			7950
Julios Totales al día			28620000

*Fig.4.16.- Tabla de ocupación y generación -fin de semana- de la sala Fitness.*

Energía Obtenida Semanal (Wh)	108875
Energía Consumida Semanal (Wh)	217593

*Fig.4.17.- Tabla comparación de energía obtenida y potencia consumida.*

Diferencia: Beneficio - Pérdidas (Wh)
-505928

*Fig.4.18.- Tabla diferencia neta: beneficio-pérdida.*

Una vez realizado el consumo de la instalación y la generación implantada en todas las bicicletas estáticas, se procede a realizar los cálculos de la instalación fotovoltaica que se va a implantar en la azotea del edificio en cuestión, para la cual se ha seleccionado un posible panel, que tiene las siguientes características:

Panel Solar Amerisolar Policristalino.

- Potencia: 320W (24V).
- L: 1956mm. A: 992mm. E: 50mm.
- Precio: 245€.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Tabla Características del Panel	
Potencia Panel (W)	320
Altura Panel (m)	1,956
Anchura Panel (m)	0,992
Rendimiento de la Instalación (%)	70
Inclinación (Grados)	33
Latitud (Grados)	42,5

*Fig.4.19. - Tabla de características del panel Amerisolar Policristalino 320W y del escenario tratado.*

Mediante el software PVGIS-CMSAF se han obtenido los resultados de irradiación solar, en base a la latitud del escenario tratado, en este caso, la ciudad de Vitoria-Gasteiz, arrojando los siguientes resultados:

<b>Irradiación solar mensual</b> <b>PVGIS estimaciones de las medias mensuales a largo plazo</b> Lugar: 42°50'13" Norte, 2°41'26" Oeste, Elevación: 530 m.s.n.m,
Base de datos de radiación solar empleada: PVGIS-CMSAF El ángulo de inclinación óptimo es: 34 grados Irradiación anual perdida a causa de las sombras (horizontal): 0.0 %

*Fig.4.20.- Características particulares de la localización, según PVGIS.*

En nuestro caso particular, la latitud en la ciudad de Vitoria-Gasteiz, y más concretamente sobre el complejo deportivo de la Fundación Estadio, es de 42'5°, por lo que según el programa, la posición ideal de los paneles sería la de "Latitud - 10° de inclinación".

Por ello, se elige una inclinación de 33° aproximadamente para los cálculos posteriores de irradiación solar sobre el escenario elegido. En la tabla, la columna de la derecha,  $I_{opt}$ , muestra la inclinación de los paneles –en grados- para la cual el aprovechamiento energético de la instalación sería máximo en función del mes del año.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

<b>Mes</b>	$H_h$	$H_{opt}$	$H(33)$	$I_{opt}$
Ene	1490	2400	2380	62
Feb	2220	3160	3140	55
Mar	3730	4660	4650	44
Abr	4500	4870	4880	28
Mayo	5460	5380	5410	15
Jun	6240	5890	5920	9
Jul	6630	6400	6430	13
Ago	5650	5990	6000	25
Sep	4420	5370	5370	40
Oct	2930	4090	4070	52
Nov	1660	2520	2510	60
Dic	1370	2310	2290	65
<b>Año</b>	<b>3870</b>	<b>4430</b>	<b>4430</b>	<b>34</b>

*Fig.4.21.- Tabla con la irradiación solar recibida: Horizontal -Óptima - Inclinación Elegida (Wh/m<sup>2</sup>/día).*

A la hora de caracterizar el escenario, se ha elegido el edificio -en la imagen inferior-, cuya azotea actualmente es usada como solárium por los usuarios del complejo. Éste es plano y está orientado al Sur, con un Acimut solar de apenas 11°, el cual se considerará despreciable en instalaciones fotovoltaicas sobre superficies planas, como es el caso.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*



*Fig. 4.22.- Escenario de la instalación fotovoltaica.*

Se ha calculado -mediante herramientas de la aplicación satélite- unas medidas aproximadas de 20m de anchura por 45m de longitud. Por tanto, se obtiene una superficie total aproximada de 900m<sup>2</sup>, que será la usada para los cálculos fotovoltaicos de la instalación de ahora en adelante.

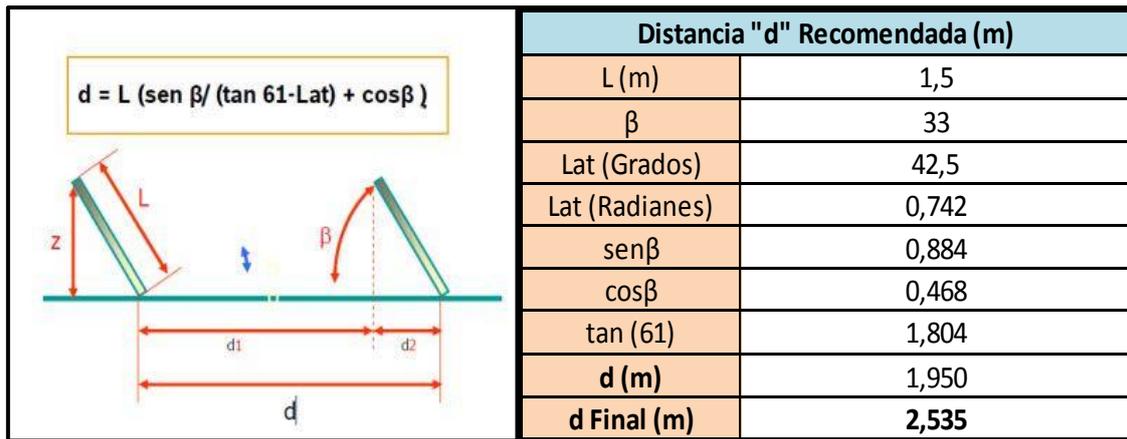
Ancho (m)	Largo (m)
20	45

Superficie total (m2)	900
-----------------------	-----

*Fig.4.23.- Datos de las dimensiones de la azotea.*

Una vez conocidas las dimensiones del escenario, se ha optado por la ubicación de filas de paneles, una detrás de otra, orientadas hacia el Sur, aprovechando por tanto la orientación natural del edificio. A la hora de calcularlo se ha procedido de la manera indicada en la imagen inferior, junto con el cálculo obtenido en la web <http://www.censolar.edu/filedist.php/>, a modo de refuerzo y contrastación de los resultados.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*



*Fig. 4.24.- Cálculo y datos usados en función del escenario.*

Una vez obtenida la distancia óptima (en un principio, considerada de 1'95m) de colocación entre filas de paneles para evitar sombras perjudiciales que pudieran hacer bajar el rendimiento de nuestra instalación fotovoltaica, se aplicó un coeficiente de seguridad -del 30%- que arrojó una distancia final de 2'535m.

Como se ha mencionado previamente, mediante el software "Filedist", introduciendo los mismos datos, se ha obtenido una distancia óptima de 2'21m., similar a las obtenidas en los cálculos previos. Para una mayor fiabilidad de los cálculos, a partir de ahora todas las consideraciones estarán hechas en base a la medida más conservativa, en este caso, 2'535m.

Sabida la distancia en la que deben de estar separados los paneles a lo largo de la superficie, se calcula el número de ellos que podrán implantarse, en función de las medidas de la instalación.

Ancho (m)	Largo (m)
20	45

*Fig.4.25.- Características de la azotea del edificio.*

Sabiendo -de las características de los paneles- que el ancho de cada uno de ellos es de 0,992m, dividimos por el ancho de la superficie de la azotea y de nuevo, aplicamos un factor de seguridad de "-3 paneles" fotovoltaicos, obteniendo un total de 18 paneles por cada una de las filas que se implanten.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

De la misma manera, se utiliza la distancia óptima -2,535m- previamente calculada y se divide por la longitud de la superficie, aplicando de nuevo el mismo coeficiente de seguridad de “-3 paneles”, obteniéndose finalmente 11 filas instalables en la azotea del edificio.

