



## **TRABAJO FIN DE GRADO**

Para acceder al Título de  
**GRADUADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS  
ENERGÉTICOS**

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

---

Technical feasibility study of an energy supply of a sports centre with swimming pool and gym through alternative energies.

**Autor: Raquel Castro Viadero**

**Septiembre 2015**



## ***AGRADECIMIENTOS***



---

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

En primer lugar quiero agradecer a Pablo Bernardo Castro Alonso y a Raúl Husillos Rodríguez, director y coordinador de este estudio, por su ayuda, consejo y constancia durante el desarrollo del mismo. Quisiera agradecer de forma destacada a Pablo su especial interés en todo lo referido a la obtención de energía eléctrica a través del trabajo físico realizado en el gimnasio.

En segundo lugar quiero agradecer de forma muy especial a mis padres, mi tía y mi hermano, a mi pareja y su familia que ya se ha convertido en la mía también. Sin su apoyo moral y económico y sobretodo su insistencia en mi bienestar y felicidad jamás podría haber llegado hasta aquí.

En tercer lugar, pero no por ello menos importante, quiero agradecer de todo corazón el apoyo y cariño recibido por mis amigas, mis ponys. Sin ellas, sin sus conversaciones, sin sus bromas nunca habría llegado a ser quien soy.

Por último he de agradecer a mis compañeros de clase, compañeros de trabajo y demás amigos por todos los buenos momentos que hemos compartido y compartiremos.



*Dedicado con especial cariño a Silvia Jerez Peña,  
“en algún lugar sobre el arcoiris” nos volveremos a encontrar*



## ÍNDICE

### 1. MEMORIA

- 1.1. Introducción
- 1.2. Antecedentes
- 1.3. Objetivos del proyecto
- 1.4. Localización
  - 1.4.1. Ubicación geográfica
  - 1.4.2. Parcelas afectadas
  - 1.4.3. Mapas de red
- 1.5. Datos climatológicos
- 1.6. Descripción de la Instalación
  - 1.6.1. Plantas, estancias y usos
    - 1.6.1.1. Planta -1: Sala de calderas, piscina, vestuarios y sala de máquinas y recepción
  - 1.6.2. Descripción de los paramentos
  - 1.6.3. Condiciones interiores de cálculo
    - 1.6.3.1. Temperatura
    - 1.6.3.2. Humedad
  - 1.6.4. Horario de funcionamiento
  - 1.6.5. Aforo
- 1.7. Tipos de energías térmicas renovables y alternativas y justificación de la solución adoptada



---

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

- 1.7.1. Solar Térmica
- 1.7.2. Geotérmica
- 1.7.3. Biomasa
- 1.7.4. Justificación de la solución adoptada
- 1.8. Demanda energética térmica
  - 1.8.1. Calentamiento del agua del vaso
  - 1.8.2. Pérdidas de calor del agua del vaso
  - 1.8.3. Potencia necesaria para la puesta en marcha
  - 1.8.4. Climatización del aire de la instalación
  - 1.8.5. Deshumidificación del aire
  - 1.8.6. Calentamiento de ACS de los vestuarios
- 1.9. Demanda de Energía eléctrica
  - 1.9.1. Necesidades iluminación de las diferentes salas
    - 1.9.1.1. Iluminación de la sala de máquinas
    - 1.9.1.2. Iluminación de recepción
    - 1.9.1.3. Iluminación del vestuario
    - 1.9.1.4. Iluminación en el recinto del vaso
    - 1.9.1.5. Iluminación en el recinto del gimnasio
    - 1.9.1.6. Iluminación de emergencia
  - 1.9.2. Demanda eléctrica de calefacción-refrigeración
  - 1.9.3. Demanda eléctrica de los aparatos conectados a la red
- 1.10. Caracterización de la instalación solar térmica



---

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

1.10.1. Selección de los paneles solares térmicos

1.10.2. Producción mediante sistemas solares térmicos

1.10.2.1. Pérdidas

1.10.2.2. Rendimiento de los paneles

1.10.2.3. Energía total demandada

1.10.2.4. Cálculo de la superficie de captación

1.10.2.5. Características del diseño

1.10.2.6. Porcentaje de energía generada por los paneles  
solares

1.11. Caracterización de la instalación para la climatización del aire

1.11.1. Bomba de calor

1.11.2. Producción mediante bomba de calor

1.11.2.1. Bomba de calor para el recinto del vaso

1.11.2.2. Bomba de calor para el resto de la instalación

1.11.2.3. Eficiencia de la bomba de calor

1.12. Caracterización del Sistema de Apoyo

1.12.1. Producción mediante la caldera de biomasa

1.12.1.1. Elección del tipo de caldera de biomasa

1.12.2. Cálculo del dimensionamiento de la caldera

1.12.2.1. Cálculo de las necesidades de biomasa

1.12.2.2. Diseño del lugar de almacenamiento



---

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

### 1.13. Caracterización del Sistema de aprovechamiento Eléctrico mediante

equipos de gimnasio

#### 1.13.1. Bicicleta estática

1.13.1.1. Horizontal

1.13.1.2. Vertical

#### 1.13.2. Elíptica

#### 1.13.3. Máquina de Step

#### 1.13.4. Máquina de Remo

#### 1.13.5. Cintas de correr

#### 1.13.6. Placas piezoeléctricas a modo de baldosas

#### 1.13.7. Sistema de acumulación de energía eléctrica

#### 1.13.8. Sistema de transformación de la energía

#### 1.13.9. Porcentaje de energía cubierta

### 1.14. Viabilidad

#### 1.14.1. Impacto ambiental

#### 1.14.2. No dependencia de la red

#### 1.14.3. Fomentación y desarrollo de las nuevas formas de obtención de energía

#### 1.14.4. Análisis multicriterio

### 1.15. Conclusiones

## 2. Bibliografía

## 3. Normativa



## ***1.1 INTRODUCCIÓN***

## ÍNDICE:

### 1.1.1. Planteamiento energético

#### 1.1.1.1. Por qué emplear cada energía

1.1.1.1.1. Energía solar térmica

1.1.1.1.2. Geotermia

1.1.1.1.3. Aerotermia

1.1.1.1.4. Biomasa

1.1.1.1.5. Recolección de energía eléctrica de las diferentes máquinas del gimnasio

#### 1.1.1.2. Evolución consumo energético

1.1.1.2.1. A nivel mundial

1.1.1.2.2. A nivel nacional

### 1.1.2. Planteamiento económico

### 1.1.3. Planteamiento medioambiental

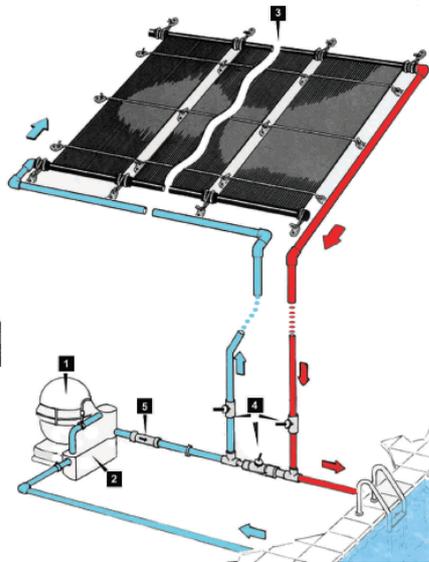
### 1.1.4. Investigación y desarrollo

### 1.1.1. SECTOR ENERGÉTICO

Para solucionar de forma eficiente el problema del suministro energético de la zona a estudiar se plantea el uso de energías renovables y alternativas como sustitutos de la energía convencional. Se valorarán las diferentes ventajas que presenta cada energía de forma que finalmente se elija la más conveniente. De esta manera se estudiará la viabilidad del mismo de forma que se logre un alto nivel de autosuficiencia y un menor impacto para el Medio Ambiente.

#### 1.1.1.1. Por qué emplear cada energía

##### 1.1.1.1.1. **Energía Solar Térmica:**



*Ilustración 1.- Funcionamiento panel solar térmico*

La energía solar térmica puede definirse como el aprovechamiento de la energía del Sol para generar calor mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos. Posteriormente esta energía solar calienta agua u otros fluidos a temperaturas entre 40° y 50°, sin que se llegue a superar los 80°.

Esta agua caliente se podrá usar para el consumo de agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y a partir de ella, de energía eléctrica. En la actualidad también se puede emplear para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que utilizará esta energía solar térmica para producir frío como un aparato de aire acondicionado tradicional.

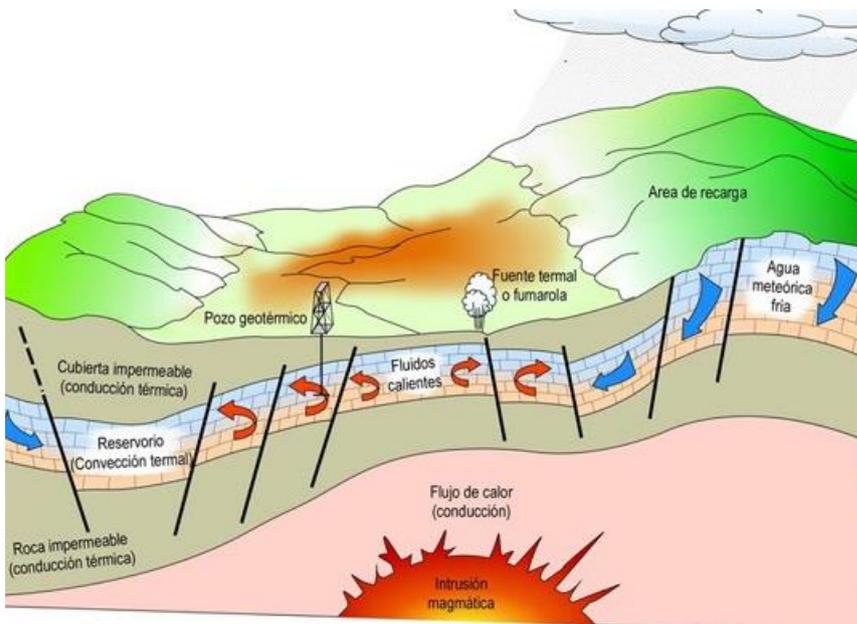
El Código Técnico de Edificación (CTE) determina una exigencia básica a cumplir por los edificios con previsión de climatización de piscina cubierta en la que parte de las necesidades energéticas térmicas deberán cubrirse mediante la incorporación de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura.

En Cantabria se establece que como mínimo se ha de cumplir las siguientes exigencias por pertenecer a la zona climática I:

- 30% de la demanda de ACS, (edificios con consumo hasta 15.000 l/día)
- 50% y superior en el caso de efecto Joule
- 30% para climatización de piscinas

La energía solar es un tipo de energía que no contamina. La Tierra recibe unas 4000 veces más energía de la que se necesita para consumo procedente del Sol, además es considerada como recurso inagotable, por lo que hoy en día es uno de los tipos de energía que más se está investigando.

#### 1.1.1.1.2. Geotermia:



*Ilustración 2.- Principio de funcionamiento de la geotermia*

Se entiende por energía geotérmica la energía calorífica que se transmite desde las capas internas de la Tierra hasta las capas externas de la corteza terrestre, que puede ser aprovechado por el hombre de manera eficiente. Esta energía calorífica proviene de la desintegración de isótopos radiactivos,

de los movimientos que existen entre las diferentes capas que constituyen la Tierra y al calor latente del núcleo de la misma.

Se puede clasificar atendiendo a la temperatura a la que salga el agua en:

- DE ALTA TEMPERATURA: (150°C- 400°C). Hay vapor en la superficie terrestre y mediante una turbina se consigue generar electricidad.
- DE MEDIA TEMPERATURA: (70°C - 150°C). Tiene un rendimiento menor que la anterior. Se basa en el mismo principio de transformación de energía.
- DE BAJA TEMPERATURA: (50°C - 70°C). Se emplea para necesidades urbanas o domésticas.

Una de las principales ventajas que presenta esta energía frente a las energías convencionales es que está presente en toda la superficie terrestre mientras que los combustibles fósiles sólo se encuentran en determinadas zonas geográficas. Esto evita el tener que depender de otros países para la obtención de energía.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Además es una energía que no contamina, por lo que no empeorará la situación medioambiental.

### 1.1.1.1.3. Aerotermia

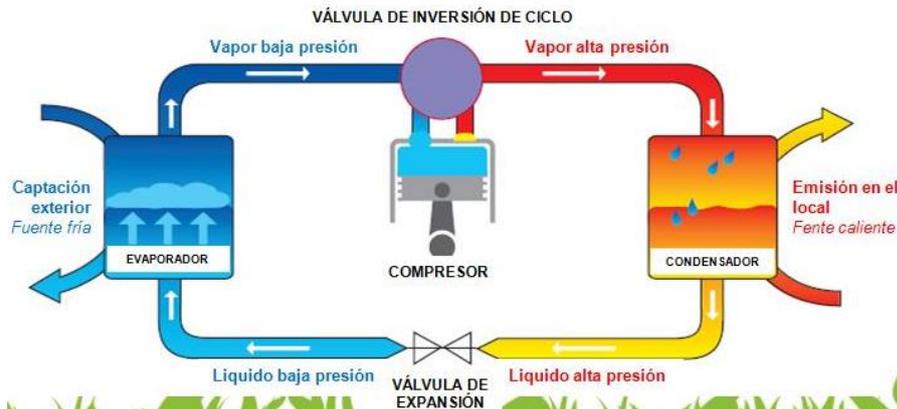


Ilustración 3.- Principio de funcionamiento de la aerotermia en cuatro etapas

La aerotermia consiste de forma simple en un intercambiador de calor entre el sistema y el aire del entorno. Aprovecha la energía calorífica contenida en el aire exterior para, mediante una

bomba de calor aerotérmica, obtener energía para ACS o calefacción en un recinto. Su principio de funcionamiento tiene cuatro etapas:

- Evaporador: entra aire del exterior. De él se extrae calor y con ese calor se evapora el líquido refrigerante.
- Compresor: el líquido refrigerante evaporado se comprime, de forma que se aumenta su temperatura.
- Condensador: el refrigerante evaporado y comprimido entra aquí y se condensa. Al condensarse se cede el calor del refrigerante al circuito hidráulico de forma que ya se tiene agua caliente para ACS o calefacción.
- Válvula de expansión: baja la temperatura del refrigerante y la presión, de forma que lo devuelve al evaporador en las condiciones óptimas.

Una de las razones para emplear esta energía es que la ausencia de combustión hace que no se generen emisiones a la atmósfera y no sea una energía perjudicial para el medio ambiente. Además no requiere de grandes superficies de terreno como la geotermia, lo que la hace indicada para aquellos lugares donde no se disponga de grandes superficies.

Otro tipo de ventajas que presenta esta energía es la alta eficiencia del sistema. Además es un generador de calor reversible, de modo que también puede proporcionar refrigeración.

#### 1.1.1.1.4. Biomasa:



*Ilustración 4.- Funcionamiento ciclo caldera de biomasa*

Otra vía de obtención de energía térmica diferente a las nombradas anteriormente, es la biomasa.

La biomasa es la utilización de la materia orgánica (que tiene como origen un proceso biológico) como fuente energética.

La biomasa puede consistir en residuos agrícolas o forestales, residuos sólidos urbanos o los residuos derivados de alguna industria.

Éstos han de ser preparados para su posterior combustión en una caldera, donde producirán calor y harán que se produzca vapor que calentará un circuito secundario de agua. También pueden ser preparados para su descomposición de forma que se obtenga un gas que posteriormente será

quemado para la obtención de energía.

La biomasa presenta muchas ventajas frente a las fuentes de energía convencional. Se puede aprovechar la biomasa de diversas formas, pero todas ellas presentan las mismas ventajas, entre las que destacan las siguientes:

- Minimiza la dependencia de los combustibles fósiles.
- Tiene un alto rendimiento (91%) y fiabilidad.
- No contamina el Medio ambiente, pues aunque libera CO<sub>2</sub> a la atmósfera al ser quemado se considera nulo porque durante el crecimiento de la vegetación ésta ha absorbido CO<sub>2</sub> para realizar la fotosíntesis, además, si no se quemaran, el gas sería liberado a la atmósfera por la descomposición de los restos vegetales.
- El combustible a emplear es más barato.

#### 1.1.1.1.4. Recolección de energía eléctrica de las diferentes máquinas del gimnasio:

Las máquinas de hacer ejercicios consumen mucha energía, para reducir dicho consumo en la actualidad se están desarrollando múltiples tecnologías. En el gimnasio a proyectar, se instalarán algunas de ellas, las que se consideran más interesantes tanto económica como medioambientalmente.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

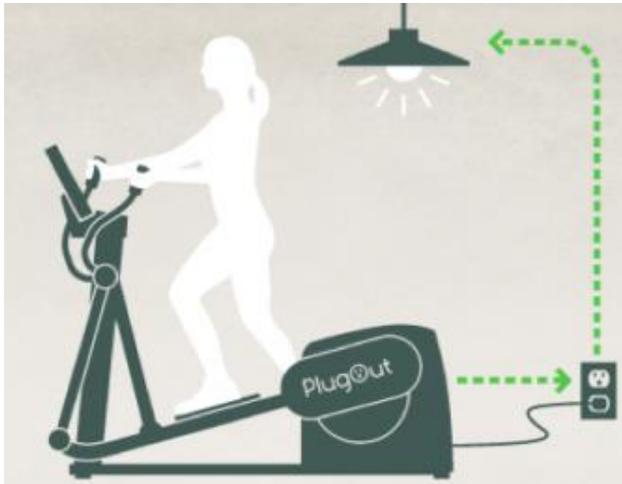


Ilustración 5.- Obtención electricidad a partir de máquinas de gimnasio

La más común de ellas es la bicicleta, que puede ser vertical u horizontal y elíptica. Todas ellas incluyen un transformador en su interior que transforma la energía mecánica de rotación en energía eléctrica (CC). Ésta se almacenará en una serie de baterías que por medio de un transformador (CC-CA) nos podrá proporcionar parte de la iluminación del gimnasio. En el mismo principio tecnológico se basan las máquinas de Step y de Remo.

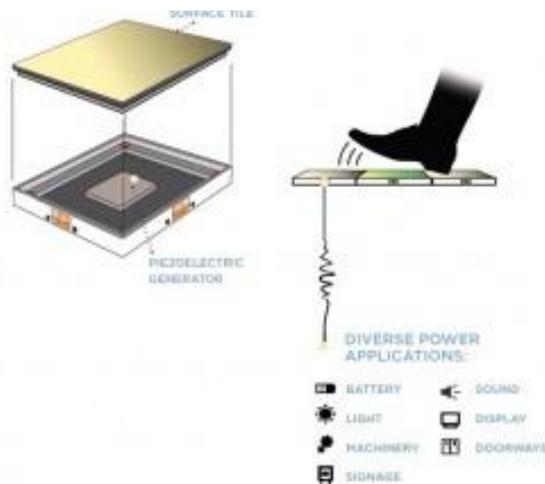


Ilustración 6.- Funcionamiento baldosas piezoeléctricas

Otra tecnología más moderna pero interesante desde el punto de vista energético es aprovechar el suelo de las salas de baile del gimnasio (Zumba, GAP, aerobic...). Los módulos (baldosas piezoeléctricas) que actúan como suelo se flexionan ligeramente (de forma imperceptible para el ser humano) al ser pisadas, generando hasta 7 vatios por cada pisada. Esta energía se dirige desde el generador hasta una batería donde es almacenada para usarla posteriormente para la iluminación del recinto. Esta misma

tecnología se emplea en las cintas de correr, que disponen de un tipo de pavimento flexible que aprovecha la energía cinética de las pisadas y la transforma en energía mecánica que posteriormente se llevará al generador y a las baterías.

### 1.1.1.2. Evolución consumo energético

La evolución del consumo energético a cualquier nivel depende de una serie de factores como pueden ser la mejora y el aumento de los equipamientos de los hogares debido a la mejora de calidad de vida, o a la evolución del desarrollo industrial. Se establece que cuanto más desarrollado está un país, más energía se consume.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

### 1.1.1.2.1. A nivel mundial

A nivel mundial vemos que en el año 2013 predomina el uso de combustibles fósiles, en orden de mayor a menor uso aparecen el petróleo el carbón y el gas natural. Los combustibles fósiles representan más de tres cuartos de la energía primaria consumida a nivel mundial (86'7%). Estos tres combustibles constituyen una fuente de energía primaria que libera su energía a través de la combustión. Los tres presentan importantes desventajas:

- Generan una importante cantidad de CO<sub>2</sub> a la hora de quemarlos que va a la atmósfera aumentando el efecto invernadero y perjudicando la situación medioambiental.
- No son renovables, su proceso de formación dura varios miles de años, y las reservas están agotándose, por lo que tendrán que ser sustituidos por otro tipo de energías.

Se puede ver también en el gráfico inferior que la presencia de las energías renovables es muy pequeña, prácticamente un 2% de la total.



\*sin incluir biocombustibles

Ilustración 7.- Gráfico del consumo mundial de energía primaria por combustibles del año 2013

Si se estudia el consumo de energía primaria a nivel mundial por zonas, se ve que el consumo ha aumentado los últimos 20 años hasta un 50%, principalmente debido al desarrollo que ha sufrido la región de Asia, sobretodo China e India. Los crecimientos más grandes se han tenido hasta el año 2010, presentando posteriormente pequeños incrementos. En el año 2011 se consumió mundialmente 12.274'6 Mtep de energía primaria.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

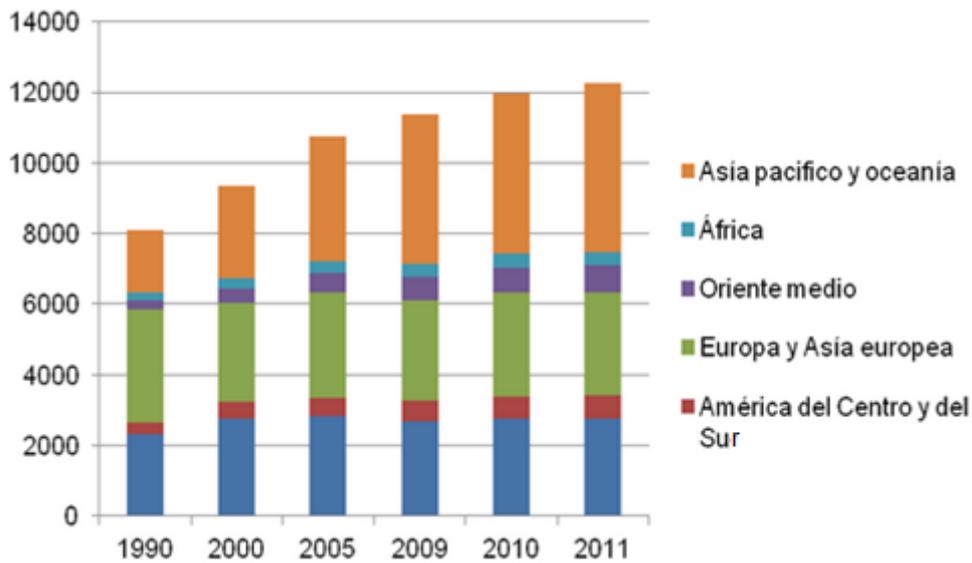


Ilustración 8.- Gráfica consumo mundial de energía primaria por zonas

En cuanto a las reservas energéticas de las energías primarias se sabe que son escasas. Además están repartidas de forma desigual por toda la superficie del planeta.

Las más escasas son las reservas de hidrocarburos, sobre todo de petróleo, debido a que ha sido la más empleada en los últimos 200 años. La reserva de carbón aún es abundante, aunque no todos los carbones son propicios para obtener energía debido a su bajo poder calorífico.

Se estima que si se sigue al mismo nivel de consumo de petróleo de aquí a cuarenta y cinco años ya no será rentable su extracción, lo que nos lleva a plantearnos el desarrollar otro tipo de fuentes primarias de energía renovables.

En el gráfico inferior se puede ver que las principales reservas energéticas se encuentran en Oriente Medio (Emiratos Árabes Unidos, Irak, Irán, Israel), zonas con poca estabilidad debido a los conflictos que se están desarrollando en estos tiempos. También destaca como reserva América del Sur y América Central. Sin embargo, en Europa, las reservas son muy escasas, lo que hace que se dependa del exterior para obtener estos recursos.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

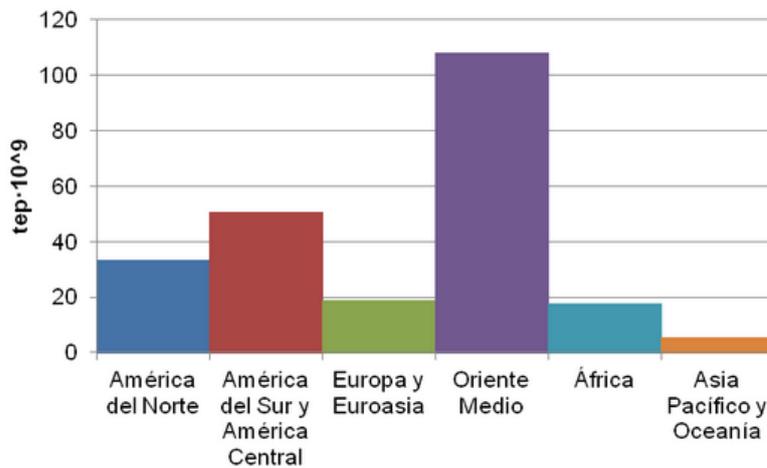


Ilustración 9.- Reservas energéticas mundiales por zonas

Si se observan más detenidamente las diferentes zonas del mundo, se puede determinar las diferentes fuentes de energía primaria que predominan.

En el gráfico inferior se observa que en las zonas con un desarrollo mayor se ve una variedad de fuentes de energía primaria, lo que les permite elegir entre varias fuentes en función de la eficiencia de las mismas o del nivel contaminante de éstas.

En las zonas con un nivel de desarrollo inferior esta variedad no existe, predominando las fuentes primarias que se encuentren en esas zonas por factores geográficos/geológicos, o aquellas que les resulten más económicas.

Estas diferencias entre las zonas desarrolladas y las subdesarrolladas se establecen debido a que las regiones más ricas son poseedoras de tecnologías más desarrolladas, lo que les permite obtener de manera rentable suministro de zonas de más difícil acceso. Por otro lado, los países más pobres debido a la ausencia de esta tecnología se ven sujetos a aprovechar los recursos de los que disponen de forma más fácil.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

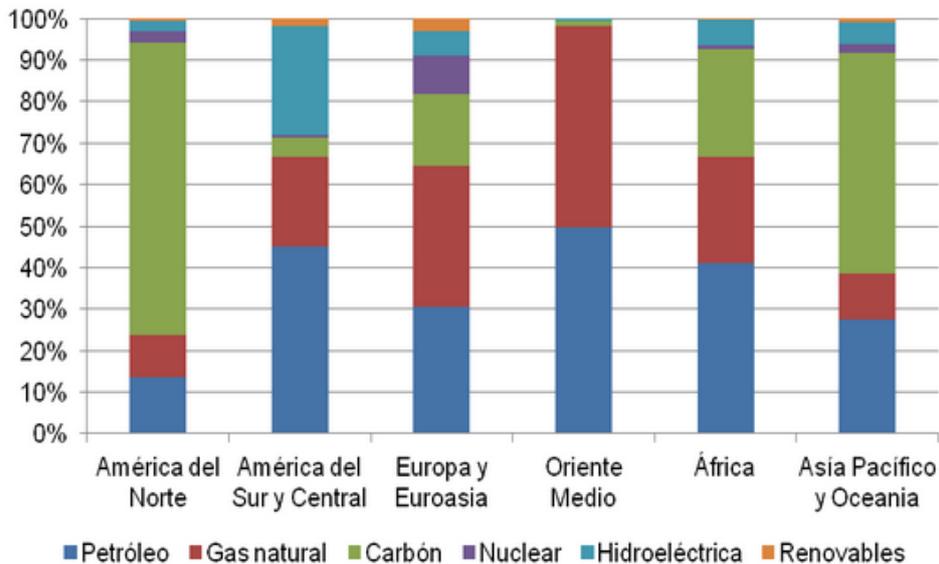


Ilustración 10.- Distribución de las energías primarias por zonas

#### 1.1.1.2.2. A nivel nacional

Como datos más relevantes del consumo energético español se puede destacar que España solo representa el 1'1% del consumo de energía primaria mundial y un 4,6% a nivel Europeo. Estos porcentajes son pequeños debido a que aunque se trate de un país desarrollado la superficie geográfica del mismo es relativamente pequeña.

En España en el año 2013 según el "Statistical Review of World Energy" predomina el uso del petróleo, destacando de forma muy notable, pues casi representa la mitad del consumo de energía primaria en el país. La segunda energía más empleada es el gas natural.

Comparando la situación energética con la distribución mundial, se ve que en España el consumo de energías renovables ocupa la tercera posición con casi un 13% mientras que a nivel mundial éste porcentaje era de un 2%. España es el cuarto país del mundo con mayor índice de consumo de energías renovables. Apostar por este tipo de energías tiene unas grandes ventajas como pueden ser:

- Son fuentes de energía que se consideran inagotables. Se podrán recolectar de manera indefinida sin agotar el recurso de donde proceden, con tecnología cada vez más desarrollada.
- Son energías que no presentan inconvenientes en el medio ambiente pues no contaminan, no generan residuos a la hora de generar energía, ni suponen ningún riesgo para la salud.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas



Ilustración 11.-Gráfico del consumo nacional de energía primaria por combustibles del año 2013

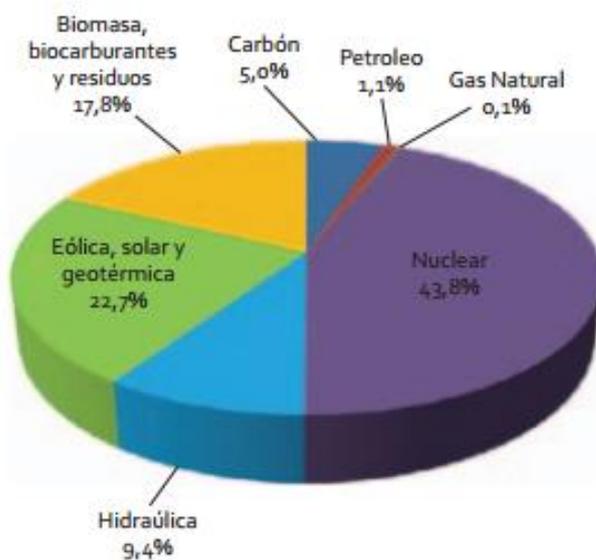


Ilustración 12.-Producción nacional de energía primaria

Si se observa los datos recogidos por la Comisión Nacional de Energía de la producción interior de energía primaria y se analiza el nivel del autoabastecimiento del país se puede ver que la producción tanto de petróleo como de gas natural es muy baja en comparación al nivel de consumo del país, un 1'1% y 0'1% respectivamente contra 44'4% y 19'5%. Esto implica una gran dependencia del exterior para poder obtener energía con la que abastecerse.

España tiene unas reservas energéticas muy limitadas. Si se estudian los recursos fósiles, sólo tiene grandes reservas de carbón pero de baja calidad, y su extracción es laboriosa y costosa. Como ya se ha visto con anterioridad, la producción de petróleo del país es muy reducida, lo que implica que se importe el 99% del que se utiliza. Ocurre lo mismo con el gas natural.

Aunque existen algunas reservas de Uranio, es más económico importar Uranio del exterior pues los costes de producción son muy elevados.



