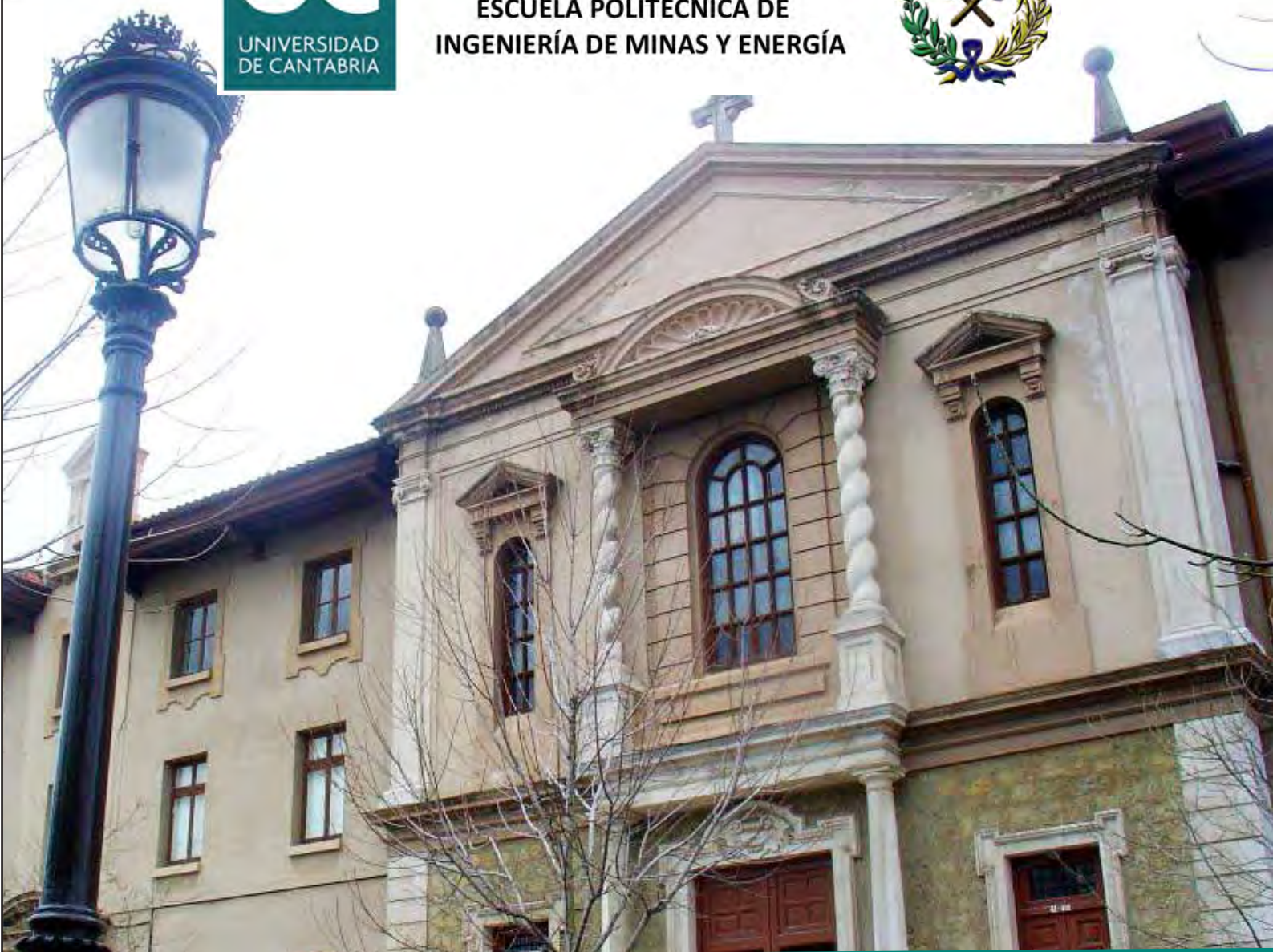




TRABAJO FIN DE GRADO

Graduado en Ingeniería de los Recursos Energéticos

Título: Propuestas de mejora energética en el colegio “Sagrado Corazón Esclavas”

Title: Energetic enhancement proposals for the school “Sagrado Corazón Esclavas”

Localidad : SANTANDER

Provincia : CANTABRIA

Autor : Lucía González Lanuza

Director : Carmela Oria Alonso



DEPARTAMENTO
INGENIERÍA ELÉCTRICA y ENERGÉTICA

Fecha : Julio de 2017



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**



Agradecimientos

En primer lugar me gustaría dar las gracias a mi familia por apoyarme y motivarme durante estos años de estudios, ya que siempre han estado a mi lado tanto cuando había celebraciones como disgustos.

Seguido de los profesores que me han enseñado todos los conocimientos que han hecho posible que pueda desarrollar este trabajo. Y en especial a mi tutora Carmela Oria y al coordinador de proyectos Raúl Husillos, por haber mostrado un interés constante y haberme ofrecido consejos e indicaciones, para poder realizarlo de la mejor manera posible.

Al colegio "Sagrado Corazón Esclavas", que como antigua alumna, me han dado la posibilidad de elaborar el trabajo sobre este centro, abriéndome las puertas tanto en horario lectivo como en fines de semana para realizar fotografías, tomar datos, etc., y me han dejado acceder a toda la información necesaria para la ejecución del mismo. Como mención especial a Virginia que fue la encargada de acompañarme durante todas estas visitas.

Para finalizar, no me gustaría olvidarme de mis compañeros de la empresa "Biomasa de Cantabria", en especial al director Sergio Sánchez, con los que compartí tres meses la experiencia de unas prácticas, los cuales me han ayudado tanto en mi formación y en la inserción en el mundo laboral, como mediante consejos y resolución de dudas que me surgían durante el desarrollo del proyecto, y han hecho todo lo que estaba en su mano para encontrar las mejores soluciones posibles.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

***PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"***



ANEJO 0: Índice



Índice

Anejo Nº1: Introducción

Anejo Nº2: Objeto y alcance

Anejo Nº3: Estado del arte y antecedentes

Anejo Nº4: Emplazamiento y estudio del medio

Anejo Nº5: Descripción del edificio

Anejo Nº6: Alternativas propuestas

Anejo Nº7: Resultado y propuesta de mejora

Anejo Nº8: Viabilidad económica de la alternativa elegida

Anejo Nº9: Normativa

Anejo Nº10: Bibliografía



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

***PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"***



ANEJO 1: Introducción



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción**



Introducción

1. Evolución de la energía y de la eficiencia energética	3
1.1. Evolución histórica de los usos de la energía	3
1.2. Evolución de la eficiencia energética de los edificios	4
2. Contextos energéticos	6
2.1. Contexto energético mundial	6
2.1.1. Matriz energética mundial	7
2.1.2. Consumos de energía primaria en el mundo	8
2.2. Contexto energético en España	8
2.2.1. Producción interior de energía y grado de autoabastecimiento	8
2.2.2. Evolución de la demanda de energía primaria	10
2.2.3. Evolución de la estructura de energía final	13
2.2.4. Previsión de la evolución energética española	16
2.3. Contexto energético en Cantabria	19
3. Medidas para fomentar el ahorro	25
3.1. Desarrollo sostenible	25
4. Medidas para fomentar la mejora energética en edificios	26
4.1. Rehabilitación de envolvente térmica	26
4.2. Rehabilitación energética de las instalaciones térmicas	26
4.3. Edificios de alta eficiencia	27
4.4. Iluminación de interiores	27
5. Eficiencia energética	28
5.1. Certificado energético	28



1. Evolución de la energía y de la eficiencia energética

1.1. Evolución histórica de los usos de la energía

El ahorro de energía y la mejora de la eficiencia energética se van desarrollando a lo largo de los años, aunque ya fue hace dos siglos, con la llegada de la Primera Revolución Industrial, con la que empieza a cobrar importancia, no tanto por el ahorro energético, sino por el económico.

Esta consistió en un movimiento tecnológico y científico, en el que el ser humano empieza a tener en cuenta nuevos medios y elementos, con los que mejorar y facilitar la producción, el desarrollo y la superación cultural y económica del hombre y de la sociedad.

Hasta la mitad del siglo XIX el recurso utilizado era la madera, por lo que hubo que dar paso a los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, a la vez que la física y la química se iban desarrollando y daban paso a cambios constantes. Con el estudio de la electricidad la energía eléctrica se convierte en trabajo mecánico, y con ella todos los inventos que se produjeron después. Hasta que la energía eléctrica fue algo cotidiano.

La demanda de petróleo empieza a crecer espectacularmente gracias al motor de la combustión interna, imponiéndose este frente al carbón. Si al finalizar la Primera Guerra Mundial el carbón se utilizaba seis veces más, en 1.930 ya solo era el doble, y finalmente al terminar la Segunda Guerra Mundial el petróleo se posicionaba como primera alternativa.

A medida que el consumo de electricidad seguía acrecentándose día a día, se produjo un cambio en la producción, pasando de combustibles fósiles a centrales hidroeléctricas y térmicas para su creación.

A principios del siglo XX empieza a darse importancia a la Energía Nuclear, con el desarrollo del primer reactor nuclear.

A finales de este siglo, ya no solo comienza a importar el ahorro energético sino el cuidado del medio ambiente, y hace pensar que los recursos fósiles no son una fuente inagotable, ya que a los productores de energía cada vez les es más difícil acceder a las reservas de combustible fósil, por lo que los avances y esfuerzos se centran en opciones alternativas para producir energías renovables como la solar, la eólica, la biomasa, la geotérmica, etc.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción



En el 2.001, en ciertos países se abren departamentos de investigación de energías de fuentes renovables, y se empiezan a llevar a cabo políticas para comenzar con un plan energético. En el 2.002, Japón construye 25.000 paneles solares provocando su asequibilidad para el uso cotidiano. En el 2.006, los avances en energía eólica se centran en una mejora arquitectónica para hacerlos mas eficientes, con el fin de reducir la contaminación acústica y conseguir una atracción visual. En 2.009, España es reconocida como uno de los países con mayor irradiación solar con 2.708 MW, esto sería perfecto para el uso de paneles solares, sin embargo según la INE solo llega al 0,9% de los hogares. En 2.012, se prohíbe por la Unión Europa la fabricación de bombillas incandescentes, ya que solo produce un 5% de luz y el 95% restante se desperdicia en calor, y deberán ser reemplazadas por tecnología led o de bajo consumo. En 2.013, ya están las energías renovables integradas en España, de modo que según la Red Eléctrica de España el 21% es cubierto con energía eólica y el 4,5% con energía solar. En 2.014, España está por delante de muchos países en energía solar con una potencia de 4.679 MW y contando con la mayoría de plantas solares de Europa.

1.2. Evolución de la eficiencia energética de los edificios

Las políticas para llevar un plan energético empiezan a integrarse en Europa y en España gracias a las siguientes leyes:

- La Directiva 93/76/CEE, es la primera normativa que se implanta en Europa sobre las emisiones de dióxido de carbono y las de gases de efecto invernadero lo que conlleva a la mejora de la eficiencia energética en edificios.
- En 1980 en España con la NBE CT-79, se instala un código para las condiciones térmicas en edificios, con lo que colocar un aislamiento térmico se convierte en obligatorio.
- La Directiva 2002/91/CE en Europa, que obliga a que en un plazo de cuatro años deben adaptarla los países miembro. Es cuando España crea el Documento Básico Ahorro de Energía (HE) del Código Técnico de la Edificación y el Reglamento de las Instalaciones Técnicas en los Edificios (RITE).
- El Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE del CTE 2006, introduce una mejora entre el 25% y el 30%, esto será por la disminución de la demanda energética, mejora de la eficiencia energética en instalaciones térmica y de iluminación, y establecimiento para la calefacción y el agua caliente sanitario un mínimo de energías renovables.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción



- La Directiva 2010/31/UE de eficiencia energética en edificios, introduce el cálculo de la rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos, e introduce el concepto de Edificios de Consumo Energético Casi Nulo. Desarrolla el certificado de eficiencia energética y establece inspecciones para calderas y aire acondicionado.
- La Directiva 2012/27/UE, será la última normativa en Europa referente a edificios. Complementa a la del 2010 y contribuye a un ahorro del 20% de energía. Con el desarrollo de esta se crea en España la Ley 8/2013 de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbana que obliga a tener un informe de evaluación de edificios.
- Se aprueba en España el Real Decreto 235/2013 de Certificación Energética de Edificios existentes.
- El Real Decreto Ley 8/2014 de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia en la que una de sus medidas es instalar contadores de consumo individuales.



2. Contextos energéticos

2.1. Contexto energético mundial

Una de las claves que actualmente permite que la sociedad pueda desarrollarse cómodamente se basa en la energía. En la actualidad y se prevé que todavía seguirá predominando, es el petróleo y los combustibles fósiles la principal fuente energética. Este consumo masificado no parecía ser un problema hasta hace tan sólo 20 años cuando el Global Environmental Assessment (GEA) plantea que su agotamiento se producirá para el año 2.043 si seguimos consumiendo a este ritmo, en ello coinciden muchos científicos, que mantienen con seguridad que no tardará en llegar el momento en el que el gasto en conseguir el petróleo será mayor que después de su venta, llegando a crear la curva de Hubbert para demostrar sus afirmaciones. A lo que debemos sumarle el daño medioambiental sufrido por esta sobreexplotación.

Con el panorama actual se anima a sustituir esta dependencia a los combustibles fósiles, y apostar por las energías renovables.

En la siguiente imagen se muestra la curva de Hubbert mencionada anteriormente, con la que se explica la teoría de la tasa de agotamiento del petróleo a largo plazo, exponiendo como este llegará a su cenit, para después declinarse tan rápido como creció.

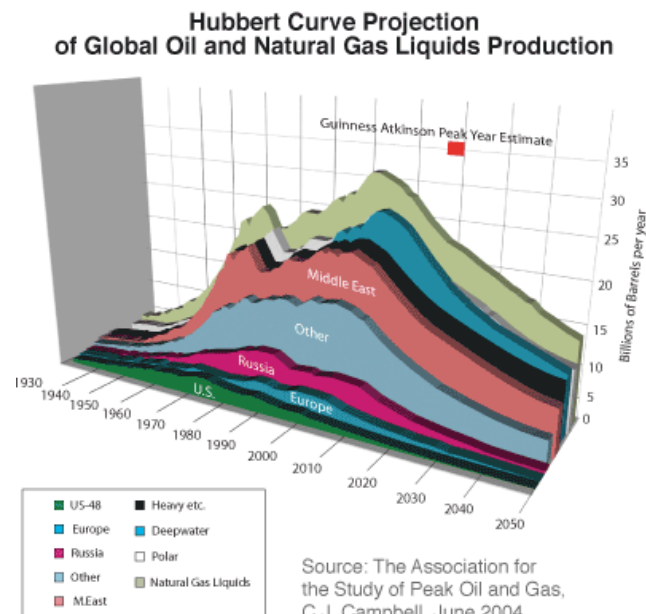


Ilustración 1: Curva de Hubbert. Fuente: The Association for the Study of Peak Oil and Gas.

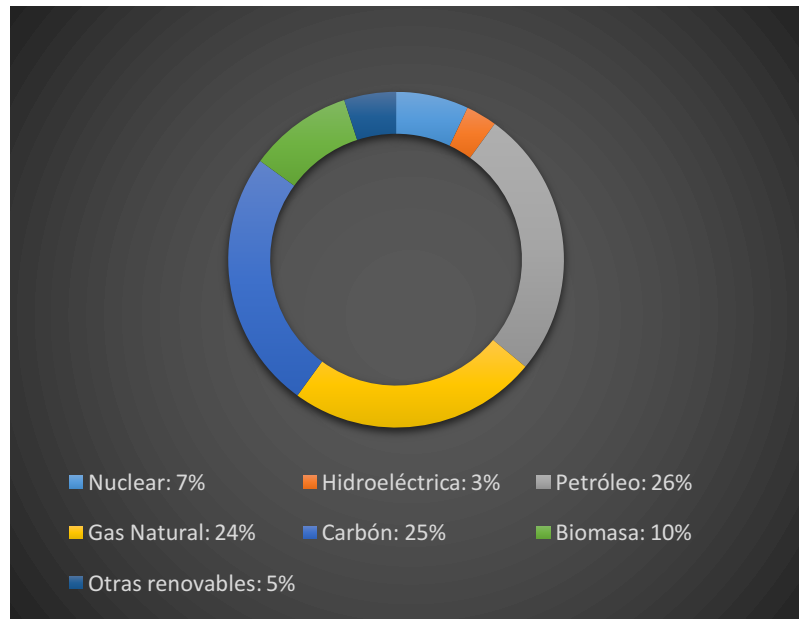


**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Introducción

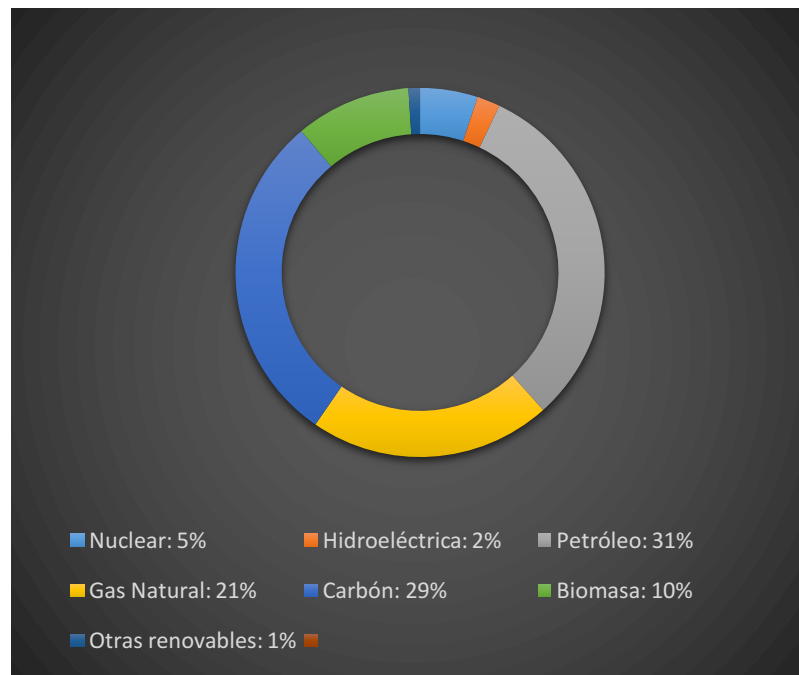


2.1.1. Matriz energética mundial

En las siguientes gráficas se muestra como cambiará del año 2013 al 2040 las fuentes energéticas a nivel mundial.



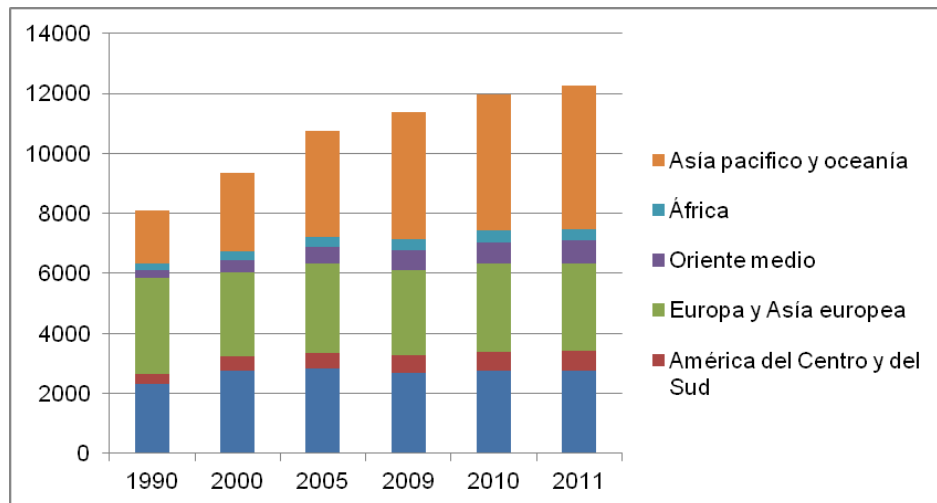
Gráfica 2: Perspectivas de crecimiento del año 2013. Elaboración propia. Fuente Agencia Internacional de la Energía



Gráfica 1: Perspectivas de crecimiento del año 2040. Elaboración propia. Fuente Agencia Internacional de la Energía



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Introducción



Gráfica 3: Evolución del consumo de energía primaria en el mundo. Fuente Statistical Review of World.

2.1.2. Consumos de energía primaria en el mundo

El consumo de energía a nivel mundial se ha duplicado desde los años 70, con datos de 12.274,6 Mtep. Destaca Asia ya que es la que más crecimiento ha obtenido, debido al consumo que se ha producido en China y en la India.

2.2. Contexto energético en España

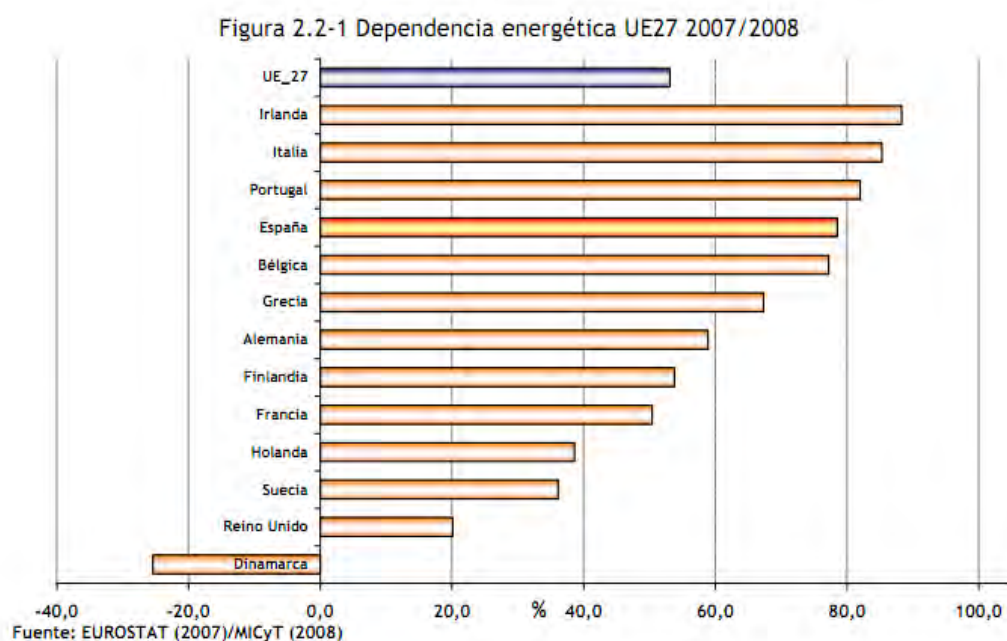
2.2.1. Producción interior de energía y grado de autoabastecimiento

España cuenta con una producción interior de energía reducida, ya que tiene una dependencia muy alta con la energética exterior, sobre todo con el petróleo, por lo que nuestro autoabastecimiento es escaso.

Aunque esto puede cambiar gratamente, ya que en los últimos tiempo las energías renovables han empezado a hacerse notar, con lo que todavía podemos mejorar el futuro. Pero sin olvidar que nuestra dependencia es del 80%, colocándonos en el quinto país más dependiente de la Unión Europea.

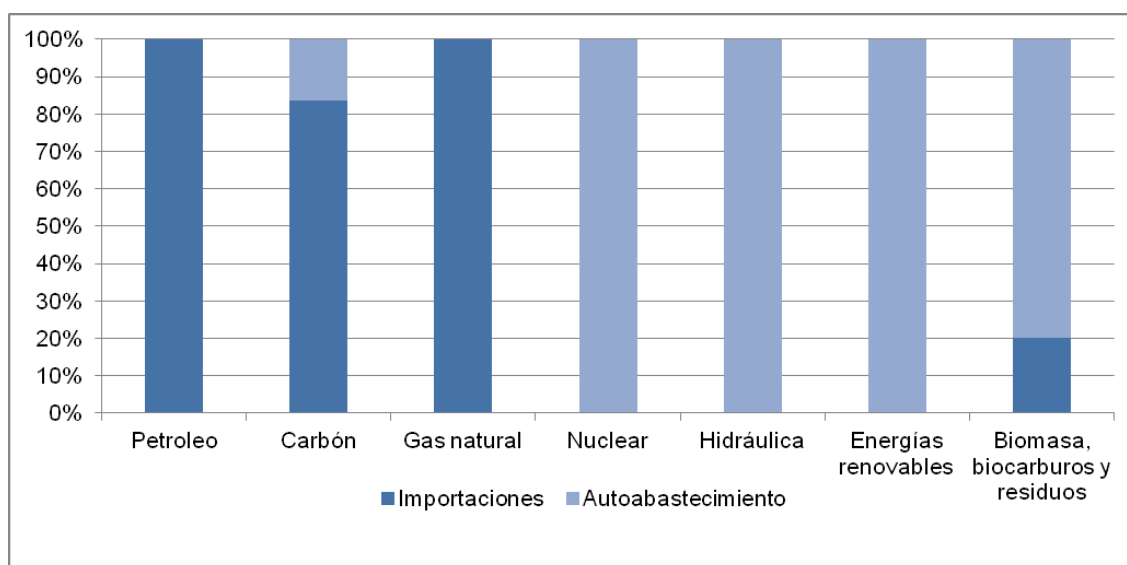


**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Introducción



Gráfica 4: Dependencia energética UE27. Fuente Universidad Alfonso X. UAX+

En el siguiente gráfico podemos ver como el petróleo, el carbón y el gas natural se importan casi en su totalidad.



Gráfica 5: Importaciones y autoabastecimientos de España, 2012. Fuente Ministerio de Energía y Turismo. MINETUR.



2.2.2. Evolución de la demanda de energía primaria

Según el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, en España en el 2.010 el consumo presentó una disminución anual del 1,9% desde el 2.005, al contrario que a partir de 1990 donde el crecimiento fue de 3,2%. Uno de los motivos de esta reducción se debe a que desde el 2.005 la producción eléctrica cuenta con una estructura más eficiente, ya que la incorporación de sistemas eólicos, solares e hidroeléctricos han reducido el uso del carbón y el petróleo para la generación termoeléctrica. Aunque el principal motivo de esta reducción es la crisis económica de España que llegó en el 2.008.

La actual crisis económica se ha visto reflejada en los consumos de productos energéticos. España que es un país importador en casi la totalidad de su energía ha disminuido este dato debido a esta, ligado también a que el precio de la energía ha subido y las importaciones se han reducido.

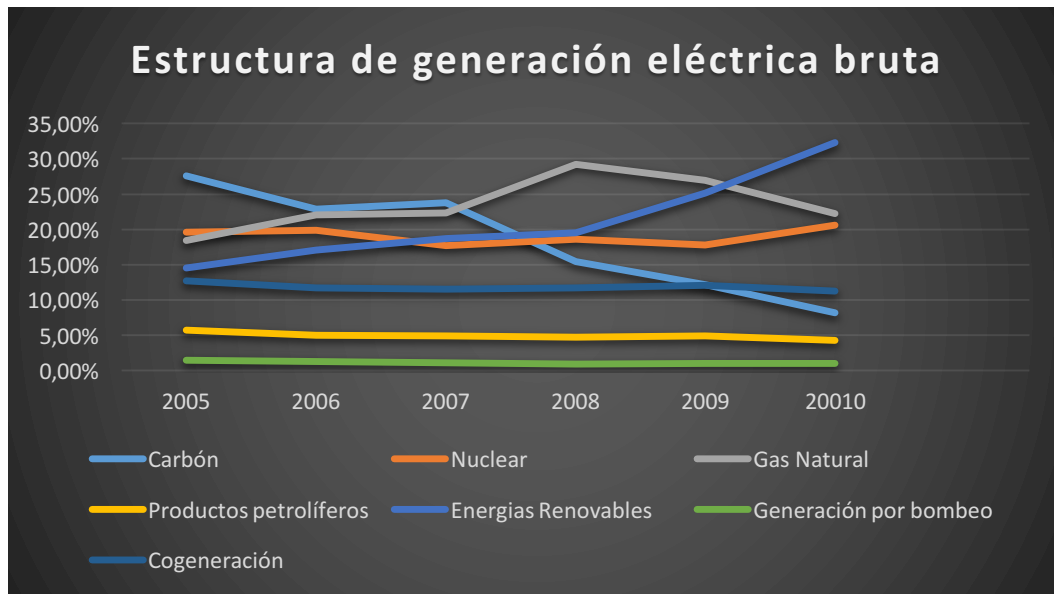
El consumo de energía primaria está cayendo desde el 2.008, ya que en el 2.007 se dio el máximo de la última década con 157.850 Ktep, y el 2.013 marcó un mínimo con 136.570 Ktep. Es decir, la crisis económica ha descendido el uso de energía primaria en el país, sobre todo en el petróleo y el carbón, ya que el gas natural se ha mantenido, y las energías renovables han aumentado, aunque no lo suficiente para que sus valores absolutos compensen la caída del petróleo.

El país ha tomado una correcta dirección ya que la sustitución del petróleo importado por el uso de recursos renovables propios es una buena sustitución.

Entre 2.005 y 2.010, en la generación eléctrica se han introducido 18,7 GW de centrales térmicas de ciclo combinado, 17 GW de energías renovables y 1,5 GW de cogeneración. A la vez que han desaparecido 10,2 GW de generadores de carbón, gas y productos petrolíferos. Es decir el uso del carbón en 2.005 era del 27,6% y en el 2.010 del 8,2%, una caída que también ha sido sufrida por el petróleo. En cambio se ha producido un crecimiento en el uso del gas del 18,4% al 22,2% y en las energías renovables del 14,5% al 32,3%.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Introducción



Gráfica 6: Estructura de generación eléctrica bruta. Fuente: elaboración propia.

Si esta evolución la analizamos por fuentes vemos lo siguiente:

- Carbón

El consumo total de energía primaria en el 2.010 fue de 6,3%, este descenso es debido a que el uso de este combustible para la generación eléctrica cada vez es menor, y la reducción se va notando desde hace años aunque la caída había sido menos notable, en 1.990 representó un 20,9% y en 2005 un 14,6%.

Hace décadas era la principal fuente para generar electricidad pero a su vez el mayor culpable de la contaminación ambiental del aire y el cambio climático. Su eficiencia energética es baja ya que solo se aprovecha un 35% del total utilizado. Para parar el cambio climático es necesario que se dejen de construir plantas de carbón. Por todos estos motivos desciende su uso como fuente energética.

- Petróleo

El consumo del petróleo ocupó un 47,3% en 2.010, este dato presenta una disminución desde el 2.005 del 2,8% anual, fue a partir de ese año donde se encuentra el punto de inflexión, ya que desde 1.990 estaba en un continuo crecimiento del 2,8%. Esta disminución se debe a la imposición del gas sobre el petróleo por ser una fuente energética menos contaminante.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Introducción



- Gas natural

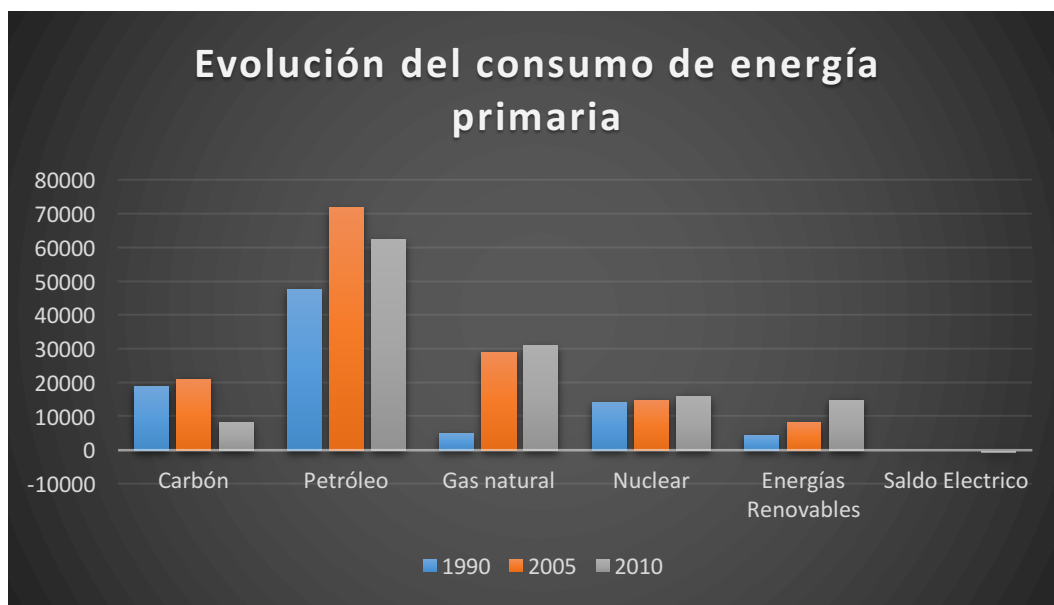
El consumo de gas natural supuso un 23,5% en 2.010, este combustible está en constante crecimiento desde 1.990, en el caso de la generación eléctrica parte de este aumento se debe a su uso en cogeneración y en centrales de ciclo combinado.

- Energías renovables

El consumo de energías renovables ocupó un 11,3% en el 2.010, estas se encuentran creciendo desde 1.990 pero cuando su uso fue mas notable fue a partir del 2.005 con un crecimiento anual del 12%. Esto es debido a la generación eléctrica a partir de energía eólica, biomasa, solar...

- Nuclear

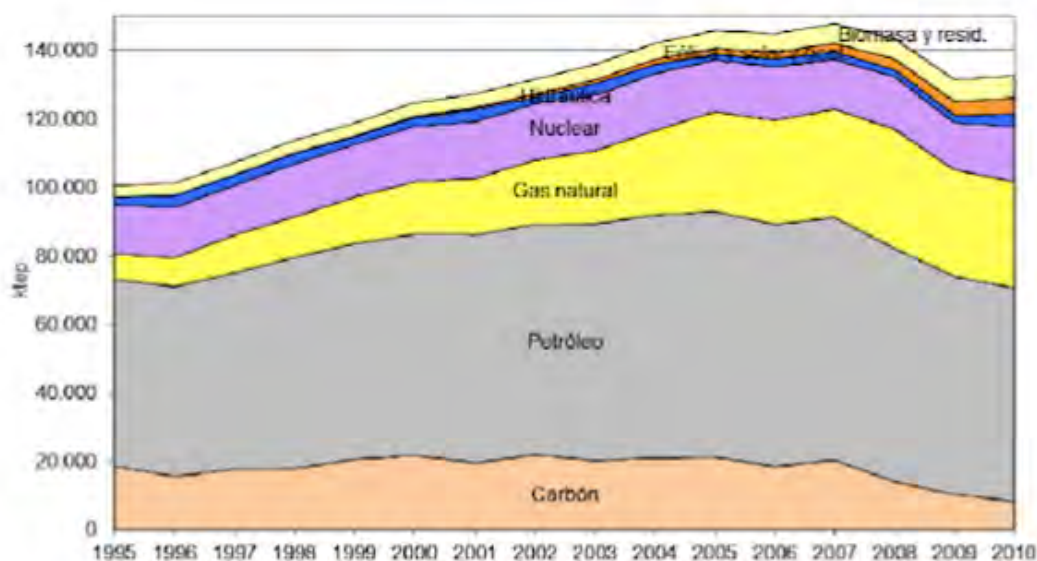
La energía nuclear contó con un consumo del 12,2% total en 2.010, el uso de esta se encuentra decayendo, debido al crecimiento del consumo de energía primaria sin aumentar la potencia instalada.



Gráfica 7: Evolución del consumo de energía primaria. Fuente: elaboración propia.



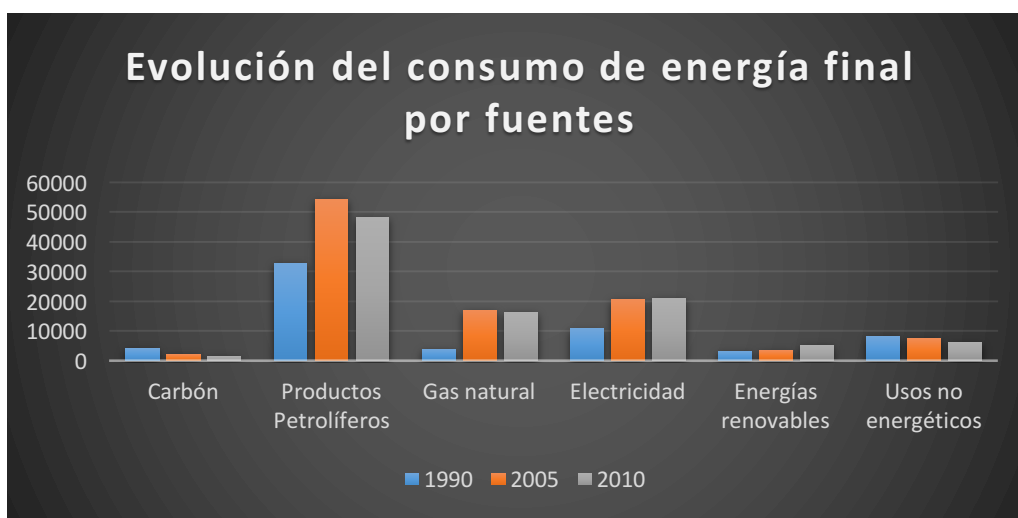
**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Introducción



Gráfica 8: Evolución del consumo de energía primaria. Fuente: elaboración propia

2.2.3. Evolución de la estructura de energía final

Según el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, en 2.010 el consumo de energía final en España fue de 99.838 ktep, este dato presenta un moderado aumento del 10,5% desde el 2.000, este crecimiento no es muy elevado y uno de los motivos es la crisis económica, que dio lugar a un menor consumo en todos los sectores sobre todo en el industrial y el transporte. En cambio en periodos anteriores como el de 1.990-2.005 el aumento anual fue de 3,4% y el del 2.005-2.010 presento una caída del 1,2%.



Gráfica 9: Evolución del consumo de energía final por fuentes. Fuente: elaboración propia.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción**



A continuación se desarrolla la evolución de las fuentes energéticas anteriores expuestas en la gráfica:

- Carbón.

La energía final total del carbón en el 2010 supuso un 1,7%, estando en un continuo decrecimiento ya que desde el 2.005 descendió un 6,9%, y entre el 1.990 y el 2.005 un 3,7%. Esto es debido a que su uso fundamental se centra en la siderurgia ocupando más del 60% del total, la cual está disminuyendo su actividad en este sector. Y el resto es comprendido por industrias, como pueden ser la cementera y el sector residencial, en los cuales esta a punto de extinguirse ya que están siendo sustituidos por otros combustibles.

- Productos petrolíferos.

El consumo final total en 2.010 supuso un 54,4%, este dato ha disminuido respecto al 2.005 un 2,5% pero no lleva un descenso lineal ya que entre 1.990 y 2.005 aumentó un 2,8%. Este producto esta perdiendo peso por su uso únicamente en transporte, ya que en la industria, los servicios y el sector residencial se esta sustituyendo por gas, electricidad y energías renovables.

- Gas natural

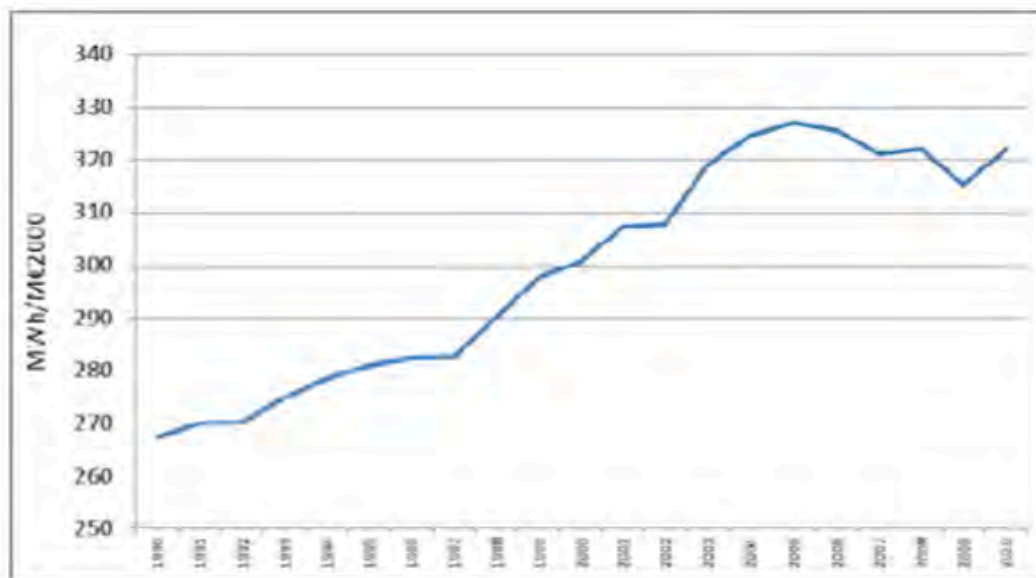
El consumo final total en 2.010 supuso un 17,1%, que desciende desde el 2005 un 0,7%, que sin embargo entre 1.990 y 2.000 aumento un 9,5%. El uso de este es muy extendido ya que se encuentra en todos los sectores: industria, servicios y residencia.

- Energía eléctrica

La energía eléctrica está en un aumento continuo, desde 1.990 a 2.005 creció un 4,4% y del 2.005 al 2.010 un 9,5% más. Estas datos altos se deben a la evolución y mejora de nuestros equipos.



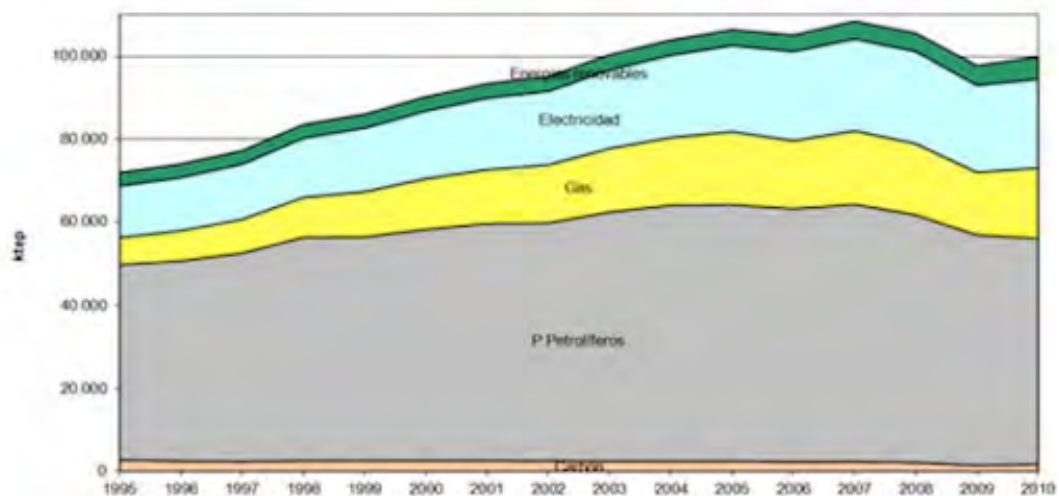
**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Introducción



Gráfica 10: Evolución de la intensidad eléctrica final. Fuente Ministerio de Energía, Turismo y Agencia Digital

- Energías renovables

El consumo final en 2.010 supuso un total del 5,4%, estando las energías renovables creciendo desde 1.990 un 0,5% anual y a partir del 2.005 al 2.010 un ascenso de 7,9%. Una de las causas de esta evolución se debe a los biocarburantes que se desarrollaron en el año 2.005, y fue a partir de ahí cuando al crecimiento fue destacable.



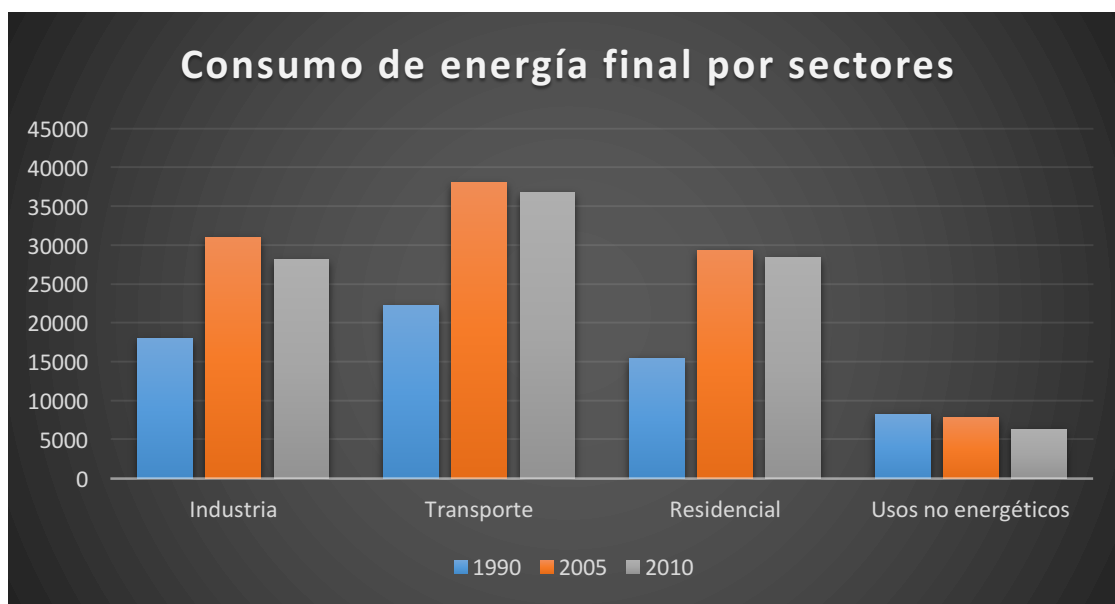
Gráfica 11: Evolución del consumo de energía final por fuentes. Fuente Ministerio de Energía y Agencia Digital.



Si analizamos este consumo de la energía final por sectores se puede ver como hasta el año 2.005 se produce un crecimiento alto y a partir de este un descenso del mismo. En el caso de la industria hasta el 2.005 contaba con un crecimiento anual del 3,7% y a partir de este año debido a la eficiencia energética y a la disminución del consumo de materias primas no energéticas ha reducido su tasa al 1,9% anual.

Lo mismo ocurre con el transporte que hasta el año 2005 presenta un crecimiento anual del 3,7% y un posterior descenso.

El sector que más noto el crecimiento con un 4,4% anual fue el residencial, aunque también conto con una disminución del 0,6% a partir del 2005. Por lo que este sector cuenta ya con mayor peso que el de la industria.



Gráfica 12: Consumo de energía final por sectores. Fuente: elaboración propia.

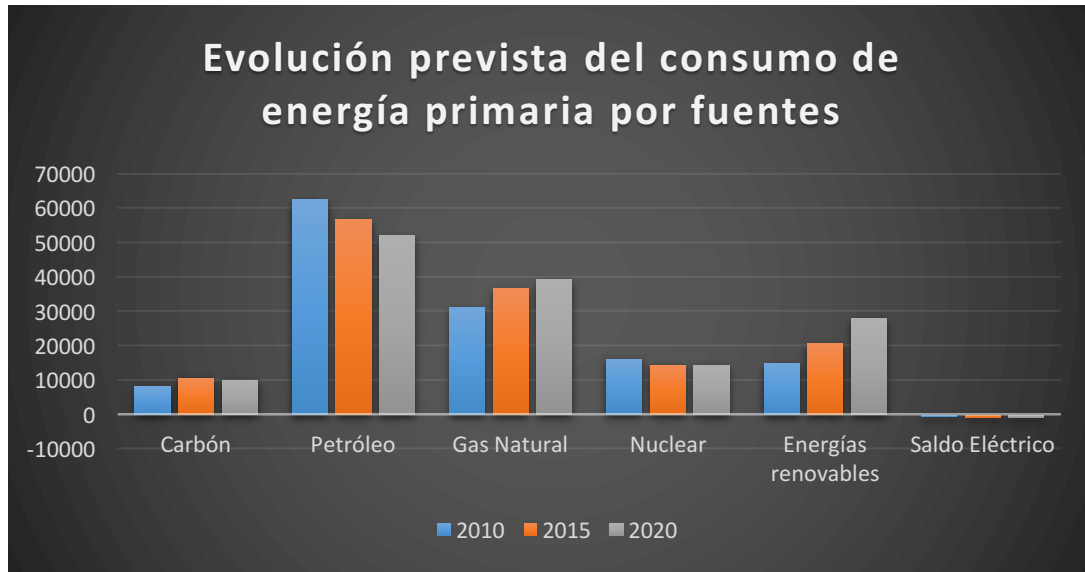
2.2.4. Previsión de la evolución energética española

2.2.4.1. Consumo de energía primaria

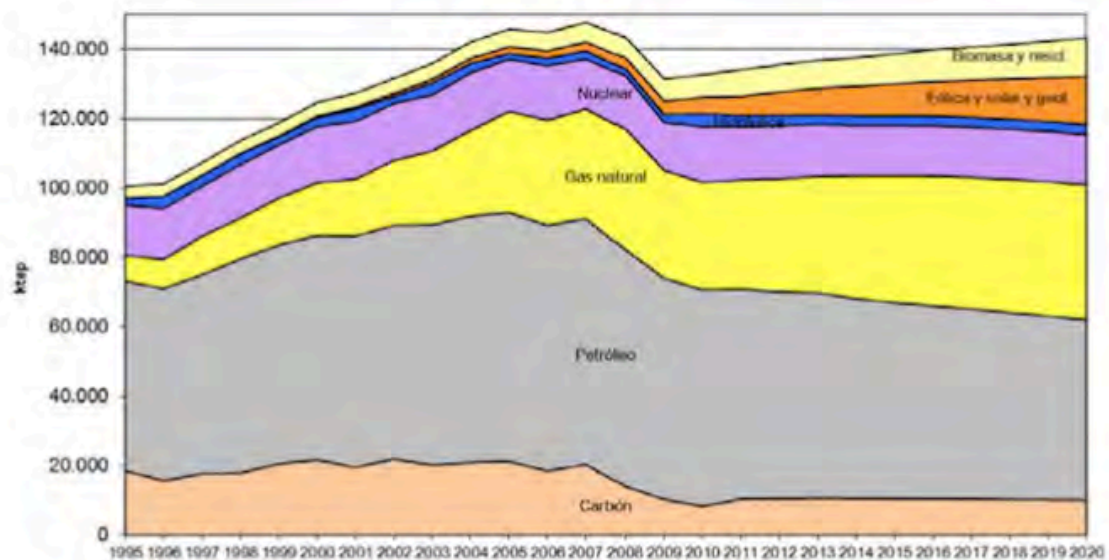
Según estudios del Ministerio de Energía y Turismo se estima que el crecimiento de energía primaria alcanzará 142.611 ktep, la tasa de crecimiento es mayor que la de la energía final, ya que se prevén exportaciones de la energía y un aumento en sectores transformadores. Las energías renovables tendrán un gran peso y el uso de estas y el gas natural dejaran atrás el petróleo y la energía nuclear.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Introducción



Gráfica 13: Evolución prevista del consumo de energía primaria por fuentes. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 14: Evolución prevista del consumo de energía primaria por fuentes. Fuente Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital.

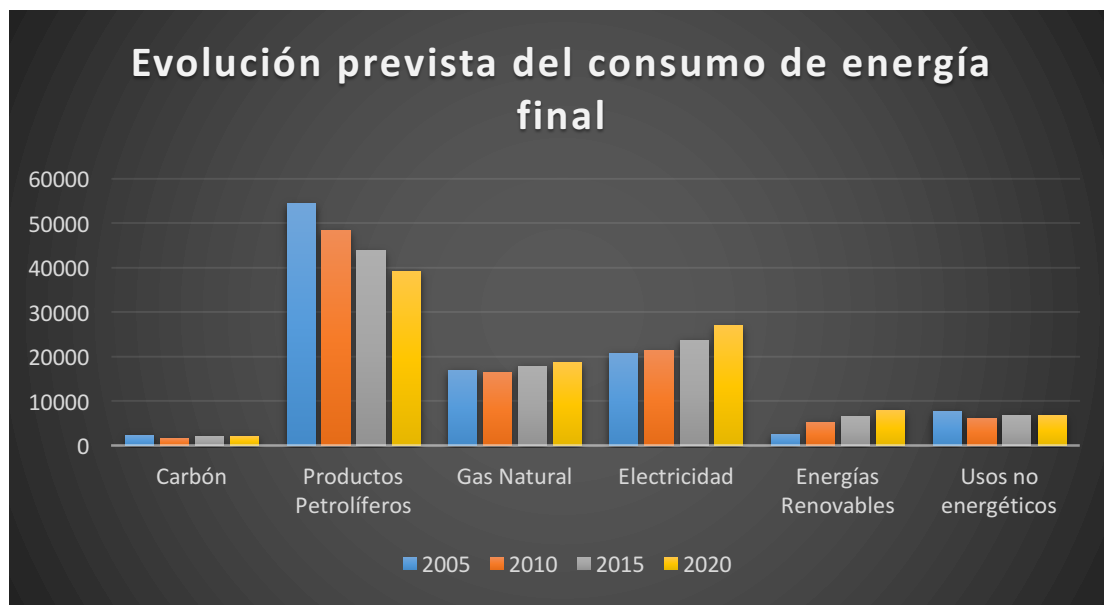


**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Introducción

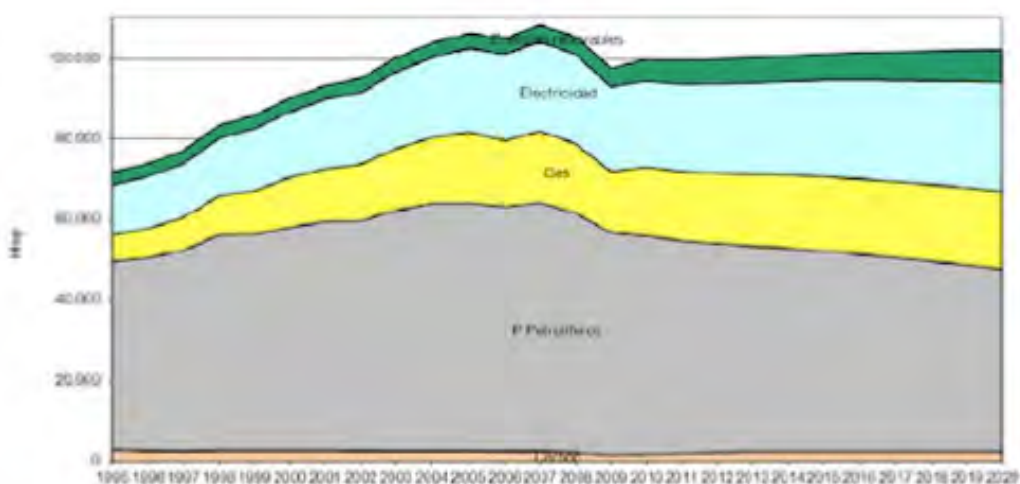


2.2.4.2. Consumo de energía final

Según el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, se espera que los datos del consumo de energía final sean parecidos a los actuales, con 102.220 ktep en 2.020. Compensándose el aumento de la electricidad, del gas y de las energías renovables con la disminución de productos petrolíferos, ya que para el carbón solo se prevé que llegue a consumos anteriores a la crisis.



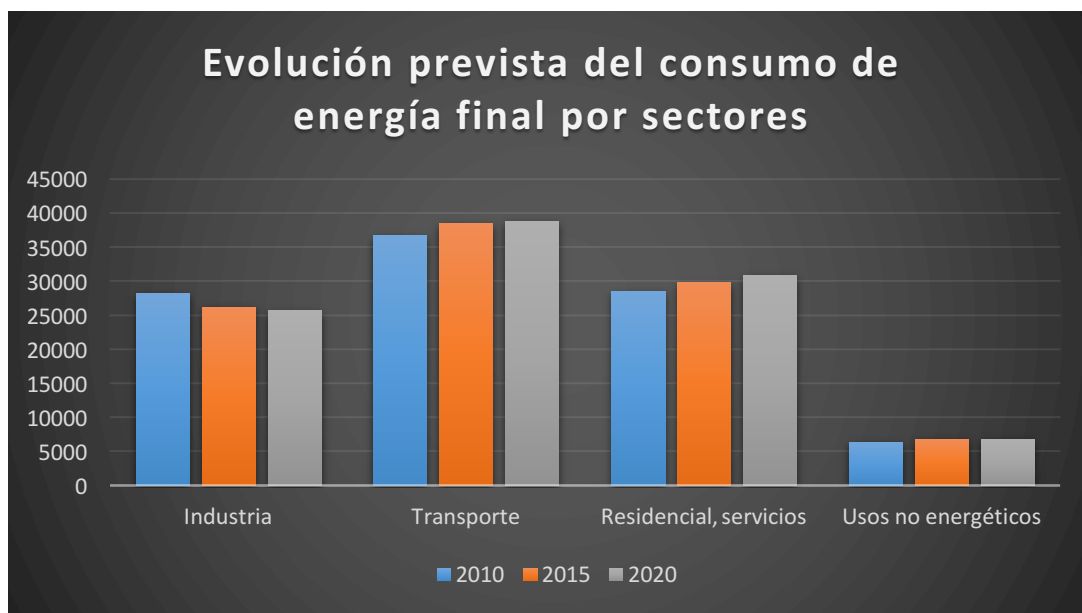
Gráfica 15: Evolución prevista del consumo de energía final por fuentes. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 16: Evolución prevista del consumo de energía final por fuentes. Fuente Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital.



Respecto a la evolución de los sectores será el del transporte el que tenga un crecimiento mayor que el resto debido a la evolución de los vehículos y a su futura sustitución por combustible eléctrico. El sector servicios también mostrará un aumento. Y es en la industria donde se espera un descenso gracias a la mejora de eficiencia energética.



Gráfica 17: Evolución prevista del consumo de energía final por sectores. Fuente: elaboración propia.

2.3. Contexto energético en Cantabria

Se implanta en Cantabria el plan de sostenibilidad energética 2.011-2.020, para concienciarse de las carencias en cuanto a energía. Con este plan se prevé que haya un ahorro energético y una sostenibilidad, con el cual se conseguirá disminuir el consumo de energía primaria.

El cambio al que se enfrenta Cantabria tiene como principal objetivo luchar contra el cambio climático. Para ello el Plan pretende que el suministro de energía no cuente con desequilibrios ambientales, económicos y sociales. Si queremos conseguir estos retos el primer cambio que debemos implantar es el cultural, con el que conseguiremos un ahorro y eficiencia energética que tendrá como consecuencia una energía más limpia.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción**



La Comunidad Autónoma quiere que el desarrollo industrial y tecnológico contenga energías renovables, sostenibilidad energética y ahorro. Al igual que España, Cantabria tiene una dependencia energética muy alta con el exterior, que reducirla sería un gran ahorro. El mayor recurso con el que cuenta la Comunidad es el viento, ya que la energía solar no es tan favorable, por lo que el mar y el viento se convierten en sus mayores fuentes, y son más usadas que otras energías como la geotérmica, mini hidráulica o mini eólica.

La política que cumple se basa en sintonía a la Europea o la nacional, con fuentes de bajo emisión de carbono y mayor eficiencia energética. El plan tiene sus principales objetivos en el ahorro de energía primaria, fomento de energías renovables y mejora de las infraestructuras con el fin de disminuir los Gases de Efecto Invernadero.

En la Consejería de Innovación, Industria, Turismo y Comercio, y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) se ha impulsado el apoyo a la eficiencia energética en cada sector:

- Consumo doméstico

Se propone, una renovación exterior de fachadas, cubiertas, protecciones solares, vidrios... para que la calefacción y refrigeración reduzcan su consumo. Que a su vez se instaure el certificado energético. Se presta un apoyo del cambio de las instalaciones existentes por unas de menor consumo para la reducción de consumo energético en calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria, al igual que el cambio en las instalaciones de iluminación por otros de bajo consumo. Y se proporciona una subvención en la compra de electrodomésticos de tipo A.

- Servicios privados

Se propone, una renovación exterior de fachadas, cubiertas, protecciones solares, vidrios... para que a calefacción y refrigeración reduzcan su consumo. Que a su vez se instaure el certificado energético. Se presta un apoyo del cambio de las instalaciones existentes por unas de menor consumo para la reducción de consumo energético en calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria. Se ofrecen ayudas para auditorías energéticas, con las que se pueda comprobar la capacidad de ahorro que puede llegarse a obtener y así saber en donde debe de invertir la empresa para conseguir mejores beneficios. El plan defenderá la cogeneración en grandes consumidores no industriales. Y fomentará los servicios energéticos integrales.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción**



- **Servicios públicos**

Se crean proyectos de parques eólicos. Se implanta una organización energética entre administraciones públicas. Proponen la ejecución de auditorías energéticas con las que se pueda comprobar la capacidad de ahorro que puede llegarse a obtener y así saber en donde debe de invertir la empresa para conseguir mejores beneficios. Se obliga a poseer el certificado energético. Se introduce el ahorro energético en concursos públicos y se instalan en edificios públicos las energías renovables. Otra mejora consiste en cambiar las instalaciones del alumbrado público para reducir el consumo de energía. Se apoyará a la cogeneración en grandes consumidores. Y fomentará los servicios energéticos integrales.

- **Industria**

Las mejoras que encontramos en este sector se basan en animar a realizar las auditorías energéticas. Para la reducción del CO₂ y el consumo energético se propone un cambio en las instalaciones por otras mas eficientes . Asesoramiento en el acceso al libre mercado de compañías suministradoras. Implantación de auditorías energéticas en cogeneraciones.

- **Transporte**

Se propone el uso de las auditorías energéticas de flotas de transporte, hacer publicidad sobre la clasificación energética de los vehículos, difundir las buenas prácticas de conducción, formar a los conductores profesionales, animar sobre el consumo de biocombustibles, promover la movilidad sostenible, gestionar las flotas por carretera, renovación del parque automovilístico y de las flotas de transporte e impulsar la movilidad urbana sostenible.

También el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Gobierno de Cantabria han asignado ayudas en la energía solar, geotermia, eólica y biomasa, con el objetivo de realizar instalaciones solares térmicas de baja temperatura, instalaciones solares fotovoltaicas aisladas de la red eléctrica o mixta eólica, instalaciones de biomasa con solar térmica e hidráulicas.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción**



Las diferentes mejoras en energías renovables han sido:

- Solar térmica y fotovoltaica

Para el uso de estas energía se ayudará en la inversión inicial. Se crea una normativa específica para cada energía y se forman a los instaladores para poder demostrar su profesionalidad. Se anima a la instalación termosolar de baja temperatura para el ACS. Se desarrollan granjas fotovoltaicas. Y su implantación tiene una potencia de 1 MW cuando en el año 2005 no era ni cuantificable.

- Eólica

Se construye el parque eólico de Cañoneras con 32,3 MW. Se instala el aerogenerador V112 3 MW de Vestas en el Parque de Campoo de En medio. Se da el visto bueno a cuatro nuevos proyectos que serán los de: Lantueno de 15 MW, Somballe de 25,5 MW, Campoo Alto de 25,6 MW y La Costana de 15,2 MW. A parte el Parque de Zalama se encuentra en proceso de autorización. Por lo que la potencia ha pasado de 0 MW a 32,3 MW.

- Biomasa

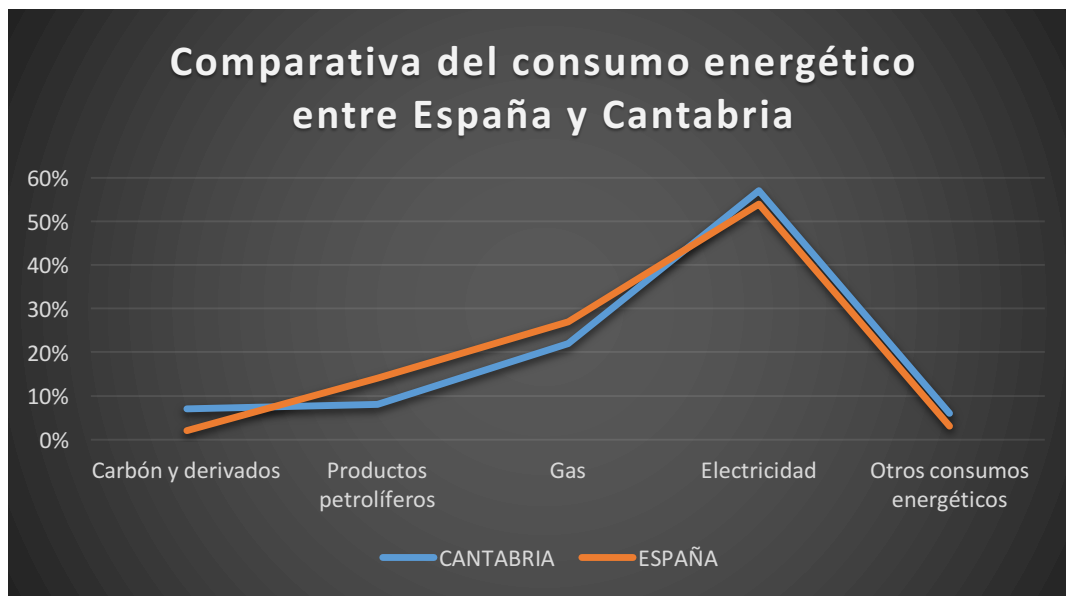
Con esta energía lo que se hace es promover el uso de biocombustibles, usarla en la biomasa forestal, y se ha llegado a construir una planta de 10 MW.

- Hidráulicas

Se avanza en la técnica de centrales hidráulicas y se desarrollan propuestas sobre centrales minihidráulicas.

La mejora de las infraestructuras se han dado sobre la red eléctrica con inversiones sobre la red de distribución, actuaciones de electrificación y mejora de la red rural, y la mejora de la calidad del suministro. El 95% de la red eléctrica pertenece a EON y el resto a Iberdrola.

Sobre la red de Gas Natural también se han dirigido algunas de sus mejoras, el objetivo que prevalece es la unión de la red interna con el País Vasco de esta forma se puede garantizar el suministro. Se está desarrollando un gaseoducto que refuerce la red existente.



Gráfica 18: El consumo energético por producto consumido. Fuente: elaboración propia.

En la imagen vemos una comparativa del consumo energético entre España y Cantabria con unos datos proporcionados por la Dirección General de Industria, Comercio y Consumo. Cantabria gracias a la industria cuenta con un consumo energético alto con un 2,44% de total de España, un 2,58% del total eléctrico y un 1,26% de la población.

Para el 2.020 la demanda de bajo consumo será del 26%, ya que en el 2.010 era de 4.768 GWh y subirá a 6.025 GWh. El déficit de generación pasará a 70,8% desde el 63,2%, considerando el incremento de demanda.

El plan cuenta con 5 objetivos claves para llevarlo a cabo, los cuales podemos ver en el siguiente esquema.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción**



Gráfica 19: Plan de sostenibilidad energética en Cantabria. Elaboración propia. Fuente: elaboración propia

Este Plan de Sostenibilidad Energética tiene las siguientes características:

- Esta coordinado y consistente con la planificación nacional.
- Realista y diseñado para cumplirse.
- El aumento de potencia eléctrica será del 225% y la potencia pasa de 825 MW a 2.680 MW.
- Las tecnologías renovables tienen un aumento en su potencia de 357% que pasan de 505 a 2.307 MW. Y una participación del total de 61% a 86% en 2.020.
- Se espera una reducción del déficit de generación desde el 63,2% al 36,5%, gracias a la mejora de autoabastecimiento.
- Altas medidas de ahorro y eficiencia energética.
- Cuenta con una elevada protección de Medio Ambiente gracias a la disminución del impacto en la producción y uso de energía.
- Posee un marco de seguridad jurídica.



3. Medidas para fomentar el ahorro

El objetivo final debe fijarse como el cuidado del medio ambiente, para ello las emisiones de CO₂ tienen que reducirse en lo máximo posible, y así asegurar que se implanta un buen futuro al resto de generaciones, para esto apostar por las energías renovables es la opción más recomendada. Pero todavía puede aparecer una solución más óptima, consistente en la reducción del consumo de energía, lo que no solo conlleva a un ahorro ecológico sino que también lo será económico.

Serán estas las características principales para las propuestas de mejora energética de un colegio público. Con datos reales de consumo se llegará a tomar una serie de decisiones trascendentales a la hora de llegar al objetivo, siendo este alcanzar ser un colegio sostenible.

3.1. Desarrollo sostenible

La definición más común sobre desarrollo sostenible es "satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades", es decir, se deben aprovechar los recursos disponibles para suplir las necesidades existentes, sin dañar al medio ambiente .

Este termino aparece 1.970 cuando se iguala la economía con los sistemas de apoyo ecológico. La sostenibilidad que busca se divide entres partes: ambiental, económica y sociopolítica.

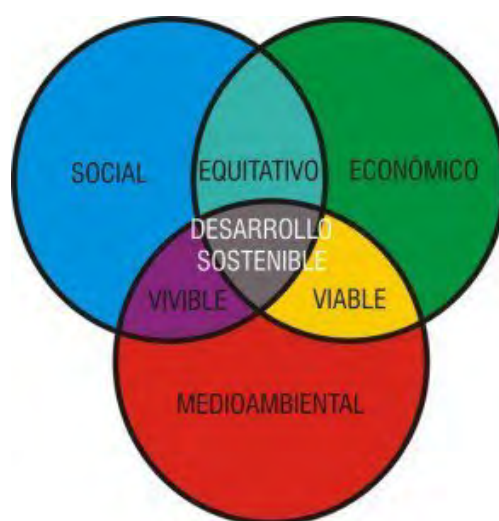


Ilustración 2: Gráfico que describe el desarrollo sostenible. Fuente Wikipedia.



4. Medidas para fomentar la mejora energética en edificios

Las medidas estratégicas dividen los edificios en existentes y de nueva construcción. En el primer tipo la mejora se basa en: mejoras en la envolvente, en la instalaciones térmicas, en la iluminación y electrodomésticos. En cambio para los nuevos se pretende tener una alta calificación energética, mayor que la que exige el Código Técnico de la Edificación.

4.1. Rehabilitación de envolvente térmica

La mejora de la envolvente térmica se realizará sobre su conjunto o alguno de los elementos que la componen. Las diferentes soluciones pueden ser convencionales como fachadas, cubiertas, carpinterías exteriores, vidrios y protecciones solares; o no convencionales, en este caso son muros trombe, muros parietodinámicos, invernaderos adosados, sistemas de nombramiento, ventilación natural.... El objetivo de estas reformas conlleva que la calefacción y la refrigeración disminuyan su consumo.

4.2. Rehabilitación energética de las instalaciones térmicas

La mejora energética de las instalaciones térmicas consiste en disminuir el consumo de las instalaciones térmicas, climatización, ventilación, producción de agua caliente sanitario.

Para conseguir la mejora de estos aspectos se deben de seguir las siguientes indicaciones:

- Promover el cambio en la sala de calderas para la producción de calefacción y agua caliente sanitaria por sistemas de alta eficiencia energética.
- Para la calefacción, climatización y agua caliente sanitaria sustituir el método convencional por energía solar térmica.
- Sistemas de contabilización de consumos y de medición individual de calefacción en las viviendas con instalaciones térmicas centralizadas.
- Renovación de equipos de calor y frío por otros de alta eficiencia energética; renovación de equipos de los fluidos caloportadores por otros de alta eficiencia energética; sistemas de enfriamiento gratuito por aire exterior y recuperación de calor del aire de extracción; sistemas de control y regulación de equipos.



4.3. Edificios de alta eficiencia

El objetivo consiste en conseguir que los edificios nuevos o los que vayan a someterse a una rehabilitación obtenga la mayor calificación en eficiencia. Esta será calificada valorando sus instalaciones y sometiéndose a un estudio hecho con un técnico certificado para ello. Obteniendo una etiqueta con una calificación de la A a la G en la que la A es la puntuación más positiva, es decir que consta de una buena eficiencia energética.

4.4. Iluminación de interiores

El objetivo consiste en reducir el consumo de la luz y poder aprovecharla de manera eficiente para esto debemos seguir las siguientes indicaciones:

- Las luminarias, lámparas y equipos deben sustituirse por otras luminarias de mayor rendimiento, lámparas de mayor eficiencia y reactancias electrónicas regulables.
- Aprovechamiento de la luz natural, para ello introducimos un sistema de control de encendido y regulación de nivel de iluminación.
- Reubicación de los puntos de luz con utilización de las tecnologías anteriores.
- Instalación de sistemas de monitorización.



5. Eficiencia energética

La eficiencia energética es el uso eficiente de la energía, que consiste en mejorar los procesos productivos y el empleo de la energía, con el objetivo de consumir la misma o menos pero que sea mas aprovechable y produzca mas bienes y servicios. Lo cual se podría resumir en producir más con menos. Un ejemplo se puede dar con la luz, al final no solo se pretende ahorrar, sino iluminar mejor consumiendo menos.

Los consumidores directos son los encargados de disminuir costes e incentivar sostenibilidad económica, política y ambiental. Los usuarios desearán aumentar la eficacia y maximizar su beneficio. El consumo de la energía está ligado a la economía, por lo que debemos acercarnos a un diseño de políticas de eficiencia energética.

5.1. Certificado energético

La certificación energética de los edificios a través del Real Decreto 235/2013 se aprueba como un procedimiento básico tanto en edificios de nueva construcción, como ya existentes.

Por eso debemos distinguir en la situación del edificio: si todavía es un proyecto, si ya esta ejecutándose, terminado o ya existente. Ya que en el caso de que vaya a ser puesto en venta o alquiler deberá contar con el certificado. En estos casos, el vendedor deberá hacer entrega al comprador de este. Y en el caso de estar alquilando el inmueble se tendrá que incluir en el contrato de arrendamiento como una fotocopia.

El certificado tiene validez durante 10 años, de esta forma el interesado en la vivienda tiene consigo la eficiencia y el consumo de este en un informe en el que se exponen los datos sobre la orientación, la situación, la envolvente, la iluminación y los sistemas de producción de energía del edificio. En el caso de que antes de haber cumplido el plazo para renovarlo el propietario quiera volver a realizarlo porque haya hecho alguna modificación esta en su derecho de actualizarlo. En el caso contrario transcurrido los 10 años será el órgano competente el que se encargue de renovarlo.

El informe hecho por un técnico certificador se desglosa de la siguiente manera:

- En la primera página se describen los datos del edificio al igual que los del técnico que ha llevado a cabo el estudio, y en la parte inferior de esta hoja la calificación energética, esto consiste en una escala dividida desde la A a la G en la que el resultado obtenido mide las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera. Dentro de este etiqueta también aparece la calificación de consumo ($KW \cdot h/m^2 \cdot \text{año}$).



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción**



- Luego se describen cuatro anexos profundizando en la información:
 - Anexo I: se definen las características térmicas de la vivienda.
 - Anexo II: en este apartado se desglosa la información de la etiqueta energética sobre el consumo de energía.
 - Anexo III: se hace una recomendación sobre los puntos que se pueden mejorar.
 - Anexo IV: se da una explicación sobre lo llevado a cabo durante el proceso de toma de datos como las pruebas, comprobaciones e inspecciones.

Como ya se ha explicado las valoraciones se expresan en una calificación tanto para el consumo de energía como para las emisiones de dióxido de carbono desde la A, como inmueble mas eficiente hasta la G, en este caso el menos eficiente. Los parámetros que dan estos resultados son las instalaciones de atemperamiento climático, de acondicionamiento luminoso y de producción de agua caliente.

El hecho de imponer que haya que contar con el certificado en las viviendas, es para concienciar sobre la importancia de habitar en un lugar eficiente, y así hacerles saber las ventajas que ello conlleva, ya que las mejores calificaciones cuentan con menos gasto de energía, que hará que las facturas disminuyan y por lo tanto se producirá un ahorro.

El coste de este certificado no es fijo ya que no hay ninguna normativa que lo estipule, será el técnico o la empresa el que se encargue de fijar los precios. Este certificador deberá de poseer una titulación académica y profesional que le permitan habilitar proyectos, como pueden ser las de arquitecto o ingeniero.

Una vez aprobado el Real decreto 235/2013 este certificado se convierte en obligatorio. Por lo tanto aquellos que lo incumplan deberán asumir las sanciones recogidas en la Ley 8/2013 de rehabilitación, regeneración y renovación urbana. Para comprobar el cumplimiento de esta ley se realizan inspecciones para poder comprobar que no hay ningún fraude. En caso de haberlo el vendedor o arrendador será sancionado con una multa, al igual que el comprador o inquilino pueden reclamar que quien se lo vendió o se lo alquila no ha cumplido su deber. Esto excluye a aquellos inquilinos que firmaron el contrato antes de la aprobación del Real Decreto el 1 de junio del 2013, pero a la hora de renovar el contrato ya si que deben exigírselo.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción



Hay una serie de edificios que están exentos de la obligatoriedad de contar con el certificado, estos son:

- Edificios o monumentos protegidos oficialmente por estar en un entorno declarado o por un valor arquitectónico o histórico.
- Edificios o partes de edificio destinados al culto y actividades religiosas.
- Construcciones provisionales con un plazo de utilización inferior a dos años.
- Edificios industriales, de la defensa y agrícola o partes de ellos, en lugares destinados a talleres, procesos industriales, de defensa y agrícolas no residenciales.
- Edificios o partes de estos aislados con una superficie útil total inferior a 50 m².
- Edificios que vayan a ser destinados a reformas o demolición.
- Edificios o partes de estos existentes de viviendas, cuyo uso sea inferior a cuatro meses al año, o durante un tiempo limitado y el consumo de energía sea el 25 por ciento de la que sería si se usara durante el año completo, y que conste mediante declaración responsable del propietario de la vivienda.
- Las viviendas ocupadas por inquilinos con un máximo de cuatro meses al año también están exentas.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Introducción**



En la siguiente imagen vamos a ver un ejemplo de la primera página de un certificado energético.