<b>Paneles en Edificio A</b>	
Largo	11
Ancho	18
<b>Total</b>	<b>198</b>

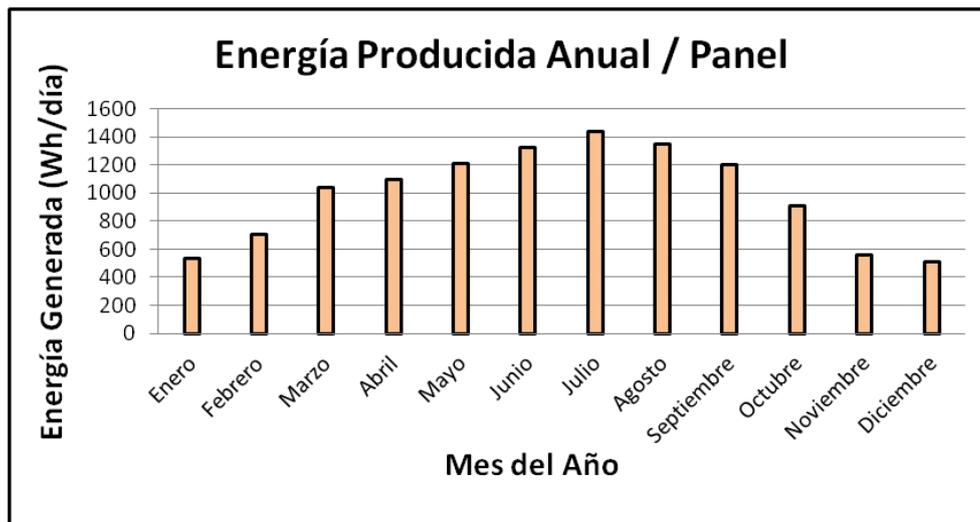
*Fig.4.26.- Número de paneles a instalar a lo largo y ancho de la superficie.*

Tras ello, se obtienen 198 paneles fotovoltaicos instalables en la azotea. Atendiendo de nuevo a las características de cada uno de los paneles, se fija un precio de consumo eléctrico y se grafica la energía obtenida mediante el software PVGIS, para obtener el resultado económico completo de la generación (y por ende, el ahorro) que supondría la instalación:

<b>Panel FV de W</b>	320
<b>Precio Electricidad (€/ kWh)</b>	0,14
<b>Energía Generada Anual / Panel (kWh)</b>	368,38
<b>Ahorro / Ganancia Anual / Panel (€)</b>	51,57

*Fig.4.27.- Potencia, energía producida y ahorro anuales de cada panel.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*



*Fig. 4.28.- Energía producida por panel a lo largo del año.*

La tabla y la gráfica anteriores se han obtenido mediante los datos ofrecidos por el software de cálculo de irradiación solar ya mencionado previamente, PVGIS. Tabulando la información ofrecida por éste, obtenemos lo siguiente (con una inclinación de panel de 33°):

	H (33) (Wh/m <sup>2</sup> /día)	Horas Solares (Wp/día)
Enero	2380	2,38
Febrero	3140	3,14
Marzo	4650	4,65
Abril	4880	4,88
Mayo	5410	5,41
Junio	5920	5,92
Julio	6430	6,43
Agosto	6000	6
Septiembre	5370	5,37
Octubre	4070	4,07
Noviembre	2510	2,51
Diciembre	2290	2,29
<b>Año (Media)</b>	<b>4430</b>	<b>4,43</b>

*Fig.4.29.- Irradiación y horas pico obtenidas mensualmente.*



*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

	Energía Generada (Wh/día)	Energía Generada Mensual (Wh)
Enero	533	16527
Febrero	703	21804
Marzo	1042	32290
Abril	1093	33887
Mayo	1212	37567
Junio	1326	41108
Julio	1440	44650
Agosto	1344	41664
Septiembre	1203	37289
Octubre	912	28262
Noviembre	562	17429
Diciembre	513	15902
<b>Año (Media)</b>	992	30762
	<b>Energía Generada Anual (Wh)</b>	<b>368379</b>

*Fig.4.31.- Energía generada anual por cada panel instalado.*

Por último, una vez obtenidas tanto la energía diaria, mensual y anual, junto con todas las características de la instalación y la geografía de la localización, se procede con el ahorro anual que supondría la futura implantación.

Sabemos que en la superficie del edificio, de 900 m<sup>2</sup> pueden introducirse 198 paneles, con lo cual, multiplicando por las características individuales, se obtiene la siguiente tabla de valores:

<b>Panel FV de W</b>	320	<b>EDIFICIO PLANO (A)</b>
<b>Precio Electricidad (€ / kWh)</b>		0,14
<b>Energía Generada Anual (kWh)</b>		72940
<b>Ahorro / Ganancia Anual (€)</b>		10.212 €

*Fig.4.32.- Tabla de ahorro anual de consumo de la instalación.*

Tras haber fijado un precio por panel de 245€, el montante total asciende hasta los 48.510€, el cual se verá totalmente amortizado al cabo de 5 años, gracias al ahorro anual de 10.212€, y por tanto, a partir del 5º año desde su implantación, dicha instalación no solo supondrá un ahorro de consumo eléctrico, sino que empezará a generar un beneficio económico neto anual (más adelante se realiza un análisis más detallado).

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Precio Individual del Panel (€)	245 €
Coste Total de los Paneles (€)	48.510 €
Periodo Amortización (Años)	4,8

*Fig.4.33.- Precio y periodo amortización de los paneles.*

Tras haber modelizado el sistema de generación fotovoltaico, el siguiente paso es el de diseñar el sistema de acumulación. A lo largo del día, puede haber momentos que bien la generación sea mayor que el consumo (por lo que habría un excedente de energía que será el que acumularemos en el grupo de baterías) o que simplemente queramos acumular en las baterías toda la energía generada a través de un regulador y consumirla cuando sea necesario. Por tanto, se procede con el diseño del dimensionamiento del sistema de acumulación, teniendo en cuenta las características del escenario, en este caso particular, la sala Fitness (En este trabajo se ha realizado el dimensionamiento de los sistemas de acumulación para todos los escenarios, pero se muestra el proceso de éste por ser el más claro).

Dicho lo cual, necesitaremos de un sistema de acumulación para poder almacenar la energía generada. En un principio, el consumo eléctrico dentro de la sala Fitness será considerada constante, pero no así la generación que variará en función de la época del año y del clima del día a día. Es por ello que se plantea el diseño del sistema de acumulación mediante los siguientes cálculos, a partir del modelo de batería "UPower 550Ah 24V UP-GC16", que tiene las siguientes características:

Voltaje (V)	24
Capacidad (Ah)	550
Prof. Descarga (%)	80%
Precio (€)	1.375 €



*Fig.4.34.- Tabla de características del modelo de batería elegido.*

Tras este primer planteamiento, se procede con el resto de características del sistema. El número de días de "autonomía sin aporte solar" -Daut-, son los días durante los cuales la batería por sí sola puede alimentar a la instalación en cualquier periodo del año (considerando que no hay paneles). Sobre esta base se hará el cálculo de la batería necesaria.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Para una utilización normal en países templados se puede fijar una autonomía de 5 a 8 días. Se puede incluso fijar la autonomía en 10-15 días sin aporte solar, en el caso de sistemas muy sensibles. El IDAE recomienda fijar 3 días de autonomía, que será el que se considerará para los cálculos a partir de ahora.

La capacidad nominal de una batería viene dada generalmente para una descarga en 20 horas (*se representa como C20*) a la temperatura de 25 °C. La capacidad necesaria para un funcionamiento de *Daut* días, y unas necesidades de electricidad diarias de *Cmáx* son de:

$$\text{Cútil} = \text{Daut} \cdot \text{Cmáx}$$

$$\text{Capacidad útil de la batería (Ah)} = \text{Número de días de autonomía sin aporte solar} \times \text{Consumo diario de la aplicación (Ah)}$$

En nuestro caso, en la sala Fitness se obtiene un consumo diario medio de 82kWh. Para poder trabajar en Ah (Amperios-hora) usaremos el voltaje de los propios paneles (24V), y sabiendo que la potencia  $P=V \cdot I$ , obtendremos los siguientes resultados:

Energía Consumida Diaria (Wh)	82045
-------------------------------	-------

*Fig.4.35.- Energía consumida en la instalación.*

Los cuales, tras ser divididos entre el voltaje, se emplearán como:

Capacidad Útil Bat (Ah)	10256
-------------------------	-------

*Fig.4.36.- Capacidad útil de las baterías.*

Esta capacidad útil –*Cútil*– no es la capacidad nominal C20, sino la capacidad realmente disponible sobre el terreno en todo momento. Para calcular la capacidad nominal en función de esta capacidad deseada, se debe tener en cuenta la temperatura y la profundidad de la descarga autorizada.

Como medida de seguridad, una batería no debe descargarse por debajo de un cierto umbral ya que se corre el peligro de dañarla. Se define el Estado de carga actual ECA, como un número entre 0 y 1 que expresa el estado de carga.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

La profundidad de descarga será, por tanto:

$$PD = 1 - ECA.$$

En lo que a ciclos de recarga se refiere, una batería que puede dar 300 ciclos al 100 % de descarga, también podrá dar 600 ciclos al 50 % de descarga, etc. con una buena regulación.

Por tanto, para los cálculos se aplicará un coeficiente PD igual a 0,7 o 0,8 según los módulos de la batería. Se escogerá 0,7 para las baterías que soportan un pequeño número de ciclos y se tomará 0,8 para las baterías con un número de ciclos alto, como será el caso que se trata en los cálculos siguientes.

Para tener en cuenta al mismo tiempo los fenómenos debidos a la temperatura y a la profundidad de la descarga máxima, se calcula la capacidad nominal de la siguiente forma:

$$Csist_{acum} = \frac{Cmax * Dautonomia}{PD * RT}$$

*Csistema acumulación (Ah) = N° de días de autonomía sin aporte solar (día) x Consumo diario (Ah/día) / Profundidad de descarga máxima autorizada x Coeficiente reductor de Tª*

Cuando ya se ha establecido la capacidad total necesaria, ésta se conseguirá mediante un conjunto de baterías en serie/paralelo o solamente en paralelo según la capacidad y la tensión de las baterías y del conjunto a construir.