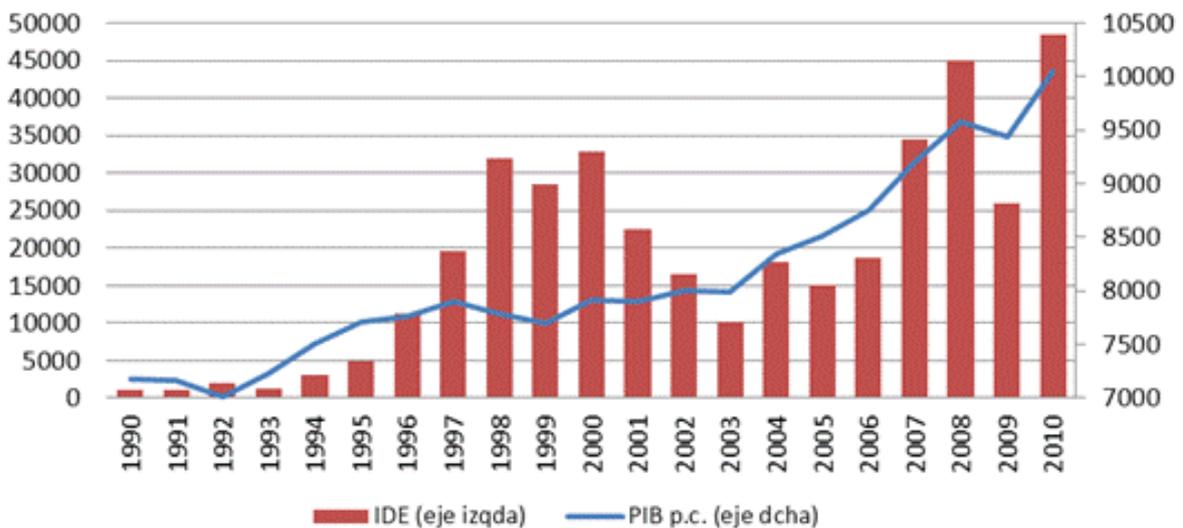
Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

En lo que destaca España es en la energía renovable e hidroeléctrica. Posee 1300 centrales para la obtención de energía hidroeléctrica. Como dato a destacar este país se encuentra en el segundo puesto de producción de energía eólica.

Al disponer de recursos energéticos limitados, es decir de escasas reservas de energía primaria, España es muy dependiente de otros países. Este nivel de dependencia ha ido aumentando en los últimos años debido a que la demanda de energía ha aumentado.

### 1.1.2. SECTOR ECONÓMICO

La evolución del consumo energético de un país determina en gran medida el nivel de vida de ese mismo. El consumo de energía viene relacionado con el Producto Interior Bruto (PIB). Si se observa la evolución del PIB en España se ve que en los años anteriores a la crisis, entre 1990 y 2008 había un crecimiento medio anual de un 2'9%, y si se centra más en el periodo de 1993 al 2007, este crecimiento representa un 3'5% anual. Este crecimiento fue debido al incremento del sector servicios y sobretodo de la construcción, así como la mejora del equipamiento de los hogares españoles.



*Ilustración 13.-Evolución del PIB en España*

Entre los años 2008 y 2009 cuando la crisis económica tuvo su auge en el país, el consumo energético descendió. No sólo por la crisis económica, si no, porque con anterioridad se había invertido en mejorar la eficiencia energética. Como resultado final, el consumo de energía en el periodo comprendido entre 2004 (cuando empezó la política de mejora de eficiencia energética) y 2009 sufrió un descenso de 13'4%.

En 2010, ya dejando atrás el peor año de la crisis económica, aumentó el consumo de energía debido al aumento de la actividad de los sectores industriales.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

### **1.1.3. SECTOR MEDIOAMBIENTAL**

En España el cuidado del Medio Ambiente empieza a tener especial importancia a partir de la Constitución del 1978 donde se establece la primera legislación sobre ello.

Se tiene que prestar especial interés en el cambio climático que se está produciendo debido al aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, incumpliendo de este modo lo establecido en el protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto tiene como objetivo reducir las emisiones de los seis principales componentes que producen el efecto invernadero causantes del calentamiento global.

España es uno de los países que firmó ese protocolo, comprometiéndose a reducir un máximo del 15% sus emisiones respecto al año de referencia (1990), sin embargo, su producción de CO<sub>2</sub> ha ido aumentando los últimos años. Esto supone un gran desembolso para el país, pues incumplir el protocolo hace que se vea obligado a comprar derechos de emisión de CO<sub>2</sub> para compensar las toneladas de más que lanza a la atmósfera. Entre 2008 y 2012 ha gastado más de 800 millones de euros por esta causa.

Para reducir estas emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera se está apostando por los biocombustibles en sustitución a los combustibles fósiles, y por las energías consideradas “verdes”.

### **1.1.4. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Dadas las escasas reservas de combustibles fósiles de las que se disponen, y al creciente porcentaje de emisiones a la atmósfera de CO<sub>2</sub> con las repercusiones que conlleva, es necesario desarrollar nuevas tecnologías de obtención de energía que sean renovables y limpias para no desarrollar la problemática actual de nuevo.

Hoy en día se premia que el desarrollo de las energías resulte rentable y eficiente a gran escala, es por eso que las diferentes energías renovables o alternativas que se conocen necesitan de un gran desarrollo que permita aprovecharlas con un rendimiento mayor al actual.

En el campo de la energía solar se está intentando encontrar nuevas formas de captar la energía de forma que se pueda aprovechar más la radiación solar que alcanza la superficie de la Tierra. Se quiere diseñar una tecnología que pueda aprovechar un mayor rango de frecuencias además de la luz visible.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

En lo referente a la energía eólica lo difícil de esta energía es que no se puede controlar la frecuencia, la fuerza o la dirección del mismo. Lo que se está desarrollando son pequeñas turbinas que sean capaces de funcionar con vientos más débiles de forma que los periodos de aprovechamiento energético aumenten.

Otro campo que también se quiere erradicar, es el automovilístico tal y como se conoce en la actualidad. Las emisiones que lanzan los vehículos a la atmósfera suponen un elevado porcentaje, por lo que cada vez en este sector se están desarrollando nuevas tecnologías que impliquen un menor nivel de contaminación.

En principio se crearon automóviles híbridos. Ahora ya cada vez va siendo más frecuente el uso de automóviles eléctricos. En esta industria se está apostando por desarrollar nuevas tecnologías que doten a los vehículos de una mayor autonomía.



## ***1.2 ANTECEDENTES***



## ÍNDICE:

- 1.2.1. Introducción
- 1.2.2. Antecedentes históricos
- 1.2.3. Antecedentes técnicos
- 1.2.4. Conclusión



### **1.2.1. INTRODUCCIÓN**

Como parte del marco antecesor del estudio a desarrollar, a continuación se expondrán una serie de antecedentes de diversos tipos en base a los cuales la realización de este estudio estará justificada. Estos antecedentes estarán más dirigidos a la parte del estudio de la climatización de la piscina pues se trata de la parte principal del mismo.

### **1.2.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

La creciente demanda de energía es debida al desarrollo económico que permite una mejor calidad de vida. Esta calidad de vida se traduce en un mayor consumo energético, lo que finalmente desembarca en una mayor demanda de energía eléctrica. Esta problemática que establece Matilde Otero en su publicación de 2012 “ENERGIA: Necesaria y Escasa” se puede solventar a través de la mejora de la eficiencia energética y el desarrollo de una nueva tecnología de obtención de energía, alternativa a los combustibles fósiles.

Este campo de mejora de eficiencia y desarrollo de nuevas formas de obtención de energía ha obtenido grandes avances esta última década, de forma que cada vez va siendo más frecuente su uso y aumentan los rendimientos de éstas.

Uno de los retos a los que se enfrenta este campo es el reducir la dependencia de los combustibles fósiles. En gran medida, una gran parte del consumo de estos combustibles en este país se emplea en la industria automovilística, pues consume un 40% del total. Para reducir este consumo, la cámara de comercio de Sabadell en su artículo “Evolución de la eficiencia energética en Europa, España y Cataluña” señala que las medidas a tomar se centrarán en mejorar el rendimiento de los motores actuales, o desarrollar de forma más efectiva los vehículos híbridos o eléctricos.

Respecto a la producción de energía, este artículo señala que para poder solventar la problemática actual es necesaria la inversión en investigación y desarrollo para incrementar los rendimientos de las tecnologías alternativas de generación de energía (solar, eólica, biomasa, mareomotriz...).

### **1.2.3. ANTECEDENTES TÉCNICOS**

A continuación se verá reflejada la problemática a resolver a través del estudio, donde mediante energías renovables y alternativas se pretende cubrir el suministro energético del recinto deportivo, generándose un ahorro económico y unos beneficios ambientales.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

**TÍTULO DEL ARTÍCULO 1:** “Comparision of swimming pools alternative passive and active heating systems base on renewable energy sources in southern Europe”

**FECHA:** 1 marzo 2015

**FUENTE:** Scopus – Elsevier LTD

**RESUMEN DEL ARTÍCULO:** en este artículo se estudia una comparativa entre cubrir la demanda energética térmica de unas piscinas existentes en Grecia con combustibles fósiles o con energías renovables. Las energías renovables que se estudian son la biomasa, la solar combinada con biomasa y la geotérmica. Las tres ofrecen una cobertura total de la demanda energética y eliminan el uso de combustibles fósiles. El periodo de retorno de la inversión que se requeriría para las nuevas instalaciones sería inferior a cinco años.

**TÍTULO DEL ARTÍCULO 2:** “Pedalite: Lighting up lives in un-electrified villages”

**FECHA:** Octubre 2012

**FUENTE:** Scopus – Global Humanitarian Technology Conference

**RESUMEN DEL ARTÍCULO:** este artículo se centra en cubrir las necesidades energéticas de electricidad de un pueblo pequeño apartado a través de bicicletas generadoras de electricidad. Establece que esta forma es más barata que la obtención de energía conectándose a la red o empleando calderas de combustibles fósiles.

**TÍTULO DEL ARTÍCULO 3:** “Analysis of a solar assisted heat pump system for indoor swimming pool wáter and space heating”

**FECHA:** diciembre 2012

**FUENTE:** Web of Science – Journal Citation Reports

**RESUMEN DEL ARTÍCULO:** en este estudio se refleja la viabilidad económica y energética de la instalación de un sistema de bomba de calor solar para cubrir la climatización total de una piscina cubierta. Las conclusiones al artículo determinan que el ahorro energético comparado con los combustibles fósiles es del 79%. Resulta viable económicamente pues tiene un periodo de retorno de cinco años.

#### 1.2.4. CONCLUSIÓN

De los anteriores estudios señalados se obtienen las siguientes observaciones. La producción energética en España está basada en los combustibles fósiles, cada vez más escasos con lo que su precio es más elevado. La población tiene que adquirir una concienciación con el medio ambiente y así desarrollar más las alternativas a estos combustibles. Como se ha visto en los anteriores estudios, las energías renovables resultan una alternativa eficiente tanto energética como económicamente.



## ***1.3 OBJETIVOS***



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

## ÍNDICE:

- 1.3.1. Objetivos generales
- 1.3.2. Objetivos específicos



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

El objetivo global que tiene este estudio es fomentar el empleo de las energías renovables y alternativas con el fin de climatizar una piscina de forma eficiente y no perjudicial para el medio ambiente. Además se diseñará un sistema para la cobertura de la energía eléctrica necesaria a través del gimnasio anexo a ella. Para lograr este objetivo en los siguientes apartados se desarrollará un diseño de las instalaciones propuestas.

### **1.3.1. OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO**

Los objetivos generales del proyecto se pueden resumir en los siguientes:

- Diseño e implantación de un tecnología alternativa al uso de combustibles fósiles, de forma que se podrá estudiar si resulta viable globalmente su puesta en marcha en el municipio a estudiar. Se tendrán en cuenta los gastos de operación así como las pérdidas energéticas que presente el sistema.
- Dotar del abastecimiento energético a las instalaciones propuestas en este estudio de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía de Torrelavega, de forma que se amplíen las actividades deportivas que los alumnos puedan realizar sin tener que desplazarse.
- Promover el uso de energías renovables y alternativas para mejorar la eficiencia energética, y concienciar a las personas que el empleo de las mismas conlleva grandes ventajas, no solo económicas y energéticas, si no grandes ventajas medioambientales.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

De forma más concreta se enuncian a continuación los objetivos específicos del estudio a desarrollar:

- Se describirá el ámbito donde se realizará el estudio, de forma que tanto su geografía como su climatología indicará rasgos a tener en cuenta para el desarrollo del mismo.
- Se estudiarán las diferentes fuentes de energía renovable para la obtención de energía térmica. Como fuentes de energía a destacar se tendrán en cuenta la energía solar térmica, la energía geotérmica, la aerotermia y la biomasa. Así mismo se establecerá una comparativa entre ellas y se determinará cuál de ellas es la eficiente para el estudio.
- Se determinarán las demandas energéticas a cubrir, tanto térmicas como eléctricas, para que el funcionamiento de las instalaciones sea óptimo.
- Se revisará que la instalación diseñada no presente fallos o problemas.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

La principal causa que me ha impulsado a llevar a cabo esta idea es el desarrollo de la eficiencia energética en el campo de la climatización. Como se ha señalado en el capítulo anterior la situación actual que se está viviendo en España no es la más favorable económicamente, por lo que una mejora en la eficiencia conlleva a un menor coste económico. Establecer una viabilidad del suministro energético de la zona de estudio a través de energías renovables y alternativas dota a las instalaciones de una autosuficiencia que hace que no se tenga que depender del suministro eléctrico convencional, con lo que no se estará expuesto a las subidas de precio que son tan comunes estos últimos años. No sólo es una cuestión de una crisis económica, sino que el ritmo de producción energética actual, con las tecnologías convencionales, está perjudicando el medio ambiente. Este factor también se vería beneficiado con la puesta en marcha de este tipo de sistemas.



## ***1.4 LOCALIZACIÓN***



## ÍNDICE:

- 1.4.1. Ubicación geográfica
- 1.4.2. Parcelas afectadas
- 1.4.3. Mapas de red

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

### 1.4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto a desarrollar está ubicado en el municipio de Torrelavega (Cantabria), capital de la comarca del Besaya, situada en el centro de la Comunidad Autónoma.



*Ilustración 14.- Comarca del besaya*



---

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Torrelavega se encuentra en el sector inferior de los valles constituidos por los ríos Saja y Besaya. Ocupa el segundo lugar de Cantabria en número de población con 59.520 habitantes, sólo superado por Santander. Dispone de una superficie de 35'5 Km<sup>2</sup>. Es un municipio principalmente industrial, aunque es también un importante núcleo ganadero gracias al Mercado de Ganados que tiene lugar semanalmente. Está constituido por las siguientes localidades:

- Campuzano
- La montaña
- Torres
- Sierrapando
- Dualez
- Ganzo
- Viérnoles
- Barreda
- Tanos

Ésta última es donde se va a llevar a cabo el proyecto. Cuenta con aproximadamente 6000 habitantes. Está localizada a 1'3 Km del centro de la ciudad y a una altitud media de 45 m. En ella se encuentra el Campus Universitario formado por la Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía y por la Escuela Universitaria de Fisioterapia Gimbernat – Cantabria. A continuación podemos ver una imagen de dónde se encuentra situada la zona donde se va a desarrollar el proyecto.

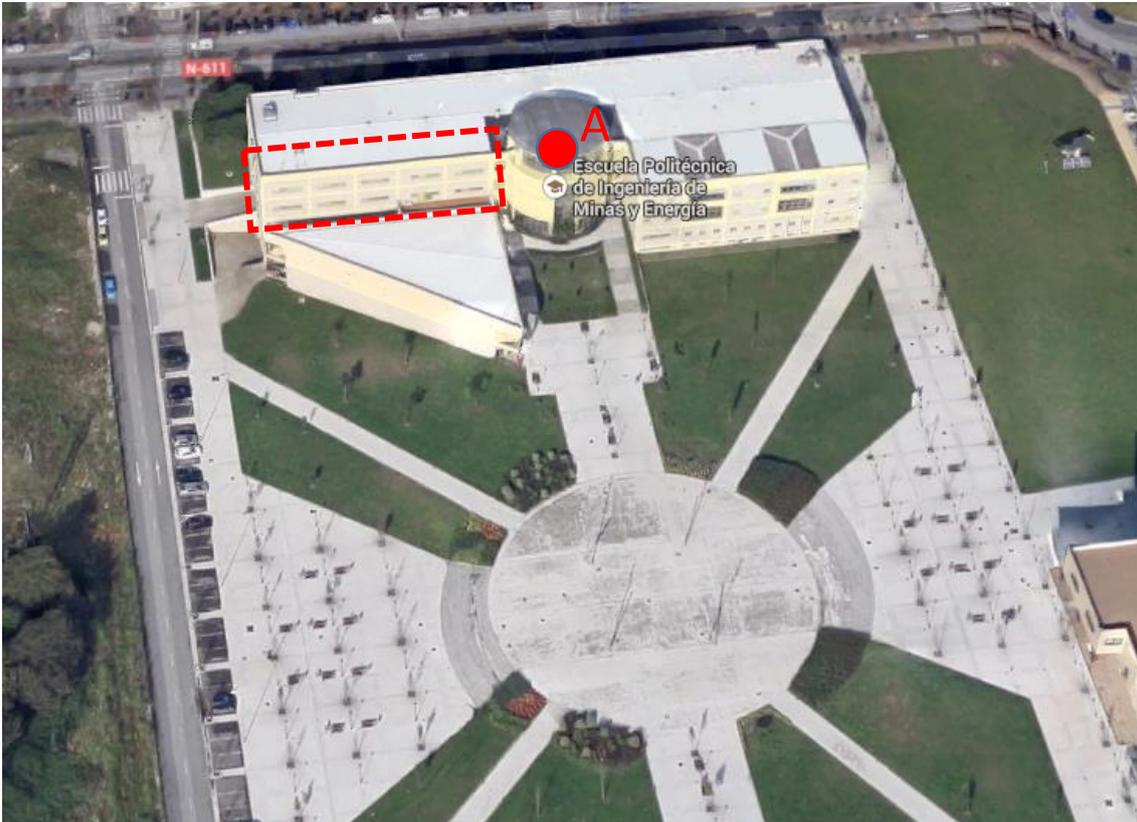
Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas



Las coordenadas donde se va a desarrollar el proyecto son las pertenecientes a la Escuela Politécnica de Minas y Energía. Estás señaladas en la fotografía siguiente con un punto rojo A.

- $X_A$ : 414845'11 m
- $Y_A$ : 4798819'99 m
- $Z_A$ : 43.98 m

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas



El lugar donde se va a desarrollar el proyecto es el sótano de la Escuela, señalado en la foto anterior con una línea de rayas.

#### **1.4.2. PARCELAS AFECTADAS**

Para conocer el número de parcelas afectadas por el estudio se ha acudido al SIGPAC donde se ha generado el siguiente documento:

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas



La parcela está señalada con un polígono de color rojo en la imagen de la izquierda. Es la parcela número 9000 del polígono 12, del municipio 87 – Torrelavega, situado en la Comunidad Autónoma 39-Cantabria.

El estudio se va a realizar en el recinto número 4 que tiene una superficie de 2'5555 ha y es de uso urbano.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

### 1.4.3. MAPAS DE RED



Ilustración 15.-Mapa de red. Fuente: REE

En este mapa se puede observar que hay una subestación eléctrica en Tanos, la más cercana al lugar donde se va a realizar el estudio. Cerca del mismo también transcurre una línea de 220KV (de color verde) y otra un poco más alejada de 400 KV (de color rojo).



## ***1.5 DATOS CLIMATOLÓGICOS***



## ÍNDICE:

- 1.5.1. Introducción
  - 1.5.1.1. Clasificación
- 1.5.2. Datos climatológicos del municipio
  - 1.5.2.1. Temperaturas ambientales
  - 1.5.2.2. Temperatura del agua de suministro
  - 1.5.2.3. Humedad
  - 1.5.2.4. Número de horas de sol
  - 1.5.2.5. Velocidad y dirección del viento
  - 1.5.2.6. Nieves
  - 1.5.2.7. Heladas



### 1.5.1. INTRODUCCIÓN

Los datos climatológicos determinan en gran medida las características que se deberán afrontar en la zona a estudiar, ya que implica unas propiedades del medio físico.

El clima de un determinado lugar se puede definir como una serie estadística de varios años de amplitud que abarca todos los elementos del tiempo atmosférico. Se ve afectado por una serie de factores como pueden ser la latitud, el relieve o la distancia al mar.

#### 1.5.1.1. Clasificación

Las clasificaciones del clima más empleadas son la clasificación de Köppen y la clasificación de Strahler. La que se va a emplear para clasificar el clima de la zona a estudiar es la primera de ellas.

Esta clasificación fue publicada por el Dr Wladimir Köppen a principios del siglo XX. En ella se establecen de forma primaria cinco grandes zonas que se denominan con letras mayúsculas. Estos tipos de clima se establecen en función de las temperaturas, excepto el B que se diferencia del resto por criterios de humedad.

TIPO	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS GENERALES
A	Clima tropical húmedo	Tª media mensual del mes más frío mayor a 18°C
B	Clima seco	Evap. superior a la precipitación como media anual
C	Clima templado	Tª media del mes más frío está entre -3°C y 18°C
D	Clima subártico	Tª media del mes más frío menor a -3°C y Tª media del mes más cálido mayor a 10°C
E	Clima de nieve o polar	Tª media del mes más cálido es menor a 10°C

*Tabla 1.- 1ª Clasificación climática de Köppen*

Atendiendo a esta clasificación, Nuestra zona a estudiar tiene un tipo de clima C, un clima templado donde la temperatura del mes más frío está comprendida entre -3°C y 18°C. Dentro de esta clasificación hay una subclasificación, que depende del parámetro de la humedad.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

TIPO	CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN
S	Semiárido (estepa)	Solo para climas de tipo B
W	Árido (desértico)	Solo para climas de tipo B
f	Húmedo sin estación seca	Solo para climas de tipo A, C y D
m	Húmedo con estación seca corta	Solo para climas de tipo A
w	Estación seca en invierno	Solo en posición baja
s	Estación seca en verano	Solo en posición alta

*Tabla 2.- Subclasificación climática de Köppen*

De la tabla anterior sacamos la conclusión de que la subclasificación del clima en el que nos encontramos es f, donde no se tiene estación seca. A su vez hay una tercera subdivisión, que atiende a una serie de parámetros adicionales a los citados anteriormente.

TIPO	CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN
a	La Tª med. del mes más cálido supera los 22°C	Se aplica a los climas tipo C y D
b	La Tª med. del mes más cálido es inferior a 22°C	Se aplica a los climas tipo C y D
c	La Tª med. del mes más frío es inferior a -38°C	Se aplica a los climas tipo D
h	La Tª med. anual es superior a 18°C	Se aplica a los climas tipo B
k	La Tª med. anual es inferior a 18°C	Se aplica a los climas tipo B

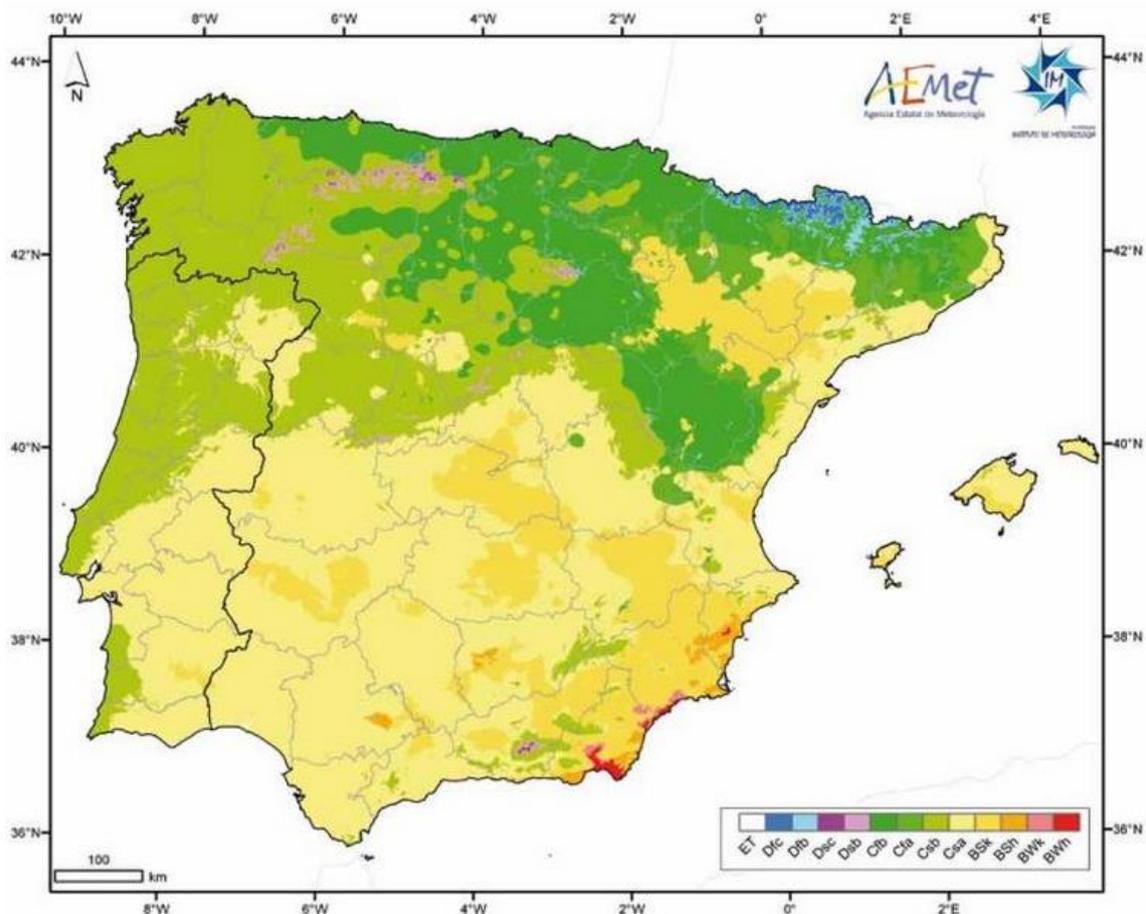
*Tabla 3.-Subdivisión climática de Köppen*

Atendiendo a las características recogidas en la tabla anterior, se puede subdividir el clima de zona a estudiar en el b.

Por lo tanto, si recogemos toda la información anterior se ve que la zona a estudiar tiene un clima según Köppen Cfb. Este tipo de clima es característico de las zonas más occidentales de Europa, con una variación de temperaturas suave y elevadas precipitaciones repartidas de forma regular a lo largo de todo el año. A continuación se expone un mapa de los

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

diferentes tipos de climas de Köppen que hay en España, donde se corrobora la clasificación que se ha realizado con anterioridad.



### 1.5.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS

Para conocer a climatología del lugar de estudio, se han recogidos los datos climáticos de la estación meteorológica de Sierrapando de Torrelavega, perteneciente a la Agencia Estatal de Meteorología AEMET, con coordenadas [Latitud: 43° 21' 31" N - Longitud: 4° 1' 39" O].



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

**1.5.2.8. Temperaturas ambientales**

Se obtienen los siguientes datos de las temperaturas medias ambientales mensuales del municipio durante un periodo de tiempo comprendido entre 2011-2014. Con estos datos se hace una media que se tomará como referencia para realizar los cálculos posteriores.

Año 2014												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Temp. Med.(°C)	11.9	10.7	11.8	14.3	14.9	18.9	20.0	20.1	20.9	18.6	14.5	10.3
Temp. Mín.(°C)	3.4	3.3	4.8	6.5	7.2	10.4	13.5	11.2	11.7	10.0	1.0	0.0
Temp. Máx. (°C)	21.4	22	25.6	24.7	25.6	31.4	30.7	30.3	31.1	31.3	23.3	16.8

*Tabla 4.-Temperaturas ambientales medias mensuales del año 2014*

Año 2013												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Temp. Med.(°C)	12.1	9.2	19.3	14.3	12.7	16.4	21.6	20.2	19.1	12.4	12.0	10.0
Temp. Mín.(°C)	4.4	7.1	17.5	4.3	5.5	10.0	14.3	13.9	12.1	5.9	2.5	1.4
Temp. Máx. (°C)	27.2	11.1	20.9	25.4	25.5	26.8	36.4	31.0	32.6	21.4	24.2	20.0

*Tabla 5.- Temperaturas ambientales medias mensuales del año 2013*

Año 2012												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Temp. Med.(°C)	9.2	7.5	12.0	11.3	17.1	18.5	19.2	21.2	19.0	11.7	12.4	13.4
Temp. Mín.(°C)	1.9	0.6	3.2	6.2	7.6	10.3	12.5	14.5	10.1	5.8	4.2	6.5
Temp. Máx. (°C)	16.6	18.8	26.6	18.4	34.5	35.6	31.4	30.5	30.9	19.6	24.0	23.0

*Tabla 6.- Temperaturas ambientales medias mensuales del año 2012*



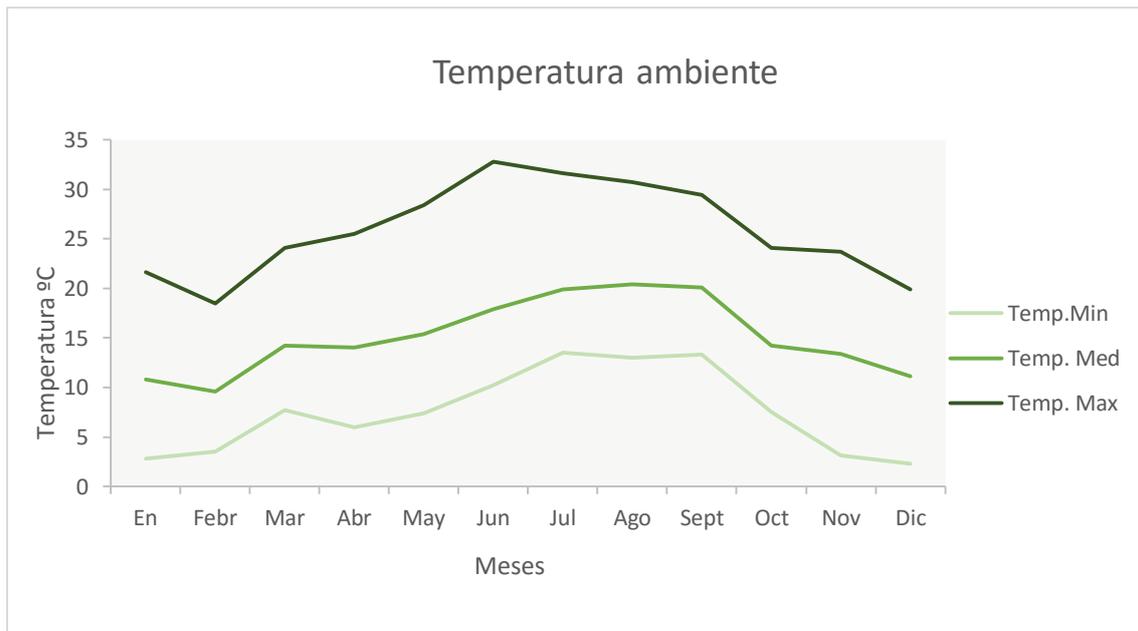
Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Año 2011												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Temp. Med.(°C)	10.2	11.0	13.6	16.2	17.1	18	18.9	20.1	21.3	14.3	14.9	10.9
Temp. Mín.(°C)	1.5	3.2	5.2	6.8	9.4	10.3	13.7	12.3	19.2	8.2	4.6	1.3
Temp. Máx. (°C)	21.1	22.2	23.3	33.5	27.9	37.4	28.0	31.1	22.9	24.2	23.3	19.8

*Tabla 7.- Temperaturas ambientales medias mensuales del año 2011*

Media												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Temp. Med.(°C)	10.8	9.6	14.2	14.0	15.4	17.9	19.9	20.4	20.1	14.2	13.4	11.1
Temp. Mín.(°C)	2.8	3.5	7.7	5.95	7.4	10.2	13.5	13.0	13.3	7.5	3.1	2.3
Temp. Máx. (°C)	21.6	18.5	24.1	25.5	28.4	32.8	31.6	30.7	29.4	24.1	23.7	19.9

*Tabla 8.- Temperaturas ambientales medias mensuales de un año tipo*





Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Como se puede observar en el gráfico, en el municipio a estudiar, la temperatura media más alta tiene lugar en el mes de agosto, ésta no supera los 22°C, dato reseñable para la clasificación climática de Köppen. Mientras que la temperatura más baja se da en febrero.

**1.5.2.9. Temperatura del agua de suministro**

Otro dato importante a tener en cuenta es la temperatura media del agua de suministro. Para el desarrollo de este estudio se va a utilizar agua derivada de los ríos Saja- Besaya. Para conocer las temperaturas del río Besaya se consultan las dos estaciones de Aforo que se encuentran más próximas a Torrelavega y se obtienen las siguientes temperaturas en °C:

Temperatura media agua Río Besaya						
	Febrero	Abril	Junio	Agosto	Octubre	Diciembre
Besaya 1	8	14	20.5	23	14.5	10.8
Besaya 2	8	13	19.7	22.5	15.5	10

*Tabla 9.- Temperatura media del agua río Besaya*

Para observar los datos de esta tabla se tiene que tener en cuenta que “Besaya 1” se encuentra a 15 Km de Torrelavega (centro) y “Besaya 2” está a 6 km de Torrelavega (centro). Por ser esta última la más cercana al punto de unión al río Saja se tomará como referencia sus temperaturas, aunque se puede observar que no varía mucho de la anterior.