Ilustración 3: Ejemplo de etiqueta de certificación energética.

A continuación se enumeran los programas mas utilizados para llevar a cabo este estudio, solo los nombramos porque mas adelante haremos un estudio mas profundo sobre cada uno de ellos indicando sus ventajas e inconvenientes para saber cual será el mas adecuado en este proyecto. Por lo que son:

- CALENER
- CE₃X
- CERMA



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

***PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"***



ANEJO 2: Objeto y alcance



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Objeto y Alcance**



Objeto y alcance

1. Objeto	3
2. Alcance	6



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Objeto y Alcance**



1. Objeto

El objeto del estudio es la mejora energética en el colegio "Sagrado Corazón Esclavas" situado en Santander. El centro es un edificio construido en el año 1.935, en el que se proponen unos cambios para la mejora energética del mismo desde el punto de vista técnico y económico. Se analizarán aquellos elementos capaces de modificar los resultados actuales por unos mas convenientes de cara al futuro.

Para llevar a cabo este estudio es importante tener en cuenta las medidas para fomentar la mejora energética en los edificios, como pueden ser las mejoras en la envolvente, en las instalaciones térmicas, en la iluminación y electrodomésticos. A la vez que poseer los consumos energéticos más representativos de las instalaciones, identificando y valorando las posibilidades de ahorro.

Determinadas las propuestas se debe adquirir una mejora notable en el ahorro económico y en la mejora medioambiental.

El edificio de tamaño considerable, cuenta con una sala con dos calderas, una de ellas será la que de servicio a la planta baja, el salón de actos y algunas zonas comunes del colegio; mientras que la segunda se encargará del resto del edificio. La sala de calderas se encuentra situada debajo de la iglesia, por lo que para su aprovechamiento esta sala está conectada a otra contigua que cuenta con serpentín para calentar el aire y este a su vez es utilizado para surtir a la iglesia y zonas cercanas a esta, como pasillos, por medio aire caliente.

El colegio en su inicio contaba con una caldera de carbón, la cual fue sustituida por las dos de gas que se encuentran actualmente. Al hacer la sustitución la instalación que recorría todo el colegio permaneció intacta, por lo que el sistema de tubos actual que presenta, muestra un gran problema de poca eficiencia por ser monotubular, es decir no tiene retorno, por lo que no calienta con la misma potencia las zonas más cercanas a la sala de calderas que las que permanecen más alejadas de esta.

El colegio no cuenta con ACS ya que solo se da uso en el polideportivo, y lo hace a través de termos eléctricos, el cual su consumo va en una factura a parte, la cual no se tendrá en cuenta en este estudio, y el resto del centro no dispone de agua caliente.

El alumbrado del edificio no cuenta con luminarias de bajo consumo, por lo que estudiarlas e integrarlas en el colegio es una buena medida de ahorro.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Objeto y Alcance**



El objetivo que se pretende alcanzar es poder mejorar las instalaciones e introducir las energías renovables en el colegio. Para esto uno de los principales cambios a estudiar debería ser el de la calefacción, ya que ni las calderas ni los componentes que la forman están siendo utilizadas con la mayor eficacia posible. Y estudiar el consumo eléctrico para intentar promover alguna medida de mejora.

En concreto, las mejoras que se llevaran a cabo en la rehabilitación energética serán las que se presentan a continuación:

- Analizar las posibilidades de enriquecimiento del suministro de combustible, tanto de energía eléctrica como de gas.
- Conocer la situación energética actual del edificio, así como el funcionamiento y la eficiencia de los equipos e instalaciones sobre todo aquellos encargados de climatizar el centro docente.
- Hacer un inventario de los principales equipos consumidores de energía eléctrica e instalaciones existentes.
- Determinar las instalaciones del edificio, para el estudio de la incorporación de la nueva alternativa seleccionada.
- Detectar y evaluar las oportunidades de ahorro y de mejora de la eficiencia energética.
- Sustituir elementos de baja eficacia por otros de bajo consumo.
- Analizar la posibilidad de utilizar las energías renovables.
- Establecimiento de energías renovables sobre la caldera.
- Certificado energético del edificio.
- Aplicación de la normativa en edificios existentes.
- Aplicación de la normativa en auditorías energéticas.
- Estudiar la viabilidad para llevar a cabo el proyecto.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Objeto y Alcance



Los datos de consumos energéticos referentes a la electricidad y gas y horarios de uso utilizados en el análisis, han sido facilitados por los responsables del centro. El caso del estudio es real y con datos actuales, por lo que se estudiarán alternativas aplicables en la actualidad para edificios ya existentes, cumpliendo las normas aprobadas actualmente y cuidando y respetando el medioambiente en la mayor forma posible de cara al futuro.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Objeto y Alcance**



2. Alcance

El edificio que vamos a estudiar es un colegio antiguo del año 1935 diseñado por el arquitecto González de Riancho. Este hecho es motivador dado que es un ejemplo de cómo podemos implantar las energías actuales en construcciones pasadas.

En este caso con la rehabilitación energética se podrá disfrutar de una arquitectura antigua con las tecnologías más modernas. Se tendrá en cuenta el medio ambiente y la energía será consumida de manera eficiente en su mayor parte con las energías renovables.

El objetivo que se persigue en las medidas de mejora es el cambio de la caldera y de su sistema de tubos, por una más eficiente, que cuide el medioambiente y que su inversión se pueda recuperar a lo largo de los años.

Para llevar a cabo este estudio la directiva del colegio nos ha abierto las puertas para la toma de datos, fotografías y nos ha facilitado la información necesaria.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y
ENERGÍA



***PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"***

ANEJO 3:
**Estado del arte y
antecedentes**



Estado del arte y antecedentes

1. Análisis teórico	4
1.1. Energías renovables	4
1.1.1. Biomasa.....	5
1.1.1.1. Tecnologías y aplicaciones	6
1.1.1.1.1. Características	6
1.1.1.1.2. Usos y aplicaciones.....	7
1.1.1.1.3. Aspectos técnicos	8
1.1.1.1.4. Aspectos económicos	11
1.1.1.2. Ventajas e inconvenientes	12
1.1.2. Energía solar térmica	13
1.1.2.1. Tecnologías y aplicaciones	14
1.1.2.1.1. Funcionamiento de una instalación solar	14
1.1.2.1.1.1. Mantenimiento.....	16
1.1.2.1.2. Elementos principales de una instalación solar.....	16
1.1.2.1.2.1. Captadores solares	16
1.1.2.1.2.2. Sistema de distribución	20
1.1.2.1.2.3. Almacenamiento	24
1.1.2.1.2.4. Sistema de apoyo convencional	25
1.1.2.1.3. Usos y aplicaciones.....	27
1.1.2.1.4. Aspectos técnicos	31
1.1.2.2. Ventajas e inconvenientes	32
1.1.3. Energía geotérmica	33
1.1.3.1. Tecnologías y aplicaciones	35
1.1.3.1.1. Geotermia profunda.....	35
1.1.3.1.2. Geotermia próxima a la superficie. Tipos de sistemas geotérmicos.....	35
1.1.3.1.3. Usos y aplicaciones. Bombas de calor.....	41
1.1.3.2. Ventajas e inconvenientes	46
1.2. Energías no renovables	48
1.2.1. El carbón	48
1.2.1.1. Tipos de carbón	48
1.2.1.2. Formas de aprovechamiento del carbón	50
1.2.1.3. El consumo de carbón en la actualidad	50
1.2.1.4. Ventajas e inconvenientes	53
1.2.2. El petróleo.....	54
1.2.2.1. Usos y aplicaciones.....	55
1.2.2.2. Ventajas e inconvenientes	57
1.2.3. Gas natural.....	58
1.2.3.1. Uso y aplicaciones	59
1.2.3.2. Impacto ambiental	60
1.2.3.3. Ventajas e inconvenientes	61
2. Análisis científico	62
2.1. Evolución energética.....	62
2.2. Artículos científicos.....	67
2.3. Conclusiones basadas en el análisis científico	71
3. Certificación energética en edificios.....	72



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**



Estado del arte y antecedentes

3.1.	Programas para la certificación energética.....	73
3.1.1.	CE3X y CE3.....	73
3.1.2.	LIDER/CALENER.....	74
3.1.3.	CERMA	77



1. Análisis teórico

En el análisis teórico vamos a desarrollar los diferentes tipos de energía que podrían usarse en un edificio similar al estudiado, para mejorar de alguna forma la eficiencia de este, y poder sacar una rentabilidad a la reforma.

1.1. Energías renovables

El principal cambio que queremos proponer al colegio se centra en la calefacción, por lo tanto tenemos que saber que no podremos usar todas las energías existentes.

Para los edificios algunas energías renovables se encuentran descartadas como lo son la energía eólica, la energía fotovoltaica, la hidráulica o los biogases, ya que estas en su totalidad se centran en la generación de electricidad, y solo serán útiles en casos aislados para usarse con fines domésticos.

Así que, descartadas estas tenemos que centrarnos en otras tres, que son la biomasa, la geotermia y la energía solar térmica, ya que con estas energías podremos producir calor, incluso en el caso de la geotermia conseguiríamos calor y frío.

La biomasa es una energía versátil, con la que podemos conseguir electricidad, calor o carburante y tiene la ventaja de ser almacenable. La única condición que va ligada a esta energía es contar con una distribuidora de pellets de buena calidad, que funcionará como combustible.

La energía solar térmica nos puede proporcionar la calefacción y el agua caliente sanitaria en un edificio. A día de hoy se considera de obligado cumplimiento la instalación de esta en caso de ser edificios de nueva construcción o que hayan sido rehabilitados. Esta norma se actualizó el pasado 17 de marzo del 2007 cuando quedó aprobado el nuevo código técnico de la edificación, se especifica en la exigencia básica HE4 de este en el que se expone "la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria".

Una vez seleccionadas las energías más viables que podemos implantar en nuestro proyecto, vamos a estudiarlas con más detenimiento para valorar las ventajas e inconvenientes que poseen, sobre todo en lo que se refiere a sostenibilidad energética.



1.1.1. Biomasa

Como concepto general se entiende por biomasa "toda materia orgánica susceptible de aprovechamiento energético". Pero la realidad es mucho más amplia, se trata de un vector energético, que se impone día a día en nuestras vidas, ya que presenta unas características positivas tanto desde el punto de vista energético hasta las zonas rurales.

Sorprende que entre las energías renovables se pueda conseguir energía a través de materia orgánica, este tipo de combustible es el denominado "biomasa" y abarca los siguientes elementos: los residuos de aprovechamientos forestales y cultivos agrícolas, residuos de podas de jardines, residuos de industrias agroforestales, cultivos con fines energéticos, combustibles líquidos derivados de productos agrícolas, residuos de origen animal o humano... Como podemos observar estos productos se diferencian entre sí por poseer unas características y unos orígenes diferentes.

Esta diversidad de recursos y aplicaciones es una de las características principales, que convierten a la biomasa en una energía interesante.

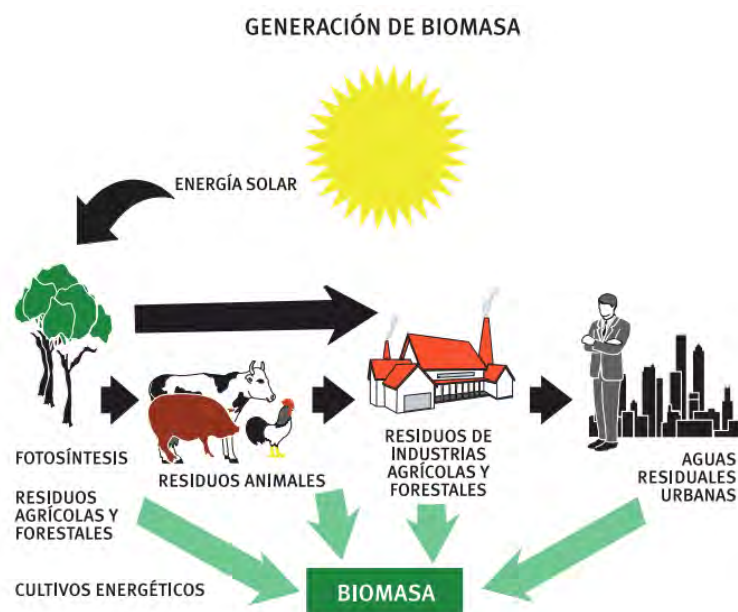


Ilustración 1: Imagen sobre el planteamiento de la generación de biomasa. Fuente: IDAE.



Estado del arte y antecedentes

Las emisiones producidas por biomasa se consideran de balance neutro de CO₂, este término explica que sí que en la combustión de esta se crea CO₂, pero en este caso no contribuye al aumento del efecto invernadero, porque el desprendido es parte de la atmósfera actual, es decir, es el que las plantas y árboles están constantemente absorbiendo y liberando para su crecimiento, el cual no corresponde al producido por combustibles fósiles que se obtiene de reservas creadas a lo largo de miles de años y se libera en un espacio corto de tiempo.

Para la producción en instalaciones de biomasa los biocombustibles ya nombrados anteriormente son los encargados de producir calefacción y agua caliente sanitaria, siendo estos los más frecuentes en los usos de un edificio, aunque también muestran posibles usos para procesos industriales y electricidad.

1.1.1.1. Tecnologías y aplicaciones

1.1.1.1.1. Características

La variedad de productos que pueden ser utilizados como combustible para la biomasa hace que se tenga que tener en cuenta análisis de disponibilidad, extracción, transporte y distribución con cada uno de ellos. En España, la evolución de este sistema ha venido por parte de los residuos industriales, forestales y agrícolas. En edificios el desarrollo de sistemas de calefacción y agua caliente, con alta eficiencia y comodidad, han hecho que sea los residuos forestales los más destacados para este uso, siendo los más solicitados a nivel comercial.

- **Residuos forestales**

Se producen en los tratamientos y aprovechamientos de las masas vegetales, para la mejora de estas y para el sector forestal. En los bosques a la hora de producirse actividades como limpieza, poda o corta de los montes, se desprenden unos residuos que son excelentes para ser usados como combustible. La maquinaria se encarga de recogerlos y agruparlos para hacer su transporte más sencillo.

- **Residuos agrícolas leñosos**

Proviene de las podas de olivos, viñedos y árboles frutales que se convierten en el principal combustible. Al igual que en el caso de los residuos forestales es necesaria la maquinaria adecuada para la recogida de estos y transporte.



Estado del arte y antecedentes

- **Residuos agrícolas herbáceos**

Estos se encuentran en las cosechas de cultivos como los cereales o maíz. Con este material se puede contar en las temporadas de recolección y de la variación de la producción agrícola.

- **Residuos agrícolas forestales y agrícolas**

Lo forman las astillas, las cortezas o el serrín de las industrias de primera y segunda transformación de la madera y los huesos, cascara y otros residuos de la industria alimentaria, se encuentran dentro del grupo de los sólidos industriales.

- **Cultivos energéticos**

Son cultivos que su fin es únicamente la producción de biomasa para su uso energético. En España todavía se encuentra en fase de experimentación. Y las especies útiles para este tipo de cultivos son: el cardo, el sorgo y la colza etíope.

1.1.1.1.2. Usos y aplicaciones

Las principales aplicaciones de la biomasa se clasifican en producción de calor, agua caliente y electricidad.

Dentro de la producción térmica incluye desde las calderas o estufas individuales que se encuentran en los hogares, pudiéndose encontrar hasta aparatos de aire que dan uso a una única estancia dentro de las viviendas, como de agua para radiadores o suelo radiante hasta la producción de agua caliente sanitaria.

Seguidas se encuentran en una escala superior aquellas calderas que dan cobertura a bloques o edificios de viviendas en sustitución de las de gas natural o gasóleo C, encargadas a su vez de la calefacción y/o agua caliente sanitaria. El inconveniente que presentan es el espacio que se necesita para su utilización, pero en el momento que si se dispone de este, resulta una buena solución económica y medioambiental. Por ello suele ser una idea frecuente su instalación en edificios de nueva construcción, ya que a esto se le añaden las nuevas ordenanzas y reglamentos que se han impuesto y que entre ellos se encuentra la Ordenanza de Energía Solar, en la que se expone que esta última puede ser sustituida por biomasa para su cumplimiento.



Estado del arte y antecedentes

Otra aplicación común en nuestro país es la de la conversión de las calderas antiguas de carbón o gasóleo C por unas nuevas de biomasa, las ventajas que presenta este cambio son las de un ahorro económico en su consumo de calefacción y agua caliente, para lo cual solo es necesario un buen asesoramiento y un espacio suficiente para la instalación.

En el Centro y Norte de Europa la calefacción centralizada de este tipo cada vez está cobrando más importancia, de forma que la calefacción y agua caliente sanitaria llega tanto a urbanizaciones como edificios públicos, centros deportivos, complejos comerciales, pudiendo hacerlo hasta industrias. Para este uso las calderas y los silos de almacenamiento del combustible requieren dimensiones mucho mayores. En España se comienza a implantar y lo hace no solo produciendo calefacción en invierno sino que cuenta con climatización en verano.

En la industria también podemos encontrar uso de esta tecnología, aprovechando residuos de industrias agroforestales para convertirlo en calor, pudiendo encontrarse también producción eléctrica.

Para su funcionamiento se requiere de materiales del tipo residuos de la industria agrícola y forestales, residuos de actividades selvícolas y de cultivos leñosos.

Un sistema más complejo requiere la producción de electricidad debido a su bajo poder calorífico, su alto porcentaje en humedad y su gran contenido en volátiles.

1.1.1.1.3. Aspectos técnicos

Las instalaciones térmicas de este tipo en edificios constan del siguiente equipo: un silo de almacenamiento de la biomasa, un sistema de alimentación encargado de llevar el combustible a las calderas, donde se encuentra el hogar de combustión y los intercambiadores donde el fluido una vez caliente está listo para ser usado como calefacción o ACS.

Si el edificio cuenta con una instalación de redes de calefacción centralizadas, la llegada del agua caliente por la distribución del edificio se hará llegar mediante un sistema de bombas mayor, con una doble tubería aislada y colocando intercambiadores de placas en el edificio. Una vez cedido el calor al agua fría retorna para comenzar el ciclo de nuevo. Además la instalación cuenta con sistemas de limpieza de humos y un recuperador de calor.



Estado del arte y antecedentes

Los requisitos que se recomiendan a la hora de instalar una caldera de biomasa en un edificio son los siguientes:

- Rendimiento superior al 75%.
- Emisiones de CO menores de 200 mg/m³.
- Emisiones de partículas menores de 150 mg/m³.
- Sistema automático de limpieza de los intercambiadores de calor y de extracción de cenizas.
- Control remoto de la caldera por el fabricante o instalador.
- Alta fiabilidad y fácil operación y mantenimiento confirmado por experiencias en proyectos similares no industriales.
- Cumplimiento por parte de los equipos de todas las normativas europeas, nacionales, regionales y locales vigentes a la fecha de la instalación.



Ilustración 2: Imagen general de una instalación de biomasa en un edificio. Fuente: Solargal.



Estado del arte y antecedentes



Ilustración 3: Caldera específica de pellets. Fuente: Fundación laboral de la construcción.



Ilustración 5: Quemador de caldera de pellets. Fuente: Fundación laboral de la construcción.



Ilustración 4: Intercambiador de calor. Fuente: Fundación laboral de la construcción.



1.1.1.1.4. Aspectos económicos

La caldera de biomasa se compone de un funcionamiento similar a las calderas convencionales como son el gasóleo o el gas, pero al ser un sistema menos conocido que las anteriores su puesta en marcha resulta más costosa.

Lo primero que debemos plantear a la hora de instalar la caldera es si realmente contamos con el espacio suficiente para introducir todos los elementos que esta requiere, como son, la caldera, el almacén, el sistema de almacenamiento de combustible, y el acceso para el suministro de este. En resumen un edificio no capacitado para instalar estos elementos tendrá la desventaja de resultar más costosa su instalación que en uno que si que lo disponga.

Seguido de esto debemos asegurarnos de la disponibilidad en el suministro del combustible constante y que este sea de la calidad suficiente necesaria para nuestra caldera. Esto no ocurre con las fuentes convencionales que más integradas en nuestro día a día cuentan con una vía de suministro permanente, ya que todavía se desconoce el gran potencial que presenta la biomasa.

Otro gasto que añadir es el mantenimiento, consiste en una primera parte rutinaria similar a la que se tiene en una caldera convencional en la que se revisa periódicamente y a esto se suma la limpieza y la retirada de las cenizas de los intercambiadores de calor, vigilancia del nivel de combustible en el almacenamiento y reposición necesaria para evitar la falta de suministro.

Por lo tanto, la calefacción se convierte en viable a medio plazo que es cuando se recupera la inversión porque al igual que cuenta con un combustible más económico que las convencionales los costes de inversión resultan más caros, contando que la vida útil que presenta son sobre 20-25 años.

- Usos térmicos

Los costes de inversión dependen del uso final de la energía, por lo que es usos domésticos el precio ronda los 450 €/kW y en industriales los 100 €/kW. El combustible encarece a medida que se encuentra más elaborado, envasado, limpio y fácil, por lo que las menos cuidadas podemos encontrarlas para uso doméstico desde 60 €/t para grandes redes de calefacción y por unos 200 €/t los pellets usados en calderas o estufas de viviendas unifamiliares.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO "SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"



Estado del arte y antecedentes

Tabla 1: Datos en una red de calefacción centralizada. Fuente: elaboración propia.

Datos de una red de calefacción centralizada		
Potencia bruta		6.000 kW
Rendimiento transformación		85%
Rendimiento transporte		90%
Vida útil		20 años
Horas operación anual		820 h/año
Cantidad de biomasa consumida	PCI=3.500 kcal/kg	1.580 t/año
Coste biomasa	224 €/tep	94.800 €/año
Costes de explotación	384 €/tep	162.450 €/año
Inversión	282 €/KW	1,69 M€
Producción energética		423 tep/año

1.1.1.2. Ventajas e inconvenientes

Las principales ventajas que podemos encontrar con el uso de la biomasa son:

- Es una fuente de energía renovable.
- Disminución de las emisiones de óxido de azufre.
- Disminución de las emisiones de partículas.
- Emisiones reducidas de contaminantes como CO, HC y NO_x.
- Ciclo neutro de CO₂, sin contribución al efecto invernadero.
- Reducción del mantenimiento y de los peligros derivados del escape de gases tóxicos y combustibles en los edificios.
- Reducción de riesgos de incendios forestales y de plagas de insectos.
- Aprovechamiento de residuos agrícolas, evitando su quema en el terreno.
- Posibilidad de utilización de tierras de barbecho con cultivos energéticos.
- Independencia de las fluctuaciones de los precios de los combustibles provenientes del exterior.



Estado del arte y antecedentes

- Mejora socioeconómica de las áreas rurales.

También cuenta con un reducido número de inconvenientes que son los siguientes:

- Posee una menor densidad energética que los combustibles fósiles, por tanto, es necesario mayor cantidad de biomasa para obtener la misma porción de energía.
- Mayor necesidad de volumen de almacenamiento que con combustibles fósiles.
- Las calderas de biomasa poseen un rendimiento algo menor a las de combustible fósil, líquido o gaseoso.
- Los canales de distribución de biomasa no se encuentran tan desarrollados como los de otros combustibles.
- La combustión genera residuos en forma de cenizas, partículas y gases.

1.1.2. Energía solar térmica

La energía solar térmica consiste en adquirir la radiación solar y transformarla en energía térmica o electricidad. En el caso de querer conseguir energía térmica serán los captadores solares térmicos los que se encarguen de ello, y en el caso de la electricidad son los módulos fotovoltaicos. Las diferencias entre ambos son infinitas ya que no coinciden ni en su tecnología ni en su aplicación.

En los captadores solares térmicos los rendimientos serán superiores a la vez que lo son las horas de sol, ya que aumentarán a la vez que el sol penetra de forma directa. Los paneles fotovoltaicos valorarán más la radiación difusa, ya que estos atrapan mejor la energía dispersa, incluso cuando el cielo está cubierto.

España cuenta con una media de 2.500 horas de sol anuales, que unido a la poca nubosidad, la baja humedad ambiental, el clima seco y la incidencia de los rayos solares, crean un gran potencial en este tipo de energías.

Aunque España posea estos datos no se dan de manera igualatoria en todas las comunidades autónomas, mientras que en el Cantábrico las horas de sol anuales rondan las 1.700 horas, en el mediterráneo lo hacen unas 2.750 horas. Esta diferencia se debe a que dentro de la Península Ibérica aparecen diferentes zonas climáticas.



Estado del arte y antecedentes

Las más beneficiadas en este caso son las provincias de Andalucía y Canarias llegando a alcanzar 3.000 horas de sol anuales. En la siguiente imagen nos hacemos una idea de cuantas horas de sol poseen en cada comunidad autónoma y los KWh que inciden por m³.

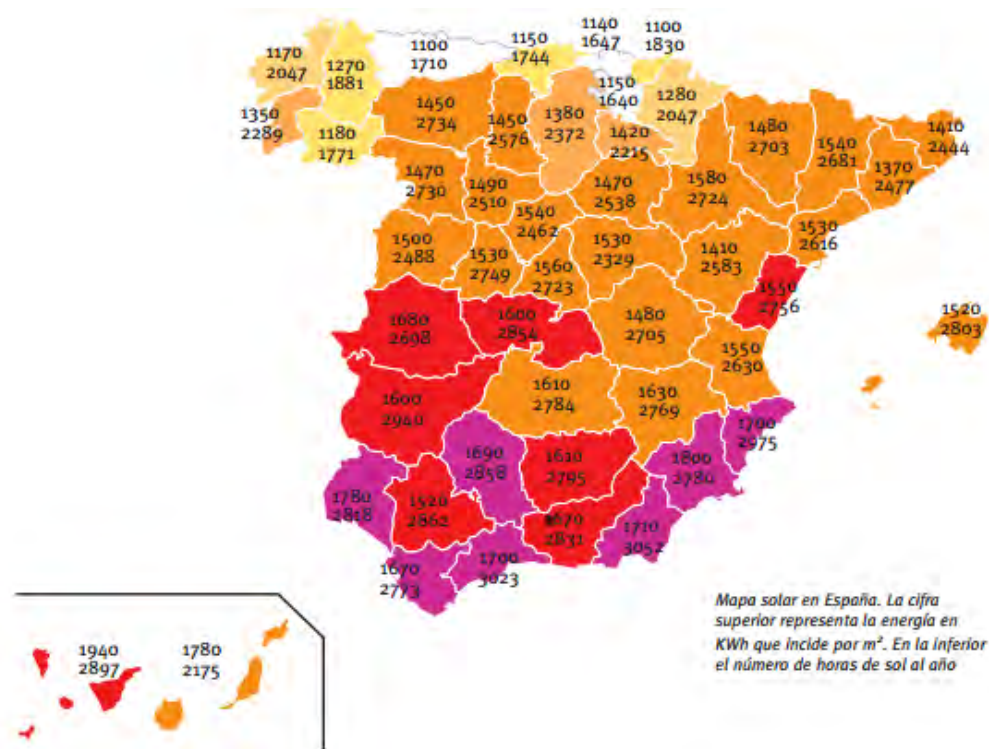


Ilustración 6: Mapa solar en España. Fuente IDAE.

1.1.2.1. Tecnologías y aplicaciones

1.1.2.1.1. Funcionamiento de una instalación solar

El mecanismo principal que rige este sistema es la del aprovechamiento de la energía que desprende el Sol, lo hace mediante un conjunto de captadores que entrega lo que ha captado a un sistema de almacenamiento, y a través de este es usado cuando sea necesario.

Las aplicaciones que pueden beneficiarse de este abastecimiento son el agua caliente sanitaria y la calefacción.



Estado del arte y antecedentes

Una de las razones por la que esta energía ha tenido tanto éxito en muchas partes del mundo se basa en las capacidades de poder captar la energía del Sol y ser capaces de almacenarla hasta el momento que sea necesaria. El momento en el que el hombre entra en contacto con este sistema es para retrasar y canalizar la transformación de la energía capturada en energía térmica, antes de que se haga de forma natural.

Por lo tanto, el proceso se basa en absorber la energía térmica a través de los captadores que proviene de los rayos solares, una vez que el fluido que circula por el interior este caliente, el objetivo será seguir manteniéndolo en ese estado por un aislamiento térmico.

Se puede pensar en acumular esta energía durante varios periodos de tiempo en un almacenamiento estacional, pero estos depósitos con el paso del tiempo empiezan a perder eficacia perdiendo la energía térmica que hemos ido recogiendo, así que la cantidad de radiación que recojamos en el captador y la demanda de energía serán las características que más nos condicionen. Así que, el depósito se dimensiona para una cantidad de consumo en un determinado tiempo para lo usuarios.

Esquema básico de una instalación solar de baja temperatura con aplicación de agua caliente sanitaria

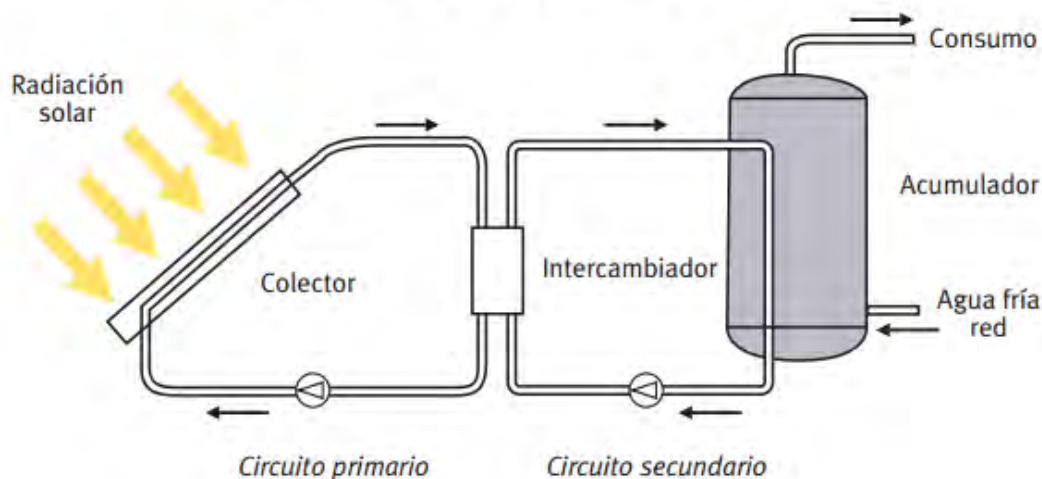


Ilustración 7: Esquema básico de una instalación solar de baja temperatura con aplicación de agua caliente sanitaria. Fuente IDEA

Esta instalación tiene que contar con un sistema de calentamiento auxiliar, suelen usarse métodos convencionales como gas, electricidad o gasóleo, ya que puede que en ciertos periodos no haya la suficiente radiación y el consumo sea superior a lo previsto, por lo tanto si estos no pueden surtir la totalidad de la energía el sistema extraordinario compensará el déficit existente.



Estado del arte y antecedentes

En España una instalación de estas características puede surtir del 50 al 80% de la demanda necesaria para una vivienda, e incluso en zonas como el sur puede aumentar este porcentaje. El resto se suple con el sistema auxiliar con el que cuentan.

En la actualidad los sistemas solares no cubren el 100% de la demanda, esto es porque de hacerlo habría que instalar un sistema de acumulación de energía a largo plazo que haría económicamente inviable este tipo de equipos.

1.1.2.1.1.1. Mantenimiento

La mayoría de las instalaciones de este tipo no ocasionan ningún problema al usuario. Pero sí que se deberán de realizar una serie de labores de mantenimiento sencillas, similares a las que se realizan en un sistema de agua caliente sanitaria o de calefacción convencional. Así que a la hora de proceder a adquirir la instalación debemos tenerlos en cuenta.

La situación y conservación del equipo dependerá del uso que se haga con él, por lo tanto un seguimiento rutinario para asegurarse el funcionamiento durante toda su vida útil.

Las revisiones que se deben hacer son sencillas como la observación de los parámetros funcionales principales, para comprobar que no han sufrido daños durante el tiempo. Se debe realizar un mantenimiento preventivo para poder adelantarnos a futuros problemas, estas se basan en una revisión anual en superficies de captación inferior a 20 m² y cada seis meses si son superiores a 20 m².

Las revisiones por parte de la empresa instaladora no vigilan el sistema auxiliar ya que es algo independiente, pero sí que deberán revisar las conexiones que unen ambos sistemas. Todas estas actuaciones vienen de parte de un personal cualificado que conozca a la perfección la energía solar térmica.

1.1.2.1.2. Elementos principales de una instalación solar

1.1.2.1.2.1. Captadores solares

La evolución de los captadores solares a lo largo del tiempo se ha basado en incrementar la cantidad de energía absorbida y disminuir las pérdidas. En la actualidad contamos con diferentes captadores, siendo los más comunes los planos, en los que el fluido que circula por su interior es el agua. También encontramos el captador solar de vacío, que consigue temperaturas más elevadas de funcionamiento, y los captadores solares de aire, que son usados en los ciclos más fríos para calentar el espacio.



Estado del arte y antecedentes

A continuación podemos ver las características más importantes de los captadores más comunes utilizados para uso doméstico que aprovechan la energía térmica de baja temperatura y que no sobrepasan los 100°C.

Empezaremos por el funcionamiento de un captador plano, el uso de este se trata en una "trampa de calor" en el que mezcla el "efecto de cuerpo negro" con el "efecto invernadero". Con este sistema se absorbe la mayoría de la radiación solar y se devuelve la menos posible.

Estos están cubiertos por una caja herméticamente cerrada. En la parte superior de la caja se encuentra una superficie acristalada que es la encargada de dejar atravesar la radiación solar e intentar que no se pierda la ganancia térmica obtenida. La mayor parte de las veces, la carcasa que cubre la instalación es metálica, aunque se puede encontrar de plástico especial u otro tipo de material.

Dentro del captador se encuentra un sistema que consta de una placa absorbedora, donde se recoge la radiación solar, está fabricada por aluminio, cobre, planchas metálicas... que son materiales que conducen bien el calor. Esta placa posee un funcionamiento similar al radiador, es decir, posee una entrada de tubos por donde entra el fluido a calentar, y otra de salida.



Ilustración 8: Captador solar plano. Fuente: caloryfrio.



Estado del arte y antecedentes

También existen diferentes modelos de tubos internos como los de tipo serpentina o los de tubo paralelo. Los forman varios tubos de cobre, orientados de forma vertical con respecto al captador, en contacto con una placa de color oscuro que transfiere el calor al fluido circulante. El contacto entre la placa absorbedora y el tubo en el que circula el fluido mientras se encuentre bien sellado por las técnicas de soldadura no tiene por qué dar problemas.

En la siguiente imagen podemos ver un captador de tubos paralelos, con sus diferentes partes diferenciadas.

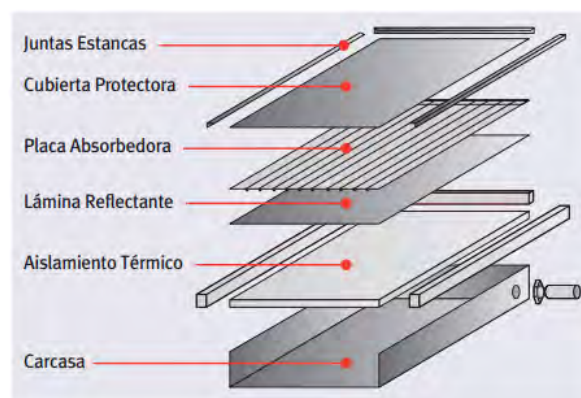


Ilustración 9: Captador de tubos paralelos. Fuente IDAE

Y ahora vemos el otro tipo de configuración de tubos internos más común como es el captador de serpentin.

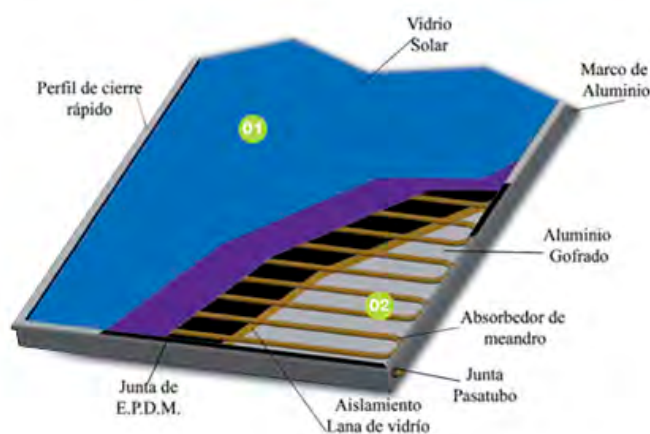


Ilustración 10: Captador de serpentin. Fuente: Caloryfrio

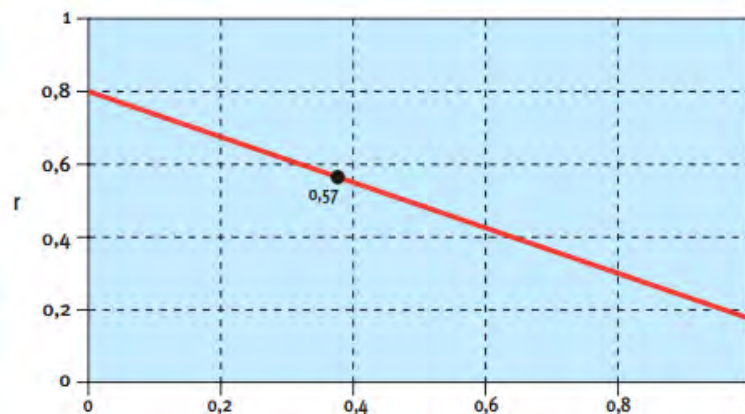


Estado del arte y antecedentes

Se pueden encontrar diferentes tamaños de captadores que varían desde los 0,5 m² siendo estos los más pequeños hasta los 8 m² siendo los más grandes, pero los más comunes son de 2 m².

El rendimiento de estos captadores es difícil precisarlo ya que los de baja temperatura son inmóviles y no siguen la posición del Sol, por lo que la energía que consigan absorber es la dada por radiación directa como la radiación difusa, en las cuales se dan resultados muy variables.

La eficiencia de los captadores solares se calculará a través de la curva de rendimiento, que es la encargada de saber cuánta energía podemos aprovechar en cada situación.



Gráfica 1: Curva de rendimiento de un captador. Fuente IDAE

Para realizar la curva de rendimiento se utilizan una serie de fórmulas para medirlo.

$$r = a - bxT$$

Donde:

- **r** es el rendimiento o eficacia del captador, en el que unos valores más altos nos indican unas mejores prestaciones.
- **a** es la eficiencia óptica, en el que cuanto más alto sea su valor nos estará indicando que tiene mayor capacidad para la ganancia de la energía solar.
- **b** son las pérdidas por radiación y convección, en las que a menores valores supone que hay menos pérdidas de la energía captada.



Estado del arte y antecedentes

- **T** es el parámetro variable que presenta las condiciones ambientales y de trabajo del captador, es proporcional a la diferencia entre la temperatura de entrada del fluido y de la temperatura ambiente, dividido entre la irradiancia.

A su vez encontramos los captadores solares de vacío, los cuales pueden ser más eficientes pero a su vez son más caros. La ventaja de estos es que consiguen su máximo aprovechamiento en aquellas instalaciones que trabajan por encima de los 60°C. Estos están avanzando en climas fríos y el sureste asiático, siendo en China uno de los más populares, y a este a su vez ser uno de los países con mayor generación de vatios a través de la energía solar.



Ilustración 11: Captador solar de vacío. Fuente: Caloryfrio

Su mayor diferencia con respecto a los planos son los conductos que absorben su energía, ya que estos están recubiertos de un tubo de vacío que permite que pase la radiación solar y evita en mayor medida las pérdidas de energía actuando con mayor exactitud.

La diversidad del conjunto de estos permite encontrarlos por diferentes precios y calidades. Y a la hora de adquirirlos debemos fijarnos en que uso vamos a darlos y en que circunstancias nos encontramos, ya que en España el uso que suelen dar este tipo de captadores posee un rendimiento de entre el 50 al 80%.

1.1.2.1.2.2. Sistema de distribución

Es el encargado de transportar el fluido caliente que se encuentra en los captadores solares hasta el punto de consumo. Dependiendo de las necesidades que tengamos o de las condiciones climáticas en las que nos encontremos podemos disponer de diferentes circuitos de distribución.



Estado del arte y antecedentes

En España lo más común es encontrarnos en las viviendas con sistemas de distribución de circuito cerrado, del tipo termosifón o circulación forzada. Estos disponen de un sistema de doble circuito en el que el fluido que transita por el captador es diferente al que corre a través del tanque de almacenamiento.

Los sistemas de circulación son los encargados de impedir que se pierda la energía térmica obtenida en los captadores solares, y podemos encontrar las siguientes instalaciones:

- Instalaciones de circuito abierto

En ellos se realiza una transferencia directa del agua caliente que se produce en el captador al depósito de acumulación. La función de estos consiste en que cuando el captador es calentado por el Sol, el agua aumenta de temperatura y a la vez va desplazándose hacia arriba. Cuando llega al depósito de almacenamiento, éste es vaciado con una cantidad de agua fría que retorna hacia el captador.

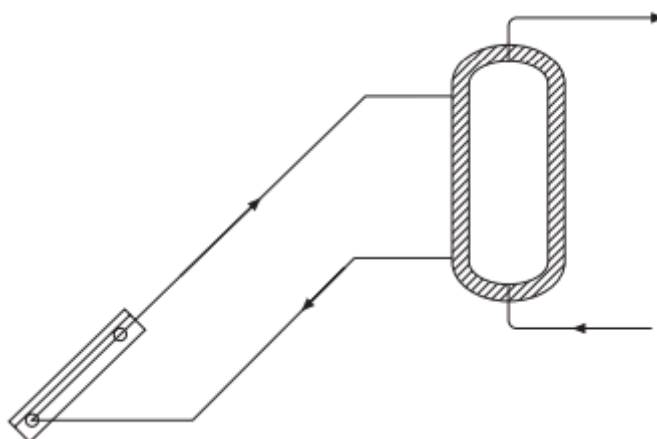


Ilustración 12: Esquema de una instalación de circuito abierto. Fuente IDAE

Cuentan con bastantes ventajas como que son más económicos, sencillos de fabricar e instalar y cuentan con mayores rendimientos energéticos. El inconveniente que presentan es que como único fluido transporta el agua, y este puede ocasionar problemas a temperaturas muy frías a causa de las heladas que pueden provocar roturas o problemas de incrustaciones por la calidad de las aguas.



Estado del arte y antecedentes

Estos problemas pueden ser evitables, en el caso de las incrustaciones por la calidad de las aguas se las puede añadir aditivos o dispositivos electrónicos. Y con el problema de las heladas la solución será vaciar el circuito durante la época más fría del año, debido a que el volumen de hielo es mayor que el de agua líquida y por lo tanto se pueden llegar a producir daños muy graves en el equipo. Así que para instalar este tipo de circuito es recomendable hacerlo en zonas costeras de países cálidos en los que no se producirán heladas durante todo el año o utilizarlo en aplicaciones temporales.

- Instalaciones de circuito cerrado

En este tipo de circuito encontramos dos partes diferenciadas, el circuito primario del sistema y el secundario que es donde se encuentra el sistema de almacenamiento. En el circuito primario se introduce un líquido especial que circula por el captador y transmite calor al agua del tanque de almacenamiento por el intercambiador de calor. El principal motivo de que el circuito sea doble es impedir que el agua del depósito se pueda mezclar con el líquido del captador. Y así poder añadir un anticongelante en aquellas zonas donde las temperaturas desciendan de cero grados.

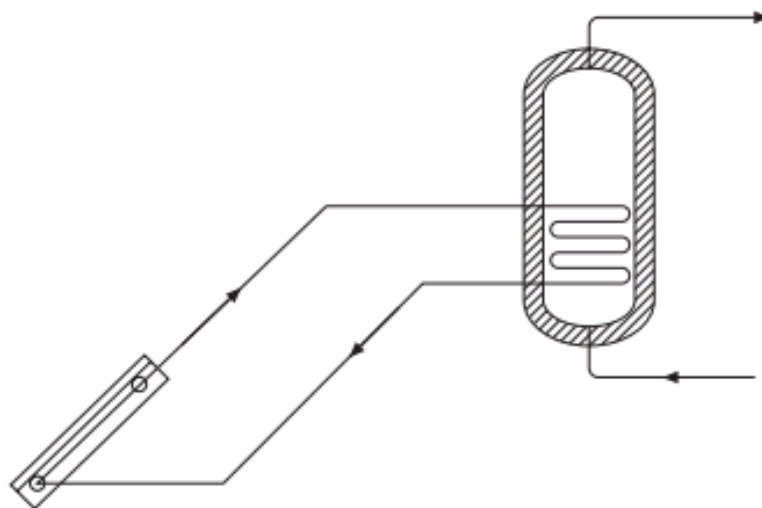


Ilustración 13: Esquema de una instalación de circuito cerrado. Fuente IDAE



Estado del arte y antecedentes

- Circulación forzada de agua

Estos sistemas compuestos de una bomba de impulsión movida por un aporte exterior de energía eléctrica, lo cual supone un gasto más a la hora de su uso. La bomba de circulación está situada en el sistema de captación y su función consiste en transferir el fluido circulante más rápidamente, impidiendo que se pierdan calorías ganadas en el proceso de distribución.

Esta bomba también puede interrumpir la transferencia de calor cuando el agua de los captadores no circule más caliente que la que se encuentra en el depósito. Esto se suele utilizar en zonas con climas fríos, debido a que la pérdida de calor puede restar eficacia a la instalación solar. Y puede aplicarse en instalaciones de cualquier tamaño.

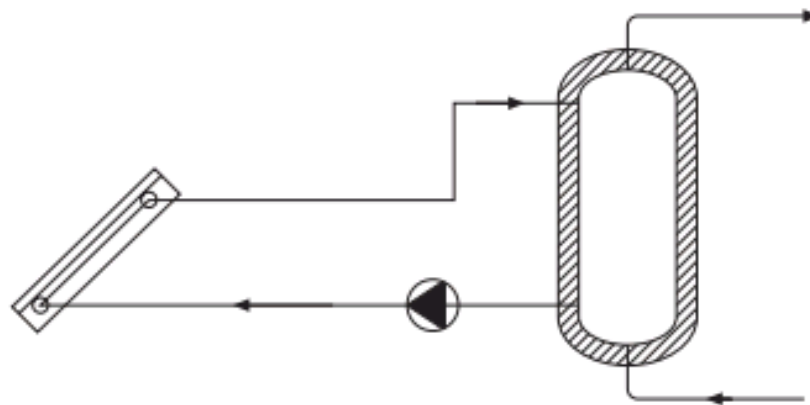


Ilustración 14: Esquema de una instalación de circulación forzada. Fuente IDAE

- Circulación natural o con termosifón

Este sistema no dispone de bomba de impulsión, ya que su utilidad consiste en el aprovechamiento del agua caliente, que por naturaleza tiende a ascender. Se utilizan en zonas geográficas de clima cálido y sólo son válidos para instalaciones de pequeño tamaño.

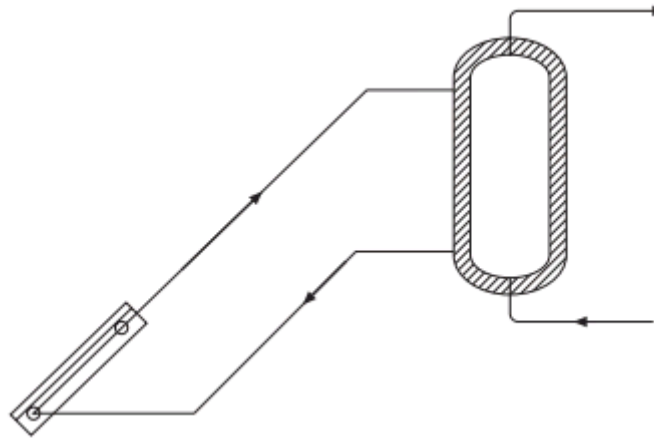


Ilustración 15: Esquema de una instalación de circulación natural. Fuente IDAE

1.1.2.1.2.3. Almacenamiento

La energía que el Sol entrega no tiene por qué coincidir con las épocas de mayor consumo, es por ello que debemos almacenarla y capturarla en aquellos momentos del día que la radiación es más potente para disponer de ella cuando se produzca la demanda.

Para almacenar la energía que conseguimos es apropiado mantenerlo en lugares diseñados para ello, ya que según sus características y los materiales, podremos mantenerla de una forma más segura y durante más tiempo. El tiempo puede variar desde unas horas que sería desde la noche al día siguiente hasta dos días como máximo.

Las medidas más adecuadas para el almacenamiento son de uno por ancho por dos de alto y de forma cilíndrica. Esto es debido al fenómeno de estratificación en el que el agua caliente disminuye su densidad y tiende a subir a la superficie adelantando al agua fría, que pesa más. Por lo tanto cuanto mayor sea el depósito en el que se encuentre el agua, la diferencia entre la que está en la parte superior de la inferior será mayor.

Se debe mantener un equilibrio en el tamaño del depósito según la radiación solar que incide, ya que si es demasiado pequeño se estarán desperdiciando parte de la energía, y en caso de ser demasiado grande no conseguiríamos llegar a las temperaturas adecuadas para su funcionamiento. Por lo que se necesita proporción en la superficie de captación y el tanque de almacenamiento.

En España, el depósito más común que encontramos es de 60 litros por metro cuadrado para aquellas regiones que no dispongan de tanta radiación solar, y de 100 litros por metro cuadrado en donde se produce más radiación solar.



Estado del arte y antecedentes

Los materiales que más usamos para la construcción de estos son el acero, el acero inoxidable, el aluminio y la fibra de vidrio reforzada. Es importante la elección sobre el material que lo vamos a construir, ya que uno de los problemas que puede darse es la corrosión del agua debido al tanque de almacenamiento. Por lo que es recomendable no construirlo con diferentes materiales ya que al ser de diferente naturaleza pueden dar lugar a la creación de pares galvánicos.

Si se da la corrosión en el tanque puede ser eliminada por iones electrónicos o insertando el "ánodo de sacrificio".

Para poder evitar pérdidas o sino disminuirlas se recubren de material aislante y pueden añadir una funda, para incrementar su durabilidad.



Ilustración 16: Imagen de un tanque de almacenamiento de una vivienda. Fuente IDAE

1.1.2.1.2.4. Sistema de apoyo convencional

Este sistema es obligatorio en todas las instalaciones de energía solar ya que en el caso de no haber suficiente radiación o que el consumo sea superior a lo previsto se debe poner en funcionamiento para cubrir la demanda. Por lo que la mayoría de las instalaciones de energía solar térmica cuenta con un sistema auxiliar de tipo convencional.



Estado del arte y antecedentes

Los sistemas de apoyo más comunes son:

- Eléctricos, son usados en equipos pequeños, en los que la energía se suministra dentro de un acumulador mediante una resistencia.
- Caldera de gas o gasóleo, están pueden estar ya instaladas con anterioridad o realizarse a la vez que aplicas la instalación solar. Dependiendo de las demandas a las que se vaya a someter la instalación se pueden usar sistemas de calentamiento instantáneo o sistemas provistos de un acumulador independiente, u otros intermedios.

Es necesario que la instalación cuente con un sistema de control adecuado, de forma que la entrada de este equipo auxiliar se dé lo menos posible. Este sistema de control cuenta con sondas y válvulas automáticas, que son las encargadas de activar el sistema de la temperatura del acumulador solar, de la temperatura del acumulador auxiliar y de la temperatura de uso.



Ilustración 17: Imagen del sistema de apoyo convencional. Fuente IDAE



1.1.2.1.3. Usos y aplicaciones

Entre las alternativas que esta energía permite resultan las más interesantes las que se basan en el agua caliente sanitaria y la calefacción. Además se esperan avances y las expectativas se centran en la refrigeración de ambientes por medio de procedimientos solares.

- Producción de agua caliente sanitaria

El agua caliente sanitaria es en las viviendas la segunda gran consumidora, por detrás de la calefacción, siendo un 20% del consumo energético total.

Ya que es un gran porcentaje deberíamos de pararnos a pensar cual es el mejor sistema que debemos de utilizar para satisfacerla.

En este caso la energía solar térmica ofrece una solución madura y rentable para la producción de esta. Las razones que ofrece esta tecnología son los valores de temperatura que pueden llegar a alcanzar entre los 40 y 45°C.

Estos sistemas pueden cubrir durante el verano el 100% de la producción y durante el resto de meses del 50 al 80% del total, un porcentaje que varía dependiendo de la zona geográfica en la que te encuentres en España.

Es una de las tecnologías más populares ya que su instalación puede darse desde viviendas unifamiliares hasta edificios vecinales bloques de apartamentos, hoteles, superficies comerciales, oficinas...

- Sistemas de calefacción

El mayor coste que se produce en un edificio viene dado por la calefacción, ya que mantener a buena temperatura en los meses más fríos no es nada económico, por lo tanto la posibilidad de poder cambiarlo por esta energía resulta atractivo.



Estado del arte y antecedentes

Los ahorros de energía que se dan rondan el 25%, estos equipos son muy usados y poseen la ventaja de poder compatibilizarlos con el sistema de agua caliente sanitaria, mediante elementos que dan paso a la calefacción cuando el sistema de agua caliente sanitaria está cubierto, o aprovechando este agua que circula por el captador para calentar el espacio cuando la calefacción funciona a temperaturas menos elevadas.

El inconveniente que pueden presentar este tipo de instalaciones tiene que ver con la temperatura que alcanzan, ya que los sistemas convencionales son capaces de llegar a los 70 u 80°C, y con la energía solar térmica es difícil superar los 60°C.

Para poder sacar el máximo provecho a este sistema, es conveniente combinarlos con un sistema de suelo radiante, ya que estos funcionan con una temperatura inferior entre los 30 y 40°C, que es un rango idóneo para que los captadores trabajen en un alto rendimiento.

Otra opción que puede estudiarse, es la de poner captadores de vacío en las zonas de clima más frío, que son más costosos, pero trabajan a temperaturas superiores a 70°C.

- **Refrigeración en edificios**

En los países desarrollados cada vez es más tendencia el usarlos para conseguir en estaciones muy cálidas una refrigeración que provoca condiciones de confort aceptables en verano y parte de la primavera y otoño. Aunque hasta ahora la mayor parte de estos métodos se hacían a través de equipos eléctricos, se puede llevar a cabo por medio de la energía solar.

Se prevé un gran futuro para estas instalaciones, ya que es justamente cuando más calor hace cuando se puede disponer de mayor radiación solar. Por lo tanto se convierte en una aplicación doble que se puede usar tanto en invierno como en verano para calentar o enfriar dependiendo de la necesidad que se tenga.



Estado del arte y antecedentes

Todavía esta tecnología no está en el auge que le espera en el futuro, ya que en Europa existen 70 sistemas que poseen estas características en un área de 17.000 m² y con una capacidad de 12 MW. Y en nuestro país hay un pequeño grupo de fabricantes que se encuentran interesados en este tipo de alternativa de "frío solar", y están desarrollando captadores útiles para esta aplicación.

Todo apunta a que el uso de la energía solar irá creciendo a lo largo de los años al igual que lo hará la capacidad de este sistema para refrigerar, ya que se estudia desde el punto de vista tecnológico, ambiental y económico.

El funcionamiento de este proceso se basa en la capacidad de almacenar energía solar térmica, aunque lo almacenado no es expresamente energía solar térmica sino energía química, que es en lo que se transforma.

El agua retorna del sistema de distribución a una temperatura superior a la que deja el evaporador. Con este calor el agua del evaporador entra en ebullición y el vapor obtenido pasa al reactor, ahí se condensa a causa de que este se encuentra más frío. El vapor condensado en forma de agua en el reactor diluirá la solución LiCl.

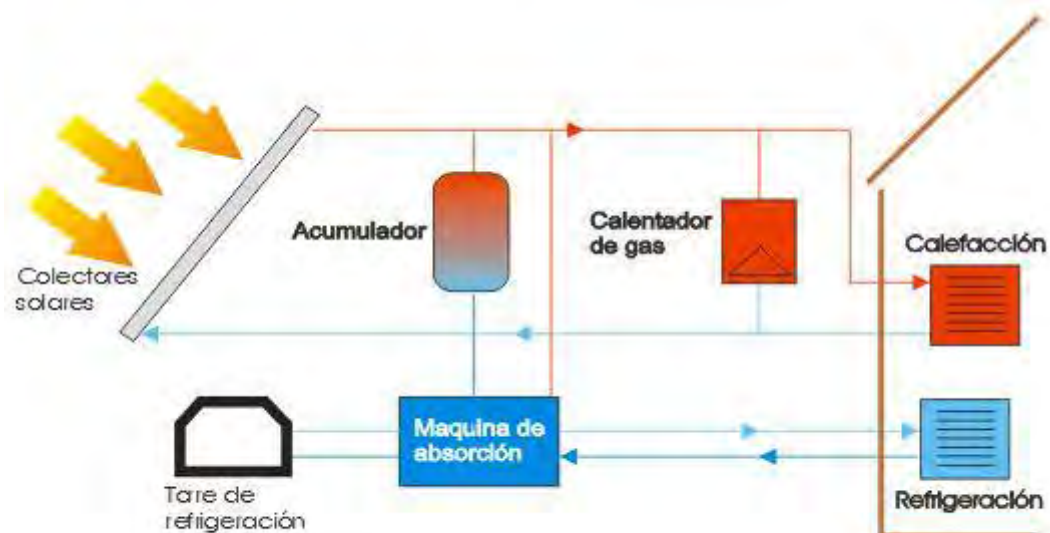


Ilustración 18: Esquema de instalación de frío solar. Fuente: medioambiente.



Estado del arte y antecedentes

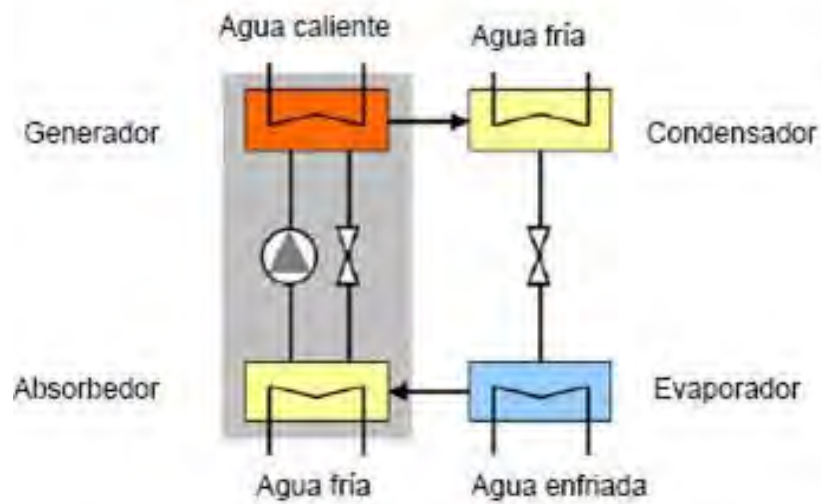


Ilustración 19: Principio de una enfriadora de absorción. Fuente: medioambiente.

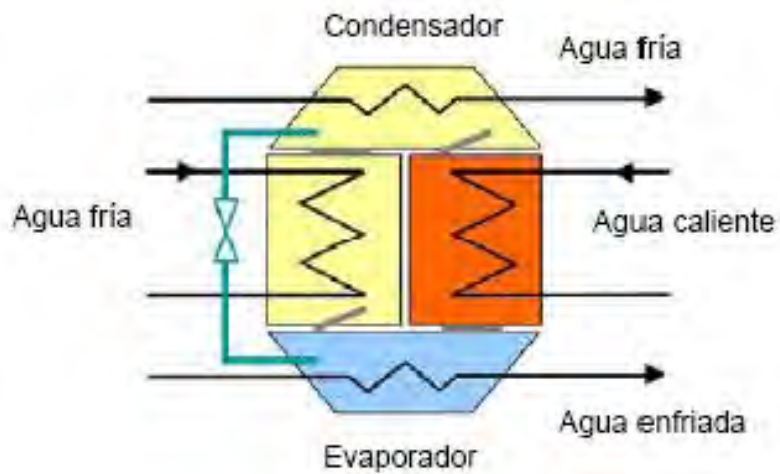


Ilustración 20: Principio de una enfriadora de absorción. Fuente: medioambiente.



1.1.2.1.4. Aspectos técnicos

El precio de las instalaciones en los últimos años no ha sufrido una subida, debido a la mejora en el proceso de fabricación o por una disminución de los precios de venta al público debido al crecimiento que se ha dado en el mercado con estos productos.

El coste varía según la aplicación a la que vaya a dar uso, el tamaño de la instalación, la tecnología utilizada o si la construcción se va a realizar en un edificio ya existente o de nueva construcción, influyendo todos ellos en el coste final.

Para ello estudiamos el caso más común que es el que de baja temperatura para uso doméstico y resolvemos alguna de las preguntas más comunes a la hora de instalarlo.

- ¿Es rentable la energía solar?

La energía que se genera proviene del Sol por lo tanto el gasto extra viene dado por la adquisición y montaje de los instrumentos, y esta inversión será recuperada en pocos años. Y desde el mismo momento que la instalación se encuentre en marcha los recibos bajaran, causando una disminución de 75 a 150 euros al año en el caso de una vivienda unifamiliar, y en función del combustible por el que se sustituya.

También cuenta con la ventaja de desligarnos a depender de una fuente energética exterior siendo nosotros mismos los que nos suministremos. Además de que los costes de este combustible no se encuentran en constante cambio en el mercado.

- ¿Cuánto cuesta una instalación solar?

El precio varía según sea la instalación individual o colectiva. El precio del metro cuadrado se encuentra entre 600 y 800 euros, este precio irá disminuyendo a medida que la superficie sea mayor y si la construcción es nueva ya que vendrá incluido en el precio.

El tamaño depende del uso al que vayamos a someter a la instalación y a la zona geográfica donde nos situemos. Una vivienda familiar necesita de 2 a 4 m² y una comunidad de vecino entre 1,5 y 3 m² por vivienda.



Tabla 2: Ejemplo de instalaciones solares. Fuente: IDAE

Instalación por elementos en comunidad de vecinos	
Superficie de captación	38 m ²
Producción energética	21.300 t/año
Inversión unitaria por m ² captador	591 €/m ²
Ahorro estimado según energía sustituida	1.278 €/año para gas 1.704 €/año para Gasoleo C
Gastos de operación y mantenimiento	10,6 €/m ² año 1,8% sobre inversión

- ¿En cuánto tiempo se puede amortizar la inversión?

La vida media de una instalación de este tipo ronda los 25 años pudiendo llegar las nuevas tecnologías a durar 30 años.

La inversión se recuperaría a los diez o quince años, por lo tanto el resto de vida útil de la instalación nos estaría ofreciendo suministro gratuitamente.

- ¿Cuáles son los costes de operación o mantenimiento?

Si está fabricada y diseñada por un profesional no debe causar problemas. Por lo tanto los costes de mantenimiento son similares a cualquier otro tipo de sistema de calefacción y agua caliente sanitaria. Es decir unos 30-60 euros/año con una garantía de tres años.

1.1.2.2. Ventajas e inconvenientes

Las principales ventajas que posee esta energía en el ámbito de un edificio son:

- Se trata de una energía que proviene directamente del Sol.
- No emite gases contaminantes perjudiciales para la salud.
- No emite gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático.
- No produce ningún tipo de desperdicio o residuo peligroso de difícil eliminación.



Estado del arte y antecedentes

- No produce efectos significativos sobre la flora y fauna, a no ser que hagamos referencia a las instalaciones de alta temperatura, que suelen provocar una gran extensión de terreno.
- Su impacto sobre el medio ambiente es mínimo, y de producirse alguno ocurre exclusivamente durante la fase de fabricación de los equipos.
- Este tipo de instalaciones no dejan huella ecológica cuando finaliza el periodo de explotación.
- Es una energía que no corre peligro de agotarse a medio plazo, puesto que su fuente productora es el Sol.
- No requiere costosos trabajos de extracción, transporte o almacenamiento.

Y las desventajas que podemos encontrar en este tipo de instalación son:

- El nivel de radiación fluctúa de una zona a otra y de una estación del año a otra.
- Para recoger energía solar a gran escala se necesitan grandes extensiones de terreno.
- Fuerte inversión inicial.
- Complementar este método de conversión de energía con otros.
- Los lugares de mayor radiación se encuentran en lugares desérticos y alejados.

1.1.3. Energía geotérmica

La energía geotérmica se encuentra almacenada debajo de la tierra en forma de calor. Es inagotable y es un recurso que no depende de las condiciones meteorológicas del momento, sino que se encuentra las 24 horas del día durante todos los días del año.

Esta energía es capaz de cubrir el 100% de las necesidades de un edificio sobre calefacción y agua caliente sanitaria, siendo capaz de hacerlo cuando en el exterior aunque las temperaturas sean bajas, y en verano proporcionar refrigeración con la misma instalación mediante suelos radiantes o fan coils.



Estado del arte y antecedentes

La energía geotérmica de baja entalpía es una energía renovable que quita la dependencia hacia los combustibles fósiles, con las ventajas que esto supone como la disminución de CO₂. Es una energía respetuosa y no produce ningún impacto ambiental, ya que los intercambiadores de calor se sitúan en el terreno o en cimentaciones de los edificios.

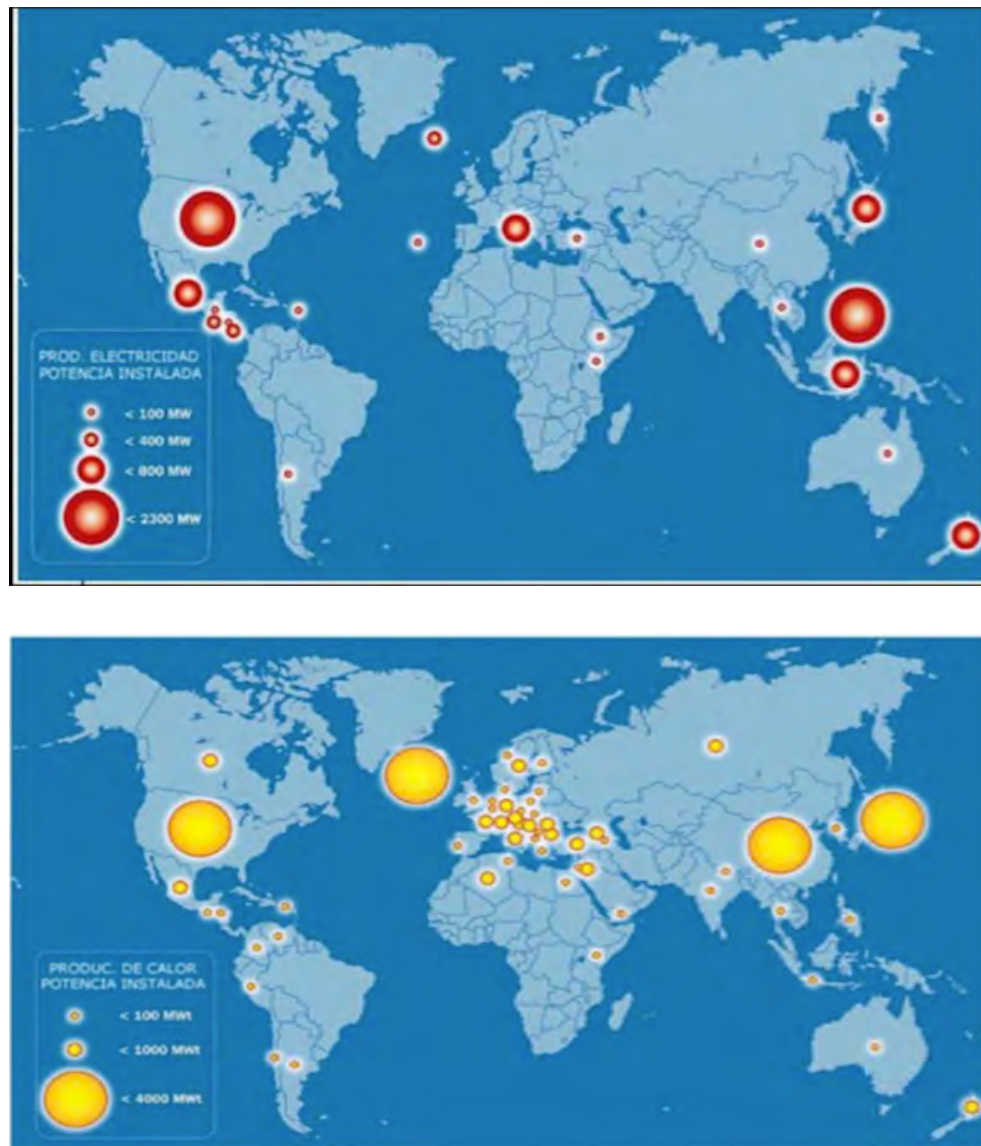


Ilustración 21: Mapa mundial de los principales generadores de calor y electricidad mediante energía geotérmica. Fuente Site Geothermie-Perspectives de l'ADEME et du BRGM



1.1.3.1. Tecnologías y aplicaciones

La temperatura va aumentando a la vez que lo hace la profundidad, con un promedio de tres grados Kelvin cada 100 m, para calcularlo usamos el gradiente geotérmico que mide el incremento de la temperatura por sección de profundidad. Es el resultado del flujo de calor procedente de las profundidades hasta la capa superficial terrestre. La temperatura en los primeros metros de profundidad se ve condicionada por la radiación solar y las precipitaciones.

Dependiendo de si la perforación supera o no los 400 metros se pueden encontrar dos tipos de geotermia: geotermia profunda y geotermia próxima a la superficie.

1.1.3.1.1. Geotermia profunda

Esta energía está capacitada para generar electricidad en centrales térmicas como calor en grandes redes de calor para la producción industrial o la calefacción de edificios. Las centrales geotérmicas producen electricidad renovable continuamente, sin depender de ningún factor meteorológico.

Para alcanzar esta energía debemos de llegar a reservas de calor a altas temperaturas. Por lo que es muy popular en países con alta entalpía en los que a pocos metros de profundidad llegan a alcanzar los 100°C, aunque también puede ser usada en zonas de baja entalpía. Podemos encontrar dependiendo de la disponibilidad de las aguas profundas, la permeabilidad del agua y la configuración del sistema: geotermia hidrotermal, geotermia petrotermal, sondas geotérmicas profundas.

1.1.3.1.2. Geotermia próxima a la superficie. Tipos de sistemas geotérmicos

Este sistema más sencillo necesita perforaciones de hasta 400 metros de profundidad y temperaturas de 25°C para calentar, refrigerar y producir agua caliente sanitaria. Su uso es común en viviendas, edificios, administraciones, hospitales, escuelas, calefacción radiante en vías públicas...

El calor viene dado por la capa de la tierra superior o aguas freáticas, las cuales al encontrarse en la superficie de la tierra están condicionadas por la radiación solar y el flujo calorífico que se encuentra en el interior, que puede ir desde 20 metros de profundidad hasta 40. Estas capas en cambio sí que dependen de la época del año, en profundidades de 10 a 100 metros la temperatura rondará los 8-12°C, y cuanto más nos alejemos de la superficie la temperatura aumentará unos 3°C cada 100 metros, llegando a alcanzar los 20-25°C a los 400 metros.



Estado del arte y antecedentes

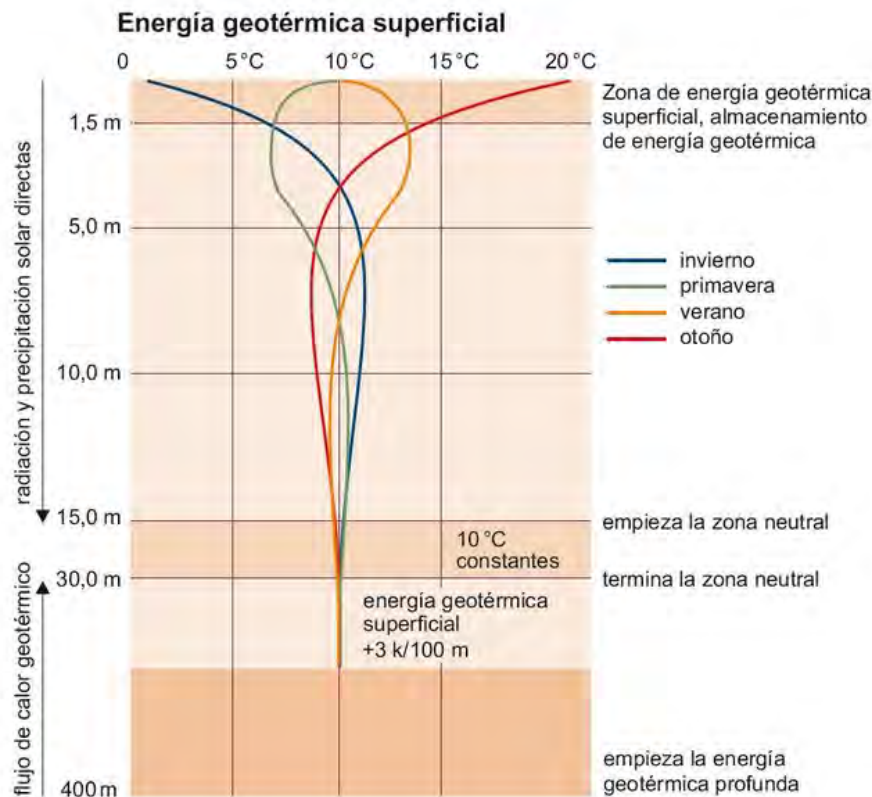


Ilustración 22: Distribución natural de la temperatura en la capa cercana a la superficie a más profundidad.
Fuente solarpraxis.

- **Aprovechamiento térmico del subsuelo**

Para un mejor aprovechamiento se emplean sondas geotérmicas, colectores geotérmicos o pilones energéticos.

- **Sondas geotérmicas**

Estas sondas se utilizan cuando superamos las profundidades de entre 50 y 250 metros, no ocupan una superficie grande y su temperatura es constante. Se colocan en perforación horizontal junto con tubos de plástico por los que circula el líquido encargado de captar el calor y conducirlo hasta la bomba de calor. Las sondas son capaces de abastecer con su energía desde pequeñas viviendas hasta zonas residenciales y complejos de oficina completos, tanto de calor como de frío.

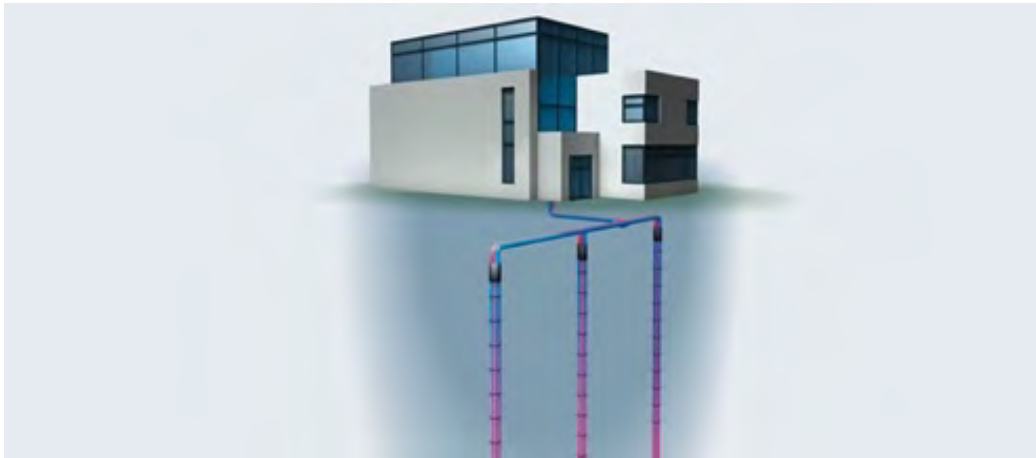


Ilustración 23: Instalación de sondas geotérmicas. Fuente uponor.

- **Colectores geotérmicos**

Estos se colocan horizontalmente a una distancia de entre 80 y 160 cm de la superficie y se acoplan al nivel térmico con las condiciones climatológicas que conlleva cada estación del año. En el caso de querer instalarlo en una vivienda familiar la superficie que se necesita para ello son 200-250 m². El medio que circula por los meandros transporta la energía obtenida en el subsuelo hasta la bomba de calor.

Estos colectores resultan menos eficientes que las sondas porque son colocados a distancia más cercana a la superficie.