Capacidad Útil Bat (Ah)	10256
Cap. Sist. Acumulación (Ah)	12820
Prof. Descarga (%)	80%
Coef. Reduct. Temp.	1
Nº de días sin aporte solar	3

*Fig. 4.37. – Tabla de características de la batería calculada.*

El número de baterías en paralelo deberá ser superior al valor:

$$Nbaterias_{paralelo} = \frac{Csist_{acum}}{Cnom_{bateria}}$$

Mientras que el número de baterías en serie se calculará mediante la expresión:

$$Nbaterias_{serie} = \frac{Vnom_{CC}}{Vnom_{baterias}}$$

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Nº Bat. Paralelo	24
Nº Bat. Serie	1

*Fig.4.38.- Número de baterías necesarias en paralelo y en serie.*

Una vez definidos los sistemas de captación y acumulación, es conveniente verificar la coherencia entre ambos sistemas, comprobando que el sistema de captación garantiza el nivel y velocidad de carga adecuados del sistema de acumulación. De igual forma, es conveniente comprobar que la velocidad de descarga máxima de la batería es adecuada. Dicha instalación satisface todas las condiciones necesarias previamente mencionadas, por lo que finalmente se obtiene una instalación fiable y bien dimensionada.

Subescenario 2: Sala de Spinning.

Este último escenario, por contra, es diferente. Su horario de funcionamiento no abarca todo el día, ya que tan sólo está en uso durante ciertas horas puntuales, siendo conocido que su tasa de ocupación es cercana al 95% durante dichas horas. Dependiendo del día de la semana, a la sala de spinning del Estadio acuden distintos grupos, los cuales suponemos que usarán todas y cada una de las 26 bicicletas estáticas de las que dispone la instalación.

Además, se plantea la hipótesis de que en las clases de spinning el ritmo de pedaleo -la cadencia mantenida-, y por tanto, la velocidad del rotor, será mayor que en los dos escenarios previos. Con el aumento de la velocidad de giro, obtendremos una mayor potencia de cada una de las bicicletas, lo que ayuda a amortizar el consumo realizado a la red eléctrica del complejo al tener una mayor potencia total generada.

Nº Bicicletas Gimnasio	26
Watt. generad. por bici	200
Nº Metros cuadrados	120
Número de focos de luz	12
Porcentaje de ocupación(%)	80%

*Fig.4.39.- Características de la sala de spinning.*

En la parte correspondiente a consumo, tampoco deberá considerarse su uso a lo largo de todo el día. Además, la sala de spinning no tiene un consumo alto, ya que cuenta con pocos elementos eléctricos conectados, que son los siguientes:

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Nombre Aparat. Eléct.	Nº Unid.	Potencia (W)
Clima	1	5200
Aire Acondicionado Sala	3	240
Focos Sala	12	41

*Fig.4.40.- Tabla de consumo de los elementos de la sala spinning.*

Nombre Aparat. Eléct.	Horas Uso Semanales (h)	Consumo Semanal (Wh)
Clima	1	5200
Aire Acondicionado Sala	33	23760
Focos Sala	33	16236
Wh Totales Semana		45196

*Fig.4.41.- Tabla de consumo semanal de la sala spinning.*

Por otra parte, basta con tener en cuenta los factores de una sola bicicleta para obtener la generación de energía semanal de todas ellas. Se supondrá que en todas las clases el porcentaje será del 80% (para un cálculo conservador, ya que en realidad el porcentaje podría ser mayor) y una generación por bicicleta de 200W.

Horas Tot. Entre Semana	Energía gen. Semanal
33	137280

*Fig.4.42.- Generación semanal de la sala spinning.*

Por último, se comparan la energía producida y consumida por la sala, de donde se aprecia un claro excedente de energía producida, la cual se almacenará para posteriores usos en el grupo de baterías que se diseñará posteriormente.

Energía Obtenida Semanal (Wh)	137280
Energía Consumida Semanal (Wh)	45196
Energía por suplir (-) ó excedente (+)	92084

*Fig.4.43.- Tabla comparación de energía obtenida y potencia consumida.*

### **Descripción de los Resultados:**

- Resultados Escenario I: Gimnasio Atlas.
- Resultados Escenario II: Fundación Estadio Fundazioa.
  - Resultados Subescenario II-I: Sala Fitness.
  - Resultados Subescenario II-II: Sala de Spinning.

En los siguientes apartados se procede a analizar y explicar los resultados obtenidos en cada uno de los distintos escenarios planteados en el apartado anterior. Todos ellos tienen características de consumo y de generación diferentes, y bien sabiendo que cualquiera de las fuentes podría ser intercambiable, así como elementos acoplados podrían añadir o quitarse para facilitar los cálculos, se ha realizado un estudio completo y riguroso sobre el cual plasmar un abanico amplio que plantee todas las posibilidades y escenarios posibles. Por tanto, y desde una perspectiva puramente teórica, se abarca una serie de planteamientos, resultados y conclusiones lo más parecidos a la realidad posibles, teniendo siempre en cuenta la posibilidad de variación de factores externos que se escapan de las consideraciones de éste análisis.

En cada uno de los escenarios siguientes, van a detallarse los resultados obtenidos en base a un grupo de cuestiones generales que afectan a todos ellos, como el coste, el beneficio o la amortización de la instalación. Como ya se ha explicado, este planteamiento teórico trata de reflejar de la manera más real posible los distintos resultados, y obvia ciertos criterios que quedaban fuera del rango de estudio y que si podrían llegar a variar en cierta manera el resultado final obtenido.

### **Resultados Escenario I: Gimnasio Atlas.**

Los resultados principales obtenidos en el Escenario I, son los siguientes:

#### Coste Total sin Instalación Eléctrica: (en €).

El escenario planteado, en este caso, el gimnasio Atlas, tiene unos consumos que le suponen un coste adicional sobre el presupuesto. Las cargas conectadas en esta instalación, así como el elevado número de todas ellas, contribuyen a engrosar dicha cifra hasta alcanzar, como se muestran en la siguiente tabla, las cifras siguientes:

Precio €/kWh	0,14		
Consumo Diario (kWh)		Consumo Semanal (kWh)	Consumo Anual (kWh)
30,89		216,23	11274,59
Consumo Diario (€)		Consumo Semanal (€)	Consumo Anual (€)
4,32		30,27	1578,44

*Fig.4.44.- Tabla de datos de consumo del gimnasio Atlas.*

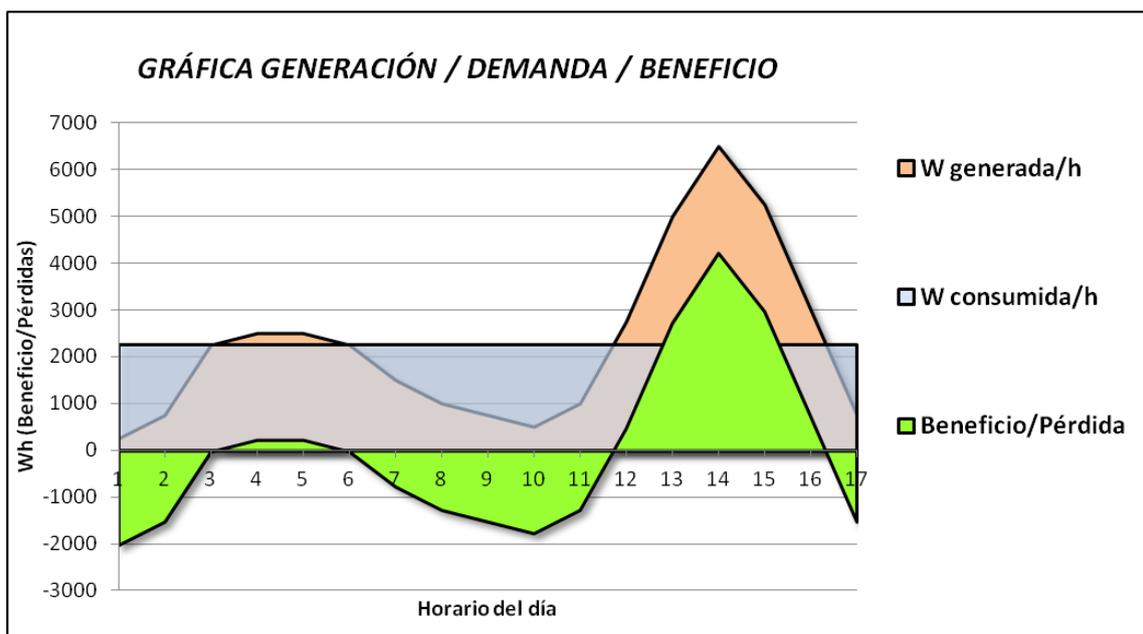
Coste Total con Instalación Eléctrica: (en €).

En este caso, el gimnasio Atlas cuenta con la fuente de generación activa implementada en todas las bicicletas, y tras asumir una serie de consideraciones previas, se plantea el siguiente escenario de generación y gasto, ya que el consumo permanecerá constante tanto si se ha implementado la instalación de generación renovable como si no. En la siguiente tabla puede verse de manera visual todos y cada uno de los parámetros considerados que en mayor o menor medida afectan al coste final, así como su beneficio económico sobre el presupuesto, al fin y al cabo, objetivo principal de este proyecto:

Benef. Gen. Semanal	30,59 €
Coste Consumo Semanal	30,27 €
Ganancia (+) - Coste (-)	0,32 €
<b>Gananc. - Coste Anual</b>	<b>16,61 €</b>

*Fig.4.45.- Precio energía generada, consumida y ahorrada.*

En la siguiente gráfica se muestra de manera más visual la diferencia entre la generación y el consumo, estimado éste último como la media de todos los días de la semana. Siendo el consumo considerado constante, la variación entre uso de la instalación fotovoltaica para mantener las cargas eléctricas conectadas (beneficio) o consumo de la red convencional (pérdida) dependerá de la generación producida en ese momento.