Para conocer las temperaturas del río Saja se consultan dos estaciones de aforo que se encuentran más próximas a Torrelavega y se obtienen las siguientes temperaturas en °C:

Temperatura media agua Río Saja						
	Febrero	Abril	Junio	Agosto	Octubre	Diciembre
Saja 1	9	10.5	18	20	14.5	9
Saja 2	10	12	21	22	15	10

*Tabla 10.- Temperatura media del agua río Saja*

Para observar los datos de esta tabla se tiene que tener en cuenta que “Saja 1” se encuentra a 23 Km de Torrelavega (centro) y “Saja 2” está a 8 km de Torrelavega (centro). Por ser esta última la más cercana al punto de unión con el río Besaya, se tomará como referencia sus temperaturas, ya que la anterior se distancia varios kilómetros del punto de toma de agua.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

La toma de agua necesaria para el correcto funcionamiento de la instalación se realizará a partes iguales de los ríos, por lo que se realizará una media de las temperaturas de ambos ríos para saber la temperatura del agua final en el punto donde se unen ambos.

Temperatura media agua en el punto de unión						
	Febrero	Abril	Junio	Agosto	Octubre	Diciembre
Besaya 2	8	13	19.7	22.5	15.5	10
Saja 2	10	12	21	22	15	10
Toma	9	12.5	20.3	22.2	15.2	10

*Tabla 11.- Temperatura media del agua en el punto de unión Saja-Besaya*

Al no disponer de la temperatura exacta en el punto donde se va a derivar el agua, ya que las estaciones de aforo se encuentran alejadas, se consulta el documento básico de ahorro de la energía donde también se puede obtener la temperatura media mensual de agua fría en (°C) en la capital de la provincia, en este caso sería la temperatura de Santander. Como se puede observar las temperaturas no varían mucho.

Temperatura media												
Localidad	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Santander	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10

*Tabla 12.-Temperatura media del agua fría de referencia*

### 1.5.2.10. Humedad

Se entiende por humedad la cantidad de vapor de agua que está presente en el aire. Es un factor a tener en cuenta, y depende en gran medida de la temperatura. A continuación de recoger los datos de 2011 hasta 2014 del municipio.

Año 2014												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Hum. Med.(%)	72	61	72	75	72	75	79	76	73	73	69	81
Hum. Mín.(%)	26	18	2	34	34	3	39	35	28	28	39	0
Hum. Máx. (%)	100	100	100	100	98	98	98	98	98	98	98	100

*Tabla 13.- Humedad media mensual del año 2014*



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Año 2013												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Hum. Med.(%)	67	64	42	79	86	84	82	80	80	72	81	70
Hum. Mín.(%)	41	19	37	41	52	49	34	43	10	12	15	4
Hum. Máx. (%)	100	76	48	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*Tabla 14.- Humedad media mensual del año 2013*

Año 2012												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Hum. Med.(%)	74	55	53	55	35	49	56	50	52	41	21	26
Hum. Mín.(%)	19	16	12	15	11	11	11	11	11	16	16	13
Hum. Máx. (%)	100	100	100	97	95	96	100	95	97	89	57	77

*Tabla 15.- Humedad media mensual del año 2012*

Año 2011												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Hum. Med.(%)	66	66	57	64	73	62	67	71	71	65	57	49
Hum. Mín.(%)	17	16	17	12	30	10	14	22	57	22	14	0
Hum. Máx. (%)	98	98	100	100	98	98	98	98	90	93	100	100

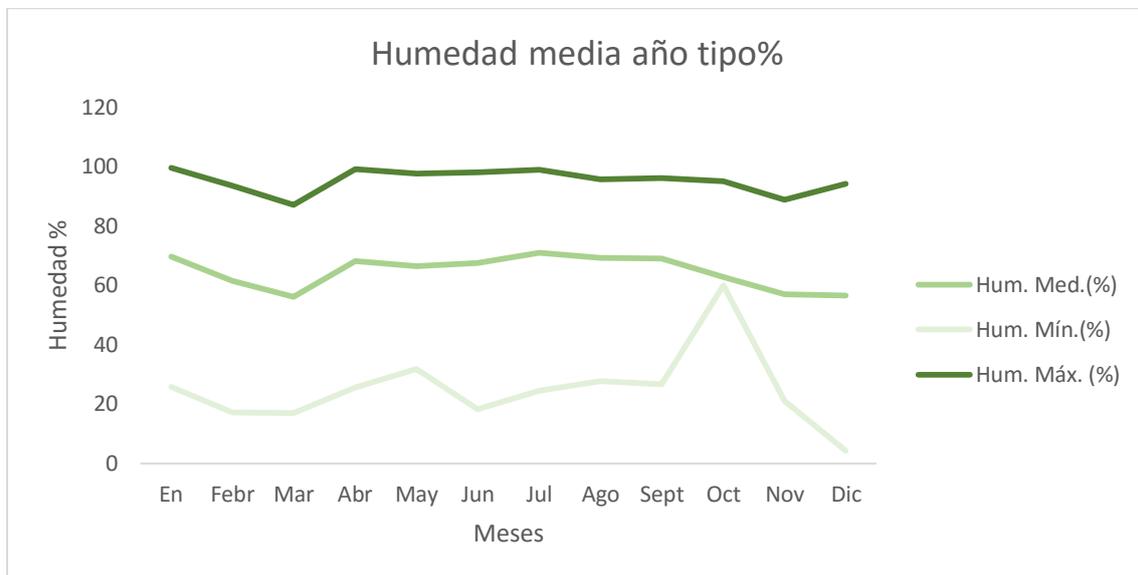
*Tabla 16.- Humedad media mensual del año 2011*



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Año tipo												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Hum. Med.(%)	69.7	61.5	56	68.2	66.5	67.5	71	69.2	69	62.7	57	56.5
Hum. Mín.(%)	25.7	17.2	17	25.5	31.7	18.2	24.5	27.7	26.5	78	21	4.2
Hum. Máx. (%)	99.5	93.5	87	99.2	97.7	98	99	95.7	96.2	95	88.7	94.2

*Tabla 17.- Humedad media mensual*



Como se puede observar en el gráfico, la humedad media no varía mucho de unos meses a otros, moviéndose entre los valores de 56% y 71%.

### 1.5.2.11. Número de horas de sol

Para conocer el número de horas de sol al día se necesita saber primero la radiación global diaria.

La radiación solar global es la energía procedente del sol que llega a una determinada superficie terrestre (global) durante un tiempo determinado. Presenta gran dispersión y por tanto baja densidad además de intermitencia o variabilidad en el tiempo. Se ve afectada por diversos factores en su camino a través de la atmósfera, estos pueden ser de dos tipos:



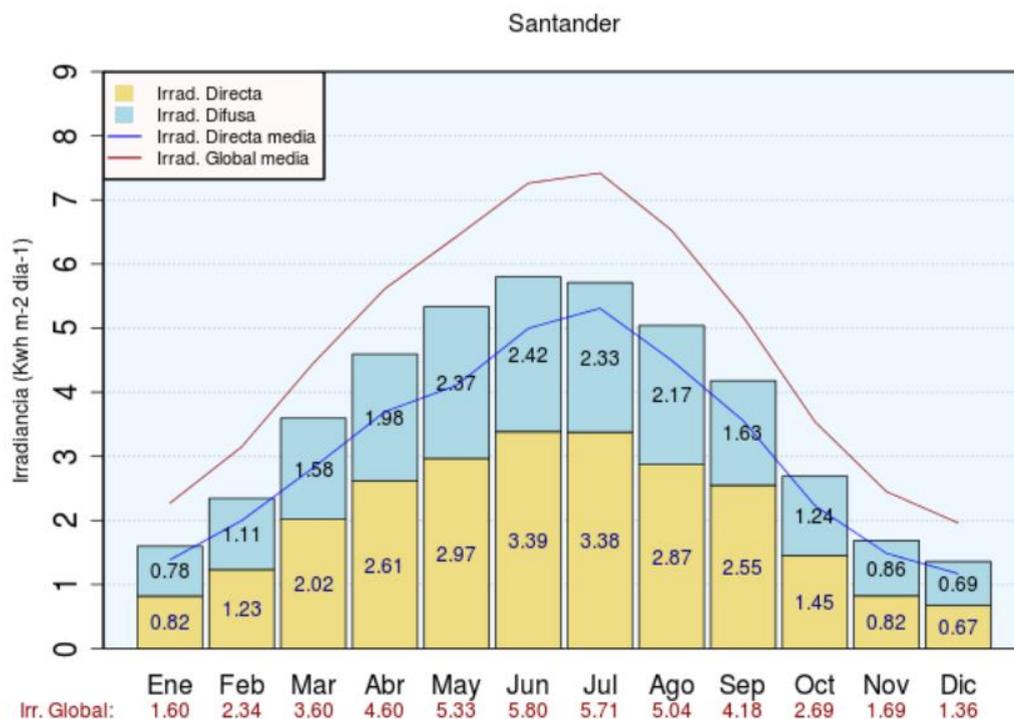
Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

- **Factores deterministas:** factores astronómicos, que dependen de la posición relativa de la Tierra-Sol. Condicionan el recorrido de la radiación a través de la atmósfera así como el ángulo de incidencia.
- **Factores aleatorios:** factores climáticos, que atenúan la cantidad de energía que se podrá alcanzar en la Tierra. No son cuantificables.

La radiación solar global es la suma de ambos tipos de irradiancia que se muestran a continuación:

- **Directa:** es la irradiancia que alcanza la superficie, en un plano horizontal, procedente únicamente del disco solar.
- **Difusa:** es la irradiancia que incide en un plano horizontal, procedente del resto del cielo debido a los procesos de dispersión que tienen lugar en la atmósfera.

Para conocer la radiación solar correspondiente al lugar donde se desarrollará el estudio se acude a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Ahí se consulta el “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT” donde se obtiene el siguiente diagrama.





Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

La irradiancia del diagrama viene expresada en  $\frac{Kwh}{m^2}$  por día. Si se multiplica por el número de días que tiene un mes, y se divide entre  $1 \frac{Kw}{m^2}$  tendremos el número de Horas de Sol Pico (HSP) mensuales a  $1 \frac{Kw}{m^2}$  (máxima radiación solar) y el resto de horas serían oscuras totalmente.

Para obtener datos de forma más exacta, se obtienen unas tablas de horas de sol por regiones, meses y años de AEMET, con las que se hará una media.

Número de horas de sol por meses y años												
Meses	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
2008	94	118	90	173	141	150	211	171	153	136	40	59
2009	63	128	200	133	158	202	190	171	184	146	81	68
2010	37	95	111	188	160	161	178	183	158	101	64	76
2011	77	104	143	188	144	155	141	138	182	173	111	78
2012	72	92	194	57	206	129	169	179	145	120	95	83

Tabla 18.- Número de horas de sol por meses del 2008-2012 en Santander

Número de horas de sol por meses año tipo												
Localidad	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Santander	68.8	107.4	147.6	147.8	161.8	159.4	177.8	168.4	164.4	135.2	78.2	72.8

Tabla 19.- Número de horas de sol por meses de un año tipo en Santander.

### 1.5.2.12. Velocidad y dirección del viento

Por último se debe conocer la velocidad del viento y la dirección de la misma pues de ella depende el diseño de los contrapesos de los paneles para que estos no sufran daños en rachas de viento fuerte. Las velocidades vienen representadas en km/h.

Velocidades año 2011												
	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Media	7.8	8.5	8.6	8.6	6.7	5.4	6.5	4.7	4.5	4.4	6.8	5.7
Máxima	51.8	64.8	48.1	57.4	51.8	46.3	51.8	64.8	44.4	46.3	70.3	75.9

Tabla 20.-Velocidades media y máxima del viento en el año 2011



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Dirección Velocidades año 2011												
	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Media	S-SO	O-SO	S	N	NE	N-NE	N	N-NE	N	NO	SO	O
Máxima	SO	SO	S-SO	S-SO	N-NO	N-NO	N-NO	N-NO	N	N	S-SO	N-NO

*Tabla 21.-Dirección velocidades media y máxima del viento en el año 2011*

Velocidades año 2012												
	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Media	3.5	4.9	4.7	6.8	6.7	5.2	4.5	4.7	4.5	5	6.5	7
Máxima	35.2	59.2	53.7	70.3	48.1	62.9	42.6	46.3	50	38.9	64.8	70.3

*Tabla 22.- Velocidades media y máxima del viento en el año 2012*

Dirección Velocidades año 2012												
	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Media	O-SO	NE	E-NE	N-NO	SO	N	N	NE	NE	S-SE	O	SO
Máxima	NE	N-NE	N-NE	N-NO	S-SO	N	N-NO	N-NO	SO	E-NE	S-SO	S

*Tabla 23.- Dirección velocidades media y máxima del viento en el año 2012*

Velocidades año 2013												
	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Media	8.2	3.9	10.5	4.8	5.4	3.6	2.6	3.7	3.3	3.5	4.6	3.4
Máxima	79.6	13	31.5	50	50	49.8	27.8	33.3	40.7	38.9	55.5	50

*Tabla 24.-Velocidades media y máxima del viento en el año 2013*

Dirección Velocidades año 2013												
	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Media	O-SO	E	S	N	N-NO	N	N	N	N-NO	O-SO	N-NO	O-SO
Máxima	N-NO	NE	S	N	N	N-NO	N-NE	N-NO	SO	N	N-NO	S-SO

*Tabla 25.-Dirección velocidades media y máxima del viento en el año 2013*



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Velocidades año 2014												
	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Media	6.5	7.1	6.1	4.2	4.5	4.1	3.8	3.3	3.5	3.2	5.5	4.2
Máxima	85.1	74	79.6	51.8	53.7	61.1	40.7	48.1	42.6	46.3	62.9	50

*Tabla 26.-Velocidades media y máxima del viento en el año 2014*

Dirección Velocidades año 2014												
	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Media	O	O	NO	N-NO	N-NO	N	N	N	O-SO	SO	O-SO	N-NO
Máxima	N-NO	SO	N-NO	S-SO	SO	N	N-NE	N	SO	S-SO	S	NO

*Tabla 27.- Dirección velocidades media y máxima del viento en el año 2014*

Media velocidades para año tipo												
	En	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Media	6.5	6.1	7.5	6.1	5.8	4.6	4.3	4.1	3.9	4	5.8	5.1
Máxima	62.9	52.7	53.2	57.4	50.9	55	40.7	48.1	44.4	42.6	63.4	61.5

*Tabla 28.- Media de velocidades que se tomarán como las del año de referencia*

Para mostrar de forma más visual la dirección del viento se va a realizar una rosa de los vientos para las velocidades medias y otra para las velocidades máximas y así podrá ver la dirección predominante del viento. Para ello se representará el % de veces que se da cada dirección.

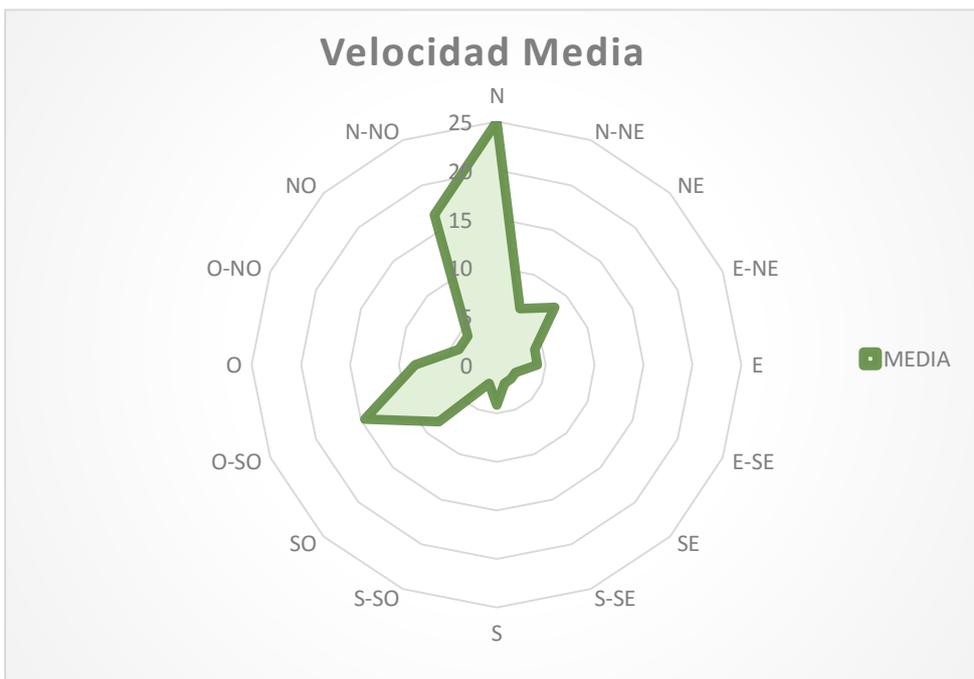
- Se cuenta el número de veces que se repite cada dirección dentro de los años que se han estudiado.
- Se divide entre el total de muestras tomadas, que en este caso es 48 (12·4).
- Se multiplica por 100 para obtener el porcentaje.

	Número de veces (media)	%	Número de veces (máxima)	%
N	12	25	8	16.667
N-NE	2	4.167	4	8.333
NE	4	8.333	2	4.167
E-NE	1	2.083	1	2.083
E	1	2.083	0	0



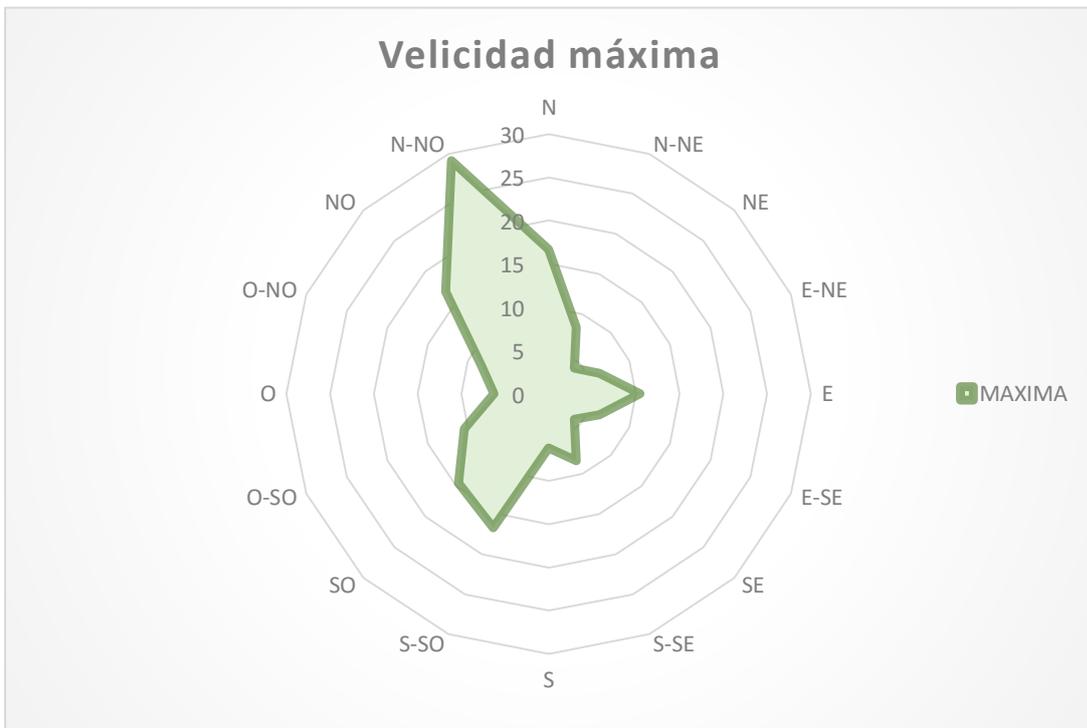
Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

E-SE	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S-SE	1	2.083	0	0
S	2	4.167	3	6.25
S-SO	1	2.083	8	16.667
SO	4	8.333	7	14.583
O-SO	7	14.583	0	0
O	4	8.333	0	0
O-NO	0	0	0	0
NO	2	4.167	1	2.083
N-NO	7	14.583	14	29.167
SUMATORIO	48	100	48	100





Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas



Se ve que en la velocidad media, predomina la dirección Norte con un 25% de probabilidad, seguida por N-NO y O-SO con un 14'6% cada una de frecuencia de aparición. También se pueden destacar las direcciones NE, SO y O con un porcentaje del 8'3%.

En cuanto a la velocidad máxima alcanzada (racha máxima) predomina la N-NO con casi un 30% de frecuencia. Se pueden destacar las direcciones S-SO y N con un 16'7% muy seguidas de SO con un 14'6%.

**1.5.2.13. Nieves**

Se ha realizado una serie estadística mensual, utilizando como base los datos obtenidos en AEMET, para los años 1981-2010. Con ella se obtiene el número medio de días de nieve:

	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
DIAS	0'4	0'3	0'1	0'0	0'0	0'0	0'0	0'0	0'0	0'0	0'0	0'1



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

**1.5.2.14. Heladas**

Se procede a realizar el mismo proceso que anteriormente de forma que se obtiene el número medio de días de heladas mensuales entre los años 1981 y 2010

	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
DIAS	2'1	1'2	0'4	0'0	0'0	0'0	0'0	0'0	0'0	0'0	0'4	2'0



## ***1.6 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN***



## ÍNDICE:

### 1.6.1. Plantas, estancias y usos.

#### 1.6.1.1 Planta -1:

1.6.1.1.1 Sala de calderas

1.6.1.1.2 Piscina

1.6.1.1.3 Vestuarios

1.6.1.1.4 Sala de máquinas

1.6.1.1.5 Recepción

### 1.6.2. Descripción de los paramentos

### 1.6.3. Condiciones interiores de cálculo

1.6.3.1. Temperatura

1.6.3.2. Humedad

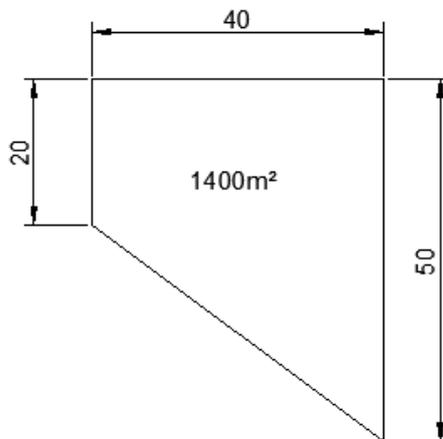
### 1.6.4. Horario de funcionamiento

### 1.6.5. Aforo

### 1.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El presente estudio plantea el desarrollo del mismo en diferentes estancias, todas ellas situadas en el sótano de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía, cada una de ellas con un fin distinto. A continuación se detallarán las diferentes características de cada una de las estancias.

La capacidad del lugar donde se va a ubicar la instalación, es decir, del sótano, es de 1400m<sup>2</sup> con un perímetro de 160m.



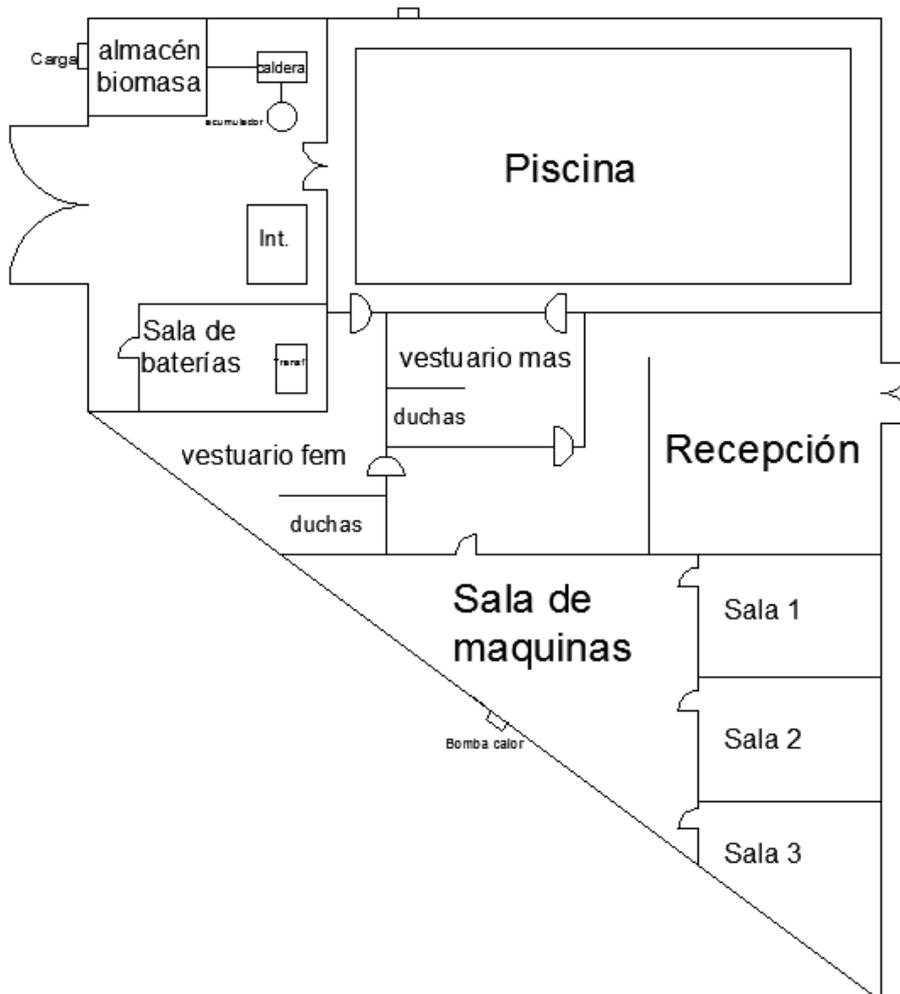
*Ilustración 16.-Croquis Planta -1 general*

#### 1.6.1. Plantas, estancias y usos.

##### 1.6.1.1. **Planta -1:**

En ella se ubican todas las estancias necesarias para desarrollar este estudio. A continuación se muestra un croquis en detalle de la distribución del espacio de la planta.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

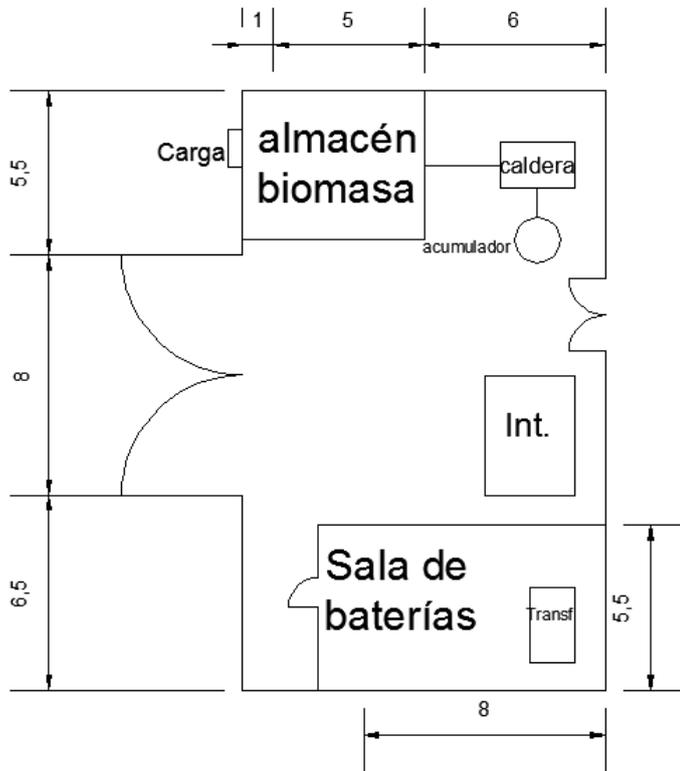


*Ilustración 17.- Distribución espacial planta -1.*

#### 1.6.1.1.1. Sala de calderas

Se trata de un local técnico sin climatizar que acogerá toda la maquinaria necesaria para la producción de parte del calor, además de las baterías que recolectarán la energía de las máquinas del gimnasio.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas



*Ilustración 18.- Detalle acotado sala de calderas.*

Atendiendo a la guía técnica de instalaciones de biomasa térmicas en edificios del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) del Gobierno de España, se tendrán que tener en cuenta las siguientes observaciones a la hora de diseñar el espacio de la sala de calderas.

- Al emplear biomasa será necesario disponer de un espacio mayor que si se tratara de un sistema convencional. Se necesita:
  - Espacio para la caldera y para poder realizar las maniobras necesarias para realizar un mantenimiento adecuado y reparaciones cuando sea necesario. Deberá determinarlo el fabricante de la caldera, tomando este valor siempre como el mínimo a tomar.
  - Sistema de almacenamiento de combustible. Dependiendo del sistema de almacenamiento de combustible se deberá diseñar el suministro de éste de la forma más sencilla posible. El almacenamiento del combustible podrá ser de diferentes tipos, (almacenamiento prefabricado o un almacenamiento de obra). Todos ellos se muestran en la tabla inferior. Como se puede ver en las observaciones, se deberá elegir entre un almacenamiento prefabricado de depósito subterráneo o uno de obra con dos suelos inclinados (porque no necesita agitador), debido a que ambos están destinados a grandes instalaciones, y el resto



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

de almacenamientos es para proyectos de menor envergadura. Su elección dependerá del tipo de biomasa elegido: el almacenamiento en elementos prefabricados es adecuado para biomasa de pequeña granulometría (pellets, astillas o huesos de aceituna); el almacenamiento de obra debe garantizar ausencia de humedad para evitar que la biomasa aumente de volumen y reduzca su eficiencia como combustible.

Tipo de almacenamiento	Clase de almacenamiento	Sistema de carga	Sistema de alimentación	Observaciones
<b>Prefabricado</b>	Contenedor o tolva exterior	Sistema neumático	Tornillo sinfín o sistema neumático	Para viviendas unifamiliares
	Silo flexible	Sistema neumático o semiautomático	Tornillo sinfín o sistema neumático	Para viviendas unifamiliares o pequeños edificios
	Depósito subterráneo	Sistema neumático	Sistema neumático	Para viviendas unifamiliares y grandes instalaciones
	Tolva o almacenamiento integrado	Semiautomático	Semiautomático	Es de pequeño tamaño
<b>De obra (Nueva construcción o adaptación de una existente)</b>	Con suelo inclinado de dos lados	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	No necesita agitador
	Con suelo inclinado de un lado	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	Agitador solo hasta 25"

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas



*Ilustración 19.- Depósito prefabricado*



*Ilustración 20.- De obra, con dos suelos inclinados*

Entre estos dos mostrados arriba, se elegirá el prefabricado, que deberá tener las dimensiones suficientes como para cubrir la demanda requerida.

- Se deberá disponer de un camino lo suficientemente grande para que el objeto más voluminoso contenido en la sala pueda ser conducido desde el interior hasta el exterior sin encontrarse ningún obstáculo.
- En cuanto a medidas a respetar, se tendrá una altura mínima de 2'5 metros y una altura libre de tuberías de al menos 0'5 metros aunque se recomienda ampliarla hasta 1 metro. Para el espacio libre frontal se tendrá por norma general 1 metro con una altura mínima libre de

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

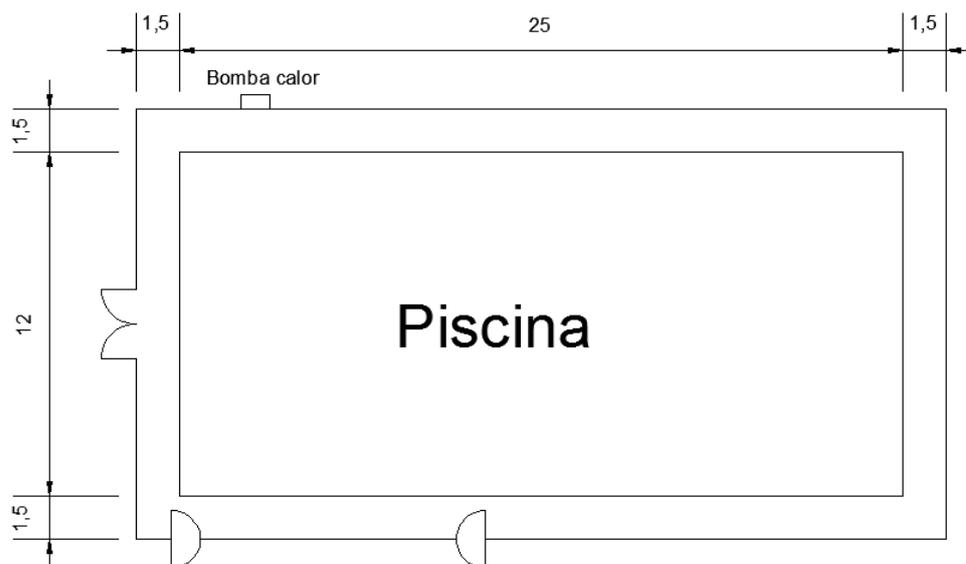
obstáculos de 2 metros, sin embargo atendiendo al tipo de caldera se tendrán que realizar estos ajustes:

- Con alimentación o retirada de ceniza manual: Espacio libre frontal de al menos vez y media la profundidad de la caldera.
- Resto de casos: Se describen en los manuales de mantenimiento de las calderas.
- Entre la caldera y el muro lateral y de fondo debe haber al menos 0'5 metros aunque lo recomendable son 0'8 metros.