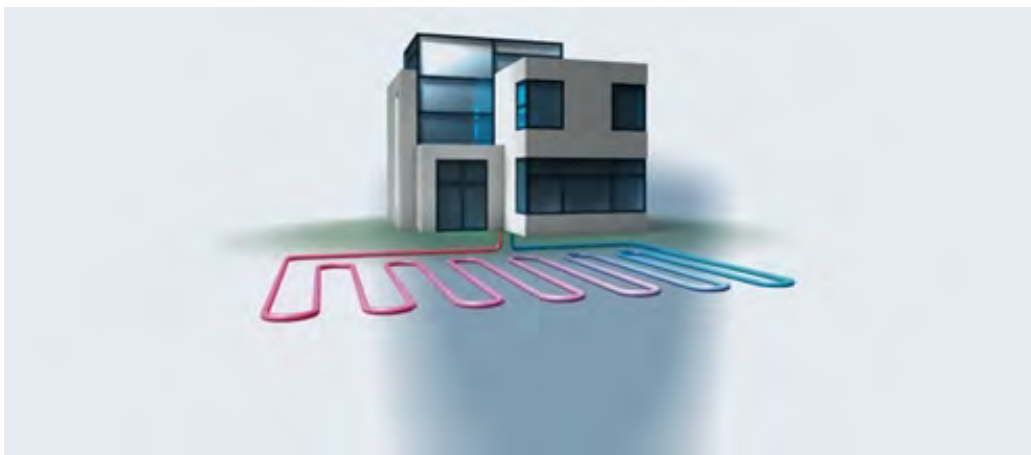


Ilustración 24: Instalación de colectores geotérmicos. Fuente uponor.



Estado del arte y antecedentes

- **Pilones geotérmicos**

Es una construcción de hormigón de gran profundidad con tubos de plástico. El agua es el medio conductor para recoger la energía, la cual se calienta en los pilones y a través de la bomba de calor se extiende a la instalación del edificio. Este sistema es capaz también de refrigerar levemente la instalación durante el verano.



Ilustración 25: Instalación de pilones geotérmicos. Fuente uponor.

- **Aguas subterráneas**

Se pueden utilizar como fuente de producción de calor para abastecimiento de una vivienda. Para llevarlo a cabo son necesarios dos pozos, el de extracción, es el encargado de conducir el agua subterránea a la superficie y hacerla pasar por un intercambiador de calor, y el pozo sumidero, que devuelve el agua una vez enfriada al subsuelo, donde se volverá a calentar.

- **Bombas de calor**

Mediante este sistema y la combinación de pilones, colectores, sondas u otros componentes se puede aprovechar la energía próxima a la superficie. Para accionar una bomba lo más común es utilizar electricidad aunque en alguna ocasión aparece el gas. La eficiencia de estas está en relación con la temperatura útil del suelo y la temperatura de entrada requerida por el sistema de calefacción, por lo que es conveniente hacer un análisis energético previo.



Estado del arte y antecedentes

Podemos encontrar en función de cómo se encuentren los conductos responsables a la absorción de calor diferentes tipos de sistemas geotérmicos:

- Circuito cerrado vertical, el terreno en el que se quiere construir tiene una superficie limitada, por lo que una máquina de perforación es la encargada de hacer pozos de diámetro pequeño desde los 50m hasta los 150m.

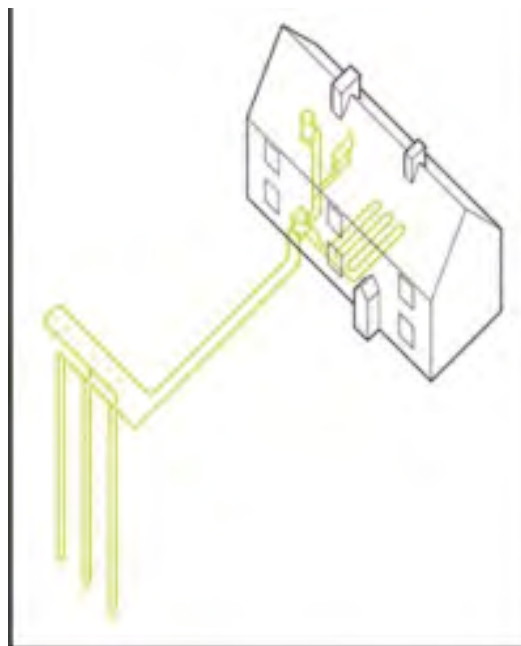


Ilustración 26: Esquema de un circuito cerrado vertical. Fuente IDAE

- Circuito horizontal, el terreno que ocupan es de una longitud más amplia colocándose tubos de 30 a 120 metros de longitud.

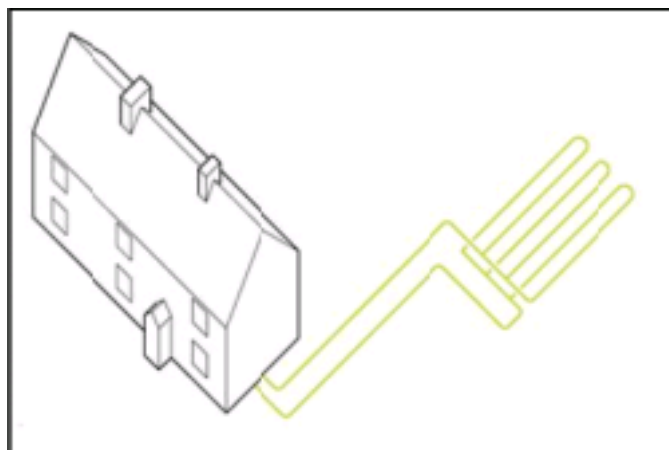


Ilustración 27: Esquema de un circuito horizontal. Fuente IDAE



Estado del arte y antecedentes

- Circuitos abiertos, son las encargadas de conducir el agua subterránea para utilizarla como fuente directa de energía. Puede llegar a ser el mecanismo más económico.

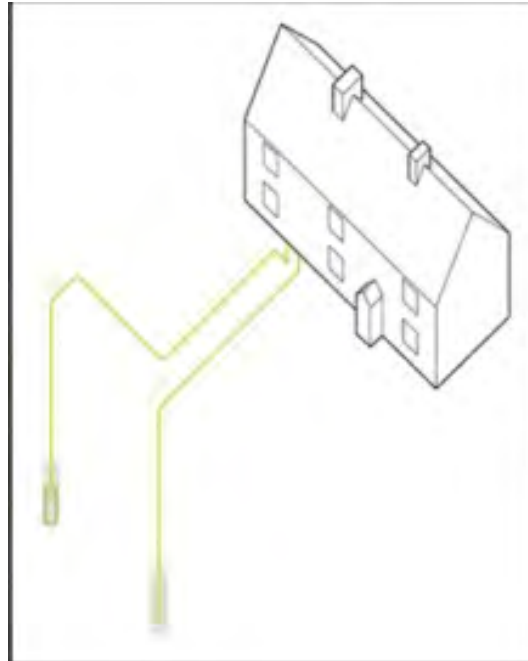


Ilustración 28: Esquema de un circuito abierto. Fuente IDAE

- Circuitos en estanques, en lugares con una gran cantidad de masa de agua son los más económicos, porque no es necesaria una gran excavación, ya que los rollos de tubería se colocan en el fondo del estanque.

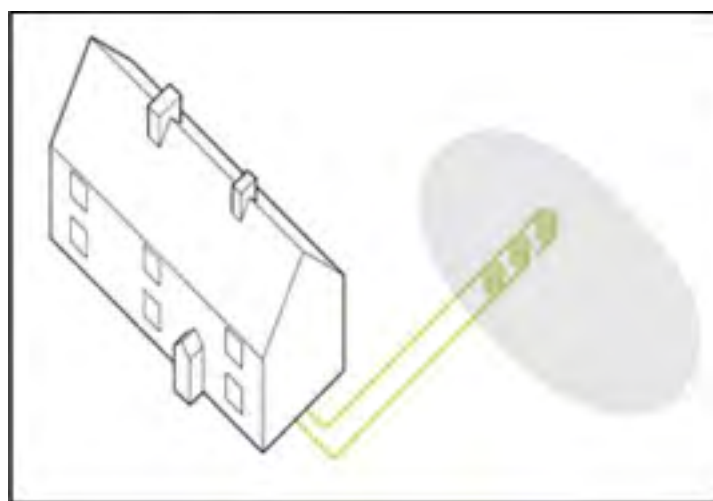


Ilustración 29: Esquema de un circuito en estanque. Fuente IDEA



1.1.3.1.3. Usos y aplicaciones. Bombas de calor

Las aplicaciones que el fluido geotermal puede ejercer son dependientes de su entalpía. Mediante unas sondas térmicas se analiza la temperatura de los fluidos geotermales, ya que será la temperatura que posean las que determinará el uso que son capaces de ofrecer. Para ello se distinguen las siguientes categorías:

- Alta temperatura, poseen más de 150°C, produce directamente la transformación de vapor de agua en energía eléctrica. Las técnicas que utilizan son a través de perforaciones.
- Media temperatura, se encuentran entre los 90 y los 150°C, utilizan un fluido de intercambio para llegar a producir energía eléctrica. El rendimiento con el que trabaja es menor.
- Baja temperatura, rondan entre los 30 y 90°C, no llegan a producir energía eléctrica debido a su contenido en calor, por lo que su función se basa en la calefacción.
- Muy baja temperatura, poseen menos de 30°C, para su uso deben complementarse con bombas de calor y así producir climatización o refrigeración.

Una vez conocidas las diferentes categorías con las que cuenta la temperatura podemos describir los diferentes usos de cada una de ellas.



Estado del arte y antecedentes

Tabla 3: Usos de la geotermia según sus diferentes temperaturas. Fuente IDAE. Elaboración propia.

	VIVIENDA, OCIO Y SALUD	AGRICULTURA ALIMENTACIÓN	INDUSTRIA
Muy baja temperatura	-Calefacción con bombas de calor-climatización. -Calefacción por suelo radiante. -Centros de ocio-piscinas.	-Piscicultura-acuicultura. -Cultivo de setas. -Calefacción de invernaderos por el suelo.	-Precalentamiento (agua-aire).
Baja temperatura	-Balneoterapia-termalismo. -Precalentamiento (agua-aire). -Agua caliente sanitaria. -Calefacción urbana.	-Calefacción de invernaderos por el aire. -Precalentamiento agua-aire.	-Deshielo.
Alta temperatura		-Secado de productos agrícolas, maderas, pescados. -Fábrica de conservas.	-Lavado de lana-tintes. -Secado de productos industriales. -Producción de energía eléctrica En plantas de ciclo binario. -Refrigeración por absorción. -Destilación de agua dulce. -Recuperación de metales.
Muy alta temperatura			-Producción de energía eléctrica. -Evaporación de soluciones concentradas. -Fabricación de pasta de papel. -Refrigeración por absorción con amoníaco.

Entre sus aplicaciones se distingue la de bomba de calor la cual consta de las siguientes características:

Una bomba de calor que se encuentre con una configuración óptima ofrece las ventajas de mejorar el clima en espacios cerrados y reducir los costes energéticos derivados de la calefacción y la climatización en edificios. Si comparamos este método frente a las calefacciones de gasoil o gas, el ahorro que se puede obtener es del 50%.

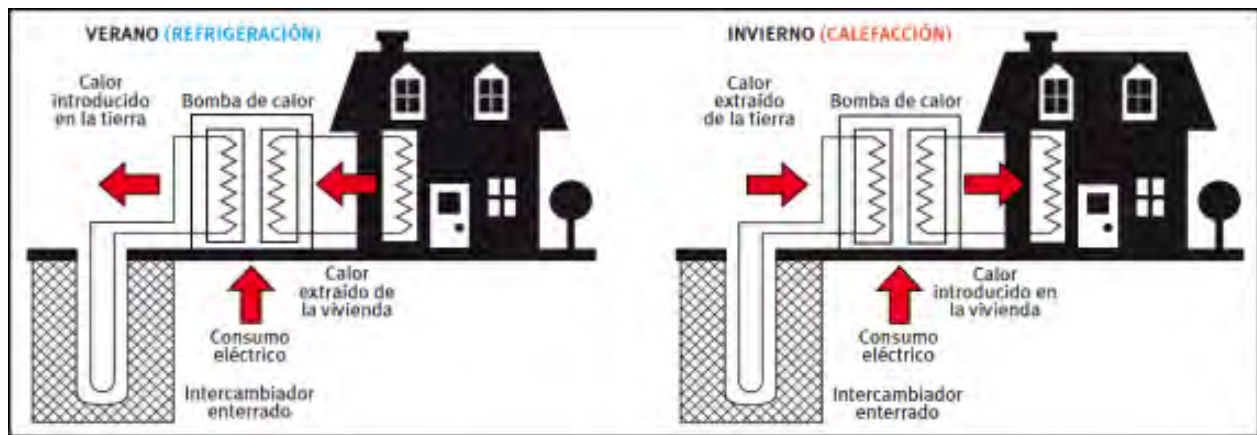


Ilustración 30: Transferencia de calor en una instalación. Fuente IDAE

El funcionamiento que siguen las bombas de calor se divide en cuatro pasos:

- El fluido en primer lugar se encuentra en estado líquido a baja presión y temperatura. El aire aspirado del ambiente pasa por el evaporador donde se encuentra con el líquido que cambia de estado al absorber la temperatura, mientras se expulsa el aire con una temperatura menor.
- Una vez se encuentra en estado vapor a baja presión, se introduce en el compresor donde se realice un aumento de presión y temperatura.
- Este vapor cargado de energía con mayor temperatura es el que circula por el condensador, que se encuentra a lo largo del calderín donde va cediendo energía al agua, y volviendo a transformarse en estado líquido.
- El líquido se pasa por la válvula de expansión para devolver al fluidos a sus condiciones iniciales, a baja temperatura y presión, y devolverlo al inicio del proceso.



Estado del arte y antecedentes

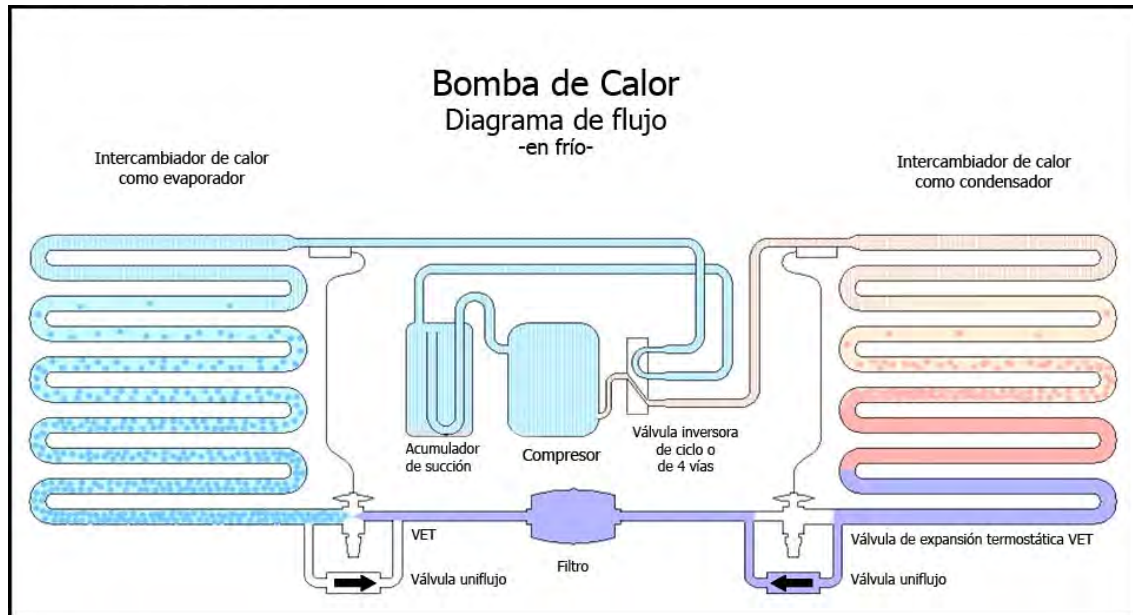


Ilustración 31: Diagrama de flujo de una bomba de calor. Fuente: caloryfrio

La bomba de calor está formada por los siguientes elementos:

- Compresor, elemento encargado de permitir el desarrollo del proceso que requiere de electricidad para su funcionamiento.
- Condensador, elemento dirigido al intercambio de calor situado en el calderín y por el cual el elemento refrigerante que se encuentra en estado de vapor cede su energía al agua del depósito. Finaliza el proceso en estado líquido por la cesión de energía condensada.
- Válvula de expansión, elemento recorrido por el fluido refrigerante y que por su cambio brusco de sección supone un descenso de presión y temperatura.
- Evaporador, se trata de otro intercambiador de calor situado en la zona superior, en el que se intercambian el fluido refrigerante y el aire ambiente, a través de un sistema de aletas, al finalizar el recorrido se encuentra en estado vapor.



Principios de funcionamiento

Bombas de calor por compresión: este tipo de bomba son las más habituales. Dan uso a la evaporación de un líquido para producir calor, utilizan un refrigerante que atraviesa la bomba accionado por un compresor, que lo transforma de líquido a gas. El vapor que resulta es calentado con un compresor a alta temperatura donde transmite su energía calorífica a un sistema de calefacción, una vez aquí se enfría y vuelve al estado líquido que estaba anteriormente.

Bombas de calor por sorción: utilizan la energía de alimentación térmica. Estas puedan usarse con gas, gasoil, calor residual o energía solar que son más eficientes que la energía primaria. Puede utilizar dos procesos físicos, el primero la absorción, un líquido absorbe a otro líquido o a un gas, mientras que en el segundo la adsorción, se mantiene otro líquido en la superficie de un sólido, en función de la presión y la temperatura.

Utilización de distintas fuentes de energía

Las bombas de calor para poder generar calor el frío, utilizan diferentes fuentes.

La primera el calor de la tierra, mediante bombas de agua salina-agua. En la tierra la temperatura apenas varía a lo largo del año. Un colector situado a 1,5 metros de profundidad, colocado como un serpentín es capaz de extraer el calor de la tierra. El colector se puede sustituir por sondas terrestres, que atrapan el calor ocupando menos espacio, estas pueden alcanzar los 100 metros de profundidad. La temperatura se mantendrá en los 10°C durante el año.

La segunda la ocupa el calor almacenado en las aguas subterráneas, utiliza bombas de calor agua-agua que extrae el calor requerido y lo traslada al sistema de calefacción. Estas aguas están disponibles en todo momento sin importancia de la época del año y la temperatura.

La tercera lo forma el calor del aire de la atmósfera con bombas de calor aire-agua, utilizan el calor que se encuentra en el aire ambiental calentado por el Sol. El rendimiento de estas disminuye cuando las temperaturas son inferiores ya que el aire no se encuentra tan caliente.



Refrigeración

Se presentan dos tipos de refrigeraciones, en primer lugar la refrigeración activa en la que simplemente se invierte el sistema utilizado hasta ahora para producir calor, si queremos conseguir refrigeración, basta con contar con un sistema reversible. Se invierte mediante las conmutaciones de conexiones primaria y secundaria. El proceso denominado "active cooling".

Y la refrigeración pasiva el líquido que recorre el circuito viene de las aguas subterráneas, por lo que es salino, que absorbe el calor a través de un intercambiador y lo dirige al exterior, es en ese proceso en el que el edificio se refrigera. Denominado "natural cooling", este nombre viene dado porque la temperatura utilizada es la ambiente. Durante el proceso la bomba de calor se mantiene apagada, hasta la fase de regulación y la bomba de circulación.

1.1.3.2. Ventajas e inconvenientes

La energía geotérmica presenta las siguientes ventajas:

- Los costes de explotación son mucho más bajos que otros equipos, a pesar que la instalación en un edificio supone una inversión del doble que una instalación clásica.
- Las subvenciones disponibles dependen de cada comunidad autónoma.
- El tiempo para "puesta en servicio" es menor que en otras fuentes de energía.
- Se produce entre dos y cuatro veces más energía que la eléctrica que se consume. Esto supone un rendimiento del 200 al 400%.
- Una instalación geotérmica permite ahorros del 30 al 70% en calefacción y del 20 al 50% en climatización.
- El terreno puede ser utilizado simultáneamente para otros fines.
- Los coeficientes de disponibilidad son del 90% de media y en redes de calefacción del 100%.



Estado del arte y antecedentes

- Reduce la dependencia a importaciones energéticas y asegura la regularidad en el abastecimiento. Disminuye las pérdidas energéticas dadas por el transporte y la contaminación que dichos transportes provocan.
- No depende de la estación del año y está disponible las 24 horas del día los 365 días del año.
- No emite CO₂ al medio ambiente.

Y a la vez cuenta con los siguientes inconvenientes:

- No está disponible en todos los edificios, ya que es necesario un terreno amplio para la perforación, que la composición del terreno no dispare el coste final o que las máquinas no entren por cuestiones de espacio.
- El coste inicial es elevado.
- Produce una alta emisión de ácido sulfhídrico.
- Pueden verse contaminadas las aguas próximas, debido al arsénico, amoniaco...
- Riesgo de contaminación térmica en el entorno del lugar de donde se extrae la energía geotérmica.
- Deterioro del paisaje.
- No es transportable.



1.2. Energías no renovables

Las energías no renovables también conocidas como energías convencionales son aquellas que se encuentran de forma limitada en la naturaleza y que una vez agotada no pueden reemplazarse, ya que no existe manera de producirlas o extraerlas.

Los combustibles fósiles que son los que nos atañen lo forman el carbón, el petróleo y el gas natural. Y son aquellas sustancias que debido a una presión y temperatura que alcanzaron hace millones de años pasaron a tener propiedades energéticas.

Son usadas para producir calor y movimiento por medio de estufas, hornos, calderas y motores, y para producir electricidad a partir de centrales térmicas.

Presentan las ventajas de que son fácilmente extraíbles, fácil disposición, continuidad cronológica y baratas. Como desventajas resultan ser contaminantes por medio de gases a la atmósfera, posibilidad de agotamiento a medio o corto plazo y disminución de disponibilidad de materias primas aptas para fabricar productos.

1.2.1. El carbón

El carbón es una roca sedimentaria de color negro utilizada como un combustible fósil formado mayoritariamente por carbono y en menores proporciones por otros elementos como hidrógeno, azufre, oxígeno y nitrógeno. La mayor parte se formó en el Carbonífero, un período que se dio entre hace 359 a 299 millones de años. Y es un recurso no renovable.

La formación se dio a través de la descomposición de vegetales que se iban acumulando en el fondo de zonas pantanosas, cubierto por agua y protegidos del aire. A través de las bacterias anaerobias, las cuales no necesitan oxígeno para vivir, empiezan un proceso de transformación.

1.2.1.1. Tipos de carbón

Las características que se analizan para poder llevar a cabo una clasificación del carbón son: humedad, porcentaje en materias minerales no combustibles, poder calorífico, inflamabilidad. Para ello se analiza químicamente los cinco elementos que posee.

La clasificación europea analiza el porcentaje de carbono que contiene, que viene condicionado por la evolución geológica y biológica.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**



Estado del arte y antecedentes

Tabla 4: Clasificación europea del carbón. Elaboración propia.

Clasificación europea del carbón		
Turba	50 a 55%	Producto de la fosilización de desechos vegetales por los micro organismos en zonas húmedas y pobres en oxígeno.
Lignito	55 a 75%	Característica suave.
Carbón sub-bituminoso o lignito negro		
Hulla	75 a 90%	• Hulla grasa o carbón bituminoso bajo en volátiles. • Hulla semi grasa. • Hulla delgada, o hulla seca.
Antracita	90 a 95%	El que tiene mayor proporción de carbono.
Grafito		Carbono puro, no utilizado como combustible.



Ilustración 32: Imágenes del carbón tipo hulla y de la antracita. Fuente Wikipedia.



1.2.1.2. Formas de aprovechamiento del carbón

Las utilidades más importantes del carbón son la generación de electricidad, la producción de acero y la fabricación de cemento.

Desde el punto de vista energético se aprovecha en la producción de calor, haciéndolo que reaccione con el oxígeno del aire, y con este evaporara agua para mover una turbina, transformándola en energía mecánica, que podrá convertirse en eléctrica.

Su energía se utiliza para fundir el mineral de hierro en altos hornos y obtener productos en la industria química. Existen procedimientos para convertir el carbón en combustibles líquidos y gaseosos.

Existen dos tipos de carbón, el térmico para la generación de energía y el carbón coque o metalúrgico para la producción de acero.

Otros usos que también pueden llevarse a cabo son las refinerías de alúmina, los fabricantes de papel y las industrias farmacéuticas.

1.2.1.3. El consumo de carbón en la actualidad

El consumo de carbón, responsable de casi la mitad de las emisiones de CO₂, presenta un estancamiento en la actualidad. El declive comienza en 2014 con la bajada de uso en China y Estados Unidos, según los informes de la Agencia Internacional de Energía (AIE), del 2014 al 2015 el descenso fue de un 2,7% sin esperarse un ascenso en los años posteriores.

Los porcentajes de emisiones que desprende el carbón en el mundo son: un 45% de CO₂, un 40% de azufre y un 15% de óxido de nitrógeno y partículas. Y a su vez corresponde al 29% del consumo energético del planeta, encontrándose solo detrás del petróleo.



Estado del arte y antecedentes



Gráfica 2: Consumo de carbón en el mundo. Fuente: Agencia Internacional de la Energía.

El gráfico muestra la caída producida en 2015 del 2,7% respecto al 2014, pasando de 5.588 millones de toneladas equivalentes de carbón a 5.440, en 2014 también se había producido un descenso respecto al 2013 pero este fue menor al tratarse del 0,9%.

Se prevé que seguirá el estancamiento a pesar de que en China se ha producido un aumento a finales del 2016. Desde la Revolución Industrial el carbón había estado en un aumento constante habiéndose producido solo dos excepciones como la actual: tras la I Guerra Mundial y con el desmoronamiento del bloque soviético.

En cambio este descenso se produce en un momento de crecimiento económico, con tasas anuales de un aumento del PIB del 3%, lo que conlleva a que la economía está creciendo sin tener que hacerlo las emisiones de CO₂.



Estado del arte y antecedentes

La Agencia Internacional de Energía pronostica que la demanda seguirá cayendo hasta 2.021, en ese año se producirá un descenso pero sin superar al del 2.014. Se depende principalmente de China, país que acumulo un 48,8% de la demanda mundial en 2.015, aunque venía de una caída que nunca antes había ocurrido de un 3,4%, ya que se dio una bajada durante dos años consecutivos. La conclusión que se obtiene son las políticas de diversificación que han provocado un desarrollo mayor en la energía nuclear y renovables.

El otro factor determinante es Estados Unidos, el cual sufrió al mismo tiempo otra bajada, en este caso del 15% cuando su porcentaje de consumo mundial era de un 9,3%, se debe al auge del fracking que produce la bajada del carbón.

CONSUMIDORES DE CARBÓN

En % del total

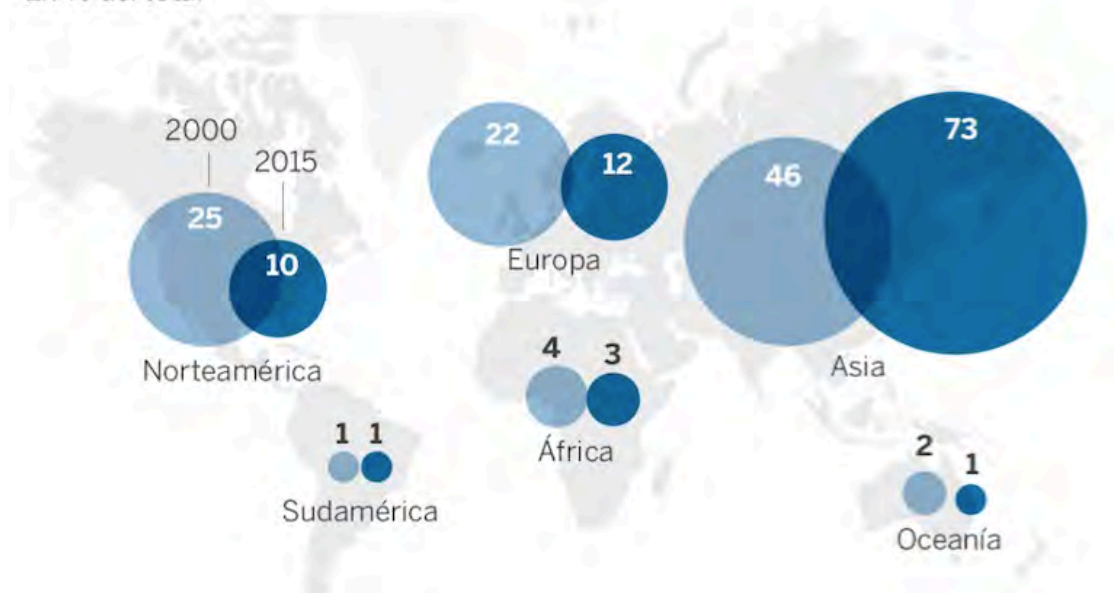


Ilustración 33: Consumidores de carbón en el mundo en % total. Fuente: Agencia Internacional de Energía

La imagen analiza como el uso del carbón se ha trasladado de Occidente a Asia, mientras que en el año 2.000 Norteamérica y Europa consumían el 47% en 2.017 lo hacían el 22%. Mientras Asia paso del 46% al 73%.

El carbón se encuentra en entredicho debido a las implicaciones sobre la calidad del aire de las emisiones de dióxido de carbono, aunque es demasiado pronto para asegurar que es el fin de este combustible.



Estado del arte y antecedentes

Carbón - Reserva (Millón - Tonelada)

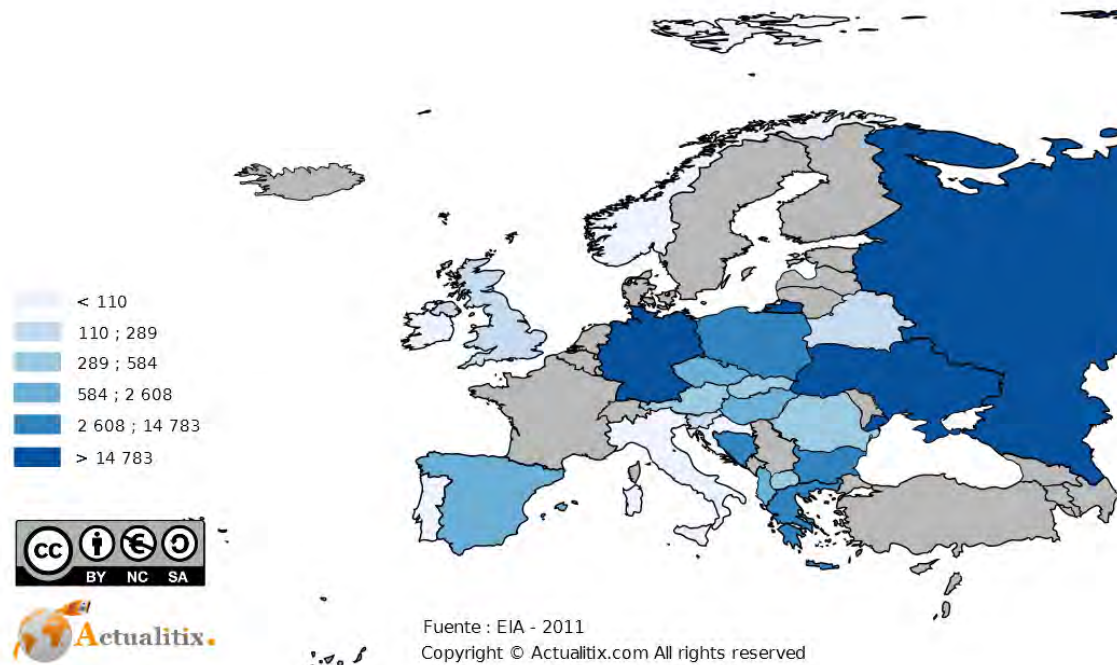


Ilustración 34: Mapa europeo de las reservas de carbón. Fuente EIA.

1.2.1.4. Ventajas e inconvenientes

Las ventajas que encontramos en el uso del carbón son:

- Su capacidad calorífica es alta rondando los 2000 y los 7000 kcal/kg. Esto permite su uso en la industria, actividad doméstica.
- La obtención de energía de este tipo de combustible es más barata que otros.
- Evita los problemas de fuga que pueden proporcionar el gas y el petróleo.
- Contiene un alto poder energético capaz de a partir de un pequeño volumen de carbón producir gran cantidad de energía.
- Puede producir electricidad en el momento que sea necesario.



Estado del arte y antecedentes

Las desventajas que nos ofrece esta tecnología son las siguientes:

- Tiene repercusiones química tanto en la minería como en tratamiento de aguas.
- Produce lluvia ácida debido a las emisiones de azufre y óxidos de nitrógeno generados por la combustión.
- Es altamente contaminante y en su extracción se ve afectada la naturaleza y el medio ambiente.
- Es inseguro ya que los trabajos en minas de carbón implican un gran número de riesgos que dan lugar a accidentes.
- Se produce un deterioro de la superficie terrestre debido a la lluvia ácida que provoca su extracción.
- Da lugar a un aumento de temperatura en el ecosistema formado por los circuitos necesarios en las centrales térmicas para la refrigeración del vapor.

1.2.2. El petróleo

El petróleo también conocido como petróleo crudo o crudo, es una mezcla de compuestos orgánicos que en su mayoría son hidrocarburos insolubles en agua. Su producción viene dada por el proceso de cambio que sufre la materia orgánica a sedimentos del pasado geológico, y se encuentran en el interior de la Tierra en trampas geológicas naturales, por lo que para alcanzarlos debemos recurrir a la perforación.

Es un líquido bituminoso que presentan diferentes parámetros en condiciones normales de presión y temperatura, como una variedad de colores y viscosidad que abarcan desde un tono amarillento y poco viscoso hasta un negro con una alta viscosidad, una densidad que varía entre 0,66 g/ml hasta 0,9785 g/ml, una capacidad calorífica de 10,5 Kcal/Kg, la cantidad de variantes que podemos encontrar va en función de la cantidad de hidrocarburos que lo formen.



Estado del arte y antecedentes

Estos hidrocarburos son compuestos por hidrógeno y carbono con cantidades variables de derivados saturados. La fórmula general es: C_nH_{2n+2} .

- Cicloalcanos o cicloparafinas-naftenos, son hidrocarburos cíclicos saturados, derivados del ciclopropano (C_3H_6) y del ciclohexano (C_6H_{12}). Muchos de estos hidrocarburos pueden contener grupos de metilo en contacto con cadenas parafínicas ramificadas (C_nH_{2n}).
- Hidrocarburos aromáticos, son hidrocarburos cíclicos insaturados formados por el benceno (C_6H_6) y sus homólogos (C_nH_n).
- Alquenos u olefinas, son moléculas lineales o ramificadas compuestas por un enlace doble de carbono (C_nH_{2n}).
- Dienos, son moléculas lineales o ramificadas compuestas por dos enlaces dobles de carbono (C_nH_{2n-2}).
- Alquinos, son moléculas lineales o ramificadas compuestas por un enlace triple de carbono (C_nH_{2n-2}).

Presenta como características que no es un recurso renovable y que a día de hoy es la principal fuente de energía de los países desarrollados.

1.2.2.1. Usos y aplicaciones

El petróleo crudo no posee un uso práctico, pero es la materia prima orgánica que cuenta con un gran valor, ya que a lo largo de los años se han ido descubriendo multitud de aplicaciones. El refinado del petróleo consiste en calentar el hidrocarburo a 400°C para conseguir destilarlo y separarlo, lo que se conoce como cracking. Gracias a esto conseguimos derivados del petróleo como:

- Gasolina y naftas, la primera es la fuente de energía de combustión principal que utilizan los vehículos. Y la segunda es utilizada como materia prima de la industria petroquímica, por lo que en la industria química se utiliza como disolvente y el nafta energético para producir gasolina de alto octanaje.
- Keroseno, es un líquido transparente obtenido por la destilación del petróleo, y con diversos usos como disolvente, calefacción doméstica, motores a reacción y turbinas de gas.



Estado del arte y antecedentes

- Gasóleos, son el gasoil o diésel utilizados para motores o calefacción.
- Fuelóleo, es un combustible pesado que se utiliza en plantas de energía eléctrica, en calderas y hornos de gas.
- Bencina o éter de petróleo, materia prima utilizada para la fabricación de disolventes.
- Gases de petróleo, destacan el gas butano y propano, son gases licuados que poseen aplicaciones energéticas y no energéticas.

También aparecen en nuestra vida cotidiana como:

- Aceites: utilizados como lubricantes y grasas, que sus usos van desde el uso para motores hasta tratamientos corporales terapéuticos.
- El asfalto, que se encuentra en el suelo de calles y que puede dar la función de material aislante.
- Coque, que está formado por el carbón de petróleo que se usa para la fabricación de electrodos en la producción de acero y aluminio. Como para la obtención de fibra de carbono y grafito.
- Aditivos, son usados en motores de automóviles y maquinaria industrial.
- Plásticos, telas sintéticas, cauchos, gomas, látex...



Ilustración 35: Instalación de una caldera de gasoil producto derivado del petróleo. Fuente encoser.

1.2.2.2. Ventajas e inconvenientes

Las ventajas que encontramos en el petróleo son las siguientes:

- Es un material muy versátil, del cual se pueden extraer infinidad de elementos como plásticos, gasolina...
- Los derivados del petróleo se utilizan para satisfacer las necesidades de energía del mundo.
- Muchos de los fertilizantes sintéticos provienen del petróleo.



Estado del arte y antecedentes

Y cuenta también como una serie de inconvenientes en los que se encuentran:

- Posee un alto precio y es caro en comparación con otras energías como las renovables.
- La extracción de este supone un riesgo ecológico y medioambiental.
- La quema del petróleo produce óxidos de nitrógeno que dan lugar a la lluvia ácida.
- Es necesario disponer de un lugar seguro para poder almacenarlo.
- La materia prima del petróleo tiene que ser sometido a una serie de procesos de destilación antes de su uso.
- La transformación a la que se ve sometido lleva consigo el efecto invernadero y un aumento del calentamiento global.
- Es una fuente de energía agotable.
- Produce una alta contaminación por la cantidad de CO₂ que se desprende a la atmósfera al quemar combustibles fósiles.

1.2.3. Gas natural

El gas natural consiste en una energía fósil que se libera por combustión. Está formada por hidrocarburos gaseosos ligeros, dependiendo del lugar donde se realice la extracción se diferencian los yacimientos independientes formados por gas no asociado y yacimientos petrolíferos o de carbón en este caso el gas es asociado a otros hidrocarburos o gases.

Las reservas que en 2.013 se calculan para abastecimiento de gas natural supusieron una duración de 55 años ya que cuentan con 185,7 billones de metros cúbicos.

La mayor cantidad de estas se encuentra en Oriente Medio contando con un 43% de la totalidad mundial seguida de Asia Central con un 31%.



Estado del arte y antecedentes

Su composición puede variar dependiendo del yacimiento pero en un 79-97% se compone de gas metano, a parte de este también está formado por etano 0,1-11,4%, propano 0,1-3,7%, butano <0,7%, nitrógeno 0,5-6,5%, dióxido de carbono <1,5%, impurezas y trazas de hidrocarburos más pesados.

Se produce una separación de algunos gases cuando se extrae debido al bajo poder calorífico, condensación en los gaseoductos o dificultad en el proceso de licuefacción de gases.

También en el propano, butano y otros hidrocarburos se produce la separación a causa de que en caso de no hacerlo se presentarían problemas en la combustión haciendo que no resulte eficiente y segura. Estas razones son iguales a la evaporación del agua ya que a altas presiones se crean hidratos de metano que obstruyen los gaseoductos. Para evitar la corrosión, formación de olores y emisiones de dióxido de azufre por la combustión se depuran los derivados de azufre hasta concentraciones muy bajas.

Si el uso que va a cubrir es doméstico se le añaden mercaptanos encargados de detectarlo mediante el olfato en caso de fuga.

1.2.3.1. Uso y aplicaciones

Su extracción se remonta al siglo XIX, en sus primeros usos se utilizaba para la iluminación, más tarde para calefacción, agua caliente sanitaria y metalurgia, esta última en la industria. A medida que la capacidad de extracción y transporte aumentaba lo hacían también sus usos, en la actualidad son:

- Calefacción de edificios y procesos industriales, a través de calderas.
- Agua caliente sanitaria en el sector residencial.
- Centrales eléctricas de alto rendimiento, como ejemplo las de ciclo combinado gas-vapor.
- Centrales de cogeneración que por producción de electricidad y calor alcanzan altos rendimientos.
- Gas natural vehicular se encuentra en forma de gas natural comprimido y gas natural licuado y su uso se da en camiones, autobuses o buques.
- Pila de combustibles para generar energía eléctrica en vehículos de hidrógeno.



Estado del arte y antecedentes

En comparación con otros combustibles resulta fácil su extracción, su licuefacción se desarrolla por la acción de la compresión y refrigeración a bajas temperaturas. Cuando se encuentra en este estado es más fácil su transporte a largas distancias.

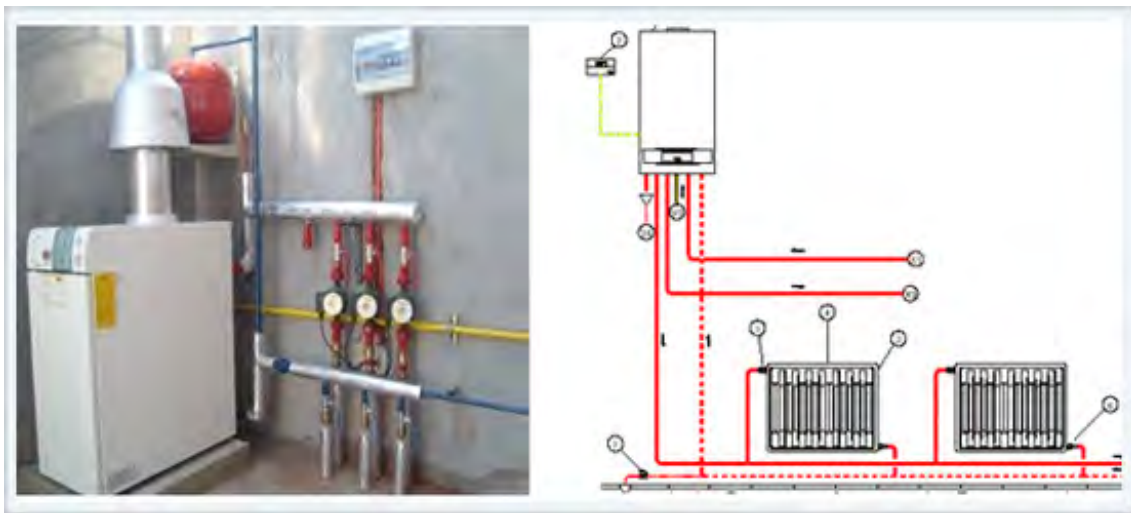


Ilustración 36: Imagen y esquema de una instalación doméstica de gas natural. Fuente isoingenieria.

1.2.3.2. Impacto ambiental

Al tratarse de una fuente de energía no renovable conlleva una serie de inconvenientes entre los que se encuentran los relacionados al impacto ambiental. Al producirse una combustión se expulsa CO_2 causando calentamiento global por parte de un gas de efecto invernadero.

Es cierto que la producción de gases de efecto invernadero es menor en este combustible que en otros fósiles, su quema es más limpia, eficiente y segura, sin producción de dióxido de carbono ni partículas sólidas.

La explicación por la que la producción de CO_2 es menor se basa en que el metano como principal componente se forma por cuatro átomos de hidrógeno por cada uno de carbono, provocando la formación de dos moléculas de agua por cada una de CO_2 . En cambio los hidrocarburos de cadena larga producen una de agua por cada una de CO_2 .

Cuando si que es relevante el efecto invernadero a causa de estos gases es cuando se producen fugas en pozos, puesto que el metano supone 23 veces más el efecto invernadero que el dióxido de carbono.



1.2.3.3. Ventajas e inconvenientes

El gas natural cuenta con una serie de ventajas que se resumen en:

- Combustible con un alto poder calorífico, llegando a alcanzar en Argelia valores de 10,67 kWh/Nm³.
- Para el usuario resulta fácil su acceso ya que llega el suministro hasta el lugar de utilización.
- Mantiene un precio competitivo frente a combustibles similares.
- Su uso dista a multitud de aplicaciones, generación de calor, calefacción, agua caliente, en cocinas industriales y hornos, generación de frío en instalaciones refrigeradoras.

También cuenta como una serie de inconvenientes como:

- Fuente de energía agotable y posible agotamiento de esta en un futuro.
- Emisiones de metano ante posibles fugas en su transporte.
- Produce gases de efecto invernadero dañinos al impacto ambiental tanto en su transporte como en su uso.
- Produce un gran impacto ambiental aun siendo menor que con el petróleo o el carbón.
- No es una fuente de energía renovable.
- Resulta difícil su almacenamiento.
- Ocupa un gran espacio siendo mayor que en formatos líquidos o sólidos, por lo que se crea la necesidad de comprimirlo a presiones muy altas o licuado a temperaturas bajísimas, suponiendo un gasto energético extra.



2. Análisis científico

2.1. Evolución energética

Durante los últimos años se ha producido un incremento en la evolución energética debido al desarrollo de la eficiencia dada por parte de las energías renovables. Todo esto ha llevado a una cantidad muy numerosas de estudios basados en estos temas dando los motivos por los que se ha producido esta evolución.

Para ser conscientes de ello tenemos en nuestra mano diferentes buscadores capaces de encontrar los artículos desarrollados por investigadores con una base de datos amplia a lo largo de muchos años. Si queremos expandir aun más la búsqueda debemos de hacerlo utilizando términos en inglés, ya que este idioma abarca muchos más contenidos.

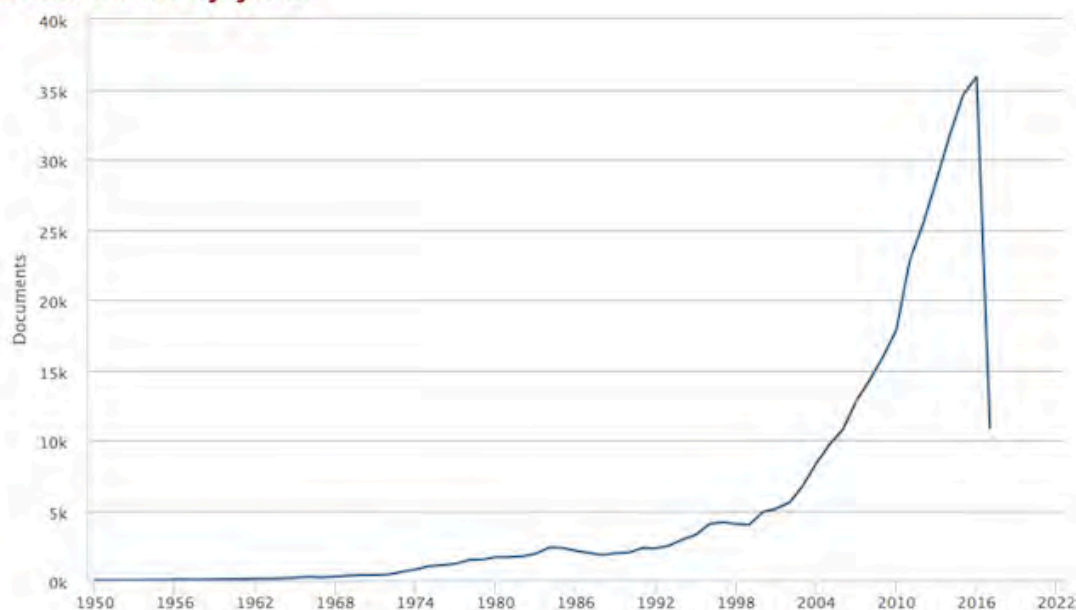
Se ha utilizado como buscador el Scopus, que además de la información añade gráficos temporales sobre la repercusión que han tenido noticias relacionadas con ese tema. En nuestro caso las palabras clave para encontrar el tema que mas nos interesa han sido:

- "Energy efficiency" (Eficiencia energética).
- "Renewable energies" (Energías renovables).
- "Biomass" (Biomasa).
- "Biomass buildings" (Biomasa en edificios).

El primer término que se insertó fue "Energy efficiency" y se obtuvo el análisis de la búsqueda de resultados de los últimos años en forma de gráfica.



Documents by year



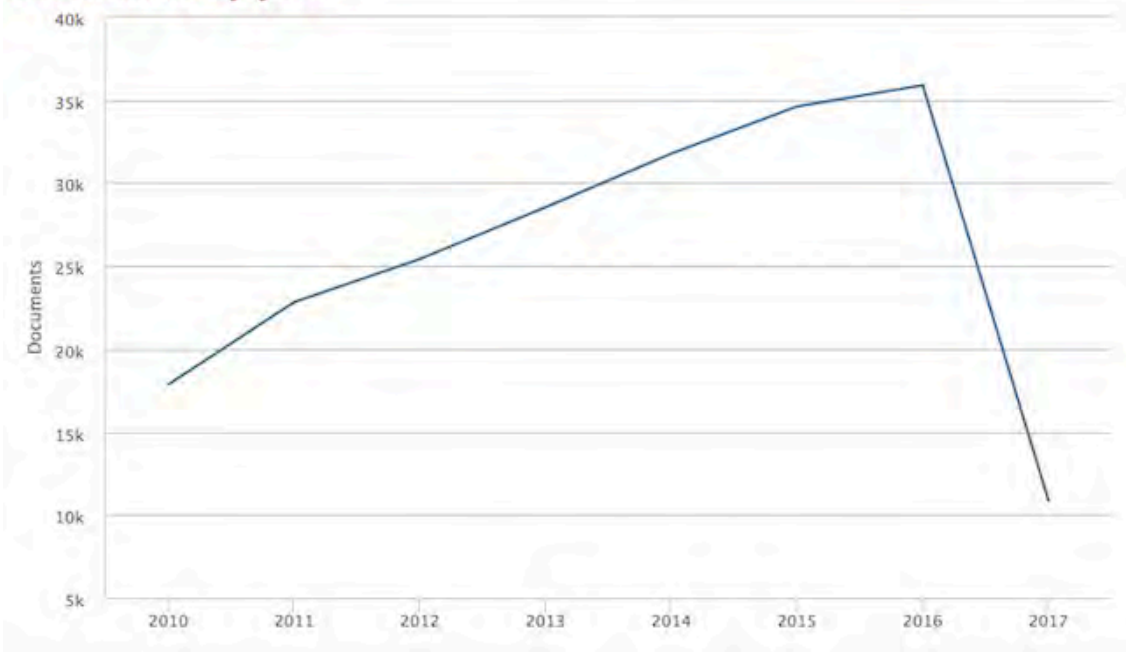
Gráfica 3: Análisis de la búsqueda de "Efficiency energy" desde el año 1.950 hasta la actualidad. Fuente: Scopus

En la primera gráfica abarca desde 1.950 hasta el 2.017, en ella se observa como desde 1.950 hasta 1.972 las búsquedas de este término son casi inexistentes con hasta menos de 100 artículos por año, esto empieza a cambiar a partir de este último año, lo hace de una forma lenta y progresiva empezando a alcanzar cifras mayor de 1.000 artículos por año hasta la entrada del año 2.000 en el que se disparan las investigaciones y solo hacen que subir la gráfica llegando su punto máximo al año 2.016 con 35.888 documentos, lo que denota un gran interés por este tema en nuestros días.

Si queremos ver el progreso de la "Efficiency energy" en los años más cercanos a nuestra actualidad podemos acortar la gráfica para que nos muestre los datos obtenidos desde el año 2.010, este coincidente con la máxima evolución de este término.



Documents by year

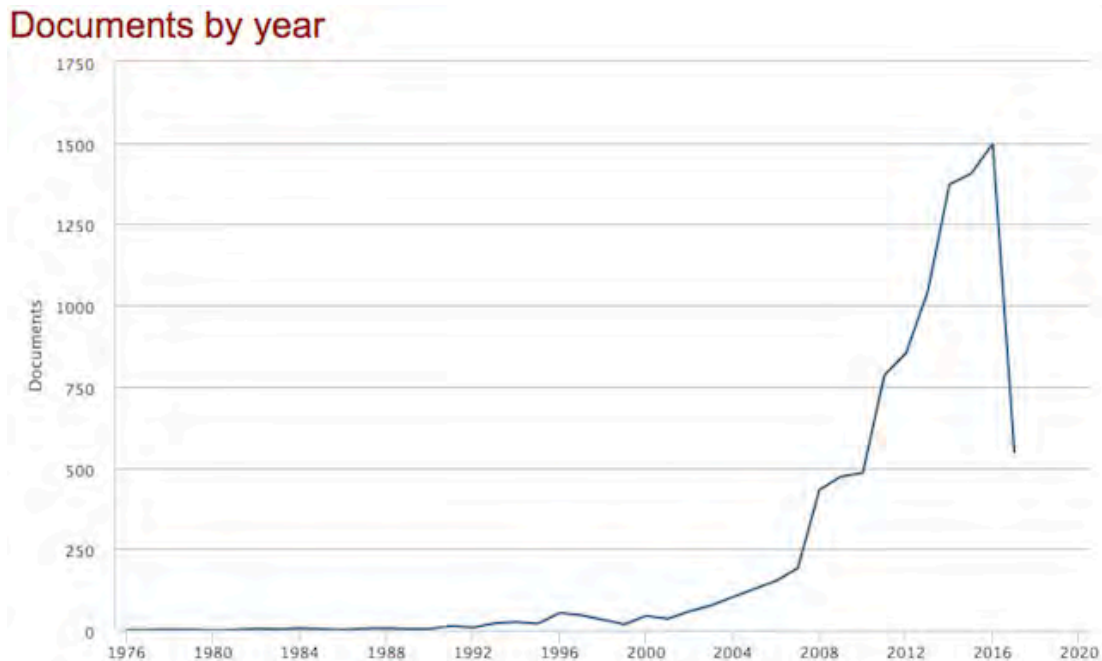


Gráfica 4: Análisis de la búsqueda de "Efficiency energy" desde el año 2.010 hasta la actualidad. Fuente: Scopus

En esta gráfica se observa mejor la evolución sufrida en los últimos años, como los artículos no bajan de 17.000 y como se encuentra en continuo avance hasta el año 2.016 en el que se consiguen la mayor cantidad de documentos.

El segundo término que se introdujo en la búsqueda fue "energy renewable", este término es más actual que el anterior y contiene menos artículos, los primeros que encontramos son en el año 1.970 pero no es hasta el 2.007 cuando la cantidad de investigaciones supera los 1.000 artículos por año, también ha estado en constante crecimiento siendo el año 2.016 el que superó las cifras con 8.349 artículos.

El crecimiento de estos ha sido similar en el tiempo ya que son términos que se complementan y en muchas ocasiones van unidos.



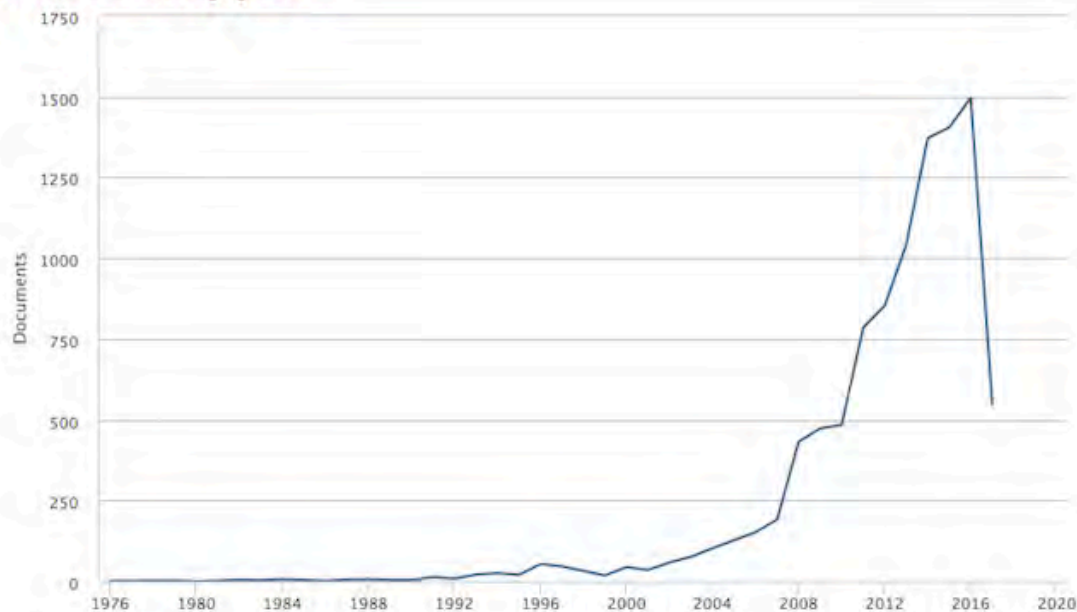
Gráfica 5: Análisis de la búsqueda de "energy renewable" desde el año 1.976 hasta la actualidad. Fuente: Scopus

Por último se busco el término "biomass" ya que dentro de las energías renovables es la que más nos interesa, y encontramos en esta una gráfica similar a la de "energy renewable", aunque con un porcentaje menor de cantidad de publicaciones, ya que sus comienzos se dan en la década de 1.970 pero son casi nulas hasta finales de la década del 2.000, es a partir de este año cuando se incrementan las informaciones sobre esta energía, aunque lo hacen lentamente siendo el año 2.016 el que más artículos produjo con 1.487 documentos.



Estado del arte y antecedentes

Documents by year



Gráfica 6: Gráfico 6: Análisis de la búsqueda de "Biomass" desde el año 1.976 hasta la actualidad. Fuente: Scopus

En general se puede ver como los tres términos han creado su auge en los últimos años y han evolucionado de forma similar, por lo que ambos se encuentran conectados entre sí.



2.2. Artículos científicos

- **Título:** Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zer-energy buildings during the past decade
- **Artículo:** Tianjin Key Lab of Indoor Air Environmental Quality Control, School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin, China
- **Autores:** Liu, J.; Tianjin University, Tianjin, China
- **Fecha:** 14 de Septiembre del 2016
- **Base de datos:** Scopus.

Este artículo trata sobre el consumo energético en los edificios que representa un 40% del consumo mundial en los Estados Unidos y la Unión Europea, esto es debido al aumento de población, del confort interior de la vivienda, de la construcción y del cambio climático global.

Los ahorros que se pueden llevar en edificios correctamente diseñados, construidos y operados suponen la eficiencia energética, que dará lugar a la disminución de emisiones de carbono y la del cambio climático global.

Los informes energéticos coinciden en que el problema se encuentra en el uso final de la energía y el combustible utilizado. Para combatir con esto se introduce el concepto "the zero-energy building" (ZEB) que consiste en: tecnologías pasivas de ahorro de energía, sistemas de servicio energético eficientes y tecnologías de producción de energía renovable.

Lo que la publicación expone es la viabilidad de estas tecnologías junto con el uso de la energía en un edificio en el futuro. Y llega a la conclusión de que el cambio climático tiene un impacto en el rendimiento energético de la construcción destacando la calefacción y refrigeración de los espacios. Para reducir los niveles de consumo de estos se propone la mejora de la envolvente y la ventilación.



Estado del arte y antecedentes

- **Título:** Primary exergy efficiency-effect of system efficiency environment to benefits of exergy savings.
- **Artículo:** Aalto University, School of Engineering, Department of Energy Technology, P.O. Box 14400, Aalto, Finland
- **Autores:** Laukkanen, T.P.
- **Fecha:** 6 de Abril del 2015
- **Base de datos:** Scopus

El artículo expone como si queremos hacer a la sociedad más sostenible debemos mejorar el rendimiento energético, para analizarlo utilizamos la segunda ley de la termodinámica, basada en el análisis exergético.

Con este análisis encontramos las pérdidas termodinámicas, con el cual podemos disminuir las pérdidas de exergía que trae como consecuencia la disminución de insumos exergéticos y costos de producción. También es usado para estudiar el ciclo de vida de un proceso o producto. Es importante poseer métodos de análisis de eficiencia que desarrollen el sistema o proceso estudiado y el entorno que lo rodea.

El objetivo consiste en exponer un método en el que toda la cadena energética no necesita ser modelada, pero aún así el efecto de mejora o cambio es analizado para toda la cadena. A esto lo llamamos PeXa, y se trata de una combinación de análisis de exergía y análisis de energía primaria.

A la vez se muestra como el entorno del ambiente afecta al beneficio de los ahorros de exergía en el sistema dependiendo de la producción de exergía que se reemplace. Se utiliza una red de calefacción urbana (DH) con distintas unidades de producción y diferentes exergías para demostrarlo. La conclusión consiste en diferentes resultados asumiendo que el objetivo es considerar los efectos de la energía primaria de la sociedad. Considerando esto las empresas y sociedades pueden dirigir recursos limitados a empresas para que estas maximicen los ahorros primarios de exergía.



Estado del arte y antecedentes

- **Título:** An experimental study of a thermoelectric heat exchange module for domestic space heating
- **Artículo:** School of Architecture Planning & Landscape, Newcastle University, Newcastle upon Tyne, United Kingdom
- **Autores:** Carlos Calderon
- **Fecha:** 2017
- **Base de datos:** Scopus

El trabajo pretende desarrollar un sistema de calefacción termoeléctrico (TE) alimentado por energía renovable que reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero.

Se sugiere que los módulos termoeléctricos se utilicen para el calentamiento de interiores con electricidad renovable. Los resultados obtenidos fueron en el laboratorio 19-21°C y en un entorno de baja temperatura 1-5°C, lo que demuestra la capacidad de lograr diferencia de temperaturas con los módulos alcanzando el confort.

También proponen una eficiencia aceptable de la bomba de calor para la aplicación de calefacción doméstica. Para lo cual se introduce en la aplicación módulos termoeléctricos en una terraza de antes del año 1.900 utilizando energía solar y eólica, los resultados mostraron un ahorro de energía del 64,03%, una reducción de CO₂ de 4.305,40 kg/año usando un radiador de electricidad genérico para la calefacción de espacio doméstico y un promedio de COP de calefacción de 1,8.



Estado del arte y antecedentes

- **Título:** Understanding the uneven diffusion of building-scale renewable energy systems: A review of household, local and country level factors in diverse European countries
- **Revista:** National Consumer Research Centre, University of Helsinki, Finland
- **Autores:** Heiskanen, E.
- **Fecha:** 2017.
- **Base de datos:** Scopus.

Se expone la necesidad de conseguir un carbono nulo-cero en Europa en los edificios a través de energía renovable. Para ello destacan cuatro tecnologías: bombas de calor, energía solar fotovoltaica, sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria y calefacción, y calefacción avanzada por biomasa.

El problema radica en que en Europa hay diferentes grados de madurez y de investigación sobre los criterios de inversión de los hogares.

Para buscar soluciones energéticas por medio de las energías renovables en edificios se proponen las siguientes preguntas:

- ¿Cómo podemos generalizar los criterios de adopción en los hogares de un país a otro?
- ¿Qué perspectivas ofrece la literatura sobre los factores que pueden explicar las diferencias en los patrones entre los países europeos?



2.3. Conclusiones basadas en el análisis científico

El objetivo que queremos implantar en nuestro futuro es el de conseguir un desarrollo sostenible a base de tener la misma calidad de vida o incrementarla, para ello el compromiso activo de los ciudadanos consta en explotar los recursos energéticos disponibles como primer paso, lo cual ofrece el resultado de una vida sostenible, económica, social y medioambiental.

Los artículos intentan avanzarse al futuro que nos espera, para ello debemos surtirnos del abastecimiento energético del que disponemos con el que reducimos las emisiones de CO₂.

La implantación de estas alternativas se deben de dar en nuestro ámbito diario como son los hogares o las ciudades, sobre todo estas ultimas cobran gran importancia ya que se calcula que en el año 2.050 un 85% de la población residan en ellas, por lo que se crea el nombre de "Smart city".

Este término se introduce en nuestras vidas como el causante de un desarrollo económico sostenible que hace buen uso de los recursos naturales por la colaboración participativa de los ciudadanos.

Como el tema que nos incumbe son los edificios, debemos de saber que para alcanzar su máxima eficiencia se deben introducir las energías renovables, no solo para encontrar el ahorro económico sino que el principal objetivo será la reducción de las emisiones y el impacto sobre el medio ambiente, ligado a esto se encuentra la reducción de la dependencia energética ya que nuestro país contiene la posibilidad de funcionar con energías limpias.

La energía de la biomasa es una de las que más se adapta a nuestras características siendo una buena generadora de calefacción, obteniendo un elevado ahorro energético y eficiencia.



3. Certificación energética en edificios

Está exigencia impuesta por la Directiva 2010/31/EU, aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios, tanto de nueva construcción como existentes.

Certificado que indica mediante una etiqueta calificada desde la A hasta la G, una clase energética siendo la primera la más eficiente y la última la menos.

En agosto del 2016 se crea una nota informativa en la que expone la necesaria convergencia de la certificación energética con el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de Edificación (CTE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), que obligo a a la revisión del procedimiento utilizado para la calificación de la eficiencia energética del edificio. Hubo que proceder a la definición de un marco que adecuara la certificación al permanente avance técnico e innovación en el sector de la edificación.

Los cambios introducidos son:

- Indicador de consumo de energía, el de energía primaria no renovable correspondiente a la sección HE 0 del DB HE.
- Datos climáticos y escalas de calificación, se unifican los datos climáticos con los expuestos en el DB HE, y se corrigen las escalas para que se adapten a los nuevos climas, manteniendo la fijación de los límites de las diferentes clases.
- Factores de paso, se implementan los factores aparecidos en el Documento RITE, "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios de España".
- Sistemas de sustitución, se adecuan a las exigencias reglamentarias aparecidas en el RITE.
- Niveles de ventilación en edificios de viviendas, acordes a las condiciones reales de uso.

Los nuevos programas encargados de realizar el certificado deben generar un archivo digital en formato XML, que contenta todos los datos y se debe aportar en el momento del registro.



Estado del arte y antecedentes

La versión nueva de programas válidos para realizar la certificación energética son:

- CE3X versión 2.1.
- CE3 versión 2375.1015.
- HULC versión 20151113 (LIDER/CALENER)
- CERMA versión 4

3.1. Programas para la certificación energética

3.1.1. CE3X y CE3

Programa creado por Efinovatic y el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), programa cuya propiedad pertenece al Ministerio de energía, Industria y Trabajo y es gratuita, encargada de definir los sistemas de los edificios, realizar cálculos de consumo y como conclusión obtiene la certificación energética del edificio. Presenta resultados de la demanda de energía final y primaria y de emisiones de CO₂.

Los edificios a los que abarca son residenciales, tanto en vivienda como en bloque, pequeño, mediando o gran terciario, obteniéndose sobre ellos una calificación desde "A" hasta "G".

El CE3X dispone de muchos filtros con los que el técnico certificador puede encontrar las características del espacio que está calculando para dar posibles entradas de los datos del edificio. De esta forma, queda definida tanto la envolvente térmica como las instalaciones por medio de valores conocidos, estimados o por defecto. Una vez introducidos el programa automáticamente los va comparado con la base de datos que ya posee.

La aplicación va evolucionando a la vez que lo hace el sector, por lo que mediante actualizaciones se descargan complementos que permiten estar al día en la materia.



Estado del arte y antecedentes

Edificios del gran terciario

	Gana	Coincide	Pierde 1	Pierde 2
A3	0.67%	67.46%	31.57%	0.31%
A4	0.05%	65.81%	33.98%	0.16%
B3	0.00%	52.23%	45.57%	2.20%
B4	0.00%	52.00%	46.30%	1.70%
C1	0.42%	69.02%	30.45%	0.12%
C2	0.03%	62.86%	36.62%	0.49%
C3	0.05%	60.71%	38.08%	1.15%
C4	0.16%	64.97%	34.45%	0.42%
D1	0.11%	59.60%	38.40%	1.89%
D2	0.03%	57.04%	40.29%	2.63%
D3	0.00%	56.79%	41.48%	1.72%
E1	0.02%	44.40%	36.08%	19.50%
Promedio	0.13%	59.41%	37.77%	2.69%

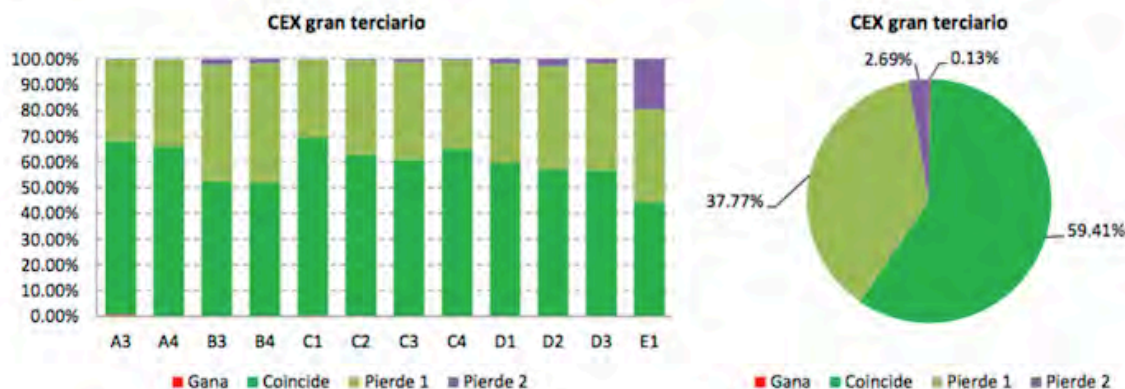


Ilustración 37: Ejemplo de resultados de certificación energética por programa CE3X. Fuente MINETAD

La aplicación CE3 resuelve los mismos problemas que la CE3X solo que en este caso lo hace sobre edificios existentes.

3.1.2. LIDER/CALENER

Esta aplicación está patrocinada por el Ministerio de Vivienda y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Se compone de dos partes la primera, LIDER, es la encargada de verificar que el edificio que se está estudiando cumple con la normativa vigente, de la Limitación de demanda energética (HE 1) establecida en el Documento Básico de Habilidad y Energía del Código Técnico de la Edificación, y calcular la demanda del edificio y la compara con otro edificio de referencia que cumple las condiciones expuestas en el CTE.



Estado del arte y antecedentes

Su uso consiste en la introducción de la geometría del edificio junto con sus características constructivas y operacionales siguiendo el documento de la Limitación de demanda energética en el que se expone la zona climática, higrometría..., siendo el programa el que se encarga de comprobar que se cumplen los requisitos expuestos en el CTE.

Los resultados marcan la comparativa de la demanda de calefacción y refrigeración con el edificio de referencia. Se muestran mediante barras en la que en la derecha y de color azul se representa el edificio de referencia y a la izquierda en color rojo o verde, dependiendo de si cumple o no la normativa, el edificio estudiado. A su vez aparecen los resultados por departamentos y en cada uno de ellos la información detallada.

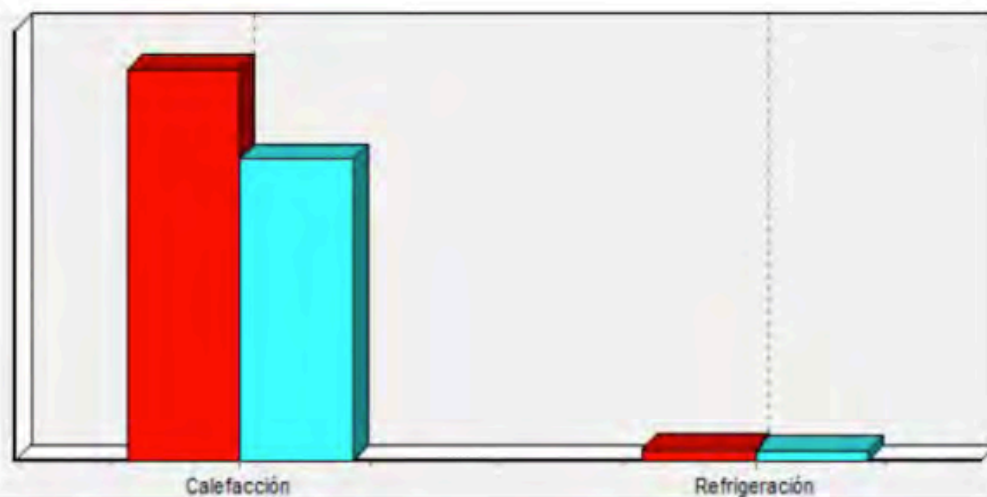


Ilustración 7: Resultados LIDER,

Ilustración 38: Gráfica de resultados del programa LIDER. Fuente: certificados energéticos.

Tabla 5: Tabla de resultados del programa LIDER por espacios. Fuente: certificados energéticos.

Espacios	Área (m ²)	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P02_E01	94,3	1	99,9	121,1	0,0	0,0
P03_E01	94,3	1	100,0	138,7	100,0	119,6

Ilustración 8: Resultados LIDER por espacios



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO "SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"



Estado del arte y antecedentes

La segunda aplicación se trata del programa CALENER, se trata de una aplicación informática gratuita disponible en la página del CTE. El alcance de esta se limita a los edificios de viviendas y edificios terciarios pequeños y medianos.

Los pasos que sigue el programa son:

- Realizar un estudio sobre el sistema de acondicionamiento instalado en el edificio.
- Recopilar información relativa al dimensionado: los equipos, las unidades terminales y factores de corrección.
- Introducir el archivo de definición geométrica y constructiva.
- Definir la demanda de agua caliente sanitaria (ACS), los factores de corrección, los equipos unidades terminales requeridos.
- Calcular la calificación.

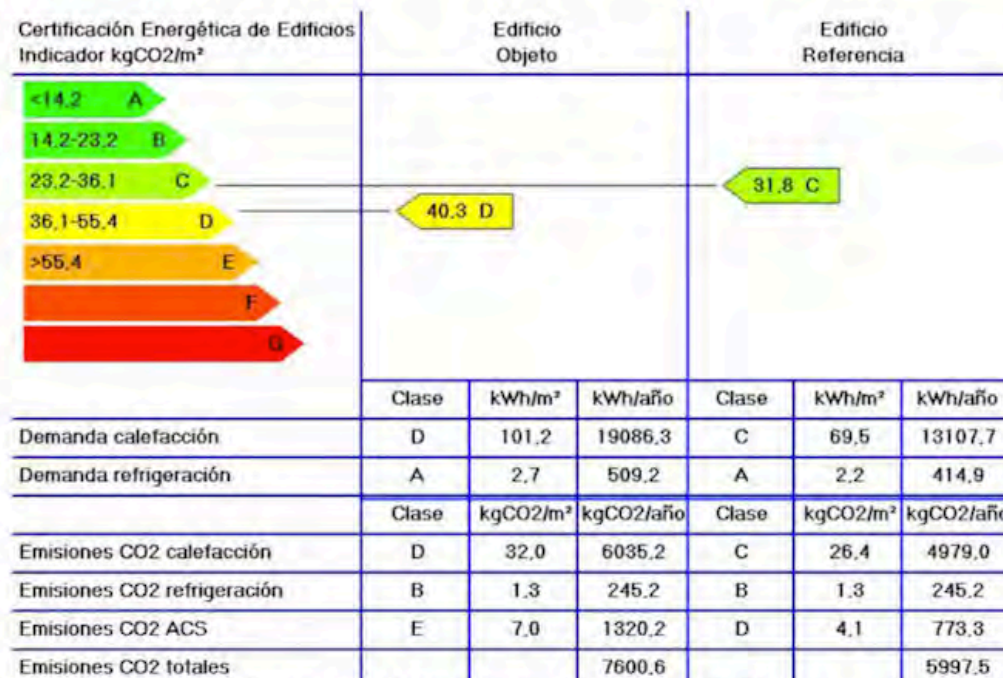


Ilustración 11: Resultados CALENER VYP

Ilustración 39: Resultados del programa CALENER. Fuente: certificados energéticos.



3.1.3. CERMA

Este programa fue desarrollado por el IVE junto con ATECYR y reconocido por el Ministerio de Energía. El campo que abarca son edificios de uso residencial, tanto viviendas unifamiliares, edificios de viviendas en bloque y viviendas individuales dentro de un bloque de viviendas.