*Fig.4.46.- Gráfica generación, consumo y beneficio del gimnasio Atlas.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Ahorro de consumo de la red eléctrica. (En € y en %).

Planteados ambos escenarios, tanto el de consumo sin instalación de generación como el que cuenta con su implementación, se comparan ambos resultados, para poder observar el ahorro económico real que supone el contar con dicha instalación. En la siguiente tabla se muestra el ahorro que supone, analizado para varios periodos de tiempo:

<b>Precio €/kWh</b>	0,14	
<b>Consumo Diario (kWh)</b>	<b>Consumo Semanal (kWh)</b>	<b>Consumo Anual (kWh)</b>
30,89	216,23	11274,59
<b>Consumo Diario (€)</b>	<b>Consumo Semanal (€)</b>	<b>Consumo Anual (€)</b>
4,32	30,27	1578,44

<b>Precio €/kWh</b>	0,14	
<b>Generación Diaria (kWh)</b>	<b>Generación Semanal (kWh)</b>	<b>Generación Anual (kWh)</b>
31,21	218,50	11393,21
<b>Generación Diaria (€)</b>	<b>Generación Semanal (€)</b>	<b>Generación Anual (€)</b>
4,37	30,59	1595,05

<b>Precio €/kWh</b>	0,14	
<b>Beneficio Diario (kWh)</b>	<b>Beneficio Semanal (kWh)</b>	<b>Beneficio Anual (kWh)</b>
0,33	2,28	118,63
<b>Beneficio Diario (€)</b>	<b>Beneficio Semanal (€)</b>	<b>Beneficio Anual (€)</b>
0,05	0,32	16,61

*Fig.4.47.- Tablas de consumo, generación y ahorro, diario, semanal y anual.*

Coste de la implantación de la instalación de generación renovable: (€).

Por otra parte, cabe mencionar que la implementación de la instalación también acarrea unos costes. Tanto los engranajes, el acoplamiento mecánico entre el volante y el rotor, el montaje y los generadores, suponen una inversión inicial que debe de ser tenida en cuenta para más tarde llevar a cabo el plan de amortización:

<b>Presupuesto Gener. Unit.</b>	
Correa	5,00 €
<i>Correa Subtotal</i>	10,00 €
Polea	5,00 €
<i>Polea Subtotal</i>	10,00 €
Eje	1,00 €
<i>Ejes Subtotal</i>	2,00 €
Generador	30,00 €
Operario	5,00 €
<b>Subtotal Unitario</b>	<b>57,00 €</b>

*Fig.4.48.- Tabla con costes unitarios de montaje del generador.*

## **Resultados Escenario II: Fundación Estadio Fundazioa.**

En este segundo caso, se tratan los resultados de los dos casos que componen el caso de la Fundación Estadio: sala Fitness y sala Spinning. Se analiza cada escenario por separado, ya que el primero cuenta con generación fotovoltaica y de bicicletas estáticas, mientras que el segundo tan sólo cuenta con el último tipo de generación.

- **Resultados Subescenario I: Sala Fitness.**

Los resultados principales obtenidos en el Subescenario I, son los siguientes:

Coste Total sin Instalación Eléctrica: (en €).

El escenario planteado, en este caso, la sala Fitness, tiene unos consumos que suponen, de nuevo, un coste adicional. Las cargas conectadas en esta instalación, así como el elevado número de todas ellas –más que en el caso anterior-, engrosan dicha cifra hasta alcanzar, como se muestran en la siguiente tabla, las siguientes:

Precio €/kWh	0,14		
Consumo Diario (kWh)		Consumo Semanal (kWh)	Consumo Anual (kWh)
82,05		574,33	29947,10
Consumo Diario (€)		Consumo Semanal (€)	Consumo Anual (€)
11,49		80,41	4192,59

*Fig.4.49.- Tabla consumos de la sala Fitness.*

Coste Total con Instalación Eléctrica: (en €).

En este caso, la sala Fitness cuenta con la fuente de generación activa implementada en todas las bicicletas y la de la instalación fotovoltaica previamente dimensionada y, tras asumir una serie de consideraciones previas, se plantea el siguiente escenario de generación y gasto, ya que el consumo permanecerá constante tanto si se ha implementado la instalación de generación renovable como si no.

En la siguiente tabla puede verse de manera visual todos y cada uno de los parámetros considerados que en mayor o menor medida afectan al coste final, así como su beneficio económico sobre el presupuesto, al fin y al cabo, objetivo principal de este proyecto:

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Benef. Gen. Semanal	205,44 €
Coste Consumo Semanal	80,41 €
Ganancia (+) - Coste (-)	125,03 €
<b>Gananc. - Coste Anual</b>	<b>6.519,43 €</b>

*Fig.4.50.- Tabla con beneficio, coste y ahorro de la instalación.*

Ahorro de consumo de la red eléctrica. (en € y en %).

Planteados ambos escenarios, tanto el de consumo sin instalación de generación como el que cuenta con su implementación, se comparan de nuevo ambos resultados, para poder observar el ahorro económico real que supone el contar con dicha instalación. En la siguiente tabla se muestra el ahorro que supone, analizado para varios periodos de tiempo:

Precio €/kWh	0,14	
Consumo Diario (kWh)	Consumo Semanal (kWh)	Consumo Anual (kWh)
82,05	574,33	29947,10
Consumo Diario (€)	Consumo Semanal (€)	Consumo Anual (€)
11,49	80,41	4192,59

Precio €/kWh	0,14	
Generación Diaria (kWh)	Generación Semanal (kWh)	Generación Anual (kWh)
209,63	1467,40	76514,43
Generación Diaria (€)	Generación Semanal (€)	Generación Anual (€)
29,35	205,44	10712,02

Precio €/kWh	0,14	
Beneficio Diario (kWh)	Beneficio Semanal (kWh)	Beneficio Anual (kWh)
127,58	893,07	46567,33
Beneficio Diario (€)	Beneficio Semanal (€)	Beneficio Anual (€)
17,86	125,03	6519,43

*Fig.4.51.- Tablas de consumo, generación y ahorro, diario, semanal y anual.*

Coste de la implantación de la instalación de generación renovable: (€).

Por otra parte, cabe mencionar que la implementación de la instalación, en este caso, de la generación en las bicicletas y de la instalación fotovoltaica, también acarrea unos costes. Como en el caso anterior, tanto los engranajes, el acoplamiento mecánico entre el volante y el rotor, el

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

montaje y los generadores, suponen una inversión inicial que debe de ser tenida en cuenta para más tarde llevar a cabo el plan de amortización:

<b>Presupuesto Gener. Unit.</b>	
Correa	5,00 €
<i>Correa Subtotal</i>	10,00 €
Polea	5,00 €
<i>Polea Subtotal</i>	10,00 €
Eje	1,00 €
<i>Ejes Subtotal</i>	2,00 €
Generador	30,00 €
Operario	5,00 €
<b>Subtotal Unitario</b>	<b>57,00 €</b>

*Fig.4.52.- Tabla con costes unitarios de montaje del generador.*

Precio Individual del Panel (€)	245 €
Coste Total de los Paneles (€)	48.510 €
Periodo Amortización (Años)	4,8

*Fig.4.53.- Precio y periodo amortización de los paneles.*

- **Resultados Subescenario II: Sala de Spinning.**

Los resultados principales obtenidos en el Subescenario II, son los siguientes:

Coste Total sin Instalación Eléctrica: (en €).

El escenario planteado en este caso, la sala de spinning, tiene unos consumos que le suponen un coste adicional sobre el presupuesto. Las cargas conectadas en esta instalación, así como el elevado número de todas ellas, contribuyen a engrosar dicha cifra hasta alcanzar, como se muestran en la siguiente tabla, las cifras siguientes:

Precio €/kWh	0,14	
Consumo Diario (kWh)	Consumo Semanal (kWh)	Consumo Anual (kWh)
6,46	45,20	2356,65
Consumo Diario (€)	Consumo Semanal (€)	Consumo Anual (€)
0,90 €	6,33 €	329,93 €

*Fig.4.54.- Tabla consumos de la sala Spinning.*

Coste Total con Instalación Eléctrica: (en €).

En este caso, la sala de spinning cuenta con la fuente de generación activa implementada en todas las bicicletas, y tras asumir una serie de consideraciones previas, se plantea el siguiente escenario de generación y gasto, ya que el consumo permanecerá constante tanto si se ha implementado la instalación de generación renovable como si no. En la siguiente tabla puede verse de manera visual todos y cada uno de los parámetros considerados que en mayor o menor medida afectan al coste final, así como su beneficio económico sobre el presupuesto, al fin y al cabo, objetivo principal de este proyecto:

Beneficio generación	19,22 €
Coste Consumo Red	6,33 €
Ganancia (+) - Coste (-)	12,89 €
<b>Gananc. - Coste Anual</b>	<b>672,21 €</b>

*Fig.4.55.- Tabla con beneficio, coste y ahorro de la instalación.*

Ahorro de consumo de la red eléctrica. (en € y en %).