En cuanto al almacenamiento de las baterías que recolectarán la energía de las máquinas del gimnasio Se tendrá en cuenta el NTP 617 de no obligado cumplimiento que es una guía de buena práctica donde se establecen medidas a tener en cuenta sobre locales de carga de batería de acumuladores eléctricos, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, y el apartado "Instalaciones en locales en que existan baterías de acumuladores" ITC-BT-30 del Reglamento de Baja Tensión.

- El local se construirá con materiales incombustibles y se destinará únicamente a albergar las baterías.
- La puerta de acceso se abre hacia afuera.
- La caldera de calefacción se sitúa en un local exterior al de las baterías.

#### 1.6.1.1.2. Piscina



*Ilustración 21.- Detalle acotado piscina*



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

- Vaso:
  - Al tratarse de un vaso con una superficie mayor a 250 m<sup>2</sup> (300m<sup>2</sup>) se ha de diseñar un rebosadero perimetral, el cual no podrá ser superado cuando el nivel de agua sea máximo.
- Paseo o andén:
  - Deben tener una anchura mínima de 1'20metros, en el caso del presente estudio el espacio es de 1'5 m como se puede observar en la figura anterior.
- Respecto a la altura del local, se tiene que tener en cuenta que la normativa establece que por cada m<sup>2</sup> de lámina de agua, se han de tener 8m<sup>3</sup> de aire. Por lo que se tiene lo siguiente:

$$12 \text{ m de ancho} \cdot 25 \text{ m de largo} = 300 \text{ m}^2 \text{ lámina de agua}$$

$$300 \text{ m}^2 \text{ lámina de agua} \cdot \frac{8 \text{ m}^3 \text{ de aire}}{\text{m}^2 \text{ lámina de agua}} = 2400 \text{ m}^3 \text{ de aire}$$

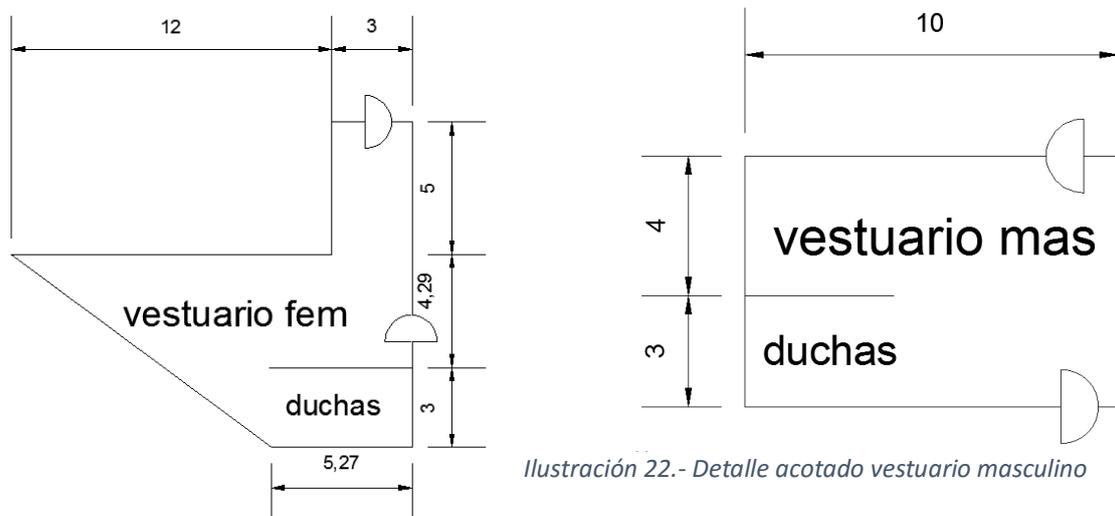
$$2400 \text{ m}^3 \text{ de aire} = (12 + 1'5 + 1'5) \cdot (25 + 1'5 + 1'5) \cdot (\text{Altura})$$

$$2400 \text{ m}^3 \text{ de aire} = (15) \cdot (28) \cdot (\text{Altura})$$

$$\text{Altura} = 5'714 \text{ m}$$

En el caso de este estudio, se dispone de una altura de seis metros, que, según lo establecido anteriormente cumple con la normativa, respetando la altura mínima de 5'71 m.

#### 1.6.1.1.3. Vestuarios



*Ilustración 22.- Detalle acotado vestuario masculino*

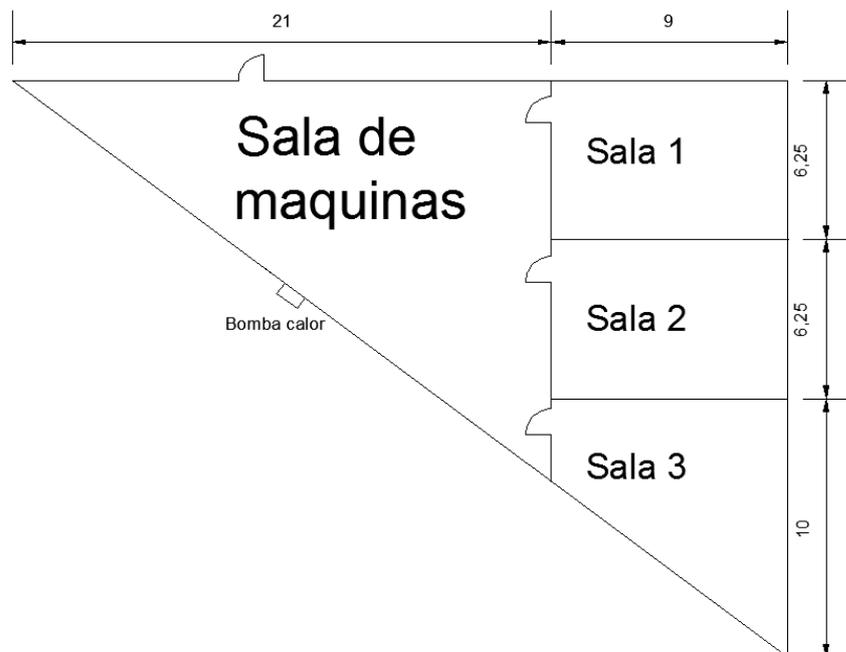
*Ilustración 23.- Detalle acotado vestuario femenino*

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Siguiendo el Reglamento Sanitario para vestuarios de las Piscinas de Uso Colectivo de la Comunidad Autónoma de Cantabria se han de tener en cuenta los siguientes aspectos.

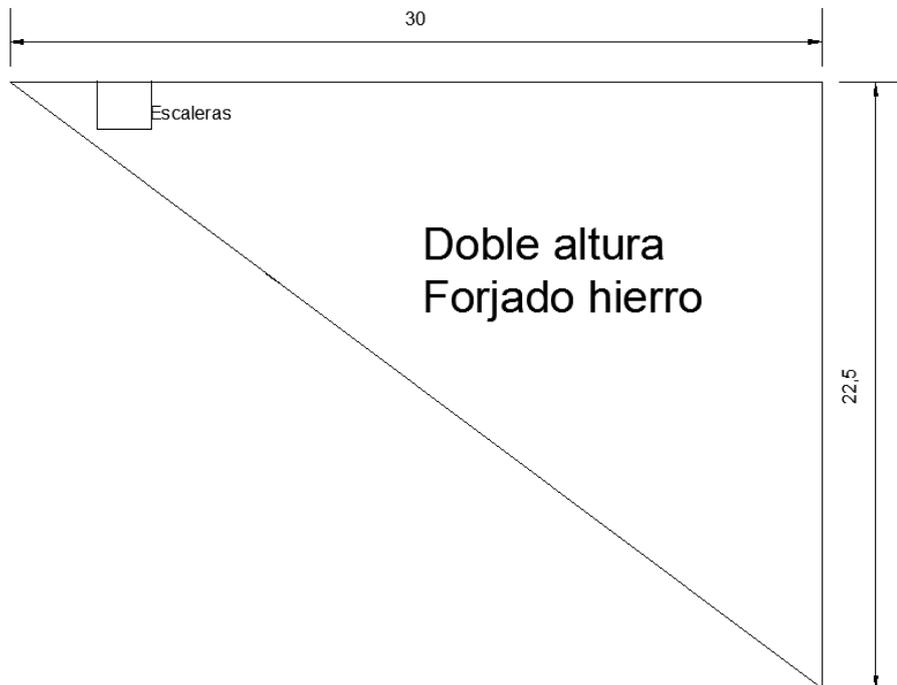
- Los vestuarios han de estar separados por sexos, un vestuario femenino y otro vestuario masculino.
- Se diseñarán teniendo en cuenta que han de disponer de dos accesos, uno para ser utilizado con ropa de calle (acceso a través de recepción) y otro que lleve hasta el recinto donde se encuentre el vaso.
- Dispondrán de taquillas guardarropa accesibles a todos los usuarios.
- Es obligatorio que se disponga de una ducha y un lavabo por cada 50 personas, siendo el mínimo de dos. Por lo que se dispondrá de seis duchas y seis lavabos por cada vestuario.
- En el caso del vestuario femenino es obligatorio tener un inodoro por cada cincuenta personas con un mínimo de dos. Se pondrán cuatro inodoros. En el vestuario masculino también se dispondrá de un inodoro por cada cincuenta hombres con un mínimo de dos, aunque el 50% de los mismos puede ser sustituido por urinarios, por lo que se dispondrá de dos inodoros y dos urinarios.

#### 1.6.1.1.4. Sala de máquinas



*Ilustración 24.- Detalle acotado sala de máquinas*

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas



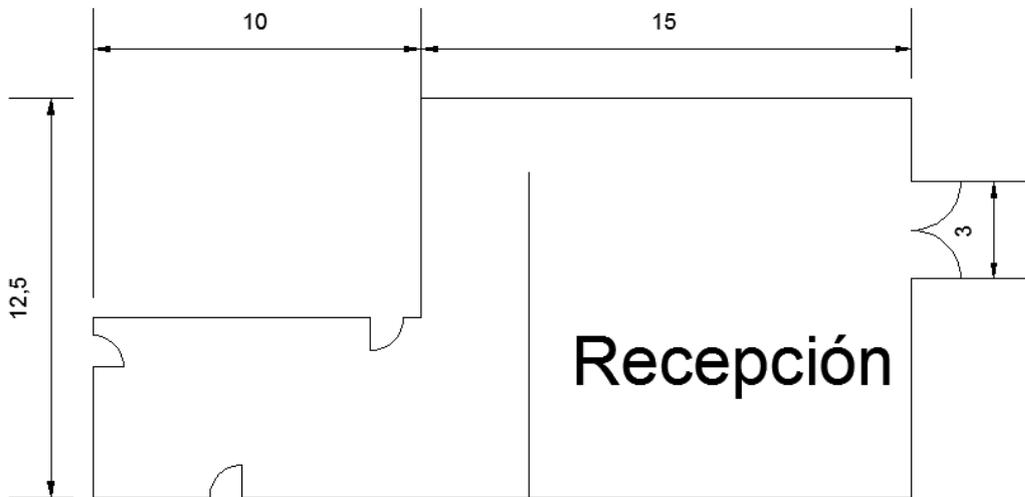
*Ilustración 25.- Detalle acotado doble altura Sala máquinas*

Esta parte de la instalación, al disponer de altura suficiente, dispondrá de una doble altura a través de un forjado de hierro, disponiendo de esta manera de una mayor superficie de entrenamiento.

Este recinto está dividido en varias salas. En la sala de máquinas se dispondrán los aparatos necesarios para realizar ejercicio anaerobio y aerobio. Se dispondrá de pesas, bancos de abdominales, jaulas de entreno, y demás equipos de musculación en la doble altura. Las bicicletas estáticas y elípticas, máquinas de correr, de step remo etc se situarán en la parte baja. Las salas señaladas como 1, 2 y 3 están destinadas a la realización de deportes como aeróbic, zumba, GAP o spinning.

#### 1.6.1.1.5. Recepción

La recepción dispone de una entrada directa desde la universidad, con una apertura suficiente para que la gente con minusvalías pueda entrar. Desde la recepción se puede acceder a los vestuarios o a la sala de máquinas. Estará separada del resto de la instalación a través de un muro separador de vidrio traslúcido, de forma que se dota la misma de intimidad y se aísla térmicamente.



*Ilustración 26.- Detalle acotado recepción*

**1.6.2. Descripción de los paramentos**

A continuación se van a describir los diferentes paramentos que componen la instalación y la envolvente térmica de los mismos. Éstos han sido obtenidos de los planos de la Escuela Universitaria de Minas y Energía de Torrelavega, en concreto del plano que tiene por nombre “PLANTA NIVEL 46’48 ACABADOS Y CARPINTERÍA”.

PARAMENTOS	DESCRIPCIÓN
Muro exterior	Muro de hormigón + trasdos placa acústica con acabado y aislamiento
Muros interiores	Muro de hormigón + recubrimiento de yeso + aislamiento lana roca y dos placas de pladur con perfilera metálica vista
Suelo	Acabado monocapa cementoso a base de agregados minerales tipo mastertop 100 de Halesa MBT o similar
Techo	Panel pasillo tipo rockfón de rockwool sobre perfilera vista o similar
	Pintura al silicato bajo forzado
Ventanas	Carpintería de acero prelacado en ventanas.

A continuación se mostrará la resistencia térmica de los cerramientos:

FACHADAS



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Aire Exterior	1/he = 0'07
Mortero de cemento, e= 15mm	$\lambda = 1'20$
Bloque de hormigón celular, e=250mm	$\lambda = 0,17$
Yeso-cartón, e=15mm	$\lambda = 0,16$
Aire interior	1/hi=0,13

$$R^+ = 0'07 + \frac{0'015}{1'20} + \frac{0'25}{0'17} + \frac{0'015}{0'16} + 0'13 = 1'776$$

$$K = 1'10 \cdot \frac{1}{1'776} = 0'62 \frac{Kcal}{hm^2 \text{ } ^\circ C}$$

TECHO GIMNASIO

Aire Exterior		1/he= 0,06
Panel PERFRISA nevado, a base de:	Chapa de acero galvanizado, e=0,6 mm	$\lambda = 50$
	Espuma de poliuretano, e=50mm	$\lambda = 0,034$
	Chapa de acero galvanizado, e=0,50mm	$\lambda = 50$
Cámara de aire, e= 1500 mm		R=0,24
Falso techo de lana de roca, e=20mm		$\lambda = 0,036$
Aire interior		1/hi=0,20

$$R^+ = 0'06 + \frac{0'0005}{50} + \frac{0'05}{0'034} + \frac{0'0005}{50} + 0'24 + \frac{0'020}{0'036} + 0'20 = 2'526$$

$$K = 1'10 \cdot \frac{1}{2'526} = 0'436 \frac{Kcal}{hm^2 \text{ } ^\circ C} = 0'51 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

INVIERNO:

$$R^+ = 0'06 + \frac{0'0005}{50} + \frac{0'05}{0'034} + \frac{0'0005}{50} + 0'19 + \frac{0'020}{0'036} + 0'11 = 2'386$$

$$K = 1'10 \cdot \frac{1}{2'386} = 0'461 \frac{Kcal}{hm^2 \text{ } ^\circ C} = 0'54 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

TECHO PISCINA



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Aire exterior	1/he= 0,06
Plaqueta de gres, e= 10mm	$\lambda=0,90$
Mortero de cemento, e=60 mm	$\lambda=1,20$
Lana de hormigón , e=200mm	$\lambda=1,40$
Camara de aire, e=800mm	R=0,24
Falso techo de lana de roca, e= 20mm	$\lambda=0,036$
Aire interior	1/hi=0,20

$$R^+ = 0'06 + \frac{0'010}{0'90} + \frac{0'03}{1'20} + \frac{0'200}{1'40} + 0'24 + \frac{0'020}{0'036} + 0'20 = 1'2345$$

$$K = 1'10 \cdot \frac{1}{1'2345} = 0'891 \frac{Kcal}{hm^2^{\circ}C} = 1'04 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

TABIQUES INTERMEDIOS

Aire interior	1/hi= 0,13
Yeso-cartón, e=15mm	$\lambda=0,16$
Ladrillo hueco doble, e=120mm	$\lambda=0,42$
Yeso-cartón, e=15mm	$\lambda=0,16$
Aire interior	1/hi= 0,13

$$R^+ = 0'13 + \frac{0'015}{0'16} + \frac{0'12}{0'42} + \frac{0'015}{0'16} + 0'13 = 0'733$$

$$K = 1'10 \cdot \frac{1}{0'733} = 1'50 \frac{Kcal}{hm^2^{\circ}C} = 1'75 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

SUELO

Aire interior	1/he= 0,11
Plaqueta de gres, e=10mm	$\lambda=0,90$
Mortero de cemento, e=60mm	$\lambda=1,20$
Solera de hormigón armado, e=200mm	$\lambda=1,40$
Encauchado e=150mm	$\lambda=0,70$
Terreno natural	-



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

$$R^+ = 0'11 + \frac{0'010}{0'90} + \frac{0'06}{1'20} + \frac{0'200}{1'40} + \frac{0'20}{1'40} + \frac{0'15}{0'70} = 0'528$$

$$K = \frac{1}{0'528} = 1'90 \frac{Kcal}{hm^2\text{°C}} = 2'21 \frac{W}{m^2\text{°C}}$$

INVIERNO:

$$R^+ = 0'20 + \frac{0'010}{0'90} + \frac{0'06}{1'20} + \frac{0'200}{1'40} + \frac{0'20}{1'40} + \frac{0'15}{0'70} = 0'618$$

$$K = \frac{1}{0'618} = 1'619 \frac{Kcal}{hm^2\text{°C}} = 1'89 \frac{W}{m^2\text{°C}}$$

#### ACRISTALAMIENTO VENTANAS

CLIMALIT: 6 + CÁMARA DE AIRE DE 12mm + 6

$$K = 3'20 \frac{Kcal}{hm^2\text{°C}} = 3'70 \frac{W}{m^2\text{°C}}$$

### **1.6.3. Condiciones interiores de cálculo**

#### **1.6.3.1. Temperatura**

Atendiendo al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus instrucciones complementarias (ITE), la temperatura del vaso de agua oscilará entre los 24°C y los 28°C. Esta temperatura debe mantenerse durante todo el año independientemente de la ocupación prevista.

Esta misma normativa determina que la temperatura a la que se debe encontrar el aire será de ±2°C con un máximo de 30°C.

#### **1.6.3.2. Humedad**

Siguiendo la misma normativa nombrada en el apartado anterior, tenemos que el recinto que albergue el vaso cubierto ha de disponer de sistemas para mantener la humedad relativa por debajo del 70%.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

El principal problema que genera una humedad relativa superior al nivel señalado es la aparición de moho, que puede producir problemas de salud.

**1.6.4. Horario de funcionamiento**

El horario de funcionamiento de las instalaciones se ajustará al horario de apertura de la Escuela, manteniéndose en marcha de 8:00 a 21:30 de lunes a viernes, lo que supone una actividad total de la maquinaria de 13'5 horas.

La instalación permanecerá abierta todo el año, respetando las festividades y un periodo vacacional de 15 días en Agosto que coincidirá con el cierre de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía. En este periodo de cierre se realizarán las diferentes labores de mantenimiento y mejora que requiera la instalación.

**1.6.5. Aforo**

El reglamento del Régimen Técnico-sanitario de Piscinas de Cantabria, establece que el aforo máximo se calculará en función de los metros cuadrados de lámina de agua de los que disponga el vaso, siendo de una persona por cada 3 m<sup>2</sup> cuando se trata de piscinas cubiertas.

$$300m^2 \cdot \frac{1 \text{ persona}}{3m^2} = 100 \text{ personas}$$

Con esto determinamos que el aforo máximo permitido el vaso será de 100 personas.

Para calcular el aforo del gimnasio se recurre al Código Técnico de la Edificación donde se establece que al tratarse de un local con uso docente (Locales diferentes de aulas, como laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo, etc...) cada 5m<sup>2</sup> puede haber una persona por lo que se tiene:

$$\text{Área gimnasio} = \frac{30 \cdot 22'5}{2} \cdot 2 = 675m^2$$

$$675m^2 \cdot \frac{1 \text{ persona}}{5m^2} = 135 \text{ personas}$$

Siguiendo esta normativa se ve que el aforo máximo permitido para la zona de gimnasio será de 135 personas.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Se destaca que estas condiciones de máximo aforo sólo se darán en ocasiones especiales, debido a que no es usual que los usuarios deseen acudir a la instalación a la misma hora por lo que de forma general, la ocupación de la misma será menor.



## ***1.7 TIPOS DE ENERGÍAS TÉRMICAS RENOVABLES Y ALTERNATIVAS***

## ÍNDICE

### 1.7.1. Solar Térmica

- 1.7.1.1. El sol, fuente inagotable de energía
- 1.7.1.2. Situación actual de la energía solar térmica en Europa
- 1.7.1.3. Situación actual de la energía solar térmica en España
- 1.7.1.4. Tecnología de aprovechamiento
- 1.7.1.5. Elementos principales de una instalación solar térmica
  - 1.7.1.5.1. Captadores solares
  - 1.7.1.5.2. Sistema de distribución
  - 1.7.1.5.3. Almacenamiento
  - 1.7.1.5.4. Sistema de apoyo convencional

### 1.7.1.6. Ventajas

### 1.7.2. Geotérmica

- 1.7.2.1. Situación actual de la energía geotérmica en Europa
- 1.7.2.2. Situación actual de la energía geotérmica en España
- 1.7.2.3. Tecnología de aprovechamiento
- 1.7.2.4. Elementos principales de una instalación geotérmica.
  - 1.7.2.4.1. Sistema de captación
  - 1.7.2.4.2. Bomba de calor y acumulador
  - 1.7.2.4.3. Red de distribución del calor
- 1.7.2.5. Ventajas de la energía geotérmica



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

### 1.7.3. Biomasa

1.7.3.1. Situación actual de la biomasa en Europa

1.7.3.2. Situación actual de la biomasa en España

1.7.3.3. Tecnología de aprovechamiento

1.7.3.4. Elementos principales de una instalación de biomasa.

1.7.3.4.1. Sistema de almacenamiento

1.7.3.4.2. Caldera

1.7.3.5. Ventajas de la biomasa.

1.7.4. Justificación de la solución adoptada



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

### 1.7.1. Solar Térmica

#### 1.7.1.1. El sol, fuente inagotable de energía

Casi toda la energía de la que se dispone en la Tierra tiene su origen en el Sol, es responsable del ciclo del agua, de la formación de las corrientes de aire así como de las reacciones químicas para que se desarrollen las plantas. Todo esto hace que el Sol sea la principal fuente de energía de todo el planeta. Éste se encuentra a 150 millones de kilómetros de la Tierra y tiene una radio 109 veces superior al de la misma. A diferencia de la Tierra, el Sol está formado por gas a muy alta temperatura.

Las previsiones actuales señalan que en los próximos 6000 millones de años el Sol sólo habrá consumido un 10% del gas que lo forma, por lo que se puede tomar como un recurso energético inagotable.

#### 1.7.1.2. Situación actual de la energía solar térmica en Europa

Europa se rige por los planes de acción de las energías renovables para la Unión Europea, donde se establece que la misma ha de generar 102 GW de energía solar térmica en 2020, objetivo que queda bastante lejos si se observa la evolución actual.

La generación a nivel europeo ha aumentado de 19'1 GW en 2008 a 31'4 GW en 2013. Destacan las aportaciones de Alemania que en el 2013 aportó 12'1 GW del total.

#### 1.7.1.3. Situación actual de la energía solar térmica en España

España es el quinto país en el ranking de instalación de energía solar térmica, representando el 9% de la energía total instalada.

En España el crecimiento de la instalación de este tipo de energía se basa en la nueva construcción, ya que así lo establece el Código Técnico de la Edificación, por lo que las previsiones de que ésta aumente no son favorables debido a la situación económica del país.

#### 1.7.1.4. Tecnología de aprovechamiento

La energía solar térmica aprovecha el calor procedente del Sol mediante el uso de paneles solares térmicos o colectores (superficie de color oscura que absorberá toda la radiación visible). Éstos captan los rayos del Sol, absorbiendo el calor de los mismos y transmitiéndolo a un fluido que podrá ser almacenado o consumido directamente.



### 1.7.1.5. Elementos principales de una instalación solar térmica

#### 1.7.1.5.1. Captadores solares

Pueden ser captadores planos con agua como fluido caloportador, captador solar de vacío y los captadores solares de aire.

El de uso más extendido es el primero de ellos, pues aprovecha la energía térmica de baja temperatura (Máx 100°C). Dispone de una superficie oscura que produce, debido a un acristalamiento un “efecto invernadero” y de esta manera se absorbe gran parte de la radiación solar que llega a la superficie. Estos paneles constan de una caja cerrada herméticamente. En la cara superior de la misma hay una superficie acristalada que puede ser atravesada por la radiación solar pero luego impide que ésta pueda salir. En el interior se encuentra una placa con una disposición de tubos que cuentan con una toma por donde entra el fluido a calentar y otra de salida.

Los captadores solares de vacío pueden llegar a ser más eficientes cuando se trata de temperaturas elevadas, aunque también más costosos.

Los captadores solares de aire se utilizan fundamentalmente en los climas fríos para calentar el espacio.

#### 1.7.1.5.2. Sistema de distribución

Es el encargado de transportar el fluido caliente contenido en los captadores solares hasta el punto de consumo. El más común en España es el de circuito cerrado, donde se tienen dos circuitos, el primario del sistema captador y el secundario del sistema de almacenamiento. Por el primario circula un líquido especial que transmite el calor al agua del tanque de almacenamiento a través de un intercambiador. De esta forma el líquido primario no se mezcla con el secundario y se le puede añadir anticongelante para emplearlo en las épocas más frías.

#### 1.7.1.5.3. Almacenamiento

Los depósitos de almacenamiento ideales son aquellos con forma cilíndrica con una relación de ancho por alto de 1 x 2.

Como el estudio en cuestión se desarrolla en el norte de España es recomendable disponer de un depósito de 60 litro por metro cuadrado de superficie de captación.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

#### 1.7.1.5.4. Sistema de apoyo convencional

El sistema de apoyo es un elemento imprescindible para cubrir la demanda energética que no se pueda cubrir a través de la instalación solar. Los sistemas de apoyo pueden ser:

- Eléctricos: sólo son empleados para pequeños requerimientos de energía.
- Calderas: pueden ser de gas de gasóleo o de biomasa. Se emplearán según las disponibilidades a la hora de acceder al material que las alimenta y en función de criterios medioambientales, pues la eficiencia de las mismas no varía mucho de unas a otras.

#### 1.7.1.6. Ventajas

- Beneficios medioambientales: al ser una energía que proviene directamente del Sol y que para aprovecharla no necesita de una combustión, se trata de una energía limpia que no genera gases contaminantes ni perjudiciales para la atmósfera. No genera residuos, y una vez que se ha acabado su extracción en el lugar no deja huella ecológica.
- Beneficios económicos: aunque en un principio suponga un desembolso importante, éste será rentable en pocos años ya que a partir del décimo o quinceavo año ya se ha amortizado la inversión, y la esperanza de vida de estas instalaciones es de veinticinco años. Los gastos de mantenimiento no son elevados, suponen más o menos algo parecido a un sistema convencional.

### 1.7.2. Geotérmica

#### 1.7.2.1. Situación actual de la energía geotérmica en Europa

La energía geotérmica en Europa no tiene tanto desarrollo como la solar térmica, de hecho a nivel Europeo en el año 2007 sólo se produjeron 863 MW de los cuales 811MW fueron generados por Italia. De esta forma Italia es el quinto país a nivel mundial en generación geotérmica.



### 1.7.2.2. Situación actual de la energía geotérmica en España

No se trata de una tecnología muy desarrollada en España, de hecho, es la energía renovable menos utilizada en España, suponiendo un 0'02% del total de energías. Actualmente se está investigando la geotermia de baja entalpia para España (Tenerife) pues se dispone de una gran variedad de recursos geotérmicos.

### 1.7.2.3. Tecnología de aprovechamiento

Esta energía renovable no tiene su origen en la radiación solar ni de forma directa ni indirecta. Tiene su origen en el calor interno de la Tierra. Este calor es originado por la desintegración de isótopos radiactivos, por el movimiento diferencial que se produce entre las diferentes capas que constituyen la Tierra y por el calor latente del núcleo de la misma. De esta forma se entiende por recurso geotérmico el calor procedente del interior de la Tierra que puede ser aprovechado por el ser humano en condiciones técnicas y económicas. Se puede clasificar en función de la temperatura del fluido geotermal en:

- Recurso geotérmico de alta temperatura: (+ 100-150 °C) es empleado fundamentalmente para la producción de energía eléctrica.
- Recurso geotérmico de media temperatura: (25-100 °C) se produce un aprovechamiento directo a través de una bomba de calor para calefacción.
- Recurso geotérmico de muy baja temperatura: (- 25 °C) sólo se emplea para la climatización y la obtención de agua caliente.

### 1.7.2.4. Elementos principales de una instalación geotérmica.

#### 1.7.2.4.1. Sistema de captación

Hay diferentes sistemas de captación, entre los que destacan:

- Captación Vertical: sondas geotérmicas que se colocan en un pozo subterráneo. Las perforaciones a realizar suponen una gran inversión económica.
- Captación Horizontal: sondas geotérmicas que se entierran en el terreno. Requieren grandes superficies de terreno.
- Pilotes energéticos: en ellos se aprovecha la cimentación del edificio. Esta se ha descartado para el presente estudio pues el edificio ya está construido.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

#### 1.7.2.4.2. Bomba de calor y acumulador

En esta parte se realiza el intercambio de calor entre el fluido (agua u otro tipo de fluido) que absorbe el calor del interior de la Tierra y el fluido que se quiere calentar para la producción de energía/calor.

#### 1.7.2.4.3. Red de distribución del calor

Es un sistema de tuberías que atraviesa el lugar donde se encuentra la instalación y proporciona calor a todos los lugares deseados, bien para la climatización del lugar o para la producción de ACS.

#### 1.7.2.5. Ventajas de la energía geotérmica

- Es un recurso del que puede disponerse en todas las partes del mundo y no sufre variaciones a lo largo del día ni estacionales.
- Supone un ahorro económico muy grande en instalaciones de calefacción y refrigeración comparada con energías de origen fósil.
- Al no necesitar combustión para la obtención de la energía, la emisión de CO<sub>2</sub> se reduce a cero

### 1.7.3. Biomasa

#### 1.7.3.1. Situación actual de la biomasa en Europa

El empleo de la biomasa en Europa corresponde a las aplicaciones térmicas prácticamente en su totalidad (83%), el resto es empleado para la producción de electricidad. Gran parte de la térmica es empleada para generar calor en las viviendas unifamiliares o en sistemas de calefacción centralizada. Los países europeos que mayor producción de energía a través de la biomasa tienen son Alemania y Francia, aunque si se relaciona la producción energética a través de biomasa con el número de habitantes de la región, la primera posición está ocupada por los países escandinavos.

#### 1.7.3.1. Situación actual de la biomasa en España

La producción energética a través de la biomasa en España representa el 45% de la producción de energías renovables, aunque sólo es el 3% de la energía total que se consume



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

en el país. El consumo de la misma no tiene una distribución uniforme entre las comunidades. En cabeza, destacando de forma muy notable se encuentran Andalucía, Galicia y Castilla y León, debido a la dispersión de la población en pequeños núcleos urbanos y debido a la existencia de un sector forestal grande.

España comparada con Europa va muy retrasada respecto a la producción energética con biomasa, aun así ocupa el sexto lugar de producción energética con biomasa. Sin embargo lo que le hace estar tan lejos de las cifras europeas es el índice de producción por habitante que sitúa a España en el puesto 18 de Europa.