Permite verificar el cumplimiento de las diferentes secciones del Código Técnico de la Edificación del Documento básico de ahorro de energía (DB HE). Se encarga de esta forma de completar los siguientes apartados:

- Limitación del consumo energético, por medio de gráficas comparativas con un edificio modelo.
- Limitación de la demanda energética, en este caso se encarga de la calefacción y refrigeración, a la vez que comprueba que no supera los valores máximos de transmitancia térmica de los diferentes elementos de la envolvente térmica.
- Rendimiento de las instalaciones térmicas, calculando el valor de la demanda sensible por servicio de calefacción, refrigeración y ACS. Y en forma de gráfico presenta el consumo de energía final, emisiones de CO₂, energía primaria total, energía primaria renovable y energía primaria no renovable.
- Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación y contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

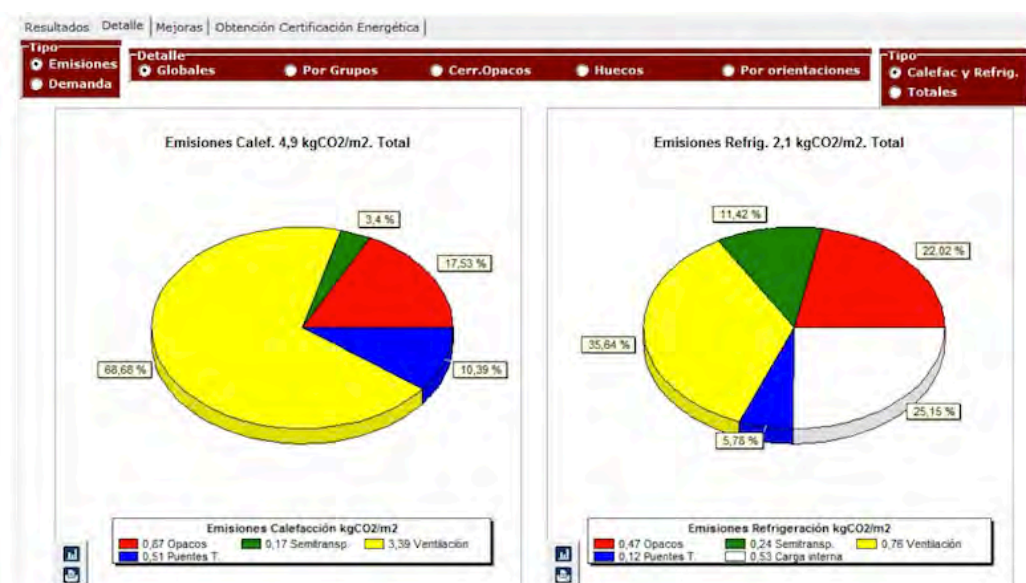


Ilustración 40: Resultados del certificado energético del programa CERMA. Fuente: certificados energéticos.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA



***PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"***

ANEJO 4: Emplazamiento y estudio del medio



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio



Emplazamiento y estudio del medio

1. Emplazamiento	3
1.1. Ubicación del centro	4
2. Estudio del medio físico	6
2.1. Climatología	6
2.2. Radiación solar	7
2.3. Régimen pluviométrico	10
2.4. Régimen termométrico	12
2.5. Vientos	14
2.6. Días de nieve, granizo, tormenta y niebla	16
2.7. Tensión del vapor. Humedad relativa. Evaporación	16
2.8. Calidad del aire	16
2.9. Geología y geotecnia	17
2.10. Geomorfología	20
2.11. Tectónica	21
2.12. Puntos de interés geológico	21
2.13. Hidrología	23
2.13.1. Hidrología superficial	23
2.13.2. Hidrología subterránea	25
2.14. Diagnóstico del medio físico	27
3. Medio Social	28
3.1. Características sociales	28
3.1.1. Demografía	28
3.1.2. Estructura demográfica	29
3.1.2.1. Distritos	29
3.1.2.2. Distribución espacial por edades	31
3.1.2.3. Distribución de la población por sexos	32
3.1.2.4. Natalidad y fecundidad	33
3.1.2.5. Conclusiones	33
3.1.3. Origen de la población y migraciones	33
3.1.4. Estructura socioeducativa	34
3.2. Características económicas	35
3.2.1. Distribución de la población activa por sectores	36
3.2.1.1. Sector primario	37
3.2.1.2. Sector secundario	37
3.2.1.3. Sector terciario	37
3.2.2. Tasa de actividad	37
3.2.3. Tasa de paro	38



1. Emplazamiento

Santander, una ciudad costera al norte de la Península Ibérica. Posee un clima oceánico, húmedo y con temperaturas moderadas, debido a los vientos del océano Atlántico que se forman al chocar contra las montañas.

Santander tiene su máxima cota en Peñacastillo con 139 msnm y la mínima situándose al nivel del mar. Cuenta con 173.957 habitantes. El municipio limita con el mar Cantábrico al Norte, con la bahía homónima tanto al Este como al Sur y al Oeste con el municipio de Santa Cruz de Bezana.

Los datos más relevantes se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 1: Datos más relevantes sobre la ciudad. Fuente Wikipedia. Elaboración propia.

Datos	Santander
Lema	<i>La muy noble, siempre leal, decidida, siempre benéfica y excelentísima.</i>
País	España 
Comunidad Autónoma	Cantabria 
Provincia	Cantabria 
Comarca	Santander 
Partido judicial	Santander 
Capital	Santander 
Ubicación	43°28'00" N 3°48'00"O
Altitud	8 msnm
Superficie	34,76 km ²
Población	173957 hab.
Zona Climática (CTE)	C1

El turismo es una pieza clave en la ciudad, los habitantes de las regiones de Castilla y León, Asturias y el País Vasco son los que más tiempo pasan en la ciudad. Las conexiones con el extranjero son mediante Ferry, que conecta Santander con Plymouth y Portsmouth, y de forma aérea. La playa del Sardinero y La Península de la Magdalena son dos de los destinos más visitados de la ciudad.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio**



1.1. Ubicación del centro

El colegio Sagrado Corazón Esclavas se encuentra en Santander, capital de la provincia de Cantabria. Concretamente en la avenida Pérez Galdós 41, 39005.



Ilustración 1- Localización del centro dentro de Cantabria. Fuente Wikipedia.



Ilustración 2: Colegio Sagrado Corazón Esclavas. Fuente Google Maps.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
“SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS”
Emplazamiento y estudio del medio



La llegada hasta el colegio se realiza fácilmente, ya que se encuentra en una zona muy bien comunicada de la ciudad, y las calles que llevan a él son de las más conocidas y transitadas.

Vamos a explicar como llegar hasta él desde los diferentes puntos de la ciudad, tanto si vas andando, en coche o en transporte público, este último muy bien conectado ya que la mayoría de las líneas pasan por ahí.

En el caso de localizarnos por el centro, nuestro camino irá por la Avenida de la Reina Victoria, bordeando la ciudad a través de la playa de Peligros, con unas constantes vistas al mar, al llegar al final de esta playa, tanto transeúntes como aquellos que se dirijan en autobús, deben subir una cuesta por la calle Arquitecto Javier González que los dejará en la puerta de colegio, en el caso de ir en coche, simplemente deben seguir la carretera hasta pasar la Magdalena, y subir en la siguiente cuesta por la calle Avenida Pérez Galdós.

Si por el contrario nos encontramos en la zona Este de Santander, la ruta no contará con transporte público, pero una vez situados en la rotonda del Alto de Miranda, el tramo mucho mas corto, ya que llegamos directamente a la Avenida Pérez Galdós que nos lleva directamente al colegio.

Y por último si nuestro camino empieza en el Sardinero, solo tendremos que bordear las playas de La Primera y La Segunda, y subir las tres cuestas de la calle Duque Santo Mauro. De esta forma localizamos el colegio Esclavas del Sagrado Corazón.

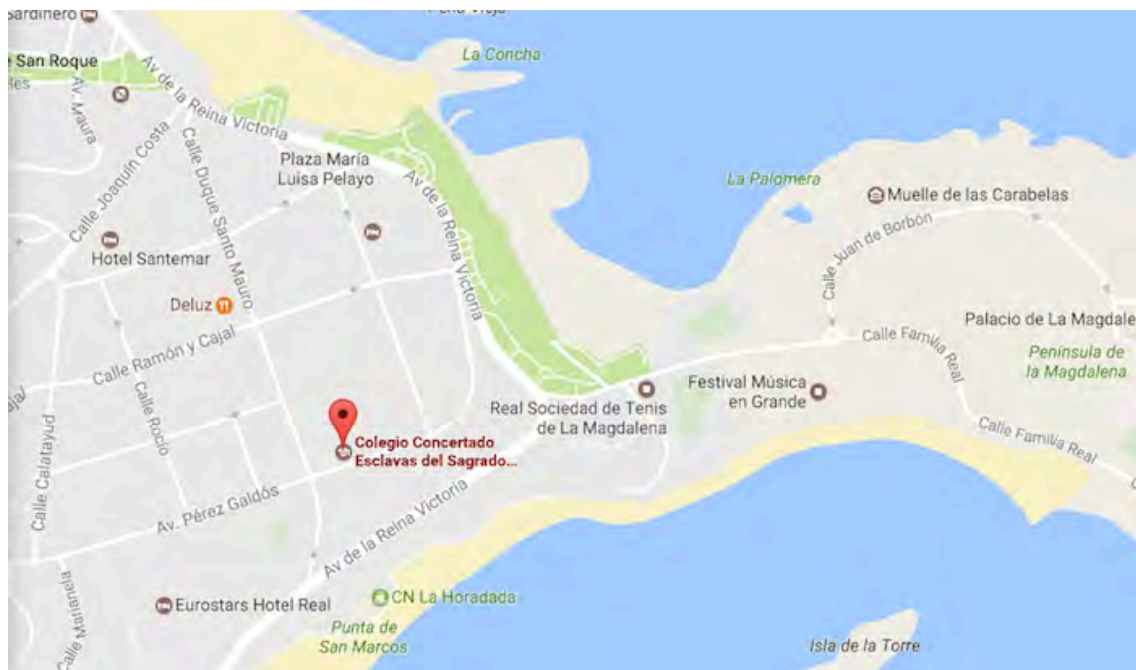


Ilustración 3: Localización del colegio Esclavas del Sagrado Corazón. Fuente Google Maps.



2. Estudio del medio físico

En el estudio del medio se analizarán los factores más determinantes para el conocimiento sobre la capacidad de Suelos Urbanos o Urbanizables.

El medio físico se encarga de estudiar el territorio municipal. Para ello se llevará a cabo el análisis del clima en el municipio, la calidad del aire, situación fónica y geología y geotecnia de los materiales que se encuentren más presentes en los terrenos, la orografía y las pendientes, y la hidrología superficial.

2.1. Climatología

Para analizar la climatología en la ciudad vamos a basarnos en los datos siguientes obtenidos de las estaciones meteorológicas.

Tabla 2: Estaciones meteorológicas consultadas. Fuente: Elaboración propia

Nº ID	ESTACIÓN	CÓDIGO	Nº DE AÑOS CON DATOS	COOR. (LONGITUD)	COORD. (LATITUD)
1	Parayas "Aeropuerto"	1109	1961-1999	03:49:10W	43:25:42N
2	Santander "Centro"	1110	1961-1997	03:49:10W	43:27:53N
3	Santander-Ojaiz	1112E	1977-1999	03:52:47W	43:26:30N

Cuenta con un clima suave, la oscilación térmica de las temperaturas medias es de 10°C, por lo que es baja. Es una de las zonas más lluviosas de España, habiendo precipitaciones durante todo el año, aunque con más abundancia en primavera y otoño.

La humedad es tan elevada que puede llegar a alcanzar el 90%. Los veranos son templados, sin episodios extremos de calor normalmente. Los inviernos tampoco son demasiados fríos ya que rara vez la temperatura es menor de 0°C, al igual que la nieve que tiene un promedio de una vez al año. Es decir, su media en agosto es de 24,2°C y 5,7°C en febrero.

Durante el otoño y el invierno, es frecuente el viento Sur, que provocan altas temperaturas y poca humedad.

En la siguiente tabla se muestra los datos recogidos desde el Observatorio del Aeropuerto de Santander desde 1981 hasta 2010 en la que se recogen los datos explicados anteriormente divididos mes por mes.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio



Tabla 3: Parámetros climáticos promedios de Observatorio del Aeropuerto de Santander. Fuente Wikipedia. Fuente: Elaboración propia.

MES	E	F	M	A	MA	J	JU	AG	S	O	N	D	ANUAL
T. Máx. Abs. (°C)	25,1	20	31,3	30,6	36,8	37,8	37,2	37,3	37,6	33,5	30	25,4	37,8
T. Máx. Med. (°C)	13,6	13,8	15,7	16,6	19,1	21,6	23,6	24,2	22,8	20,3	16,3	14,2	18,5
T. Med. (°C)	9,7	9,8	11,3	12,4	15,1	17,8	19,8	20,3	18,6	16,1	12,5	10,5	14,5
T. Mín. med. (°C)	5,8	5,7	7	8,3	11,1	13,9	16	16,4	14,4	11,8	0,7	6,7	10,5
T. Mín. abs (°C)	-5,4	-5,2	-3	0,6	2,6	5,6	6	6	2,8	1,4	-3,5	-5,2	-5,4
Precip. (mm)	106,2	92,2	87,9	102,2	78	58,2	52,4	73,4	83,1	119,8	157,1	118,4	1129
Días de precip.	12,3	11,1	9,9	11,9	10,4	7,6	7,3	7,6	8,9	11,1	13,3	12,1	123,6
Días de nieve	0,4	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,9
Horas de sol	85	100	130	140	172	170	180	180	160	120	93	75	1649

2.2. Radiación solar

La radiación solar es el fenómeno producido por la emisión de energía emitida por el sol en forma de radiaciones electromagnéticas. Las cuales pueden ser cuantificadas y expresadas en unidades de irradiancia, que calculan su potencia por unidad de superficie.

En el año 2.016, los valores que se recogieron fueron más bajos de los habituales. En la siguiente imagen se muestra un mapa en el que recoge el efecto latitudinal que se cumple, excepto en la parte baja del Valle del Ebro que ha tenido valores superiores a los esperados. Lo destacable es la gran diferencia entre los datos del norte y del sur en primavera. Y los de la Península y las Islas Canarias.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio**

**DISTRIBUCIÓN DE LA IRRADIACIÓN GLOBAL MEDIA DIARIA EN ESPAÑA
ABRIL - 2016
(kWh/m²)**



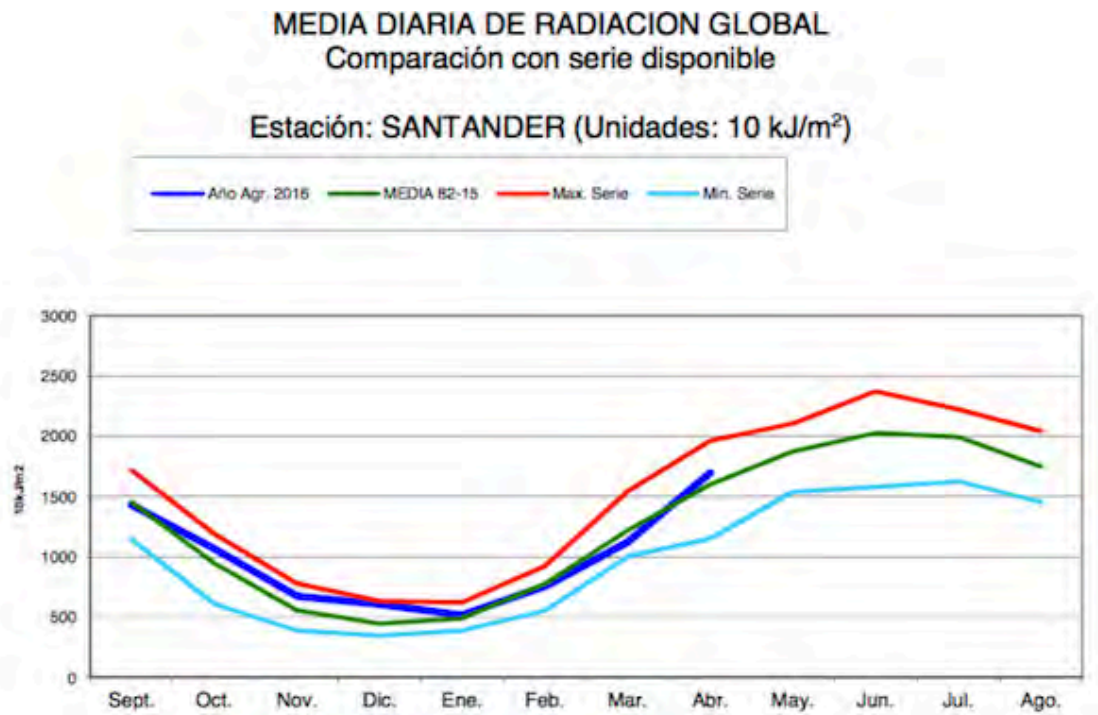
Ilustración 4: Distribución de la irradiación global media diaria en España. Fuente Agencia Estatal de Meteorología.

En la siguiente imagen vemos la radiación global, esta es el calculo que viene dado por el total de la radiación que procede del Sol, ya que una parte se recibe directamente, y otra proviene de la difusión y de múltiples reflexiones que sufre la radiación a su paso por la atmósfera. Por lo tanto, la radiación global es la suma de la radiación directa y la difusa.

En la siguiente imagen veremos una evolución mensual de la radiación solar de la zona que estamos estudiando, Santander, y la comparación de esta con datos históricos, como son, la media, la máxima y la mínima.

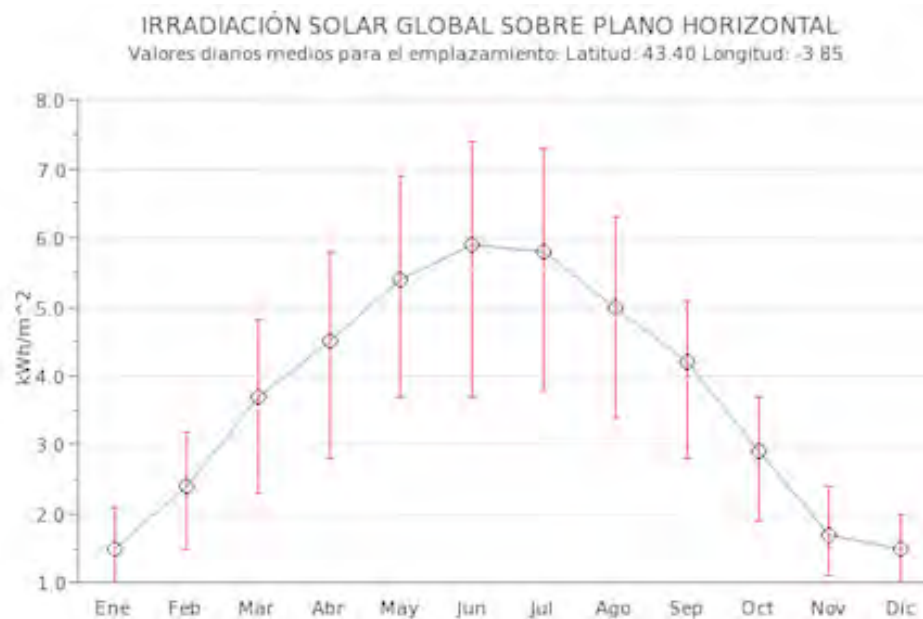


**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio**



Gráfica 1: Media diaria de radiación global en Santander. Fuente Agencia Estatal de Meteorología.

En Junio es cuando el punto de irradiación se encuentra en el valor más alto, con una media de 5,9 kWh/m², como se puede ver en la siguiente imagen.



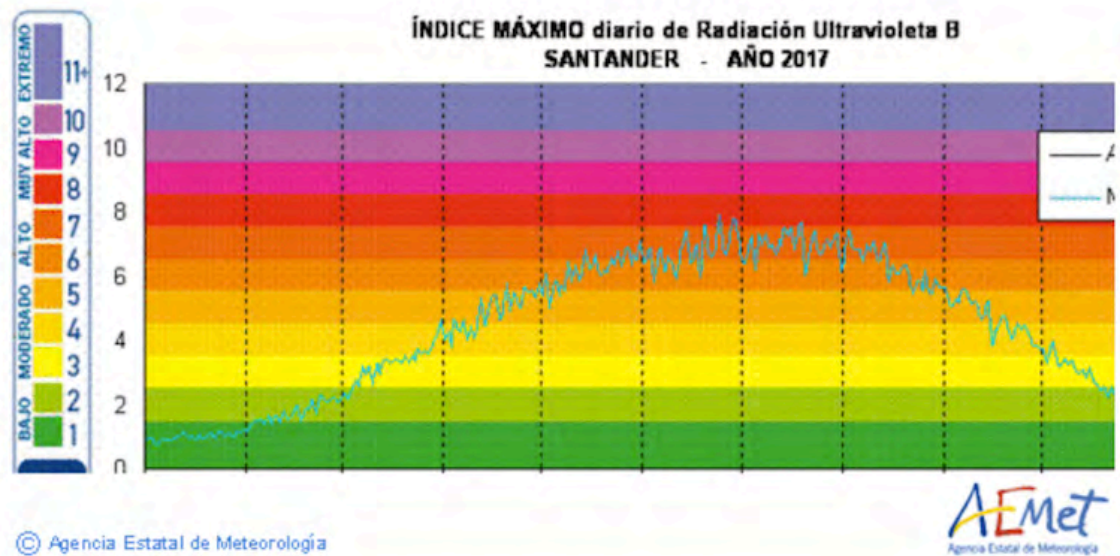
Gráfica 2: Irradiación solar global sobre el plano horizontal. Fuente ANDRASE



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio**



La radiación ultravioleta es una radiación cuya longitud de onda es menor que la de la luz visible pero mayor que los rayos X, por lo que varía entre los 400 y 100 nm.



Gráfica 3: Índice máximo diario de radiación ultravioleta 2017. Fuente Agencia Estatal de Meteorología.

2.3. Régimen pluviométrico.

Para el estudio de la pluviometría se vuelven a tomar datos sobre las mismas estaciones meteorológicas que en la climatología, que han dado unos resultados similares con precipitaciones anuales entre 1.000 y 1.500 mm, y en 167 y 190 días de lluvia al año.

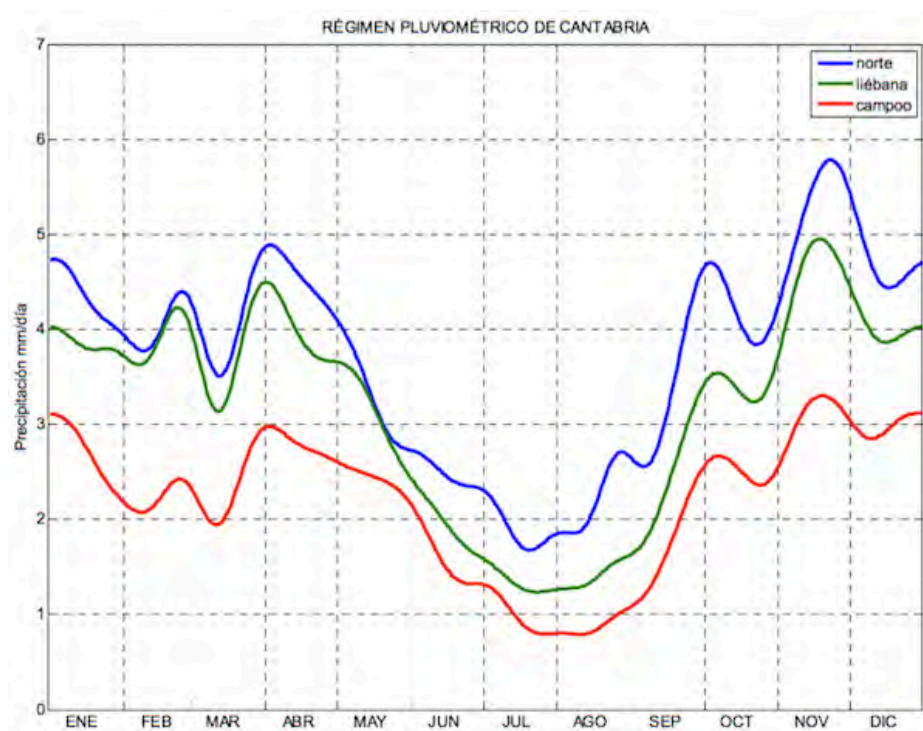
A lo largo del año son frecuentes las precipitaciones, superando los 50 mm cada mes, el mínimo se encuentra en junio con 53,4 mm y el máximo en noviembre con 107,8 mm/mes.

Es en otoño y primavera cuando mas recurrentes son las lluvias. Por lo tanto entre octubre y enero se intensifican, con la llegada de febrero y marzo se produce un descenso hasta el mes de abril que vuelve a ascender hasta el verano, que es cuando se registran los valores más bajos durante todo el año.

La lluvia se encuentra en Santander más de 12 días al mes, con 176 días de lluvia anuales como media. Esto la convierte en una región húmeda.



Ilustración 5: Distribución espacial de la precipitación media anual (mm). Fuente AEMET



Gráfica 4: Régimen pluviométrico de Cantabria. Fuente AEMET.



La figura muestra la agregación semanal de la precipitación a partir de un dato diario en tres zonas diferentes de Cantabria, obteniendo así la gráfica anterior. Como se puede observar, hay cinco picos que destacan a tener en cuenta de las precipitaciones durante ese año, el más alto se produce en noviembre con una notable ventaja al resto, seguido de otro bastante alto en mitad de marzo, a mediados de octubre otras grandes precipitaciones ocurren, una cantidad no muy alejada de la de mediados de diciembre y febrero.

Nuestra zona tendrá unas precipitaciones entre los 1.000-1.200 mm ya que esta cercana a la costa. Donde más precipitaciones se producen es en Miera, Pas y Picos de Europa, ellos con unas precipitaciones entre 2.000 y 2.400 mm/año. Al contrario las zonas más secas son Campoo-Los valles y Valle de Liébana con 700 mm/año.

2.4. Régimen termométrico

La influencia marítima de la zona presenta temperaturas medias en invierno superiores a 8°C y en verano a 18°C, aunque no es común que superen los 30°C.

La media anual de la ciudad es de 13,9°C y la mensual presenta en enero 9,6°C marcando un mínimo de las medias más bajas y por el contrario en agosto elevándose hasta 19,7°C. Durante el año se producen oscilaciones de 8,7°C. Por lo que el régimen termométrico anual es regular, teniendo en agosto sus temperaturas más altas y en enero las más bajas.

En Cantabria, las temperaturas más suaves durante todo el año se dan en las regiones litorales. En las zonas de las vertientes del Ebro y Duero las temperaturas son más rigurosas, y en invierno llegan a presentar un clima occidental.

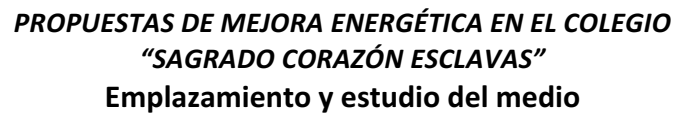
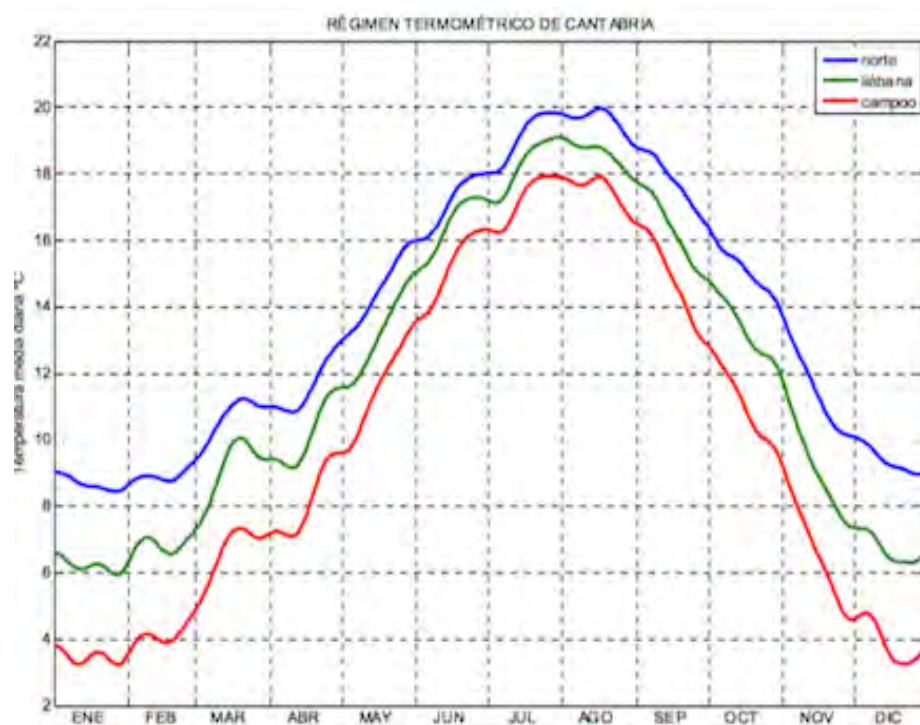


Ilustración 6: Distribución espacial de la temperatura media anual. Fuente AEMET



Gráfica 5: Régimen termométrico de Cantabria. Fuente AEMET



En la gráfica, se puede observar como las temperaturas son suaves durante todo el año, y los cambios de temperatura presentan fluctuaciones semejantes a las que se dan en el pluviométrico, por lo que van asociadas a las mismas.

En los valles cántabros interiores, la temperatura desciende notablemente, encontrándose una temperatura media absoluta de -15°C .

La humedad que contiene hace que la sensación de frío sea mucho menos de lo que realmente es, ya que en invierno tiene una media de 9°C , y rara vez es negativa la temperatura. Al igual pasa en verano, es difícil de que estas superen los 30°C y lo habitual es que rondan los 20°C , si alguna vez se encuentra un pico de temperatura en esta época del año es debido al viento Sur, que a diferencia que en invierno no es tan común en verano.

2.5. Vientos

Cantabria tiene un alto relieve que es el causante del viento Sur, que es bastante habitual en la provincia, produciendo precipitaciones cuando acaba de soplar. Esto ocurre porque el viento caliente al ascender sobre las empinadas laderas se enfría y se convierte en lluvia. Este viento puede llegar a ser peligroso ya que fue el propagador del incendio que arrasó con la ciudad de Santander en el invierno de 1941. En otoño y en invierno es cuando más probabilidad hay de que aparezca.

También el viento nordeste aparece con asiduidad, este despeja los cielos y baja las temperaturas, en cualquier estación del año. Pero entre mayo y septiembre su aparición provoca la llegada de un viento repentina y violenta, que se conoce como galerna. Causante de muchas catástrofes meteorológicas.

La velocidad media del viento es de $12,62\text{ km/h}$, predominando el viento Oeste, sobre todo en el mes de mayo con sus valores máximos mensuales. Y el Noroeste con velocidades de $13,53\text{ km/h}$.

Durante el año en ciertas épocas se superan los umbrales, es en septiembre y en abril cuando aparecen vientos de más de 91 km/h , la llegada de estos se da con una media de 0,4 días. En cambio que los vientos sean de 36 km/h es más frecuente ya que están presentes una media de 14 días al año. Y con una media de 5 días al año los vientos superan los 55 km/h .

En la siguiente tabla podemos ver las estadísticas por meses del viento, de las olas y de la temperatura en Santander, con datos tomados a lo largo de todo un año cada 12 horas al día desde un mismo punto.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio**

Tabla 4: Estadísticas del viento durante un año. Fuente Windfinder.

Mes del año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Año
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Dirección del viento dominante	←	→	→	←	→	←	→	→	←	←	→	←	←
Probabilidad de viento >= 4	32	28	7	3	5	3	1	1	2	6	8	19	9
Beaufort (%)													
Velocidad media del viento (kts)	8	8	5	5	5	5	4	3	5	5	6	7	5
Temperatura media del aire (°C)	11	11	12	n/a	n/a	n/a	n/a	19	19	17	14	12	14

La distribución del viento anual se dará como se ve reflejada en la siguiente imagen.

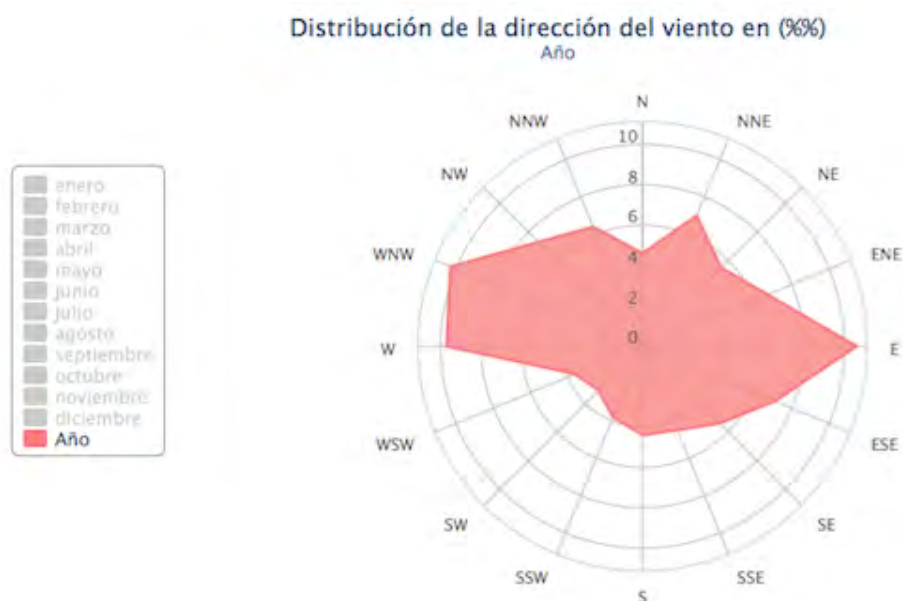


Ilustración 7: Distribución de la dirección del viento. Fuente Windfinder

Con el viento aparecen diferentes situaciones que pueden diferenciarse en húmedas y secas. Los primeros aparecen cuando soplan vientos del O al N, ya que estos tienen su origen marítimo por lo que son húmedos, cuando están en la cordillera cantábrica ascienden y se enfrían, produciéndose la condensación, dando paso a las lluvias. Y los segundos, producidos por vientos del NE y E, son de origen continental, secos y fríos, la llegada de estos viene acompañada de cielos despejados pero con temperaturas más bajas. También los vientos secos pueden originarse por el Sur, que produce sequedad y aumento de las temperaturas.



2.6. Días de nieve, granizo, tormenta y niebla

La probabilidad de nieve en la ciudad es casi inexistente, ya que rara vez se producen nevadas, como máximo pueden aparecer 1,2 veces al año entre los meses desde noviembre a abril.

Las tormentas por el contrario son más frecuentes, pudiendo darse durante todo el año, pero es en verano y sobre todo en julio cuando se producen con más asiduidad.

La niebla tampoco es muy frecuente, pero las posibilidades de que aparezca entre los meses de septiembre y octubre son más habituales.

2.7. Tensión del vapor. Humedad relativa. Evaporación

La tensión del vapor la consideramos como la presión sobre la fase condensada a una temperatura dada. Presenta un media anual de 9,7 mm, en verano se produce un máximo con 13,9 mm en agosto y en invierno un mínimo de 6,8 mm en febrero.

La humedad es elevada durante todo el año, sin mostrar mucha diferencia a lo largo de él, pero su máximo se produce en junio y agosto con un 81%, y el mínimo en marzo con un 74%, por lo que la media se encuentra en 78%.

La evaporación tampoco varía mucho a lo largo del año y es baja, la media se encuentra en 2,3 mm por día, siendo marzo el más elevado con 2,6 mm y junio y agosto los más bajos con 1,9mm.

2.8. Calidad del aire

A través del Ayuntamiento de Santander se realizan estudios sobre la contaminación del aire, esto se hace a través de una unidad móvil del Gobierno de Cantabria y dos puntos fijos.

Las estaciones fijas en Santander se encuentran en la calle Cádiz y en la calle Tetuán. Y según los resultados es la primera de estas la que proporciona mayor contaminación en la ciudad, debido al abundante tráfico. En cambio la de Tetuán es más urbana y esto hace que los registros proporcionan una calidad media del aire en una zona extensa.



2.9. Geología y geotecnia

Para saber donde se encuentran los aspectos de carácter geotécnico o zonas de riesgo debemos hacer un estudio sobre la geología y geotecnia del municipio. Santander cuenta con rocas que comprenden edades desde el Trifásico al Cuaternario reciente como las playas y marismas.

Vamos a describir los materiales que se encuentran en la ciudad desde el más antiguo al más joven.

- Trifásico

En la zona de estudio aparecen afloramientos de la unidad litoestratigráfica: Facies Keuper (arcillas y yesos).

La aparición de esta es escasa ya que se encuentran sobre el sustrato de la Bahía de Santander, y han sido atravesados por sondeos del Puerto de Santander o el saneamiento de la bahía.

Las Facies Keuper se forman por arcillas de colores intercalando apariciones de yeso y anhidritas. No tienen una estructura definida por ser una roca blanda y su comportamiento es de tipo plástico. Como característica presentan un carácter agresivo hacia los hormigones e hidrológicamente son muy impermeables.

- Jurásico

Aparecen en bloques tectonizados englobados en las masas diapirizadas del Keuper que arrastran a los materiales que se encuentran en lo más alto de la columna estratigráfica.

Lo forman las calizas y margas. Distinguiéndose entre ellas diferentes tipos como: calizas arcillosas bien estratificadas, calizas margosas con indicios de laminación y margas hojosas. Se encuentran de forma alternante, variando su proporción relativa en función de su situación en la serie. Las calizas que se encuentran en la superficie están ligeramente alteradas mientras que las margas presentan una alteración mucho mayor.

Hidrológicamente son impermeables.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio**



- Cretácico

Son los que tienen mayor desarrollo en la ciudad y se encuentran en un flanco desde Monte hasta la Bahía de Santander, donde se interrumpe por la presencia del Keuper. Según en que zona se sitúen se pueden encontrar diferencias por lo que se agrupan de la siguiente forma:

- o Facies Weald

Se encuentran limitadas por superficies tectónicas y aparecen en la zona de la calle Alta-Estaciones. Son azoicas y en medio sedimentario corresponde a sistemas fluviales.

Formadas por argilitas rojizas con intercalaciones de areniscas ferruginosas estratificadas en bancos de potencia decimétrica. Los mantos que presentan son importantes. La excavación se puede llevar a cabo con medios convencionales y en las zonas compuestas por areniscas dar uso del martillo neumático.

Se clasifican hidrológicamente como impermeables.

- o Aptiense

Desaparecen por fallas a causa del Keuper y se encuentran entre Puerto Chico hasta la calle del Monte.

La formación de estas supone una mezcla de calizas fosilíferas recristalizadas, de tonos grises, algo dolomitizadas, y dolomías de tonos anaranjados recristalizados. Se agrupan en biomicritas o biopelmicritas.

Presentan calizas, calcarenitas y dolomías que hacen que se clasifique como permeable, debido a la Karstificación que tienen estos materiales.

- o Albiense-Cenomaniense inferior

Estas son posiblemente las más interesantes ya que abarcan la zona donde se encuentra el colegio, yendo desde el Paseo de Reina Victoria, bajo el Hotel Real, en la zona del Alto de Miranda y la franja de General Dávila. Se forman por areniscas y limonitas micáceas de colores grises a amarillentos por alteración que se estratifican en bancos de espesor decimétrico. Presentan restos vegetales y cantos blandos.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio**



El medio de depósito es continental-costero, con entradas regularmente al mar que intercalan calizas fosilíferas.

La excavación con medios convencionales es suficiente y poco aprovechables por la gran cantidad de finos plásticos que presentan.

Hidrologicamente se encuentran como semipermeables debido a las areniscas y calizas.

O Cenomaniense

Se encuentran en las Llamas y en la autovía del Sardinero y están formadas por calizas arenosas y margosas de colores grises, tableadas. Se encuentran en estado sano pero se alteran a arcillas arenosas con inestabilidad lo que dificulta las excavaciones y taludes por deslizamientos de tipo circular.

- Terciario

Aparece entre las Llamas y el borde costero Norte, formado por calizas, calizas arenosas y margosas, con colores blanquecinos y rosados.

Están karstificadas lo que produce dolinas y simas.

- Cuaternario

Se componen por los suelos de marisma, las playas y dunas, los depósitos antrópicos y las cubetas de descalcificación.

O Suelos de marisma

Son blandos formados por limos, arcillas y fangos, con restos de conchas, con coloración negruzca, ricos en materia orgánica y saturados de agua. Se pueden encontrar por toda la zona portuaria e incluso en el parque de las Llamas ya que conserva suelos fangosos por un entrante de mar que posee. Su comportamiento geotécnico es desfavorable.

O Playas y dunas

Aparecen en la costa de Santander, en las playas se forman depósitos de arenas y gravas y en las dunas de arenas y limos. Las que más destacan por su gran extensión son las playas del Sardinero y de la Magdalena.



o Cubetas de Descalcificación

Son arcillas arenosas rojizas. Se encuentran por toda la franja costera Norte y presentan unas malas características geotécnicas.

o Depósitos Antrópicos

Están presentes en la zona costera que da al mar desde la calle Castilla-Marqués de la Hermida hasta el Paseo Pereda. Tienen problemas de asentamiento y capacidad portantes por sus malas características geotécnicas.

2.10. Geomorfología

Se encuentran diferentes manifestaciones geomorfológicas que podemos clasificar de la siguiente manera:

- Modelado marino

La costa Norte y Noroeste de Santander representada por bordes acantilados, controlados por la geología y zonas protegidas en las que podemos encontrar playas bajas con arena y gravas. La zona Sur-Suroeste da lugar a playas y marismas gracias a la desembocadura de la ría de Raos y fenómenos tectónicos. La bahía formada por arcillas del Keuper que erosionan con facilidad, que el mar aprovecho para invadir la zona.

- Modelado fluvial

En el sector Sur los ríos siguen una dirección Norte-Sur que los lleva a la bahía y en la zona central la dirección habitual es Oeste-Este. Por otra parte los arroyos y ríos que se encuentran en el Norte discurren dirección Oeste-Este a Norte-Sur. Cuentan con un control tectónico y geológico para la distribución fluvial ya que las fallas junto con la dirección de los planos de estratificación denominan la erosión que es aprovechada por el agua en su discurrir al mar.

- Modelado Kárstico

La ciudad presenta en la zona Norte y Noreste dolinas con diámetros de 15 y 40 m. Con planta circular y simas de 1-2 m. En la zona de San Román-Cabo Mayor, son formadas por la disolución de los niveles calizos de edad Cretácico-Terciario.



2.11. Tectónica

Durante el terciario se formó por la orogénesis Alpina, tiene especial importancia en el desarrollo del relieve y geología del Diapiro de la Bahía de Santander y Sinclinal de Santillana-San Román.

- Diapiro de la Bahía de Santander

Los materiales del Keuper están compuestos por arcilla plásticas y sales que por el peso que sufren de las rocas se plantifican ascendiendo a la superficie de forma brusca. Al realizar el ascenso las fallas o zonas fracturadas que ya se encontraban sufren más daños adicionales y arrastran fragmentos rocosos de niveles superiores.

Este efecto produce una zona de debilidad que junto con la fácil degradación de las arcillas de Keuper provoca más erosión en el sector que en macizos areniscosos y calcáreos colindantes, Lo que provocó la invasión marina conformando la Bahía de Santander.

- Sinclinal de Santillana-San Román

Entre San Román y Santillana del Mar se encuentra un sinclinal, la dirección de su charnela es Este-Oeste.

El flanco sur se inclina hacia el Norte y está afectado por la intrusión del diapiro que produce mayor elevación. El flanco Norte ocupa su mayor parte en la plataforma marina siendo La Virgen del Mar la única repetición de los niveles causados por el pliegue.

- Fallas y estructuras menores

A causa del desplazamiento del diapiro se originan fracturas, destacando las fallas Norte-Sur aprovechadas por los cursos fluviales generando valles suaves en la misma dirección.

2.12. Puntos de interés geológico

Los siguientes puntos de interés muestran las características geológicas más importantes. Se ha caracterizado como PIG desde el instituto Geológico-Minero a las playas de Los Peligros-Soto de la Marina con los siguientes propiedades:



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio



- La localización de estas se reparte por toda la costa con más de quince kilómetros comprendiendo zonas urbanas y rurales.
- El interés que muestra es estratigráfico (paleontológico), didáctico y regional.
- Destaca por ser la mejor serie Cretácico-Terciario de Cantabria, pudiéndose realizar observaciones de nivel científico y educativo, con los siguientes aspectos:
 - Playa de los Peligros, yacimientos de orbitolinas, fallas normales y estructuras diagenéticas (estilolitos).
 - Faro de la Magdalena, se observan desgarres y las fallas forman un pequeño horst.
 - Península de la Magdalena, yacimiento de Pseudotoucasia Santanderensis.
 - Los materiales Albense-Cenomanense Inferior se pueden apreciar en arenas, limos, arcillas, intercalaciones de calizas y niveles de lignitos, se distinguen estructuras sedimentarias del tipo estratificación cruzada, laminación paralela, estratificación lenticular...
 - Piquio, Calcarenitas del Cenomanense.
 - En el límite Norte del Sardinero aparecen equínidos fósiles.
 - La Zona del Cabo Menor aparece un diaclasado octogonal en calizas arenosas del Sontoniense-Campaniense inferior-medio, abundantes equínidos en la playa de Mataleñas.
 - La espectacular vista de la Zona de Cabo Mayor en la que se observa la costa entre el Cabo y la Península de la Magdalena, hacia el Oeste se muestra la costa acantilada.
 - La bajada el faro de Cabo Mayor al Puente del Diablo presenta nódulos silíceos en los niveles de calcarenitas y calizas arenosas. Los niveles cuentan con restos fosilíferos y se aprecian formas kársticas.
 - La zona muestra restos fosilíferos de pequeño tamaño (alveolinas y nummulites).



2.13. Hidrología

Se estudian las siguientes hidrologías para establecer los riesgos de inundación y la vulnerabilidad de las aguas subterráneas.

2.13.1. Hidrología superficial

Se caracteriza por ser el origen de los primeros asentamientos. Se dividen en tres zonas debido a que las características y dinámica se desarrollan de manera diferente, la división se hace en zona continental, estuárica y marina.

- Hidrología continental

En el territorio municipal no existen cauces de agua dulce convirtiendo el Canal de Raos en su elemento hidrológico principal, a día de hoy se encuentra alterada y canalizada casi en su totalidad. A parte de esta, se encuentran las Llamas considerándose humedal o el pequeño cauce de la ría de San Pedro en la Maruca.

La Vaguada de las Llamas, localizada al Norte de la ciudad, está formada por aguas de escorrentía y zonas pantanosas, por su carácter endorreico y baja permeabilidad, siendo así uno de los pocos humedales del municipio. Esta vaguada se aisló de la costa por las constantes modificaciones de la ciudad a lo largo de los años en la construcción y la realización de rellenos y vertidos de aguas residuales que alteró la calidad de las aguas. La llegada del agua se produce a través de la lluvia de forma directa o del agua infiltrada indirectamente.

La ría de San Pedro desemboca formando un estuario en el que su uso da lugar a un pequeño puerto pesquero.

- Hidrología estuárica

Santander es una ciudad que se ha ido creando de cara al mar, sus orígenes se encuentran de cara al estuario que forma la bahía santanderina. Los terrenos ganados al mar son para uso agropecuarios en su mayoría, y el resto por actividades urbanas, industriales, infraestructuras de transporte... y sobre ellas destaca la actividad portuaria.

El fondo es irregular y durante las bajamares se descubren las zonas de arenales y marismas. En el interior vierten las aguas varios cursos fluviales, que desembocan en su fondo Sur fuera del municipio de Santander.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio**



- Hidrología marina

La costa forma parte del mar Cantábrico. La plataforma continental es compleja, teniendo como características principales su estrechez y que en el sector oriental la surcan grandes cañones submarinos.

Como características físico-químicas de las aguas destacan por no ser una masa homogénea debido a las orillas, las aguas superficiales y el volumen de los fondos abisales, ya que durante el año y medido a diferentes profundidades se encuentran masas de diferentes características.

La corriente dependiendo de su estación se dirige en diferentes direcciones, en los meses de invierno y primavera predomina la dirección Oeste a Este. En el resto de meses se produce una variabilidad dependiendo de los vientos en los que las corrientes pueden ir hacia el Este o el Oeste.

Las masas de agua se desplazan debido al medio marino, las corrientes, el oleaje y las mareas. Que produce la formación y arrastre de las playas, la erosión de los acantilados y de las fluctuaciones de mareas en conexión con el estuario santanderino.

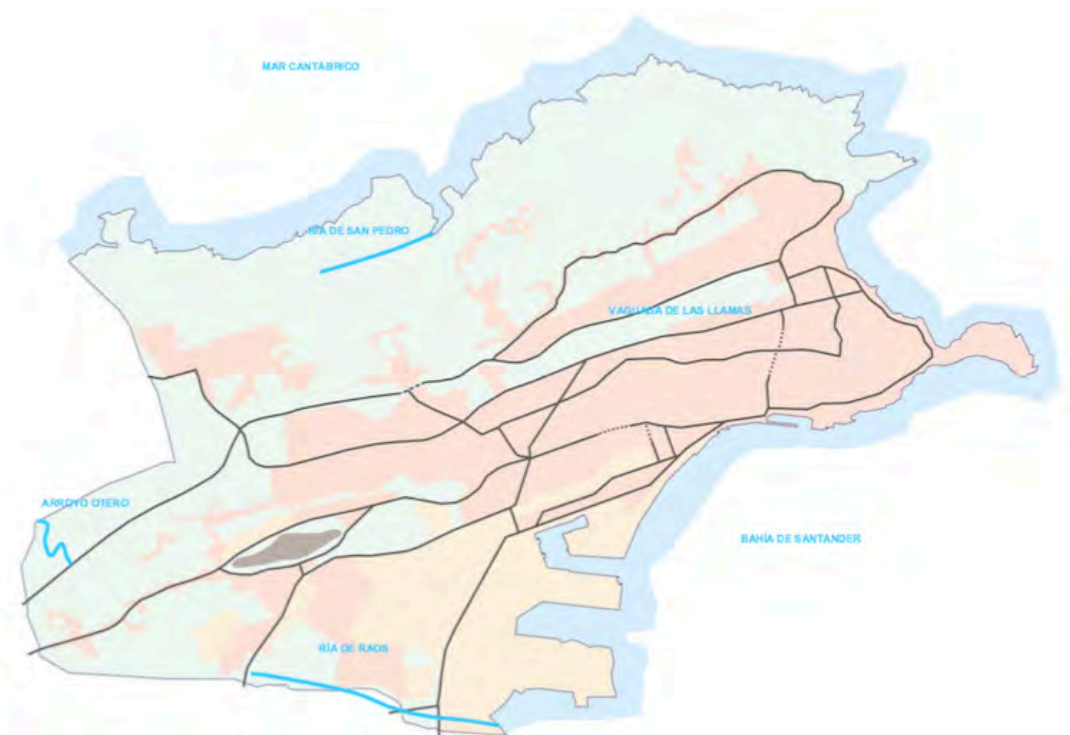


Ilustración 8: Hidrología superficial de Santander. Fuente Ayuntamiento de Santander



2.13.2. Hidrología subterránea

Para el estudio medioambiental se debe tener conocimiento del comportamiento hidrogeológico de los materiales para poder controlar la contaminación de los acuíferos subterráneos.

Los materiales de litología que componen la zona son variados al igual que la permeabilidad dependiendo de su composición, estado de fracturación o meteorización. Los materiales en su mayoría comprenden edades del Cretácico-Terciario y lo forman las calizas, calcarenitas, dolomías y margas. Las anteriores características hacen que los materiales cuenten con una permeabilidad media-alta por fisuración y karstificación. Las fallas y cabalgamientos proporcionan una mejora en la circulación del agua.

Sin embargo las arcillas conocidas como cubetas de descalcificación y los materiales del Keuper-Albiense mantienen un comportamiento impermeable.



Ilustración 9: Sistema acuífero del Municipio de Santander. Fuente Ayuntamiento de Santander



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio



En la imagen se ve por donde delimita el sistema acuífero, haciéndolo en el Norte por el Mar Cantábrico, al Sur por la Franja cabalgante del Escudo de Cabuérniga, al Este por materiales impermeables del Trías y por último, al Oeste por materiales impermeables del Trías y Paleozoico. El sistema se divide en cuatro, interesándonos la Unidad Diapirizada de Santander.

Esta unidad cuenta con dos acuíferos calcáreos cretácicos, el primero el Aptiense-Albiense Inferior-Medio que está formado por calizas y calcarenitas dolomitizadas. Y el Aptiense compuesto por calcarenitas masivas separadas por niveles impermeables entre si.

Dependiendo del grado de fracturación y karstificación de las calizas en superficie, aún sin saber las profundidades que llegan a alcanzar las fisuras, los materiales calcáreos y dolomíticos cuentan con transmisividades y coeficientes de almacenamiento muy variables. El sustrato impermeable de estas son los materiales arcillosos y areniscosos del Weald.

Los materiales Aptiense-Albiense en el funcionamiento hidráulico constituyen un manto acuífero libre.

El calculo de datos sobre las infiltraciones y las descargas en recursos subterráneos se supone sobre 35-52 hm³/año.

Dependiendo de los materiales las aguas subterráneas presentan diferentes características químicas. Las aguas presentan una "facies bicarbonatada cálcica", y puede ser degradada debido a las prácticas agrícolas y vertidos urbanos e industriales, y una pequeña contaminación debido a la intrusión marina. También la contaminación llega por la eliminación de aguas residuales urbanas e industriales no tratadas, que se vierten en pozos negros y en cauces públicos.

Respecto a la calidad de las aguas subterráneas, la contaminación se debe a la degradación por prácticas agrícolas y a la eliminación de aguas residuales urbanas e industriales no tratadas.



2.14. Diagnóstico del medio físico

Como conclusión sobre el diagnóstico del medio en Santander, se puede resumir en:

- Un clima húmedo y brumoso, los inviernos son suaves y los veranos frescos, el aire es húmedo, con abundante nubosidad y precipitaciones durante todo el año, y las mínimas probabilidades de que aparezcan estas se dan en julio.
- Los principales contaminantes de la calidad atmosférica son el tráfico rodado y los sistemas de calefacción domésticos. Por lo general la calidad del aire es buena y ha ido mejorando con el tiempo aunque todavía se superan los límites de ozono en algunos puntos, sobre todo con la llegada del calor.

En la zona de Castilla-Hermida destaca el problema del polvo de carbón que procede del Puerto de Santander lo que unido al tráfico constante por ser una zona de entrada a la ciudad y de acceso de vehículos pesados al puerto, hace que las concentraciones de partículas sean altas.

- La situación fónica destaca en la Castilla-Hermida y Paseo Pereda debido a las entradas de la ciudad que causa mucho tráfico. Llegada la noche los mayores ruidos se presentan en Cuatro Caminos-Vargas-Perines y Cañadio, debido a los locales de ocio que aún estando insonorizados debido a la acumulación de gente sobrepasan los límites.
- En la geología destacan los materiales de Cubetas de Descalcificación y rellenos antrópicos siendo los que peor comportamiento demuestran. Los mayores puntos de interés geológico se encuentran en la costa, estos puntos definen los rasgos y fenómenos geológicos más característicos de la zona.
- La orografía se forma a través de elevaciones y depresiones paralelas que dificulta la construcción de edificios y viales por sus pendientes. La falta de llanuras ha dado lugar a marismas y superficies del estuario de la bahía.
- En la hidrología destaca la Vaguada de Las Llamas y pequeños arroyos de corto recorrido. Al igual que las masas que rodean el municipio como el Mar Cantábrico y la bahía de Santander.



3. Medio Social

3.1. Características sociales

3.1.1. Demografía

La población en 2014 era de 175.736 habitantes, esto quiere decir que el 30% de los cántabros (588.656 habitantes) viven en Santander. Hay desde 1991 un descenso en la tendencia demográfica, por la caída de la natalidad y un leve incremento de la mortalidad. El problema de la escasez de viviendas en la capital junto con los altos precios de estas, han hecho que la población se mude a la periferia.

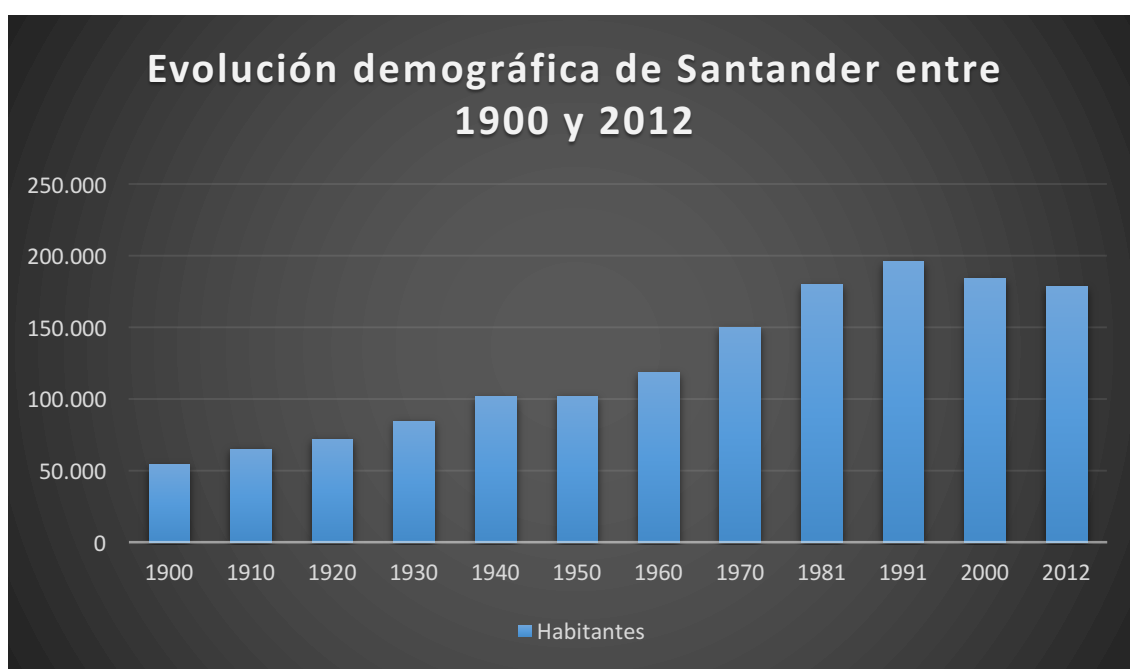


Gráfico 1: Evolución demográfica de Santander. Fuente Wikipedia. Elaboración propia.

El crecimiento que la ciudad ha obtenido se ha dado de manera progresiva, a excepción de la década de los 90 en la que se puede observar un descenso, que en los años siguientes se recuperará. Hasta la década de los 40 el crecimiento de los habitantes se produce de manera gradual, que frena a partir de este año como consecuencia de la guerra civil. El incendio que tuvo lugar en 1.941 redistribuyó a la población.

En la década de los 50 se produce de nuevo un incremento en los habitantes, aunque no tiene nada que ver con los años 60 y 70 que debido al despegue de las ciudades españolas el crecimiento será mucho mayor.



En la década de los 80 la cantidad de habitantes acumulará datos parecidos a los del 2.001, debido al descenso de la población a partir de los 90. Con la llegada del 2.000 los habitantes aumentan a 1.000 por año.

3.1.2. Estructura demográfica

La estructura demográfica de la población es controlada por la natalidad, la mortalidad y las migraciones.

El primer factor determinante es la natalidad, se encarga de analizar la población en un determinado momento y condiciona las características futuras por su importancia en el proceso de envejecimiento en la población.

Los siguientes factores son la mortalidad y el saldo migratorio, los cuales reflejan las diferencias socioeconómicas de los territorios.

La pirámide de Santander destaca por la estrecha base que durante los años se ha formado debido al descenso de nacimientos en la ciudad, que se ha generalizado a la vez en el país. La mayoría de grupos de edad son de edad adulta y comprenden entre edades de 25-29 y 40-44. Y se debe tener en cuenta los descensos de población correspondientes a edades entre 60 y 69 años, esto es debido a los no nacidos durante la Guerra Civil y la posguerra,

Los sexos se mantienen equilibrados hasta la clase adulta ya que en el grupo de ancianos predomina el género femenino.

3.1.2.1. Distritos

Santander se encuentra dividida en ocho distritos.

- El distrito 1 se considera al Centro, el cual está formado por un 5,8% de la población, cuenta con un crecimiento natural bajo debido al envejecimiento de la población, y que el coste de la vivienda es elevado, lo que hace que los jóvenes emigren a la periferia en busca de lugares más asequibles.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio



- El distrito 2 lo componen Cazoña, Cuatro Caminos, Camilo Alonso Vega, San Fernando y General Dávila, en ellos viven el 16,4% de la población. Cazoña, en 1.973 se creó como el primer barrio-dormitorio de Santander, es una zona tranquila ya que el uso que se le da es para descansar y dormir, por lo que la vida social se desarrolla en el centro de la ciudad. Sufrió daños por recibir a la población gitana en el distrito, pero una vez recuperada reclaman mejoras para seguir creciendo. Podemos encontrar colegios, guarderías, zonas comerciales, un hospital, un centro de salud y varios parques.
- El distrito 3 está formado por la zona este de General Dávila, Alto de Miranda, Menéndez Pelayo, Tetuán, Santa Lucía y Vía Cornelia, en ellos se agrupa un 9,2% de la población.
- El distrito 4 compuesto por Puerto Chico, Sardinero, Las Llamas y la zona este de Los Castros, en total residen un 10,1% de la población. El Sardinero, se distingue por ser la zona más turística de la ciudad y por contar con una población de clase acomodada en su mayoría. En él podemos encontrar tanto el estadio de El Real Racing Club de Santander, como las playas de El Sardinero, La Concha, Mataleñas, El Camello y La Magdalena.
- El distrito 5 está formado por El Puerto, Barrio Pesquero, Castilla-Hermida y Correos y en ellos vive un 10,46% de la población. Estas zonas se encuentran cercanas al centro aunque no pertenecientes a él, cuentan con una buena comunicación a la ciudad. Antiguamente estaba formada por residentes de la clase obrera y pescadores, a día de hoy se encuentra integrada en la ciudad.
- El distrito 6 lo componen Valdecilla, Calle Alta, Calle Vargas y Estaciones en los que reside un 8,8% de la población de la ciudad.
- El distrito 7 formado por la zona oeste de Los Castros, la zona sur de Monte, El Alisal, La albericia, San Roman, Monte y Cueto y en ellas reside el 16,6% de la población. El Alisal, está considerado como un barrio nuevo y en el se encuentran los mejores servicios de la ciudad como un centro comercial, empresas multinacionales, restaurantes tanto de origen regional como internacional. El reciente Parque Científico Tecnológico se encuentra allí y en él el campus de la Universidad Europea del Atlántico. La población residente en esta zona es joven.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio**



- El distrito 8 consta de Peñacastillo, Montaña, El Alisal, La Albericia, San Román, Monte y Cueto. Peñacastillo se encuentra bordeando una montaña que se encuentra dentro del área urbana en la que se pueden disfrutar de unas maravillosas vistas de la ciudad. En él se encuentran los principales centros comerciales. Monte fue una de las zonas en las que se produjo el "Boom inmobiliario", y se encuentra en plena expansión, ya que se han instalado recientemente una cadena de "Fast Food" y diferentes supermercados.

En la siguiente imagen se muestran los distritos explicados anteriormente expresados gráficamente.



Ilustración 10: Localización de distritos y secciones de Santander. Fuente Instituto Cantabro de Estadística

3.1.2.2. Distribución espacial por edades

Para el estudio de este debemos dividir a la población en un rango de tres edades, desde los 0 a 14 años los jóvenes o infantiles, desde los 15 hasta 64 años los adultos, y a partir de 65 años los ancianos.

Los adultos forman en grupo mayoritario en la ciudad cubriendo un 70% de la población. Los ancianos se encuentran en un rango entre 15-25% dependiendo en que distrito te encuentres. Y los jóvenes ocupan una media del 10% por distrito.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Emplazamiento y estudio del medio**

Distribución por edades. Porcentajes.

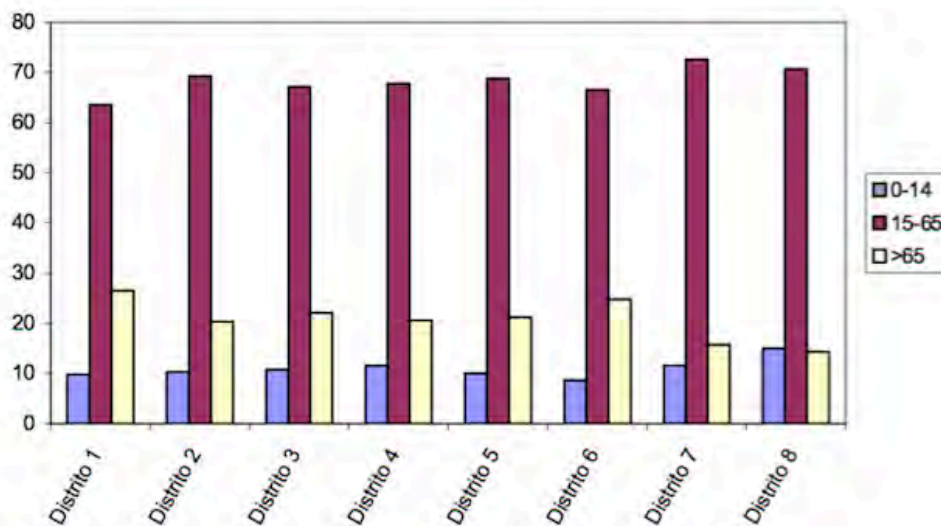


Gráfico 2: Distribución por edades en Santander. Fuente Ayuntamiento de Santander.

3.1.2.3. Distribución de la población por sexos

En todos los distritos se encuentra más cantidad de mujeres que de hombres, y la diferencia es mayor dependiendo de cada uno. Esto ocurre en la ciudad ya que en los valores de la comunidad autónoma la diferencia entre ambos sexos se va acortando, por lo que predomina la cantidad de mujeres pero con una pequeña diferencia ya que ellas apenas superan el 51% de la población.

Distribución por sexos por distritos. Porcentajes

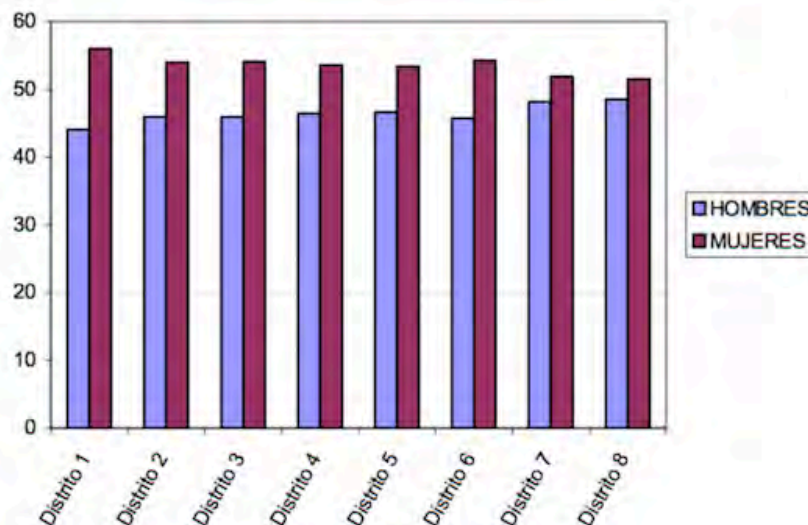


Gráfico 8: Distribución por sexos por distritos en Santander. Fuente Ayuntamiento de Santander



3.1.2.4. Natalidad y fecundidad

La tasa de natalidad se refiere a la cantidad de nacimientos que se producen en una comunidad durante un determinado periodo de tiempo. Por lo tanto, el primer término nos indica el número de nacimientos respecto a la población total y el segundo aporta información a cerca de la natalidad en el colectivo de mujeres en edad de tener hijos, es decir edades comprendidas entre los 15 y los 49 años.

La tasa de Santander es de 35,07, este valor es bajo pero esta acorde con la media que tienen los países desarrollados, y es una media sobre las mujeres en edad fértil que la mayor tasa se encuentra en edades entre 25-29 años.

3.1.2.5. Conclusiones

La proporción de jóvenes entre 0-14 años es escasa, y puede provocar problemas a futuros debido al relevo generacional. Y la población anciana tiene un peso muy importante en la ciudad. Que conlleva un índice de dependencia de la anciana a la adulta, como población potencialmente productiva. El índice de dependencia de la población joven es mucho menor de lo deseable, ya que unos valores más altos en este rango supondría que el número de efectivos demográficos en edades jóvenes es más elevado. Lo cual mejoraría la estructura demográfica.

3.1.3. Origen de la población y migraciones

El 61,4% de la población de Santander ha nacido en el municipio, a diferencia de las poblaciones de otros municipios cántabros u otras comunidades autónomas presentan un 17,1% y 18,2% respectivamente.

En este aspecto Cantabria y Santander muestran diferencias, ya que la primera sólo el 47,6% de su población reside donde ha nacido, esto explica la migración de los espacios rurales hacia otros más urbanos, y el 36,4% del resto de la población reside en otro municipio. Los datos sobre España concuerdan más con el modelo de Cantabria en porcentajes. Y para ambos tres el peso de los residentes nacidos en el extranjero es poco significativa.

El saldo migratorio de la ciudad se ha mantenido siempre positivo, menos entre 1.991-2.001 que el decrecimiento supuso un 0,03%. A nivel regional el resultado es de 0,62%.



Los datos analizados muestran el crecimiento real o neto, calculándose como la suma de los efectos del crecimiento natural o vegetativo junto con los movimientos migratorios. El resultado es expresado en número de personas.

La agravada tasa de mortalidad junto con una natalidad suficientemente baja para no poder hacer frente a las defunciones, fueron las causantes de una pérdida de población en el 2.001.

El aumento de extranjeros establecidos en Santander creció un 64% desde 1996 a 2001. Pasando de 4.508 a 8.740 personas, casi duplicando la cantidad.

3.1.4. Estructura socioeducativa

Para desarrollar este estudio el Ayuntamiento de Santander en el año 2.010 ha valorado que solo se consideraran los habitantes mayores de 16 años y a partir de ello ha analizado los siguientes términos.

El analfabetismo lo componen aquellos habitantes que no saben leer ni escribir, que forman un porcentaje muy bajo en la sociedad. En Santander los analfabetos forman el 0,62% de la población y en Cantabria 0,61%. El porcentaje continua elevándose si calculamos el valor que ocupa en España, el cual es de un 2,53%.

En cambio aquellas personas que no se las considera analfabetas, pero que no tiene estudios y solo han estado escolarizados cinco años durante su vida, cuentan con un porcentaje de 6,37% en Santander y 7,17% en Cantabria, estos valores no se consideran elevados ya que en España lo forman un 13%.

Los que poseen estudios de primer grado cada vez suponen más población. Pero los porcentajes más elevados los componen los estudios de segundo grado, que lo forman los que cuentan con estudios como EGB, ESO, bachillerato y formación profesional, que son más de un 50% de la población. Y en España la media sobre estos estudios es menor con un 48%.

Los estudios de tercer grado formados por diplomaturas, licenciaturas y doctorados en Santander es de un 18,25%, el cual es mayor que en Cantabria y en España con un 12,55% y 13,55% respectivamente.

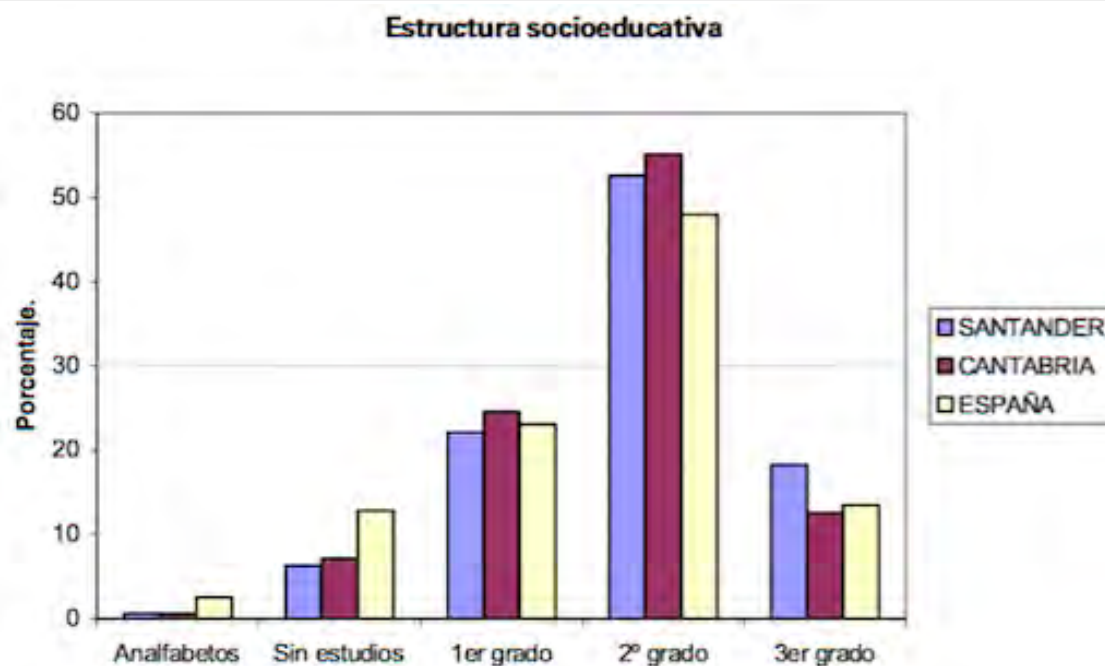


Gráfico 3: Estructura socioeducativa. Fuente Ayuntamiento de Santander.

En conclusión, Santander tiene un alto nivel de educación ya que los porcentajes en gente analfabeta y sin estudios son mínimos, e inferiores a los nacionales. Y los estudios de segundo y tercer grado presentan una media superior a España, con niveles positivos.

3.2. Características económicas

Para el análisis de la situación económica del Término Municipal de Santander nos centramos en la distribución de la población activa por sectores y la relación entre población y economía con las tasas de actividad y paro.

La localización de la ciudad, situada en el borde de la bahía y volcada al mar han hecho que parte del desarrollo de su economía sea debido al puerto y al conjunto urbano. Aunque en los últimos 30 años ha sufrido altibajos, es el centro de exportaciones e importaciones de mercancías y de uso frecuente para turistas.

El sector terciario destaca en el terreno sanitario que dio durante dos décadas servicio a la región y parte de España, siendo referente a nivel nacional y ofreciendo gran cantidad de puestos de trabajo. También el desarrollo turístico en verano repercute en una gran situación hotelera a la ciudad. Todas estas circunstancias convierten a Santander en el centro de negocios de Cantabria.

A su vez se iba desarrollando el sector industrial debido a la GSW, al puerto y distintos polígonos industriales que introducían a trabajadores en su sector.



El sector terciario a la vez que el secundario han ido evolucionando, una de las razones principales es la construcción de infraestructuras y comunicaciones que presentan, ya que la recuperación, mejora y construcción de nuevas vías entregará un futuro a la ciudad. Todo este crecimiento ha tenido como consecuencia el progreso de comercios minoristas que poco a poco van haciendo frente a las grandes superficies.

El Norte de España tradicionalmente se ha dedicado a la ganadería y a día de hoy este sector esta en vías de desaparición.

3.2.1. Distribución de la población activa por sectores

La mayoría de la población de Santander, es decir el 76%, desarrollan su vida laboral en el sector terciario o sector servicios. Seguidos de estos se encuentran la industria con un 12,9% y la construcción con un 9,8%, los cuales pertenecen al sector secundario. Y es solo el 1,2% de la población de Santander los que trabajan en el sector primario. A diferencia de la región que un 6% se dedica al sector primario, un 13,5% a la construcción, un 18,9% a la industria y un 61,6% al sector terciario.

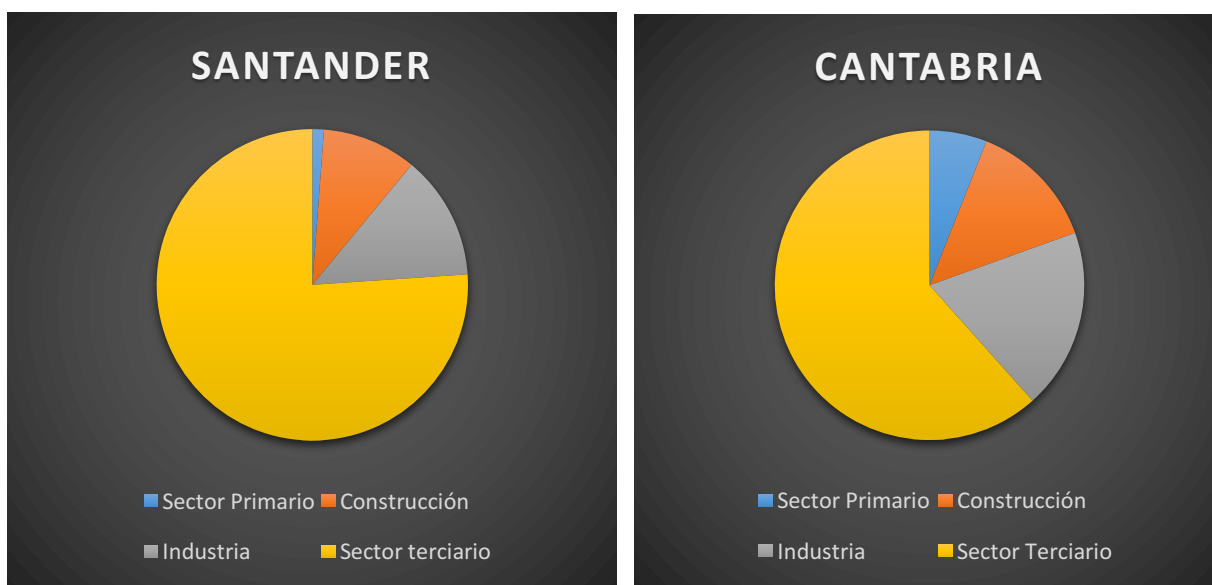


Gráfico 4: Comparativa de la distribución de la población activa por sectores. Elaboración propia.