Planteados ambos escenarios, tanto el de consumo sin instalación de generación como el que cuenta con su implementación, se comparan ambos resultados, para poder observar el ahorro económico real que supone el contar con dicha instalación. En la siguiente tabla se muestra el ahorro que supone, analizado para varios periodos de tiempo:

Precio €/kWh	0,14	
Consumo Diario (kWh)	Consumo Semanal (kWh)	Consumo Anual (kWh)
82,05	574,33	29947,10
Consumo Diario (€)	Consumo Semanal (€)	Consumo Anual (€)
11,49	80,41	4192,59

Precio €/kWh	0,14	
Generación Diaria (kWh)	Generación Semanal (kWh)	Generación Anual (kWh)
209,63	1467,40	76514,43
Generación Diaria (€)	Generación Semanal (€)	Generación Anual (€)
29,35	205,44	10712,02

Precio €/kWh	0,14	
Beneficio Diario (kWh)	Beneficio Semanal (kWh)	Beneficio Anual (kWh)
127,58	893,07	46567,33
Beneficio Diario (€)	Beneficio Semanal (€)	Beneficio Anual (€)
17,86	125,03	6519,43

*Fig.4.56.- Tablas de consumo, generación y ahorro, diario, semanal y anual.*

Coste de la implantación de la instalación de generación renovable: (€).

Por otra parte, la implementación de la instalación también acarrea unos costes, en este caso, como en el primero, sólo de los generadores implementados en las bicicletas estáticas. Tanto los engranajes, el acoplamiento mecánico entre el volante y el rotor, el montaje y los generadores, suponen una inversión inicial, al igual que en el primer caso tratado, que debe de ser tenida en cuenta para más tarde llevar a cabo el plan de amortización:

<b>Presupuesto Gener. Unit.</b>	
Correa	5,00 €
<i>Correa Subtotal</i>	10,00 €
Polea	5,00 €
<i>Polea Subtotal</i>	10,00 €
Eje	1,00 €
<i>Ejes Subtotal</i>	2,00 €
Generador	30,00 €
Operario	5,00 €
<b>Subtotal Unitario</b>	<b>57,00 €</b>

*Fig.4.57.- Tabla con costes unitarios de montaje del generador.*

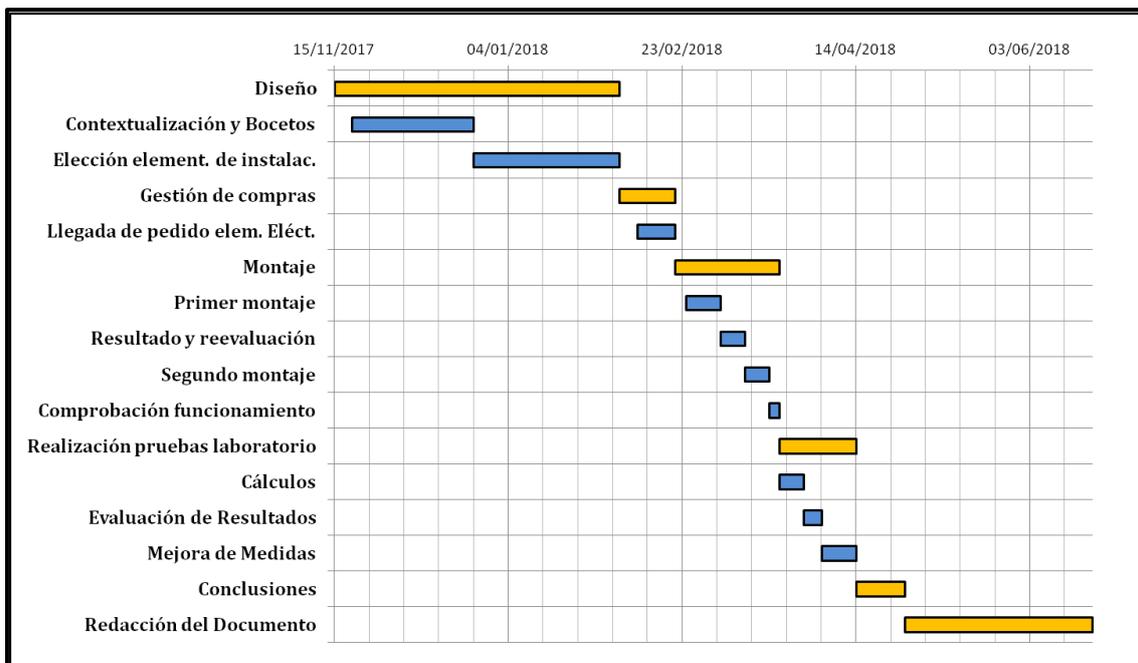
**Plan de Proyecto y Planificación:**

**Diagrama de Gantt.**

Mediante el siguiente diagrama de Gantt, se muestra de manera clara todo el flujo de tareas llevado a cabo para la consecución de este proyecto. Esquematizando las tareas y las fases de diseño, montaje y pruebas en laboratorio, dicho diagrama mostrado ofrece una recreación fiable del protocolo seguido a lo largo del curso académico para la consecución del documento:

Actividad	Nombre	Fecha de Inicio	Duración	Fecha de Terminación
1	<b>Diseño</b>	15/11/2017	82	05/02/2018
2	Contextualización y Bocetos	20/11/2017	35	25/12/2017
3	Elección element. de instalac.	25/12/2017	42	05/02/2018
4	<b>Gestión de compras</b>	05/02/2018	16	21/02/2018
5	Llegada de pedido elem. Eléct.	10/02/2018	11	21/02/2018
6	<b>Montaje</b>	21/02/2018	30	23/03/2018
7	Primer montaje	24/02/2018	10	06/03/2018
8	Resultado y reevaluación	06/03/2018	7	13/03/2018
9	Segundo montaje	13/03/2018	7	20/03/2018
10	Comprobación funcionamiento	20/03/2018	3	23/03/2018
11	<b>Realización pruebas laboratorio</b>	23/03/2018	22	14/04/2018
12	Cálculos	23/03/2018	7	30/03/2018
13	Evaluación de Resultados	30/03/2018	5	04/04/2018
14	Mejora de Medidas	04/04/2018	10	14/04/2018
15	<b>Conclusiones</b>	14/04/2018	14	28/04/2018
16	<b>Redacción del Documento</b>	28/04/2018	54	21/06/2018

*Fig.4.58.- Lista de tareas del proyecto.*



*Fig.4.59.- Diagrama Gantt del proyecto.*

## **ASPECTOS ECONÓMICOS**

### **Descripción del presupuesto:**

En este apartado se van a valorar económicamente todos los elementos necesarios para el proceso de la instalación de generación eléctrica renovable. Se va a hacer un presupuesto que cuantifique el coste del desarrollo de la ingeniería, el trabajo de los operarios y la adquisición de elementos. Es decir, se valorarán todos los costes necesarios hasta el inicio de su uso final.

Con todo esto se han estimado las siguientes inversiones para cada uno de los escenarios, que como en el caso anterior, serán tres: Gimnasio Atlas, Sala Fitness y sala de Spinning.

### **Escenario I: Gimnasio Atlas:**

En este primer caso, se plantean los costes iniciales de la instalación, los cuales habrá que tener en cuenta en el presupuesto final, ya que no dependen de las características de la instalación que se vaya a implantar, sino de factores externos que influyen en ella:

Coste Eléctrico (€/h)	0'14
Coste Operario (€/h)	20
Coste Ingeniería (€/h)	35
Costes Indirectos	7% de los Cost. Direct.
Imprevistos	10% de los Cost. Tot.
Costes Financieros	4% Cost. Tot. + Imprev.