### 1.7.3.2. Tecnología de aprovechamiento

La biomasa puede aprovecharse mediante distintas tecnologías que se describen a continuación:

- Combustión: es un proceso en el que el carbono y el hidrógeno que contiene la biomasa reacciona con el exceso de oxígeno para formar CO<sub>2</sub> y agua y liberar calor.
- Pirólisis: se descompone la biomasa a través de una oxidación incompleta en la que hay ausencia de oxígeno, de forma que se producen compuestos sólidos, líquidos y gaseosos que se pueden emplear como combustibles.
- Gasificación de biomasa: es la obtención de una mezcla de gases (gran cantidad de CO e hidrógeno) con un poder calorífico de 10-45% el del gas natural. Esto se consigue a través de una oxidación parcial de la biomasa con calor.
- Digestión anaerobia: los procesos anteriores eran procesos termoquímicos, este sin embargo es un proceso bioquímico. Este proceso se realiza en ausencia de oxígeno, y en él, la materia orgánica mediante una serie de microorganismos se descompone en biogás (50 – 70 % metano) y digestato (mezcla de productos minerales y compuestos de difícil degradación).

### 1.7.3.4. Elementos principales de una instalación de biomasa.

#### 1.7.3.4.1. Sistema de almacenamiento

Es necesario para almacenar la biomasa y debe estar protegido contra la humedad. Puede ser de obra, enterrado o flexible.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

1.7.3.4.2. Caldera

En ella se combustiona la biomasa y se genera calor que hará que se caliente el fluido que se desee.

**1.7.3.5. Ventajas de la biomasa.**

- Medioambientales:
  - Convierten un residuo en un recurso, de forma que algo que en principio iba a ser desechado, a través de un correcto tratamiento, puede ser utilizado como fuente de energía.
  - No lanza emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Al quemar la biomasa se libera CO<sub>2</sub>, sin embargo durante el crecimiento de las plantas éstas absorben CO<sub>2</sub> por lo que el balance del mismo es neutro.
  - Se aprovechan tierras de cultivo que estaban sin producir, por lo que se evita la erosión del suelo.
  
- Económicas:
  - Supone un gran ahorro económico, ya que el precio de la biomasa es menor que el de los combustibles fósiles.

**1.7.4. Justificación de la solución adoptada**

A continuación se va a realizar un análisis multicriterio comprando las energías descritas con anterioridad (Solar térmica, biomasa y geotermia). Para ello se recurre a una tabla comparativa, donde el cero es la aptitud más negativa, y el cinco la más favorable.

	SOLAR TÉRMICA	BIOMASA	GEOTERMIA
Disp. Recurso	3	5	5
Disp. espacio	5	5	1
Emisión CO <sub>2</sub>	5	4	5
Coste	4	3	1
Impacto visual	3	5	5
Tiempo obra	4	5	2
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>19</b>



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

*Tabla 29.- Análisis multicriterio*

Analizando el análisis multicriterio anterior se pueden obtener las siguientes observaciones:

- La disponibilidad del recurso solar depende de diversos factores, y no es algo que se tenga todo el día ni con la misma intensidad. Sin embargo la geotermia al no depender del Sol, sino del calor interior de la Tierra, es un recurso del que se puede obtener energía durante todo el día. Lo mismo ocurre con la biomasa, que simplemente se necesita disponer de una reserva que quemar.
- La disponibilidad del espacio sitúa a la geotermia a la cola de los tres, pues es imposible insertar los pilotes en una construcción ya realizada, y se requiere mucho espacio para hacer geotermia horizontal, espacio del que no se dispone. La biomasa sin embargo no requiere de gran espacio, y éste puede ubicarse en la sala de calderas. La solar térmica tampoco pone ningún obstáculo ya que los paneles se situarán en el tejado del edificio.
- Ni la solar térmica ni la geotermia emiten CO<sub>2</sub> en la producción energética, sin embargo la biomasa sí. Aunque este balance se considere negativo, ya que en la vida de las plantas este CO<sub>2</sub> fue absorbido y en caso de no ser quemadas, el mismo iba a ser liberado por la descomposición de las mismas.
- A la hora de la instalación para el aprovechamiento de esos recursos, la geotermia es la más cara de ellas, con bastante diferencia de la solar y la biomasa.
- El impacto visual de la instalación es nulo para la geotermia pues va enterrada, y para la biomasa, cuyo quemador y almacén estarían situados dentro del edificio y no se verían. Sin embargo para la solar si hay impacto visual, pues los paneles irían situados en el tejado del edificio.
- El tiempo de obra más largo es el de la geotermia, pues es la instalación más complicada de las tres y la que requiere más espacio.

Dado que las mejores cualidades del recurso respecto al factor son representadas mediante las puntuaciones mayores, esto indica que las dos que mayor puntuación hayan obtenido serán las mejores para la hora del desarrollo del estudio. Por ello el presente estudio se realizará a través de energía solar térmica y estará apoyado en una caldera de biomasa.





## **1.8 DEMANDA ENERGÉTICA TÉRMICA**

### **ÍNDICE**

- 1.8.1. Calentamiento del agua del vaso
- 1.8.2. Pérdidas de calor del agua del vaso
  - 1.8.2.1. Pérdidas por evaporación del agua del vaso
  - 1.8.2.2. Pérdidas por radiación
  - 1.8.2.3. Pérdidas por convección
  - 1.8.2.4. Pérdidas por transmisión
  - 1.8.2.5. Pérdidas por renovación
- 1.8.3. Potencia necesaria para la puesta en marcha
- 1.8.4. Climatización del aire de la instalación
  - 1.8.4.1. Método simplificado
    - 1.8.4.1.1. Pérdidas de calor por cerramientos
    - 1.8.4.1.2. Pérdidas de calor por ventilación
  - 1.8.4.2. Método ASHRAE
    - 1.8.4.2.1. Cálculo del caudal de aire
    - 1.8.4.2.2. Humedad específica de descarga
    - 1.8.4.2.3. Temperatura de mezcla y descarga del aire
    - 1.8.4.2.4. Cálculo de potencia para esa energía
- 1.8.5. Deshumidificación del aire
- 1.8.6. Calentamiento de ACS de los vestuarios

**1.8. DEMANDA ENERGÉTICA TÉRMICA.**

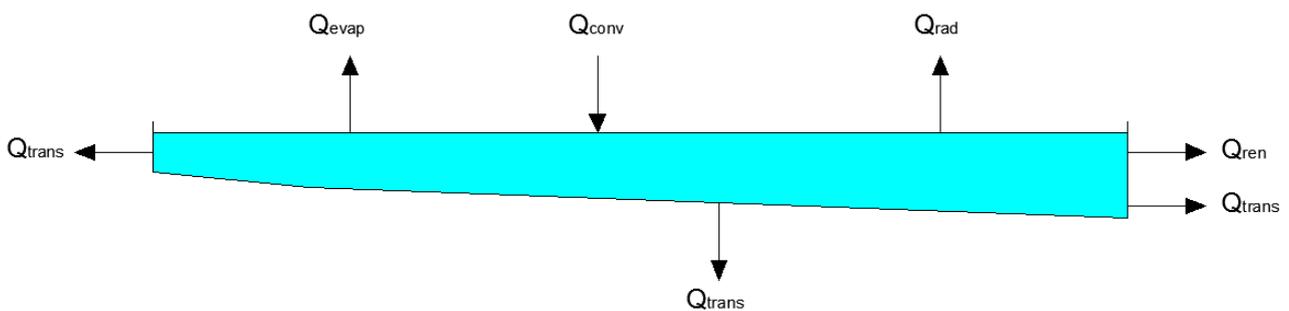
En el presente estudio, se tendrá que tener en cuenta diversos aspectos para el cálculo apropiado de la energía térmica que se necesita cubrir. Para ello se estudiará en un principio calentar el agua del vaso, y calcular las pérdidas de calor que se generan debido a varias razones. También se deberá climatizar el aire, pues se debe mantener unas condiciones de temperatura y humedad determinadas. Y por último, se deberá dotar a los vestuarios de ACS para que se pueda realizar una correcta higiene de los usuarios tanto de la piscina como del gimnasio.

**1.8.1. Calentamiento del agua del vaso.**

Como se ha señalado con anterioridad, por normativa el agua del vaso ha de tener una temperatura comprendida entre 24 y 28 °C. Debido a esto, se establece una temperatura constante a lo largo del año de 26 °C. Para mantener esta temperatura durante todo el año se tendrá que tener en cuenta una serie de aspectos que se estudiarán con más detalle a continuación.

**1.8.2. Pérdidas de calor del agua del vaso.**

La temperatura del vaso se ve afectada por varios factores que hacen variar su temperatura. En la siguiente ilustración se muestra un balance energético de una piscina cubierta.



*Ilustración 27.- Esquema general pérdidas de calor en una piscina*

**1.8.2.1. Pérdidas por evaporación del agua del vaso**

Al evaporarse agua del vaso de la piscina, lo que ocurre es que se absorbe calor de la misma, produciéndose un descenso de la temperatura del agua del vaso. Cuanta más evaporación se produzca, mayor será la pérdida de temperatura. A continuación se va a calcular las pérdidas que supone la evaporación. Para ello se emplea la siguiente fórmula:



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

$$Q_e = S \cdot [(16 + 133 \cdot n) \cdot (W_e - G_a \cdot W_{as})] \cdot C_{vap}$$

Se tiene que tener en cuenta el calor de vaporización del agua para una temperatura de 26 °C es de 677'8 Wh/ Kg.

$$Q_e = 300 \cdot \left[ \left( 16 + 133 \cdot \frac{1}{3} \right) \cdot (0'02 - 0'65 \cdot 0'025) \right] \cdot 677'8$$

$$Q_e = 46005'67 W$$

### 1.8.2.2. Pérdidas por radiación

Estas pérdidas son función de la diferencia existente entre la temperatura a la que se encuentra el agua del vaso y la temperatura de los cerramientos, generalmente muy por debajo de la anterior (2°C). Por lo general estas pérdidas resultan muy pequeñas. Para el cálculo de las pérdidas por radiación se emplea la fórmula de Stefan-Boltzmann:

$$Q_r = D \cdot E \cdot S \cdot (T_{agua}^4 - T_{cerramientos}^4)$$

Donde:

- D → Constante Stefan – Boltzmann (5'67 · 10<sup>-8</sup> W/ m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)
- E → Emisividad de la superficie de agua(0'95)
- S → Superficie de la lámina de agua (m<sup>2</sup>)
- T<sub>agua</sub> y T<sub>cerramientos</sub> → en Grados Kelvin

Aplicando esta fórmula se tiene lo siguiente:

$$Q_r = 5'67 \cdot 10^{-8} \cdot 0'95 \cdot 300 \cdot (299^4 - 297^4)$$

$$Q_r = 3602'16W$$

### 1.8.2.3. Pérdidas por convección

Las pérdidas de calor por convección se producen entre la superficie libre de agua y el aire del espacio en el que se encuentre el vaso. Suele ser una pérdida muy pequeña en piscinas cubiertas, por lo que al igual que el rango anterior se suelen despreciar. Como la temperatura del aire es superior siempre a la temperatura del agua del vaso, en esta ocasión se sumará calor al agua del vaso. La fórmula a emplear es la siguiente:

$$Q_c = 0'6246 \cdot S \cdot (T_{agua} - T_{aire})^{\frac{4}{3}}$$

$$Q_c = 0'6246 \cdot 300 \cdot (26 - 28)^{\frac{4}{3}}$$

$$Q_c = - 472'17W$$

#### 1.8.2.4. Pérdidas por transmisión

Estas pérdidas dependen fundamentalmente de las características del vaso y del coeficiente de transmisión térmica del material empleado. En el presente estudio el vaso estará construido en el sótano de la escuela a base de hormigón. Para el cálculo de estas pérdidas se utiliza la siguiente ecuación:

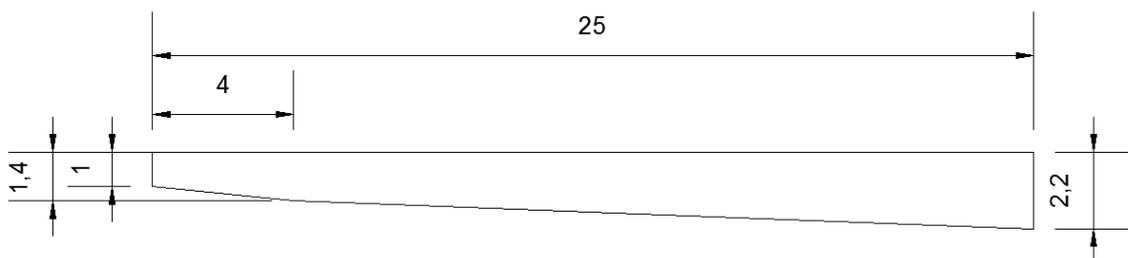
$$Q_t = C_t \cdot S \cdot (T_{agua} - T_{exterior})$$

Donde:

- $C_t \rightarrow$  Coeficiente de trasmisión de muros ( $W/ m^2 \text{ } ^\circ C$ )
- $S \rightarrow$  Superficie del cerramiento del vaso
- $T_{agua} \rightarrow$  Temperatura de agua de la piscina
- $T_{exterior} \rightarrow$  Temperatura exterior al cerramiento

Se tiene que tener en cuenta que sobre la superficie de hormigón irá una capa de azulejado con lo que el coeficiente de transmisión de muros será de  $1'5 W/ m^2 \text{ } ^\circ C$ .

Primero se ha de calcular la superficie del cerramiento del vaso, teniendo en cuenta que el perfil es el siguiente:



*Ilustración 28.- Perfil de la piscina del estudio*

$$A_{perfil} = \frac{(1'4 + 1) \cdot 4}{2} + \frac{(2'2 + 1'4) \cdot 21}{2} = 42'6m^2$$

$$A_1 = 1 \cdot 12 = 12 m^2$$

$$A_2 = 2'2 \cdot 12 = 26'4 m^2$$



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

$$A_{suelo} = 12 \cdot 4'02 + 12 \cdot 21'02 = 300'48m^2$$

$$S = 42'6 \cdot 2 + 12 + 26'4 + 300'48 = 424'08m^2$$

La temperatura del agua del vaso, como ya se ha indicado con anterioridad es de 26 ° C.

La temperatura media exterior en el lugar de estudio es de 14'2 °C

$$Q_t = 1'5 \cdot 424'08 \cdot (26 - 14'2) = 7506'22 W$$

#### 1.8.2.5. Pérdidas por renovación

Las pérdidas de agua en una piscina son constantes, y se deben al agua evaporada, la pérdida que generan los bañistas o la que se gasta durante la limpieza de los fondos y filtros. No obstante, todo esto supone una pérdida muy pequeña, bastante inferior al 5% del volumen del vaso que por normativa ha de renovarse diariamente. Esta renovación del agua produce elevadas pérdidas de calor que dependen de la temperatura del agua de red y de qué temperatura se quiere alcanzar en el vaso de la piscina. Estas pérdidas se calculan empleando la siguiente fórmula:

$$Q_r = V_r \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_{ag} - T_x)$$

Donde:

- $V_r \rightarrow$  Volúmen de agua de renovación (m3)
- $P \rightarrow$  Densidad del agua. (100 kg/m3)
- $C_e \rightarrow$  Calor específico del agua (1'16 Wh/kg°C)
- $T_{ag} \rightarrow$  Temperatura de agua de la piscina (°C)
- $T_x \rightarrow$  Temperatura del agua de red (°C)

Para saber el volumen de renovación es necesario conocer el volumen de la piscina:

$$V_{vaso} = 42'6 \cdot 12 = 511'2m^3$$

$$V_r = 0'05 \cdot 511'2 = 25'56 m^3$$



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Se sabe de apartados estudiados con anterioridad que la temperatura de agua de red media durante todo el año es de 12'8 °C.

$$Q_r = 25'56 \cdot 1000 \cdot 1'16 \cdot (26 - 12'8) = 391374'72 Wh$$

$$391374'72 Wh \cdot \frac{1}{24h} = \mathbf{16307'28 W}$$

### **1.8.3. Potencia necesaria para la puesta en marcha.**

En el momento de puesta en régimen, es necesario calentar el agua que proviene de la red para el llenado de la piscina, se supone que esto sólo va a realizarse una vez al año. Para calcularlo se acude a la siguiente fórmula:

$$Q_{pm} = \frac{V \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_{ag} - T_x)}{t}$$

Donde:

- $Q_{pr}$  → Potencia de puesta a régimen (W/año)
- $t$  → Tiempo de puesta en régimen

El tiempo de puesta en régimen se toma como 120 horas para no requerir equipos auxiliares de potencia.

$$Q_{pm} = \frac{511'2 \cdot 1000 \cdot 1'16 \cdot (26 - 12'8)}{120} = \frac{65229'12W}{año} = 178'71W/dia$$

### **1.8.4. Climatización del aire de la instalación.**

#### **1.8.4.1. Método simplificado**

##### 1.8.4.1.1. Pérdidas de calor por cerramientos

Están referidas a las pérdidas que se generan por la transmisión de calor a través de las paredes del edificio. Para calcularlas se recurre a la fórmula siguiente:

$$Q_{cerramiento} = K \cdot S \cdot (T_{int} - T_{ext})$$



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Donde:

- $K \rightarrow$  Coeficiente de conductividad térmica de la pared ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $S \rightarrow$  Superficie del cerramiento
- $T_{int} - T_{ext} \rightarrow$  Diferencia de temperaturas ( $\text{°C}$ )

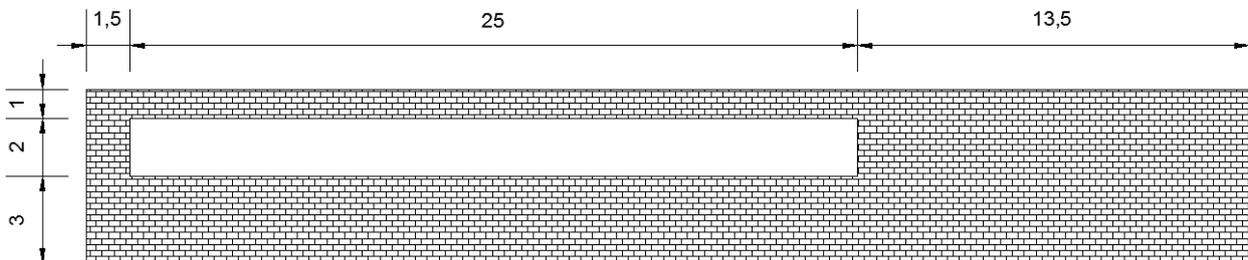
Hay que diferenciar las cuatro fachadas de la instalación:

Todas las fachadas tienen los mismos materiales por lo que su coeficiente de conductividad térmica será el mismo. Éste se calculó en un apartado anterior y es de  $k = 0'72 W/m^2\text{°C}$ .

Todas las ventanas instaladas tienen las mismas características, y su coeficiente de conductividad térmica es de  $3'70 W/m^2\text{°C}$ .

La temperatura media exterior es de  $12'8 \text{°C}$  y la temperatura interior es de  $26 \text{°C}$ . Como variables para la aplicación de esta fórmula sólo se dispone de la superficie de cada pared y ventana. Para que se vea de una forma más clara se detallará un esquema de cada fachada.

- Fachada N:



$$S_{TotalN} = 40 \cdot 6 = 240 \text{ m}^2$$

$$S_{VentN} = 25 \cdot 2 = 50 \text{ m}^2$$

$$S_N = 240 - 50 = 190 \text{ m}^2$$

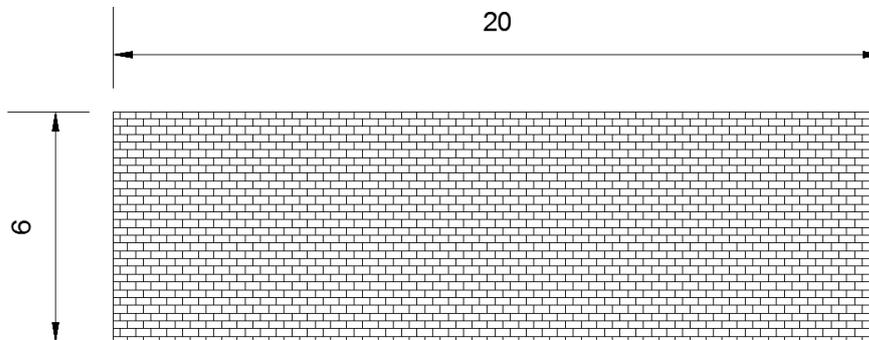
$$Q_{cerramientoN} = 0'72 \cdot 190 \cdot (26 - 12'8) = 1805'76 \text{ W}$$

$$Q_{VentanaN} = 3'70 \cdot 50 \cdot (26 - 12'8) = 2442 \text{ W}$$

$$Q_{Total\ cerramientoN} = 1805'76 + 2442 = \mathbf{4247'76 \text{ W}}$$

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

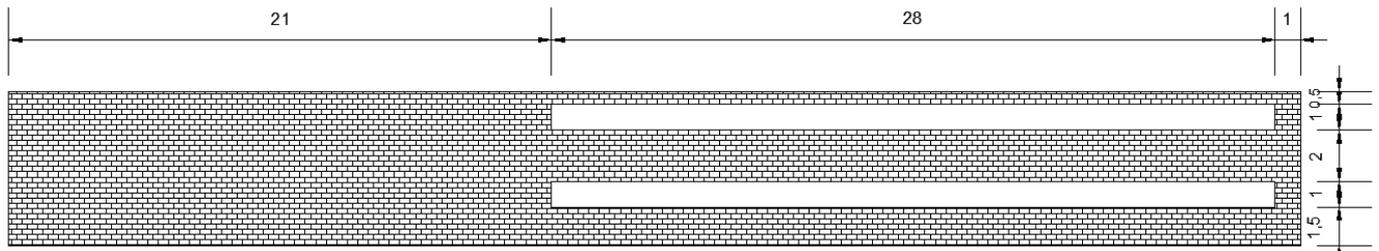
- Fachada O:



$$S_o = 20 \cdot 6 = 120 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{cerramiento}o} = 0'72 \cdot 120 \cdot (26 - 12'8) = 1140'48W$$

- Fachada SO:



$$S_{\text{Total } s-o} = 50 \cdot 6 = 300 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{vent } s-o} = 28 \cdot 1 + 28 \cdot 1 = 56 \text{ m}^2$$

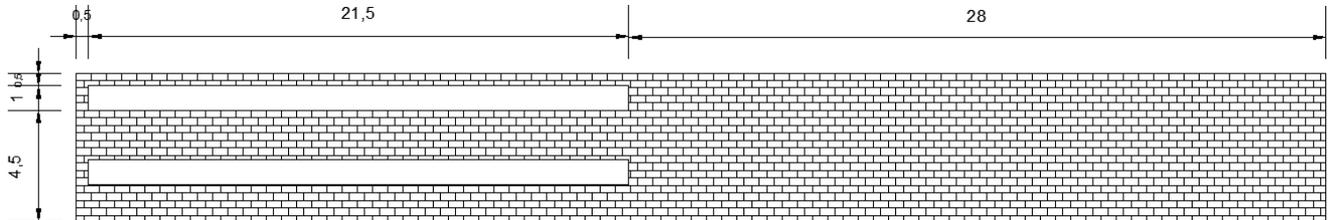
$$S_{s-o} = 300 - 56 = 244 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{cerramiento } s-o} = 0'72 \cdot 244 \cdot (26 - 12'8) = 2318'98 W$$

$$Q_{\text{Ventana } s-o} = 3'70 \cdot 56 \cdot (26 - 12'8) = 2735'04 W$$

$$Q_{\text{Total cerramiento } s-o} = 2318'98 + 2735'04 = 5054'02 W$$

- Fachada E:



$$S_{Total E} = 50 \cdot 6 = 300 \text{ m}^2$$

$$S_{Vent E} = 21'5 \cdot 1 + 21'5 \cdot 1 = 43 \text{ m}^2$$

$$S_E = 300 - 43 = 257 \text{ m}^2$$

$$Q_{cerramiento E} = 0'72 \cdot 257 \cdot (26 - 12'8) = 2442'53 \text{ W}$$

$$Q_{Ventana E} = 3'70 \cdot 43 \cdot (26 - 12'8) = 2100'12 \text{ W}$$

$$Q_{Total cerramiento E} = 2442'53 + 2100'12 = \mathbf{4542'65 \text{ W}}$$

- Cubierta
  - Piscina:

La conductividad térmica de esta cubierta es de  $K= 1'208 \text{ W/m}^2\text{°C}$ .

$$S_N = 15 \cdot 28 = 420 \text{ m}^2$$

$$Q_{cubierta P} = 1'208 \cdot 420 \cdot (26 - 12'8) = \mathbf{6697'152 \text{ W}}$$

- Resto instalación:

La conductividad térmica de esta parte de la cubierta es de  $K= 0'592 \text{ W/m}^2\text{°C}$ .

$$S_N = 1400 - 420 = 980 \text{ m}^2$$

$$Q_{cubierta Ins} = 0'592 \cdot 980 \cdot (26 - 12'8) = \mathbf{7658'112 \text{ W}}$$

#### 1.8.4.1.2. Pérdidas de calor por ventilación



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Por normativa se exige que cierta parte del aire de la instalación se renueve para asegurar que se disponga de una calidad aceptable. A la hora de introducir el aire del exterior y retirar el aire del interior se producen unas condiciones desfavorables que originan unas pérdidas que se calculan con la fórmula siguiente:

$$Q_{ren.Aire} = Q \cdot \rho_a \cdot C_{e\ Aire} \cdot (T_{int} - T_{ext}) \cdot N$$

Donde:

- Q → Caudal de aire por persona (20'77m<sup>3</sup>/h por normativa)
- ρ<sub>a</sub> → Densidad del aire (1'2 Kg/m<sup>3</sup>)
- C<sub>e Aire</sub> → Calor específico del aire (1010 J/ KgK)
- N → Número máximo de personas (167 suponiendo el aforo máximo de ambas partes)

$$Q_{ren.AirePisc} = 20'77 \cdot 1'2 \cdot 1010 \cdot (26 - 12'8) \cdot 100 = 33228676'8 \frac{J}{h} = \mathbf{9230'19W}$$

$$Q_{ren.AireGim} = 20'77 \cdot 1'2 \cdot 1010 \cdot (26 - 12'8) \cdot 135 = 44858713'68 \frac{J}{h} = \mathbf{12460'75W}$$

#### 1.8.4.2. Método ASHRAE

Posteriormente calculamos las necesidades de climatización para el aire de forma precisa empleando el método ASHRAE, que es el método aceptado por el Ministerio de Industria

##### 1.8.4.2.1. Cálculo del caudal de aire

Para calcular la potencia final es necesario conocer la temperatura de descarga teniendo en cuenta las pérdidas y ganancias que se producen en el recinto.

Se sabe que la ecuación que rige la velocidad del aire es la siguiente:

$$v = \frac{T}{100} - 0'07 = \frac{26}{100} - 0'07 = 0'19m/s$$

Además disponemos de los siguientes datos:

- Temperatura del aire interior → 26 °C
- Humedad interior → 70% (14'8 g/kg (tablas de contenido de humedad))
- Volumen de vapor a extraer → 77'875 Kg<sub>agua</sub>/h
- Caudal de aire de circulación → 5 renovaciones/h
- Volumen del recinto → 8400m<sup>3</sup>
- Temperatura exterior → 12'8 °C



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

- Humedad exterior  $\rightarrow$  85% (7'75 g/kg )

Con estos datos ya podemos calcular el caudal de aire de circulación ( $q_a$ ) y la masa de aire de circulación ( $m_a$ ):

$$q_a = R \cdot V = 5 \cdot 8400 = 42000 \frac{m^3}{h}$$

$$m_a = \frac{q_a}{Vol\ esp\ aire\ a\ 26^\circ C} = \frac{42000}{0,8309} = 50547'6 \frac{kg}{h}$$

#### 1.8.4.2.2. Humedad específica de descarga

Para calcular la humedad específica de descarga, es necesario calcular primero la variación de humedad relativa, la cual se determina con la siguiente fórmula:

$$\Delta_w = \frac{M_e}{\dot{m}_a} = \frac{77'875 \cdot 10^3}{50547'6} = 1'54 \frac{g_{agua}}{Kg}$$

Teniendo el valor de la variación de la humedad relativa, finalmente se puede conocer el valor de dicha humedad a través de la siguiente fórmula:

$$W_D = W_P - \Delta_w = 14'8 - 1'54 = 13'26 \frac{g_{agua}}{Kg}$$

#### 1.8.4.2.3. Temperatura de mezcla y descarga del aire

Primero necesitamos conocer el dato de carga total media:

$$Q_{total} = Q_{evap} + Q_{rad} + Q_{conv} + Q_{trans} + Q_{ren}$$

$$Q_{total} = 52783'675 + 3602'16 + 472'17 + 7506'22 + 16307'28$$

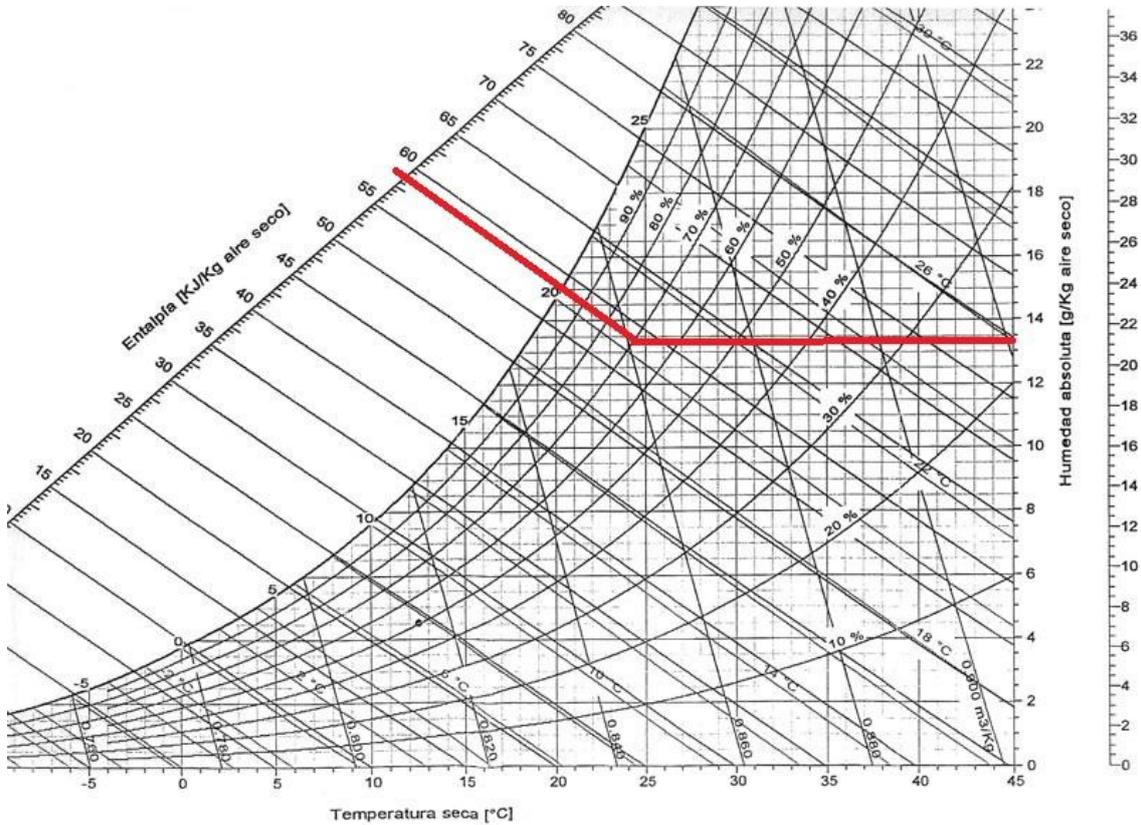
$$Q_{total} = 80671'505W = 290417'418 \frac{KJ}{h}$$

Una vez que ya se tiene ese dato, se puede calcular la diferencia de entalpía:

$$\Delta_h = \frac{Q_{total}}{\dot{m}_a} = \frac{290417'418}{50547'6} = 5'75 \frac{KJ}{Kg}$$

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Ahora se necesita calcular la entalpía de la piscina, que se realiza mediante un método gráfico apoyado en un diagrama psicrométrico:



*Ilustración 29.- Esquema obtención entalpía a través de diagrama psicrométrico*

A través de este diagrama se ha obtenido una entalpía de la piscina:

$$h_{pisc} = 58 \frac{KJ}{Kg}$$

Sabiendo que:

$$\Delta h = h_{pisc} - h_D$$

$$h_D = h_{pisc} - \Delta h$$

$$h_D = 58 - 5'75 = 52'25 \frac{KJ}{Kg}$$

Utilizando una vez más el diagrama psicrométrico mostrado con anterioridad, se pueden obtener las temperaturas de la mezcla y las temperaturas de descarga:



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

$$T_{mezcla} = 19'5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{descarga} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

#### 1.8.4.2.4. Cálculo de potencia para esa energía.

Para calcular la potencia final que se necesita para desarrollar esa energía y climatizar el aire, se debe emplear la siguiente fórmula:

$$Q = \dot{m} \cdot C_e \cdot (T_{descarga} - T_{mezcla})$$

$$Q = 1'2 \cdot 4'18 \cdot (25 - 19'5)$$

$$Q = 27588 \text{ W}$$

#### 1.8.5. Deshumidificación del aire.

Para calcular la deshumidificación del aire existen dos fórmulas, la de Bernier (la más empleada para este cálculo) y la de Carreras (menos utilizada, pero más completa que la anterior).