Las gráficas muestran como la agricultura, ganadería y pesca son actividades minoritarias, que no destacan las actividades industriales y la construcción, pero que si lo hace el sector terciario.



3.2.1.1. Sector primario

Los datos que presenta este sector no son optimistas ya que solo un 1,2% de la población en la ciudad ocupa este sector, por lo que probablemente acabará desapareciendo.

En la región no resultan mejor las estadísticas ya que en 7 años en el período entre 1.996-2.003 la cifra se redujo 4,4 puntos pasando del 10,4% al 6%.

3.2.1.2. Sector secundario

La industria lo encabeza con un 13% en Santander y un 19% en Cantabria, ya que se encuentra siguiendo al sector servicios. Aunque represente solo el 13% en el municipio se encuentran la mitad de las sedes de toda la región.

3.2.1.3. Sector terciario

Es el líder de los sectores con diferencia, tanto en la ciudad como en la provincia. En Santander con un 75% de la población activa trabajando en él y en Cantabria un 60%, esto ha ocasionado que la estructura ocupacional se encuentre más equilibrada entre los demás sectores y no se centre solo en el terciario.

3.2.2. Tasa de actividad

El mayor crecimiento lo han producido las finanzas, seguros y servicios prestados a empresas durante los últimos años. Y el desarrollo tanto económico como laboral de los servicios del sector terciario a consecuencia de los Órganos oficiales de la Comunidad Autónoma y de numerosos servicios públicos.

Tabla 5: Tasas de actividad según sexo. Elaboración propia. Fuente Ayuntamiento de Santander

	SANTANDER	CANTABRIA
MUJERES	42,55%	39,62%
HOMBRES	64,63%	66,28%
TOTAL	52,78%	52,52%



Los resultados totales son similares en ambos, la diferencia reside en que en el municipio es algo más alto el número de mujeres que desarrollan una actividad laboral por lo que disminuye la cantidad de hombres en comparación con la provincia.

3.2.3. Tasa de paro

El paro es ligeramente superior en la capital que en la Comunidad Autónoma. Los mayores afectados son los que ocupan el rango de los 16 a los 24 años, con un 31% en Santander y un 27,6% en Cantabria. Mayor cantidad de parados es dada en mujeres, que acumulan mayor porcentaje en la provincia que en la capital.

Tabla 6: Distribución del paro por sexo y edad. Elaboración propia. Fuente Ayuntamiento de Santander

	SANTANDER	CANTABRIA
% PARO POBLACIÓN	15,7	14,2
% PARO HOMBRES	12,9	10,6
% PARO MUJERES	19,8	19,9
% PARO DE 16 A 24 AÑOS	31	27,6
% PARO DE 25 A 44 AÑOS	15,7	13,9
% PARO DE 45 A 64 AÑOS	10,4	8,8
% PARO DE 65 Y MÁS AÑOS	14	12

El crecimiento del empleo se centra en la hostelería, turismo, telecomunicaciones e informática, fabricaciones metálicas, transporte terrestre, como los servicios a la empresas.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA



***PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"***

ANEJO 5:

Descripción del edificio



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Descripción del edificio

1.	Datos básicos del edificio	3
2.	Descripción del edificio	6
3.	Envolvente y cerramientos del edificio.....	21
4.	Sistemas de calefacción y climatización.....	23
4.1.	Sala de calderas	24
4.2.	Unidades terminales	29
4.2.1.	Radiadores	29
4.2.2.	Aire caliente	36
5.	Iluminación.....	42
6.	Equipos eléctricos	44



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Descripción del edificio



1. Datos básicos del edificio

El edificio estudiado es el colegio Sagrado Corazón Esclavas que se encuentra en Santander, capital de la provincia de Cantabria. Concretamente en la avenida Pérez Galdós 41.

El colegio finalizó su construcción en 1.935, la cual fue llevada a cabo por el arquitecto González de Riancho, se trata de un edificio antiguo y de carácter protegido.

En las siguientes imágenes se puede ver la vista general del edificio desde sus diferentes ángulos y la vista aérea de este.



Ilustración 1: Vista del colegio Esclavas. Fuente: Google maps



Ilustración 2: Vistas desde las diferentes calles del colegio. Fuente: Google maps



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Ilustración 3: Vista aérea del colegio Esclavas. Fuente Google Maps

En el centro no solo se imparte la docencia, sino que también cuenta con un convento en el que se encuentran las monjas de esta congregación. Para el presente estudio solo se tiene en cuenta las zonas que son utilizadas para el uso de los alumnos. Lo que no supone dificultades, debido a la posesión de sala de calderas independientes y consumos de agua, electricidad y luz diferenciados.

El edificio está formado por tres plantas y un sótano, en los cuales se efectuarán las clases y las actividades, exceptuando la tercera planta que en su totalidad será usada como residencia, la cual no se tendrá en cuenta.

El colegio cuenta con 1.047 alumnos matriculados además de 90 personas entre las que se encuentran 80 del personal docente y 10 no docentes, estos lo componen la administración, secretaria, portería, limpieza, mantenimiento... En él se imparten clases desde infantil 3 años hasta 2º de bachillerato, por lo que el centro en su mayoría será utilizado acorde con el horario lectivo y encontrándose sin gente los fines de semana.

Lo primero a conocer será el horario existente según las diferentes edades de los alumnos.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Tabla 1: Horarios del colegio según las edades. Fuente: Elaboración propia.

Horarios del colegio según las edades		
	Mañana	Tarde
Infantil	9:30-13:00	15:00-16:30
Primaria	9:30-13:00	15:00-16:30
Secundaria	8:30-14:30	
Bachillerato	8:30-14:30	

Se observa en la tabla como los alumnos de infantil y primaria mantienen un horario partido, mientras que los estudiantes de secundaria y bachiller lo tienen continuo. Por lo que el horario de ocupación resultante es de 8:30 de la mañana a 16:30 de la tarde.

Conocido el de los alumnos, se debe de atender al del personal no docente que transita el colegio, en este caso, el que se valora es el de limpieza y comedor. El horario del comedor es de 13:00 a 15:30 por lo que no modifica el horario ya previsto. En cambio, el de la limpieza será de 16:30 a 21:00.

Aunque el uso mayoritario se encuentra en horario lectivo dado la cantidad de alumnos que se encuentran matriculados en el centro en comparación con el resto de personal que ocupa las horas restantes.

En la siguiente tabla se resumen todos los datos básicos del centro expuestos anteriormente.

Tabla 2: Datos básicos del centro. Fuente: Elaboración propia.

Sagrado Corazón Esclavas	
Año de construcción	1935
Número de plantas	3 y sótano
Superficie construida m ²	3.248,26 m ²
Número de personas	1.137 personas
Calendario	Lectivo
Horario lectivo	8:30-16:30 h.
Horario limpieza	16:30-21:00 h.



2. Descripción del edificio

La parcela tiene una extensión de 15.219,08 m², y el edificio construido cuenta con una superficie de 3.248,26 m² distribuidos en tres plantas y un sótano. La altura libre por planta es de 3.98 m.

Ahora se calcula la superficie útil que tienen las zonas del edificio que serán interesantes para el estudio, centrándose solo en aquellas utilizadas para la docencia y el uso de los alumnos.

Tabla 3: Superficies por planta del centro. Fuente: Elaboración propia.

Planta	Superficie (m ²)
Baja	2.308,76 m ²
Primera	1.970,11 m ²
Segunda	1.526,17 m ²
Sótano	1.318,21 m ²

En la siguiente tabla se muestran las diferentes estancias en las que se encuentra dividido el edificio por planta existente.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio

Tabla 4: Superficies planta baja. Fuente: Elaboración propia.

Planta	Uso	Superficie (m ²)
Baja	Aula infantil 1	42,15
Baja	Aula infantil 2	63,05
Baja	Aula infantil 3	40,98
Baja	Aula infantil 4	50,26
Baja	Aula infantil 5	72,01
Baja	Aula infantil 6	76,92
Baja	Baños infantil	19,99
Baja	Comedor	159,51
Baja	Comedor profesores	22,74
Baja	Baños comedor	15,45
Baja	Cuarto	19,25
Baja	Cocina	36
Baja	Despacho 1	7,56
Baja	Despacho 2	13,06
Baja	Despacho 3	13,06
Baja	Despacho 4	12,46
Baja	Aula primaria 1	43,46
Baja	Aula primaria 2	41,09
Baja	Aula primaria 3	39,69
Baja	Aula primaria 4	53,85
Baja	Aula primaria 5	47,20
Baja	Aula primaria 6	42,58
Baja	Aula primaria 7	41,98
Baja	Aula	26,51
Baja	Cuarto	19,87
Baja	Baños Primaria	7,54
Baja	Recibidor 1	8,44
Baja	Recibidor 2	8,69
Baja	Recibidor 3	9,69
Baja	Recibidor 4	9,56
Baja	Despacho AMPA	19,6
Baja	Despacho antiguas alumnas	23,6
Baja	Portería	17,15
Baja	Tutorías	22,24
Baja	Tutorías	16,45
Baja	Administración	21,42
Baja	Aula 2º Bachiller 1	43,87
Baja	Aula 2º Bachiller 2	41,71



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio

Baja	Aula 2º Bachiller 3	59,87
Baja	Baños Bachiller	13,68
Baja	Zonas comunes	580,81

Tabla 5: Superficies planta primera. Fuente: Elaboración propia.

Planta	Uso	Superficie (m ²)
Primera	Aula primaria 1	52,34
Primera	Aula primaria 2	50,15
Primera	Aula primaria 3	47,55
Primera	Laboratorio	65,19
Primera	Aula primaria 4	48,02
Primera	Laboratorio	57,91
Primera	Baños primaria	13,91
Primera	Capilla	23,77
Primera	Aula ESO 3º 1	42,21
Primera	Aula ESO 3º 2	42,79
Primera	Aula ESO 3º 3	43,48
Primera	Aula ESO 4º 1	46,76
Primera	Aula ESO 4º 2	44,82
Primera	Aula ESO 4º 3	48,50
Primera	Despacho 1	19,63
Primera	Despacho 2	15,58
Primera	Despacho 3	22,74
Primera	Despacho 4	24,08
Primera	Tutorías	6,05
Primera	Clase Optativas	46,43
Primera	Sala Profesores 1	38,11
Primera	Sala Profesores 2	44,59
Primera	Baños Secundaria	41,03
Primera	Psicóloga	13,19
Primera	Despacho	11,01
Primera	Cuarto 3	9,88
Primera	Cuarto 4	9,88
Primera	Secretaria	46,70
Primera	Fotocopiadora	16,90
Primera	Cuarto	12,76
Primera	Cuarto	12,76
Primera	Aula 1º Bachiller 1	39,86
Primera	Aula 1º Bachiller 2	41,40
Primera	Aula 1º Bachiller 3	42,67
Primera	Aula Dibujo Técnico	57,41
Primera	Aula Tecnología	63,07



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio

Primera	Aula Informática	39,05
Primera	Baños Bachiller	21,93
Primera	Tutorías	3,82
Primera	Iglesia	383,58
Primera	Zonas comunes	642,00

Tabla 6: Superficies planta segunda. Fuente: Elaboración propia.

Planta	Uso	Superficie (m ²)
Segunda	Aula Primaria 1	44,76
Segunda	Aula Primaria 2	64,27
Segunda	Aula Primaria 3	46,57
Segunda	Aula Primaria 4	44,39
Segunda	Aula Primaria 5	41,15
Segunda	Aula Primaria 6	64,49
Segunda	Baños Primaria	16,56
Segunda	Sala Profesores	23,77
Segunda	Tutorías	7,89
Segunda	Tutorías	7,84
Segunda	Niños autistas	22,01
Segunda	Audiovisuales	78,74
Segunda	Biblioteca	115,26
Segunda	Informática Primaria	48,95
Segunda	Informática Secundaria	46,38
Segunda	Aula Primaria 7	46,03
Segunda	Baños	7,16
Segunda	Enfermería	5,73
Segunda	Aula ESO 1º 1	44,69
Segunda	Aula ESO 1º 2	37,75
Segunda	Aula ESO 1º 3	42,28
Segunda	Aula ESO 2º 1	46,76
Segunda	Aula ESO 2º 2	46,16
Segunda	Aula ESO 2º 3	46,16
Segunda	Tutorías	6,70
Segunda	Diversificación	22,28
Segunda	Despacho	16,79
Segunda	Aula	48,50
Segunda	Aula música	51,68
Segunda	Baños Secundaria	28,11
Segunda	Zonas comunes	356,27



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Tabla 7: Superficies sótano. Fuente: Elaboración propia.

Planta	Uso	Superficie (m ²)
Sótano	Baños	6,18
Sótano	Patio cubierto infantil	321,46
Sótano	Taller mantenimiento	22,11
Sótano	Trastero	30,66
Sótano	Sala de calderas	38,92
Sótano	Caldera	7,94
Sótano	Baños	5,04
Sótano	Salón de actos	484,02
Sótano	Almacén	22,97
Sótano	Siesta	47,10
Sótano	Baños	9,61
Sótano	Salón de actividades	316,21
Sótano	Trastero	5,95
Sótano	Zonas comunes	95,63

Para agrupar de forma ordenada las diferentes estancias del edificio, y la superficie que ocupa cada grupo de ellas, se ha ido jerarquizando cada una de ellas, para asociar según estas en la siguiente tabla, donde se muestra la distribución por espacios.

Está dividido en tres plantas más el sótano que componen el edificio, en las que se muestra como cada planta se compone de las diferentes habitaciones, y a que uso está destinado cada una de ellas. Junto con cada planta va adjunto un gráfico en el que se muestra el porcentaje que ocupa cada sección en el edificio por planta.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Tabla 8: Distribución de las estancias por planta. Fuente: Elaboración propia.

Uso	Baja (m ²)	Primera (m ²)	Segunda (m ²)	Sótano (m ²)
Aula docente, despacho, salas de profesores...	949	1138,30	1112,31	47,10
Baños	56,68	76,88	51,84	20,84
Comedor	218,26	-	-	-
Zonas comunes	580,81	642,00	356,27	95,63
Portería, administración, secretaría...	81,77	63,60	5,73	-
Sala de calderas	-	-	-	46,86
Patios cubiertos	-	-	-	321,46
Almacén, cuartos...	39,13	25,53	-	81,70
Iglesia	383,58	23,77	-	-
Salones	-	-	-	800,23

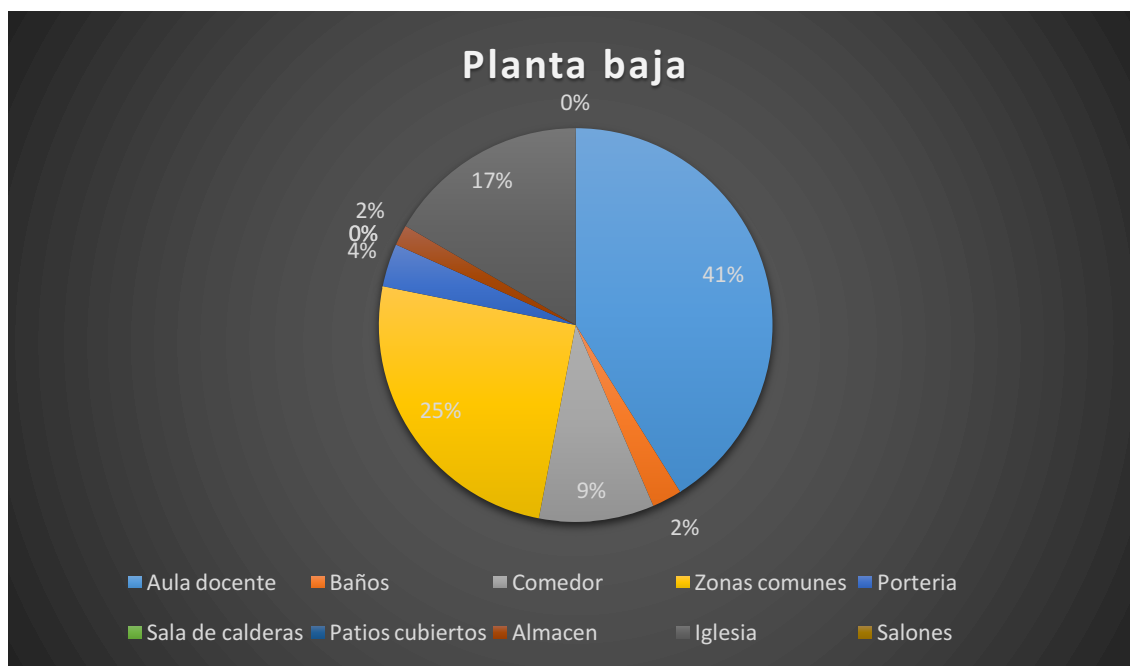


Gráfico 1: Distribución de la superficie de la planta baja. Fuente: Elaboración propia



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio

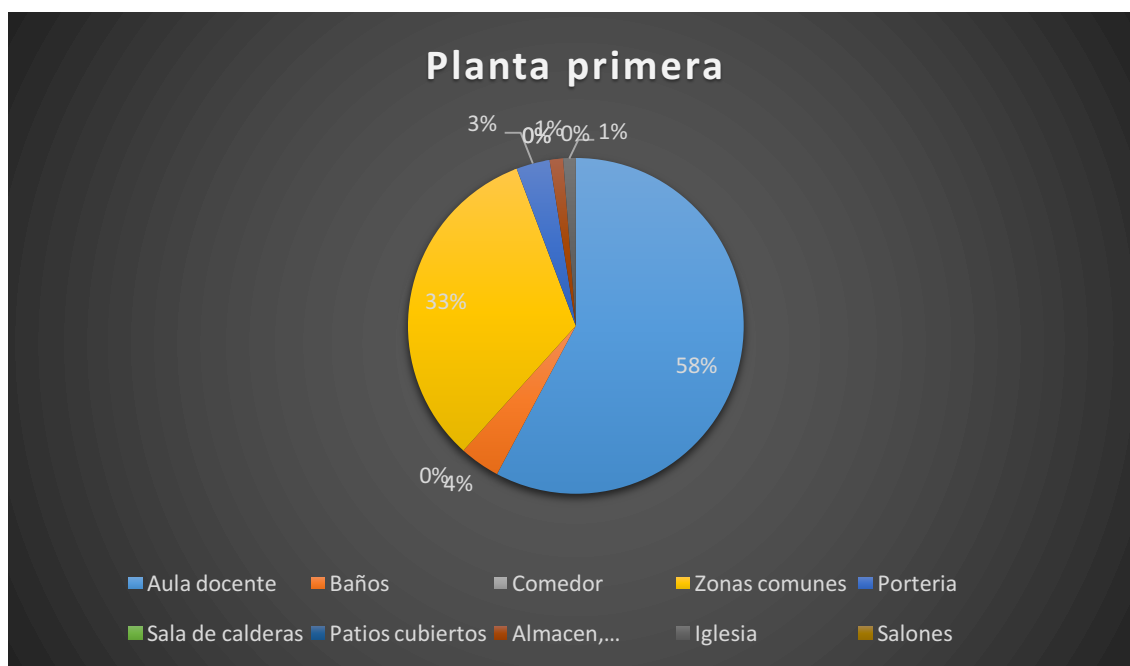


Gráfico 2: Distribución de la superficie de la planta primera. Fuente: Elaboración propia

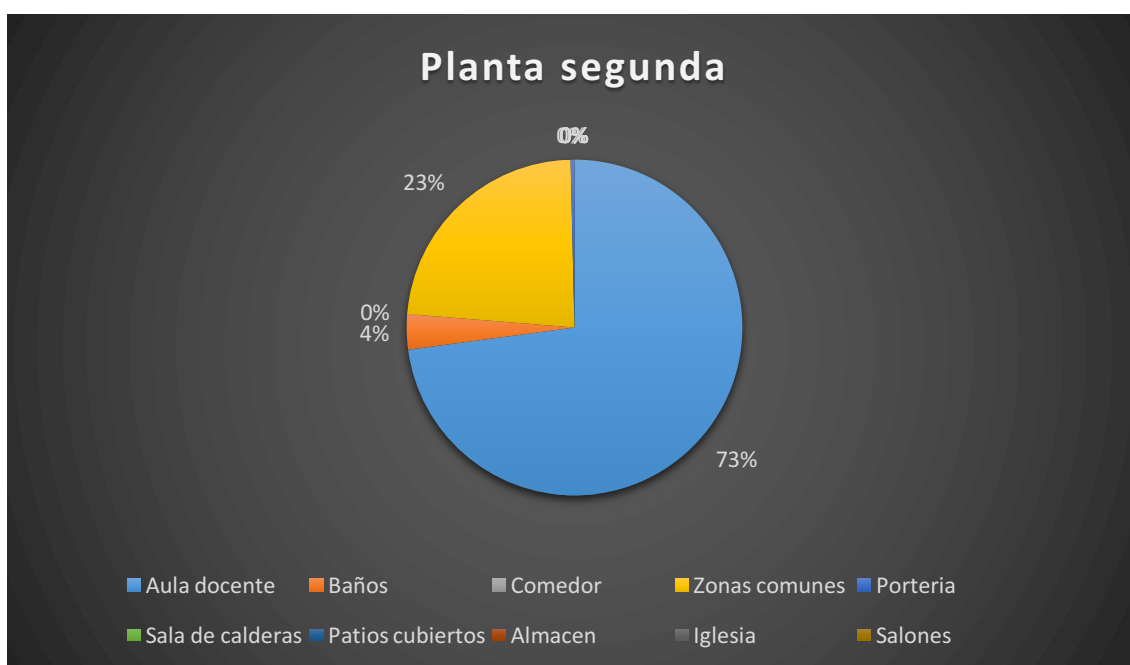


Gráfico 3: Distribución de la superficie de la planta segunda. Fuente: Elaboración propia



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio

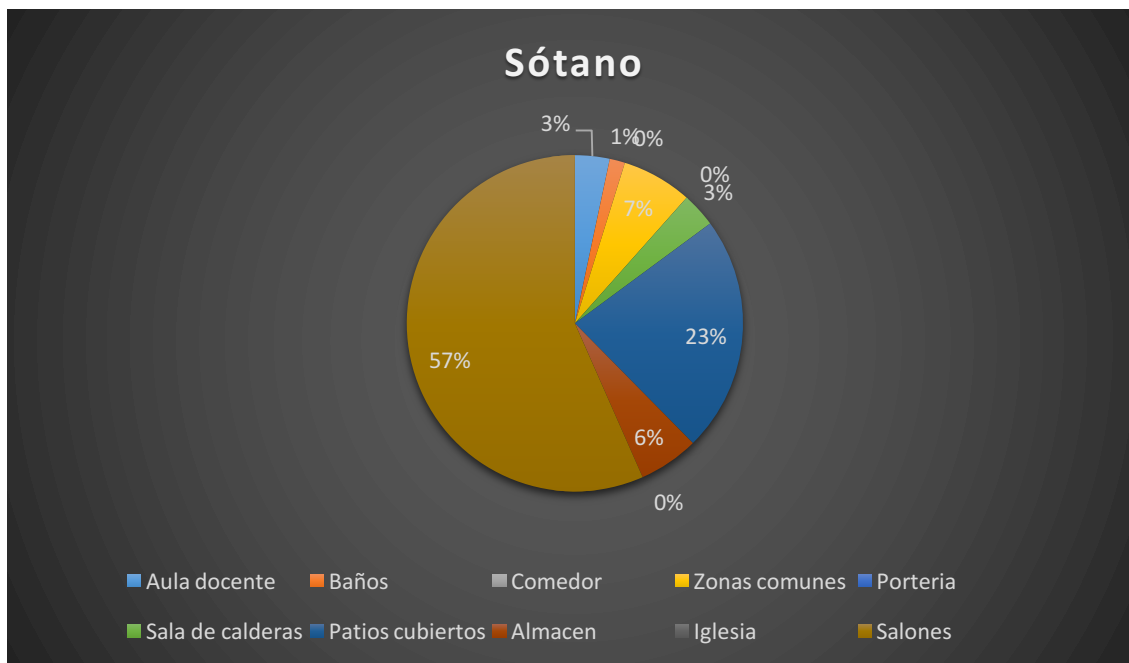


Gráfico 4: Distribución de la superficie del sótano. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las gráficas anteriores en la planta baja y en la primera se encuentran la mayoría de las secciones, predominando las aulas. En la segunda aparecen aulas, zonas comunes y baños. Y en el sótano las zonas de ocio.

A continuación, en la siguiente tabla aparece la superficie total que representan cada uno de los espacios en el edificio junto con una gráfica.

Tabla 9: Superficies agrupadas en estancias. Fuente: Elaboración propia.

Uso	Superficie (m ²)	Porcentaje (%)
Aula docente, despacho, salas de profesores...	3.246	45 %
Baños	206,26	3 %
Comedor	218,26	3 %
Zonas comunes	1674,73	23 %
Portería, administración, secretaría...	151,10	2 %
Sala de calderas	46,86	1 %
Patios cubiertos	321,46	4 %
Almacén, cuartos...	146,37	2 %
Iglesia	407,35	6 %
Salones	800,23	11 %



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio

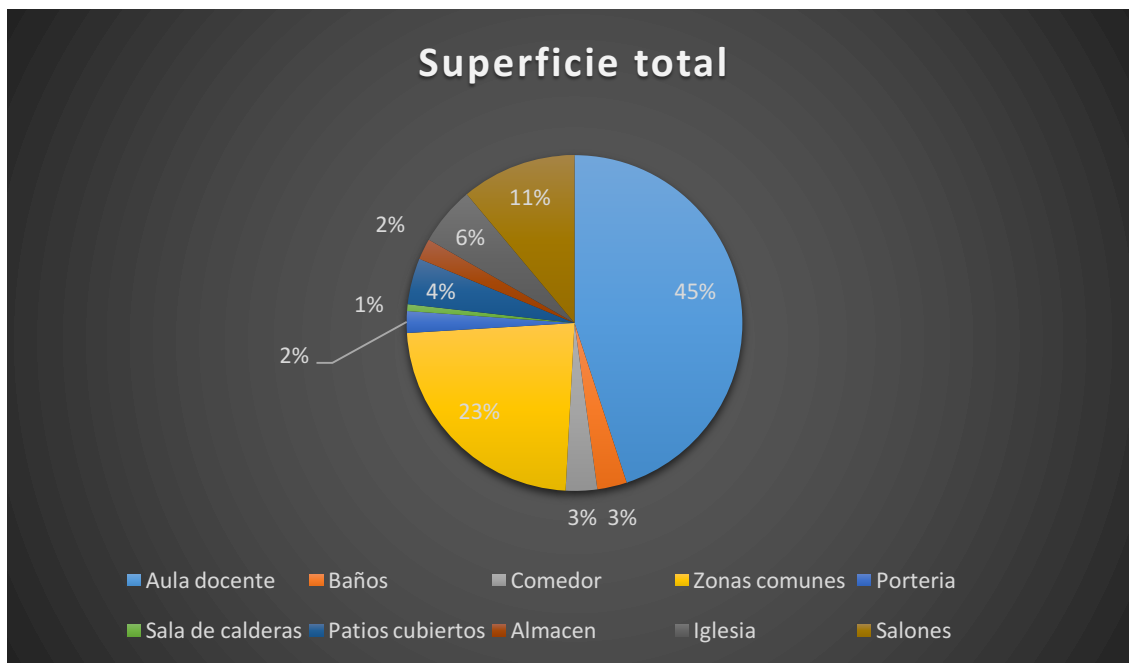
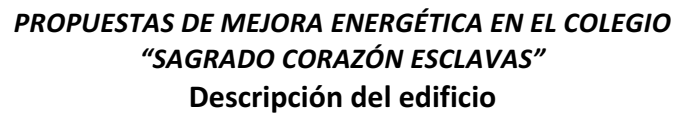


Gráfico 5: Distribución de la superficie total del edificio. Fuente: Elaboración propia.

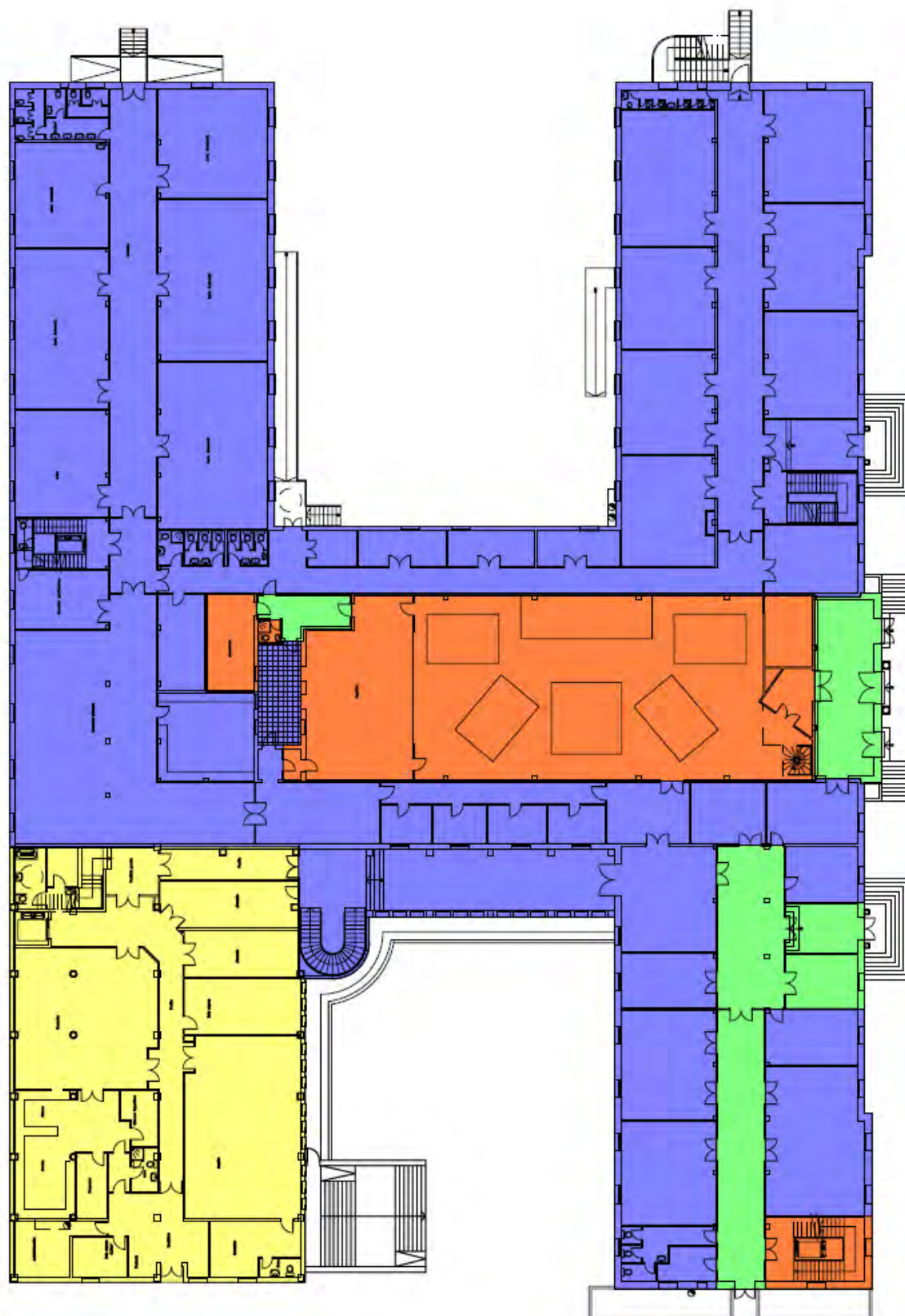
La gráfica muestra la distribución total que ocupa el edificio, y como al igual que en las anteriores gráficas de planta por planta, sigue predominando las aulas docentes con un 45%, seguido de las zonas comunes con un 23% y los demás espacios se reparten el resto del porcentaje completando la distribución del centro.

A continuación se muestran los planos del edificio por planta:





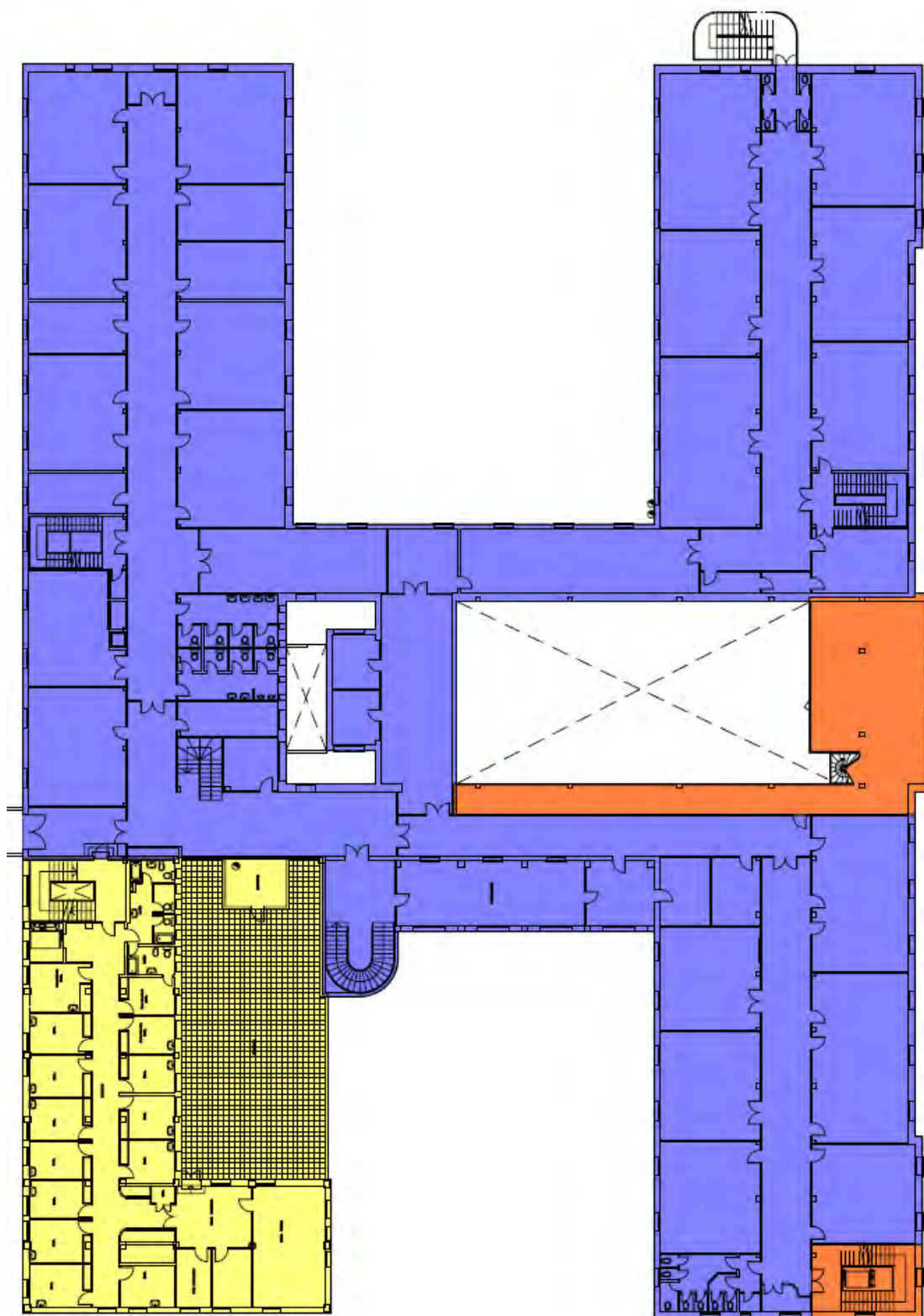
PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Plano 2: Planta baja. Fuente: Colegio Esclavas.



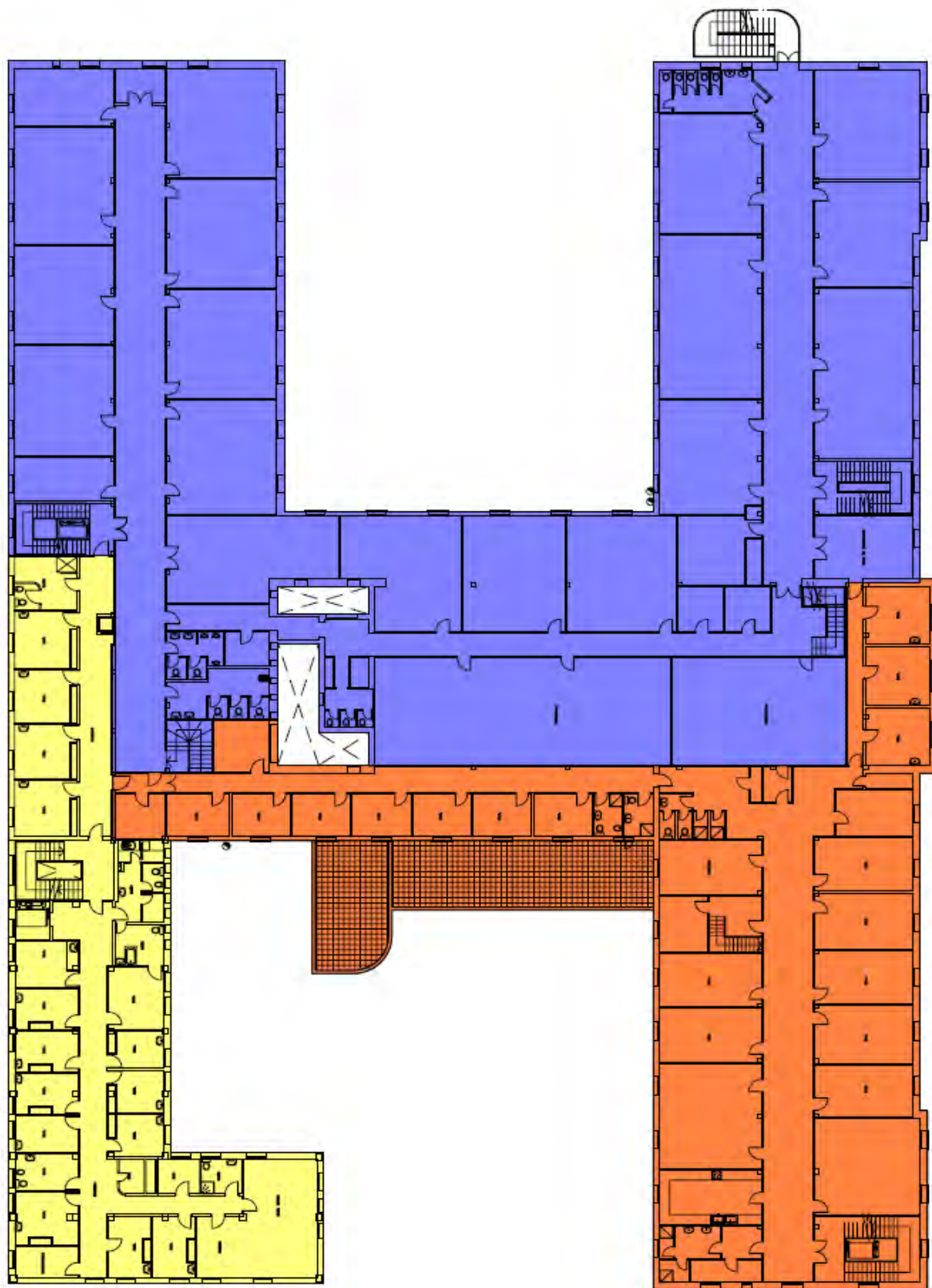
PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Plano 3: Planta primera. Fuente: Colegio Esclavas.



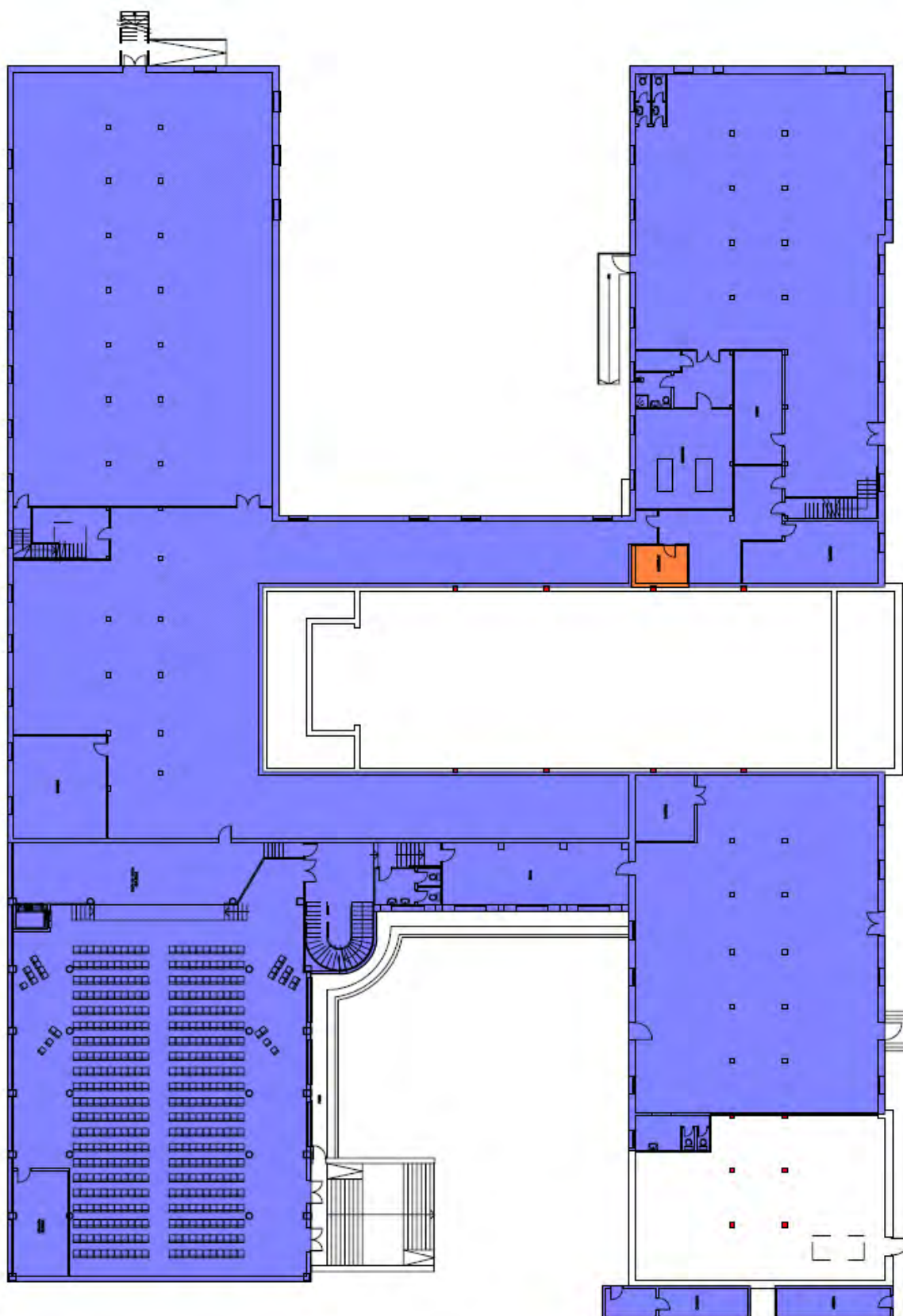
PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Plano 4: Planta segunda. Fuente: Colegio Esclavas.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Plano 5: Sótano. Fuente: Colegio Esclavas.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



En los planos se diferencia según colores los espacios que componen el centro, en los cuales se distingue: el centro educativo de color morado, de naranja y amarillo el convento y la residencia de las monjas, y de verde las zonas comunes.

La importancia del estudio prevalece en el centro educativo y las zonas comunes, ya que son las zonas en los que los alumnos desarrollan su día a día.



3. Envolvente y cerramientos del edificio

En este apartado se va a describir superficialmente como está formada la envolvente y los cerramientos de la fachada, ya que sobre ella no se van a producir cambios y por lo tanto no necesita ser expuesta detalladamente.

La fachada está formada por los siguientes elementos desde fuera hacia dentro, una capa de pintura que recubre otra de hormigón que viste a los ladrillos que componen la estructura del edificio y que dan al interior del centro con otro hormigón y pintura, manteniendo la misma estructura.

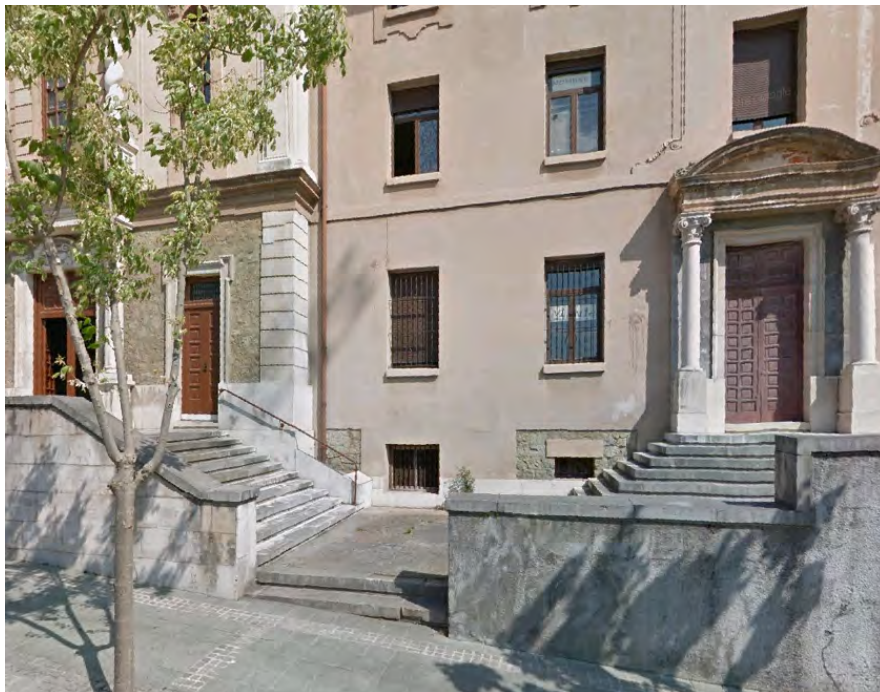


Ilustración 4: Edificio visto desde el exterior donde se aprecia la envolvente. Fuente: Elaboración propia.

El sistema de ventanas está formado en su totalidad por ventanas con doble acristalamiento de aluminio blanco, con capacidad de apertura mediante dos sistemas independientes a través de una rotura de puente térmico.

La primera forma es la oscilobatiente, que se forma de una hoja que gracias a los herrajes y la posición de la maneta, hacen que gire sobre un eje vertical y capacite la opción de abatirse sobre un eje horizontal. La segunda, es el tipo abisagrado que envuelve al anterior y permite la apertura total del conjunto.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Descripción del edificio



Las ventanas de aluminio tienen unas ventajas sobre otro tipo de materiales, como la resistencia a los cambios de temperatura, la radiación solar y las inclemencias del tiempo, a pesar de la zona geográfica y climatología de la región donde se instalen. Aquellas que dispongan de rotura de puente térmico son las que más aislamiento térmico presentan.

El tipo de vidrio determinará la eficiencia de aislamiento, que a su vez determinará el nivel de confort que pueden ofrecer.



Ilustración 5: Ejemplo de un tipo de ventanas del mismo modelo. Fuente Leroy Merlin



Ilustración 6: Ventana de una clase del centro. Fuente: Elaboración propia.



4. Sistemas de calefacción y climatización

Para el estudio de los sistemas de climatización solo se tendrá que tener en cuenta la producción de calefacción, ya que el colegio no cuenta con un sistema de agua caliente sanitario.

El sistema de calefacción es producido por las calderas. La sala de calderas del centro se encuentra situada en el sótano, a la cuál puedes acceder desde el interior del colegio o desde un patio exterior. La sala en cuestión cuenta con una superficie de 38,9234 m², en la que se encuentran instaladas dos calderas que son alimentadas por gas natural.

Este sistema de calefacción es uno de los principales a tener en cuenta a la hora de realizar un estudio de mejora, ya que el gasto que conlleva es uno de los más importantes para el colegio, y reducirlo o mejorarlo sería conveniente de cara al futuro, además de que el tipo de instalación que utiliza es antiguo y por lo tanto no cuenta con retorno en los tubos, lo que implica grandes pérdidas.

Este tipo de calefacciones se las conoce como monotubo, en las que el circuito del agua se realiza mediante un único tubo, siendo este usado tanto para la ida como para el retorno. El agua caliente que la caldera envía a recorrer las tuberías por cada radiador pasa por toda la instalación, lo que provoca que el calor que llega a cada uno sea diferente, ya que cuanto más alejado se encuentre de la caldera menos calor podrá recibir.

Este tipo de calefacción solo es recomendable en pequeñas instalaciones para que la pérdida de calor sea menos acentuada a medida que el agua caliente realiza el recorrido, por lo que en el centro donde se realiza el estudio dado sus dimensiones las pérdidas son bastante notables.

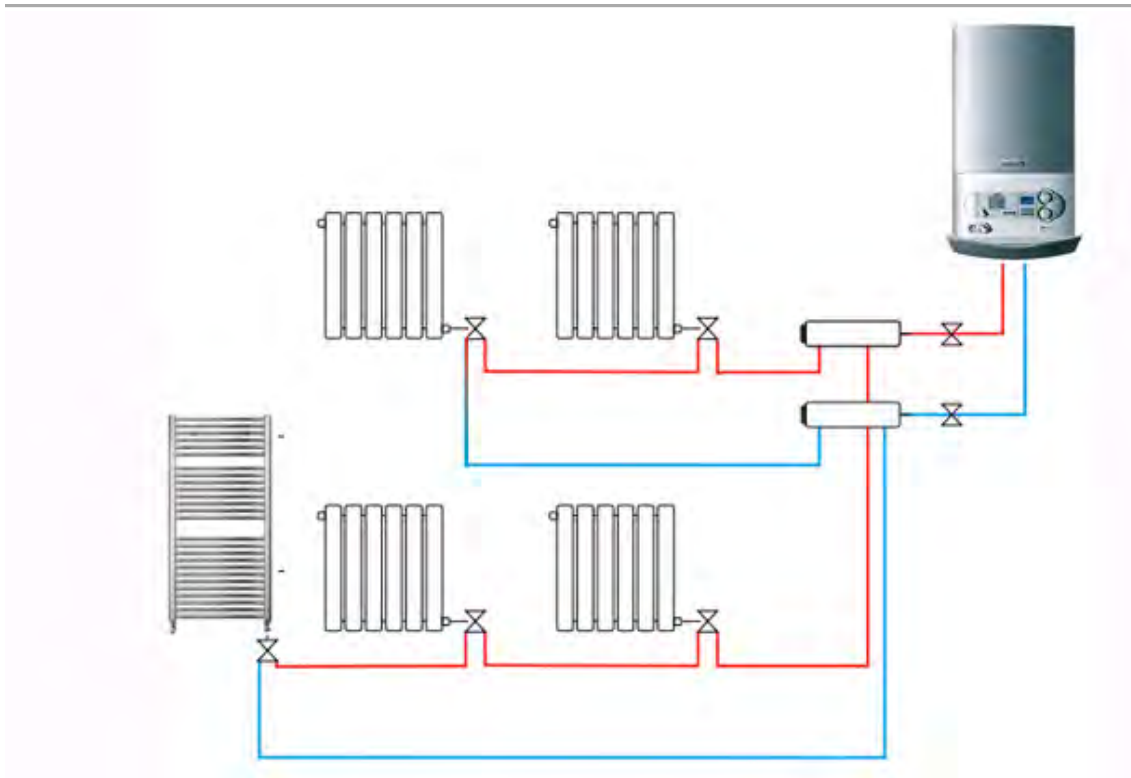


Ilustración 7: Esquema de una instalación mono-tubo. Fuente: Climargas.

4.1. Sala de calderas

Cuando el edificio se creó en 1.935 la caldera con la que se suministraba el colegio era de carbón, con el paso de los años decidió instalarse dos calderas de gasóleo, y en el año 2.005 se ha modificado el combustible por gas natural. La primera caldera se encarga de suministrar a cierta parte del colegio, como es la iglesia, salón de actos, portería y comedor. Mientras que la segunda caldera lo hace al resto del centro.

Por lo tanto a día de hoy el colegio cuenta con dos calderas que poseen las siguientes características:



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio

Tabla 10: Datos de la primera caldera. Fuente: Elaboración propia.

Caldera 1	
Generador	Caldera
Planta del edificio	Sótano
Servicio	Calefacción
Marca	ROCA
Modelo	NTD-300
Fluido calefactor	Agua Caliente
Capacidad de agua	228 litros
Presión máxima	5 bar
Temperatura máxima	100°C
Combustible	Líquido/Gas
Potencia nominal (gasto)	393,7 kW
Potencia útil	348,8 kW
Rendimiento	88,6 %
Registro de tipo:	AP-631/B
Fecha	23-11-87
Mes encendido Calefacción	Noviembre
Mes apagado calefacción	Abril
Horario calefacción	8:00 h – 15:00 h
Días calefacción	De lunes a Viernes

Tabla 11: Datos de la segunda caldera. Fuente: Elaboración propia.

Caldera 2	
Generador	Caldera
Planta del edificio	Sótano
Servicio	Calefacción
Marca	ROCA
Modelo	NTD-360
Fluido calefactor	Agua caliente
Capacidad de agua	266 litros
Presión máxima	5 bar
Temperatura máxima	100°C
Combustible	Líquido/gas
Potencia nominal (gasto)	475,1 kW
Potencia útil	418,6 kW
Rendimiento	88,1%
Registro de tipo:	AP-631/B
Fecha	23-11-87
Mes encendido Calefacción	Noviembre
Mes apagado calefacción	Abril
Horario calefacción	8:00 h – 15:00 h
Días calefacción	De lunes a Viernes



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Descripción del edificio

El siguiente esquema que aparece a continuación se muestra el funcionamiento de una caldera pirotubular semejante a las dos que se encuentran en el centro actualmente, en este se indica el proceso que sigue el gas y el agua que se introducen en la caldera hasta llegar a producir calor en el sistema de radiadores, y como estos están colocados en paralelo para que no condicione el encendido de unos a otros.

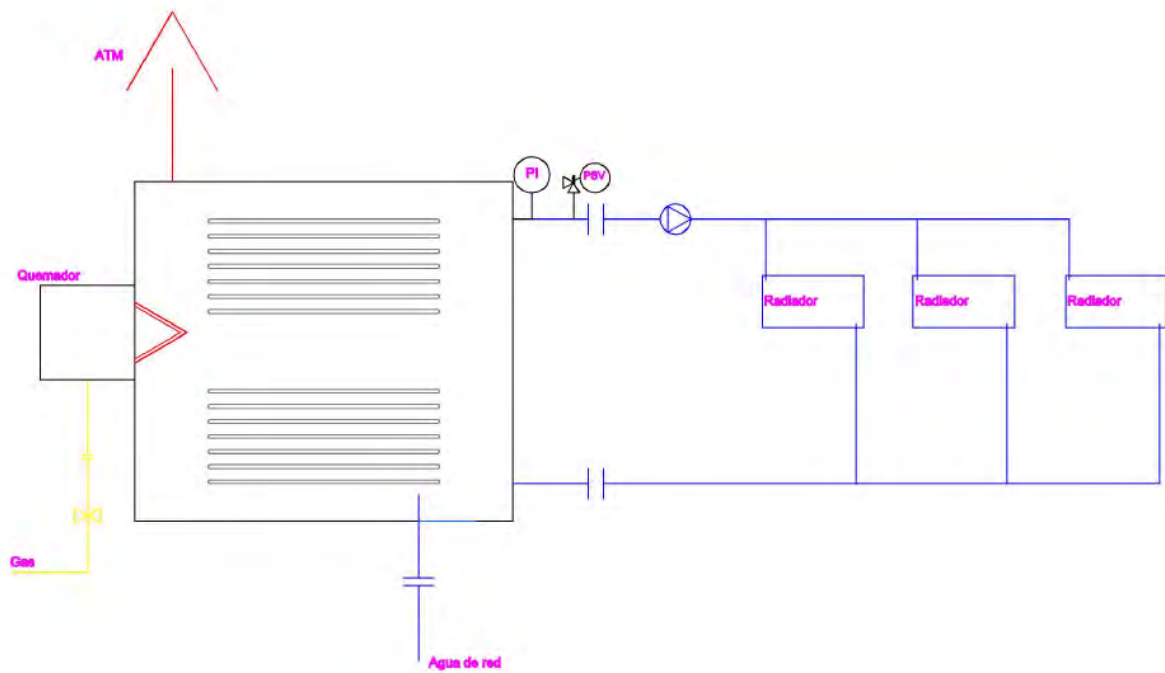


Ilustración 8: Esquema de principio de funcionamiento de una caldera pirotubular. Fuente: Elaboración propia



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Descripción del edificio

Las siguientes imágenes muestran la sala de calderas del centro y sus componentes:



Ilustración 9: Imagen general de la sala de calderas. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 10: Imagen de la caldera 1 y 2 de la sala. Fuente: Elaboración propia.

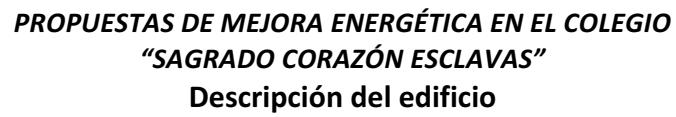


Ilustración 11: Placa característica. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 12: Cuadro eléctrico. Fuente: Elaboración propia.



4.2. Unidades terminales

El sistema de calefacción se distribuye en dos métodos mediante aire caliente y radiadores.

4.2.1. Radiadores

Los radiadores son emisores térmicos, casi imprescindibles en un sistema de calefacción completo, su función es la de emitir y distribuir el calor procedente de una caldera.

El colegio tiene todos los radiadores de hierro, los cuales están formados por diferentes números de elementos según el espacio al que estén sirviendo y la necesidad que tengan, estos poseen las siguientes características:

- Una excepcional resistencia a la corrosión, lo cual ofrece una duración ilimitada de este, que no es comparable con ningún otro material.
- Alturas entre 288 y 870 mm.
- Formados por elementos acoplables, cuyo número puede ampliarse o reducirse para adaptarlos a la potencia calorífica deseada.
- El acoplamiento se realiza mediante manguitos de acero de rosca derecha-izquierda y junta de estanquidad.
- Sometidos a una doble prueba con presión hidráulica de 12 bar. La primera con los elementos sueltos y la segunda con el bloque ya formado.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio**



Ilustración 13: Radiador de hierro del centro educativo. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra una tabla con las características principales que presentan este modelo de radiadores. Aunque los datos de estos no se conocen en su profundidad, ya que son un modelo con más de 80 años.

Tabla 12: Características de los radiadores instalados en el centro. Fuente: Elaboración propia.

Características de los radiadores	
Utilidad	Calefacción
Tipo	Radiador de hierro
Marca	ROCA
Fluido que circula en su interior	Agua caliente
Potencia calorífica (kW)	0.152 KW por elemento
Regulación	Con regulacion
Tubos	Monotubo/Sin retorno

Ahora vamos a enumerar la cantidad de radiadores con la que cuenta el centro y el número de elementos por los que están compuestos cada uno de ellos.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Tabla 13: Número de radiadores de la planta baja. Fuente: Elaboración propia.

Planta	Uso	Número de radiadores	Número de elementos	Elementos totales
Baja	Aula infantil 1	2	10/11	21
Baja	Aula infantil 2	2	8/8	16
Baja	Aula infantil 3	2	7/7	14
Baja	Aula infantil 4	2	7/7	14
Baja	Aula infantil 5	3	12/13	25
Baja	Aula infantil 6	3	13/11	24
Baja	Baños infantil	-	-	-
Baja	Comedor	5	24x5	120
Baja	Comedor profesores	1	15	15
Baja	Baños comedor	-	-	-
Baja	Cocina	1	24	24
Baja	Cuarto	-	-	-
Baja	Despacho 1	-	-	-
Baja	Despacho 2	1	7	7
Baja	Despacho 3	1	7	7
Baja	Despacho 4	1	7	7
Baja	Aula primaria 1	1	16	16
Baja	Aula primaria 2	1	15	15
Baja	Aula primaria 3	1	13	13
Baja	Aula primaria 4	1	15	15
Baja	Aula primaria 5	1	13	13
Baja	Aula primaria 6	1	14	14
Baja	Aula primaria 7	1	17	17
Baja	Cuarto siesta	-	-	-
Baja	Baños Primaria	-	-	-
Baja	Recibidor 1	1	6	6
Baja	Recibidor 2	1	6	6
Baja	Recibidor 3	1	8	8
Baja	Recibidor 4	1	6	6
Baja	Despacho AMPA	-	-	-
Baja	Despacho antiguas alumnas	1	7	7
Baja	Portería	1	7	7
Baja	Tutorías	1	7	7
Baja	Tutorías	1	9	9
Baja	Administración	1	7	7
Baja	Aula 2º Bachiller 1	1	12	12
Baja	Aula 2º Bachiller 2	1	12	12



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
“SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS”
Descripción del edificio



Baja	Aula 2º Bachiller 3	1	9	9
Baja	Baños Bachiller	-	-	-
Baja	Zonas comunes	6	10/19/16/24/24/16	109

Tabla 14: Número de radiadores de la primera planta. Fuente: Elaboración propia.

Planta	Uso	Número de radiadores	Número de elementos	Elementos totales
Primera	Aula primaria 1	2	16/16	32
Primera	Aula primaria 2	2	7/7	14
Primera	Aula primaria 3	2	11/11	22
Primera	Laboratorio	1	12	12
Primera	Aula primaria 4	2	11/15	26
Primera	Laboratorio	2	14/15	29
Primera	Baños primaria	-	-	-
Primera	Capilla	-	-	-
Primera	Aula ESO 3º 1	2	4/4	8
Primera	Aula ESO 3º 3	2	4/9	13
Primera	Aula ESO 4º 1	2	7/5	12
Primera	Aula ESO 4º 2	2	5/5	10
Primera	Aula ESO 4º 3	2	5/5	10
Primera	Despacho 1	1	4	4
Primera	Despacho 2	1	4	4
Primera	Despacho 3	1	5	5
Primera	Despacho 4	1	4	4
Primera	Tutorías	1	11	11
Primera	Clase Optativas	1	10	10
Primera	Sala Profesores 1	2	6/6	12
Primera	Sala Profesores 2	1	9	9
Primera	Baños Secundaria	-	-	-
Primera	Psicóloga	1	4	4
Primera	Despacho	-	-	-
Primera	Cuarto 3	-	-	-
Primera	Cuarto 4	-	-	-
Primera	Secretaria	2	7/7	14
Primera	Fotocopiadora	-	-	-
Primera	Cuarto	-	-	-
Primera	Cuarto	-	-	-
Primera	Aula 1º Bachiller 1	1	10	10
Primera	Aula 1º Bachiller 2	1	10	10
Primera	Aula 1º Bachiller 3	2	5/6	11
Primera	Aula Dibujo Técnico	2	4/4	8
Primera	Aula Tecnología	1	5	5



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Primera	Aula Informática	2	6/4	10
Primera	Baños Bachiller	-	-	-
Primera	Tutorías	-	-	-
Primera	Zonas comunes	5	8/11/10/10/8	47

Tabla 15: Número de radiadores de la segunda planta. Fuente: Elaboración propia.

Planta	Uso	Número de radiadores	Número de elementos	Elementos totales
Segunda	Aula Primaria 1	3	4/4/4	12
Segunda	Aula Primaria 2	3	8/3/3	14
Segunda	Aula Primaria 3	2	6/6	12
Segunda	Aula Primaria 4	4	4/4/4/4	16
Segunda	Aula Primaria 5	3	8/8/8	24
Segunda	Aula Primaria 6	3	6/5/5	16
Segunda	Baños Primaria	-	-	-
Segunda	Sala Profesores	1	7	7
Segunda	Tutorías	-	-	-
Segunda	Tutorías	-	-	-
Segunda	Niños autistas	-	-	-
Segunda	Audiovisuales	2	7/7	14
Segunda	Biblioteca	3	7/7/7	21
Segunda	Informática Primaria	1	15	15
Segunda	Informática Secundaria	1	15	30
Segunda	Aula Primaria 7	1	11	11
Segunda	Baños	-	-	-
Segunda	Enfermería	-	-	-
Segunda	Aula ESO 1º 1	1	10	10
Segunda	Aula ESO 1º 2	1	16	16
Segunda	Aula ESO 1º 3	1	12	12
Segunda	Aula ESO 2º 1	1	12	12
Segunda	Aula ESO 2º 2	1	12	12
Segunda	Aula ESO 2º 3	1	12	12
Segunda	Tutorías	-	-	-
Segunda	Diversificación	1	5	5
Segunda	Despacho	1	4	4
Segunda	Aula	1	12	12
Segunda	Aula música	1	6	6
Segunda	Baños Secundaria	-	-	-
Segunda	Zonas comunes	-	-	-



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Descripción del edificio



Tabla 16: Número de radiadores del sótano. Fuente: Elaboración propia.

Planta	Uso	Número de radiadores	Número de elementos
Sótano	Baños	-	-
Sótano	Patio cubierto infantil	-	-
Sótano	Taller mantenimiento	-	-
Sótano	Trastero	-	-
Sótano	Sala de calderas	-	-
Sótano	Caldera	-	-
Sótano	Baños	-	-
Sótano	Almacén	-	-
Sótano	Salón de actos	-	-
Sótano	Siesta	-	-
Sótano	Baños	-	-
Sótano	Salón de actividades	-	-
Sótano	Baños	-	-
Sótano	Trastero	-	-
Sótano	Zonas comunes	-	-

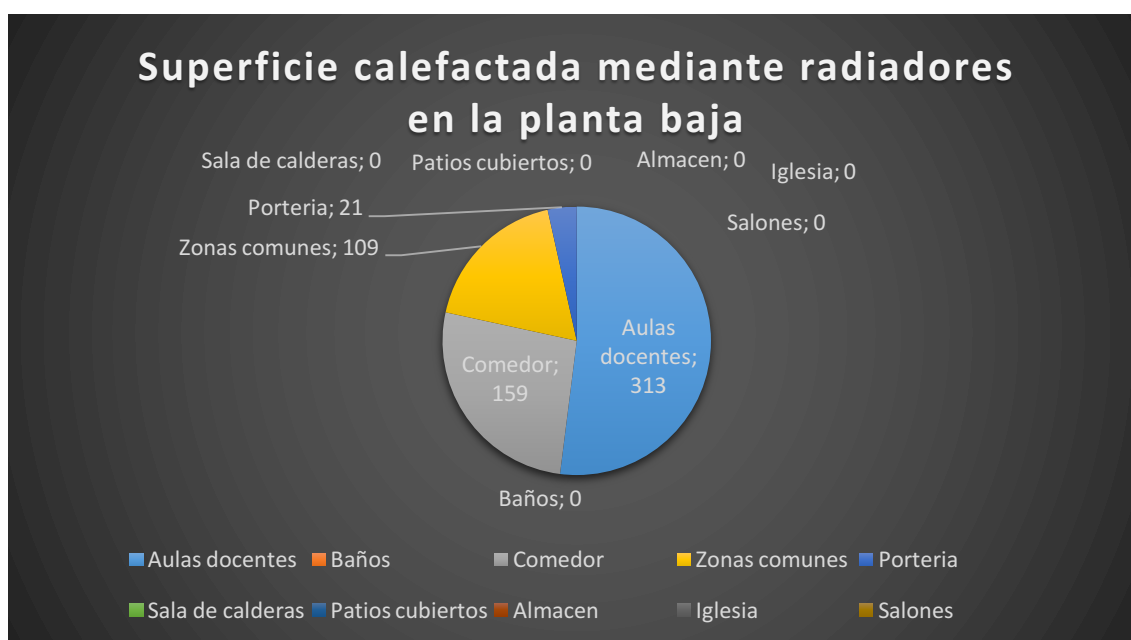


Gráfico 6: Superficie calefactada mediante radiadores en la planta baja. Fuente: Elaboración propia.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio

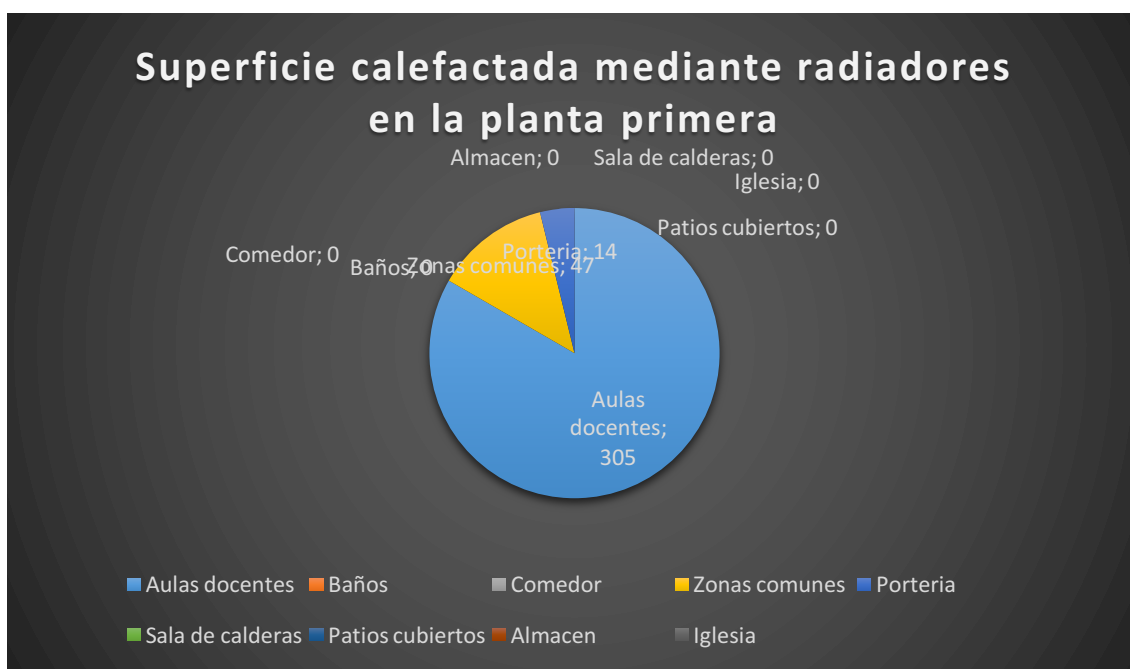


Gráfico 7: Superficie calefactada mediante radiadores en la planta primera. Fuente: Elaboración propia

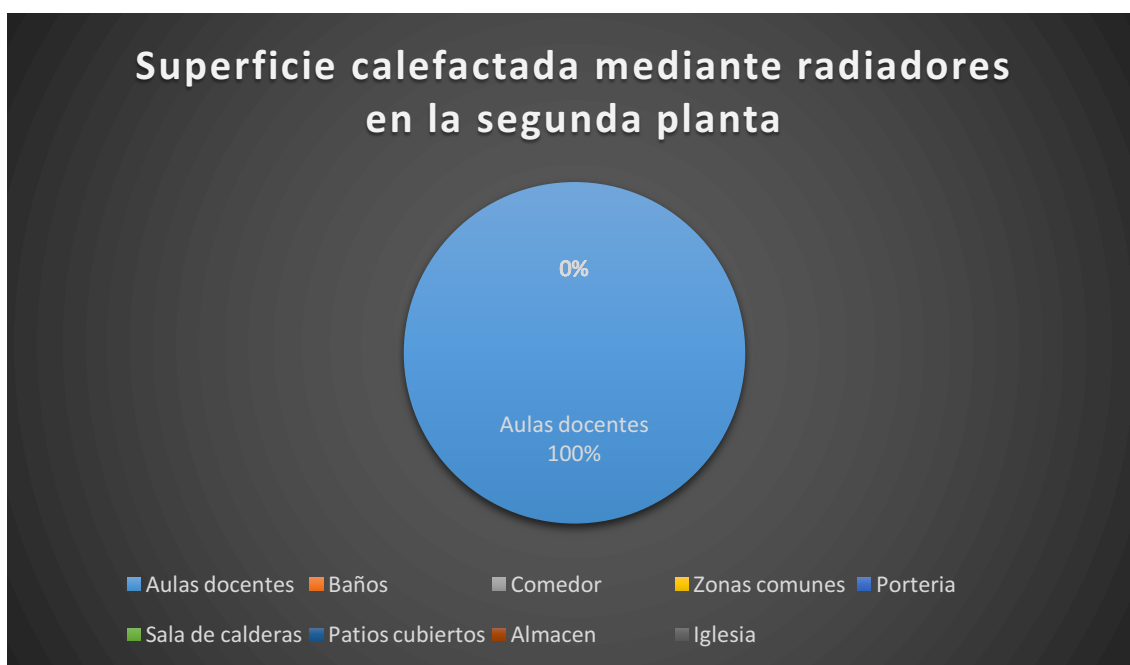


Gráfico 8: Superficie calefactada mediante radiadores en la segunda planta. Fuente: Elaboración propia.



En las gráficas anteriores se puede observar que son similares a la superficie que presentan, ya que en cada planta la superficie calefactada es proporcional a la ocupación que poseen los diferentes sectores. Es decir, se da preferencia a las aulas docentes a la hora de introducir radiadores, seguido de zonas comunes que sean necesarias y otros departamentos como portería, administración... se evita colocar radiadores en los baños y en la totalidad del sótano, es por esto que este último no dispone de gráfica.

También hay que destacar que al estar colocados los tubos por el exterior del colegio y no ir tapados, están constantemente desprendiendo calor, de forma que también es aprovechado en las diferentes zonas que no poseen radiadores.

4.2.2. Aire caliente

De la caldera número uno que se encarga de dar calor a la iglesia, salón de actos, portería y comedor lo hace de dos maneras diferentes, mientras que en la iglesia se produce la calefacción mediante aire caliente a través de un sistema de ventilación, en el resto utiliza los radiadores convencionales.

El sistema por el que calienta el aire consiste en que de la primera caldera sale un tubo denominado alimentador de la calefacción de aire hasta una serpentín en el que se calienta el agua que circula por el interior de este y es expulsado al exterior a través de unos ventiladores, como aire caliente, surtiendo de este modo a la iglesia.

A continuación se muestran las imágenes del proceso:



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Descripción del edificio



Ilustración 14: Tubo que sale de la caldera dirección al serpentín. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 15: Llegada del tubo al serpentín. Fuente : Elaboración propia.



Ilustración 16: Serpentín. Fuente: Elaboración propia.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**
Descripción del edificio



Ilustración 17: Tubo por el que una vez el agua que conduce el serpentín es calentada sale en forma de aire caliente recorriendo zonas del edificio. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 18: Rendijas por las que se expulsa el aire caliente en diferentes zonas del colegio. Fuente: Elaboración propia.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



4.2.3. Superficie calefactada

Una vez que tenemos localizados los radiadores que se encuentran instalados en el centro y con la superficie que están calefactando, vamos a proceder a realizar una tabla y sus correspondientes gráficas en las cuales se plasman los datos según las diferentes zonas en las que hemos dividido el edificio.

Tabla 17: Superficie calefactada del centro. Fuente: Elaboración propia

Uso	Superficie calefactada (m ²)	Potencia calorífica (kW)	Ratio (W/m ²)
Aula docente, despacho, salas de profesores...	3113,00	138,47	44,48
Baños	-	-	-
Comedor	218,26	24,16	110,72
Zonas comunes	1222,82	23,71	19,39
Portería, administración, secretaría...	108,87	5,32	48,86
Sala de calderas	-	-	-
Patios cubiertos	-	-	-
Almacén, cuartos...	-	-	-
Iglesia	383,58	-	-
Salones	-	-	-
Totales	5046,54	191,67	223,46



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio

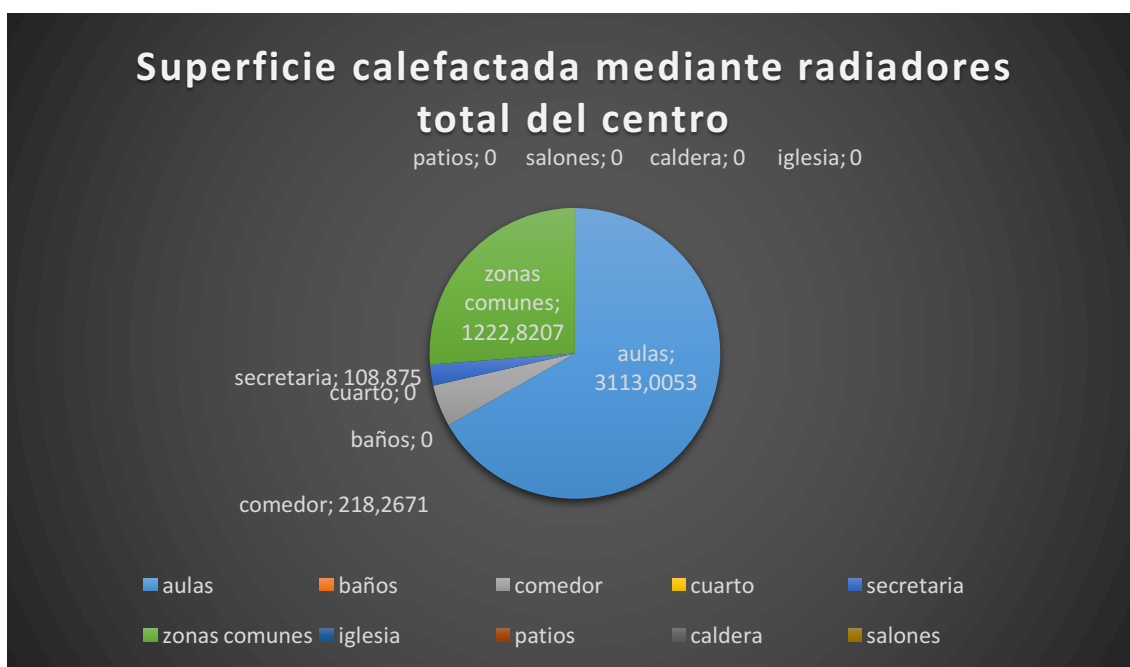


Gráfico 9: Superficie total calefactada mediante radiadores del centro. Fuente: Elaboración propia.