*Fig. 5.1.- Tabla con los costes externos de la instalación.*

Tras ello, se plantea –como se ha mostrado en apartados anteriores- un escenario unitario en el que el montaje a realizar para la implantación del generador en cada una de las bicicletas sería el siguiente, suponiendo que al operario le costase 15 minutos de media realizar el acoplamiento del generador a la bicicleta:

<b>Presupuesto Gener. Unit.</b>	
Correa	5,00 €
<i>Correa Subtotal</i>	10,00 €
Polea	5,00 €
<i>Polea Subtotal</i>	10,00 €
Eje	1,00 €
<i>Ejes Subtotal</i>	2,00 €
Generador	30,00 €
Operario	5,00 €
<b>Subtotal Unitario</b>	<b>57,00 €</b>

*Fig. 5.2.- Tabla con los gastos unitarios del montaje.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Obteniendo tras ello el coste total del escenario, es decir, teniendo en cuenta el número particular de bicicletas usadas (o generadores a instalar):

<b>Presup. Gener. Total</b>	
Nº Bicicletas	50
Subtotal Unitario	57,00 €
<b>Subtotal General</b>	<b>2.850,00 €</b>

*Fig. 5.3.- Tabla del coste total de la instalación de generadores.*

Aplicando los porcentajes de costes directos, indirectos, etc. al presupuesto total, obtenemos la inversión inicial total necesaria para la implantación de la instalación de generación en las bicicletas estáticas en el gimnasio Atlas, que ascienden hasta la cantidad de 3489€:

Costes Directos		2.850,00 €
Indirectos	7%	199,50 €
Subtotal 1		3.049,50 €
Imprevistos	10%	304,95 €
Subtotal 2		3.354,45 €
Financieros	4%	134,18 €
<b>Coste Total Instalación Bicicletas</b>		<b>3.488,63 €</b>

*Fig. 5.4.- Tabla del coste total general de la instalación de generadores.*

Y finalmente, añadiendo el coste del total de baterías necesarias dimensionadas en función del escenario (obteniéndose para este caso 9 baterías), se obtiene un coste total para la implantación de la instalación de energía renovable de 15.863,63€:

Coste Total Baterías	12.375,00 €
Coste Total Instalación Bicicletas	3.488,63 €
<b>Coste Total General</b>	<b>15.863,63 €</b>

*Fig.5.5- Tabla del coste total general de la implantación renovable.*

**Escenario II: Sala Fitness (Fundación Estadio):**

Como en el caso anterior, se plantean los costes iniciales de la instalación de generación en bicicletas estáticas, los cuales habrá que tener en cuenta en el presupuesto final, ya que no dependen –al igual que antes- de las características de la instalación que se vaya a implantar, sino de factores externos que influyen en ella:

Coste Eléctrico (€/h)	0'14
Coste Operario (€/h)	20
Coste Ingeniería (€/h)	35
Costes Indirectos	7% de los Cost. Direct.
Imprevistos	10% de los Cost. Tot.
Costes Financieros	4% Cost. Tot. + Imprev.

*Fig. 5.6.- Tabla con los costes externos de la instalación.*

Tras ello, se plantea un escenario unitario, al igual que para el caso anterior, en el que el montaje a realizar para la implantación del generador en cada una de las bicicletas sería el siguiente suponiendo que al operario le costase 15 minutos de media realizar el acoplamiento del generador a la bicicleta:

<b>Presupuesto Gener. Unit.</b>	
Correa	5,00 €
<i>Correa Subtotal</i>	10,00 €
Polea	5,00 €
<i>Polea Subtotal</i>	10,00 €
Eje	1,00 €
<i>Ejes Subtotal</i>	2,00 €
Generador	30,00 €
Operario	5,00 €
<b>Subtotal Unitario</b>	57,00 €

*Fig. 5.7.- Tabla con los gastos unitarios del montaje.*

Obteniendo tras ello el coste total de este escenario en concreto, es decir, teniendo en cuenta el número de bicicletas instaladas (o generadores):

<b>Presup. Gener. Total</b>	
Nº Bicicletas	14
Subtotal Unitario	57,00 €
<b>Subtotal General</b>	798,00 €

*Fig. 5.8.- Tabla del coste total de la instalación de generadores.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Por último, aplicando los porcentajes de costes directos, indirectos, etc. al presupuesto total como en el apartado previo, obtenemos la inversión inicial total necesaria para la implantación de la instalación de generación en las bicicletas estáticas de la sala Fitness:

Costes Directos		798,00 €
Indirectos	7%	55,86 €
Subtotal 1		853,86 €
Imprevistos	10%	85,39 €
Subtotal 2		939,25 €
Financieros	4%	37,57 €
<b>Coste Total Instalación Bicicletas</b>		<b>976,82 €</b>

*Fig. 5.9.- Tabla del coste total general de la instalación de generadores.*

Una vez hecho el análisis de las bicicletas estáticas y sus correspondientes generadores, se procede con el cálculo del presupuesto para el sistema fotovoltaico. Este escenario en particular es el único que considerará su uso e implantación, por espacio y por razones económicas, que se desarrollan en las siguientes páginas.

En primer lugar, los costes externos serán, como en todos los apartados previos:

Coste Eléctrico (€/h)	0'14
Coste Operario (€/h)	20
Coste Ingeniería (€/h)	35
Costes Indirectos	7% de los Cost. Direct.
Imprevistos	10% de los Cost. Tot.
Costes Financieros	4% Cost. Tot. + Imprev.

*Fig. 5.10.- Tabla con los costes externos de la instalación.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Siendo ésta una imagen ilustrativa de la disposición de los paneles en la azotea del edificio en cuestión:



*Fig. 5.11.- Concepto del montaje en la azotea.*

Por tanto, se procede planteando los resultados obtenidos en apartados previos, como el número de paneles, precio unitario y precio total.

Número de Paneles	198
Precio Individual del Panel (€)	245 €
Coste Total Base de los Paneles (€)	48.510 €

*Fig. 5.12.- Tabla del coste total de la instalación fotovoltaica.*

Y aplicando como ya se ha hecho previamente, los porcentajes de costes indirectos, imprevistos y financieros, se obtiene:

Costes Directos		48.510,00 €
Indirectos	7%	3.395,70 €
Subtotal 1		51.905,70 €
Imprevistos	10%	5.190,57 €
Subtotal 2		57.096,27 €
Financieros	4%	2.283,85 €
<b>Coste Total Instalación Fotovoltaica</b>		<b>59.380,12 €</b>

*Fig. 5.13.- Tabla del coste total general de la instalación fotovoltaica.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Siendo los gastos totales (o inversión necesaria), de generadores, sistema fotovoltaico y sistema de acumulación de la sala Fitness de 93.357€.

Coste Total Baterías	33.000,00 €
Coste Total Instalación Fotovoltaica	59.380,12 €
Coste Total Instalación Bicicletas	976,82 €
<b>Coste Total General</b>	<b>93.356,94 €</b>

*Fig.5.14.- Tabla de coste total general de la sala Fitness.*

**Escenario III: Sala de Spinning (Fundación Estadio):**

Como en los casos anteriores, se plantean los costes iniciales de la instalación, los cuales habrá que tener en cuenta en el presupuesto final, ya que no dependen de las características de la instalación que se vaya a implantar, sino de factores externos que influyen en ella:

Coste Eléctrico (€/h)	0'14
Coste Operario (€/h)	20
Coste Ingeniería (€/h)	35
Costes Indirectos	7% de los Cost. Direct.
Imprevistos	10% de los Cost. Tot.
Costes Financieros	4% Cost. Tot. + Imprev.

*Fig. 5.15.- Tabla con los costes externos de la instalación.*

Tras ello, se plantea un escenario unitario, al igual que en los casos anteriores, en el que el montaje a realizar para la implantación del generador en cada una de las bicicletas sería el siguiente suponiendo que al operario le costase 15 minutos de media realizar el acoplamiento del generador a la bicicleta:

<b>Presupuesto Gener. Unit.</b>	
Correa	5,00 €
<i>Correa Subtotal</i>	10,00 €
Polea	5,00 €
<i>Polea Subtotal</i>	10,00 €
Eje	1,00 €
<i>Ejes Subtotal</i>	2,00 €
Generador	30,00 €
Operario	5,00 €
<b>Subtotal Unitario</b>	<b>57,00 €</b>

*Fig. 5.16.- Tabla con los gastos unitarios del montaje.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Obteniendo tras ello el coste total del escenario, es decir, teniendo en cuenta el número de bicicletas usadas (o generadores a instalar):

<b>Presup. Gener. Total</b>	
Nº Bicicletas	26
Subtotal Unitario	57,00 €
<b>Subtotal General</b>	<b>1.482,00 €</b>

*Fig. 5.17.- Tabla del coste total de la instalación de generadores.*

Aplicando de nuevo los porcentajes de costes directos, indirectos, etc. al presupuesto total, obtenemos la inversión inicial total necesaria para la implantación de la instalación de generación en las bicicletas estáticas de nuestra sala de spinning:

Costes Directos		1.482,00 €
Indirectos	7%	103,74 €
Subtotal 1		1.585,74 €
Imprevistos	10%	158,57 €
Subtotal 2		1.744,31 €
Financieros	4%	69,77 €
<b>Coste Total Instalación Bicicletas</b>		<b>1.814,09 €</b>

*Fig. 5.18.- Tabla del coste total general de la instalación de generadores.*

Y finalmente, se añade a dicho coste el correspondiente al sistema de acumulación para este escenario, en el que se han obtenido un total de 2 baterías y un coste total de 4.564€:

Coste Total Baterías	2.750,00 €
Coste Total Instalación Bicicletas	1.814,09 €
<b>Coste Total General</b>	<b>4.564,09 €</b>

*Fig.5.19.- Tabla del coste total general de la implantación.*

## **Análisis de rentabilidad**

Tras realizar el presupuesto de la instalación de generación mediante generadores implantados en bicicletas estáticas y de la instalación fotovoltaica -según el caso-, en este apartado se procede a comprobar si dicha inversión inicial necesaria para poder disponer de instalación acabaría siendo rentable a medio/largo plazo, procediendo de la siguiente manera, para cada uno de los escenarios planteados a lo largo del proyecto:

### **Escenario I: Gimnasio Atlas:**

En primer lugar, se analiza la rentabilidad del gimnasio Atlas. Éste es el que más generación tiene, pero debido a su alto consumo por las cargas conectadas, no tendrá el aprovechamiento más óptimo de todos los escenarios. Por ello, el análisis tan sólo abarca la instalación de generación en las bicicletas y el sistema de almacenamiento (baterías); ya que dicha sala no cuenta con instalación fotovoltaica acoplada.