Fórmula de Bernier:

$$M_e = S \cdot [(16 + 133 \cdot n) \cdot (W_e - G_a \cdot W_{as})] + 0'1 \cdot N$$

Donde:

- $M_e \rightarrow$  Masa de agua evaporada (Kg/h)
- $S \rightarrow$  Superficie de la piscina ( $\text{m}^2$ )
- $W_e \rightarrow$  Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua (Kgagua/Kgaire)
- $W_{as} \rightarrow$  Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior (Kgagua/Kgaire)
- $G_a \rightarrow$  Grado de saturación
- $n \rightarrow$  Número de nadadores por metro cuadrado de lámina de agua
- $N \rightarrow$  Número total de ocupantes

Fórmula de Carreras:

$$M_e = 9 \cdot (W_e - W_a) \cdot \left(1 + \frac{V}{1'20}\right) \cdot S + 0'42 \cdot n + 0'08 \cdot N$$

Donde:



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

- $M_e \rightarrow$  Humedad absoluta a la temperatura del aire ambiente

Independientemente de la fórmula empleada finalmente tenemos que seguir la siguiente fórmula para obtener la pérdida de calor final:

$$Q_e(n) = M_e(n) \cdot C_v$$

Donde:

- $M_e \rightarrow$  masa del agua evaporada (obtenida de cualquiera de las fórmulas anteriores)
- $C_v \rightarrow$  calor de vaporización del agua.

Como manera de simplificar los cálculos, se ha decidido emplear la fórmula de Bernier en este estudio, obteniendo unos resultados de:

$$M_e = S \cdot [(16 + 133 \cdot n) \cdot (W_e - G_a \cdot W_{as})] + 0'1 \cdot N$$

$$M_e = 300 \cdot \left[ \left( 16 + 133 \cdot \frac{1}{3} \right) \cdot (0'02 - 0'65 \cdot 0'025) \right] + 0'1 \cdot 100$$

$$M_e = 77'875 \frac{Kg}{h}$$

Para calcular el calor perdido se tiene que tener en cuenta que el calor latente del agua para una temperatura de 25-26°C es de 677'8Wh/kg, dato obtenido de las tablas de vaporización del agua.

$$Q_{des}(n) = M_e(n) \cdot C_v$$

$$Q_{des}(n) = 77'875 \cdot 677'8 = \mathbf{52783'675 W}$$

#### **1.8.6. Calentamiento de ACS de los vestuarios.**

Tal y como se establece en el Documento básico de Ahorro de Energía, en el apartado HE4 de contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, se calculan las demandas de ACS en los vestuarios a 60 °C, para ello es necesario acudir a la siguiente tabla:

CRITERIO DE DEMANDA	LITROS ACS/DIA A 60 °C	
Vivienda unifamiliar	30	Por persona
Vivienda multifamiliar	22	Por persona



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Hospitales y clínicas	55	Por cama
Hotel ****	70	Por cama
Hotel ***	55	Por cama
Hotel/Hostal **	40	Por cama
Camping	40	Por emplazamiento
Hostal/ Pensión *	35	Por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	Por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	Por servicio
Escuelas	3	Por alumno
Cuarteles	20	Por persona
Fábricas y talleres	15	Por persona
Administrativos	3	Por persona
Gimnasios	20 a 25	Por usuario
Lavanderías	3 a 5	Por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	Por comida
Cafeterías	1	Por almuerzo

*Tabla 30.- Extracción Documento básico de ahorro de la energía*

A continuación se realiza el cálculo para saber cuáles son las necesidades de ACS de la instalación completa.

Por un lado se calcula las necesidades de ACS para los vestuarios/Duchas colectivas:

Se tendrá un número de servicios total:

- Tres lavabos por vestuario, lo que hace un total de seis.
- Seis duchas por cada vestuario, lo que suman doce en total.
- Cuatro inodoros en el vestuario femenino, y en el masculino habrá dos inodoros y dos urinarios. En total serán seis inodoros y dos urinarios.
- El número total de servicios es de 26.

Teniendo en cuenta los datos señalados en la tabla anterior, tenemos una demanda total diaria de:

$$Demanda\ diaria = 26\ servicios \cdot \frac{15\ litros}{servicio} = 390\ Litros\ ACS/dia$$

Por otro lado se calcula las necesidades de ACS para el gimnasio:

Se tiene que tener en cuenta que el aforo máximo es de 135 personas, y asumiendo, según lo recogido en la tabla anterior, que se demanda el máximo por cada usuario, es decir, 25 litros de ACS, se tiene la siguiente demanda total diaria:



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

$$Demanda\ diaria = 135\ personas \cdot \frac{25\ litros}{persona} = 3375\ litros\ ACS/día$$

Al final se tiene que en la instalación estudiada se produce un consumo medio de 3765 litros ACS/día.

Para calcular las necesidades energéticas para cubrir la demanda de ACS se emplea la siguiente fórmula:

$$Q_{ACS} = C_e \cdot M \cdot N \cdot (T_{ac} - T_{red})$$

Donde:

- $C_e \rightarrow 4'187\text{ KJ/Kg }^\circ\text{C}$
- $M \rightarrow$  Consumo medio ACS diario
- $N \rightarrow$  Número de días en los que se emplea la instalación al mes
- $T_{ac} \rightarrow$  Temperatura de acumulación
- $T_{red} \rightarrow$  Temperatura agua de red

$$Q_{ACS} = 4'187 \cdot 3765 \cdot 20 \cdot (60 - 12'8) = 14881'27 \frac{MJ}{mes} = 5741'23W$$



## ***1.9 DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA***



## ÍNDICE

- 1.9.1. Necesidades iluminación de las diferentes salas
  - 1.9.1.1. Iluminación de la sala de máquinas.
  - 1.9.1.2. Iluminación de recepción.
  - 1.9.1.3. Iluminación del vestuario.
    - 1.9.1.3.1. Vestuario femenino
    - 1.9.1.3.2. Vestuario masculino
  - 1.9.1.4. Iluminación en el recinto del vaso.
  - 1.9.1.5. Iluminación en el recinto del gimnasio.
  - 1.9.1.6. Iluminación de emergencia.
- 1.9.2. Demanda eléctrica de calefacción-refrigeración.
- 1.9.3. Demanda eléctrica de los aparatos conectados a la red.



**1.9. DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

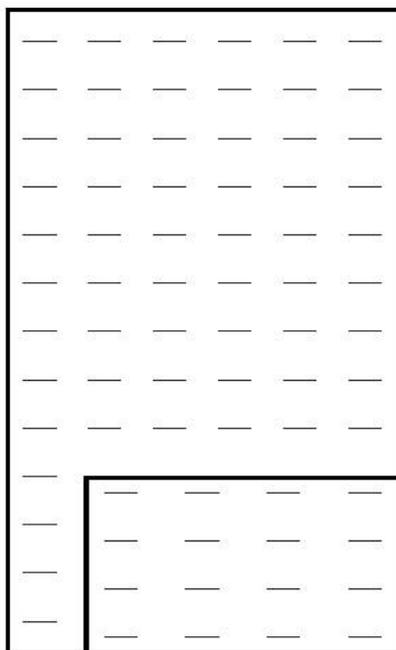
En el estudio que se está desarrollando se valora la posibilidad de cubrir la demanda de energía eléctrica a través de la generada por los diferentes aparatos de ejercicio que se encuentran en el gimnasio. Para saber si esto es posible es necesario conocer cuál es la demanda energética total a cubrir.

**1.9.1. Necesidades iluminación de las diferentes salas.**

Las necesidades de iluminación no son iguales en todas las salas, ya que depende del ejercicio que se vaya a realizar en la estancia y las características de la misma, el tamaño, y la iluminación natural de la que se disponga.

**1.9.1.1. Iluminación de la sala de máquinas.**

La iluminación de la sala de calderas no debe tener aspectos especiales, se tratará de una iluminación normal y eficaz que permita realizar las obras de mantenimiento de los diferentes equipos que alberga. El nivel medio de iluminación para esta sala será de 200 lux (200 lúmen/m<sup>2</sup>) con una uniformidad media de 0'5.



Esta sala tiene un total de 240 m<sup>2</sup>, de los cuales 44 son de la sala de baterías. Se trata de una estancia en la que no se dispone de iluminación natural, por ello se necesita que la distancia entre la primera fila de fluorescentes y la pared sea la mitad de la distancia entre filas. Los fluorescentes se colocarán de forma que entre ellos haya la distancia equivalente a la largura de uno de ellos.

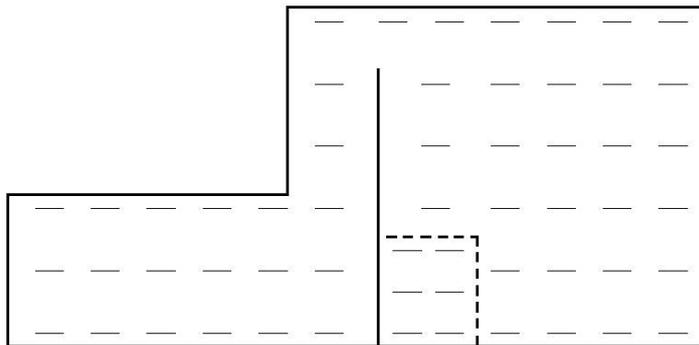
Se elegirá para la iluminación de esta sala lámparas fluorescentes de 25W que aportarán 210 lúmen a la habitación. La distribución de los mismos se realizará siguiendo el esquema que se muestra en la imagen, donde se puede ver que son necesarios 58 para la sala de calderas y 16 para poder iluminar de forma adecuada la sala de baterías.

$$P_{SM} = 74 \cdot 25 = 1850 \text{ W}$$

*Ilustración 30.- Esquema distribución iluminación Sala máquinas*

**1.9.1.2. Iluminación de recepción.**

Para iluminar la zona de recepción se debe tener en cuenta que en esta sala hay dos ambientes. El primero es una zona de control, donde se situará una persona que controle la entrada de los clientes, está señalado en el esquema con una línea discontinua. En esta zona



*Ilustración 31.- Esquema distribución iluminación en Recepción*

de control, dado que se requerirá mayor iluminación se necesitarán 200 lux. Al tratarse de una zona pequeña solo se necesitarán 6 fluorescentes de 25 W.

El resto del espacio, ya que sólo se dedicará a zona de paso/ocio, basta con una iluminación menos intensa, 100 lux. Para ello contará con 50 tubos fluorescentes de 15W.

$$P_R = 6 \cdot 25 + 50 \cdot 15 = 900 W$$

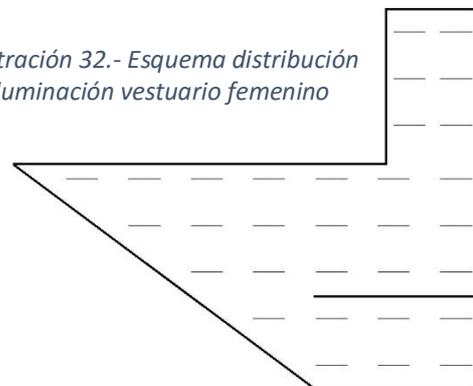
### 1.9.1.3. Iluminación del vestuario.

La iluminación mínima recomendada para los vestuarios es de 200lux, pero cada vestuario tiene una superficie y una distribución del espacio diferente por lo que a continuación se especifica cada uno. Se debe tener en cuenta que las luminarias que se coloquen en este recinto han de ser estancas, de forma que la humedad no las afecte.

#### 1.9.1.3.1. Vestuario femenino

Dispone de una superficie de 88'88 m<sup>2</sup>. Para la correcta iluminación de esta estancia se ha de tener en cuenta que no hay iluminación natural.

*Ilustración 32.- Esquema distribución iluminación vestuario femenino*



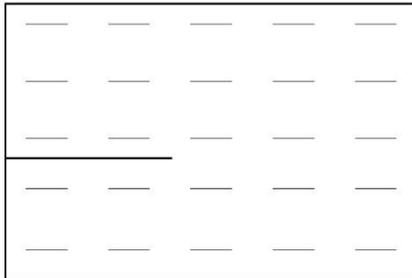
Se han de emplear 31 fluorescentes de 25W cada uno.

$$P_{VF} = 31 \cdot 25 = 775 W$$



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

1.9.1.3.2. Vestuario masculino



Posee una superficie de 120 m<sup>2</sup>, por lo que para que su iluminación sea la adecuada será necesario disponer de 25 fluorescentes de 25 W.

$$P_{VM} = 25 \cdot 25 = 625 W$$

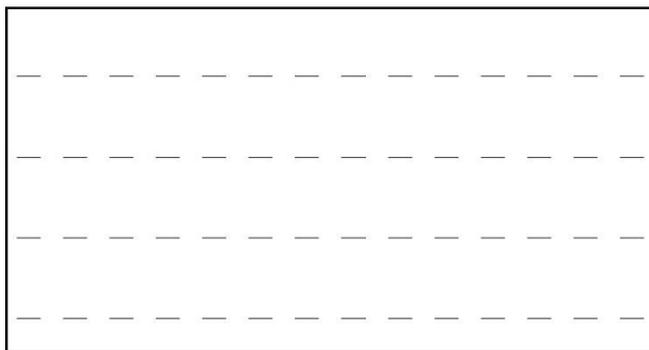
*Ilustración 33.- Distribución iluminación vestuario masculino*

Atendiendo a estas dos salas, la potencia total asignada a los vestuarios es de:

$$P_V = 775 + 625 = 1400 W$$

**1.9.1.4. Iluminación en el recinto del vaso.**

Atendiendo a lo recogido en la norma UNE-EN 12193 “Iluminación de instalaciones deportivas”, la iluminación del recinto del vaso contará con 300 lux con una uniformidad de 0’5. El recinto que contiene el vaso es de 420 m<sup>2</sup>. La disposición de las luminarias, deberá realizarse de forma que no se produzcan deslumbramientos. Como este recinto requiere una iluminación mayor se deberá emplear unos tubos fluorescentes de 35W. Al igual que ocurre en los vestuarios, estas luminarias han de ser estancas.



*Ilustración 34.- Distribución iluminación en el vaso*

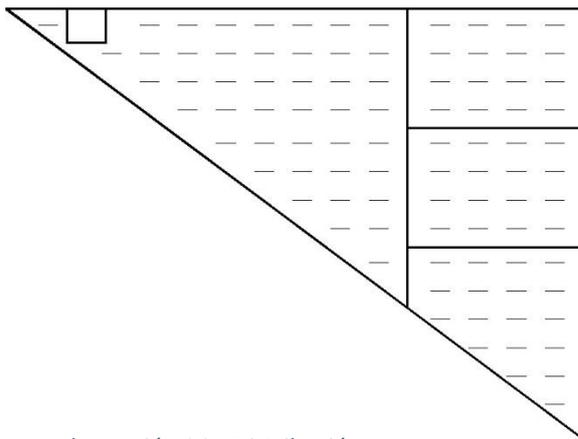
Este recinto si dispone de iluminación natural, que se aprovechará para obtener una mayor eficiencia. Además se ha de tener en cuenta que la altura de los techos en esta estancia es mayor que en el resto. De esta forma queda la distribución de las luminarias como se muestra en el esquema, con la primera fila más separada de la pared.

Para iluminar la superficie se necesitarán 56 tubos fluorescentes.

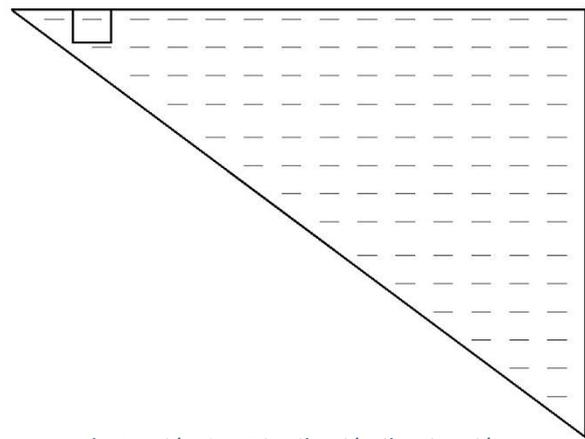
$$P_{Vaso} = 56 \cdot 35 = 1960W$$

### 1.9.1.5. Iluminación en el recinto del gimnasio.

Respetando lo recogido en la norma citada en el apartado anterior, la iluminación a conseguir en esta sala es de 200 lux. El gimnasio cuenta con 337'5 m<sup>2</sup>, distribuidos en dos plantas. En ambas se recibe luz natural por lo que se tendrá la distribución recogida en los siguientes esquemas.



*Ilustración 36.- Distribución iluminación en la planta baja del gimnasio*



*Ilustración 35.- Distribución iluminación en la planta alta del gimnasio*

Para iluminar dicha superficie de forma adecuada se deberán emplear 94 fluorescentes de 25W en la planta baja y 105 en la planta superior, lo que hacen un total de 199.

$$P_G = 199 \cdot 25 = 4975 W$$

### 1.9.1.6. Iluminación de emergencia.

Se situará al menos en todas las puertas de salida, el resto que se sitúen en las salas, se distribuirán de forma que en caso de emergencia se pueda abandonar el recinto sin accidentes. Éstas estarán conectadas a la red, pero dispondrán de una batería que las permita estar en funcionamiento al menos dos horas si se corta el suministro de luz.

Para que en todas las puertas haya una luz, será necesario tener en total 23.

Además por seguridad, se añadirán al menos cuatro más en el recinto del vaso, dos más en recepción, dos más en cada vestuario y cuatro más en la sala del gimnasio, y otras cuatro para el altillo del gimnasio sumando entre ellas 18.

En total se tendrá 41 luces de emergencia, cada una de ellas con 4W.

$$P_{IE} = 41 \cdot 4 = 164W$$



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

**1.9.2. Demanda eléctrica de calefacción-refrigeración.**

Si se resumen los cálculos del apartado anterior, se puede ver que para la climatización del recinto donde está ubicado el vaso es necesaria la siguiente potencia:

$$Q_{piscina} = 46005'67 + 3602'16 - 472'17 + 4247'76 + 9230'19$$

$$+6697'15 + 1140'48 = 70451.24 W$$

$$Q_{deshumidificar} = 52783'67 W$$

$$Q_{gimnasio} = 4247'76 + 5054'02 + 4542'65 + 7658'11 + 12460'75$$

$$= 33963'29W$$

Para la climatización del recinto de la piscina se ha de tener en cuenta que no sólo es necesario un equipo que climatice el aire, sino que es necesario que se deshumidifique el ambiente. Para ello se emplea una bomba de calor horizontal para la deshumidificación y la climatización de la piscina cubierta de la marca "Borealis". Dependiendo de la potencia que sea necesaria se deberá escoger el modelo deseado. El modelo es el HH – 68, que desarrolla una potencia de climatización de 74'8 KW y tiene una capacidad de 90'7 KW para realizar la deshumidificación del ambiente. Su consumo es de 31800 W

$$Q_{Clim Pisc} = 31800 W$$

Para la climatización del resto de la instalación se empleará una bomba de calor sencilla de la gama industrial de Mitsubishi Electric Aire Acondicionado. Se deberá escoger una que cubra las necesidades de climatización de la instalación, por lo que el modelo escogido es el PEZ – 400 YKA que desarrolla una potencia entre 18 y 50 KW. Su consumo es de 12500 W.

$$Q_{Clim Instal} = 12500W$$

**1.9.3. Demanda eléctrica de los aparatos conectados a la red.**

Muchos de los aparatos de los que dispone el gimnasio no consumen electricidad, como por ejemplo todos los aparatos relacionados con la musculación, como los bancos de musculación, las máquinas de mariposa etc. Otros como la bicicleta (estática y elíptica), la escalera step o la máquina de remo, tampoco consumen, pues el empuje inicial de arranque lo realiza la persona que va a desarrollar el ejercicio.



---

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

La máquina que si consume electricidad es la cinta de correr. En el presente estudio se va a suponer que se dispone de 10 cintas de correr, cada una de ellas consume 1500W.

$$P = 10 \cdot 1500 = 15000 W$$

Se ha de tener en cuenta que en la recepción se situará una zona de ocio en la que habrá cuatro, una para bebidas isotónicas, una para agua, otra de snacks y una máquina de café. Cada una de ellas necesita 300 W.

$$P = 4 \cdot 300 = 1200 W$$



## ***1.10 CARACTERIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA***



## ÍNDICE

- 1.10.1. Selección de los paneles solares térmicos
- 1.10.2. Producción mediante sistemas solares térmicos
  - 1.10.2.1. Pérdidas
    - 1.10.2.1.1. Pérdidas por orientación e inclinación
      - 1.10.2.1.1.1. Comprobación gráfica
      - 1.10.2.1.1.2. Comprobación analítica
    - 1.10.2.1.2. Por sombras
  - 1.10.2.2. Rendimiento de los captadores
  - 1.10.2.3. Energía total demandada
  - 1.10.2.4. Cálculo de la superficie de captación
  - 1.10.2.5. Características del diseño
    - 1.10.2.5.1. Sistema de acumulación con intercambiador integrado
    - 1.10.2.5.2. Sistema de intercambio de calor
  - 1.10.2.6. Porcentaje de energía generada por los paneles solares



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

**1.10. CARACTERIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.**

En el presente estudio, se va a valorar cubrir las necesidades energéticas de la instalación a través de tres suministros diferentes. El primero de ellos, que se valorará a continuación es la energía solar térmica.

Actualmente la normativa vigente en base a nuevas instalaciones (RD 314/2006 del 17 de marzo) exige cubrir un porcentaje de la energía térmica demandada por la instalación a través de energía solar. Este porcentaje depende de la zona climática. El estudio en cuestión se desarrolla en la zona climática I.

La siguiente tabla establece los valores de radiación solar que llegan a cada zona climática. Se ha destacado los de la ubicación del estudio.

ZONA CLIMÁTICA	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	H < 13'7	H < 3'8
II	13'7 ≤ H < 15'1	3'8 ≤ H < 4'2
III	15'1 ≤ H < 16'6	4'2 ≤ H < 4'6
IV	16'6 ≤ H < 18'0	4'6 ≤ H < 5'0
V	H ≥ 18'0	H ≥ 5'0

*Tabla 31.- Radiación Solar Global*

Según la normativa, y teniendo en cuenta la zona climática en la que se desarrolla el estudio, la contribución solar mínima deberá tener un porcentaje del 30% como se puede observar en la tabla inferior.

	ZONA CLIMÁTICA				
	I	II	III	IV	V
PISCINA CUBERTA	30	30	50	60	70

*Tabla 32.- Contribución Solar Mínima*

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Los cálculos realizados a continuación siguen todas las recomendaciones del Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red del IDEA y la normativa de obligado cumplimiento del Documento Básico ahorro de energía HE del Código Técnico.

**1.10.1. Selección de los paneles solares térmicos.**

Para determinar posteriormente la energía que se puede producir mediante el sistema de energía solar térmica es necesario realizar la elección de los paneles a emplear en el presente estudio y definir las características básicas de los mismos.

Los paneles elegidos son unos captadores de alto rendimiento Topson F 3 – Q de la empresa Wolf, indicados principalmente para la producción de A.C.S. y climatización de piscinas cubiertas y descubiertas. Se trata de captadores homologados según la normativa EN 12975.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Largo · Ancho · Profundidad (A · B · C) (mm)	2099 · 1099 · 110
Peso en vacío (Kg)	40
Ángulo de inclinación admisible (°)	15 - 90
Distancia entre conexiones (mm)	900
Absorción de energía (%)	79'4
Coef. de Transmisión de calor K1 (W/(m <sup>2</sup> k <sup>2</sup> ))	3'494
Coef. de Transmisión de calor K2 (W/(m <sup>2</sup> k <sup>2</sup> ))	0'015
Eficacia visual (factor de conversión) K50 (%)	95'4
Capacidad térmica efectiva C (KJ/ (m <sup>2</sup> K))	8'073
Superficie del captador (m <sup>2</sup> )	2'3
Caudal admisible (L/h)	45-90

*Tabla 33.- Especificaciones técnicas del modelo de captador seleccionado*



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

**1.10.2. Producción mediante sistemas solares térmicos.**

La energía captada por los paneles solares será utilizada para calentar un fluido que posteriormente calentará el agua que esté almacenado en un depósito (intercambiador) en la sala de calderas.

El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año, la energía producida por la instalación solar podrá superar el 110% de la demanda energética térmica total y en no más de tres meses el 100% de la demanda.

La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la siguiente tabla.

CASO	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN	SOMBRAS	TOTAL
General	10	10	15
Superposición	20	15	30
Integr. arquitectónica	40	20	50

*Tabla 34 pérdidas límite en porcentaje*

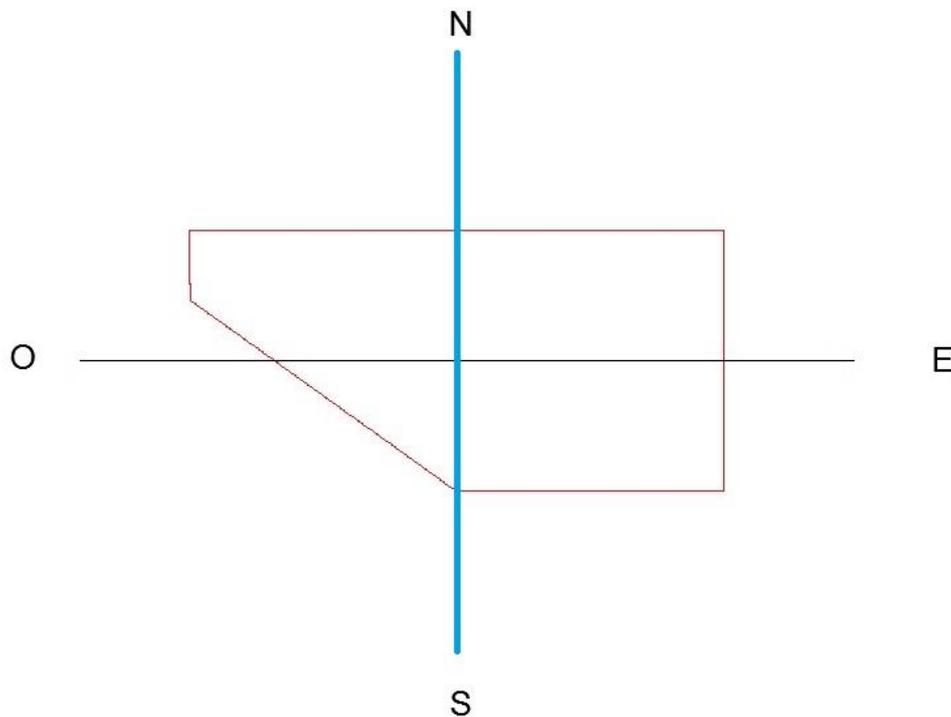
Entendiendo los anteriores conceptos como:

- General: sin atender a los conceptos posteriores.
- Superposición: paralelos a la envolvente del edificio. Mantiene la alineación con los ejes principales de la edificación
- Integración Arquitectónica: sustituyen elementos constructivos convencionales. Mantiene la alineación con los ejes principales de la edificación.

En el caso de estudio se considerará la disposición general.

Gráficamente se puede ver que el ángulo azimut de la instalación es de 0°. (Azimut es el ángulo de diferencia que tiene el eje principal de la instalación respecto al eje Sur). En la siguiente imagen se resalta el eje principal del edificio con una línea azul.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas



*Ilustración 37.- Croquis localización instalación respecto al Norte*

Se tendrá en cuenta que la orientación óptima es el sur y la inclinación óptima depende del periodo de utilización, y se tomará uno de los siguientes valores:

- Demanda constante anual: la latitud geográfica.
- Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica +10°.
- Demanda preferente en verano: la latitud geográfica -10°.

En el caso de estudio se tiene que la demanda es contante anual por lo que se tomará como inclinación óptima de los paneles la latitud geográfica del lugar donde se ubica el estudio, siendo ésta de 43.3515°.

#### **1.10.2.1. Pérdidas**

La instalación planteada en el presente estudio no es ideal, por lo que hay que plantear las pérdidas que suponen diversos factores.

##### **1.10.2.1.1. Comprobación pérdidas por orientación e inclinación.**

Es necesario comprobar que las pérdidas se encuentran dentro de los límites que se han marcado anteriormente, para ello se recurre a dos métodos:

##### **1.10.2.1.1.1. Comprobación gráfica**



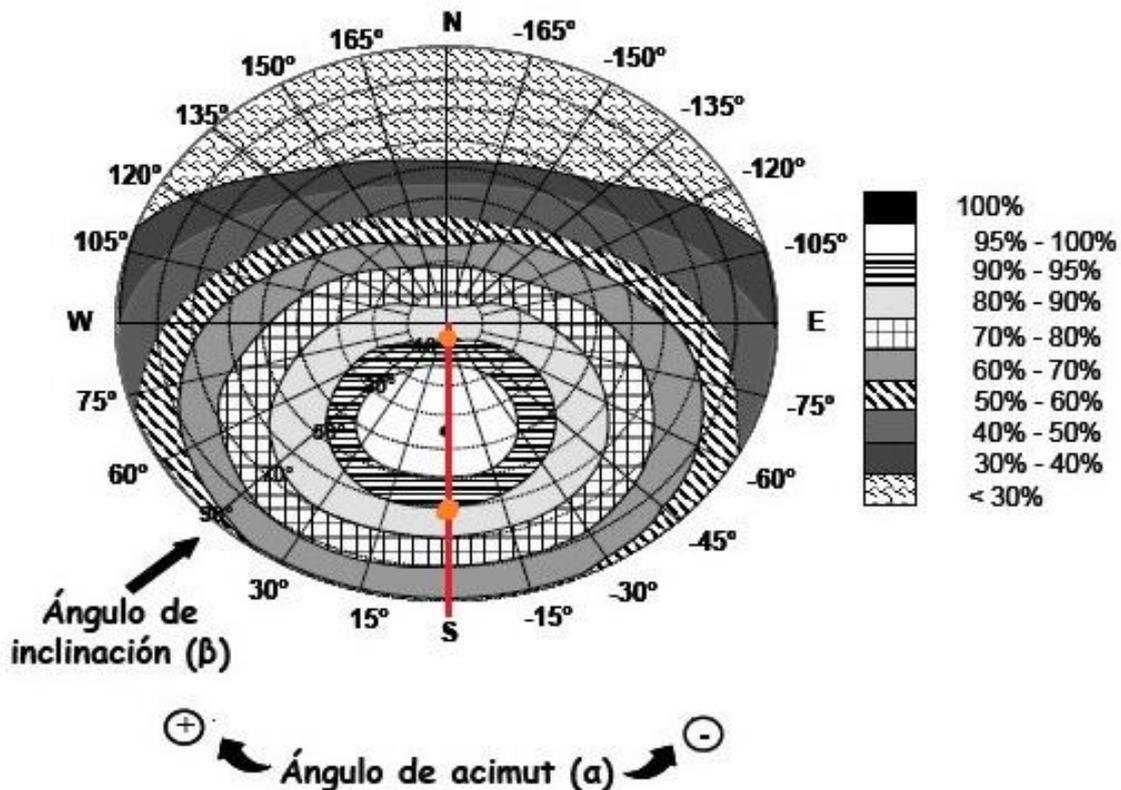
Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Para realizar la comprobación gráfica es necesario emplear el gráfico de pérdidas por orientación e inclinación. Éste se obtiene del CTE – DBE HE5 que viene con una latitud de referencia de 41°.