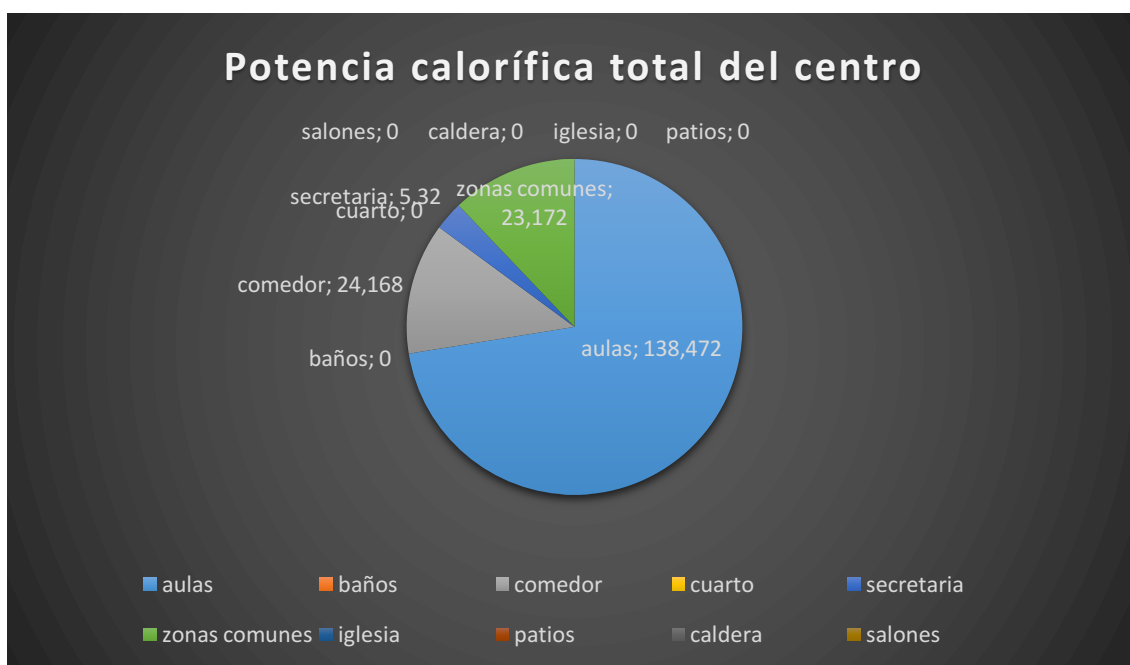


Gráfico 10: Potencia calorífica instalada en el centro. Fuente: Elaboración propia.



Zonas calefactadas del centro



■ Zona calefactada ■ Zona no calefacta ■ ■

Gráfico 11: Porcentaje de superficie calefactada. Fuente: elaboración propia.



5. Iluminación

El colegio cuenta con una potencia contratada de 41,391 kW, para dar uso a todo el colegio. Tiene instalado en su mayoría luminarias de tubo, y en algunas zonas comunes del colegio a modo de ahorro se instalan sensores que permiten que la luz se encienda en el momento que detecte movimiento y así no correr el riesgo de mantenerla encendida mientras este sin ocupar.

Se utilizan dos tipos diferentes de luminarias distribuidas por el centro:

Tabla 18: Luminarias utilizadas en el centro. Fuente: Elaboración propia.

	Tipo A	Tipo B
Nombre	Tubo LED	Downlight LED
Potencia	9W	30 W
Características	-Lineal T8. -Luz fría. -Directo a la red.	-Aro diámetro: 300 mm. -2.380 lúmenes. -Aluminio -Luz blanca

Los tubos Led T8 presentan un ahorro energético de más del 50%, con los cuáles también ahorras en mantenimiento ya que estos no necesitan ni reactancias ni cebadores, durante 10 veces más que un tubo convencional, con una vida útil de hasta 50.000 horas, en cambio los convencionales dispondrían de 8.000 horas. Su encendido es inmediato y no contaminan el medio ambiente al no tener mercurio.

A la vez que el downlight LED que presenta una forma circular y ofrece unos resultados óptimos, tanto lumínicos como energéticos. Es decir, este foco proporciona una alta cantidad de luminosidad y su vida útil llega a las 30.000 horas, contando con un consumo 80% menor y una vida útil 10 veces mayor. Al estar fabricado con materiales de alta calidad como es el aluminio y equipado con un difusor opal ofrece iluminación uniforme y sin molestos reflejos, produciendo un alto índice de reproducción cromática con posible visibilidad de muchos colores.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



Ilustración 19: Tipos de luminarias que se encuentran en el colegio. Fuente: Elaboración propia.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"
Descripción del edificio



6. Equipos eléctricos

El colegio cuenta con diferentes equipos eléctricos que se describen a continuación:

Tabla 19: Equipos eléctricos instalados en el colegio. Fuente: Elaboración propia

Equipos Eléctricos	Tipo	Número	Potencia total (W)
ELECTRODOMÉSTICOS			
	Friegaplatos industrial FAGOR.	1	1500 W
	Mesa caliente	2	1500W/800W
	Horno	1	1000w
	Nevera	2	800W/500W
	Congelador	1	800W
	Vitrocerámica	2	900W
	Microondas	1	1000W
	Máquina de café	2	700W
TOTAL: 9,5 KW			
EQUIPOS INFORMÁTICOS			
	Ordenadores de mesa	76	150W*76
	Ordenadores portátiles	54	25W*54
	Impresora	12	30W*12
	Proyector	49	10W*49
TOTAL: 13,6 KW			
OTROS			
	Plastificadora	1	224W
	Fotocopiadora	1	600W
TOTAL: 0,824 KW			
			23,924 KW

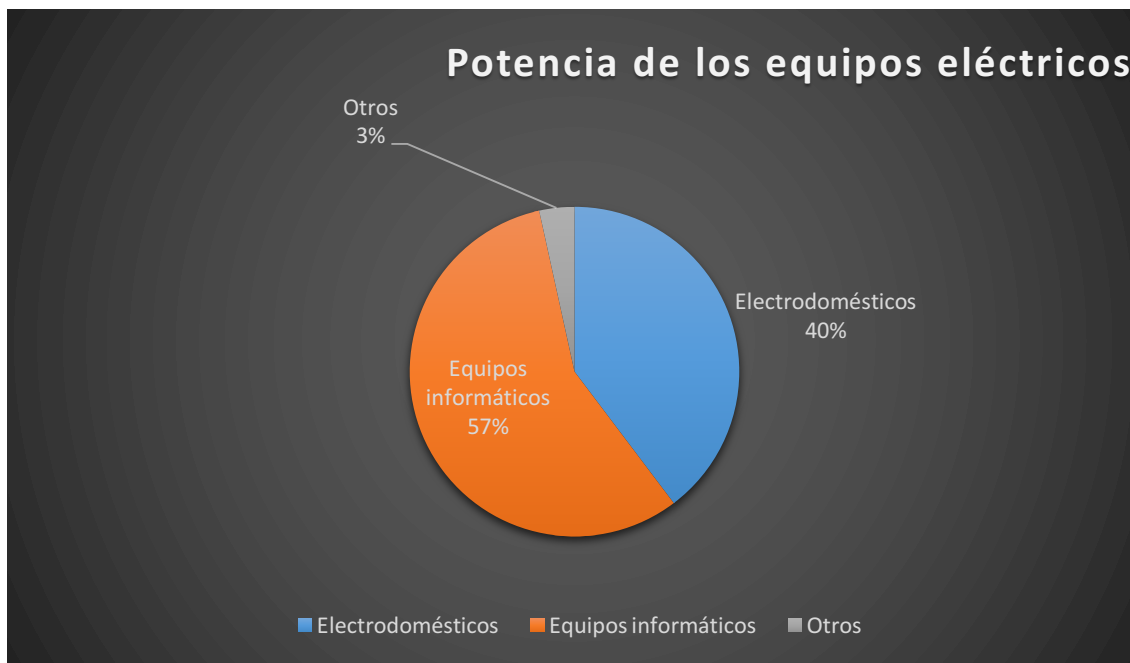


Gráfico 12: Potencia de los equipos eléctricos instalados en el centro. Elaboración propia.

La gráfica anterior basada en la tabla de equipos eléctricos que describe aquellos que podemos encontrar en el centro, el mayor peso lo poseen los equipos informáticos seguido por los electrodomésticos.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA



***PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"***

Anejo 6: Alternativas propuestas



Alternativas propuestas

1.	Metodología	4
2.	Análisis de alternativas	6
2.1.	ALTERNATIVA 0: Cambio a calefacción bitubular y mantener el resto de la instalación.....	6
2.1.1.	Condiciones climáticas y espacio disponible	6
2.1.2.	Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro.....	7
2.1.3.	Cumplimiento de la normativa	7
2.1.4.	Mantenimiento de la instalación	7
2.1.5.	Impacto ambiental	7
2.1.6.	Contaminación y emisiones a la atmósfera	8
2.1.7.	Inversión inicial.....	8
2.1.8.	Coste operacional	8
2.1.9.	Esquema de principio de funcionamiento	11
2.1.10.	Puntuación de la alternativa	12
2.2.	ALTERNATIVA 1: Cambio a calefacción bitubular e introducción de caldera de biomasa	12
2.2.1.	Condiciones climáticas y espacio disponible	13
2.2.2.	Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro.....	13
2.2.3.	Cumplimiento de la normativa	14
2.2.4.	Mantenimiento de la instalación	14
2.2.5.	Impacto ambiental	15
2.2.6.	Contaminación y emisiones a la atmósfera	15
2.2.7.	Inversión inicial.....	16
2.2.8.	Coste operacional	16
2.2.9.	Esquema de principio de funcionamiento	17
2.2.10.	Puntuación de la alternativa	18
2.3.	ALTERNATIVA 2: Cambio a calefacción bitubular e introducción de caldera de biomasa con apoyo de gas natural	19
2.3.1.	Condiciones climáticas y espacio disponible	19
2.3.2.	Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro.....	20
2.3.3.	Cumplimiento de la normativa	20
2.3.4.	Mantenimiento de la instalación	21
2.3.5.	Impacto ambiental	21
2.3.6.	Contaminación y emisiones a la atmósfera	22
2.3.7.	Inversión inicial.....	22
2.3.8.	Coste operacional	23
2.3.9.	Esquema de principio de funcionamiento	24
2.3.10.	Puntuación de la alternativa	25
2.4.	ALTERNATIVA 3: Cambio a calefacción bitubular e introducción de energía solar térmica con apoyo de gas natural.....	26
2.4.1.	Condiciones climáticas y espacio disponible	26



2.4.2.	Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro	28
2.4.3.	Cumplimiento de la normativa	28
2.4.4.	Mantenimiento de la instalación	29
2.4.5.	Impacto ambiental	29
2.4.6.	Contaminación y emisiones a la atmósfera	30
2.4.7.	Inversión inicial.....	30
2.4.8.	Coste operacional	31
2.4.9.	Esquema de principio de funcionamiento	34
2.4.10.	Puntuación de la alternativa	35
2.5.	ALTERNATIVA 4: Cambio a calefacción bitubular e introducción de energía solar térmica con apoyo de caldera de biomasa	36
2.5.1.	Condiciones climáticas y espacio disponible	36
2.5.2.	Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro.....	38
2.5.3.	Cumplimiento de la normativa	38
2.5.4.	Mantenimiento de la instalación	39
2.5.5.	Impacto ambiental	39
2.5.6.	Contaminación y emisiones a la atmósfera	40
2.5.7.	Inversión inicial.....	40
2.5.8.	Coste operacional	41
2.5.9.	Esquema de principio de funcionamiento	42
2.5.10.	Puntuación de la alternativa	43
3.	Valoración final.....	44



1. Metodología

Una vez expuestas las características del centro y sabiendo sobre qué puntos son los que se podría realizar una mejora se plantean las diferentes alternativas para hacer frente a la demanda mediante energías renovables o con la ayuda de alguna de estas.

El mayor gasto económico viene producido por la calefacción y esta no está siendo optimizada de la mejor manera debido al sistema por el que está formado, será por tanto la prioridad a la hora de realizar un cambio en la instalación.

La demanda a cubrir será la de la calefacción del centro por lo que se plantean las siguientes alternativas, a parte se propone un cambio a un sistema de calefacción bitubular en todas las propuestas:

- **Alternativa 0:** Cambio a calefacción bitubular y mantener el resto de la instalación.
- **Alternativa 1:** Cambio a calefacción bitubular e introducción de caldera de biomasa.
- **Alternativa 2:** Cambio a calefacción bitubular e introducción de caldera de biomasa con apoyo de gas natural.
- **Alternativa 3:** Cambio a calefacción bitubular e introducción de energía solar térmica con apoyo de gas natural.
- **Alternativa 4:** Cambio a calefacción bitubular e introducción de energía solar térmica con apoyo de caldera de biomasa.

Para valorar cada una de las alternativas anteriores se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Condiciones climáticas y espacio disponible.
- Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro.
- Cumplimiento de la normativa.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**

Alternativas propuestas



- Mantenimiento de la instalación.
- Impacto ambiental.
- Contaminación y emisiones a la atmósfera.
- Inversión inicial.
- Coste operacional.

La valoración vendrá a través de una matriz de puntuación, en la que se calificará con un 1 aquella que cuente con el sistema más desfavorable y con un 5 la más óptima.

Con los resultados obtenidos se realizará una tabla en la que se elija la alternativa más adecuada, que será aquella que contemple como prioridad la reducción de las emisiones y gases y que utilice energías renovables.



2. Análisis de alternativas

2.1. ALTERNATIVA 0: Cambio a calefacción bitubular y mantener el resto de la instalación

Esta alternativa propone mantener la instalación con gas natural y cambiar el sistema de calefacción, dado que el centro al ser antiguo presenta unas instalaciones poco eficientes, el sistema afectado es la calefacción formada por un sistema mono-tubular, el cual era usado hace décadas y que a día de hoy se encuentra sustituido por un sistema bitubular.

Este sistema complica el calefactado de los radiadores que se encuentran más alejados de la caldera ya que tiene que pasar por todos los anteriores y el calor que llega al final no es tan elevado. Junto con otro problema en las bombas de la caldera, ya que trabajan en condiciones más severas debido a las diferentes temperaturas que presentan la ida y el retorno de la calefacción, por lo que estas junto con el sistema hidráulico se ven perjudicadas en su vida útil.

La solución se encuentra en que cada radiador cuenta con un retorno que va hacia el colector general, que envía a la caldera con mayor rapidez el agua del circuito de calefacción para que la caldera vuelva a aportar temperatura y la bomba de caldera vuelva a reenviarla caliente al circuito de calefacción.

Este circuito es más rápido y sencillo a la hora de hacer ajustes hidráulicos para compensar zonas desfavorables respecto a la caldera, también favorece a la bomba que trabaja con una pérdida de carga inferior y se llega con mayor rapidez a una temperatura de confort, debido al ajuste de caudales de entrada y salida por cada radiador gracias a la incorporación de llaves de reglaje. Estos han empezado a instalarse a mediados de los años 90 y son los más utilizados en la actualidad.

2.1.1. Condiciones climáticas y espacio disponible

En esta alternativa las condiciones climáticas no intervienen en la caldera puesto que se mantiene la instalada hasta ahora de gas natural y el combustible de esta se suministra independientemente del tiempo.

Por otro lado, el espacio disponible tampoco presenta ninguna dificultad dado que ya se encuentran construidas y no es necesario realizar ninguna reforma ni ampliación.

Se puntúa este criterio con un 5 dado que cumple todos los requisitos sin presentar ningún problema.



2.1.2. Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro

Este criterio también es cubierto a la perfección dado que al tratarse del sistema presente hasta ahora cuenta con un suministro de combustible fijado que se encarga de actuar sobre todo el centro gracias a una empresa contratada para ello, sin necesidad de necesitar otra fuente complementaria para su funcionamiento.

El problema aparece en caso de presentarse una avería, el centro se quedaría sin suministro al no contar con una instalación complementaria que lo supla mientras se soluciona este.

Lo que hace que se puntúe con un 4, ya que el único problema que presenta es en caso de avería.

2.1.3. Cumplimiento de la normativa

Esta alternativa es viable al no reemplazar la caldera de gas natural, ya que en este caso no se obliga a reducir el consumo de energía convencional ni las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos.

Pero se valora con una puntuación de 1, por dar prioridad a la incorporación de sistemas eficientes energéticamente con energías renovables.

2.1.4. Mantenimiento de la instalación

La caldera de gas natural mantendrá el mismo mantenimiento que hasta ahora, por lo que se revisa la eficiencia energética y que las emisiones de gases sean las correctas.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE) indica una revisión obligatoria de estas cada dos años, pero que deberán también regirse por las indicaciones del fabricante que pueden reducir este tiempo.

El mantenimiento no será laborioso y es el mismo que hasta ahora lo cual no supone ningún problema, por lo que se valora con un 4.

2.1.5. Impacto ambiental

La caldera de gas mantiene un combustible convencional más contaminante que cualquier energía renovable y que procede de la perforación de yacimientos para su extracción, aunque de las energías convencionales sea la menos dañina sigue produciendo un alto impacto ambiental.



La incidencia que supone la extracción de este está relacionado con los pozos en los que el gas natural se encuentra ligado a yacimientos de petróleo que carecen de sistemas de reinyección, produciendo la mayor incidencia medioambiental.

El ruido no adquiere importancia debido a que es el mismo que hasta ahora, al igual que el impacto visual ya que al encontrarse en una sala habilitada para ellas no presenta ningún problema.

Este criterio pasa a puntuarse con un 2 dado que se valora más el impacto ambiental debido a que en la reforma se priorizan las energías renovables.

2.1.6. Contaminación y emisiones a la atmósfera

La contaminación de la caldera de gas natural es mucho mayor que la de cualquier energía renovable, ya que permanece el uso de combustible convencional que produce emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Teniendo en cuenta que esta alternativa solo cuenta con un canal de suministro y que este en su totalidad se forma de una fuente convencional, toda su producción sería a causa del gas natural. Lo que convierte a esta alternativa a la más contaminante de todas, como resultado de esto se valora con un 1.

2.1.7. Inversión inicial

La inversión de este alternativa es la más baja de todas al aprovechar todo lo instalado hasta ahora y solo contar con la reforma del sistema de calefacción, lo cual es un cambio propuesto en todas las alternativas y supone un gasto fijo en cualquiera que sea elegida.

Se procede a puntuarse con un 5.

2.1.8. Coste operacional

El colegio dispone de dos empresas suministradoras de gas natural, que son ENDESA e IBERDROLA, sobre las cuales se obtiene la facturación del año 2.015 y mitad del 2.016. En la siguiente tabla se muestra los KWh y euros consumidos mensualmente durante este periodo.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**

Alternativas propuestas



Tabla 1: Relación de la facturación del año 2015 y mediados del 2016. Fuente: Administración del colegio. Fuente: Elaboración propia

Mes	KWh	€
2015 Enero/Febrero ENDESA	24.169	1.472,3
2015 Enero IBERDROLA	29.476,08	2.131,58
2015 Febrero IBERDROLA	33.779,91	2.401,44
2015 Marzo/Abril ENDESA	17.463	1.056,08
2015 Marzo IBERDROLA	33.779,91	2.401,44
2015 Abril IBERDROLA	25.910	1.857,82
2015 Mayo/Junio ENDESA	0	45,33
2015 Mayo IBERDROLA	0	88,49
2015 Junio IBERDROLA	0	110,20
2015 Julio/Agosto ENDESA	0	46,57
2015 Julio IBERDROLA	0	206,7
2015 Agosto IBERDROLA	0	100,91
2015 Septiembre/ Octubre ENDESA	12	45,97
2015 Septiembre IBERDROLA	0	100,71
2015 Octubre IBERDROLA	23	99,53
2015 Noviembre/Diciembre ENDESA	9.996	577,11
2015 Noviembre IBERDROLA	5.426,98	464,11
2015 Diciembre IBERDROLA	12.995,04	961,37
2016 Enero/Febrero ENDESA	11.087	623,91
2016 Enero IBERDROLA	14.562,06	1.106,57
2016 Febrero IBERDROLA	24.862,95	1.789,13
2016 Marzo/Abril ENDESA	21.696	1.551,86
2016 Marzo IBERDROLA	22.586,96	1.610,62
2016 Abril IBERDROLA	10.826,04	854,72
2016 Mayo/Junio ENDESA	0	45
2016 Mayo IBERDROLA	0	91,55
2016 Junio IBERDROLA	0	109,96
2016 Julio/Agosto ENDESA	0	45,85
2016 Julio IBERDROLA	0	88,14
2016 Agosto IBERDROLA	0	94,37



A partir de la tabla anterior, se dispone a crear un gráfico para ver más fácilmente la representación del consumo:

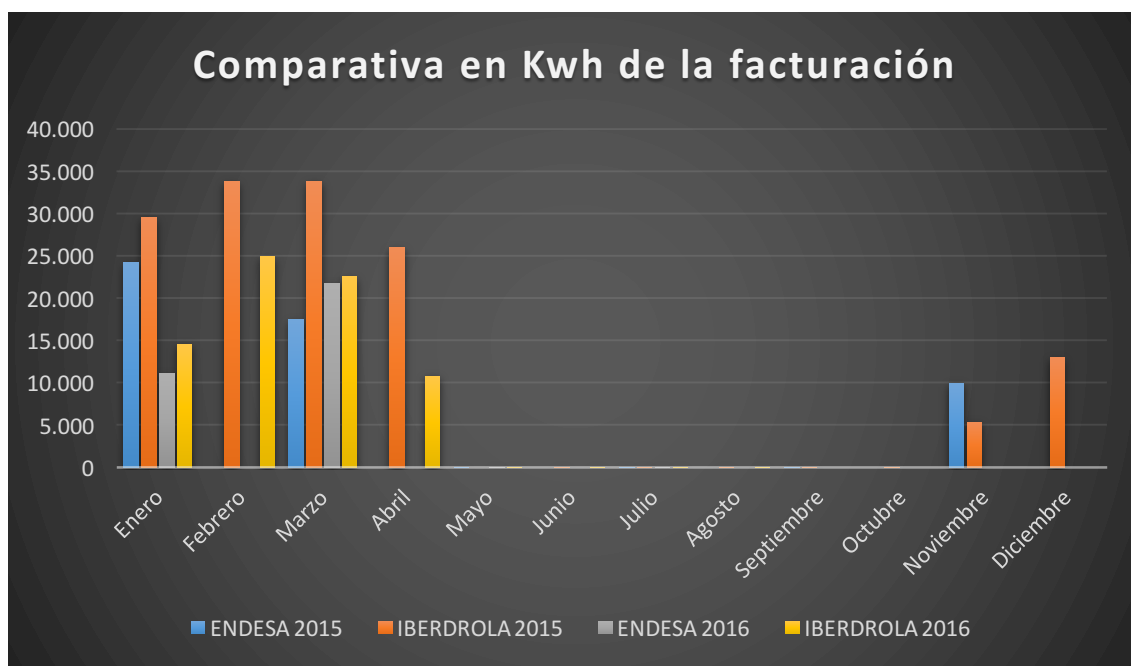


Gráfico 1: Facturación del año 2015 y mediados del 2016. Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se observa como el centro mantiene un gasto anual de 167.142 KWh lo que supone un gasto económico de 12.458 euros, por lo que el KWh se está pagando a 0,074 euros, este precio es único de la calefacción.

El calculo de esta alternativa se dispara en comparación con otras alternativas como puede ser una caldera de biomasa en la que se estima un gasto económico de 6.583 euros anuales para cubrir el mismo espacio, reduciéndolo a la mitad.

En el gráfico se muestra que el mayor consumo es desde noviembre a marzo coincidiendo con los meses de invierno dado que son los más fríos, en abril y mayo el consumo es bajo dada la subida de las temperaturas, y el consumo es nulo desde junio a septiembre por razones como la llegada de la primavera y verano que aumentan las temperaturas y las vacaciones escolares, que hacen que el centro se encuentre sin alumnos y no sea necesario este servicio.

Estos datos muestran que esta alternativa sería la más cara en cuanto al coste de vida, por lo que se valora con un 1.



2.1.9. Esquema de principio de funcionamiento

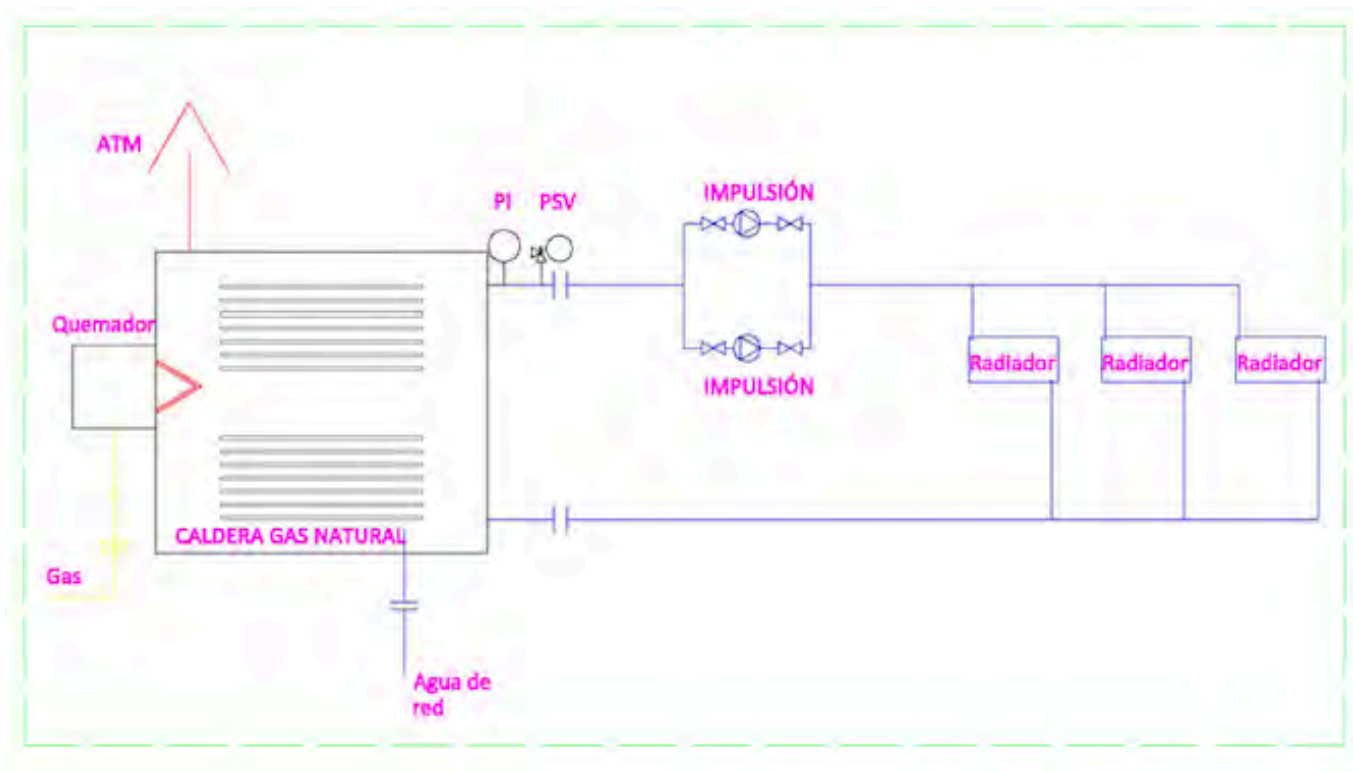


Ilustración 1: Esquema de principio de funcionamiento de una caldera gas natural. Fuente: Elaboración propia

El esquema muestra el principio de funcionamiento actual en el que a través de un quemador se prende el gas natural que se está suministrando y el agua del interior de la caldera se calienta y se dirige a los radiadores, los cuales ahora cuentan con un sistema bitubular.

El sistema cuenta con dos válvulas de seguridad encargadas de medir la presión y dos bombas para impulsión, puesto que al ser una instalación de importancia en caso de fallo de una que no se produzca el corte total del funcionamiento, sino que se active la otra para completar el trabajo.



2.1.10. Puntuación de la alternativa

La alternativa 0 contempla la sustitución del sistema mono-tubular por el bitubular en el sistema de calefacción y mantiene la caldera de gas natural destinada al calefactado del centro.

Los anteriores criterios calificados han dado como resultado las siguientes puntuaciones:

Tabla 2: Puntuación obtenida en la alternativa 0. Fuente: Elaboración propia.

Criterios	Alternativa 0
Condiciones climáticas y espacio disponible	5
Cobertura de la demanda y estabilidad del suministro	4
Cumplimiento de la normativa	1
Mantenimiento de la instalación	4
Impacto Ambiental	2
Contaminación y emisiones a la atmósfera	1
Inversión inicial	5
Coste operacional	1
Total	23

2.2. ALTERNATIVA 1: Cambio a calefacción bitubular e introducción de caldera de biomasa

Esta alternativa describe el cambio de las calderas actuales de gas natural por una de biomasa que suministre la calefacción al centro.

En esta alternativa se vuelve a poner de manifiesto la necesidad de cambio del sistema de calefacción mono-tubular a bitubular y se añade la caldera de biomasa, la cual cumple los objetivos expuestos de tratarse de una energía renovable que elimina el uso del gas natural como combustible único.

El sistema de calefacción actual presenta un nuevo problema si se le sustituye la caldera, ya que las nuevas cuentan con un sistema que en el momento que detectan una alta temperatura se paran o bajan la potencia de entrega, pudiendo no haber llegado a los radiadores más alejados mientras que la tubería de ida sí que presentan el calor suficiente debido a la lentitud de circulación del agua en este tipo de sistemas. Este problema se incrementa cuanto mayor dimensión tome el circuito, que en nuestro caso sería evidente debido a la superficie que ocupa el centro.



2.2.1. Condiciones climáticas y espacio disponible

Las condiciones climáticas en esta alternativa no afectan a la instalación de la caldera de biomasa puesto que el funcionamiento de esta es independiente con el tiempo que haga en el exterior.

El espacio que ocupa la caldera de biomasa es el mismo que lo hace una de gas natural, pero la de biomasa necesita tener el combustible en un silo de almacenamiento contiguo a la caldera para poder ser utilizado con facilidad, este es de gran tamaño, lo cual no tendría por qué ser un problema puesto que si no se incorporara en la sala de calderas por falta de espacio, se podría construir en el exterior adyacente a la sala, ya que da a un patio con una dimensión superior a la necesaria para la construcción del silo.

La llegada al silo debe de ser cómoda y fácil, esto no presenta ningún problema puesto que cuenta con un acceso a vehículos capacitado para realizar la descarga de combustible.

Se califica este criterio con un 3 debido a que la incorporación del silo de almacenamiento, que supone una instalación añadida a la sala de calderas.

2.2.2. Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro

La caldera de biomasa es completamente capaz de cubrir la totalidad de la calefacción del centro sin necesidad de utilizar una fuente complementaria.

El combustible para realizar la combustión sería aportado por empresas encargadas de este suministro, por lo que no existiría el problema de falta de funcionamiento debido a la escasez de biomasa.

El problema aparece en caso de avería en la caldera, que no se encuentra ninguna otra alternativa complementaria para sustituirla durante este tiempo, y el colegio permanecería sin suministro.

Por lo que al ser este último su único inconveniente se califica con un 4.



2.2.3. Cumplimiento de la normativa

Según el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios las instalaciones térmicas que se instalen deben reducir el consumo de energía convencional, por lo que se verían a su vez reducidas las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, por el uso de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables. Por lo tanto se utilizarán energías renovables con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

La normativa se cumple en su totalidad ya que con la biomasa se retira el uso de energía convencional y se reducen a mínimos las emisiones, ya que se trata de una energía renovable capacitada para cubrir la demanda completa del edificio.

Dado que cumple con la normativa por tratarse de una instalación de energía renovable se puntúa con un 5.

2.2.4. Mantenimiento de la instalación

El mantenimiento de este sistema se realiza en un periodo corto de tiempo y consiste en la limpieza de los intercambiadores, cajón de cenizas y quemador.

La limpieza de los intercambiadores se basa en el accionamiento de una palanca con una frecuencia de una vez por semana, con el fin de que las partículas que se encuentren adheridas a los tubos caigan al cajón de cenizas. Una vez en el cajón de cenizas este se vacía en la basura con los restos de la combustión del pellet en forma de ceniza. Y por último la limpieza del quemador en el que con una espátula se elimina el combustible fósil no quemado o materiales ajenos que puedan aparecer.

El mantenimiento anterior será llevado a cabo por el usuario de la caldera y una vez al año el servicio técnico oficial se hará cargo de una revisión y limpieza extraordinaria que constará de limpiezas del haz de tubos de la cámara térmica, del colector-extractor de humos, de las juntas de la puerta de la cámara y del cenicero y de la chimenea y del tubo de humos, y revisión de la capacidad de tiro.

Al no tratarse de un mantenimiento ni extenso ni complicado se valorará con un 4.



2.2.5. Impacto ambiental

La procedencia del combustible tiene como objetivo la valorización de los residuos procedentes de aprovechamientos forestales y otras operaciones agrícolas para utilizarlos como combustible, por lo que son los restos que no son utilizables en las talas de árboles. Por lo que son zonas donde ya se iban a producir alteraciones en el terreno. Aún así esta técnica es mucho menos perjudicial que los combustibles convencionales.

Al tratarse de una energía renovable su combustible es limpio y con niveles muy bajos de expulsión de contaminantes al medio ambiente, produciendo ruidos similares a la caldera actual y un impacto visual en el silo de almacenamiento, ya que la caldera como tal no tiene grandes dimensiones.

Se valora con un 5 este criterio debido a que el impacto ambiental es mínimo al tratarse de una energía renovable, y ser el único combustible necesario para mantener a todo el centro.

2.2.6. Contaminación y emisiones a la atmósfera

La contaminación que produce la biomasa es notablemente menor que la producida por combustibles convencionales reduciendo en un 60% las emisiones de CO₂ a la atmósfera, considerándose un balance neutro de este.

La biomasa es considerada con balance neutro de carbono porque su combustión no contribuye al efecto invernadero, porque la liberación durante la combustión de esta es igual al absorbido y liberado continuamente por las plantas durante su crecimiento.

El carbono es un elemento que se encuentra en la naturaleza y resulta fundamental, una de sus principales formas en las que aparece es el CO₂. El equilibrio presente en este ciclo se rompe cuando la acción humana dispara los niveles de la atmósfera, a través de la quema de combustibles fósiles, no siendo capaz el planeta de absorber todo.

De aquí nace el concepto "balance neutro de carbono", que propone emitir cero emisiones de carbono. Presenta una importancia mayor dado que las emisiones están aumentando el cambio climático, una de las medidas con las que combatirlo es la biomasa como fuente de energía.

Al no utilizar ningún combustible fósil se valora el criterio con un 5, ya que la contaminación y emisiones se verían altamente reducidas



2.2.7. Inversión inicial

La inversión inicial en una caldera de biomasa es más alta que la que se realiza en una caldera de gas natural, ya que a día de hoy es más alto el precio de las primeras que de las segundas, al que habría que añadir la construcción de un silo de almacenamiento, pero existen consideraciones que nos permitirán recuperar la inversión en un periodo de tiempo.

Esta inversión puede ser amortizada debido a las constantes subidas de precio que el gas natural mantiene, una subida en valor al 68,5% en los últimos años, en comparación con el estabilizado precio que muestra la biomasa. Por lo tanto pasado este periodo el ahorro con una caldera de este tipo se hace inmediato.

La otra inversión que debemos tratar es la del mantenimiento, pero esta no dista de las otras calderas ya que se trata de revisiones periódicas y cambios de elementos que se encuentren en malas condiciones.

La inversión inicial es más alta que la alternativa anterior puesto que se debe de instalar una caldera nueva y proceder a la construcción de un silo de almacenamiento, que incrementará el coste de esta, por lo que se puntúa con un 3.

2.2.8. Coste operacional

Lo primero que conlleva este sistema es el cambio de combustible ya que se pasa de gas natural a biomasa, para el suministro de este se encuentran empresas encargadas de ellos que dirigen el combustible hasta el silo de almacenamiento.

Desde del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía se realiza trimestralmente una encuesta para dar a conocer el índice de precios de biomasa doméstico a aquellas empresas presentes en el mercado español que se dediquen a la distribución de pellet, hueso de aceituna y astilla. Poniéndonos en el caso más desfavorable de estos es decir, el más caro, obtenemos un precio de 180 €/t, según el precio del tercer trimestre del 2.016.

Para la construcción del silo se estiman unas dimensiones de 60 m³ de volumen.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía regula unos valores tanto del gas natural como de la biomasa similares a los siguientes:

- PCI Gas Natural: 13,6 KWh/Kg
- PCI Biomasa (Pellets en general): 4,57 KWh/Kg



Con estos valores podemos calcular el consumo aproximado de biomasa que será necesario para abastecer al colegio con una cantidad similar a la consumida hasta ahora.

Por el momento en el año 2015 el consumo de gas natural fue de 167.142 KWh lo que prevería un consumo de 36,57 t/año de biomasa.

Dado que se había obtenido el precio medio de la tonelada de biomasa se estiman unos 6.583 euros anuales. La mitad de lo pagado durante este año con las dos calderas de gas natural que se encuentran instaladas en el centro.

Este criterio reduce a la mitad el coste al actual por lo que se convierte en el más económico de todos y por lo tanto se puntúa con un 5.

2.2.9. Esquema de principio de funcionamiento

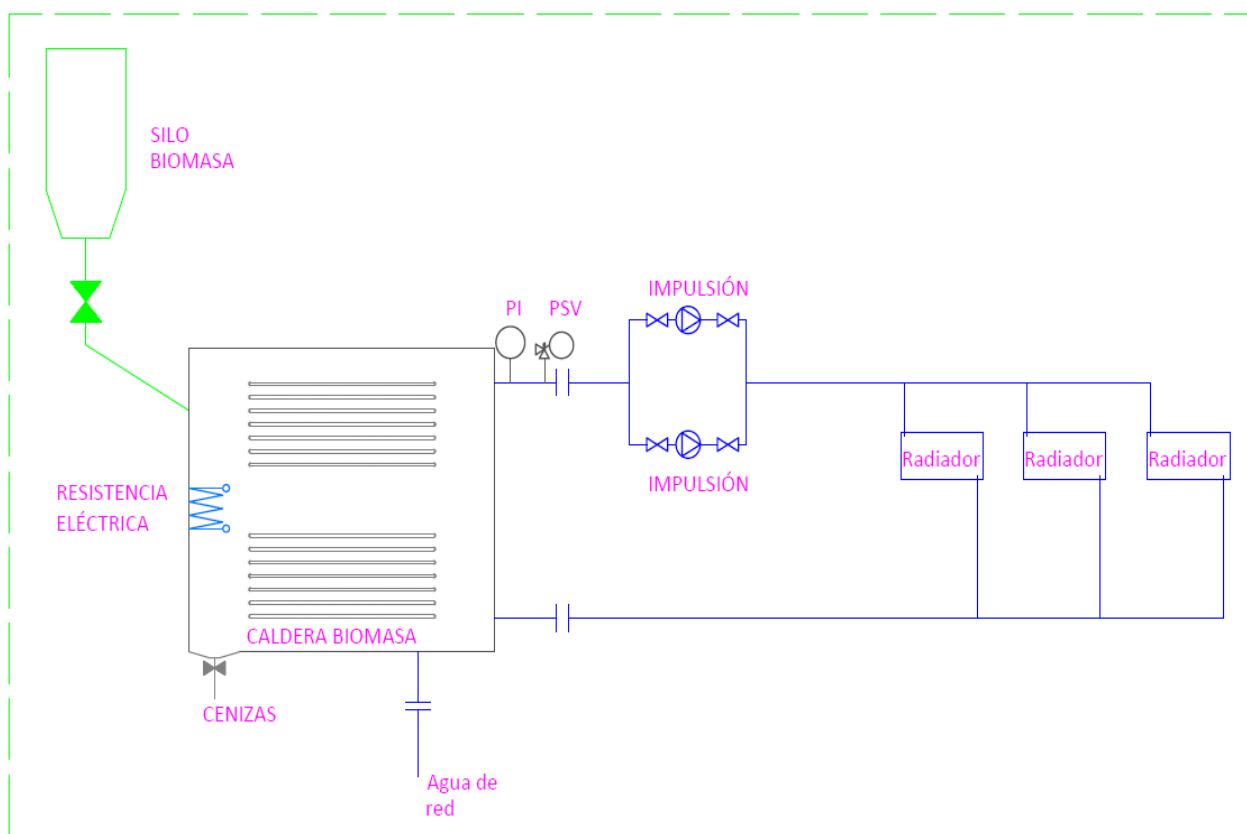


Ilustración 2: Esquema de principio de funcionamiento de una caldera de biomasa. Fuente: Elaboración propia



En el esquema de principio de funcionamiento de la alternativa 1 se observa una caldera de biomasa en la que a través de un silo de almacenamiento, el cual dependiendo del tamaño se colocaría dentro o fuera de la sala de calderas, se envía el combustible que prenderá gracias a una resistencia eléctrica dentro de la caldera, el agua una vez caliente pasa las válvulas de seguridad necesarias y una bomba de impulsión que conducirá el líquido hasta los radiadores, la caldera al ser de gran tamaño cuenta con dos bombas, en la que la función de la segunda será ponerse a realizar el trabajo de la primera en caso de fallar esta. Una vez finalizado el recorrido por los radiadores retorna el agua al inicio. En la instalación se añaden válvulas de seguridad referidas a la presión encargadas de cortar el funcionamiento en caso de que esta se dispare. Estas son nombradas con PI y PSV.

2.2.10. Puntuación de la alternativa

La alternativa 1 contempla la sustitución del sistema mono-tubular por el bitubular en el sistema de calefacción y la introducción de una caldera de biomasa como encargada de dar calefactado al centro.

Los anteriores criterios calificados han dado como resultado las siguientes puntuaciones:

Tabla 3: Puntuación de la alternativa 1. Fuente: elaboración propia.

Criterios	Alternativa 1
Condiciones climáticas y espacio disponible	3
Cobertura de la demanda y estabilidad del suministro	4
Cumplimiento de la normativa	5
Mantenimiento de la instalación	4
Impacto Ambiental	5
Contaminación y emisiones atmosféricas	5
Inversión inicial	3
Coste operacional	5
Total	34



2.3. ALTERNATIVA 2: Cambio a calefacción bitubular e introducción de caldera de biomasa con apoyo de gas natural

Esta alternativa ofrece un cambio que consiste en dejar una de las dos calderas de gas natural que posee el centro y sustituir la otra por una caldera de biomasa, en la que se ofrece una disminución de contaminantes utilizando una energía renovable y se sigue manteniendo la instalación tradicional.

En esta alternativa se vuelve a poner de manifiesto la necesidad de cambio del sistema de calefacción mono-tubular a bitubular y se añade la caldera de biomasa, la cual cumple los objetivos expuestos de tratarse de una energía renovable que elimina el uso del gas natural como combustible único.

El sistema de calefacción actual presenta un nuevo problema si se le sustituye la caldera, ya que las actuales cuentan con un sistema que en el momento que detectan una alta temperatura se paran o bajan la potencia de entrega, pudiendo no haber llegado a los radiadores más alejados mientras que la tubería de ida sí que presenta el calor suficiente debido a la lentitud de circulación del agua en este tipo de sistemas. Este problema se incrementa cuanto mayor dimensión tome el circuito, que en nuestro caso sería evidente debido a la superficie que ocupa el centro.

2.3.1. Condiciones climáticas y espacio disponible

Las condiciones climáticas en esta alternativa no afectan a la instalación de ninguna de las dos calderas, puesto que el funcionamiento de ambas es independiente con el tiempo en el exterior.

El tamaño de las dos calderas es similar por lo que existe espacio suficiente para la instalación de la nueva caldera de biomasa ya que sustituye a una de gas natural que ya estaba instalada, la necesidad que se observa en la caldera de biomasa es la construcción de un silo de almacenamiento contiguo a la caldera, que sirve como almacenaje del combustible, lo cual no supone un problema ya que su construcción puede llevarse a cabo en la misma sala de calderas y en caso de no disponer del espacio suficiente se cuenta con un patio de una dimensión mucho mayor que el tamaño del silo.

Valorando las dos posibilidades de construcción del silo se tiene en cuenta que en ambas mantiene un fácil acceso para la recepción del combustible si se lleva a cabo la descarga mediante vehículos, ya que hasta la sala se dispone de caminos habilitados para coches, camiones... En el caso del combustible del gas, el colegio ya cuenta con la instalación puesto que es el método que se está empleando hasta el día de hoy y tiene habilitada el suministro continuo sin ser este un problema.



Ya que las condiciones climáticas no afectan a la alternativa y el único inconveniente es la introducción del silo de almacenamiento, se puntúa con un 4, por presentar unas características similares a las otras dos anteriores y la misma dificultad que la alternativa 1.

2.3.2. Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro

La caldera de biomasa es capacitada para cubrir la demanda a lo que se suma una ayuda con una caldera de gas natural que ofrece la totalidad de calefactado en el centro.

El combustible para realizar la combustión en el caso de la caldera de biomasa sería aportado por empresas encargadas de este suministro, por lo que no existiría el problema de falta de funcionamiento debido a la escasez de biomasa. Y en el caso de la caldera de gas natural ya cuenta con un suministro sin necesidad de una instalación añadida, ya que es la forma usada actualmente.

Además en caso de avería en alguna de las dos calderas la otra podría funcionar dando cobertura a la instalación y no dejarlo sin suministro.

Por lo que esta alternativa es completamente viable, y se puntúa con un 5.

2.3.3. Cumplimiento de la normativa

Según el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios las instalaciones térmicas que se instalen deben reducir el consumo de energía convencional, por lo que se verían a su vez reducidas las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, por el uso de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables. Por lo tanto se utilizarán energías renovables con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

Con la añadida caldera de biomasa se reducen las emisiones que la anterior caldera generaba, aunque siguen contando con los producidos por la otra caldera que continuaría instalada.

El criterio cumple la normativa a reducir parte de los gases de efecto invernadero y otros contaminantes, pero al contar con una instalación de gas natural sigue produciéndolos, por lo que se valora con un 4.



2.3.4. Mantenimiento de la instalación

Al tratarse de dos calderas diferentes el mantenimiento de cada una de ellas se realiza por separado. La caldera de gas natural seguirá haciéndolo como hasta ahora, por lo que se revisa la eficiencia energética y que las emisiones de gases sean las correctas.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE) indica una revisión obligatoria de estas cada dos años, pero que deberán también registrarse por las indicaciones del fabricante que pueden reducir el tiempo.

Para el mantenimiento de las calderas de biomasa se realiza una limpieza en intercambiadores, cajón de cenizas y quemadores.

La limpieza de los intercambiadores se basa en el accionamiento de una palanca con una frecuencia de una vez por semana, con el fin de que las partículas que se encuentren adheridas a los tubos caigan al cajón de cenizas. Una vez en el cajón de cenizas este se vacía en la basura con los restos de la combustión del pellet en forma de ceniza. Y por último la limpieza del quemador en el que con una espátula se elimina el combustible fósil no quemado o materiales ajenos que puedan aparecer.

El mantenimiento anterior será llevado a cabo por el usuario de la caldera y una vez al año el servicio técnico oficial se hará cargo de una revisión y limpieza extraordinaria que constará de limpiezas del haz de tubos de la cámara térmica, del colector-extractor de humos, de las juntas de la puerta de la cámara y del cenicero y de la chimenea y del tubo de humos, y revisión de la capacidad de tiro.

El mantenimiento de esta es la unión de las otras dos alternativas anteriores, por lo que resulta más laboriosa que estas y más cara, ya que se compone de un proceso más complejo. Por lo tanto no puede recibir más de un 3 en la puntuación.

2.3.5. Impacto ambiental

Tratándose de dos calderas independientes los combustibles utilizados son completamente diferentes en su origen, mientras la caldera de gas mantiene un combustible convencional más contaminante que cualquier energía renovable y que procede de la perforación de yacimientos para su extracción, la caldera de biomasa lo hace con un combustible limpio y con niveles muy bajos de expulsión de contaminantes al medio ambiente, lo único cuestionable en el combustible de esta es la forma de obtención de ello, ya que puede ocasionar la erosión de terrenos, pero aun así resulta mucho menos contaminante.



En ambas calderas los ruidos son similares a los actuales por lo que no adquieren importancia, junto con el impacto visual ya que ambas calderas se instalarían en la sala habilitada para ello y en el caso del silo su construcción no produciría ninguna molestia.

Teniendo en cuenta que el ruido es nulo en ambas calderas se valora más el impacto ambiental que en este caso es una mezcla de las dos alternativas anteriores ya que se compone de una caldera de combustible renovable y otra de convencional, como esta última no deja de ser contaminante y trae consigo repercusiones medioambientales, se califica con un 4.

2.3.6. Contaminación y emisiones a la atmósfera

La contaminación en una de las calderas es mayor que en la otra, es decir, la caldera de gas natural contamina notablemente más que en la caldera de biomasa, ya que una produce calor a través de combustibles convencionales y la otra lo hace con energías renovables, esta última reduce en un 60% las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Al ser también una mezcla de las otras dos alternativas anteriores se califica el criterio con un 3.

2.3.7. Inversión inicial

La inversión inicial consiste en una caldera de biomasa puesto que la de gas natural ya se encuentra instalada en el centro, esta es más cara y habría que contar con la construcción de un silo de acumulación. Sería de un precio más bajo que la propuesta en la alternativa 1, ya que la potencia necesaria para cubrir la instalación se reduce a la mitad por contar con otra instalación complementaria, a su vez el silo de acumulación constará de unas dimensiones menores y un precio más económico.

La otra inversión que debemos tratar es la del mantenimiento, pero esta no dista de las otras calderas ya que se trata de revisiones periódicas y cambios de elementos que se encuentren en malas condiciones, por lo que también se realizará en la caldera de gas natural.

Por lo que el coste viene principalmente de la instalación de la caldera de biomasa y la construcción del silo de almacenamiento, ya que se cuenta con la caldera de gas natural, al ser menores y de un precio más bajo que en la alternativa 1, se puntúa con un 4.



2.3.8. Coste operacional

El coste que supone esta alternativa repite las ideas expuestas anteriormente sobre la instalación de una caldera de biomasa a las que se añade las ya existentes de gas natural. Es decir:

Lo primero que conlleva este sistema es el cambio de combustible ya que se pasa de gas natural a biomasa, para el suministro de este se encuentran empresas encargadas de ellos que dirigen el combustible hasta el silo de almacenamiento.

Se realiza trimestralmente una encuesta para dar a conocer el índice de precios de biomasa doméstico a aquellas empresas presentes en el mercado español que se dediquen a la distribución de pellet, hueso de aceituna y astilla. Poniéndonos en el caso más desfavorable de estos es decir el más caro obtenemos un precio de 180 €/t, según el precio del tercer trimestre del 2.016 del instituto para la diversificación y ahorro de energía.

Para la construcción del silo se estiman unas dimensiones de 24 m³ de volumen la mitad que el propuesto para la alternativa 1.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía regula unos valores tanto del gas natural como de la biomasa similares a los siguientes:

- PCI Gas Natural: 13,6 KWh/Kg
- PCI Biomasa (Pellets en general): 4,57 KWh/Kg

Con estos valores podemos calcular el consumo aproximado de biomasa que será necesario para abastecer al colegio una cantidad similar hasta la consumida hasta ahora.

Por el momento en el año 2.015 el consumo de gas natural fue de 167.142 KWh, suponiendo que ambas calderas funcionarían dando cobertura a la misma cantidad de espacio, se calculará para la mitad de consumo, es decir, 83.571 KWh lo que estima una cantidad de 18,28 t/año de biomasa.

Dado que se había obtenido el precio medio de la tonelada de biomasa, se estiman unos 3.291,63 euros anuales. Que equivale a la reducción de un cuarto del precio de la caldera de gas natural actual, a lo que hay que sumar la proporción gastada por la otra.

Para la caldera de gas natural como realizará la misma función pero con la mitad de potencia se calcula con los mismos datos que los obtenidos en la facturación pero en la nueva proporción sobre la que actuará, 6.229 euros anuales.



Dado que se considera que las dos calderas participarán por igual en el sistema de calefactado se realiza una suma de los dos combustibles calculados anteriormente. El conjunto de esta unión supone un precio de 9.520 euros anuales.

Los resultados se encuentran en el medio entre la primera y la segunda alternativa el precio por lo que se califica con un 3.

2.3.9. Esquema de principio de funcionamiento

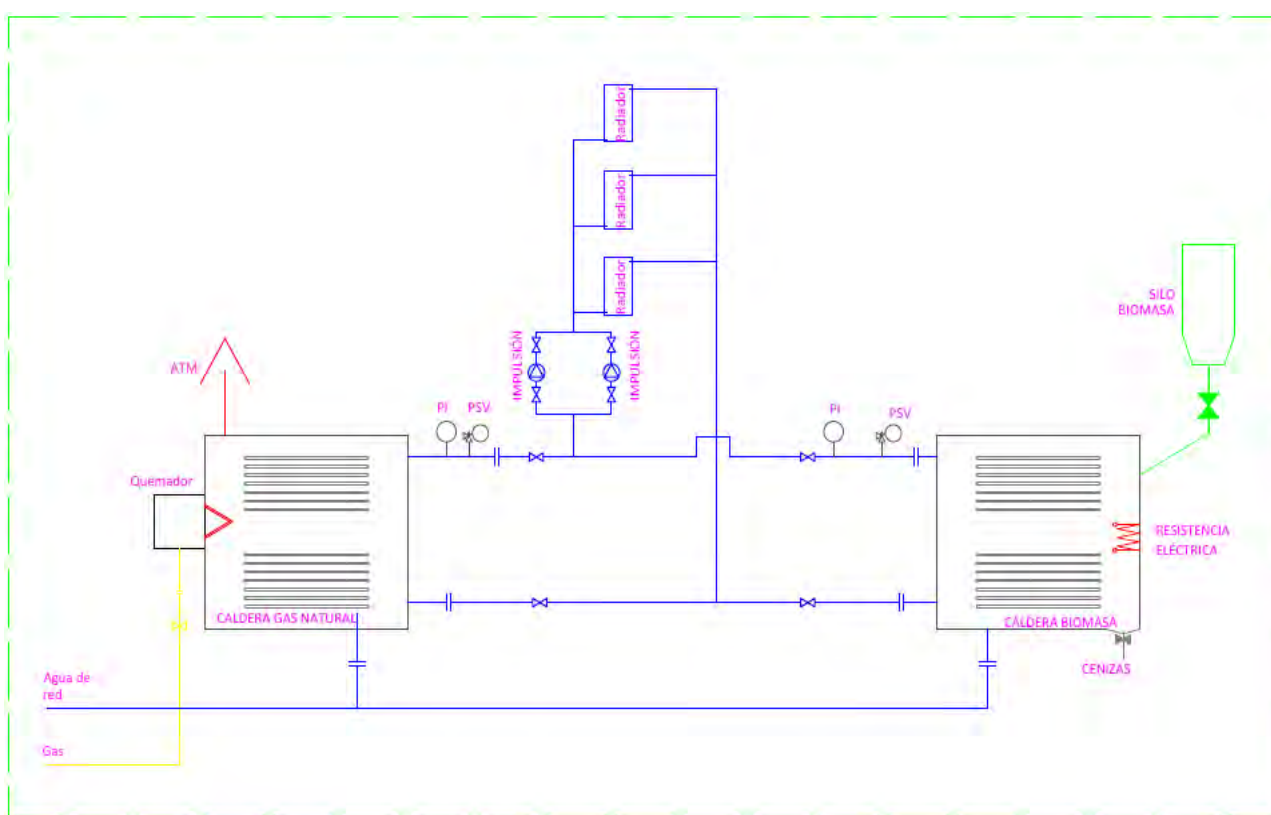


Ilustración 3: Esquema de principio de funcionamiento de una caldera de biomasa y gas natural. Fuente: Elaboración propia

El principio de funcionamiento de la alternativa 2 cuenta con dos calderas, una de biomasa y otra de gas natural, expone como mientras la primera a través del combustible suministrado por el silo de almacenamiento y calentado por una resistencia eléctrica pasa las válvulas de seguridad necesarias que impulsan hacia los radiadores el agua calentada, y la segunda utiliza un método convencional calentando el gas natural a través de un quemador que produce el calentamiento del agua que circula por el interior del circuito.



Ambas tienen unas válvulas encargadas de cerrarse o abrirse en caso necesario. o cuando solo una de ellas esté funcionando que la válvula se mantenga cerrada cortando el suministro de la otra caldera. Cuentan con dos bombas comunes encargadas de la impulsión del agua caliente a los radiadores, en este caso al ser una instalación importante cuentan con dos por seguridad en el caso de avería en una de ellas la otra se encargue de que el centro no se quede sin abastecimiento, y una vez recorridos los diferentes radiadores con los que disponemos el agua retorna de nuevo a la caldera. En la instalación se añaden válvulas de seguridad referidas a la presión encargadas de cortar el funcionamiento en caso de que esta se dispare. Estas son nombradas con PI y PSV.

2.3.10. Puntuación de la alternativa

La alternativa 2 contempla la sustitución del sistema mono-tubular por el bitubular en el sistema de calefacción y la introducción de una caldera de biomasa como encargada de dar calefactado al centro acompañada de la ya existente caldera de gas natural.

Los anteriores criterios calificados han dado como resultado las siguientes puntuaciones:

Tabla 4: Puntuación de la alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.

Criterios	Alternativa 2
Condiciones climáticas y espacio disponible	4
Cobertura de la demanda y estabilidad de suministro	5
Cumplimiento de la normativa	4
Mantenimiento de la instalación	3
Impacto Ambiental	4
Contaminación y emisiones atmosféricas	3
Inversión inicial	4
Coste operacional	3
Total	30



2.4. ALTERNATIVA 3: Cambio a calefacción bitubular e introducción de energía solar térmica con apoyo de gas natural

Esta alternativa contempla el mantener las calderas de gas natural y añadirles un sistema de energía solar térmica para poder cumplir con la normativa del Reglamento de Instalaciones Térmicas en edificios, en el que destaca la disminución de contaminantes y gases por parte de los equipos de calefacción una vez que se haya sufrido una modificación en ellos.

2.4.1. Condiciones climáticas y espacio disponible

La instalación de esta alternativa requiere un espacio destinado a la caldera de gas natural, el cual ya estaría proporcionado por la caldera actual y otro para los paneles solares de la energía solar térmica.

La instalación de estos paneles puede suponer un problema ya que debido a la antigüedad del edificio es de carácter protegido, por lo que puede haber inconvenientes en la modificación de la fachada, en caso de no ser posible instalarlos sobre esta el colegio cuenta con una tejavana cercana a la sala de calderas donde podría estudiarse la instalación.

A continuación se muestra una vista aérea del centro en la que se muestra el lugar donde deberían ir colocados los paneles solares.



Ilustración 4: Vista aérea del colegio Sagrado Corazón Esclavas de Santander. Fuente: Google Maps

Se ha considerado una superficie aproximada de 70 m^2 , de acuerdo con las características del edificio y sus usos para cubrir la potencia deseada.

Por otro lado la instalación de energía solar térmica sería la encargada de reducir los contaminantes y gases, pero siempre tendría que ir acoplada a otra instalación puesto que en distintas épocas del año no es capaz de dar servicio a todo el centro debido a factores como la localización.

En este caso la localización no dispone de altos niveles de radiación solar colocándose en una zona climática correspondiente a C1 por lo que sus niveles de radiación no son constantes lo que hace que no sean una fuente uniforme en cuanto a producción de energía y no se puede contar con ella indefinidamente. Sumado a que los meses en los que se presenta mayor radiación son en julio y agosto coincidiendo estos con las vacaciones de verano, por lo que el colegio en esta época se encuentra vacío.

Para la solución de esto se encuentra la instalación de la caldera de gas natural que mantiene un suministro permanente y es capaz de cubrir el calefactado de todo el centro.



Este criterio se puntúa con un 4 puesto que las condiciones climáticas si intervienen en el funcionamiento de los paneles solares, aunque es mayor la cantidad de producción que tiene la caldera.

2.4.2. Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro

Esta alternativa combina la situación actual junto con un apoyo de energía solar térmica con el que reducir gases contaminantes. La cobertura que presenta es totalmente segura puesto que la instalación de gas natural cuenta con un suministro constante resuelto de la misma forma que hasta ahora, al que solo hay que añadir un refuerzo de energía solar. Esta última no dispone de un abastecimiento permanente sino que se rige por las radiaciones solares en base al tiempo. Por lo que se necesitan de la una a la otra para complementarse y dar un suministro permanente.

Esta alternativa sería viable a la hora de minimizar la cantidad de contaminantes pero en ningún caso podrá cubrirse en su totalidad con energías renovables debido a que la energía solar térmica no puede dar cobertura a toda la instalación porque se rige por las condiciones climáticas para ser utilizada.

La instalación presenta un suministro constante puesto que el gas natural lo posee, y se reforzará cuando sea posible con la ayuda de los paneles solares, además se añade la ventaja de que son dos instalaciones y se complementan la una a la otra, por lo tanto recibe una puntuación de 5.

2.4.3. Cumplimiento de la normativa

Según el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios las instalaciones térmicas que se instalen deben reducir el consumo de energía convencional, por lo que se verían a su vez reducidas las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, por el uso de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables. Por lo tanto se utilizarán energías renovables con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

Esta norma que dirige las instalaciones térmicas considera que la instalación de una energía renovable como la energía solar térmica sería oportuna para la reducción de contaminantes, por lo que es viable, aunque se debe de contar con que no puede estar permanentemente funcionando debido a que se activa por el calor, y que la zona en donde se encuentra el centro no es propenso a recibir radiación solar constantemente.



Por lo tanto cumple con la norma de reducción de gases contaminantes pero esto será mínimo dado que durante el tiempo que el colegio se encuentra cerrado es cuando más capacidad tienen los paneles solares, y el resto tendrá que estar manteniéndose a base de la caldera de gas natural, que si que produce contaminación, lo que califica el criterio con un 3.

2.4.4. Mantenimiento de la instalación

En esta alternativa que cuenta con dos instalaciones diferentes instaladas se debe realizar un mantenimiento distinto para cada uno de ellas. Mientras la caldera de gas natural mantendrá el mantenimiento actual, en el que se revisa la eficiencia energética y la comprobación sobre las emisiones de gases, la energía solar térmica tendrá una más laboriosa.

El mantenimiento de la energía solar térmica contará con distintas operaciones de mantenimiento, se someterá a inspecciones visuales, verificación de actuaciones y demás componentes que permitan mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

En el caso de la amplitud que posea la instalación las revisiones se realizarán anualmente si la superficie de captación es inferior a 20m² y en este caso al ser superior a esta medida, la revisión será cada seis meses.

El plan de mantenimiento debe de ser realizado por un personal técnico que conozca perfectamente la instalación, la cual traerá un libro en el que se indica las operaciones realizadas junto con el mantenimiento correcto. Dentro de aquellas que se consideran correctas deben de ir incluidas la sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarios para que el sistema funcione.

El mantenimiento es similar al presentado en la alternativa 0 pero se añade el trabajo y coste que suponen los paneles solares, por lo que se califica con un 3.

2.4.5. Impacto ambiental

El impacto ambiental de cada alternativa es diferente por lo que mientras la caldera de gas mantiene un combustible convencional más contaminante que cualquier energía renovable y que procede de la perforación de yacimientos para su extracción, la energía solar térmica es mucho más limpia, sin producir contaminantes destinados al medio ambiente.



Ninguna de las dos aplicaciones presenta ruidos. Mientras la caldera de gas natural tiene una sala destinada para su uso y no produce ningún impacto visual, la energía solar térmica sí que lo hace puesto que sus elementos están expuestos al exterior y colocados sobre superficies a gran altura, las cuales habría que estudiar en el caso de elegirla ya que no podrían ir colocadas sobre el tejado debido a que la fachada no puede ser modificada.

Se reduce el impacto ambiental gracias a la incorporación de paneles solares aunque el mayor peso lo llevará la caldera, por lo que se obtiene un resultado de calificación de 3.

2.4.6. Contaminación y emisiones a la atmósfera

La contaminación de la caldera de gas natural es mucho mayor que la energía solar térmica, ya que se mantiene a través de combustible convencional que produce emisiones de CO₂ a la atmósfera.

En cambio, la producción que generan los paneles solares no trae consigo ningún tipo de emisiones de gases de efecto invernadero, la única contaminación que producen es en otras etapas del ciclo de vida como durante la fabricación, transporte, instalación, mantenimiento...

En cualquier caso, las cantidades de dióxido de carbono equivalentes son menores que las asociadas al gas, considerándose una alternativa más limpia y sostenible que el gas natural proveniente de combustible fósil, con este sistema se reducen 10 toneladas de CO₂ por año.

Visto que una es mucho menos contaminante que la otra también debemos de fijarnos en las cantidades que producen en la instalación cada una de ellas, manteniendo una proporción de rendimiento la energía solar térmica mucho menor debido a sus problemas de localización y climáticos.

Al igual que en el criterio anterior se reduce la contaminación pero sigue siendo la caldera de gas natural la que representa mayor peso en la instalación por lo que se repite la calificación con un 2.

2.4.7. Inversión inicial

La inversión inicial se centra en la instalación de la energía solar térmica porque ya se cuenta con la caldera de gas natural, siendo esta el elemento que a día de hoy surte al colegio.



El coste de una instalación de este tipo depende de su tamaño, la facilidad de ejecución, calidad de los equipos utilizados... Pudiendo tratarse de un desembolso bastante alto, pero también teniendo en cuenta que esta energía es una de las más baratas respecto a otras energías renovables, este ahorro no se refiere tanto a instalación como al gasto que supone mantenerla durante su vida útil.

Las instalaciones de placas solares tienen un precio por metro cuadrado que ronda de los 600 a los 1.000 euros, este precio depende de la calidad de los materiales y de la duración de la instalación de la obra, teniendo en cuenta la dimensión del colegio y que estarán diseñados para cubrir una cantidad grande del porcentaje total de la calefacción cuando sea posible se calcula una inversión inicial alta, ya que la superficie estimada de construcción es de 70 m².

La inversión se dispara con la instalación de energía solar térmica, y a esto hay que sumarle que no podrán estar en funcionamiento constantemente debido a la zona climática donde se encuentran, la ventaja es que se cuenta con la instalación de la caldera de gas natural y que en eso produce un ahorro, por lo tanto se puntúa con un 3.

2.4.8. Coste operacional

El colegio dispone de dos empresas suministradoras de gas natural, como son ENDESA e IBERDROLA, sobre las cuales se obtiene la facturación del año 2.015 y mitad del 2.016. En la siguiente tabla se muestra los KWh y euros consumidos mensualmente durante este periodo.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**

Alternativas propuestas



Tabla 5: Relación de la facturación del año 2015 y mediados del 2016. Fuente: Administración del colegio.
Elaboración propia

Mes	KWh	€
2015 Enero/Febrero ENDESA	24.169	1.472,3
2015 Enero IBERDROLA	29.476,08	2.131,58
2015 Febrero IBERDROLA	33.779,91	2.401,44
2015 Marzo/Abril ENDESA	17.463	1.056,08
2015 Marzo IBERDROLA	33.779,91	2.401,44
2015 Abril IBERDROLA	25.910	1.857,82
2015 Mayo/Junio ENDESA	0	45,33
2015 Mayo IBERDROLA	0	88,49
2015 Junio IBERDROLA	0	110,20
2015 Julio/Agosto ENDESA	0	46,57
2015 Julio IBERDROLA	0	206,7
2015 Agosto IBERDROLA	0	100,91
2015 Septiembre/ Octubre ENDESA	12	45,97
2015 Septiembre IBERDROLA	0	100,71
2015 Octubre IBERDROLA	23	99,53
2015 Noviembre/Diciembre ENDESA	9.996	577,11
2015 Noviembre IBERDROLA	5.426,98	464,11
2015 Diciembre IBERDROLA	12.995,04	961,37
2016 Enero/Febrero ENDESA	11.087	623,91
2016 Enero IBERDROLA	14.562,06	1.106,57
2016 Febrero IBERDROLA	24.862,95	1.789,13
2016 Marzo/Abril ENDESA	21.696	1.551,86
2016 Marzo IBERDROLA	22.586,96	1.610,62
2016 Abril IBERDROLA	10.826,04	854,72
2016 Mayo/Junio ENDESA	0	45
2016 Mayo IBERDROLA	0	91,55
2016 Junio IBERDROLA	0	109,96
2016 Julio/Agosto ENDESA	0	45,85
2016 Julio IBERDROLA	0	88,14
2016 Agosto IBERDROLA	0	94,37



A partir de la tabla anterior se dispone a crear un gráfico para ver más fácilmente la representación del consumo:

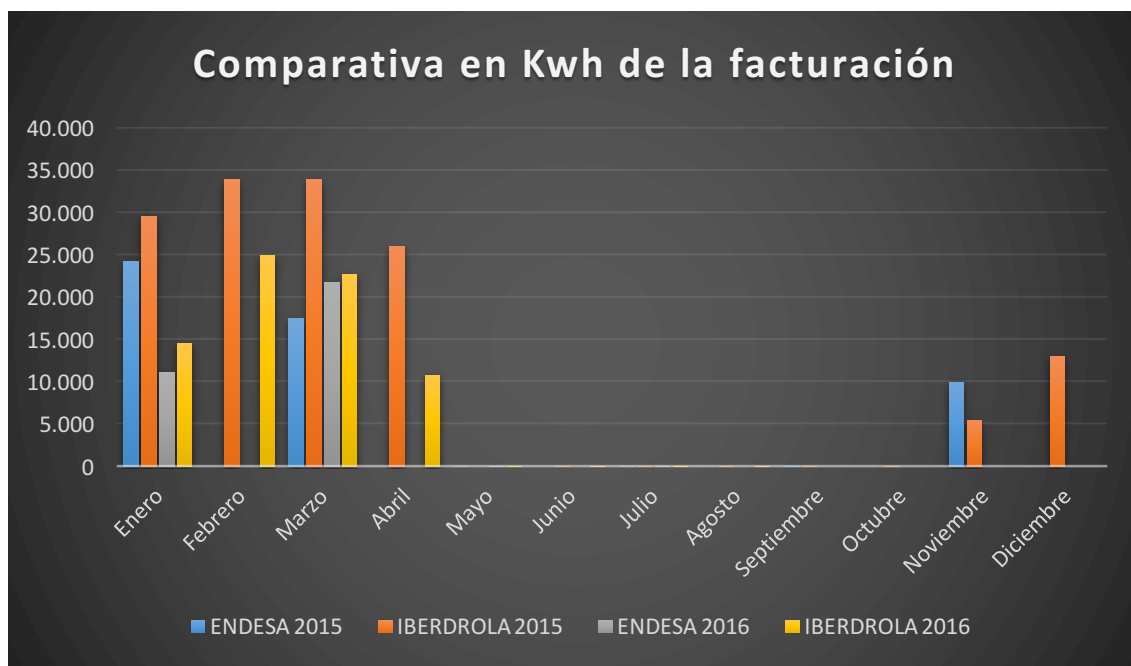


Gráfico 2: Facturación del año 2015 y mediados del 2016. Elaboración propia

Con estos datos observamos que el centro mantiene un gasto anual de 167.142 KWh lo que supone un gasto económico de 12.458 euros, por lo que el KWh se está pagando a 0,074 euros, este precio es único de la calefacción.

En el gráfico se muestra que el mayor consumo es desde noviembre a marzo coincidiendo con los meses de invierno dado que son los más fríos, en abril y mayo el consumo bajo dado a la subida de las temperaturas y el consumo es nulo desde junio a septiembre por razones como la llegada de la primavera y verano, que aumentan las temperaturas y las vacaciones escolares, que hacen que el centro se encuentre sin alumnos y no sea necesario este servicio.



Acorde con la instalación estimada de 70 m² en la que se podrán introducir una cantidad de 47 colectores debido a que cada uno ocupa normalmente una superficie de 1,5 m², se valora que puedan llegar a proporcionar 42.000 KWh anuales debido a que en el mercado se encuentran colectores que rondan los 800 – 900 KWh/m² de rendimiento máximo. Con estos datos se valora que la cantidad consumida de gas natural si se encuentra en conjunto con este sistema puede disminuir notablemente, encontrándose el problema en que los meses en los que se dará este máximo rendimiento el centro está sin alumnado debido a las vacaciones escolares. A su vez este sistema no necesita de un combustible para su uso y por lo tanto no se incrementa su gasto debido a este.

Al ser la caldera de gas natural la que tenga más peso en la instalación el ahorro que se presenta no será muy alto, calificando el criterio con un 2.

2.4.9. Esquema de principio de funcionamiento

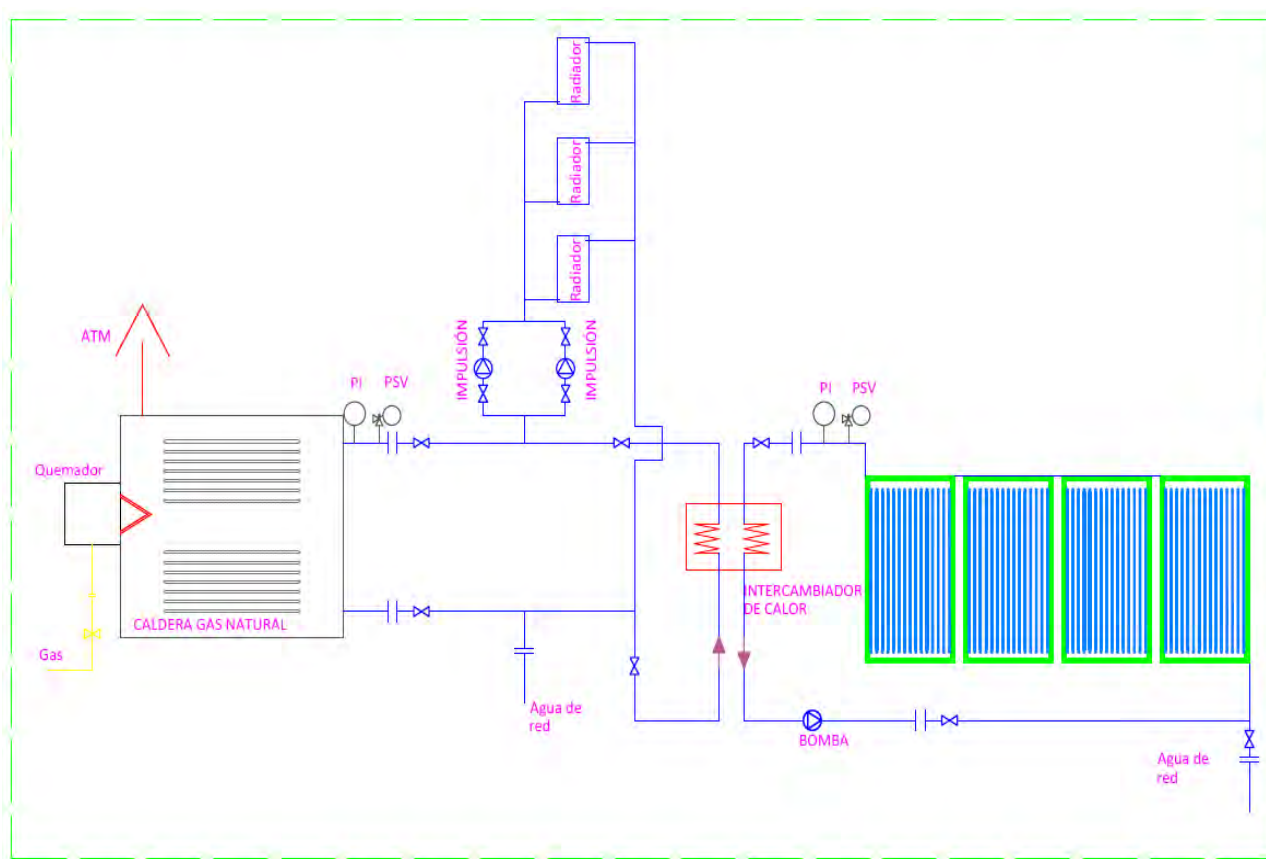


Ilustración 5: Esquema de principio de funcionamiento de una caldera de gas natural con apoyo de energía solar térmica. Fuente: Elaboración propia



El principio de funcionamiento de la alternativa 3 contiene una caldera de gas natural que será la encargada de dar el mayor porcentaje de calor al centro y una ayuda de un sistema de energía solar térmico.