<b>Rentabilidad Gimnasio Atlas</b>	
Coste Total Instalación	3.488,63 €
Coste Consumo Red (Anual)	1.578,44 €
Beneficio Instalac. Gen. (Anual)	1.595,05 €
<b>Ahorro ó Ganancia (Anual)</b>	<b>16,61 €</b>

*Fig.5.20.- Tabla de costes, gastos y ganancias totales anuales de la generación.*

Después se establece, tras el análisis de los costes, la viabilidad final del proyecto en cuestión sobre el escenario particular planteado (en este caso, el gimnasio Atlas). El consumo, el beneficio obtenido y la inversión inicial que supone la instalación de generación son los tres pilares sobre los que se estudia la probabilidad de implantación del proyecto.

Tras los análisis realizados a los costes de la instalación, al consumo y al futuro beneficio obtenido, debe llevarse a cabo un plan de amortización. Es decir, los costes de la instalación se irán amortizando a medida que pasen unos plazos predeterminados. Para ello, se utilizará el propio beneficio de la instalación, hasta que la acumulación de éste adquiera un valor superior al de los costes de la instalación presupuestados inicialmente.

Por tanto, analizados todos los gastos y beneficios posibles de la instalación, calculamos el periodo de tiempo que sería necesario para que el flujo de ahorro/ganancia (a partir de dicho periodo, beneficio económico) igualase el coste inicial total necesario para poder contar con dicha instalación de generación renovable.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Coste Total Baterías	12.375,00 €
Coste Total Instalación Bicicletas	3.488,63 €
Ahorro ó Ganancia (Anual)	16,61 €

*Fig.5.21.- Tabla con costes y ahorro anual de la instalación.*

La siguiente tabla permite ver el flujo de Ingresos (Generación – Consumo de las cargas), Gastos y Acumulado, de una manera más visual:

	Ingresos	Gastos	Flujo Acumulado
Año 0	0 €	15.863,63 €	-15.863,63 €
Año 1	16,61 €	104,66 €	-15.951,68 €
Año 2	16,61 €	104,66 €	-16.039,73 €
Año 3	16,61 €	104,66 €	-16.127,78 €
Año 4	16,61 €	104,66 €	-16.215,83 €
Año 5	16,61 €	104,66 €	-16.303,88 €
Año 6	16,61 €	104,66 €	-16.391,94 €
Año 7	16,61 €	104,66 €	-16.479,99 €

*Fig.5.22.- Tabla con ingresos, gastos y flujo acumulado en la sala de spinning.*

Puede verse como en este caso, tras haber invertido 15.864€ en la instalación (baterías + generadores), debido al escaso ahorro anual de la instalación (16,61€), la implantación nunca llegará a amortizarse.

Los ingresos anuales de 16,61€, de hecho, no resultan siquiera suficientes para compensar el gasto anual de mantenimiento del 3%, siendo para este caso de 104,66€. En la columna “Flujo Acumulado”, se manifiesta la conclusión obtenida, ya que dicha instalación resultará en un desembolso cada vez mayor a medida que pase el tiempo.

**Escenario II: Sala Fitness (Fundación Estadio):**

Tras ello, se analiza el siguiente escenario, el de la sala Fitness. Éste, al contrario que los otros dos casos que van a tratarse, tiene una instalación de generación fotovoltaica. Por ello, en éste caso el análisis abarca la instalación de generación en las bicicletas, el sistema fotovoltaico y el sistema de almacenamiento (baterías).

<b>Rentabilidad Fitness</b>	
Coste Total Instalación	60.356,94 €
Coste Consumo Red (Anual)	4.192,59 €
Beneficio Instalac. Gen. (Anual)	20.923,62 €
<b>Ahorro ó Ganancia (Anual)</b>	<b>16.731,03 €</b>

*Fig.5.23.- Tabla de costes, gastos y ganancias totales anuales de la generación.*

Se establece, tras el detallado análisis de los costes, la viabilidad final del proyecto en cuestión sobre el escenario particular planteado (en este caso, la sala de spinning de la Fundación Estadio). Como antes, el consumo, el beneficio obtenido y la inversión inicial que supone la instalación de generación son los tres pilares sobre los que se estudia la probabilidad de implantación del proyecto.

Tras los análisis realizados a los costes de la instalación, al consumo y al futuro beneficio obtenido, debe llevarse a cabo un plan de amortización. Es decir, los costes de la instalación se irán amortizando a medida que pasen unos plazos predeterminados. Para ello, se utilizará el propio beneficio de la instalación, hasta que la acumulación de éste adquiera un valor superior al de los costes de la instalación presupuestados inicialmente.

Por tanto, analizados todos los gastos y beneficios posibles de la instalación, calculamos el periodo de tiempo que sería necesario para que el flujo de ahorro/ganancia (a partir de dicho periodo, beneficio económico) igualase el coste inicial total necesario para poder contar con dicha instalación de generación renovable. Para ello, al coste previo de la instalación de generación le añadimos el coste del sistema de acumulación –en este caso, 24 baterías, con un coste de 33.000€- obteniéndose un coste total de 93.357€:

Coste Total Baterías	33.000,00 €
Coste Total Instalación Bicicletas	60.356,94 €
Ahorro ó Ganancia (Anual)	16.731,03 €
Periodo Amortización (Años)	5,6

*Fig.5.24.- Tabla con costes, ahorro anual y periodo de amortización de la instalación.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Podemos ver cómo, pasados los 5,6 años desde su instalación, ésta comenzaría a dar beneficios al complejo deportivo. Por ello, es de suponer que el principal beneficiario de la instalación decidiría implantarla, ya que a medio plazo, ésta generará una ganancia de 16.731€ anuales. Tras imponer, como se ha hecho en los apartados previos, un coste de mantenimiento del 3%, el periodo de amortización alcanza los 6 años, a partir de los cuales la instalación supondría el beneficio previamente mencionado al usuario.

La siguiente tabla permite ver el flujo de Ingresos (Generación – Consumo de las cargas), Gastos y Acumulado, de una manera más visual:

	Ingresos	Gastos	Flujo Acumulado
Año 0	0 €	93.356,94 €	-93.356,94 €
Año 1	16.731 €	1.810,71 €	-78.436,62 €
Año 2	16.731 €	1.810,71 €	-63.516,30 €
Año 3	16.731 €	1.810,71 €	-48.595,98 €
Año 4	16.731 €	1.810,71 €	-33.675,67 €
Año 5	16.731 €	1.810,71 €	-18.755,35 €
Año 6	16.731 €	1.810,71 €	-3.835,03 €
Año 7	16.731 €	1.810,71 €	11.085,29 €
Año 8	16.731 €	1.810,71 €	26.005,60 €
Año 9	16.731 €	1.810,71 €	40.925,92 €

*Fig.5.25- Tabla con ingresos, gastos y flujo acumulado en la sala de spinning.*

**Escenario III: Sala de Spinning (Fundación Estadio):**

Por último, se analiza el escenario restante, el de la sala de Spinning. Éste, al contrario que el primer caso, tiene una menor generación, pero ésta sin embargo está mejor aprovechada, ya que apenas existen cargas que consuman la energía generada. Por ello, el análisis tan sólo abarca la instalación de generación en las bicicletas y el sistema de almacenamiento (baterías); ya que dicha sala no cuenta con instalación fotovoltaica acoplada.

<b>Rentabilidad Spinning</b>	
Coste Total Instalación	1.814,09 €
Coste Consumo Red (Anual)	329,93 €
Beneficio Instalac. Gen. (Anual)	1.002,14 €
<b>Ahorro ó Ganancia (Anual)</b>	<b>672,21 €</b>

*Fig.5.26.- Tabla de costes, gastos y ganancias totales anuales de la generación.*

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Finalmente se establece, tras el detallado análisis de los costes, la viabilidad final del proyecto en cuestión sobre el escenario particular planteado (en este caso, la sala de spinning de la Fundación Estadio). El consumo, el beneficio obtenido y la inversión inicial que supone la instalación de generación son los tres pilares sobre los que se estudia la probabilidad de implantación del proyecto.

Tras los análisis realizados a los costes de la instalación, al consumo y al futuro beneficio obtenido, debe llevarse a cabo un plan de amortización. Es decir, los costes de la instalación se irán amortizando a medida que pasen unos plazos predeterminados. Para ello, se utilizará el propio beneficio de la instalación, hasta que la acumulación de éste adquiera un valor superior al de los costes de la instalación presupuestados inicialmente.

Por tanto, analizados todos los gastos y beneficios posibles de la instalación, calculamos el periodo de tiempo que sería necesario para que el flujo de ahorro/ganancia (*a partir de dicho periodo, beneficio económico*) igualase el coste inicial total necesario para poder contar con dicha instalación de generación renovable. Añadiendo al coste de la implantación el de las baterías – en este caso, 2 baterías, con un precio final de 2.750€- se obtiene un coste total de 4.564€ y un periodo de amortización cercano a los 7 años.