Los datos a emplear en el gráfico son las pérdidas máximas del 10% y el ángulo acimut de la instalación (0°).

Lo primero es trazar la línea (de color rojo) que indique el acimut de la instalación. Posteriormente se observa dónde se cruza con el patrón que determine unas pérdidas máximas del 10% (rayas horizontales). De esta forma se obtiene los valores de inclinación máxima y mínima.

$$\beta_{min} = 6^\circ \qquad \beta_{max} = 60^\circ$$



Estos valores no son los reales, pues el gráfico tenía como referencia una latitud de 41°, siendo la del lugar de estudio 43°35'15", por lo que los valores finales de inclinación son:

$$\beta_{min} = 6^\circ - (41^\circ - 43^\circ 35' 15") = 8^\circ 35' 15"$$



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

$$\beta_{m\acute{a}x} = 60^\circ - (41^\circ - 43'3515'') = 62'3515''$$

Debido a estos resultados se observa que una inclinación de 43'3515" es óptima y no se producirían unas pérdidas superiores al 10%.

#### 1.10.2.1.2. Comprobación analítica

De forma más exacta, y como medio de comprobación del resultado obtenido gráficamente, se tiene esta comprobación. Para ella se debe emplear la siguiente fórmula:

$$P\acute{e}rdidas (\%) = [1'2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \theta + 10)^2 + 3'5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] \cdot 100$$

Donde:

- $\theta$  → Latitud del lugar donde se encuentra la instalación
- $\beta$  → Inclinación de la instalación
- $\alpha$  → Azimut

$$P\acute{e}rdidas (\%) = [1'2 \cdot 10^{-4} \cdot (43'3515'' - 43'3515'' + 10)^2 + 3'5 \cdot 10^{-5} \cdot 0^2] \cdot 100$$

$$P\acute{e}rdidas (\%) = 1'2 \% < 10\%$$

Se observa de forma analítica, que las pérdidas generadas con la inclinación propuesta son inferiores al 10% máximo que se marca en la normativa.

#### 1.10.2.1.2. Comprobación pérdidas por sombras

Atendiendo a lo estipulado en el punto 3.6 del DBHE de ahorro de la energía "Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras" se pueden saber las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debido a las sombras circundantes. Debido a que nuestra instalación no se ve afectada por ninguna sombra se determina que las pérdidas por sombras son del 0%.

Es necesario prestar atención a que los soportes sobre los que van los paneles solares no son estáticos, sino que son orientables en función del lugar del Sol, por lo que las sombras de los paneles no afectan al rendimiento de los mismos y las pérdidas son despreciables.



### 1.10.2.2. Redimiendo de los captadores

Los captadores solares, no funcionan con rendimientos del 100% ya que del total de la radiación incidente en la superficie de los mismos una parte se perderá por reflexión y absorción del vidrio de la cubierta. Teóricamente el rendimiento del mismo se calcula con la siguiente expresión:

$$\eta = \eta_0 - m_1 \cdot \left[ \frac{(T_m - T_a)}{I} \right] - m_2 \cdot \left[ \frac{(T_m - T_a)}{I} \right]^2$$

Donde:

- $\eta$  → Rendimiento en tanto por uno.
- $\eta_0$  → Rendimiento óptico del captador, es un valor adimensional proporcionado por el fabricante.
- $m_1, m_2$  → Factor de pérdidas, lo da el fabricante tras haber testado el panel, ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ).
- $T_m$  → Temperatura media del captador.
- $T_a$  → Temperatura ambiental media diurna, durante las horas de sol.
- $I$  → Intensidad de la radiación media durante las horas de sol, en  $W/m^2$ . Se obtiene de dividir la radiación global diaria entre el nº de horas de sol.

$$\eta = 79'4 - 3'494 \cdot \left[ \frac{(70 - 14)}{10089'15} \right] - 0'015 \cdot \left[ \frac{(70 - 14)}{10089'15} \right]^2$$

$$\eta = 79'38\%$$

### 1.10.2.3. Energía total demandada

Para el cálculo de la contribución solar es necesario saber el volumen de agua que debe calentarse. Recogiendo los datos de apartados anteriores se tiene que la demanda de agua caliente es de 29325 litros.

Primero se debe conocer el calor necesario que requiere la instalación completa. Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = V \cdot \rho \cdot C_e \cdot \Delta t$$

Donde:



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

- Q → Cantidad de calor necesaria (Kcal)
- V → Volumen diario de consumo (litros)
- ρ → Densidad del agua (1Kg/litro)
- C<sub>e</sub> → Calor específico del agua (1 Kcal/Kg °C)
- Δt → Temperatura consumo – Temperatura red

$$Q_{Enero} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 10) = 469200 \text{ Kcal} = 544793'33 \text{ W}$$

$$Q_{Febrero} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 10) = 469200 \text{ Kcal} = 544793'33 \text{ W}$$

$$Q_{Marzo} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 11) = 439875 \text{ Kcal} = 510743'75 \text{ W}$$

$$Q_{Abril} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 11) = 439875 \text{ Kcal} = 510743'75 \text{ W}$$

$$Q_{Mayo} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 13) = 381225 \text{ Kcal} = 442644'58 \text{ W}$$

$$Q_{Junio} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 15) = 322575 \text{ Kcal} = 374545'42 \text{ W}$$

$$Q_{Julio} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 16) = 293250 \text{ Kcal} = 340495'83 \text{ W}$$

$$Q_{Agosto} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 16) = 293250 \text{ Kcal} = 340495'83 \text{ W}$$

$$Q_{Septiembre} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 16) = 293250 \text{ Kcal} = 340495'83 \text{ W}$$

$$Q_{Octubre} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 14) = 351900 \text{ Kcal} = 408595 \text{ W}$$

$$Q_{Noviemb} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 12) = 410550 \text{ Kcal} = 476694'17 \text{ W}$$

$$Q_{Diciembre} = 29325 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (26 - 10) = 469200 \text{ Kcal} = 544793'33 \text{ W}$$

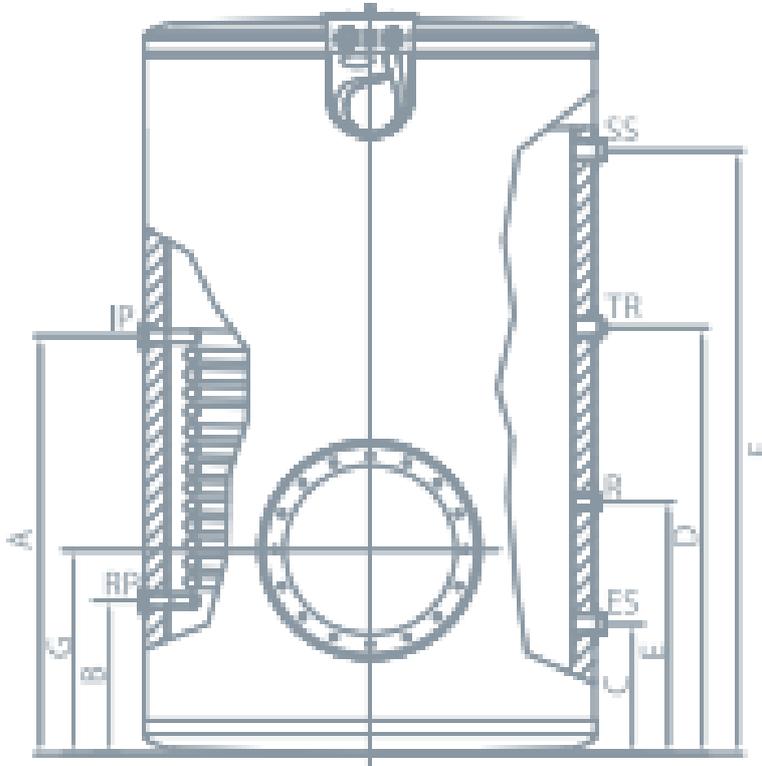
#### 1.10.2.4. Cálculo de la superficie de captación.

Los paneles seleccionados generan 260 w. se necesitan 340495'83 w al mes para cubrir las necesidades de la instalación. De esta forma se obtiene la demanda a cubrir diariamente. Que son 11349'86 w.

$$N_{Paneles} = \frac{11349'86}{260} = 43'65 \sim 44 \text{ paneles}$$

#### 1.10.2.5. Características del diseño.

1.10.2.5.1. Sistema de acumulación con intercambiador integrado



En el presente estudio se plantea la instalación de un acumulador de agua que contenga un intercambiador de forma que se produzca la transmisión del calor desde el fluido caloportador del panel hasta el agua almacenada en dicho acumulador.

Este sistema está indicado principalmente para instalaciones en las que se necesite una gran cantidad de agua caliente sanitaria. El acumulador de agua caliente se situará en la sala de calderas como se indicó en apartados anteriores del

estudio.

A la hora de escoger su capacidad se ha de tener en cuenta la relación  $V/A$ , ya que para la obtención de A.C.S, esta relación se debe encontrar entre 50 y 180.

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad \frac{V}{A} = \frac{5000}{2'2 \cdot 44} = 51'65$$

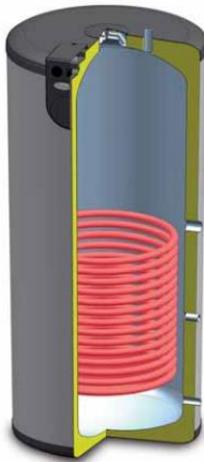
Se cumple la relación, con un volumen de acumulación de 5000 litros.

El modelo que se ha escogido para esta instalación es el SANIT 5000 de acero inoxidable. Su volumen total de almacenamiento son 5000 litros con una temperatura máxima de acumulación de 90 °C.

Tiene un diámetro en su base de 1258mm y una altura de 1968mm.

1.10.2.5.2. Sistema de Intercambio de calor.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

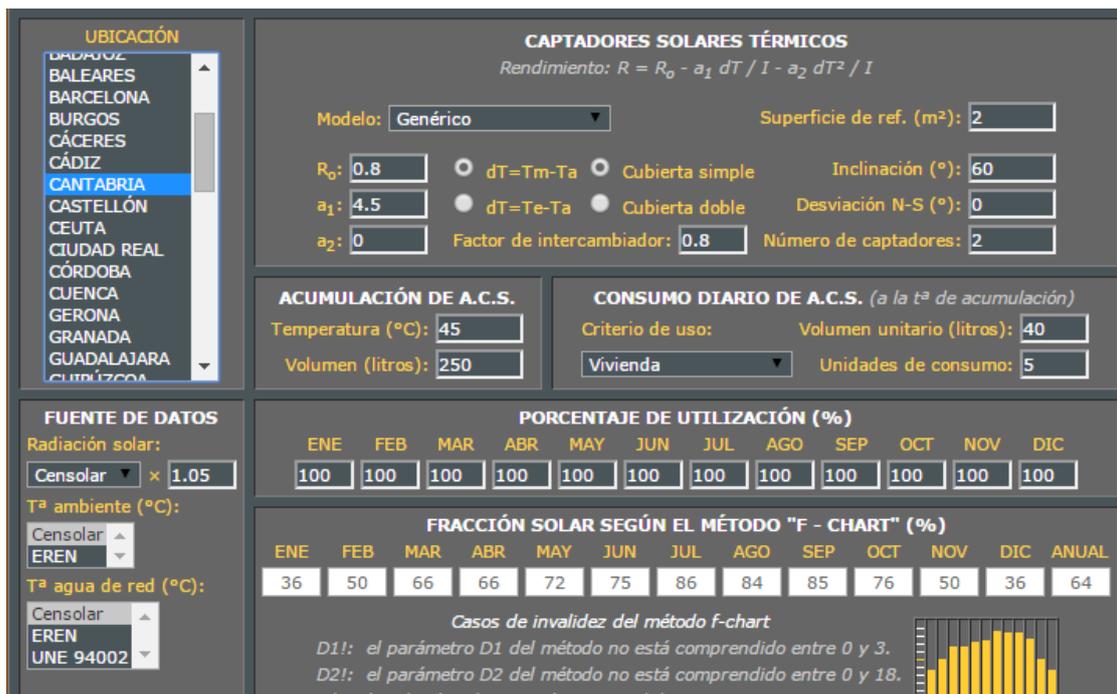


El sistema de intercambio de calor empleado en el estudio está dispuesto dentro del sistema de acumulación de la instalación. Se trata de un sistema intercambiador de serpentín de gran recorrido, de forma que se mejora la eficiencia energética y se optimiza el tiempo de producción de agua caliente sanitaria. Dispone de un aislamiento térmico de espuma de poliuretano que reduce las pérdidas de calor.

**1.10.2.6. Porcentaje energía generada por los paneles solares térmicos**

El porcentaje total de energía generada se ha realizado teniendo en cuenta todo lo establecido en la normativa. Para ello se ha empleado un programa online facilitado por CENSOLAR (centro de estudios de la energía solar) que está basado en el método FChart. Para ello es necesario seguir los siguientes pasos.

1. Se selecciona la comunidad autónoma que se desea, en este caso se ha seleccionado Cantabria. Como fuente de datos se escoge la de Censolar,



**UBICACIÓN**

- BALEARES
- BARCELONA
- BURGOS
- CÁCERES
- CÁDIZ
- CANTABRIA**
- CASTELLÓN
- CEUTA
- CIUDAD REAL
- CÓRDOBA
- CUENCA
- GERONA
- GRANADA
- GUADALAJARA
- GUIPÚZCOA

**CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS**  
Rendimiento:  $R = R_0 - a_1 dT / I - a_2 dT^2 / I$

Modelo: Genérico Superficie de ref. (m²): 2

$R_0$ : 0.8  $dT = T_m - T_a$  Cubierta simple Inclinción (°): 60  
 $a_1$ : 4.5  $dT = T_e - T_a$  Cubierta doble Desviación N-S (°): 0  
 $a_2$ : 0 Factor de intercambiador: 0.8 Número de captadores: 2

**ACUMULACIÓN DE A.C.S.** Temperatura (°C): 45 Volumen (litros): 250

**CONSUMO DIARIO DE A.C.S.** (a la tª de acumulación)  
Criterio de uso: Vivienda Volumen unitario (litros): 40  
Unidades de consumo: 5

**FUENTE DE DATOS**  
Radiación solar: Censolar x 1.05  
Tª ambiente (°C): EREN  
Tª agua de red (°C): UNE 94002

**PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN (%)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Utilización (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**FRACCIÓN SOLAR SEGÚN EL MÉTODO "F - CHART" (%)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Fracción solar (%)	36	50	66	66	72	75	86	84	85	76	50	36	64

*Casos de invalidez del método f-chart*  
D1!: el parámetro D1 del método no está comprendido entre 0 y 3.  
D2!: el parámetro D2 del método no está comprendido entre 0 y 18.  
M1!: el parámetro M1 no está comprendido entre 0.5 y 200.

Ilustración 38.- Primer paso programa cálculo



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

pues es muy similar a la que se dispone en los apartados anteriores del estudio.

- Ahora es necesario fijar los datos relativos al captador solar y a las necesidades térmicas. Para ello se elige un captador solar genérico al que se podrá cambiar las características. Primero se establecen los coeficientes de transmisión de calor y el rendimiento, así como la superficie del captador atendiendo a las características técnicas del captador seleccionado. Se indica la inclinación que se calculó previamente en este apartado y el número de paneles de los que se dispone en la instalación. En este programa no deja seleccionar el número de litros que han de calentarse directamente, si no que se indicará el número de usos total por los litros que se consumen en cada uso que sumarán el total de 29325litros.

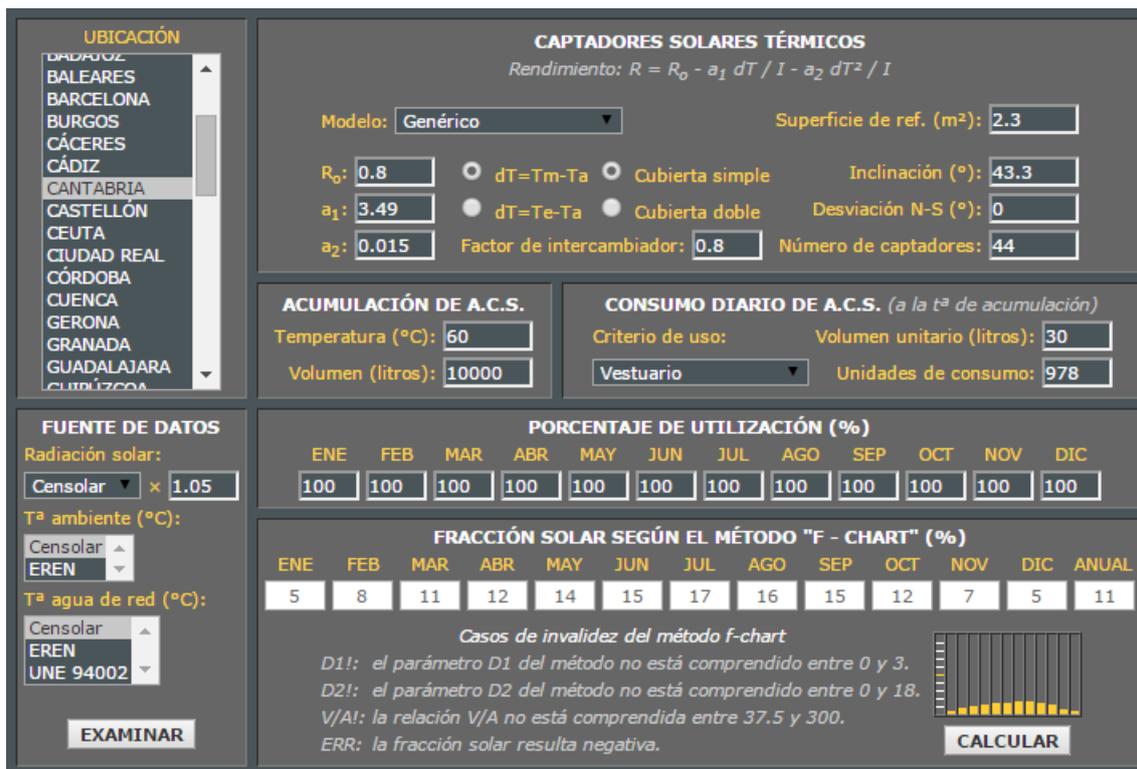


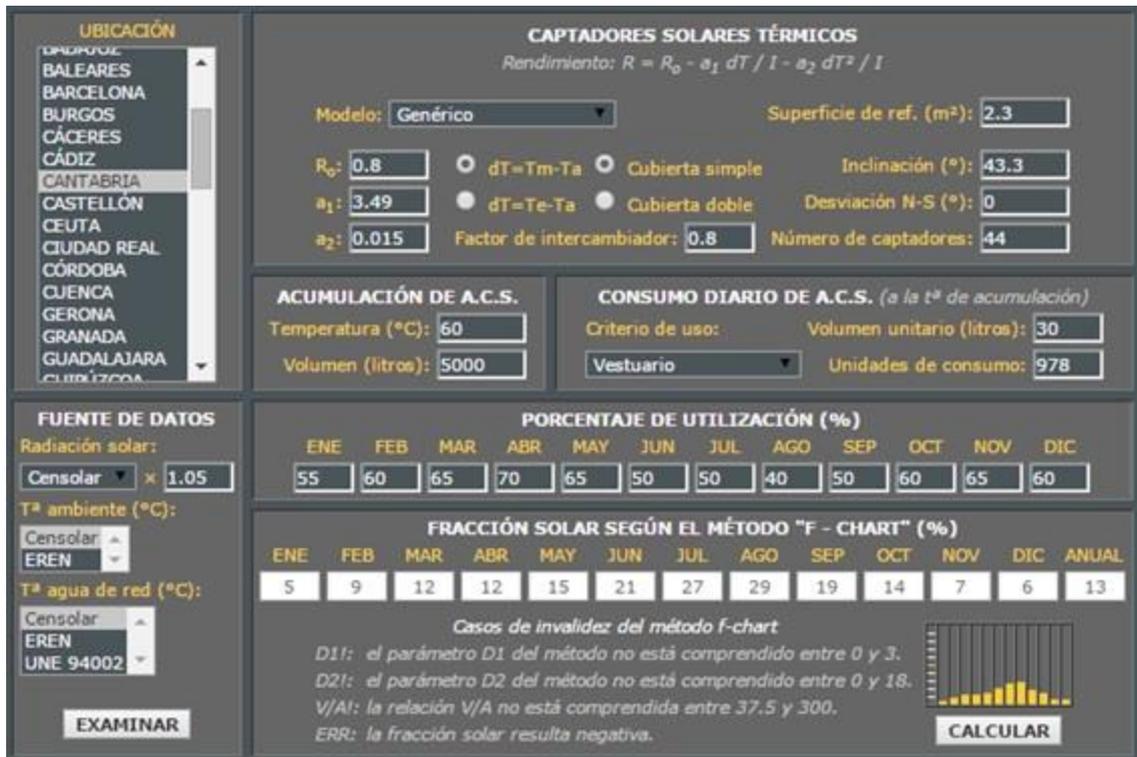
Ilustración 40.- Segundo paso de introducción de datos

- Ahora será necesario indicar cuál será el porcentaje de utilización de la instalación cada mes. Es necesario resaltar, que la instalación está ubicada en un centro de estudios, por lo que su uso estará ligado al periodo lectivo,



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

siendo bastante menor el uso de la misma en periodos vacacionales. Se ha estimado que el uso medio de la instalación será del 60%, sufriendo variaciones en torno a ese valor debido a lo dicho con anterioridad.



**UBICACIÓN**

- BALEARES
- BARCELONA
- BURGOS
- CÁCERES
- CÁDIZ
- CANTABRIA**
- CASTELLÓN
- CEUTA
- CIUDAD REAL
- CÓRDOBA
- CUENCA
- GERONA
- GRANADA
- GUADALAJARA
- GUADALUPE

**CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS**  
Rendimiento:  $R = R_0 - a_1 dT / I - a_2 dT^2 / I$

Modelo: **Genérico** Superficie de ref. (m²): **2.3**

$R_0$ : **0.8**  dT=Tm-Ta  Cubierta simple  $\text{Inclinación (°)}$ : **43.3**

$a_1$ : **3.49**  dT=Te-Ta  Cubierta doble  $\text{Desviación N-S (°)}$ : **0**

$a_2$ : **0.015** Factor de intercambiador: **0.8** Número de captadores: **44**

**ACUMULACIÓN DE A.C.S.**  
Temperatura (°C): **60**  
Volumen (litros): **5000**

**CONSUMO DIARIO DE A.C.S. (a la tª de acumulación)**  
Criterio de uso: **Vestuario** Volumen unitario (litros): **30**  
Unidades de consumo: **978**

**FUENTE DE DATOS**  
Radiación solar: **Censolar** × **1.05**  
Tª ambiente (°C): **Censolar**  
Tª agua de red (°C): **Censolar**

**EXAMINAR**

**PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN (%)**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
55	60	65	70	65	50	50	40	50	60	65	60

**FRACCIÓN SOLAR SEGÚN EL MÉTODO "F - CHART" (%)**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
5	9	12	12	15	21	27	29	19	14	7	6	13

*Casos de invalidez del método f-chart*

- D1!: el parámetro D1 del método no está comprendido entre 0 y 3.
- D2!: el parámetro D2 del método no está comprendido entre 0 y 18.
- V/A!: la relación V/A no está comprendida entre 37.5 y 300.
- ERR: la fracción solar resulta negativa.

**CALCULAR**

Ilustración 41.- Paso 3 de introducción de datos final

- Finalmente el último paso es dar al botón calcular y se obtienen los datos que se recogen en la tabla inferior de la energía generada por los paneles.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

**UBICACIÓN**  
 BALEARES  
 BARCELONA  
 BURGOS  
 CÁCERES  
 CÁDIZ  
**CANTABRIA**  
 CASTELLÓN  
 CEUTA  
 CIUDAD REAL  
 CÓRDOBA  
 CUENCA  
 GERONA  
 GRANADA  
 GUADALAJARA  
 HUELVA

**CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS**  
 Rendimiento:  $R = R_0 - a_1 dT / I - a_2 dT^2 / I$

Modelo: Genérico Superficie de ref. (m²): 2.3  
 $R_0$ : 0.8  $dT = T_m - T_a$  Cubierta simple Inclinción (°): 43.3  
 $a_1$ : 3.49  $dT = T_e - T_a$  Cubierta doble Desviación N-S (°): 0  
 $a_2$ : 0.015 Factor de intercambiador: 0.8 Número de captadores: 44

**ACUMULACIÓN DE A.C.S.**  
 Temperatura (°C): 60  
 Volumen (litros): 5000

**CONSUMO DIARIO DE A.C.S. (a la tª de acumulación)**  
 Criterio de uso: Vestuario Volumen unitario (litros): 30  
 Unidades de consumo: 978

**FUENTE DE DATOS**  
 Radiación solar: Censolar x 1.05  
 Tª ambiente (°C): EREN  
 Tª agua de red (°C): EREN  
 UNE 94002  
 EXAMINAR

**PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN (%)**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
55	60	65	70	65	50	50	40	50	60	65	60

**FRACCIÓN SOLAR SEGÚN EL MÉTODO "F - CHART" (%)**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
62	62	67	67	77	91	100	100	100	83	71	62	78

Casos de invalidez del método F-chart  
 D11: el parámetro D1 del método no está comprendido entre 0 y 3.  
 D21: el parámetro D2 del método no está comprendido entre 0 y 18.  
 V/A: la relación V/A no está comprendida entre 37.5 y 300.  
 ERR: la fracción solar resulta negativa.

CALCULAR

Ilustración 42.- Paso final y obtención de resultados

EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
62	62	67	67	77	91	100	100	100	83	71	62

Tabla 35.- Porcentaje de energía generada por los paneles



## ***1.11 CARACTERIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN PARA LA CLIMATIZACIÓN DEL AIRE”***



## ÍNDICE

### 1.11.1. Bomba de calor

### 1.11.2. Producción mediante bomba de calor

#### 1.11.2.1. Bomba de calor para el recinto del vaso

##### 1.11.2.1.1. Demanda de climatización.

##### 1.11.2.1.2. Demanda de deshumidificación

##### 1.11.2.1.3. Elección de la bomba de calor

#### 1.11.2.2. Bomba de calor para el resto de la instalación

##### 1.11.2.2.1. Demanda de climatización

##### 1.11.2.2.2. Elección de la bomba de calor

#### 1.11.2.3. Eficiencia de la bomba de calor

##### 1.11.2.3.1. Eficiencia de la bomba de calor del recinto del vaso.

##### 1.11.2.3.2. Eficiencia de la bomba de calor del resto de la instalación.



### **1.11. CARACTERIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN PARA LA CLIMATIZACIÓN DEL AIRE.**

Las necesidades de climatización de la instalación van a cubrirse mediante el uso de bombas de calor. Una de ellas se empleará para el recinto de la piscina, y otra de ellas para la climatización del resto de la instalación.

#### **1.11.1. Bomba de calor**

Se trata de una máquina que transfiere energía térmica desde una fuente fría a otra más caliente. Para ello se vale de un fluido refrigerante con un bajo punto de ebullición. Su funcionamiento se puede resumir en cuatro pasos que configuran un ciclo:

- COMPRESOR: aumenta la presión y su temperatura.
- CONDENSADOR: intercambiador de calor, donde el fluido cede calor al foco caliente y se enfría, cambiando su estado de gas a líquido.
- VÁLVULA DE EXPANSIÓN: se produce una gran caída de presión, el fluido se enfría bruscamente y empieza a evaporarse.
- EVAPORADOR: intercambiador de calor donde tiene lugar la evaporación del fluido. Dicho fluido absorbe calor del foco frío.

En función de las fuentes fría – caliente, en este orden, existen los siguientes tipos de bombas de calor:

- Aire – Aire: el calor se toma del aire exterior y se transfiere directamente al local a calentar.
- Aire – Agua: el calor se toma del aire exterior y se transfiere a un circuito de agua que puede abastecer un techo o un suelo, radiadores y ventiloconvectores o aerotermos.
- Agua – Agua: el calor se toma de un circuito de agua en contacto con un elemento que le proporcionará el calor (que puede ser la propia tierra o una capa freática) para transferirlo a otro circuito de agua como en el caso anterior. Es el sistema más común en las bombas de calor geotérmicas.
- Agua – Aire: el calor se toma del agua, como en el caso anterior, y se transfiere directamente al aire del local que debe calentarse.

#### **1.11.2. Producción mediante bomba de calor**

Para el presente estudio se elegirá una bomba de calor que tenga como fuente de energía el aire atmosférico, es decir una cuyo sistema sea Aire-Aire. Ésta será reversible, pues así proporcionará calor en invierno y frío en verano y estará controlado a través de un regulador.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Como las condiciones ambientales son diferentes en el recinto donde se encuentra el vaso, que el resto de la instalación serán necesarias dos bombas con características diferentes para cubrir las necesidades de cada espacio.

### 1.11.2.1. Bomba de calor para el recinto del vaso

La bomba elegida para este recinto es una bomba de calor horizontal, de la serie HH de Borealis. Se trata de un equipo autónomo compacto que se puede instalar tanto en la sala de máquinas como en el exterior. Está indicado para la climatización y deshumectación de grandes espacios. Debido a que en esta serie hay distintas bombas, se elegirá la adecuada en función de las demandas a cubrir en la instalación.

#### 1.11.2.1.1. Demanda de climatización.

Para saber las necesidades totales de climatización del recinto del vaso se acude a los apartados anteriores y se realiza un sumatorio de los calores totales a cubrir.

$$\begin{aligned}
 P_{BC} &\geq Q_{evap} + Q_{rad} + Q_{conv} + Q_{ren.aire} + Q_{CN} + Q_{CO} + Q_{cubierta} \\
 P_{BC} &\geq 46005'67 + 3602'16 - 472'17 + 9230'19 + 4247'76 \\
 &\quad + 1140'48 + 6697'15 \\
 P_{BC} &\geq 70451'24W = 70'45KW
 \end{aligned}$$

#### 1.11.2.1.2. Demanda de deshumidificación.

La demanda de deshumidificación ya fue calculada en un apartado anterior, y era de 52'78 Kw.

La capacidad de deshumidificación se ha de calcular para el máximo de personas que pueden estar en el recinto a la vez, y este número es de 100 personas. Cada una de ellas genera por pérdidas de calor en el cuerpo y sudoración una humedad de 0'42 Kg/h.

$$Capacidad\ desh \geq 0'42 \cdot 100 = 42\ Kg/h$$

1.11.2.1.3. Elección de la bomba de calor

El modelo elegido dentro de esta serie será el HH – 48 cuyas características son las especificadas en la tabla siguiente.



Potencia de climatización (KW)	74'8
Cap. Deshumidificación (Kg/h)	47'5
Caudal aire (m3/h)	12400
Consumo total nominal (KW)	15'9
Altura (m)	1'8
Anchura (m)	1'8
Longitud (m)	3'45

*Tabla 36.- Prestaciones y características bomba calor piscina*

*Ilustración 43.-Bomba de calor recinto del vaso*

1.11.2.2. **Bomba de calor para el resto de la instalación**

1.11.2.2.1. Demanda de climatización

Para conocer con exactitud las necesidades de climatización es necesario acudir a los apartados anteriores del estudio y realizar un sumatorio total con todos ellos.

$$P \geq Q_{CN} + Q_{CO} + Q_{CS-O} + Q_E + Q_{Cubierta} + Q_{Ren. Aire}$$

$$P \geq 4247'76 + 1140'48 + 5054'02 + 4542'65 + 7658'11 + 12460'75$$

$$P \geq 35103'77W = 35'10KW$$

1.11.2.2.2. Elección de la bomba de calor

Para esta estancia se escogerá el modelo PEZ – 400YKA de la serie “Pez-Power Inverter” de la gama industrial de Mitsubishi Electric. Las características del aparato son las siguientes.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas



Capacidad (Kw)	Frio	38
	Calor	44'8
Consumo (Kw)		12'7
Caudal aire (m3/h)		16800
Altura (m)		1'38
Anchura (m)		0'4
Longitud (m)		1'05

*Ilustración 44 Bomba de calor resto de la instalación    Tabla 37 Prestaciones y características bomba calor resto de la instalación*

### 1.11.2.3.    Eficiencia de la bomba de calor

La eficiencia de las bombas se mide a través del COP (Coefficient of performance), parámetro dado por el fabricante que viene definido por la siguiente fórmula:

$$COP = \frac{Q_H}{W}$$

Donde:

- $Q_H$  → Calor extraído del recinto
- $W$  → Trabajo eléctrico que necesita el compresor

Otro ratio a tener en cuenta a la hora de medir la eficiencia de una bomba de calor es el índice de eficiencia energética (EER), que relaciona la capacidad de refrigeración y la electricidad consumida. Con él se conoce la eficiencia de la bomba en el modo de enfriamiento. Se puede determinar a través de la siguiente fórmula:

$$EER = \frac{Q_L}{W}$$

Donde:



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

- QL → Calor aportado en condiciones de calefacción

Existe una relación entre el COP y el ERR, a través de la cual se cumple:

$$COP = EER + 1$$

1.11.2.3.1. Eficiencia de la bomba de calor del recinto del vaso.

Para medir la eficiencia de la bomba se va a elegir el COP.

$$COP = \frac{74'8}{15'9} = 4'7$$

1.11.2.3.2. Eficiencia de la bomba de calor del resto de la instalación.

El ratio empleado para medir la eficiencia de la bomba será el COP.

$$COP_{frio} = \frac{38}{12'7} = 3 \qquad COP_{calor} = \frac{44'8}{12'7} = 3'53$$



## ***1.12 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE APOYO”***



## ÍNDICE

1.12.1. Producción mediante la caldera de biomasa.

1.12.1.1. Elección del tipo de caldera de biomasa.

1.12.2. Cálculo del dimensionamiento de la caldera.

1.12.2.1. Cálculo de las necesidades de biomasa

1.12.2.2. Diseño del lugar de almacenamiento.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

### **1.12. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE APOYO.**

En el presente estudio se plantea la cobertura energética térmica a través de energía solar. Este tipo de energía, ya que no proporciona el 100% de las necesidades térmicas previstas, ha de contar con un apoyo, que será de energía procedente de una caldera de biomasa.