Mientras que la caldera de gas natural sigue el mismo funcionamiento que hasta ahora en el colegio, la energía solar térmica se compone de una serie de paneles solares por los que corre en su interior agua de red y son calentados a través del sol y llevados a un intercambiador de calor, este utilizado para hacer una recirculación del agua haciendo que el calor conseguido por el sol se transmita al agua que va hacia los radiadores.

Ambas tienen unas válvulas encargadas de cerrarse o abrirse en caso necesario o cuando solo una de ellas esté funcionando que la válvula se mantenga cerrada cortando el uso de la otra caldera. Cuentan con dos bombas comunes encargadas de la impulsión del agua caliente a los radiadores, en este caso al ser una instalación importante cuentan con dos por seguridad en el caso de avería en una de ellas la otra se encargue de que el centro no se quede sin abastecimiento, y una vez recorridos los diferentes radiadores con los que disponemos el agua retorna de nuevo a la caldera. En la instalación se añaden válvulas de seguridad referidas a la presión encargadas de cortar el funcionamiento en caso de que esta se dispare. Estas son nombradas con PI y PSV.

2.4.10. Puntuación de la alternativa

La alternativa 3 contempla la sustitución del sistema mono-tubular por el bitubular en el sistema de calefacción y la introducción de un sistema de paneles solares que complementarán a la ya instalada caldera de gas natural.

Los anteriores criterios calificados han dado como resultado las siguientes puntuaciones:

Tabla 6: Puntuación de la alternativa 3. Fuente: Elaboración propia.

Criterios	Alternativa 3
Condiciones climáticas y espacio disponible	4
Cobertura de la demanda y estabilidad de suministro	5
Cumplimiento de la normativa	3
Mantenimiento de la instalación	3
Impacto Ambiental	3
Contaminación y emisiones atmosféricas	2
Inversión inicial	3
Coste operacional	2
Total	25



2.5. ALTERNATIVA 4: Cambio a calefacción bitubular e introducción de energía solar térmica con apoyo de caldera de biomasa

Esta alternativa propone el cambio de la caldera de gas natural actual por una de biomasa y a esta ayudarla mediante un sistema de energía solar térmica ambas encargadas del sistema de calefacción.

En esta alternativa se vuelve a poner de manifiesto la necesidad de cambio del sistema de calefacción mono-tubular a bitubular y se añade la caldera de biomasa y la energía solar térmica, que se tratan de dos sistemas de energías renovables, que sustituyen al gas natural.

Al tratarse una caldera de biomasa el cambio del sistema mono-tubular a bitubular debe de ser prioritario debido a que las actuales calderas están configuradas de manera que una vez que detecten una alta temperatura paren o bajen la potencia de entrega, pudiendo no haber llegado a los radiadores más alejados mientras que la tubería de ida sí que presenta el calor suficiente debido a la lentitud de circulación del agua en este tipo de sistemas. Este problema se incrementa cuanto mayor dimensión tome el circuito, que en este caso sería evidente debido a la superficie que ocupa el centro.

2.5.1. Condiciones climáticas y espacio disponible

Las condiciones climáticas solo afectan a la energía solar térmica puesto que su rendimiento está condicionado por el sol y de él depende si puede producir calor y ayudar al sistema de calefacción de biomasa. Por el contrario esta última es independiente su producción con el clima.

La única necesidad que presenta la caldera de biomasa es el suministro de combustible, que mientras antes se hacía a través de un punto de consumo ahora hay que estar pendiente del suministro.

En cambio el combustible utilizado por los paneles solares será agua, lo cual no constituye ningún problema su abastecimiento.

El espacio que ocupa la caldera de biomasa es el mismo que lo hace una de gas natural, pero la de biomasa necesita tener el combustible en un silo de almacenamiento contiguo a la caldera para poder ser utilizado, este es de gran tamaño, lo cual no tendría por qué ser un problema, puesto que si no se incorporara en la sala de calderas por falta de espacio, se podría construir en el exterior adyacente a la sala, ya que da a un patio con una dimensión superior a la necesaria para la construcción del silo.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO "SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"

Alternativas propuestas



La llegada al silo debe de ser cómoda y fácil, esto se encuentra solucionado porque cuenta con un acceso a vehículos capacitado para realizar la descarga de combustible.

La instalación de estos paneles tiene que estudiarse con más detenimiento por el hecho de tratarse de un edificio de carácter protegido y el cual no permite una modificación de la fachada, por lo que el lugar donde instalarlos podría ser una tejavana cercana a la sala de calderas. El espacio calculado para el montaje de estos ronda los 70 m² según otras instalaciones de superficies similares.

En la siguiente imagen se muestra el posible lugar donde se encontrarían colocados los paneles solares que cuenta con una superficie superior a la necesaria.



Ilustración 6: Vista aérea del colegio Sagrado Corazón Esclavas de Santander. Fuente: Google Maps

También la cantidad de calor que puede proporcionar la energía solar sobre la caldera de biomasa es mucho menor por lo que prevalece la importancia de las condiciones de la caldera de biomasa a la hora de tomar una decisión.



Por lo que se puntúa con un 2 por ser la alternativa que más espacio ocupa y uno de las instalaciones depender completamente de las condiciones climáticas, aunque sea la otra instalación la que lleve más peso en la alternativa.

2.5.2. Cobertura de la demanda del edificio y estabilidad del suministro

La unión de estas dos fuentes de energía son totalmente capaces de llevar el suministro de calefacción del colegio, ya que solo con la caldera de biomasa es posible, y ayudada por los paneles solares reduciría su consumo durante los momentos en que estos se encuentren en funcionamiento.

Al tratarse las dos de energías renovables, la cantidad de contaminantes y gases sería reducida a mínimos, ya que la energía solar que es limpia no puede actuar por si sola para cubrir una instalación de estas características pero unida a otra instalación sí que son capaces, y más si esta se trata de una energía renovable con la que se mantendría los niveles de contaminación bajos.

La localización del centro y que los meses en que más calor pueden desarrollar los paneles solares sean los mismos en los que el colegio se encuentra vacío hacen que se deba de estudiar hasta que punto compensa la construcción de estos y que ahorro proporcionarían a la caldera de biomasa, cuyo combustible sería aportado por empresas encargadas de este suministro, por lo que no existiría el problema de falta de funcionamiento debido a la escasez de biomasa.

La alternativa dispone de un suministro constante debido a que la caldera de biomasa no depende de condiciones climáticas para su funcionamiento y se añadirá el aporte de energía solar cuando esto sea posible, por lo que se puntúa con un 5.

2.5.3. Cumplimiento de la normativa

Según el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios las instalaciones térmicas que se instalen deben reducir el consumo de energía convencional, por lo que se verían a su vez reducidas las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, por el uso de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables. Por lo tanto se utilizarán energías renovables con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

La normativa es cumplida con ambas instalaciones puesto que las dos son energías renovables y reducen al mínimo los contaminantes.



Cumple a la totalidad con la normativa al tratarse de dos energías renovables, lo que se puntúa con un 5.

2.5.4. Mantenimiento de la instalación

Cada una de las alternativas se compone de un sistema de mantenimiento diferente. La caldera de biomasa posee un sistema que se realiza en un periodo corto de tiempo y consiste en la limpieza de los intercambiadores, cajón de cenizas y quemador, llevado a cabo por un técnico especializado y con visitas concertadas en periodos cada seis meses o un año.

Por otro lado la energía solar térmica tendrá revisiones más frecuentes aunque también sencillas para la comprobación del funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación, también realizado por personal cualificado.

El mantenimiento es similar al presentado en la alternativa 1 pero se añade el trabajo y coste que suponen los paneles solares, por lo que se califica con un 3.

2.5.5. Impacto ambiental

El impacto ambiental que proporcionan estos sistemas no son tan dañinos como los convencionales, ambos proporcionan una energía limpia y mientras la energía solar térmica lo es en su totalidad a la biomasa solo se le puede achacar la obtención de su combustible, ya que puede dañar de más la naturaleza en aquellas zonas donde el terreno se encuentre más sometido a su tala de árboles, pero aún con este inconveniente es mucho menos perjudicial que el combustible convencional.

Ambas son alternativas silenciosas ya que la sustitución de una caldera por otra proporcionaría ruidos semejantes a los ya existentes, y los paneles solares no producen ningún ruido.

El inconveniente del impacto visual solo está presente en los paneles solares por los cuales se debe de buscar un lugar de instalación sin modificar la fachada y factible para el funcionamiento de estos. En cambio, la caldera de biomasa irá en el lugar de la actual caldera de gas natural.

Se califica con un 5 debido a las buenas características que presenta esta alternativa.



2.5.6. Contaminación y emisiones a la atmósfera

La contaminación del conjunto es la mínima posible tratándose las dos de energías renovables, que tienen como características que son limpias y que reducen los contaminantes a la atmósfera.

La contaminación que produce la biomasa es notablemente menor que la producida por combustibles convencionales reduciendo en un 60% las emisiones de CO₂ a la atmósfera, considerándose un balance neutro de este. Esto es así porque en la combustión sí que se produce una liberación de CO₂ pero no aumenta el efecto invernadero porque forma parte de la atmósfera actual, ya que es lo que absorben y descargan continuamente las plantas y árboles para su crecimiento, y no se trata de aquel capturado en el subsuelo como en el caso de los combustibles fósiles.

Se trata en su totalidad de una energía limpia y renovable lo que se califica con un 5.

2.5.7. Inversión inicial

Esta alternativa presenta la mayor inversión inicial hasta el momento debido a que no se aprovecha nada de lo que está ya instalado y no solo se hace una nueva instalación sino que dos, las cuales son bastante importantes económicamente.

Por un lado se tiene la inversión respecto a la caldera de biomasa, que son más caras que una caldera de gas natural y que aparte incluyen la construcción de un silo de acumulación. Por otro la instalación de la energía solar térmica que varía el precio dependiendo del tamaño, y contando con una instalación ideada de 70 m² en la cual se podrían introducir 47 colectores de 1,5 m² según el tamaño medio que suelen tener estos, que serían los encargados de realizar el trabajo de sustitución de una de las calderas de gas natural, y en las condiciones de máximo rendimiento de estos podrían proporcionar unos 42.000 KWh anuales ya que se estima que cada colector tenga un rendimiento máximo entre 800 – 900 KWh anuales.

La inversión inicial es la más alta ya que no aprovecha nada de las instalaciones que presenta, y hay que añadir una caldera nueva de biomasa con su correspondiente silo de almacenamiento y la instalación de paneles solares, lo que se califica con un 2.



2.5.8. Coste operacional

El coste que supone esta alternativa repite las ideas expuestas anteriormente sobre la instalación de una caldera de biomasa a las que se añade una instalación solar térmica. Es decir:

Lo primero que conlleva este sistema es el cambio de combustible ya que se pasa de gas natural a biomasa, para el suministro de este se encuentran empresas encargadas de ellos que dirigen el combustible hasta el silo de almacenamiento.

Se realiza trimestralmente una encuesta para dar a conocer el índice de precios de biomasa doméstico a aquellas empresas presentes en el mercado español que se dediquen a la distribución de pellet, hueso de aceituna y astilla. Poniéndonos en el caso más desfavorable de estos es decir el más caro obtenemos un precio de 180 €/t, según el precio del tercer trimestre del 2016 del instituto para la diversificación y ahorro de energía.

Para la construcción del silo se estiman unas dimensiones de 30 m³ de volumen.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía regula unos valores tanto del gas natural como de la biomasa similares a los siguientes:

- PCI Gas Natural: 13,6 KWh/Kg
- PCI Biomasa (Pellets en general): 4,57 KWh/Kg

Con estos valores podemos calcular el consumo aproximado de biomasa que será necesario para abastecer al colegio una cantidad similar hasta la consumida hasta ahora.

Por el momento en el año 2015 el consumo de gas natural fue de 167.142 KWh lo que prevería un consumo de 36,57 t/año de biomasa.

Dado que se había obtenido el precio medio de la tonelada de biomasa se estiman unos 6.583 euros anuales. La mitad de lo pagado durante este año con las dos calderas de gas natural que se encuentran instaladas en el centro.

A este precio no se le añade un consumo de combustible dado que los paneles solares se abastecen de la energía proporcionada por la radiación del Sol. Por lo que el precio final sobre el coste sigue siendo mucho menor referente al actual.

Se califica con un 5 ya que como mínimo el coste de vida lo disminuirá a la mitad.



2.5.9. Esquema de principio de funcionamiento

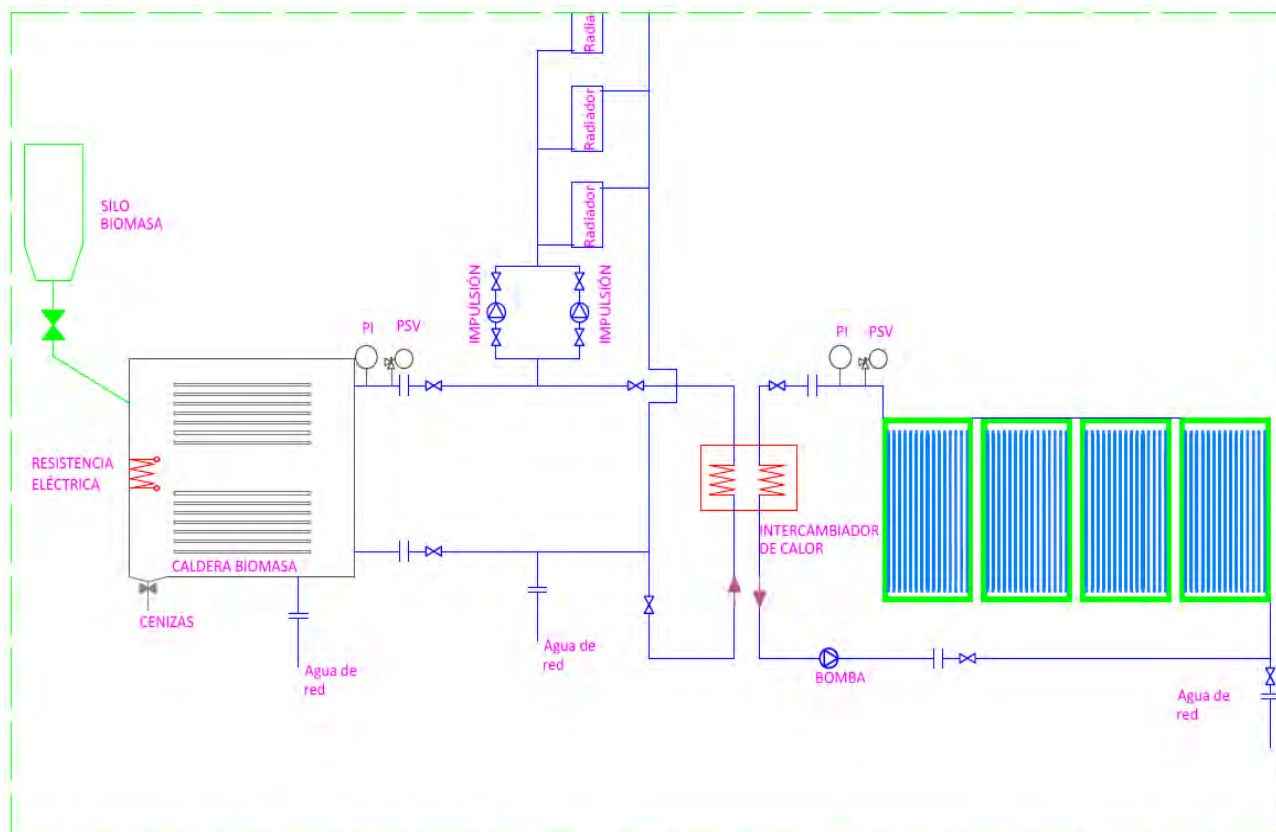


Ilustración 7: Esquema de principio de funcionamiento de una caldera de biomasa con apoyo de energía solar térmica. Fuente: Elaboración propia.

El principio de funcionamiento de esta alternativa 4 presenta una caldera de biomasa encargada de dar la mayor parte de calefactado al centro junto con un apoyo de energía solar térmica.

Por un lado, la caldera de biomasa cuenta con un silo de almacenamiento desde donde se envía el combustible que arderá a través de una resistencia eléctrica que se encuentra en el interior de la caldera y calentará el agua que circula por el interior de esta y que será transportado a través del sistema de calefacción hasta los radiadores.

La energía solar térmica se compone de una serie de paneles solares por los que corre en su interior agua de red y son calentados a través del sol y llevados a un intercambiador de calor, este utilizado para hacer una recirculación del agua haciendo que el calor conseguido por el sol se transmita al agua que va hacia los radiadores.



Ambas tienen unas válvulas encargadas de cerrarse o abrirse en caso necesario, o cuando solo una de ellas esté funcionando que la válvula se mantenga cerrada cortando el uso de la otra alternativa. Cuentan con dos bombas comunes encargadas de la impulsión del agua caliente a los radiadores, en este caso al ser una instalación importante cuentan con dos por seguridad, en el caso de avería en una de ellas la otra se encargue de que el centro no se quede sin abastecimiento, y una vez recorridos los diferentes radiadores con los que disponemos el agua retorna de nuevo a la caldera. En la instalación se añaden válvulas de seguridad referidas a la presión encargadas de cortar el funcionamiento en caso de que esta se dispare. Estas son nombradas con PI y PSV.

2.5.10. Puntuación de la alternativa

La alternativa 4 contempla la sustitución del sistema mono-tubular por el bitubular en el sistema de calefacción y la introducción de un sistema de paneles solares que complementarán a la nueva caldera de biomasa.

Los anteriores criterios calificados han dado como resultado las siguientes puntuaciones:

Tabla 7: Puntuación de la alternativa 4. Fuente: Elaboración propia.

Criterios	Alternativa 4
Condiciones climáticas y espacio disponible	2
Cobertura de la demanda y estabilidad de suministro	5
Cumplimiento de la normativa	5
Mantenimiento de la instalación	3
Impacto Ambiental	5
Contaminación y emisiones atmosféricas	5
Inversión inicial	2
Coste operacional	5
Total	32



3. Valoración final

Mediante una tabla se presenta el conjunto de los resultados anteriores:

Tabla 8: Comparativa de las diferentes alternativas. Fuente: Elaboración propia

Criterios	Alternativa 0	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Condiciones climáticas y espacio disponible	5	3	4	4	2
Cobertura de la demanda y estabilidad de suministro	4	4	5	5	5
Cumplimiento de la normativa	1	5	4	3	5
Mantenimiento de la instalación	4	4	3	3	3
Impacto ambiental	2	5	4	3	5
Contaminación y emisiones atmosféricas	1	5	3	2	5
Inversión inicial	5	3	4	3	2
Coste operacional	1	5	3	2	5
Total	23	34	30	25	32

Teniendo en cuenta las condiciones y características que presenta el colegio Sagrado Corazón Esclavas se establece que la alternativa más eficaz será la numero 1 "Cambio a calefacción bitubular e introducción de caldera de biomasa".



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA



***PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"***

ANEJO 7: Resultado y propuesta de mejora



Resultado y propuesta de mejora

1. Alternativa elegida.....	3
1.2. Elección de la alternativa	3
2. Instalación de sistema de calefacción mediante biomasa	4
2.1. Sala de calderas	4
2.2. Justificación de la potencia	9
2.3. Elección de la caldera de biomasa	11
2.3.1. Seguridad en la caldera de biomasa	16
2.4. Combustible a utilizar	16
2.5. Sistema de almacenamiento	21
2.5.1. Dimensionamiento del silo de almacenamiento	23
2.5.2. Seguridad en el silo de almacenamiento	25
2.6. Sistemas de carga del silo de biomasa	26
2.6.1. Seguridad en la carga del silo de biomasa	26
2.7. Sistema de alimentación de combustible del silo a las calderas	27
2.8. Mantenimiento de la instalación.....	28
3. Conclusión de la instalación elegida	29
4. Modificación de la instalación de calefacción de sistema monotubular a bitubular	31
4.1. Características de un sistema bitubular	32
4.2. Materiales necesarios para una instalación bitubular.....	33
5. Mejoras en el sistema de iluminación	34
5.1. Sistemas de alumbrado	34
5.2. Tipos de lámparas recomendadas	34
5.3. Lámpara LED - la nueva tecnología en iluminación	36
5.4. Ventajas de utilizar lámparas de LED	37
5.5. Estrategias para ahorrar energía	38
5.6. Funciones avanzadas para sistemas de control en instalaciones interiores.....	41



1. Alternativa elegida

Tras la definición de las posibles alternativas existentes y su valoración mediante una matriz de pesos, se ha determinado que la que más se adapta a las necesidades del centro es la alternativa número 1 "Cambio a calefacción bitubular e introducción de caldera de biomasa".

La propuesta consiste en un cambio total en la instalación térmica empezando por el sistema de calefacción de monotubular a bitubular y terminando por la sustitución de las dos calderas de gas natural por una de biomasa que cubra las mismas necesidades y que a su vez reduzca considerablemente las emisiones contaminantes a la atmosfera.

Mientras que la instalación bitubular se extenderá por todo el colegio, la caldera de biomasa se situará en la sala de calderas actual, está última lo hará junto con los elementos que completan su instalación dentro de la sala o en sus proximidades.

1.2. Elección de la alternativa

La elección de esta alternativa se produjo a través de una matriz de pesos en la que se valoraban los mismos parámetros en cinco diferentes opciones y se puntuaban del 1 al 5, estos se iban definiendo en profundidad destacando los puntos más relevantes para su evaluación, predominando la mejora energética, que es el fin que busca el proyecto.

De entre todos, fue la caldera de biomasa la que más calificación obtuvo y por lo tanto la elegida, ya que el cambio de sistema de monotubular a bitubular lo incluían todas las propuestas. Esta fue seleccionada por las características que posee y por ser la que mejor se adapta a las necesidades del centro, es decir, se trata de un colegio de unas dimensiones considerables situado en una zona de localización C_1 , esto significa que no es viable contar con energía solar térmica debido a su inestable radiación durante diferentes meses del año, por otro lado, la superficie del colegio necesitaba de una alternativa con suministro disponible constantemente.

Además la biomasa cumple el principal objetivo de rehabilitación energética haciéndolo por medio de una energía renovable, con la que se disminuyen las contaminaciones atmosféricas, y cumplimiento de las normativas especificadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

La finalidad que persigue el estudio es la eliminación de la dos calderas actuales de gas natural, encargadas de dar servicio térmico al centro por otra de biomasa que realice la misma función. Esta nueva reduciría tanto los efectos contaminantes de CO_2 que produce la primera, como la demanda económica que presenta ya que esta última cuenta con un combustible más económico.



2. Instalación de sistema de calefacción mediante biomasa

A la hora de iniciar una instalación de estas características debemos de concretar los siguientes puntos:

- Sala de calderas.
- Justificación de la potencia.
- Elección de la caldera de biomasa.
- Combustible a utilizar.
- Sistema de almacenamiento.
- Sistemas de carga del silo de biomasa.
- Sistema de alimentación de combustible del silo a la caldera.
- Mantenimiento de la instalación.

2.1. Sala de calderas

El lugar principal donde se va a realizar la rehabilitación es en la sala de calderas, que es donde se encuentra la instalación actual de gas natural que da suministro al centro, y que será sustituida por una caldera de biomasa.

La norma que poseen estas calderas y equipos auxiliares de biomasa es la de mantener una accesibilidad a todas sus partes, para en caso de mantenimiento poder llegar a ellas sin mostrar ningún problema. Esto está resuelto debido a que las dimensiones de la sala son mayores que las que presenta la futura caldera y conservan las distancias necesarias de seguridad pertinentes. Además, hay que contar con un espacio para la retirada de cenizas y acceso a la cámara de combustión.

Esta sala se encuentra en el sótano, está contigua al exterior y se compone de unas dimensiones de 38,92 m².



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO "SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"



Resultado y propuesta de mejora

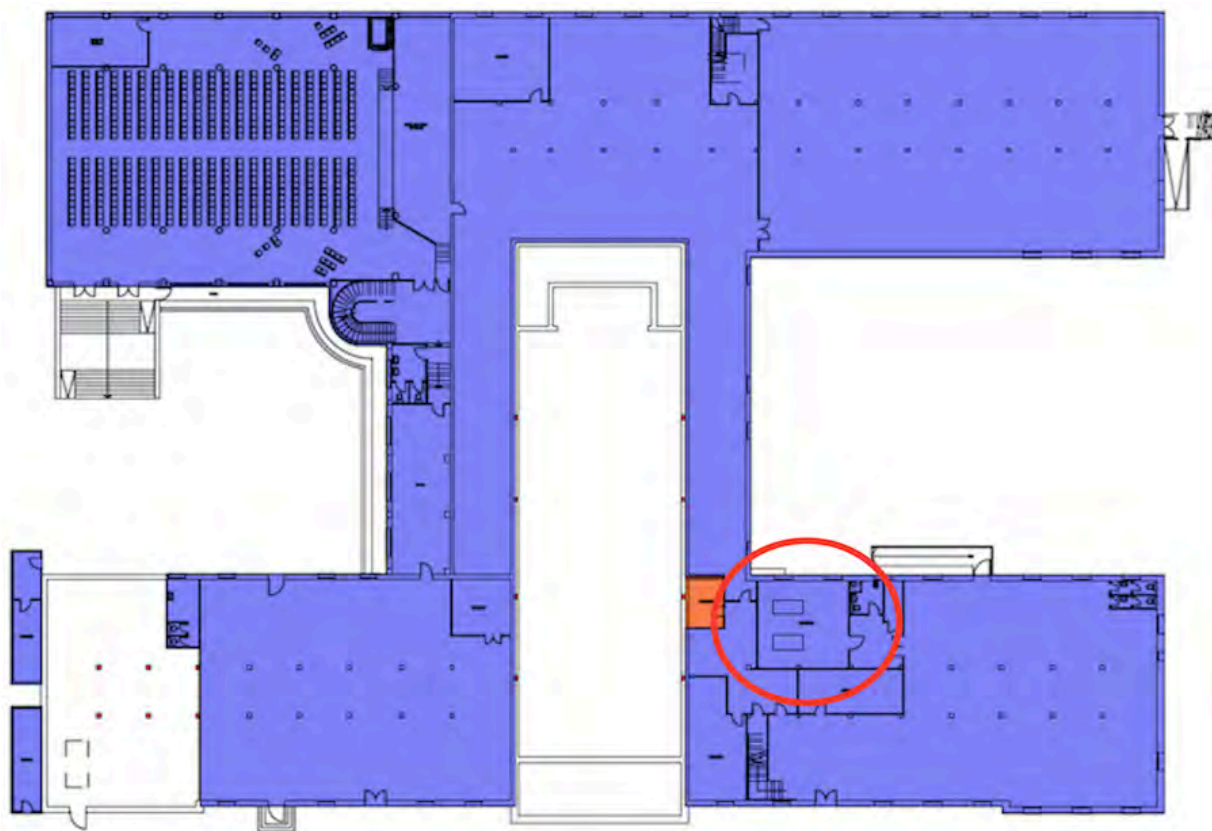


Ilustración 1: Localización de la sala de calderas en el plano del sótano. Fuente: Colegio Esclavas.



Ilustración 2: Imagen de la sala de calderas actual. Fuente: Elaboración propia.



La instalación futura variará según la potencia necesaria a instalar pero el tamaño no superará las dimensiones de la sala, ya que su función es equivalente, tratándose de una quema de combustible generando una llama horizontal que entra en la caldera, el calor generado en esta combustión se transfiere al circuito de agua en el intercambiador incorporado en la caldera, con el que obtenemos el agua caliente encargado de la producción en nuestro caso de calefacción.

La siguiente imagen muestra un esquema de los elementos que se deben de introducir dentro de la sala de calderas, con sus diferentes componentes.

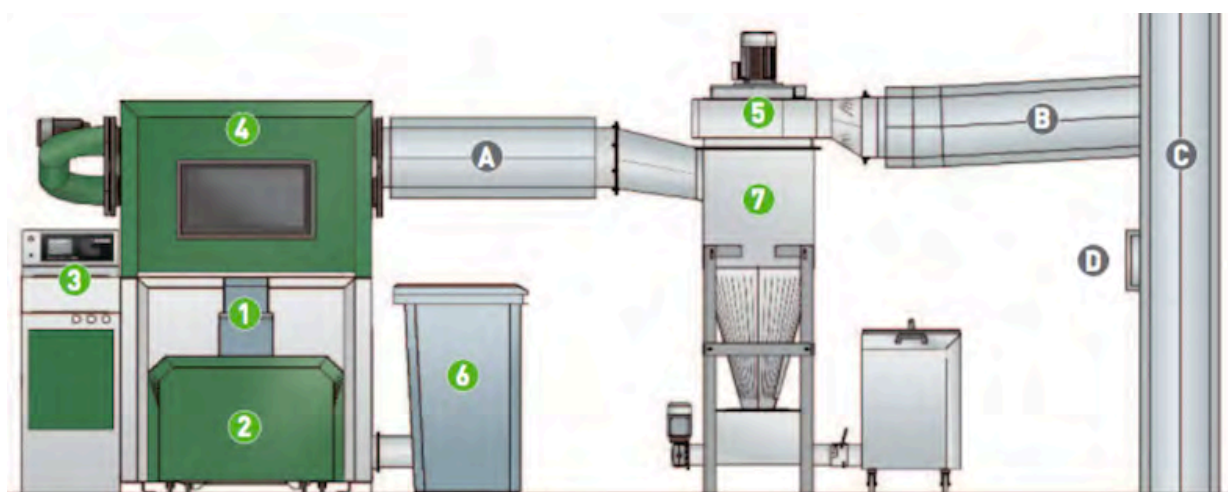


Ilustración 3: Esquema de los componentes en la instalación de biomasa. Fuente: Herz.

A continuación, se describen según la numeración de la imagen anterior los elementos que se colocan dentro de la sala de calderas:

- Boca de entrada con dispositivo antirretorno de fuego.
- Contenedor intermedio de doble sinfín de alimentación con compuesta antirretorno de llama.
- Regulación BioControl 3000.
- Caldera (módulo de combustión y de intercambiador de calor).
- Ventilador de tiro controlado por variador de frecuencia y regulación de depresión.
- Depósito de cenizas.



- Eliminación de los volátiles de combustión (ciclón), separa las partículas contenidas en los gases de combustión y las precipita al contenedor del ciclón.

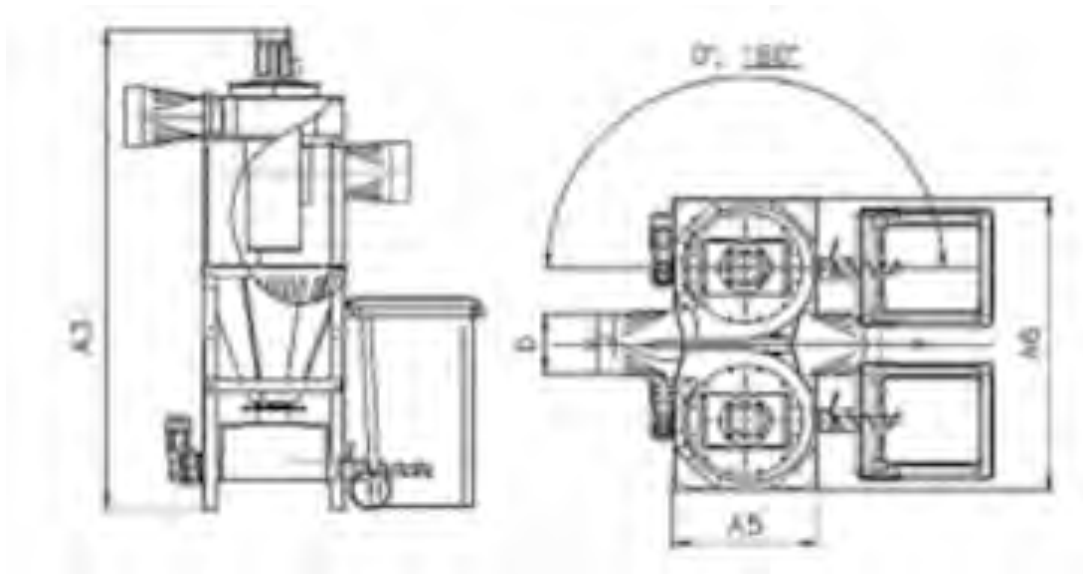


Ilustración 4: Plano de ciclón - separador de partículas. Fuente: Herz.

Tabla 1: Dimensiones del ciclón elemento de la caldera de biomasa. Fuente: Herz.

Dimensiones (mm)	
Altura total (A3)	2.600 mm
Ancho ciclón (A5)	700 mm
Longitud ciclón (A6)	1.460 mm

Las conexiones de tubos de humo que se encuentran en la instalación se nombran en el orden alfabético de la imagen anterior:

- Conexión de salida de humos.
- Conexión de la chimenea con tubo de humos ascendente.
- Chimenea impermeabilizada.
- Regulador de tiro con tapa EX.

Para comprender mejor las dimensiones generales que ocuparía la instalación completa, se muestra a continuación un esquema con los datos más representativos de esta.

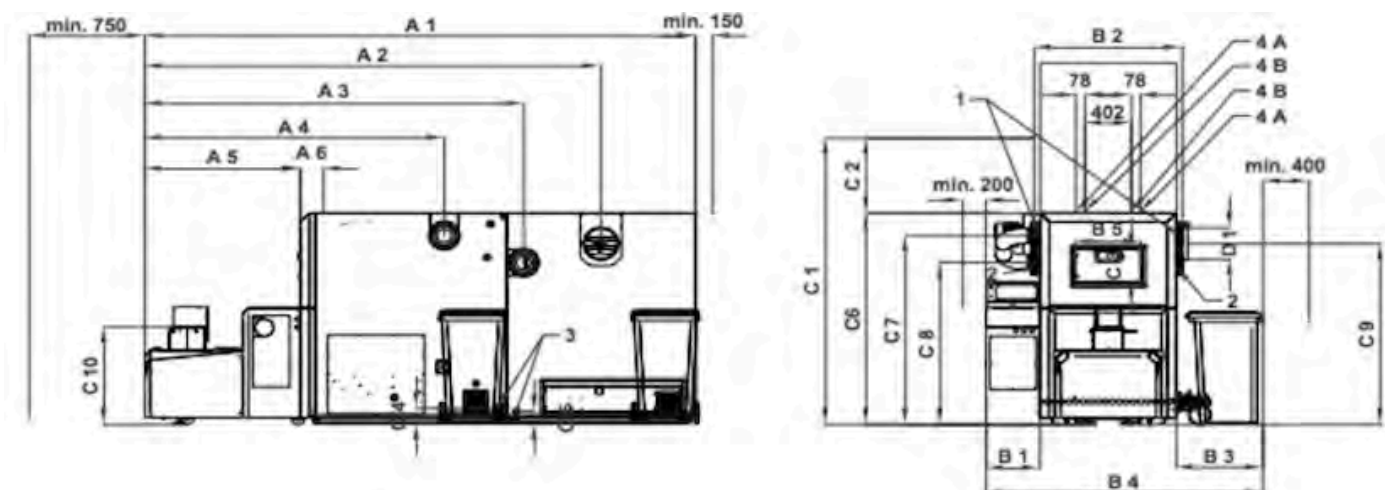
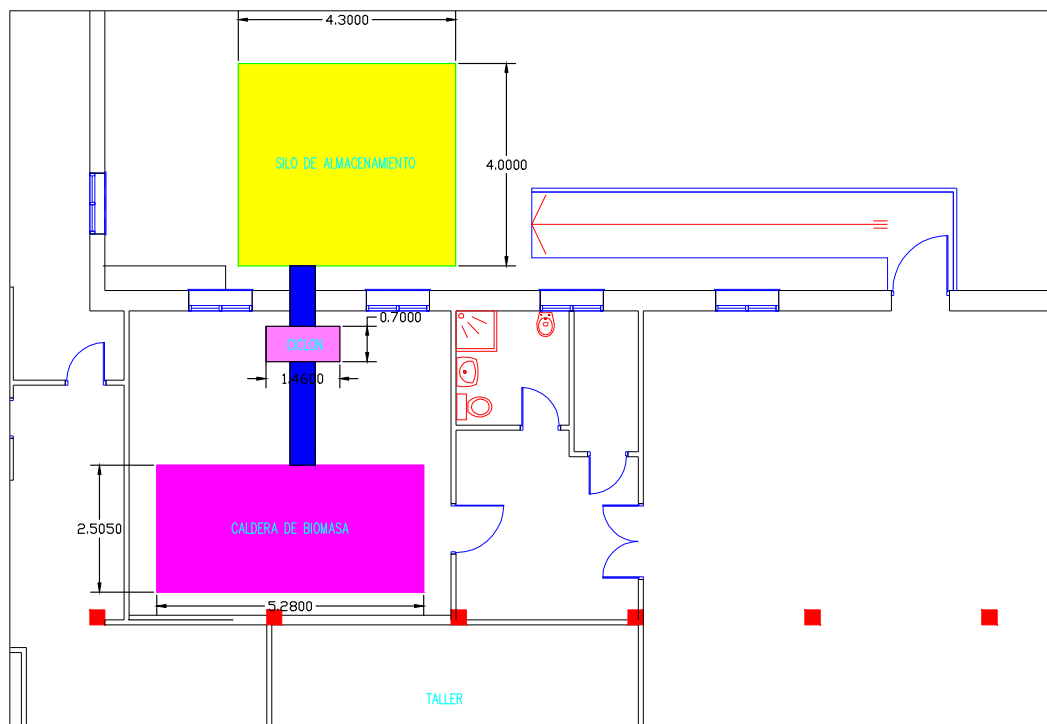


Ilustración 5: Plano sobre la instalación completa de la caldera de biomasa, con sus medidas más representativas. Fuente: Herz.

Tabla 2: Dimensiones de la caldera de biomasa. Fuente: Herz.

Dimensiones de la caldera de biomasa	
Longitud (A1)	5.280 mm
Longitud (A2)	4.465 mm
Longitud (A3)	3.795 mm
Longitud (A4)	3.135 mm
Longitud (A5)	1.385 mm
Longitud (A6)	200 mm
Anchura (B1)	480 mm
Anchura sin pletinas (B2)	1.270 mm
Anchura con pletinas (B2)	1.375 mm
Anchura (B3)	750 mm
Anchura (B4)	2.505 mm
Anchura (B5)	260 mm
Altura (C1)	2.877 mm
Altura (C2)	700 mm
Altura (C3)	435 mm
Altura (C6)	2.177 mm
Altura (C7)	1.966 mm
Altura (C8)	1.715 mm
Diámetro impulsión/retorno (C8)	DN 125
Brida conexión impulsión/retorno (C8)	PN6
Altura (C9)	1.896 mm
Altura (C10)	945 mm
Diámetro salda de humos (D1)	300 mm



Plano 1: Plano de la futura sala de calderas con los diferentes elementos. Fuente: Elaboración propia.

En el plano anterior se representa la futura sala de calderas con sus elementos y las dimensiones correspondientes para la instalación de la caldera de biomasa, y las conexiones de salida de humos que la unen con el silo de almacenamiento que se encuentra fuera de esta sala, contiguo a esta.

2.2. Justificación de la potencia

Actualmente las calderas que surten al centro cuentan con una potencia nominal de 393,7 KW y 475,1 KW, estos datos junto con otros ya expuestos en el anejo 5 "Descripción del edificio" son los que nos van a servir para la elección de la potencia de la nueva caldera a instalar.

En la siguiente tabla se muestran los datos relacionados con el dimensionamiento de la caldera obtenidos del anejo 5.



Tabla 3: Datos dimensionamiento de la caldera. Fuente: elaboración propia.

Datos dimensionamiento de la caldera	Caldera 1	Caldera 2
Potencia nominal (KW)	393,7 KW	475,1 KW
Potencia útil (KW)	348,8 KW	418,6 KW
Rendimiento (%)	88,6 %	88,1 %

$$n = \frac{P \text{ útil}}{P \text{ combustible}}$$

$$P \text{ combustible} = \frac{P \text{ útil}}{n}$$

$$P \text{ combustible } 1 = \frac{418,6 \text{ KW}}{0,881} = 475,1 \text{ KW}$$

$$P \text{ combustible } 2 = \frac{348,8 \text{ KW}}{0,886} = 393,67 \text{ KW}$$

$$P \text{ combustible total} = 475,1 + 393,67 = 868,82 \text{ KW}$$

La potencia total calculada hasta ahora se refiere a la de gas natural.

$$P \text{ combustible biomasa} < P \text{ combustible gas}$$

Realizamos los cálculos con un rendimiento del 90% en la caldera de biomasa debido a que estas mantienen un rendimiento mayor que las de gas natural.

$$P \text{ combustible} = \frac{418,6 \text{ KW} + 348,8 \text{ KW}}{0,9} = 852,66 \text{ KW}$$

$$P \text{ combustible biomasa} = 852,66 \text{ KW}$$

Una vez calculado se obtiene que la potencia necesaria para la caldera debe de ser de 852,66 KW, por lo tanto se propone una de 855 KW con la que se cubriría el uso que se está dando actualmente al centro.



2.3. Elección de la caldera de biomasa

Según las distintas opciones de caldera que se presentan acorde a nuestra demanda energética, en este caso superior a 500 kW debemos elegir entre las siguientes alternativas:

- Instalación de una caldera de más de 500 kW.
- Instalación de dos calderas de potencia inferior a 500 kW.

Se opta por la caldera de potencia mayor de 500 kW, dado el espacio que se posee para su instalación.

Dada la potencia necesaria en el edificio existente, las empresas encargadas de la construcción de estas calderas disminuyen, siendo la marca Herz la más adecuada en este caso. Esta empresa goza de experiencia en el sector demostrado a base de equipos de alta calidad.

Tabla 4: Características de la nueva caldera a instalar. Fuente: elaboración propia.

Características	Caldera de Biomasa
Generador	Caldera
Edificio	Colegio Esclavas
Servicio	Calefacción
Combustible	Biomasa
Marca	HERZ
Modelo	BioFire 1.000 BioControl
Combustible	Pellets normalizados /Astilla normalizada
Potencia	300 – 1.000 kW
Mes encendido calefacción	Noviembre
Mes apagado calefacción	Abril
Días uso calefacción	De lunes a viernes
Horario de utilización	8:00 h – 15:00 h

La caldera seleccionada cuenta con una serie de características interesantes que muestran la comodidad que presenta.



Un sistema de control instalado en el interior del dispositivo evita los complejos cableados alrededor de este. Presenta posibilidad de regulación en las siguientes áreas:

- Elevación de la temperatura del flujo retorno (bomba y válvula mezcladora).
- Gestión del acumulador.
- Circuito de calefacción regulado.
- Regulación del circuito solar.
- Regulación de agua caliente.
- Regulación encendido/apagado.

Y una seguridad amplificada en los siguientes dispositivos:

- Dispositivo antirretorno del fuego con válvula de cierre sin corriente.
- Equipos autónomos de extinción, dispositivo con aspersores y tanque de agua.
- Protección contra retroencendido, capa de barrera de combustible.
- Control de presión y temperatura en la cámara de combustión.
- Detector de control de temperatura en el almacén.

Posee incorporada una sonda lambda que produce una combustión de bajo consumo con la que se supervisa las emisiones de escape cumpliendo estos los valores establecidos por la normativa con emisiones mínimas bajas, se encarga de corregir la cantidad de combustible utilizado y el volumen de aire secundario con el que obtener una combustión más limpia.

Los intercambiadores térmicos se limpian automáticamente a través de turbuladores integrados sin necesidad de actuación manual, lo que provoca un rendimiento alto en todo su uso debido a que estos se encuentran en buenas condiciones. Las cenizas se depositan a un contenedor mediante un tornillo sinfín.

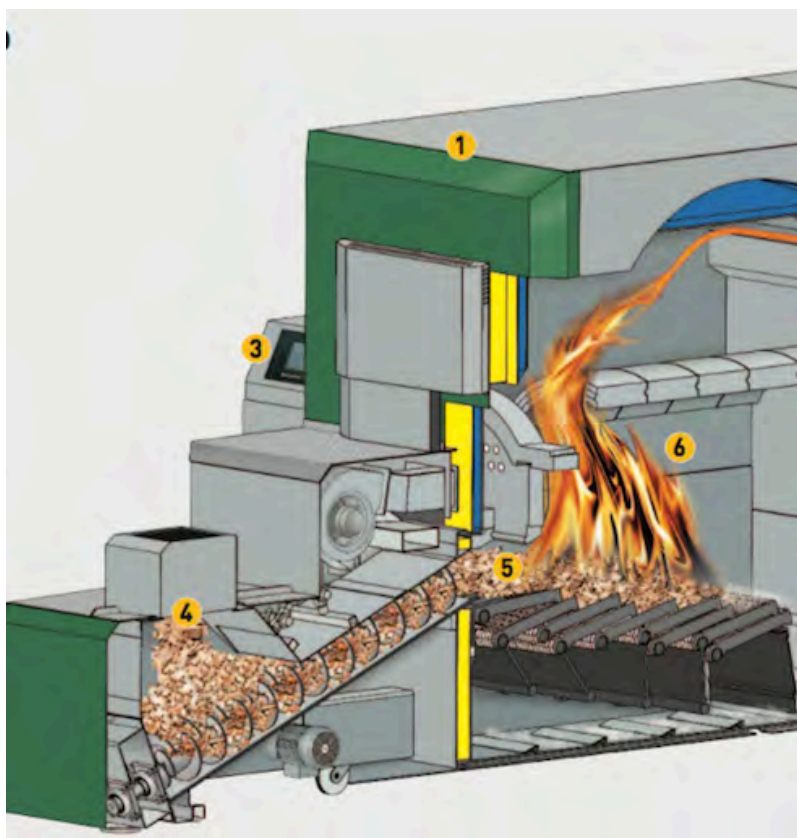


Ilustración 6: Componentes de la instalación. Fuente: HERZ

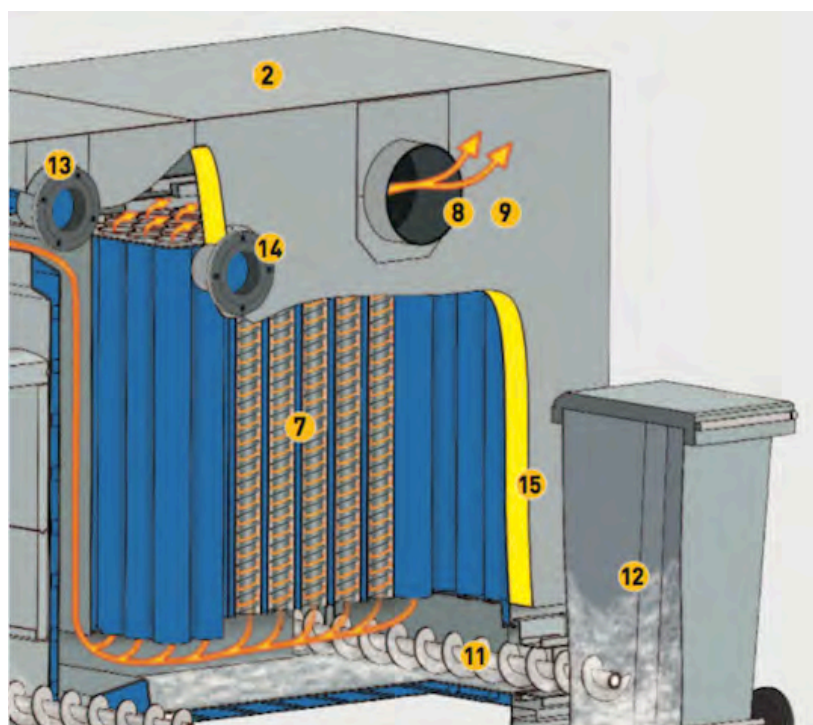


Ilustración 7: Componentes de la instalación. Fuente: HERZ



En las imágenes se muestran los diferentes componentes de la instalación, en la que se divide.

- Módulo de combustión.
- Módulo de intercambio térmico.
- Unidad de control central.
- Contenedor intermedio, con boca de entrada, doble sinfín de alimentación y capa aislante de combustible.
- Encendido automático con soplador de aire caliente.
- Cámara de combustión.
- Intercambiadores térmicos de tuberías en vertical con turbuladores integrados y mecanismo de limpieza.
- Supervisión de salida y combustión automática mediante control de sondas lambda.
- Ventilador de tiro controlado por un variador de frecuencia con regulación de vacío en la cámara de combustión.
- Tornillo de extracción de cenizas del módulo de combustión, y de la cinta transportadora.
- Tornillos de extracción de cenizas del módulo de la sala de intercambio térmico.
- Depósito de cenizas con ruedas que facilita el vaciado de las cenizas.
- Conexión de alimentación posible desde ambos lados.
- Posible conexión de retorno en ambos lados.
- Aislamiento térmico eficaz para una pérdida mínima por disipación.

Teniendo en cuenta todos los elementos que componen esta caldera se procede a estimar sus mediciones, para ello se cuenta con una tabla facilitada por la empresa en la que se presentan en consecuencia con la potencia que vayan a suministrar.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO "SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"

Resultado y propuesta de mejora



Tabla 5: Tabla de dimensionamiento de la caldera según la potencia. Fuente: HERZ.

BioFire	500	600	800	1000	1250*	1500*
Rango de potencia (kW)	150-500	180-600	240-800	300-1000	375-1250	450-1500
Dimensiones (mm)						
A1 Longitud - En total	4485	4975	4975	5280	5280	5280
C6 Altura	1977	1977	1977	2177	2470	2470
B4 Anchura - En total	2485	2485	2485	2485	2870	2862
B6 Anchura - Caldera	1735	1735	1735	1735	2120	2112
Datos técnicos						
Peso caldera	5331	5987	5987	7363	8500	8850

Se elige la BioFire 1.000, debido a que debe tener una capacidad aproximadamente de 855 kW y esta puede producir en un rango entre 300 y 1.000 kW. Por lo tanto, las dimensiones necesarias de la sala de calderas tendrán que ser suficientes para ubicar los siguientes valores.

Tabla 6: Dimensionamiento y peso de la caldera seleccionada. Fuente: elaboración propia.

BioFire 1.000	
Rango de potencia (kW)	300-1.000
Longitud (mm)	5.280
Altura (mm)	2.177
Anchura total (mm)	2.485
Anchura caldera (mm)	1.735
Peso caldera	7.363
Rendimiento	90%

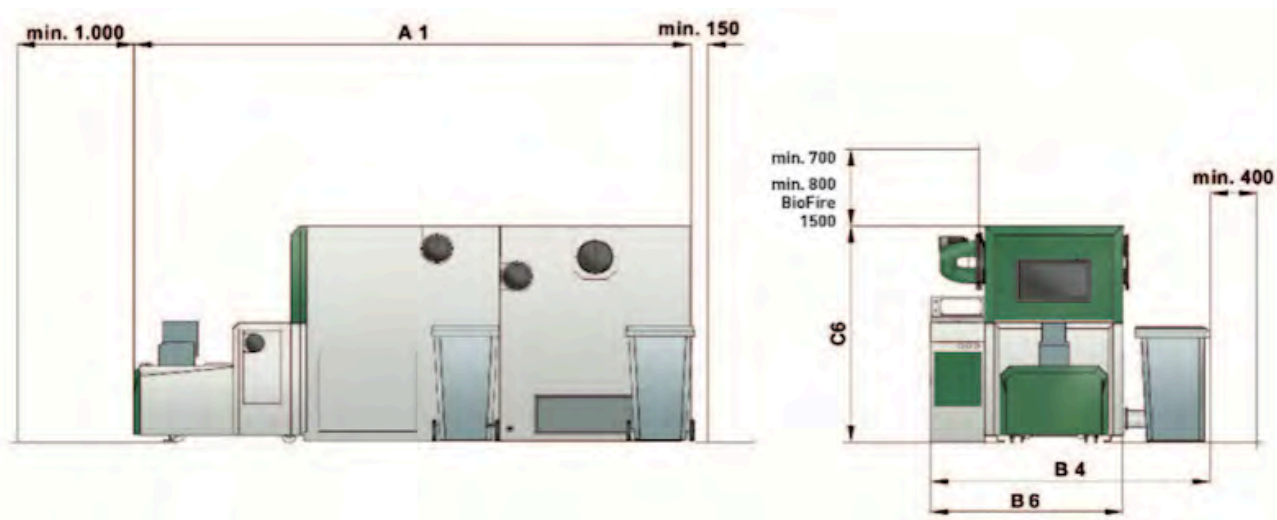


Ilustración 8: Imagen de la caldera de biomasa propuesta. Fuente: HERZ



2.3.1. Seguridad en la caldera de biomasa

La seguridad necesaria en una caldera de biomasa requiere los siguientes sistemas:

- Interruptor de flujo, capaz de detener la circulación del fluido en el interior de la caldera.
- Interruptor del sistema de combustión, capaz de detener la combustión cuando esta alcanza unas temperaturas superiores a las que se encuentra diseñada la caldera.
- Dispositivo de retroceso, sobre la llama de la caldera hacia el silo de almacenamiento.
- Válvula de seguridad, que se active cuando la presión se encuentre por encima de 1 bar de lo permitido.
- Vaso de expansión.

2.4. Combustible a utilizar

En los edificios, el combustible utilizado en biomasa puede comprender una gran variedad de tipos, desde astillas, pellets, serrín, corteza, residuos agroindustriales... en los últimos años la preferencia se ha inclinado hacia combustibles de granulometría mediana y pequeña homogénea, haciendo que sean las astillas y pellets los beneficiados en este aspecto.

En la caldera elegida los posibles combustibles capaces de promover su funcionamiento son:

- Pellets normalizados.
- Astilla normalizada.

En la siguiente tabla se resumen los precios de estos dos posibles combustibles junto con los convencionales para poder tomar una decisión sobre cual es más apropiado para nuestras características, y a la vez comprobar el ahorro que supone el cambio a una energía renovable.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**

Resultado y propuesta de mejora



Tabla 7: Precios de los combustibles utilizados en biomasa. Fuente: IDAE

Combustible	Precio (€/t)	Precio (€/kWh)
Astilla	89,52 (€/t)	0,026
Pellet	182,76 (€/t)	0,0535
Gas natural	-	0,059
Propano	57,35 (€/bombona)	0,1308
Gasoleo	0,605 (€/l)	0,0605

Los datos anteriores se extraen de informes del Instituto para la diversificación y ahorro de energía del año 2.016, que irán acompañados de la siguiente grafica.

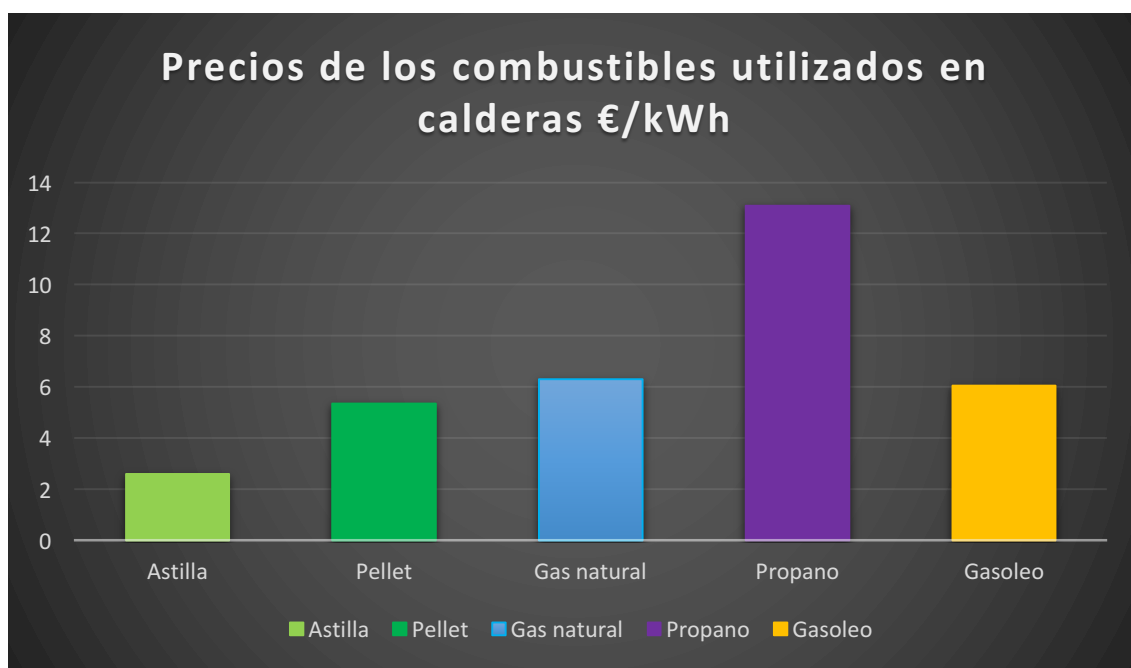


Gráfico 1: Precios de los combustibles utilizados en calderas. Fuente: elaboración propia.

Con los combustibles anteriores se calcula la cantidad de combustible necesaria para abastecer las necesidades del centro y de esta forma decidir cual es el más oportuno para la instalación. Se hace mediante la siguiente formula:



$$\text{Cantidad combustible} = \frac{\text{Potencia total anual (KWh)}}{\text{PCI} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{Kg}} \right)} = \text{Kg}$$

Para una *Potencia total anual* se aproximan 168.000 kWh.

Tabla 8: Cantidades referentes de los combustibles. Fuente: elaboración propia.

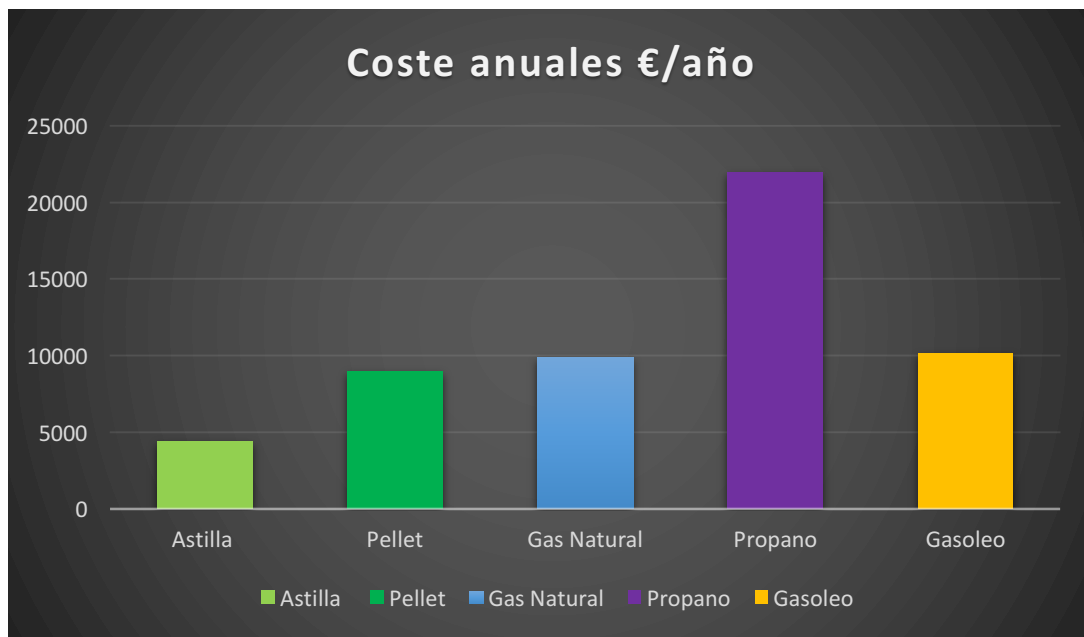
Combustible	PCI (KWh/kg)	Cantidad (kg)	Cantidad (t)	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Astilla	4,19	40.095,46	40,09	275,5	145,53
Pellet	4,57	36.761,48	36,76	635	57,89
Gas Natural	12,77	13.155,83	13,15	423	17.706,36
Propano	12,83	13.094,31	13,09	508	6.514,58
Gasoleo	11,80	14.237,28	14,23	832	16,84

Además, se calculan los precios totales que supone la implantación de cada una de estas.
Se hará según la formula siguiente:

$$\text{Coste anual} = \text{Precio} \left(\frac{\text{euros}}{\text{KWh}} \right) * \text{PCI} \left(\frac{\text{KWh}}{\text{Kg}} \right) * \text{Cantidad (Kg)} = \text{€/año}$$

Tabla 9: Costes anuales de los combustibles. Fuente: elaboración propia.

Combustible	Coste anual (€/año)
Astilla	4.367,99
Pellet	8.987,99
Gas Natural	9.911,99
Propano	21.974,39
Gasoleo	10.163,99



Gráfica 2: Costes anuales de los combustibles. Fuente: elaboración propia.

Como la instalación será una caldera de biomasa los combustibles posibles se reducen a pellets y astillas. Para tomar la decisión de por cual de los dos se optará se muestra la siguiente tabla con todos los datos más relevantes calculados anteriormente.

Tabla 10: Datos relevantes de los combustibles utilizados para biomasa. Fuente: elaboración propia.

Combustible	Cantidad (t)	Volumen (m ³)	Coste anual (€)	PCI (KWh/kg)
Astilla	40,09	145,53	4.367,99	4,19
Pellet	36,76	57,89	8.987,99	4,57

Comparativamente se muestra como cada una de las opciones muestra diferentes ventajas sobre la otra, mientras la astilla presenta una necesidad de un volumen mayor a su vez representa un coste menor anualmente, ocurre lo contrario con los pellets.

Los pellets que mantienen un elevado poder calorífico presentan la ventaja de que producen una cantidad pequeña de cenizas que reduce el mantenimiento y las necesidades de operación, lo que las convierte en calderas de muy alta eficiencia, que provoca un precio más elevado en el coste del combustible.

Este necesita un lugar de almacenamiento que se encuentre aislado y seco para no perder la calidad de la materia y no necesitar un posterior secado o tratamiento por culpa de un fallo en este.



En el plano anterior se representa la colocación del silo de almacenamiento, cumpliendo las exigencias requeridas y con unas dimensiones correspondientes a 60 m³ aproximadamente, debido a que la altura de este es de 3 metros.

2.5. Sistema de almacenamiento

El almacenamiento de la biomasa debe hacerse en un lugar exclusivamente dedicado a ello, cercano a la caldera aunque no es necesario que se encuentre en el mismo habitáculo.

A la hora de tomar una decisión sobre el sistema de almacenamiento tenemos que valorar varios factores como, las características de los sistemas de distribución y suministro de biomasa, necesidad anual de biomasa, espacio disponible para caldera y almacén, etc.

El tipo de transporte que traslada el material viene condicionado por el recipiente donde se vaya a introducir, ya que mientras los silos sobre el terreno necesitan de un vehículo capacitado para lanzar el combustible, los subterráneos lo pueden realizar con cualquier vehículo o volquete. En el proyecto actual el silo de almacenamiento planteado será sobre el terreno, colocado contiguo a la sala de calderas, siendo necesario el uso de camiones para realizar el suministro.



Ilustración 9: Sistemas de almacenamiento dentro del edificio, fuera del edificio y cercano al edificio. Fuente: IDAE



Ilustración 10: Silo de lona y alimentación a caldera. Fuente: IDAE



Ilustración 11: Interior de un silo de almacenamiento. Fuente: IDAE



2.5.1. Dimensionamiento del silo de almacenamiento

Se procede a seguir los pasos necesarios para dimensionar un silo de almacenamiento, consistiendo estos en el cálculo del consumo máximo de la instalación, el cálculo del silo y el cálculo de la autonomía del silo.

Cálculo del consumo máximo de la instalación

- Cálculo de la potencia de consumo

$$P_c = \frac{P_n}{R}$$

$$P_c = \frac{1000}{0,9}$$

$$P_c = 1111,1 \text{ kW}$$

- P_c : potencia de consumo expresada en kilovatios.
- P_n : potencia neta de las calderas expresada en kilovatios.
- R : rendimiento de las calderas.

- Cálculo de la energía consumida

$$E_c = P_c * H_f$$

$$E_c = 1111,1 * 7$$

$$E_c = 7777,7 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

- E_c : energía consumida expresada en kilovatios hora por día.
- H_f : horas de funcionamiento expresadas en horas por día.



- Cálculo de la biomasa consumida

$$Bc = \frac{Ec}{PCI}$$

$$Bc = \frac{7777,7}{4,57}$$

$$Bc = 1701,9 \frac{Kg}{día}$$

- o Bc: biomasa consumida en kilogramos por día.
- o PCI: poder calorífico inferior de la biomasa utilizada expresado en kilovatios hora por kilogramo.

Expresado este en volumen, considerando una densidad aparente del pellet de 635 kg/m³.

$$Bc = \frac{1701,9}{635}$$

$$Bc = 2,68 \frac{m^3}{día}$$

Cálculo del silo

El silo que se considera construir tendrá las siguientes medidas.

$$V = L * An * Al$$

$$V = 4,3 * 4 * 3$$

$$V = 60,2 m^3$$

- o L: largo del silo de almacenamiento.
- o An: ancho del silo de almacenamiento.
- o Al: altura del silo de almacenamiento.



Cálculo de la autonomía del silo

Con la que determinar la frecuencia de carga en periodos de máxima exigencia que se necesitara.

$$A = \frac{V}{Bc}$$

$$A = \frac{60}{2,68}$$

$$A = 22,38 \text{ días}$$

2.5.2. Seguridad en el silo de almacenamiento

El silo de almacenamiento debe estar diseñado sobre unas normas que se describen a continuación:

- Una sala en la que se encuentre una ausencia de humedad sobre las paredes, suelo y techo, que llegarán a estar impermeabilizadas en caso necesario.
- No podrán contener dentro del silo instalaciones eléctricas, evitando así la aparición de chispas.
- Debe de poseer un vaciado del sistema de almacenamiento el cual se pueda usar en caso de tener que realizarse trabajos de mantenimiento, de reparación o en situaciones de riesgo de incendio.
- Entre el silo de almacenamiento y la caldera habrá una distancia de 0,7 metros y entre el generador de calor y el almacenamiento una pared resistente al fuego.
- Las paredes y puertas del silo de almacenamiento deben aguantar la presión del biocombustible que se encuentra en su interior.
- El tornillo sinfín debe ser limpiado y engrasado al menos una vez al año.



2.6. Sistemas de carga del silo de biomasa

Debido a las dimensiones del silo de almacenamiento la distribución del pellet solo es posible a granel, alimentando directamente al silo a través del camión cisterna equipado con sistema neumático que contiene el combustible. El colegio presenta un recorrido habilitado para la entrada de camiones hasta la llegada del silo de almacenamiento, por lo que no supone ningún problema el llenado con este tipo de sistema.

Se considera uno de los métodos más cómodos y limpios ya que se realiza por un tubo flexible, el cual puede llegar a obtener una longitud de hasta 40 metros entre las toberas del camión cisterna y las del silo de almacenamiento. Con una bascula que el camión detenta se realiza el suministro exacto.

El camión va acompañado de dos mangueras que se conectan a las toberas del silo. La primera es la de llenado, con la que se va cargando el silo de los pellets que más adelante servirán para el calefactado del edificio. Y la otra de succión, que absorbe los finos que se van introduciendo en el silo, lo hace formando una depresión para evitar que se cree una sobrepresión en el silo, esta última dispone de un filtro antipolvo para estos finos. Cuanto más cerca se encuentre el camión del silo de almacenamiento menos cantidad de finos se introducirán en él.

2.6.1. Seguridad en la carga del silo de biomasa

Se deben cumplir unos requisitos a la hora de estar haciéndose la descarga, siendo estos los que se exponen a continuación:

- La caldera debe de estar apagada durante el llenado del silo para impedir cualquier peligro establecido por el retroceso del fuego, por la depresión provocada en el silo por un reflujo de la llama de la caldera hacia el almacén.
- Se debe aspirar el aire que se encuentra en el interior del silo para evitar sobrepresiones y permitir la aspiración del polvo impulsado durante la operación de llenado.
- Limitar la presión del suministro para prevenir el daño del silo y la desintegración de los pellets durante la carga.
- La pared que sufre el impacto en el suministro debe de estar protegida por un sistema contra la abrasión para evitar tanto la protección del silo como la desintegración del pellet en el suministro.
- Contar con un sistema antirretorno que permanezca cerrado durante el suministro de combustible.



2.7. Sistema de alimentación de combustible del silo a las calderas

El transporte que se hace desde el silo de almacenamiento hasta la caldera se realiza a través de unos sistemas que tienen como deber limitar la granulometría máxima del biocombustible que se ha de mover, su densidad y el caudal, para fijar un diseño e impedir bloqueos o incidencias, estos sistemas pueden ser manualmente, por un tornillo sinfín o neumático.

El primero de los sistemas se descarta por ser para calderas pequeñas y no servirnos, este es el sistema manual. El sistema neumático se desecha por ser útil en casos en los que el silo de almacenamiento se encuentra alejado hasta 15 metros de la caldera, y no se da en esta situación. Por lo tanto el sistema elegido se trata de un tornillo sinfín.

Los tornillos sinfín transportan el combustible hasta el depósito que alimenta la caldera. En este la biomasa se desliza por las paredes hasta el canal. Pueden presentar problemas debidos a bloqueos por trozos de biocombustible cuando el tornillo está en el interior del tubo. El límite de la granulometría es definido por el diámetro, el paso y eje del tornillo sinfín, junto con la distancia entre el diámetro exterior y el interior del tubo.



Ilustración 12: Unión entre una caldera y un tornillo sinfín. Fuente: IDAE



2.8. Mantenimiento de la instalación

- Retirada de cenizas

Las cenizas provocadas por la combustión de la biomasa, se depositan automáticamente por medios de tornillos sinfín en un contenedor, de donde se las debe extraer para evitar su acumulación. La calidad del combustible condiciona la cantidad de cenizas que se producen, de manera que cuanto mejor es, menos se crean y por lo tanto es necesario menos trabajo de mantenimiento.

- Programa de gestión energética

Se realiza un análisis periódico en la que se evalúa el rendimiento de los generadores de calor, este consiste en la medición de la temperatura y presión del fluido portador en entrada y salida del generador de calor, temperatura ambiente de la sala de máquinas, temperatura de los gases de combustión, contenido en CO y CO₂ de los productos de combustión, índice de opacidad de humos en combustibles sólidos y de contenido de partículas sólidas en combustibles sólidos y tiro en caja de humos de la caldera.

- Inspecciones periódicas y pruebas de eficiencia energética

Dentro de los elementos en el generador de calor se comprobará que el rendimiento se encuentra en condiciones similares a la puesta en servicio, al igual que todas las operaciones que vienen descritas en el manual. En el caso que la instalación se trate de una energía renovable como es el caso de la biomasa, no será necesario la instalación de energía solar reglamentaria.

Al transcurrir quince años de su instalación se tendrá que pasar una revisión completa. En cuanto a las inspecciones de eficiencia energética serán cada cuatro años.

Las pruebas que se realizan sobre la instalación son: comprobación del funcionamiento de la instalación en condiciones de régimen, comprobación de la eficiencia energética de los equipos en generación de calor en las condiciones de trabajo, comprobación de las temperaturas y los saltos térmicos de todos los circuitos de generación, distribución y las unidades terminales en condiciones de régimen, y comprobación que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes previstos.



3. Conclusión de la instalación elegida

El colegio que solo necesita ser dotado de un sistema de calefacción debido a la ausencia de agua caliente sanitaria que presenta, se establece que la mejor alternativa para cubrir este proceso es la instalación de una caldera de biomasa en sustitución de las dos de gas natural que se dedican a realizar este trabajo.

Esta nueva caldera de combustible renovable, cumple con la mejora energética que se propone como argumento principal a la hora de llevarse a cabo un cambio, y será suficiente para cubrir por sí misma la capacidad que presenta el colegio en su totalidad.

Será su instalación en la sala de calderas actual situada en el sótano junto con sus componentes, y encontrándose el silo de almacenamiento en el exterior pero contiguo a la sala, sin estar separados por una larga distancia, que fácilmente se comunica por medio de un tornillo sinfín.

En el esquema siguiente se muestra en que consiste la instalación. Formada por una caldera en la que por medio de una resistencia eléctrica hará que el combustible procedente del silo de almacenamiento y transportado a través de un tornillo sinfín arda, y que su combustión provoque una cantidad de cenizas que se depositan en un contenedor.

La caldera cuenta con las correspondientes válvulas de seguridad para que en caso de una subida de presión o fallo en el proceso puedan cortar el suministro y no ocasionar problemas. Por medio de la bomba de impulsión llegarán a los radiadores y calefactarán los habitáculos, provocando una temperatura de confort en el edificio.

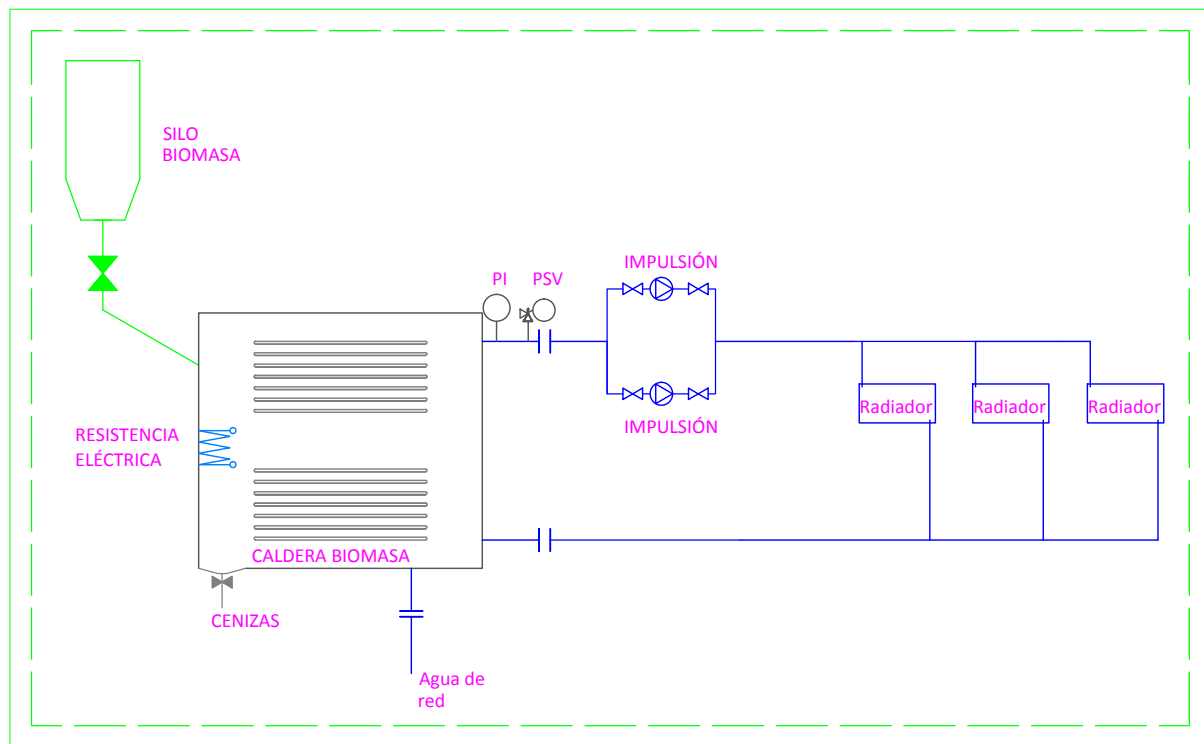


Ilustración 13: Esquema de principio de funcionamiento de la caldera de biomasa. Fuente: elaboración propia.



4. Modificación de la instalación de calefacción de sistema monotubular a bitubular

En el edificio se encuentra actualmente un sistema de calefacción constituyente a una instalación monotubo, la cual era popular en la década de los 80. En este se presenta el problema de que toda la potencia que la caldera crea y envía a los radiadores deben pasarse obligatoriamente por el primer radiador.

El resultado de este sistema conlleva a mayores pérdidas de carga, que producen que la bomba de la caldera trabaje en condiciones más severas, a lo que se añade que esta se encuentra a temperaturas que presentan rangos muy diferentes debido a la diferencia de ida y de retorno, no solo desgastando a la bomba, sino que también lo hace al diferencial térmico.

Debido a esto, la consecuencia que presenta es una lentitud para calentar y que las estancias más alejadas de la caldera tardan más en adquirir la temperatura deseada.

A todo esto se le añade el problema de que el principal cambio que vamos a realizar es el cambio de caldera, y estas presentan la dificultad de que al ser modulantes, empiezan a funcionar y reducen la potencia de entrega al circuito cuando consideran que han alcanzado la temperatura adecuada pudiendo llegar a parar el funcionamiento cuando el calor no ha llegado a los radiadores más alejados.