Coste Total Baterías	2.750,00 €
Coste Total Instalación Bicicletas	1.814,09 €
Ahorro ó Ganancia (Anual)	672,21 €
Periodo Amortización (Años)	6,8

*Fig.5.27.- Tabla con costes, ahorro anual y periodo de amortización de la instalación.*

Podemos ver cómo, pasados los 7 años desde su instalación, ésta comenzaría a dar beneficios al complejo deportivo. Por ello, es de suponer que el principal beneficiario de la instalación decidiría implantarla, ya que a medio/largo plazo, ésta generará una ganancia de 672,21€ anuales, aunque siempre teniendo en cuenta el coste de mantenimiento, del 3% del coste de implantación. La siguiente tabla permite ver el flujo de Ingresos (Generación – Consumo de las cargas), Gastos y Acumulado, de una manera más visual:

	Ingresos	Gastos	Flujo Acumulado
Año 0	0 €	4.564,09 €	-4.564,09 €
Año 1	672 €	54,42 €	-3.946,30 €
Año 2	672 €	54,42 €	-3.328,51 €
Año 3	672 €	54,42 €	-2.710,71 €
Año 4	672 €	54,42 €	-2.092,92 €
Año 5	672 €	54,42 €	-1.475,13 €
Año 6	672 €	54,42 €	-857,34 €
Año 7	672 €	54,42 €	-239,55 €
Año 8	672 €	54,42 €	378,24 €
Año 9	672 €	54,42 €	996,03 €

*Fig.5.28.- Tabla con ingresos, gastos y flujo acumulado en la sala de spinning.*

## **CONCLUSIONES**

Como conclusiones del proyecto pueden recogerse varias ideas principales que a lo largo del mismo se han conseguido demostrar o plantear. En un primer lugar, se ha partido de tres escenarios con necesidades y características totalmente diferentes. Cada uno de ellos es capaz de generar una cantidad de energía distinta por medios diferentes para compensar unas cargas eléctricas que tampoco eran iguales en ninguno de ellos.

En primer lugar, un resumen general de los resultados obtenidos en cada uno de los escenarios:

- La instalación I (Gimnasio Atlas) no llegará nunca a resultar rentable, ya que los elevados consumo y coste de implantación, así como el del grupo de acumulación son suficientes como para no hacer factible la generación lograda mediante los 50 generadores implantados. Además, dicha instalación tendrá unos costes de mantenimiento elevados, que harán aumentar el coste de la instalación anualmente.
- La instalación II (Sala Fitness) empezará a dar beneficios a partir de los 6,5 años desde su implantación, con una tasa de 14.920,32€ al año (Incluyendo el beneficio anual de 16.731,03€ y el coste de mantenimiento de 1.810,71€). Todo beneficio anual obtenido hasta entonces irá al apartado de amortización de la instalación hasta haber conseguido amortizar el gasto inicial de su implantación.
- La instalación III (Sala Spinning) empezará a dar beneficios a partir de los 7,5 años desde su implantación, con una tasa de 617,79€ al año (Incluyendo el beneficio anual de 672,21€ y el coste de mantenimiento de 54,42€). Como en el caso anterior, todo beneficio irá al apartado de amortización de la instalación hasta amortizar el coste inicial realizado para la implantación.

El beneficio obtenido en la sala Fitness de la Fundación Estadio con la implantación fotovoltaica junto con la de generación en bicicletas es mayor que en el resto de los escenarios planteados. Además, su tiempo de amortización es el más breve de todos -6,5 años- frente a los 7,5 años de la sala de spinning del mismo complejo deportivo, siendo su beneficio anual -también- el más favorable de todos los escenarios analizados, ya que es el mayor de todos ellos, por lo que se establece que, a medio-largo plazo, es la opción más rentable.

Tanto si el escenario o instalación generadora que va a implantarse es de generación en bicicletas, fotovoltaica ó combinadas, en general se antojarán rentables, aunque dependiendo de las características de cada uno de los centros, estos necesitarán un periodo de amortización mayor para obtener beneficios.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

Por ejemplo, puede verse como incluso como en el primer escenario dicha implantación no resultaría rentable, en términos de beneficio energético, pero el flujo acumulado nos muestra como a la larga, el implantar la instalación acaba siendo favorable económicamente, ya que aunque no se obtengan ganancias, se perderá menos dinero (*consumo mitigado*):

	Sin Instalación	Con Instalación
Año 0	-1.578,44 €	-15.863,63 €
Año 1	-3.156,89 €	-15.951,68 €
Año 2	-4.735,33 €	-16.039,73 €
Año 3	-6.313,77 €	-16.127,78 €
Año 4	-7.892,21 €	-16.215,83 €
Año 5	-9.470,66 €	-16.303,88 €
Año 6	-11.049,10 €	-16.391,94 €
Año 7	-12.627,54 €	-16.479,99 €
Año 8	-14.205,98 €	-16.568,04 €
Año 9	-15.784,43 €	-16.656,09 €
Año 10	-17.362,87 €	-16.744,14 €
Año 11	-18.941,31 €	-16.832,19 €

*Fig.6.1.- Comparativa Escenario I: Gimnasio Atlas.*

Por tanto, podemos establecer que es posible que ciertas instalaciones, debido a variaciones de carga o de generación en alguna de las suposiciones realizadas a lo largo del trabajo, resulten tan sólo en un ahorro anual sustancial de consumo eléctrico desde la red, no llegando nunca a suponer un beneficio económico neto a largo plazo para el complejo deportivo para el cual se desee implantar.

En general, el mantenimiento de las instalaciones es sencillo y barato (3% del coste de implantación), siendo un factor a tener en cuenta, debido a que los aparatos eléctricos, aunque necesarios de una inversión inicial alta para su adquisición, suponen un beneficio en lo que se refiere a costes a largo plazo, ya que son fiables y muy duraderos, siendo su implantación aconsejable.

En segundo lugar, se establecen una serie de planteamientos para cada escenario particular, que ayudarían a aumentar el beneficio y reducir los plazos de amortización del proyecto de implantación.

- La instalación I (Gimnasio Atlas) se enfrenta a dos obstáculos que la hacen la menos favorable: No disponer de espacio para la instalación fotovoltaica y realizar un consumo muy elevado. El primer escollo no es salvable, al menos dentro de los objetivos de este proyecto, pero el segundo podría solventarse por dos vías.

La primera sería, evidentemente, reducir el consumo de las cargas eléctricas acopladas, bien reduciendo el número de éstas en la instalación o bien reduciendo su consumo, adquiriendo equipos más eficientes.

*Análisis del aprovechamiento de la energía eléctrica producida por bicicletas estáticas y paneles fotovoltaicos.*

La segunda vía, sería aumentando la generación de los equipos instalados, pudiendo hacerlo mediante la adquisición de más bicicletas o mediante el uso de generadores más potentes.

- La instalación II (Sala Fitness) se ha establecido como la opción más favorable. Ésta cuenta con reguladores electrónicos que controlan el consumo realizado –en función de la luz, afluencia, etc. - en la instalación, por lo que se supone que sólo se podrá actuar mediante la modificación de la generación de la instalación.

En el área de paneles fotovoltaicos, la generación podría aumentarse de establecer unos paneles más potentes o unos iguales pero de menor tamaño, además de establecer factores de seguridad menos conservadores. A su vez, la generación de la sala podría aumentarse si se adquirieran más bicicletas, ya que dicho escenario es el que menos tiene de todos los analizados, tan sólo 14. Bien instalando –como en el caso previo- un mayor número de generadores o unos más potentes, la generación aumentaría significativamente.

- La instalación III (Sala Spinning) es el escenario con menor consumo. De hecho, éste es mínimo ya que tan sólo abarca luminosidad y aire climatizado. Ésto lo hace el más rentable en lo que a generación en términos de €/h se refiere (sin tener en cuenta fotovoltaica).

Contando con un equipo de 26 bicicletas, no sólo es capaz de suplir su consumo en tiempo real, sino que además es capaz de obtener un beneficio económico. Aún así, debido al escaso número de horas semanales de utilización, su periodo de amortización es largo, por lo que las posibles soluciones pasarían por aumentar el número de horas de utilización (ofertar un mayor número de sesiones) o bien por aumentar, como se ha planteado en el resto de escenarios, el número de bicicletas generadoras.

Y finalmente, en relación al usuario, el hacer uso de unas instalaciones renovables y sostenibles, hará desarrollar un sentimiento de bienestar y pertenencia a un grupo, empresa o entorno que se preocupa por el medio ambiente, sin estar el usuario mismo involucrado en el desarrollo y mantenimiento de la instalación, tomando parte activa sólo en la generación de las bicicletas estáticas.

Por ejemplo:



*Fig.6.2.- Sello EKOenergy*

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXO I: Pliego de condiciones y Normativa aplicable:**

“Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”. [REBT]. *Noviembre 2017.*

[http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt\\_guia.aspx](http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx)

“Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía”. [IDAE]. *23 de Junio 2018.*

<http://www.idae.es/>

“Guía de autoaprendizaje de máquinas eléctricas”. Departamento de Ing. Eléctrica.

ETSIB. Universidad del País Vasco. <https://www.ehu.eus/es/web/ingeniaritza-bilbo/>

### **ANEXO II: Esquemas y diseño de bajo nivel:**

“TFG-Bargiela\_Mengod\_Danel”. Archivo adjunto. *Julio de 2018.*