#### **1.12.1. Producción mediante la caldera de biomasa.**

Está basada en la obtención de energía a través del quemado de un combustible ecológico, bien sean pellets, huesos de aceituna, restos de plantaciones agroalimentarias etc. Su principio de funcionamiento es el mismo que las calderas que emplean carbón. El combustible entra en el hogar donde se quema y produce un calor que sirve para calentar agua. Ésta puede ser empleada directamente, o puede servir para calentar agua de un circuito secundario.

##### **1.12.1.1. Elección del tipo de caldera de biomasa.**

Atendiendo a la Guía técnica de Instalaciones de biomasa térmica en edificios del IDEA se tienen los siguientes tipos de calderas de biomasa:

- Calderas convencionales adaptadas para biomasa: se trata de calderas que con antelación empleaban gasóleo y posteriormente se utilizan para el quemado de biomasa. Esta adaptación produce un descenso del rendimiento de las mismas, pudiendo alcanzar un 85%.
- Calderas estándar de biomasa: son calderas de alto rendimiento, éste puede llegar hasta el 92%. A su vez se pueden clasificar en:
  - Calderas de biomasa con alimentador inferior: Se emplean básicamente para la combustión de biomasa con bajo contenido en ceniza como pélets, astillas etc.
  - Calderas de biomasa con parrilla móvil: se emplean principalmente para biocombustibles que posean un alto contenido en humedad y en cenizas. Están principalmente indicadas para potencias superiores a 100 Kw.
- Calderas mixtas: también son calderas con un alto rendimiento, 92%. Su característica principal es que emplean de forma alternativa dos tipos de combustibles (fósil y biomasa) en función de las necesidades de cada momento.
- Calderas a condensación: solamente pueden ser alimentadas a través de pellets, su rendimiento es del 103%, superior al 100%, ya que aprovechan el calor residual de

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

los gases de escape y el calor latente que se libera cuando el agua pasa del estado gaseoso al líquido. Solo existe para rangos de potencia bajos.

En el presente estudio se va a instalar una caldera estándar de biomasa. Para ello se elige la caldera ECO-PK de Hargassner, cuyas características técnicas se recogen en la tabla siguiente:



*Ilustración 45 Caldera de biomasa*

Potencia (KW)	70 - 120
Capacidad de agua (litros)	180
Temp. Máx. Servicio (°C)	95
Altura (m)	1'61
Anchura (m)	0'745
Longitud (m)	1'235

*Tabla 38.- Datos técnicos caldera de biomasa*

### 1.12.2. Cálculo del dimensionamiento de la caldera.

La caldera deberá dimensionarse en función de las necesidades de biomasa que se establezcan.

#### 1.12.2.1. Cálculo de las necesidades de biomasa

Para calcular las necesidades de biomasa, previamente deberemos saber el porcentaje de energía que se cubre con biomasa a lo largo del año.

Este porcentaje será una media de todo el año, pues hay meses en los que toda la energía se cubre con energía solar y no se necesita de la caldera de apoyo y otros en los que la producción de energía solar es inferior.



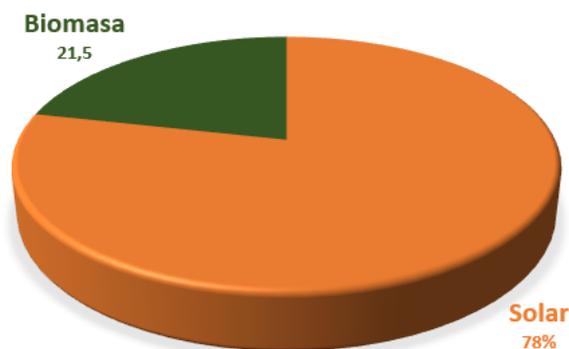
Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
En. Solar (%)	62	62	67	67	77	91	100	100	100	83	71	62
En. Biom. (%)	38	38	33	33	23	9	0	0	0	17	29	38
Kw Biomasa	333'91	333'91	289'97	289'97	202'1	79'08	0	0	0	149'38	254'82	333'91
ENERGÍA TOTAL ANUAL (KWh)									54409'2			

*Tabla 39.- Porcentaje de cobertura de energía*

$$\%E_{Cald.Biomasa} = \frac{38 + 38 + 33 + 33 + 23 + 9 + 17 + 29 + 38}{12} = 21'5\%$$

**PORCENTAJE DE ENERGÍAS**



*Ilustración 46 Porcentaje de energías que cubren las necesidades de la instalación*

La media del porcentaje de energía mensual que se debería cubrir a través de la caldera de biomasa es del 21'5%, pero esto es muy relativo ya que como se puede observar en la tabla la variabilidad del porcentaje es bastante grande, pues hay meses en los que la caldera no



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

funcionará, por lo que las necesidades de biomasa serán nulas, mientras que otros meses la demanda será alta. Debido a esta situación, se ha calculado cuanta potencia se deberá desarrollar con la caldera de biomasa de forma mensual utilizando para ello los cálculos de potencias de apartados anteriores.

Ahora se necesita saber cuál es la cantidad de biomasa necesaria para cubrir esa demanda de energía. Se sabe que cada kilogramo de pellets que sea quemado produce 5'52 Kwh.

$$\frac{54409'2KWh}{\frac{5'52KWh}{1 Kg pellets}} = 9856'73Kg pellets al año$$

**1.12.2.2. Diseño del lugar de almacenamiento.**

Como ya se señaló en apartados anteriores, el almacenamiento de la biomasa se realizará en un silo textil situado en la sala de calderas.

El silo que se va a escoger es el modelo GWTS 200 x 200 de la marca Hargassner.

Altura (m)	1'95 – 2'50
Anchura (m)	2'08
Longitud (m)	2'08
Capacidad (t)	2 -3
Suelo	Elástico inclinado a cuatro caras
Boca de llenado	Superior

*Tabla 40.- Características técnicas del silo de biomasa*

Dadas las características del silo escogido, y sabiéndola cantidad de biomasa necesaria para generar la energía suficiente como para cubrir las necesidades, se puede saber cuántas veces deberá ser rellenado el silo a lo largo del año.

Para ello se va a escoger la situación más desfavorable, y esta es que solamente se cargue la capacidad mínima del silo.



---

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

$$N^{\circ} \text{ Cargas del silo} = \frac{9856'73}{2000} = 4'93 \sim 5 \text{ veces}$$



## ***1.13 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO ELÉCTRICO MEDIANTE EQUIPOS DE GIMNASIO”***



## ÍNDICE

### 1.13.1. Bicicleta estática

#### 1.13.1.1. Horizontal

#### 1.13.1.2. Vertical

### 1.13.2. Elíptica

### 1.13.3. Máquina de Step

### 1.13.4. Máquina de Remo.

### 1.13.5. Cintas de correr.

### 1.13.6. Placas piezoeléctricas a modo de baldosas

### 1.13.7. Sistema de acumulación de la energía eléctrica

### 1.13.8. Sistema de transformación de la energía

### 1.13.9. Porcentaje de energía cubierta

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

**1.13. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO ELÉCTRICO MEDIANTE EQUIPOS DE GIMNASIO.**

Este sistema está basado en el aprovechamiento del trabajo físico que se hace en las máquinas del gimnasio. Se dispondrá una serie de aparatos cuya tecnología permite la generación de energía eléctrica que posteriormente será almacenada en la sala de baterías y después cubrirá parte de la demanda de la instalación.

Todo el equipamiento del gimnasio contará con el sistema ECO-POWER integrado.

**1.13.1. Bicicleta estática**

Se trata, junto con la cinta de correr, el aparato más empleado del gimnasio, por lo que en este estudio se va a suponer que van a ser empleadas durante el 70% de las horas que esté en funcionamiento la instalación.

**1.13.1.1. Horizontal**

Sólo se encontrarán en el recinto del gimnasio, y serán un total de diez.

Se escogerá el modelo G575r, que se muestra en la imagen adyacente. Sus características son las siguientes:

Largo (m)	1'38
Ancho (m)	0'60
Alto (m)	1'16
Corriente eléctrica	No
Capacidad de generación(Wh)	60

*Tabla 41.- Características técnicas bicicleta estática*

*horizontal*



*Ilustración 47.- Bicicleta estática horizontal*

Como ya se ha señalado con anterioridad se va a tomar como referencia, que están máquinas se usan todas las horas en las que está en funcionamiento la instalación, un total de 13'5 horas.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

$$E_{generada} = 10 \cdot 60 \cdot 13'5 \cdot 0'7 = 5670 \text{ Wh al día}$$

### 1.13.2. Vertical

Éstas se encontrarán tanto en el recinto del gimnasio, como en la clase destinada a spinning. En el primer lugar se dispondrá de diez, que como se ha señalado con anterioridad estarán en funcionamiento durante el 70% del horario de apertura de la instalación, mientras que en la clase habrá 12 bicicletas que funcionarán 1 h al día (durante las clases).

El modelo que se ha escogido en esta ocasión es la bicicleta vertical G575u, cuyas características técnicas se especifican en la siguiente tabla, aunque son muy similares al aparato anterior.

Largo (m)	1'38
Ancho (m)	0'60
Alto (m)	1'16
Corriente eléctrica	No
Capacidad de generación(W)	60

Tabla 42.- Características técnicas bicicletas estática vertical



Ilustración 48.- Bicicleta estática vertical

A continuación se va a calcular la energía que se generará diariamente con el empleo de estas máquinas.

$$E_{generada} = 10 \cdot 60 \cdot 13'5 \cdot 0'7 + 12 \cdot 60 \cdot 1 = 6390 \text{ Wh al día}$$

### 1.13.2. Elíptica

Se trata de un aparato cada vez más empleado en todos los gimnasios, ya que proporciona una actividad más completa que las bicicletas simples. Dado a este aumento de popularidad vamos a suponer que estas máquinas se emplean el 60% del tiempo que permanece abierto el gimnasio, lo que supone 8'1 horas.

El modelo que se ha escogido es la Elíptica Fitness G875. Se dispondrá de diez aparatos. Sus características técnicas se detallan en la siguiente tabla.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Largo (m)	2'2
Ancho (m)	0'70
Alto (m)	1'80
Corriente eléctrica	No
Capacidad de generación(W)	50

*Tabla 43.- Características técnicas elíptica*



*Ilustración 49.- Elíptica*

$$E_{generada} = 10 \cdot 50 \cdot 8'1 = 4050 \text{ Wh al día}$$

### 1.13.3. Máquina de Step

Se trata de un aparato cada vez menos popular en los gimnasios, ya que está siendo sustituida por la elíptica que ofrece un ejercicio más completo. Por esta razón, se van a instalar seis máquinas de step en el presente estudio. Se va a establecer que como media estas máquinas permanecen en funcionamiento el 55% del tiempo que está abierto el gimnasio, lo que supone alrededor de 7'5 horas diarias.

El modelo escogido es la escalera de step profesional S775. Las características técnicas se recogen en la siguiente tabla.

Largo (m)	1'675
Ancho (m)	1'182
Alto (m)	1'80
Corriente eléctrica	No
Capacidad de generación(W)	40

*Tabla 44.- Características técnicas máquina de Step*



*Ilustración 50.- Máquina de Step*

$$E_{generada} = 6 \cdot 40 \cdot 7'5 = 1800 \text{ Wh al día}$$

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

**1.13.4. Máquina de Remo.**

Dado el esfuerzo físico que se requiere para utilizar esta máquina, comparando su uso con las cintas de correr o las bicicletas, se ve que es bastante más bajo.

En este estudio se instalarán dos máquinas de remo, las cuales supondremos que están en funcionamiento el 60% del tiempo de apertura, lo que supone unas 8'1 horas al día.

El modelo que se va a escoger para este estudio es el Remo 2100. A continuación se recogen sus características en la siguiente tabla.

Largo (m)	2'4
Ancho (m)	0'55
Alto (m)	1'12
Corriente eléctrica	No
Capacidad de generación(W)	20

*Tabla 45.- Características técnicas máquina de Remo*



*Ilustración 51.- Máquina de Remo*

$$E_{generada} = 2 \cdot 20 \cdot 8'1 = 324 \text{ Wh al día}$$

**1.13.5. Cintas de correr.**

Como ya se ha indicado con anterioridad, la cinta de correr es el aparato más popular en los gimnasios. Aun no se ha inventado a nivel industrial una cinta que sea capaz de autoabastecerse y además generar energía, pero si se ha conseguido reducir su consumo hasta un 30%.

En el gimnasio propuesto en este estudio se va a disponer de 10 cintas de correr del modelo T645 que se utilizarán durante un 70% de las horas que permanezca abierta la instalación.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Largo (m)	2'18
Ancho (m)	0'97
Alto (m)	1'45
Corriente eléctrica	si
Consumo(W)	1500

Tabla 46.- Características técnicas Cinta de correr



Ilustración 52.- Cinta de correr

$$E_{consumida} = 10 \cdot 1500 \cdot 13'5 \cdot 0'7 = 141750 \text{ Wh al día}$$

### 1.13.6. Placas piezoeléctricas a modo de baldosas

Es una tecnología muy novedosa que se basa en el uso de unas baldosas especiales que al ser presionadas por el propio peso del cuerpo liberan una pequeña cantidad de energía eléctrica.

En este estudio se plantea la posibilidad de instalarlo en las salas de clases dirigidas (Zumba, GAP, baile...) ya que en ellas se concentra una media de diez personas y existe mucho movimiento.



Ilustración 53.- Baldosas piezoeléctricas

En este estudio se van a emplear las baldosas de pavegen systems que cuentan con una medida de 0'45 x 0'60 metros cada una. Estas baldosas generan entre 5 y 7 w por pisada. Para realizar el estudio se tomará como dato 5 w por ser el más desfavorable.

Se ha realizado un estudio de cuantas pisadas en diferentes baldosas se pueden dar en promedio por persona durante una clase de cada actividad que se va a realizar en el gimnasio. Se ha de destacar que cada clase tiene una duración de 45 minutos. Se han recogido los datos en la siguiente tabla:



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Actividad	Pisadas	Pisadas totales (10 personas)	Potencia teórica (W)
Baile de Salón	2880	28800	144000
Body Combat	2475	24750	123750
GAP	2736	27360	136800
Zumba	3780	37800	189000

*Tabla 47.- Resultado estudio pisadas por clase*

Esta potencia es potencia teórica, es decir, para calcularla se han empleado directamente los datos obtenidos de las características técnicas de las baldosas sin ningún tipo de factor corrector.

El primer factor que hay que tener en cuenta es el factor corrector referido a la pisada. Para la generación ideal de energía es necesario que se pise justo en el centro de la baldosa, mientras que si se realiza por los bordes la generación de energía puede verse reducida hasta un 60%, por lo que solo podrá aprovecharse un 40% de la misma.

También se ha de considerar la eficiencia del sistema a la hora de transformar la energía mecánica de la pisada en energía eléctrica. A la hora de calcular la potencia teórica se toma como eficiencia el 100%, sin embargo se observa que la eficiencia real del sistema se encuentra entre el 15 y el 20%.

Aplicando ambos factores correctores (0'4 y 0'15) al sistema se tiene que las potencias reales son las siguientes.

Actividad	Potencia teórica (W)	Potencia real (W)	Energía (Wh)
Baile de Salón	144000	8640	6480
Body Combat	123750	7425	5568'75
GAP	136800	8208	6156
Zumba	189000	11340	8505

*Tabla 48.- Cálculo de la potencia real y la energía generada por baldosas piezoeléctricas*

Realizando un sumatorio de todas las energías que se generan en el gimnasio se obtiene lo siguiente.

$$E_{gen} = 5670 + 6390 + 4050 + 1800 + 324 + 6480 + 5568'75 + 6156 + 8505$$

$$E_{gen} = 44943'75 Wh$$

**1.13.7. Sistema de acumulación de la energía eléctrica**

Una vez que ya se está generando la energía, será necesario diseñar un sistema que pueda almacenarla para su posterior consumo.

El principio de funcionamiento es muy parecido a la generación de energía a través de paneles solares fotovoltaicos, por lo que se va a escoger una batería indicada para ello.

La batería seleccionada es la Batería Coner 31 H de la marca conermex. A continuación se detallan sus características.

Voltaje (V)	12
Largo (mm)	330'2
Ancho (mm)	172
Alto (mm)	240'3
Capacidad (Ah)	115



Tabla 49.- Características técnicas batería de acumulación

Ilustración 54.- Batería

Con una sola batería no es suficiente para almacenar toda la energía generada, por lo que será necesario calcular cuántas deberán disponerse.

$$P = V \cdot I \quad \rightarrow \quad 44943'75 = 12 \cdot I \quad \rightarrow \quad I = 3745'31Ah$$

$$N^{\circ} \text{ Baterías} = \frac{3745'31}{115} = 32'57 \approx 36 \text{ baterías}$$

**1.13.8. Sistema de transformación de la energía**

Esta potencia es generada y acumulada a 12v, por lo que será necesario instalar unos inversores que nos devolverán la energía a 220 o 230V.

Para elegir el inversor adecuado y la capacidad del mismo se deberá tener en cuenta la potencia que ha de transformar. Se han diseñado los horarios de las clases de forma que ninguna de las cuatro coincida a la misma forma, por lo que el/los inversores deberán poder transformar una potencia máxima de 11340 W, más la generada por los aparatos de gimnasia, lo que hace un total de 13400 W.

Para el presente estudio se ha elegido el modelo 5000W Power Inverter.

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Inversor (V - V)	12 - 220
Potencia (W)	5000
Potencia Pico (W)	10000

*Tabla 50.- Características técnicas inversor*



*Ilustración 55.- Inversor*

Será necesario instalar tres para el correcto funcionamiento del circuito.

### 1.13.9. Porcentaje de energía cubierta

Primero se debe saber cuál es la cantidad de energía eléctrica que se debe suministrar a la instalación para su correcto funcionamiento. Para ello se recopila información de apartados anteriores y se establece el número de horas que deberá suministrarse energía a cada parte.

RECINTO	HORAS EN FUNCIONAMIENTO	ENERGÍA (Wh)
Iluminación de la sala de máquinas	1 hora diaria para realizar mantenimiento	1850
Iluminación recepción	13'5 horas diarias	12150
Iluminación vestuarios	9 horas diarias	14000
Iluminación recinto del vaso	12 horas diarias	23520
Iluminación gimnasio	12 horas diarias	59700
Iluminación de emergencia	Solo en caso de que exista un apagón, se tomará que de media se utilizarán 0'5 horas diarias	82
Climatización del recinto de la piscina	31800 Wh	
Climatización del recinto del gimnasio	12500 Wh	
Máquinas conectadas a la instalación (snaks, bebida...)	1200Wh	
Cintas de correr	141750 Wh	
<b>TOTAL = 298552 Wh</b>		

*Tabla 51.- Demanda total de energía*



---

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Realizando el sumatorio total de las energías generadas por las diversas actividades desarrolladas en el gimnasio se tiene la siguiente energía cubierta.

$$E_{gen} = 5670 + 6390 + 4050 + 1800 + 324 + 6480 + 5568'75 + 6156 + 8505$$

$$E_{gen} = 44943'75 \text{ Wh}$$

$$\%E_{cubierta} = \frac{44943'75}{298552} = 0'1505 \sim 15\%$$



## ***1.14 VIABILIDAD***



## ÍNDICE:

### 1.14.1. Impacto ambiental

#### 1.14.1.1. Emisiones de CO<sub>2</sub>

### 1.14.2. No dependencia de la red

#### 1.14.2.1. Dependencia del exterior

#### 1.14.2.2. Problemas del suministro eléctrico

### 1.14.3. Fomentación y desarrollo de las nuevas formas de obtención de energía.

### 1.14.4. Análisis multicriterio



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

A lo largo de todo el estudio se ha detallado la tecnología a emplear y los pasos a seguir para poder realizar una instalación deportiva mediante energías renovables y alternativas.

Se sabe que todos los equipos técnicos seleccionados están disponibles en el mercado y poseen la tecnología que se detalla en sus correspondientes apartados, de forma que se mejorará la situación actual respecto a la energía.

La viabilidad de este estudio se va a basar en tres aspectos fundamentales:

- Impacto Ambiental
- No dependencia de la red
- Fomentación y desarrollo de las nuevas formas de obtención de energía.

#### **1.14.1. IMPACTO AMBIENTAL.**

En la evaluación del impacto ambiental se debe prestar atención principalmente a la reducción de consumo de combustible convencional y a la huella del CO<sub>2</sub>.

El empleo de nuevas tecnologías en la producción de energía proporciona una nueva vía de producción energética que antes no existía. Ésta, al contrario que los combustibles fósiles, facilitará un suministro energético de forma inagotable.

Tanto la energía solar como la biomasa, comparadas con otras formas de obtención de energía térmica, suponen una reducción notable de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>. A su vez, el sistema de generación eléctrica gracias a los aparatos del gimnasio, hace que la energía demandada de la red sea inferior (residuos nucleares), y esa diferencia sea cubierta de forma no contaminante para el Medio.

#### **1.14.1. Emisiones de CO<sub>2</sub>**

En las emisiones del CO<sub>2</sub> se tiene que tener en cuenta que no sólo es beneficioso para el medio ambiente, sino que supone un ahorro económico cuando se tiene en cuenta el derecho de emisión. Según SENDECO<sub>2</sub> (Sistema Europeo de Negociación de CO<sub>2</sub>) el precio por el derecho de emitir una tonelada de CO<sub>2</sub> a día 9 de Noviembre del 2015 es de 8'25 €.

A continuación se va a realizar un cálculo de cuál es el ahorro de CO<sub>2</sub> que se produce al emplear esta tecnología.

- El consumo total de la instalación es de 878'7 Kw, de los cuales:
  - 78'5% es solar, lo que supone 689'78 Kw



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

Cada Kw que se produce con energía solar, evita un Kilogramo de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, por lo que se dejará de emitir, 689'78 Kg de CO<sub>2</sub>

- 21'5% es biomasa, lo que supone 189 Kw

Si se compara la biomasa con el gas natural, se comprueba que un Kw generado a través de una caldera de biomasa evita la emisión de 1'7 Kg de CO<sub>2</sub>. Por lo que finalmente el ahorro es de 321'3 Kg de CO<sub>2</sub>.

Estos datos se han obtenido de la comisión europea.

- Al producir poca energía eléctrica con los aparatos del gimnasio, el ahorro de CO<sub>2</sub> es muy pequeño.
  - Por cada Kwh que se genera en el gimnasio, se produce un ahorro de 0'65 Kg. Se calculó en un apartado anterior que se producían 44'944 Kwh, por lo que el ahorro será de 29'21 Kg de CO<sub>2</sub>
- El ahorro total de CO<sub>2</sub> es de 1040'29 Kg.

Debido a este ahorro se contribuiría a reducir los problemas del cambio climático, y reducir las penalizaciones que ha de pagar España por consumir más CO<sub>2</sub> del que se debe según el protocolo de Kioto.

#### **1.14.2. NO DEPENDENCIA DE LA RED**

El país en el que se desarrolla el presente estudio, España, posee unas condiciones tanto climáticas como geográficas excepcionales para no depender ni de la red eléctrica ni del suministro que proporcionen los países colindantes.

Se trata de un país con una gran escasez de hidrocarburos líquidos y gaseosos, y que tiene un carbón de muy mala calidad. Sin embargo es el país europeo con más horas de sol al año, dispone de muchas horas de viento al año, y mucho suelo sobre el que desarrollar nuevas energías.

El no aprovechar estas ventajas convierte a España en un país deficitario a nivel energético. Esta situación se puede dar la vuelta, pasando a ser un país productor de energía, siempre que se aprovechen dichas ventajas.

El estudio actual presenta una alternativa clara a lo dicho con anterioridad y presta solución a dos problemáticas principales:



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

#### **1.14.2.1. Dependencia del exterior**

Como ya se ha señalado con anterioridad en este estudio, España importa energía procedente de Francia, e hidrocarburos de diferentes países cuya situación política no es muy estable.

Esto implica que el precio de la energía está a voluntad de terceros, siendo más barata la alternativa de producir energía nacional.

El comprar energía a otros países no exime a España de gestionar los residuos que se generan en la producción de dicha energía.

El Estudio desarrollado está basado en la utilización de energía solar y biomasa. Ambas son producidas en España y no dependen del precio estipulado por otros países o su situación política.

#### **1.14.2.2. Problemas del suministro eléctrico**

Estar conectado a la Red Eléctrica Española en el caso de que se produzca un fallo en alguna de sus redes, supone un desabastecimiento de la instalación, que no se recuperará hasta que se solventa el problema que lo ha originado.

En este estudio, se genera cierta cantidad de energía que será acumulada en baterías y consumida por los diferentes aparatos de la instalación, por lo que si sucede un corte en el suministro, la instalación estudiada no se verá afectada, ni tendrá que cerrar por no poder ofrecer los servicios previstos.

#### **1.14.3. FOMENTACIÓN Y DESARROLLO DE LAS NUEVAS FORMAS DE OBTENCIÓN DE ENERGÍA.**

El Estudio desarrollado, emplea energías renovables y alternativas. Estas inversiones, fomentarán el desarrollo de las tecnologías de obtención de energía, y a su vez su instalación se irá haciendo más rentable económica y medioambientalmente.

#### **1.14.4. ANÁLISIS MULTICRITERIO**

A continuación se va a exponer una tabla comparativa entre la instalación estudiada, con energías renovables y alternativas, y la posibilidad de realizar esa misma instalación mediante energías convencionales.



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

En el análisis multicriterio, el cero supondrá la aptitud más negativa, mientras que la cinco será la más favorable.

		Instalación estudiada	Alternativa energías convencionales
Impacto ambiental	No Dependencia combustibles fósiles	5	2
	No Emisiones de CO2	5	3
	Fuente inagotable de energía	4	3
	Suministro continuo de energía	3	4
No dependencia de la red	No Dependencia de la energía producida en otros países	4	3
	Precio energía	4	3
	Afectada por fallos de suministro	4	3
Fomento del desarrollo de nuevas tecnologías para la producción energética		3	2
Precio total de la instalación		2	4
		34	27

Analizando la tabla comparativa anterior, se ve que la alternativa propuesta en este estudio es viable al compararla con una misma instalación sustentada en energías convencionales.

Esta viabilidad se centra principalmente en un beneficio ambiental elevado, en una independencia de la red y en el fomento de nuevas formas de obtención de energía.



## ***1.15 CONCLUSIONES***



---

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

El presente estudio está basado en estudiar la viabilidad de una instalación deportiva, con piscina y gimnasio, cuyo suministro energético procede de las energías renovables y alternativas. Como parte final del estudio se van a exponer a continuación las conclusiones que se derivan del mismo.

Por un lado, se tiene el agua caliente sanitaria y el agua que se ha de calentar para la renovación diaria de la piscina, esto supone 340'50 Kw. Esta demanda será cubierta con energía solar (78'5%) y con una caldera de biomasa (21'5%). Para proporcionar la energía solar se dispondrá de 44 paneles y un acumulador con intercambiador acoplado. La caldera de biomasa será alimentada con pellets, almacenados en un silo de tela textil de 2 toneladas de capacidad. Para cubrir la demanda de pellets anual, el depósito deberá ser rellenado cinco veces al año.

Por otro lado se debe acondicionar el aire del recinto. Esto se realiza empleando dos bombas de calor. La primera de ellas irá destinada a acondicionar el aire del recinto del vaso, cuyas demandas a cubrir serán 70'45 Kw para la climatización del aire y 52'78 Kw para deshumidificar el aire. La segunda tendrá como objetivo la climatización del resto del recinto y deberá cubrir una demanda de 35'10 Kw.

Como parte final de la instalación, se ha planteado recoger la energía generada por las diferentes máquinas del gimnasio en unas baterías. Posteriormente esta energía a través de unos inversores será transformada para poder ser consumida por la instalación. Se generarán 44'94 Kwh, siendo la demanda total de energía eléctrica de 298'55 Khw, lo que supone una cobertura del 15%.

Es necesario destacar que la instalación cumple las mismas funciones que una instalación tradicional basada en energías convencionales. La principal diferencia es que la propuesta estudiada tiene beneficios sobre el medio ambiente, el desarrollo de la tecnología, y dota a la instalación de independencia.

Como beneficio al medio ambiente más destacable se puede señalar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, que producirán un beneficio directo para frenar el cambio climático.



## **2 BIBLIOGRAFÍA**



---

Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

### Bibliografía

- Energías renovables: fundamentos, tecnologías y aplicaciones : solar, eólica, geotérmica, hidráulica, pilas de combustible, cogeneración y fusión nuclear / autor, Antonio Madrid. Antonio Madrid Vicente. Editorial:
  - Teoría sobre energía solar, biomasa, geotérmica...
- Energías alternativas. José Antonio Domínguez Gómez. Equipo Sirius
  - Teoría sobre diferentes tipos de energía.



### Webgrafia

- <http://www.aemet.es/>
  - Obtención de datos climatológicos de la zona de estudio
- <http://www.fecea.org/>
  - Pérdidas de paneles solares, contribución mínima solar, ACS de la instalación...
- <http://www.censolar.es/%20.htm>
  - Programa online para determinar la fracción solar basado en el método FChart.
- <http://www.atborealis.com/>
  - Selección de la bomba de calor, sus parámetros y cálculos.
- <http://www.clickrenovables.com/blog/como-calcular-la-potencia-las-necesidades-de-combustible-y-el-ahorro-que-obtienes-con-una-instalacion-de-biomasa-caso-practico-y-comparativa/>
  - Cálculo de las necesidades de biomasa
- <http://www.rocfit.com/cardio-generar-energia.html>
  - Obtención de los modelos y características técnicas de los aparatos del gimnasio
- <http://www.pavegen.com/>
  - Calculo y obtención de energía a través de baldosas piezoeléctricas.
- <http://www.energynews.es/>
  - Noticias sobre nuevas energías



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

#### Repositorio UCREA

- Diseño de instalación térmica de climatización y producción de ACS del polideportivo municipal de Polanco
  - Ricardo Herrera Torres



## ***3 NORMATIVA***



Estudio de viabilidad técnica del suministro energético de un recinto deportivo compuesto de gimnasio y piscina a través de energías alternativas

La normativa aplicada en el presente estudio se enumera a continuación.

- Código Técnico de la Edificación (C.T.E.)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (R.I.T.E.)
- Guía técnica de instalaciones de biomasa térmicas en edificios del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) del Gobierno de España
- NTP 617, guía de buena práctica con medidas a tener en cuenta para locales de carga de batería de acumuladores eléctricos, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Apartado “Instalaciones en locales en que existan baterías de acumuladores” ITC-BT-30 del Reglamento de Baja Tensión.
- Reglamento Sanitario para vestuarios de las Piscinas de Uso Colectivo de la Comunidad Autónoma de Cantabria.
- reglamento del Régimen Técnico-sanitario de Piscinas de Cantabria
- Documento básico de Ahorro de Energía, en el apartado HE4 de contribución solar mínima de agua caliente sanitaria
- RD 314/2006 del 17 de marzo
- Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red del IDEA