Por lo tanto, se propone el cambio a un sistema bitubular, que al tratarse de un sistema más equilibrado resuelve los problemas que aparecían con el monotubular.

Este al contar con un retorno independiente en cada radiador dirigido al colector general, hace que el agua circule con mayor rapidez hacia la caldera, para que esta vuelva a calentarla y a través de la bomba se reenvíe al circuito nuevamente.

Es más rápido y sencillo cuando se deban realizar ajustes hidráulicos, la bomba trabaja con una pérdida de carga inferior y la temperatura de confort se alcanza con mayor rapidez. La modulación que presenta la futura caldera se aprovecha más y con mayor rendimiento al conseguir una estabilidad en la temperatura de los radiadores y estancias de la vivienda. Se aprovecha la energía consumida debido a la llave de reglaje que posee, aportando confort a la vivienda.



4.1. Características de un sistema bitubular

Este modelo apareció con el fin de sustituir a las llaves monotubo, en las que solo un 50% del caudal que llega a la llave entra en el radiador y el resto sigue por el anillo sobre la tubería de ida manteniendo el recorrido, por las llaves bitubo en las que el 100% del caudal que les llega se introduce en el radiador.

La llave y detentor que posee la instalación debe de estar conectada correctamente una a la tubería de ida y la otra a la de retorno. Las tuberías que se utilizan son empotradas en el suelo, unidas por colectores que reciben el agua de la caldera y por los circuitos de los que se disponga, la conduce a través de la tubería a cada una de las llaves, el otro colector recibe el agua de retorno de cada una de estas para dirigirlo de nuevo a la caldera.

La llaves de este sistema viene junto a una sonda, encargada de que esta funcione correctamente.

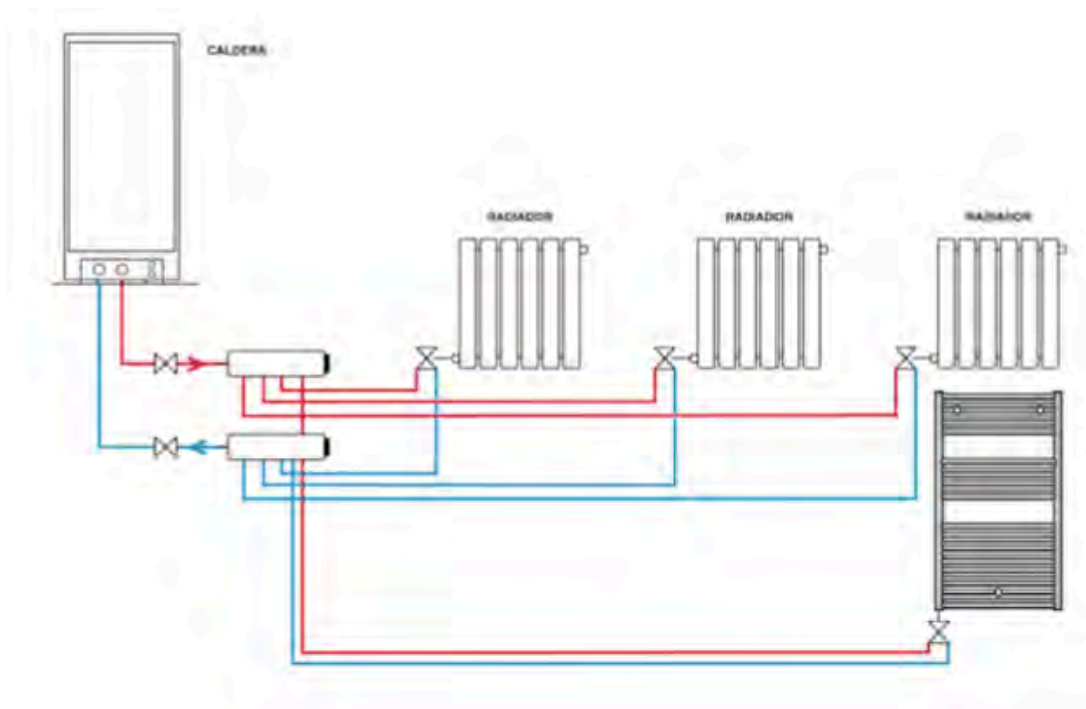


Ilustración 14: Instalación de un sistema bitubo de calefacción. Fuente: Salvador Escoda.



4.2. Materiales necesarios para una instalación bitubular

Los materiales con los que debemos de contar para empezar el cambio de la instalación son una caldera y los radiadores, a partir de estos serán necesarios los siguientes elementos en cada radiador:

- 1 llave de entrada de agua al radiador.
- 1 llave detentor de salida de agua al radiador.
- 2 adaptadores para conectar el tubo a la llaves.
- 1 purgador, pudiéndose ser este manual o automático.
- 4 tapones reductores.
- 2 soportes.
- 4 juntas para tapones.
- Tuberías.

Para la elección de colectores se decide entre los modelos de la siguiente imagen.



Ilustración 15: Diferentes modelos de colectores para una instalación bitubular. Fuente: Salvador Escoda.

En la siguiente imagen observamos los accesorios que componen la instalación, denominados, soportes, purgador de aire manual y tapones.



Ilustración 16: accesorios que componen la instalación. Fuente: Salvador Escoda.



5. Mejoras en el sistema de iluminación

5.1. Sistemas de alumbrado

Los diferentes sistemas de alumbrado recomendados para un centro docente se dividen en:

- Alumbrado general, para aquellos espacios en los que no se precisan necesidades particulares de ciertos puntos determinados. Para estos lugares las luminarias son de tipo empotrar, adosar, suspender, etc. Y son usados para vestíbulos, pasillos, escaleras, comedor, aseos y almacenes.
- Alumbrado localizado, para aquellos espacios que si que necesitan iluminación en puntos concretos, es decir, para zonas donde sea necesario reforzar la zona de exposición y mejorar la captación de imágenes del observador. Y aquellos lugares corresponden a aulas, laboratorios, talleres y bibliotecas.
- Alumbrado directo, aquel que localiza de un 90 al 100% de luz en un plano de trabajo.
- Alumbrado indirecto, no localiza más de un 10% de luz en un plano de trabajo. Garantizan una mejora en el confort visual, que viene dada por la reducción de posibilidades de deslumbramiento directo.

5.2. Tipos de lámparas recomendadas

Las luminarias que se recomiendan para un centro son las siguientes:

- Fluorescentes tubulares lineales (T8) de 26 mm de diámetro.
- Fluorescentes tubulares lineales (T5) de 16 mm de diámetro.
- Fluorescentes compactas con equipo incorporado (lámparas de bajo consumo).
- Fluorescentes compactos (TC).
- Fluorescentes compactos de tubo largo (TC-L).
- Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM).
- Luminarias LED.



Fluorescente (T8)



Fluorescente (T5)

Ilustración 17: Fluorescentes tubulares lineales. Fuente IDAE



Fluorescente compacto (TC)



Fluorescente compacto
de tubo largo (TC-L)



Fluorescente compacto
con equipo incorporado

Ilustración 18: Fluorescente compacto, compacto de tubo largo y compacto con equipo incorporado. Fuente: IDAE



Halogenuros metálicos (HM)

Ilustración 19: Halogenuros metálicos. Fuente: IDAE.



Ilustración 20: Luminarias led.

Para seleccionar adecuadamente la lámpara debemos asegurarnos de que cumplan los parámetros de tono de luz o temperatura de color (K) e índice de reproducción cromática (Ra). Seleccionar la más eficiente, que será la que posea un valor más alto de lúmenes por vatio. Y por último se elegirá de aquellas que hayan cumplido las características anteriores, la que más vida media tenga medida en horas.

Para las aulas y zonas de utilización general, la recomendación es el uso de fluorescentes y lámparas fluorescentes compactas, debido a su eficiencia y rendimiento de color. Y a día de hoy la apuesta es por luminarias de tecnología LED, debido a la multitud de ventajas que presentan.

5.3. Lámpara LED - la nueva tecnología en iluminación

Su intensidad lumínica se produce con el conjunto de Leds que lo forman, ya que uno individualmente no es capaz de suministrar gran cantidad de luz al ambiente, pero poseen la propiedad de consumir poca potencia y toda la que consumen convertirla en luz.

Un led trabaja en corriente continua por ser un diodo que emite luz, por lo que es necesario un circuito que convierta la corriente alterna de los hogares en continua, para que estos funcionen. Esto supone una inversión inicial mayor con la compra de los leds pero a su vez se consigue una vida útil más larga y eficiente en términos de potencia consumida.



La intensidad lumínica que produce se mide en lúmenes, en las lámparas led solo el 30% se desperdicia en calor, siendo el 70% restante lo que se convierte en luz. Son lámparas de gran sostenibilidad ecológica y saludables para el medio ambiente, lo que las convierte en más caras. A continuación se muestra una tabla con la eficiencia con la que cuentan.

Tabla 11: Potencia que consumen los diferentes tipos de luminarias para una misma intensidad lumínica. Fuente: Electroontols

Incandescente	Halógena	Fluorescente (bajo consumo)	Led
20 W	25 W	8 W	3 W
60 W	50 W	20 W	8 W
75 W	60 W	24 W	12 W

Se clasifican en tres tipos de temperaturas, dependiendo de la sensación cálida o fría que suministra, lo que depende de la frecuencia de cada emisor de luz. Se denominan frío, puro y cálido con 5.800, 4.500 y 3.000 KHZ respectivamente, y son ideales para diferentes usos como espacios abiertos, zonas internas donde no representen molestia visual y zonas de descanso.

5.4. Ventajas de utilizar lámparas de LED

A continuación se especifican algunas de las ventajas que posee esta tecnología:

- Muy bajo consumo debido a su elevada y creciente eficacia luminosa con modelos cercanos a los 120 lm/W.
- Vida útil mucho mayor que el resto de tecnologías, con garantías de más de 50.000 horas de vida útil.
- Debido a que son fuentes puntuales, su luz es fácilmente dirigible con ópticas a medida, lo que da una gran eficiencia del conjunto lámpara-luminaria.
- Tienen dimensiones reducidas y pueden sustituir a cualquier tipo de lámpara incandescente, halógena, o fluorescente de forma directa.
- Sus pequeñas dimensiones posibilitan el modelado de dibujos y rótulos, así como la iluminación de lugares con geometrías complejas.



- Posibilidad de programación de efectos luminosos por encendido y reencendido absolutamente instantáneos, y completamente regulables.
- Permiten la iluminación con colores variados sin necesidad de filtros.
- Niveles de IRC excelentes con temperaturas de color en todo el rango de blancos.
- Como no emiten en el infrarrojo, no se pierde energía en forma de calor.
- No presentan prácticamente consumo de reactiva.
- Como funcionan en corriente continua, necesitan un equipo auxiliar de adaptación de la corriente alterna.
- Su precio todavía es caro en comparación con las lámparas a las que sustituyen.
- Envejecen rápidamente en luminarias no apropiadas que no permiten una correcta disipación del calor (el LED se calienta al funcionar) y en ambientes con temperaturas elevadas.

5.5. Estrategias para ahorrar energía

Existen diferentes estrategias a tener en cuenta a la hora de querer que se produzca un ahorro de energía.

- **Detección de movimiento**

Siendo esta la más eficaz de todas, tiene el objetivo de solamente mantener la luz encendida en el momento que se detecte la presencia de personas, y paso un cierto tiempo sobre el que esta presencia no sea captada, la luz se apaga automáticamente.

Al introducirse este método se aumenta el confort y se evitan los interruptores, haciéndose que se produzca un ahorro de energía del 30% - 40% aproximadamente produciéndose un porcentaje mayor cuanto más tráfico de personas transitan por el edificio, ya que la luz solo permanece encendida cuando es necesaria y hace que aumente la vida de los tubos.



Uno de los métodos más comunes es el de infrarrojos pasivos, con el que el área que capta el infrarrojo lo divide en sectores y en el momento que uno de estos presencia mayores temperaturas producido por el movimiento se enciende la luz. Tiene programado un tiempo de espera de aproximadamente de 15 minutos desde la última vez que el sector siente movimiento, lo que hace que después baje a una iluminación mínima y si sigue sin sentirlo pasado otro tiempo de unos cinco minutos se apague completamente. Como se muestra en la siguiente imagen.



Ilustración 21: Funcionamiento de la detección de movimiento. Fuente: fundación f2e.

Se muestra en la imagen el rango de captación de movimiento que los sectores detectan.

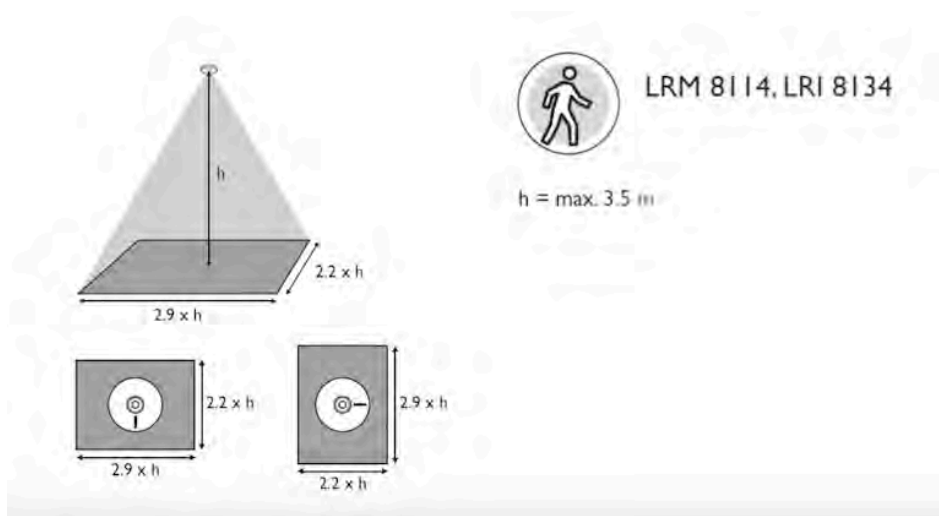


Ilustración 22: Rango de captación de movimiento. Fuente: fundación f2e.



- Regulación en función de la luz natural

Tiene la capacidad de regular automáticamente el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural. Los ahorros que producen van desde un 20 a un 70%, varían dependiendo de varios factores. Son necesarios en este caso los balastos regulables. El control no debe disminuir el confort de los usuarios.

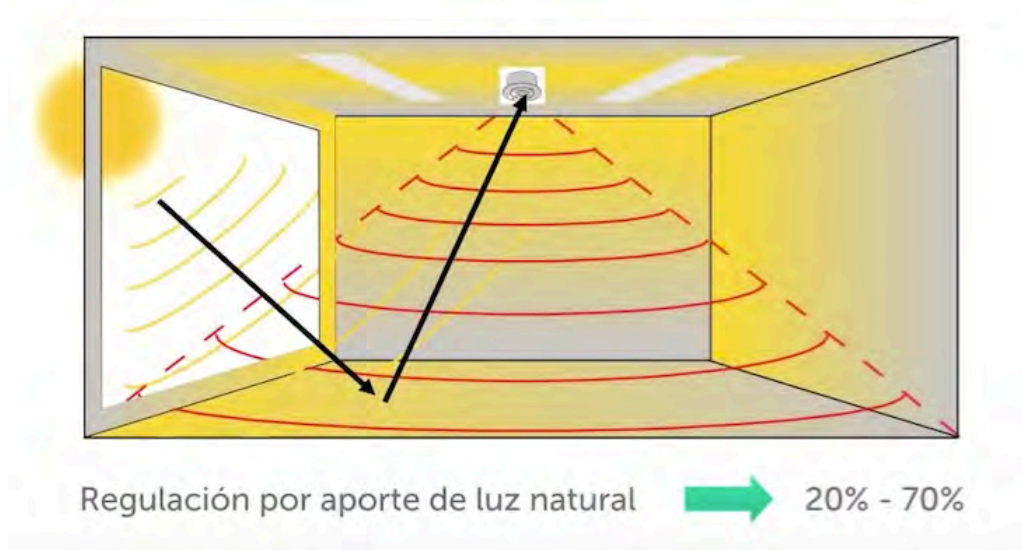


Ilustración 23: Regulación en función de la luz natural. Fuente: fundación f2e.

También sin la entrada de luz natural se puede regular, debido al factor de mantenimiento, que posee un coeficiente de 0,8. Esto significa que con el paso del tiempo se siga poseyendo la misma cantidad de luz y confort, debido a la corrección.

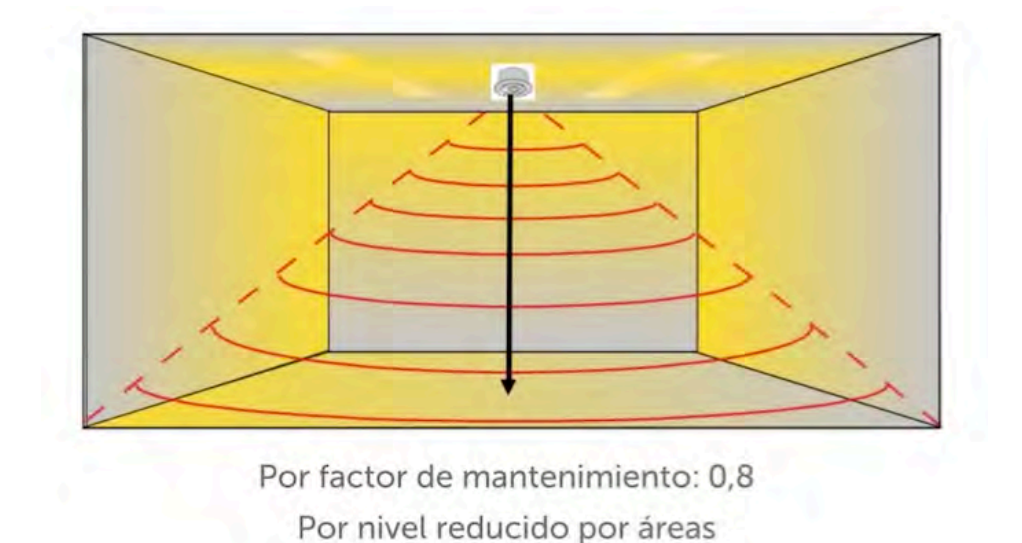


Ilustración 24: regulación por factor de mantenimiento. Fuente: fundación f2e.



- **Control manual inalámbrico**

Es el encargado de controlar el alumbrado por medio de mandos a distancia IR o RF, eliminando el cableado vertical y haciéndolo a través de un software. Con este sistema el ahorro se produce en el cableado inicial y en sucesivas reformas aunque no lo hace en la factura, cuenta con una flexibilidad total y da más confort a los usuarios.

- **Control horario**

Con este se evita la utilización del alumbrado en aquellas horas que no es necesario, regulando los niveles de iluminación. Se establece un horario de encendido y apagado, pudiendo programarse para días especiales.

5.6. Funciones avanzadas para sistemas de control en instalaciones interiores

- **Sistemas de control en red**

Se combinan los detectores de movimiento, los sensores de luz natural y el control horario, para crear modos de funcionamiento distintos para cada horario.

La tecnología avanza y con ella los sistemas de control remoto, los cuales pueden establecerse mediante un terminal telefónico, el ordenador y vía red TCP/IP, o control personal a través de los medios técnicos disponibles.

Aunque no ayuda a la reducción de la electricidad si lo hace a la hora de encontrar una mayor ordenación de la monitorización en tiempo real, esto consiste en el registro de horas de funcionamiento, con el que programar la fecha aproximada en la que se cambiarán las lámparas, y alarmas por fallos en estas.

- **Sistemas de control y regulación. Control autónomo**

Existe el protocolo DALI, con el que se controlan las luminarias digitalmente actuando sobre balastos electrónicos. Capaz de tratar a cada luminaria independientemente, con un uso particular y cualquier variación que quiera hacerse sobre ella.

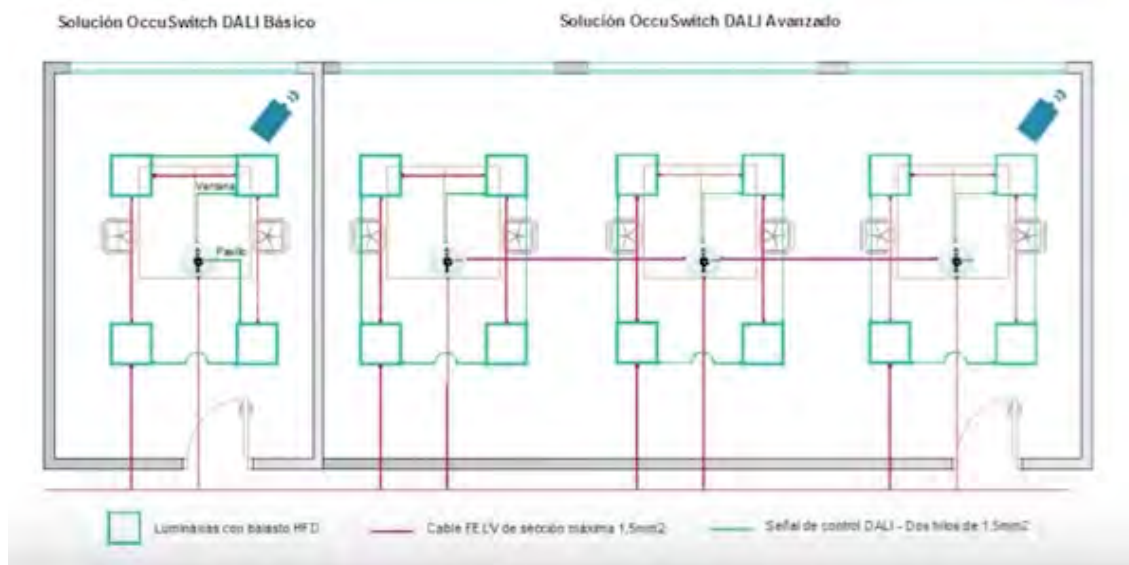


Ilustración 25: Ejemplo de protocolo DALI. Fuente: fundación f2e.

Las ventajas que presenta se resumen en el ahorro energético, el cumplimiento de la normativa actual y un incremento del 25% de la vida útil de las lámparas.

La inversión adicional supone más de un 25%, pero con ahorros del 55%, lo que provoca la recuperación de la inversión en un periodo de 2-3 años.

- **Componentes de los sistemas de control domóticos**

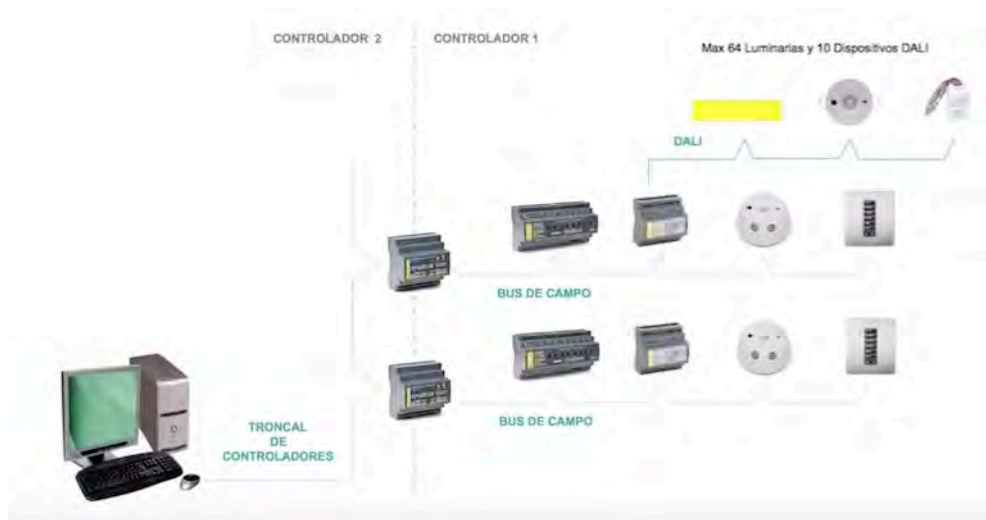


Ilustración 26: Componentes de los sistemas de controles domóticos. Fuente: fundación f2e.



Los equipos unidos entre sí permiten las funciones expuestas anteriormente.



Ilustración 27: Componentes de los sistemas de controles domóticos. Fuente: Fundación f2e.



ANEJO 8: Viabilidad económica de la alternativa elegida



Viabilidad económica de la alternativa elegida

1. Parámetros	3
2. Estudio de viabilidad del proyecto de inversión	7
2.1. Métodos de evaluación	7
2.1.1. Periodo de retorno (PR).....	7
2.1.2. Valor Actual Neto (VAN).....	10
2.1.2.1. Criterio de decisión	11
2.1.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)	11
2.1.3.1. Criterio de decisión	12
2.1.4. Relación Beneficio Costo (B/C).....	12
2.1.4.1. Criterios de decisión.....	13
2.1.5. Conclusiones de los parámetros de viabilidad	13
3. Comparativa de combustibles	14
3.1. Comparativa de gas natural y biomasa	14
3.2. Conclusiones sobre los combustibles	18



1. Parámetros

Los parámetros correspondientes para ejecutar la viabilidad del proyecto expuesto, son los relativos a la caldera de biomasa y la demanda actual en el sistema de calefacción.

Se requiere de presupuestos sobre los elementos que se pretenden instalar, por lo que se cuenta con la fiabilidad de empresas dedicadas a este sector.

En la siguiente tabla, se describen los criterios correspondientes a la caldera de biomasa que se pretende alojar.

Tabla 1: Criterios relativos al calefactado. Fuente: elaboración propia.

Criterios	Cantidad	Unidades
Ratio calefactado	223,46	W/m ²
Superficie a calefactar	5.046,54	m ²
Potencia calorífica	855	KW
Potencia caldera biomasa	300-1.000	KW
Rendimiento caldera biomasa	90	%
Demanda energética anual	167.142	KWh/año
Horas anuales de la caldera	1.281	Horas/año
Horas diarias programadas	7	horas

Una vez que sabemos los criterios principales del calefactado necesario de la instalación se procede a exponer las propiedades de la caldera de biomasa con sus correspondientes precios.

Tabla 2: Propiedades caldera de biomasa. Fuente: elaboración propia

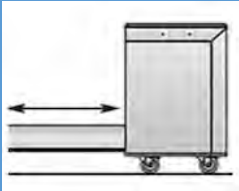
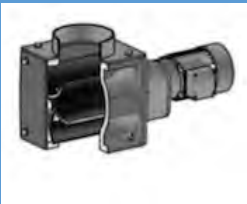
Propiedades caldera de biomasa			
HERZ BIOFIRE BIOCONTROL			
	HERZ BioFire 1000 BioControl	67.753	€



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**

Viabilidad económica de la alternativa elegida



	Doble ciclón de humos	7.153	€
ACCESORIOS			
	Dos depósitos de cenizas	1.008	€
	Alargo para depósito de cenizas: dos sinfines	690	€
	Válvula compuesta de seguridad anti incendios	3.250	€
	Válvula térmica de seguridad T.108ªC	98	€
	Montaje y cableado	4.402	€
	Dirección de montaje y cableado	3.500	€



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**

Viabilidad económica de la alternativa elegida



	Puesta en marcha y formación	970	€
	Segunda visita puesta en marcha	487	€
SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE SILO			
	Silo 4,3 x 4 x 3	4.050	€
	Acoplamiento silo metálico con extractor flexible	465	€
	Depósito doble de pellet con sistema de aspiración interna	3.352	€
BASE APOYO ANTI VIBRACIÓN			
	Base apoyo antivibraciones	296	€
	Aislamiento pasamuros	35	€
	Base apoyo para ciclón	72	€
ACCESORIOS CHIMENEA			
	Regulador de tiro	206	€



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"

Viabilidad económica de la alternativa elegida



	Conexión anti vibración	217	€
Total		98.004	€

A continuación se incluye la comparativa del combustible actual como el futuro.

Tabla 3: Comparativa de precios de combustible. Fuente: elaboración propia.

Combustible	Característica	Coste (€)
GAS NATURAL	Coste total gas natural anual	14.412,92 €
	Coste mantenimiento	120 €
BIOMASA	Coste del combustible anual	8.942,09 €
	Coste mantenimiento	120 €
Total gastos gas natural:		14.542,92 €
Total gastos biomasa:		9.062,09 €

Con los datos expresados anteriormente se presenta en la siguiente tabla un total de lo que supondrían la instalación total.

Tabla 4: Criterios económicos del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Criterios	Precio	Unidad
Caldera de biomasa completa	98.004	€
Gastos total combustible biomasa	9.062,09	€/año
Gastos total gas natural	14.532,92	€/año
INGRESOS/AHORROS	5.470,83	€/año



2. Estudio de viabilidad del proyecto de inversión

El estudio de viabilidad siguiente es la herramienta imprescindible a la hora de establecer criterios cuantitativos en la toma de decisiones sobre la aceptación o rechazo, en comparación con otros proyectos en relación a los costes de oportunidad existentes en el mercado, en el momento de la toma de decisión.

2.1. Métodos de evaluación

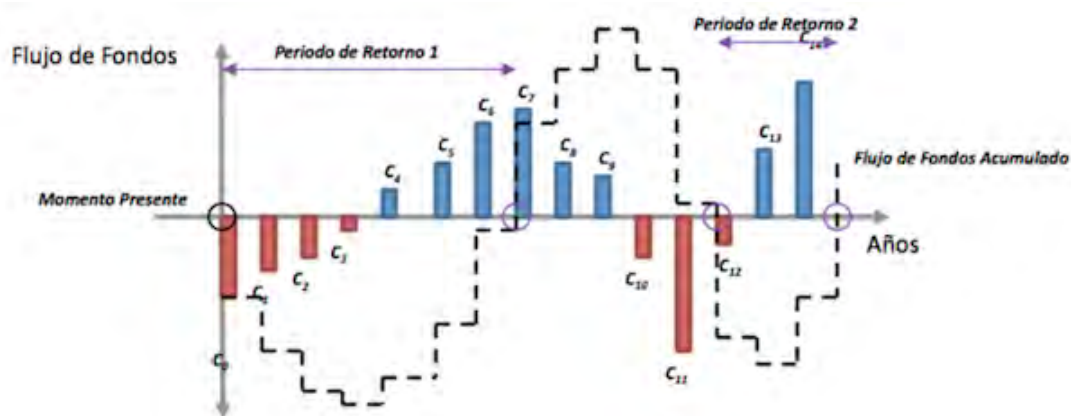
La siguiente evaluación financiera compara los beneficios que se producen en el proyecto, asociados a los fondos que provienen de los préstamos y su respectiva corriente anual de desembolsos de gastos de amortización e intereses, así como el coste del proyecto.

Se caracterizan por determinar las alternativas factible u óptimas de inversión utilizando los siguientes métodos:

- Métodos que no consideran el valor del dinero.
 - Periodo de retorno (PR).
- Métodos que consideran el valor del dinero.
 - Valor Actual Neto (VAN).
 - Tasa Interna de Retorno (TIR).
 - Relación Beneficio Costo (B/C).

2.1.1. Periodo de retorno (PR)

El proyecto presenta una sucesión de fondos C_i en el tiempo, obteniendo así un ciclo de fondos o Cash Flow como sumatorio de los fondos generador, representándose ese por una línea la cual al cortar con el eje de las abscisas, siendo este donde se equilibra los fondos negativos con los positivos, representa el punto de cambio de tendencia a generar ganancias y el momento en el que se ha recuperado la inversión, este punto es al que llamamos periodo de retorno o pay back.



Gráfica 1: Ejemplo de periodo de retorno. Fuente: apuntes Proyectos Mineros y Energéticos.

La siguiente tabla recoge los criterios económicos imprescindibles para realizar el proyecto, con los que calcular los parámetros necesarios para calcular el periodo de retorno.

Tabla 5: Criterios económicos del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Criterios	Precio	Unidad
Caldera de biomasa completa	98.004	€
Gastos total combustible biomasa	9.062,09	€/año
Gastos total gas natural	14.532,92	€/año
INGRESOS/AHORROS	5.470,83	€/año

Desembolso inicial = 98.004 €

Ingresos o ahorros anuales = 14.532,92 € (GN) – 9.062,097 € (BIOMASA) = 5.470,83 €/año

Con estos datos se pretende calcular el tiempo que se tardará en recuperar la inversión inicial mediante la siguiente fórmula:

$$Q_j = C_j - P_j$$

- Q_j : Flujo de caja para el periodo J.
- C_j : Cobros para el periodo J.
- P_j : Pagos para el periodo J.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**

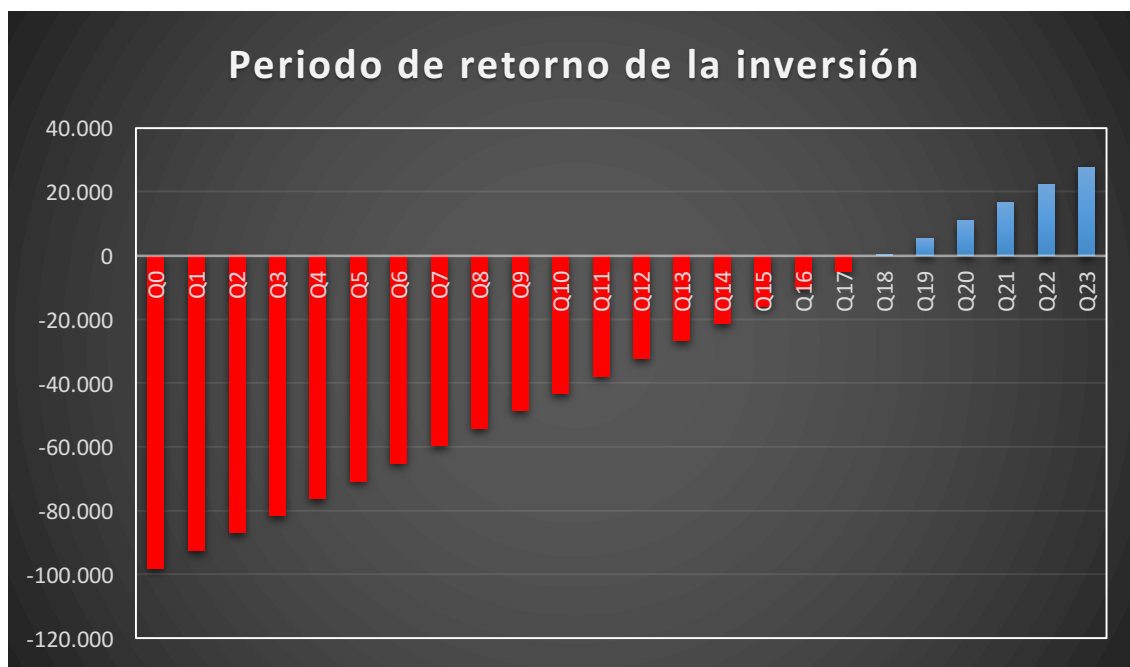
Viabilidad económica de la alternativa elegida



Tabla 6: Periodo de retorno. Fuente: elaboración propia.

Periodo	Gastos/Ingresos	Flujo de Caja
Desembolso	- 98.004 €	- 98.004 €
Q ₁	- 5.470,83 €	- 92.533,17 €
Q ₂	- 5.470,83 €	- 87.062,34 €
Q ₃	- 5.470,83 €	- 81.591,51 €
Q ₄	- 5.470,83 €	- 76.120,68 €
Q ₅	- 5.470,83 €	- 70.649,85 €
Q ₆	- 5.470,83 €	- 65.179,02 €
Q ₇	- 5.470,83 €	- 59.708,19 €
Q ₈	- 5.470,83 €	- 54.237,36 €
Q ₉	- 5.470,83 €	- 48.766,53 €
Q ₁₀	- 5.470,83 €	- 43.295,7 €
Q ₁₁	- 5.470,83 €	- 37.824,87 €
Q ₁₂	- 5.470,83 €	- 32.354,04 €
Q ₁₃	- 5.470,83 €	- 26.883,21 €
Q ₁₄	- 5.470,83 €	- 21.412,38 €
Q ₁₅	- 5.470,83 €	- 15.941,55 €
Q ₁₆	- 5.470,83 €	- 10.470,72 €
Q ₁₇	- 5.470,83 €	- 10.470,72 €
Q ₁₈	- 5.470,83 €	470,94 €
Q ₁₉	- 5.470,83 €	5.941,77 €
Q ₂₀	- 5.470,83 €	11.412,6 €
Q ₂₁	- 5.470,83 €	16.883,43 €
Q ₂₂	- 5.470,83 €	22.354,26 €
Q ₂₃	- 5.470,83 €	27.825,09 €

Se considera que el periodo se recupera respecto los gastos actuales en el número 16, y es a partir del año 18 en el que los valores son positivos. Como se puede apreciar en el siguiente gráfico.



Gráfica 2: Periodo de retorno de la inversión. Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Valor Actual Neto (VAN)

Este valor se encarga de medir la rentabilidad del proyecto en valores monetarios deducida la inversión, actualizando a una determinada tasa de descuento i los flujos futuros. Permite seleccionar la mejor alternativa de inversión entre grupos de alternativas mutuamente excluyentes.

Se realiza según la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{FCt}{(1+i)^t} - I_0$$

$$VAN = \left(\frac{FC1}{(1+i)^1} + \frac{FC2}{(1+i)^2} + \frac{FC3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FCn}{(1+i)^n} \right) - I_0$$



- I_0 : Inversión inicial en el momento cero de la evaluación.
- FC: Flujo de caja del proyecto (ingresos menos gastos).
- i : Tasa de descuento o costo de oportunidad del capital.
- t : Tiempo.
- n : Vida útil del proyecto.

2.1.2.1. Criterio de decisión

Este método al ser el encargado de darnos información sobre la toma de decisiones, se considera aceptable cuando el VAN es positivo y cuanto más alto sea ese valor será mejor el proyecto.

$$VAN = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{FCt}{(1+i)^t} - I_0 > 0 \text{ se acepta el proyecto.}$$

El mejor proyecto el que tenga $> VAN (+)$

2.1.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

El resultado expresa lo calculado sobre los saldos no recuperados en cada período, y muestra el porcentaje de rentabilidad promedio por periodo, es decir, aquella tasa que hace el VAN igual a cero.

Esta medida no se utiliza para decidir el mejor proyecto entre alternativas excluyentes, pero si es complementaria al VAN, y tienen una aplicación clara debido a ser una tasa efectiva en las decisiones de compra y venta de acciones en bolsa.

Se realiza según la siguiente fórmula:



$$\sum_{t=1}^{t=n} \frac{FCt}{(1+i)^t} - I0 = 0$$

$$\left(\frac{FC1}{(1+i)^1} + \frac{FC2}{(1+i)^2} + \frac{FC3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FCn}{(1+i)^n} \right) - I0 = 0$$

- I_0 = Inversión inicial en el momento cero de la evaluación.
- FC: Flujo de caja del proyecto (ingresos menos gastos).
- i: Tasa de descuento o costo de oportunidad del capital.
- n: Vida útil del proyecto.

2.1.3.1. Criterio de decisión

Este método al ser el encargado de darnos información sobre la toma de decisiones, se considera que si TIR es mayor que RMA, se suele estimar un 10% dependiendo del tipo de proyecto, se acepta el proyecto.

$$\sum_{t=1}^{t=n} \frac{FCt}{(1+i)^t} - I0 = 0 \rightarrow TIR > RMA, \text{ se acepta el proyecto}$$

2.1.4. Relación Beneficio Costo (B/C)

Esta relación junto con las ventajas de aceptar o no el proyecto de inversión, se utiliza como método complementario para el análisis de valor actual y valor anual.

Se realiza con la siguiente formula:

$$\frac{B}{C} = \frac{VA \text{ ingresos}}{VA \text{ costes}}$$



2.1.4.1. Criterios de decisión

Este método al ser el encargado de darnos información sobre la toma de decisiones, considera que si el resultado es mayor que 1 es aconsejable el proyecto, y en caso de ser menor que ese número no lo es.

$$\frac{B}{C} = \frac{VA \text{ ingresos}}{VA \text{ costes}}$$

> 1 *proyecto aconsejable.*
 < 1 *proyecto no aconsejable*

2.1.5. Conclusiones de los parámetros de viabilidad

Los parámetros de viabilidad que se definen anteriormente son el periodo de retorno, el valor actual neto y la tasa interna de retorno, de los cuales solo se calcula el primero de estos.

La causa por la que el VAN y el TIR no se calculan es porque se trata de un proyecto de ahorro, por lo tanto no son aplicables por la alta inversión que requiere.

Debido a esto, es el periodo de retorno el que ofrece las conclusiones, y lo que representa es que es a partir del año 18 cuando se recupera toda la inversión y se empiezan a obtener beneficios.



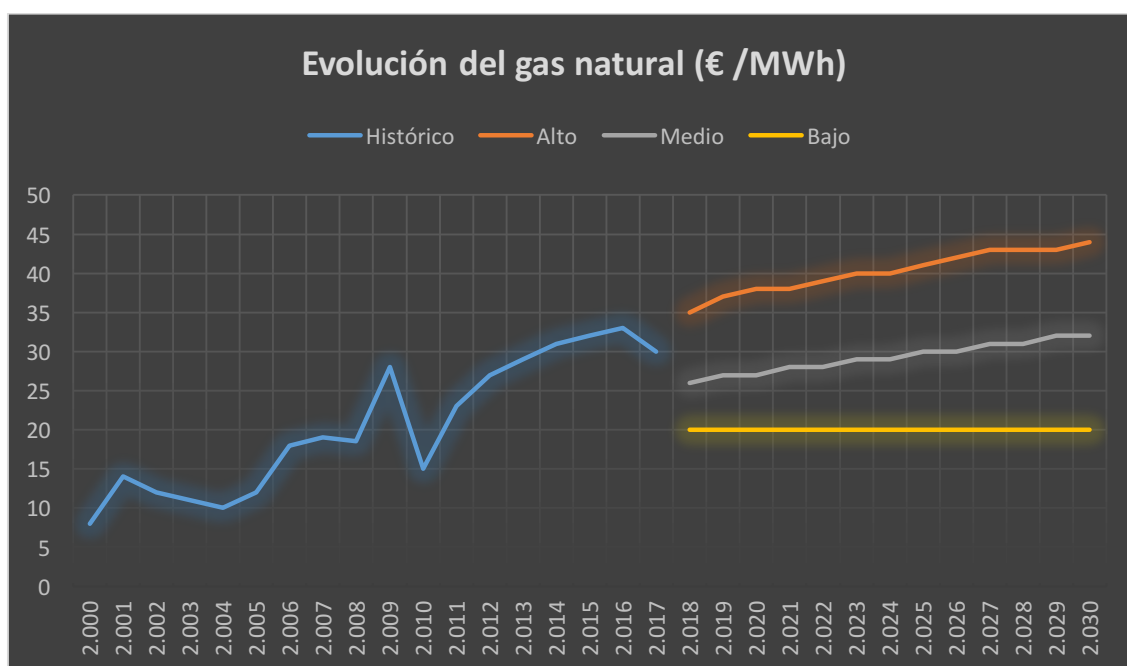
3. Comparativa de combustibles

Los resultados anteriores exponen que se trata de una inversión muy alta y la recuperación de esta será en un periodo largo de tiempo, por lo que comparando los combustibles, y observando como han ido evolucionando a lo largo de los años, se puede prever si será en este aspecto donde se encuentre algún otro tipo de ahorro.

3.1. Comparativa de gas natural y biomasa

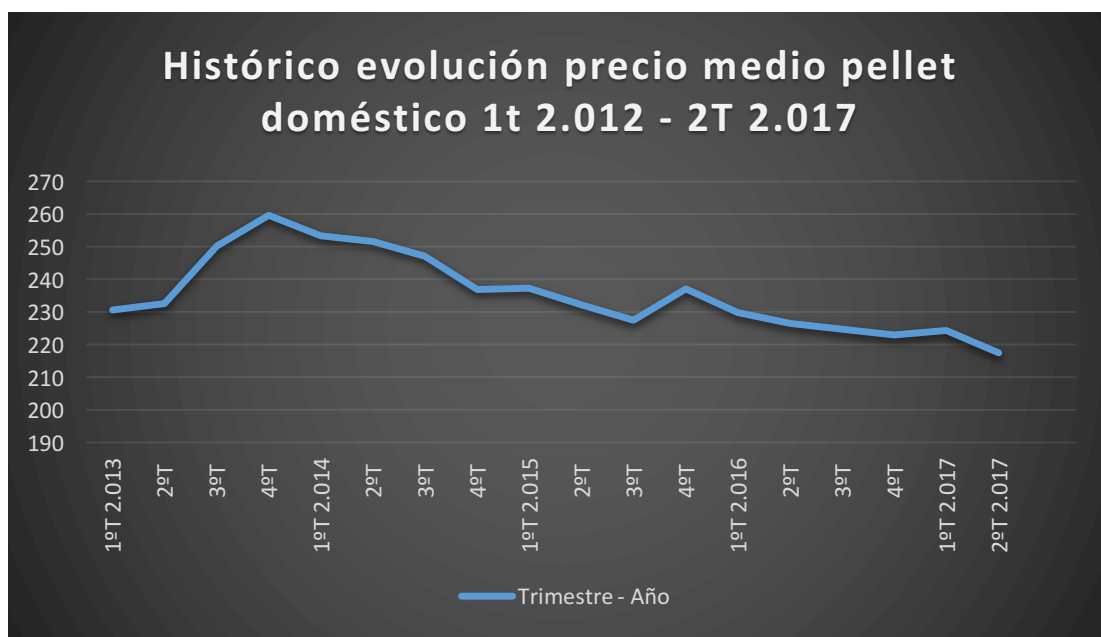
A continuación se exponen diferentes gráficas sobre el combustible de gas natural que se encuentra actualmente instalado en el centro y el futuro, es decir, la biomasa.

La siguiente gráfica representa la evolución que el precio del gas natural ha sufrido durante los últimos años y a partir del 2017, muestras los tres posibles caminos que puede recorrer, con precios altos, medios o bajos.



Gráfica 3: Evolución del precio del gas natural. Fuente: IDAE.

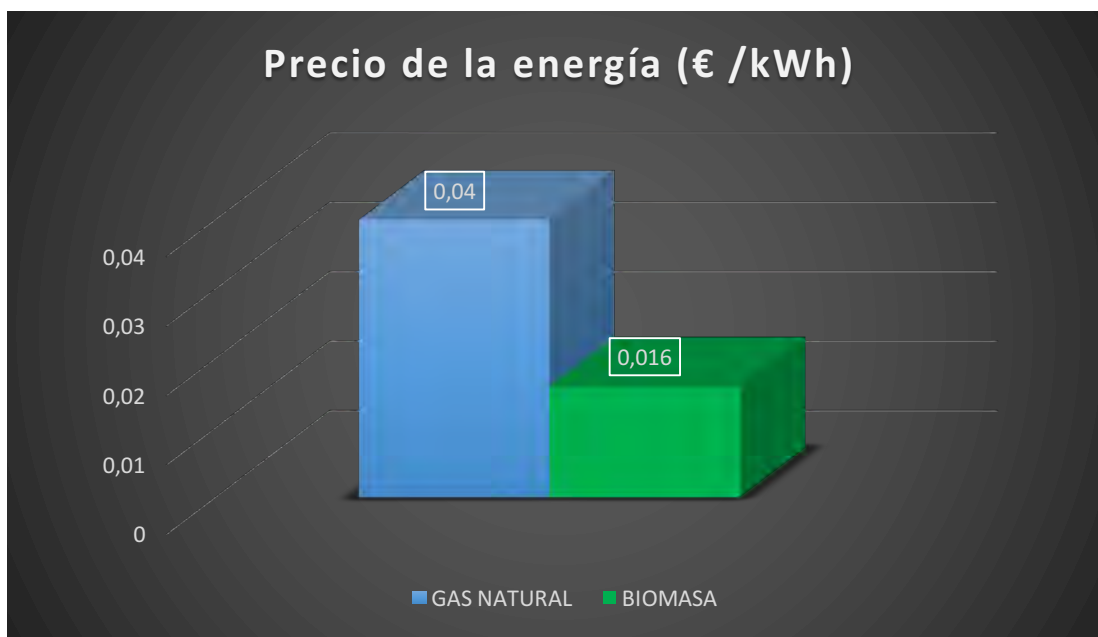
Una vez que conocemos los valores del gas natural, se desarrolla el precio del pellet, para comprobar la evolución de este. En la siguiente gráfica se observa como tiene un valor más estable que el del gas natural y que más que aumentar su precio se va reduciendo al paso de los años, lo que supone un ahorro.



Gráfica 4: Histórico de evolución precio medio pellet doméstico. Fuente: Asociación Española de Valorización Energética de la biomasa.

Conociendo estos datos y estableciendo una comparativa entre sus precios se plantean las siguientes gráficas.

- Precio de la energía del gas natural y la biomasa.



Gráfica 5: Precio de la energía. Fuente: novaenergia.



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO "SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"

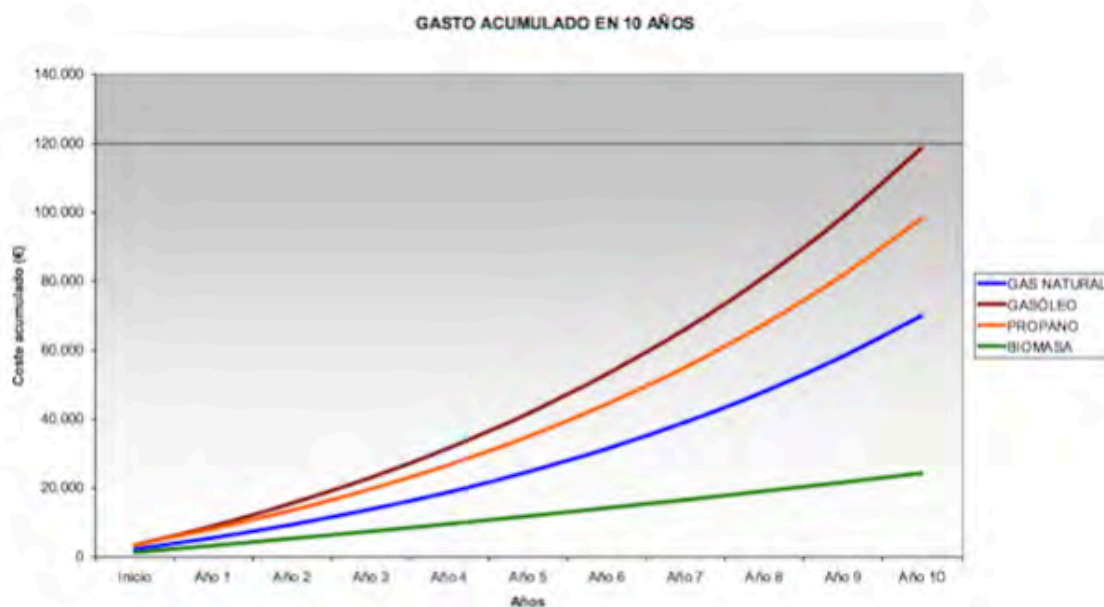
Viabilidad económica de la alternativa elegida



- Gasto acumulado al cabo de 5, 10 y 15 años.



Gráfica 6: Gasto acumulado en 5 años. Fuente: novaenergia

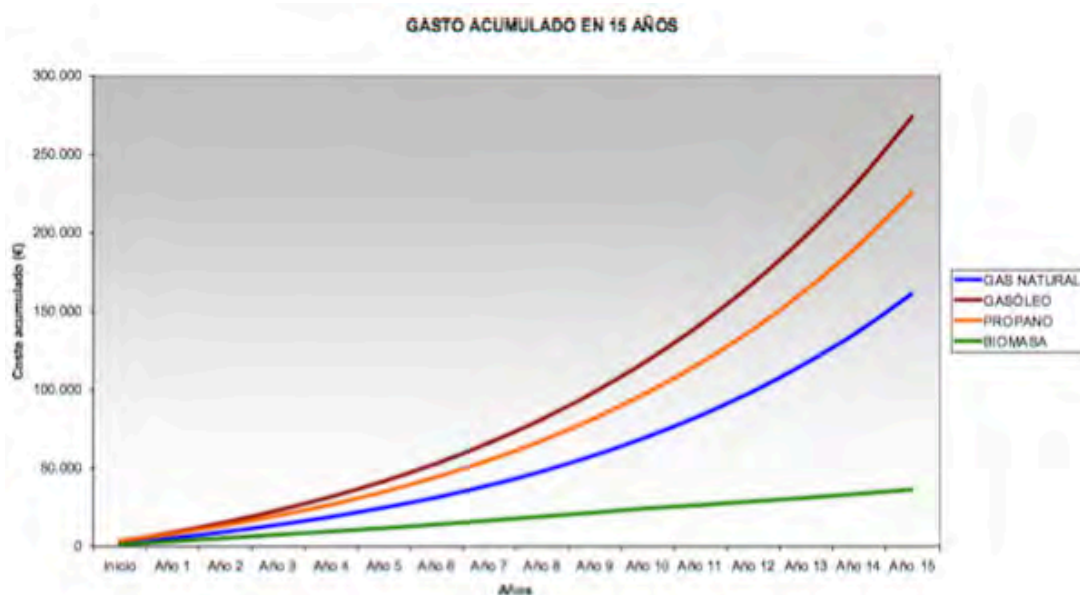


Gráfica 7: Gasto acumulado en 10 años. Fuente: novaenergia.



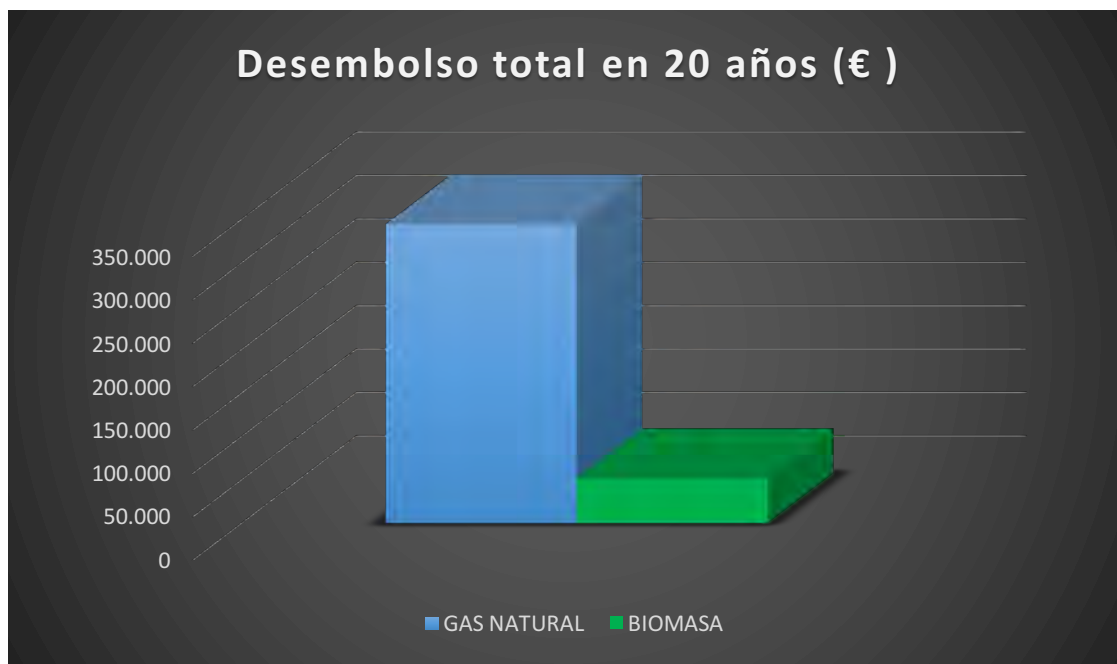
PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO "SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"

Viabilidad económica de la alternativa elegida



Gráfica 8: Gasto acumulado en 15 años. Fuente: novaenergía.

- Desembolso total en 20 años.



Gráfica 9: Desembolso total en 20 años. Fuente: novaenergía.



Con estas gráficas se comprueba que siempre el gas natural supone un mayor gasto económico debido a que su precio es más alto y que al cabo de 20 años el ahorro debido a la biomasa es mucho mayor.

3.2. Conclusiones sobre los combustibles

Como se puede observar en la gráficas anteriores la biomasa presenta una tendencia de precio mucho más estable que la del gas natural, siendo esta además más cara.

La inestabilidad de este se debe a que el gas natural es dependiente del precio que establezcan países externos, es decir, por cotizaciones internacionales la subida de los precios hace mella en la factura final. Sumado a los problemas políticos que pueden surgir con el país distribuidos de gas a España, lo que influye en el coste de este.

Por lo tanto, a largo plazo se espera que mientras el precio de los consumidores de gas natural vaya en aumento, el de la biomasa se mantenga o disminuya, al ir día a día introduciéndose más en nuestras vidas, y por lo tanto normalizándolo, es por esto por lo que supondría un ahorro mayor anualmente por parte del combustible.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA



***PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"***

ANEJO 9: Normativa



Normativa

1.	Normativa utilizada en el desarrollo del proyecto	3
2.	Código técnico de la edificación (CTE)	4
2.1.	Documento básico HE. Ahorro de energía	4
2.2.	Sección HE0. Limitación del consumo energético	5
2.3.	Sección HE1. Limitación de la demanda energética	9
2.4.	Sección HE2. Rendimiento de las instalaciones térmicas	12
2.5.	Sección HE3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	13
2.6.	Sección HE4. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria	18
2.7.	Sección HE5. Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica	18
3.	Reglamento de instalaciones térmicas en edificios.....	19
3.1.	Instrucción técnica. Diseño y dimensionado	19
3.1.1.	Exigencia de bienestar e higiene	19
3.1.2.	Exigencia de eficiencia energética.....	20
3.1.3.	Exigencia de seguridad	24
3.1.3.1.	Salas de máquinas	25
3.1.3.2.	Almacenamiento de biocombustibles sólidos.....	26
3.2.	Instrucción técnica montaje	27
3.2.1.	Eficiencia energética	27
3.3.	Instrucción técnica mantenimiento y uso	28
3.3.1.	Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad. Instalación de calefacción.....	28
3.3.2.	Programa de gestión energética	29
3.3.3.	Instrucciones de seguridad	29
3.3.4.	Instrucciones de manejo y maniobra	29
3.3.5.	Instrucciones de funcionamiento.....	29
3.4.	Instrucción técnica inspección.....	30
3.4.1.	Inspecciones periódicas de eficiencia energética	30
4.	Instrucción técnica complementaria	31
4.1.	ITC EP-1. Calderas	31
5.	Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2.011-2.020	36



1. Normativa utilizada en el desarrollo del proyecto

En este documento vamos a desarrollar las diferentes normas que hemos debido tener en cuenta a la hora de ir planteando el proyecto para que cumpla unas condiciones de viabilidad sobre la eficiencia energética en la rehabilitación de edificios.

Los documentos a los que se ha hecho referencia en este estudio son:

- Código técnico de la edificación (CTE).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).
- Instrucción técnica complementaria.
- Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2011-2020.



2. Código técnico de la edificación (CTE)

2.1. Documento básico HE. Ahorro de energía

El objeto de este Documento Básico (DB) se basa en establecer reglas y procedimientos para asegurarse del cumplimiento del ahorro de energía. Se divide en secciones básicas de la HE1 a la HE5 y cuenta con la HE0 que contiene una mezcla de las anteriores.

En el caso de utilizar otras soluciones que no se exponen en este Documento Básico se debe de seguir el procedimiento del artículo 5 de la Parte I del CTE, y exponerse el requisito y las exigencias que han llevado a utilizar esta norma.

Para poder aplicarse en un edificio ya existente se deben de cumplir los siguientes criterios:

- **Criterio 1: no empeoramiento**

Salvo en los casos en los que se establezca un criterio distinto, las condiciones preexistentes que sean menos exigentes que las que indica esta norma no se podrán reducir, y en caso de que sean mayores solo podrán minimizarse hasta los niveles más bajos que marca la norma.

- **Criterio 2: flexibilidad**

Si no se puede alcanzar el nivel de prestación indicado en la norma, se intentará llegar al nivel más próximo a este, esto solo podrá permitirse en los siguientes casos:

- o Edificios de valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando otras soluciones pudiesen alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.
- o Aplicación de otras alternativas que no suponga una mejora efectiva en las prestaciones de "Ahorro de energía".
- o Las soluciones no se muestren técnica o económicamente viable.
- o La intervención suponga cambios en la envolvente que no se tenían previstos.



- **Criterio 3: reparación de daños**

Los elementos no afectados por las condiciones establecidas pueden mantener su estado actual, a no ser que presenten daños que interfieran en el ahorro de energía que en este caso si deberán repararse.

Por lo que este Documento Básico de Ahorro de Energía se resume en:

- La obtención del uso racional de la energía en los edificios, reduciendo su consumo y consiguiendo que parte de este provenga de energías renovables.
- Los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán siguiendo las exigencias que se expondrán a continuación.
- Especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento supone el correcto uso de las exigencias básicas y se encuentran acorde a un nivel de calidad de vida.

2.2. Sección HE0. Limitación del consumo energético

Ámbito de aplicación

Esta sección es aplicable tanto en edificios de nueva construcción y ampliaciones de edificios existentes, como, en edificaciones que estén abiertas de forma permanente y sean acondicionadas.

A la vez que se excluyen en construcciones provisionales de un plazo menor de dos años, en edificios industriales, de defensa y agrícolas en la parte destinada a talleres, procesos industriales, de la defensa y agrícolas no residenciales, y en edificios aislados con una superficie útil menor a 50 m².

Caracterización de la exigencia

El consumo energético se limita en función de la zona climática donde se encuentre ubicado. En el caso de edificaciones que se encuentren abiertas permanentemente, será satisfecho con fuentes renovables.



Cuantificación de la exigencia

En edificios nuevos o ampliaciones de edificios existentes de uso residencial privado, el consumo energético de energía primaria no renovable no debe de superar el valor obtenido por la siguiente función:

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + \frac{F_{ep,sup}}{S}$$

- $C_{ep,lim}$ es el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, en $\text{KWh/m}^2 \cdot \text{año}$, considerando la superficie útil de los espacios habituales.
- $C_{ep,base}$ es el valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio, según la siguiente tabla.
- $F_{ep,sup}$ es el factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovables, con valores según la siguiente tabla.
- S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio en m^2 .

Tabla 1: Valor base y factor corrector por superficie del consumo energético. Fuente Código Técnico de Edificación

Zona climática de invierno						
	α	A*	B*	C*	D	E
$C_{ep,base} [\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}]$	40	40	45	50	60	70
$F_{ep,sup}$	1.000	1.000	1.000	1.500	3.000	4.000

En cambio para los edificios nuevos o ampliaciones de edificios existentes de otros usos, la calificación energética para el indicador consumo energético de energía primaria no renovable, debe ser de una eficiencia igual o superior a la clase B, mediante el Real Decreto 255/2013.

El centro educativo no coincide con ninguna de estas características, ya que no es un edificio nuevo ni se ha realizado una ampliación sobre él. Por lo que el dato de interés es la zona climática en la que se encuentra, que como ya vimos en la introducción es la C1.



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**

Normativa



Tabla 2: Clasificación de las zonas climáticas en España. Fuente: Código Técnico de la Edificación

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jalón	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de gran canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Portevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Tenue	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Verificación y justificación del cumplimiento de la exigencia

La información que debe incluir el proyecto para demostrar que cumple las exigencias es la siguiente:

- La zona climática donde se ubica el edificio.
- Procedimiento para el cálculo de la demanda energética y el consumo energético.



- Demanda energética de la calefacción, refrigeración, ACS e iluminación.
- Descripción y disposición de los sistemas empleados para satisfacer las necesidades de los distintos servicios técnicos del edificio.
- Rendimientos considerados para los distintos equipos de los servicios técnicos del edificio.
- Factores de conversión de energía final a energía primaria empleados.
- En el caso de ser de residencial privado, consumo de energía procedente de fuentes de energía no renovables. Y uso distinto al residencial privado, calificación energética para el indicador de energía primaria renovable.

Datos para el cálculo del consumo energético

En el caso de la calefacción y refrigeración se obtendrá mediante condiciones operacionales, datos previos y procedimiento de cálculos establecidos en la sección H1.

Para el servicio de agua caliente sanitaria (ACS) la obtención será a partir de la demanda energética resultante de la sección H4.

Y el de la iluminación por medio de la eficiencia energética de la instalación resultante de la aplicación de la sección H3.

Los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables para cada vector energético, serán los publicados oficialmente.

En la siguiente tabla se indican los sistemas de referencia que deberán utilizarse en caso de que no se definan equipos para un servicio de climatización.

Tabla 3: Eficiencias de los sistemas de referencia. Fuente: Código Técnico de edificación.

Tecnología	Vector energético	Rendimiento
Producción de calor	Gas Natural	0,92
Producción de frío	Electricidad	2,00



Procedimientos de cálculo de consumo energético

El objetivo es el cálculo del consumo de energía primaria procedente de fuentes de energía no renovables. El procedimiento permite dividir el consumo energético de energía final en función del vector energético utilizado.

En el procedimiento de cálculo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La demanda de energética para la calefacción y refrigeración según la sección HE1.
- La demanda energética necesaria para el agua caliente sanitaria.
- Si el edificio no es de uso residencial privado, se debe tener en cuenta la demanda energética respecto a la iluminación.
- El dimensionado y los rendimientos de los equipos y sistemas de producción de frío y calor, ACS e iluminación.
- El empleo de distintas fuentes de energía.
- Los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.
- La contribución de energía renovables producidas in situ o en las proximidades de la parcela.

2.3. Sección HE1. Limitación de la demanda energética

Ámbito de aplicación

La aplicación de esta sección se da en edificios de nueva construcción o en aquellos en los que se intervenga en modo de ampliación, aumentando la superficie o volumen construido, reforma, llevando a cabo un trabajo u obra distinto que el exclusivo de mantenimiento, o cambio de uso.

Quedan excluidos de realizar esta sección los edificios protegidos de carácter histórico-artístico, construcciones provisionales, edificios industriales, edificio aislados con una superficie menor de 50 m² y edificaciones abiertas de manera permanente.



Caracterización de la exigencia

La demanda energética en los edificios se limita en consecuencia de la zona climática de la localidad en la que se ubican y del uso previsto. En edificios de uso residencial privado la envolvente térmica debe presentar unas características que eviten descompensaciones térmicas en diferentes espacios habitables. Se limitará la transferencia de calor entre unidades de distinto uso y unidades de uso y zonas comunes del edificio. Se deberán limitar riesgos debidos a prestaciones térmicas o vida útil de los elementos de la envolvente térmica como condensaciones.

Cuantificación de la exigencia

Cuando en un edificio existente se produzcan modificaciones interiores o exteriores en la envolvente térmica o en alguno de sus elementos que produzca un aumento de la demanda energética, las características del elemento se adecuaran a las establecidas en este documento.

En aquellas reformas que se renueve más del 25% de la envolvente térmica y el edificio vaya a cambiar de uso característico se limitará la demanda energética a que sea menor que el edificio de referencia

En las reformas que los elementos de la envolvente térmica que se sustituyan, incorporen, o modifiquen, cumplirán las limitaciones establecidas en la siguiente tabla. Cuando la reforma contemple la modificación en varios elementos de la envolvente térmica, se podrán superar los valores de transmitancia térmica si la demanda energética conjunta fuera igual o inferior obtenida aplicando los valores de la tabla a los elementos afectados.

Tabla 4: Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica. Fuente: Código Técnico de la Edificación.

Parámetro	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos [$\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$]	< 50	< 50	< 50	< 27	< 27	< 27



En los edificios de uso residencial privado, la transmitancia térmica de las nuevas particiones interiores o aquellas objeto de sustitución no superarán los valores de la siguiente tabla.

Tabla 5: Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes, y medianerías, U en W/m²·K

Tipo de elemento	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

En los casos en que se produzcan condensaciones intersticiales en la envolvente térmica del edificio, no producirán una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supondrán un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. La máxima cantidad de condensación no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

Verificación y justificación del cumplimiento de la exigencia

Los documentos necesarios para la justificación deben contener la siguiente información:

- Definición de la zona climática de la localidad en la que se ubica el edificio.
- Descripción geométrica, constructiva y de usos del edificio: orientación, definición de la envolvente térmica, otros elementos afectados por la comprobación de la limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado, distribución y uso de los espacios incluidas las propiedades higrotérmicas de los elementos.
- Perfil de uso y nivel de acondicionamiento de los espacios habitables.
- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.
- Valores de la demanda energética y porcentaje de ahorro respecto al edificio de referencia.
- Características técnicas mínimas que deben reunir los productos que se incorporen a las obras y sean relevantes para el comportamiento energético del edificio.



Los documentos del proyecto han de incluir su verificación.

Datos para el cálculo de la demanda

Aquellas acciones del clima sobre el edificio con efecto sobre su comportamiento térmico y demanda energética se consideran solicitudes exteriores. Para su cálculo se establece un conjunto de zonas climáticas donde se define un clima de referencia que las divide en términos de temperatura y radiación solar.

A las cargas térmicas generadas en el interior del edificio debido a aportes de energía de los ocupantes, equipos e iluminación se denominan solicitudes interiores. Las condiciones operacionales son:

- a. Temperaturas de consigna de calefacción
- b. Temperaturas de consigna de refrigeración.
- c. Carga interna debida a la ocupación.
- d. Carga interna debida a la iluminación.
- e. Carga interna debida a los equipos.

Los espacios habitables deberán cumplir las condiciones operacionales.

Procedimiento de cálculo de la demanda

Determinar la demanda energética de calefacción y refrigeración necesaria para mantener el edificio bajo esas condiciones operacionales durante un año cuando se somete a solicitudes interiores y exteriores. Para realizar el cálculo se puede utilizar simulaciones por un modelo térmico del edificio o métodos simplificados equivalentes. El cálculo se debe hacer de forma separada para calefacción y refrigeración.

2.4. Sección HE2. Rendimiento de las instalaciones térmicas

Los edificios contarán con instalaciones térmicas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se encuentra desarrollada en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE.



2.5. Sección HE3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Ámbito de aplicación

Esta sección se aplica en aquellas instalaciones de iluminación interior en edificios de nueva construcción, intervenciones en edificios existentes con una superficie útil total final superior a 1.000 m², donde se renueva más del 25% de la superficie iluminada, donde se renueve o amplíe una parte de la instalación adecuándola a los valores de eficiencia energética, cambio de uso del edificio y cambios de actividad en una zona del edificio que implique un valor más bajo del valor de eficiencia energética de la instalación límite.

Se excluyen de cumplimiento las construcciones provisionales, los edificios industriales, los aislados con una superficie útil inferior a 50 m², interior de viviendas y edificios protegidos de carácter histórico-artístico. También son excluidos los alumbrados de emergencia.

En los casos excluidos se justificarán las soluciones adoptadas para el ahorro de energía en la instalación de iluminación.

Caracterización y cuantificación de las exigencias

La eficiencia energética de una instalación de iluminación se determina por el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m²) por cada 100 lux a través de la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

- P: potencia de la lámpara más el equipo auxiliar [W].
- S: superficie iluminada [m²].
- E_m: iluminación media horizontal mantenida [lux].

Los valores límite en recintos interiores de un edificio, incluyendo iluminación general e iluminación de acento pero sin incluir escaparates y zonas expositivas son:



PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"

Normativa



Tabla 6: Valores límite de eficiencia energética de la instalación. Fuente: Código Técnico de la Edificación.

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5



La potencia instalada en iluminación contando con lámparas y equipos auxiliares no superará:

Tabla 7: Potencia máxima de iluminación. Fuente: Código Técnico de la Edificación.

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m2]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial Público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux	25

En cada zona se dispondrá de un sistema de control y regulación cumpliendo las siguientes condiciones:

- Toda zona debe contar con un sistema de encendido y apagado manual, un sistema de incendios por horario centralizado en cada cuadro eléctrico. En las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia temporizado o sistema de pulsador temporizado.
- Contar con instalaciones de aprovechamiento de la luz natural que regulen el sensor de luminosidad en habitaciones de menos de 6 metros de profundidad y en dos primeras líneas paralelas de luminarias a una distancia inferior a 5 metros de la ventana, y en aquellas situados bajo un lucernario con las siguientes condiciones:
 - Zonas que cuenten con cerramientos acristalados al exterior, el ángulo Φ sea superior a 65º, siendo el ángulo desde el punto medio del acristalamiento hasta la cota máxima del edificio obstáculo, medido en grados sexagesimales. Y que a su vez se cumpla la siguiente expresión:

$$T\left(\frac{Aw}{A}\right) > 0,11$$

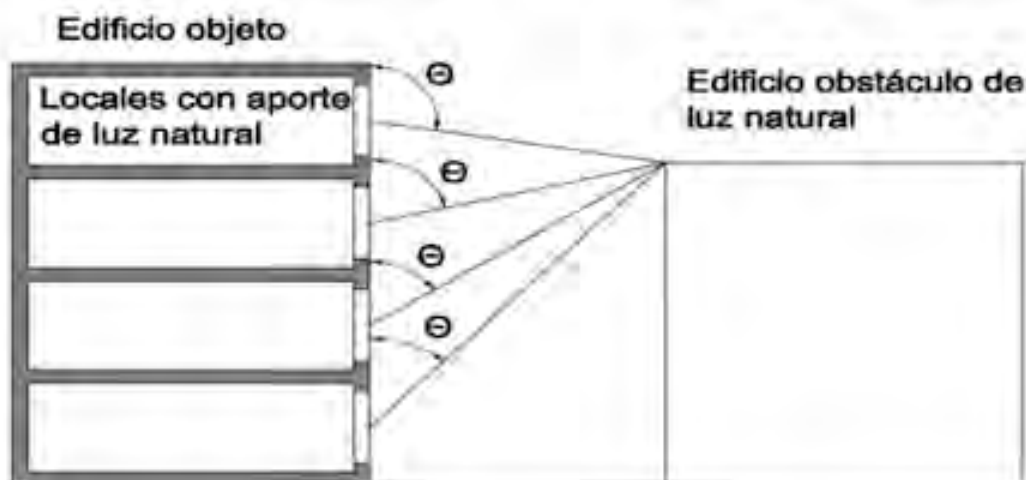


Ilustración 1: Condición uno de lucernarias. Fuente: Código técnico de la edificación

- 0 Zonas que cuenten con cerramientos acristalados a patios o atrios, si son patios no cubiertos cuando estos tengan una anchura superior a dos veces la distancia entre el suelo de la planta donde se encuentra la zona de estudio y la cubierta del edificio. Si son cubiertos por acristalamientos, cuando su anchura sea superior a $2/T_c$ veces la distancia entre la planta donde se encuentra el local de estudio y la cubierta del edificio, siendo T_c el coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de cerramiento del patio. Y que a su vez se cumpla la expresión:

$$T\left(\frac{Aw}{A}\right) > 0,11$$



Ilustración 2: Condición dos del lucernario. Fuente: Código Técnico de la Edificación.

Verificación y justificación del cumplimiento de la exigencia

La secuencia de verificación necesaria para aplicar esta sección consiste en calcular el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI en cada zona, calcular la potencia instalada en el edificio en iluminación a nivel global, comprobación de la existencia de un sistema de control y de regulación que optimice el aprovechamiento de luz natural y verificación de la existencia de un plan de mantenimiento.

Para justificarlo se deben presentar una serie de documentos con la siguiente información:

Relativos al edificio.

- Potencia total instalada en el edificio en los conjuntos.
- Superficie total iluminada del edificio.
- Potencia total instalada en el edificio en los conjuntos.

Relativos a cada zona.

- El índice del local.
- El número de puntos considerados en el proyecto.
- El factor de mantenimiento.
- La iluminancia media horizontal obtenida.



- El índice de deslumbramiento unificado.
- Los índices de rendimiento de color de las lámparas seleccionadas.
- El valor de eficiencia energética de la instalación resultante en el cálculo.
- Las potencias de los conjuntos.
- La eficiencia de las lámparas utilizadas.

2.6. Sección HE4. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

En aquellos edificios con previsión de agua caliente sanitaria o climatización de piscina cubierta, parte de las necesidades energéticas térmicas se cubrirá mediante sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar a baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda existente en la zona utilizada.

Los valores de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores establecidos por administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a características de su localización y ámbito territorial.

2.7. Sección HE5. Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

En los edificios en los que según el CTE sea obligatoria la instalación de sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para su uso propio o suministro a la red.

Los valores de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores establecidos por administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a características de su localización y ámbito territorial.



3. Reglamento de instalaciones térmicas en edificios

Su función consiste en establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad de las instalaciones térmicas en los edificios destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas, durante su diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, como los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento.

Como instalaciones térmicas se consideran las instalaciones fijas de climatización, como calefacción, refrigeración y ventilación, y de producción de agua caliente sanitario, para atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas. Se aplicará tanto a edificios de nueva construcción como a los ya existentes en los que se realicen reformas, se entiende por tanto que después de esta se modificará el proyecto o memoria técnica con el que fue ejecutada y registrada. También en los que se sustituya o reponga el generador de calor o frío por otros de similares características.

3.1. Instrucción técnica. Diseño y dimensionado

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse cumpliendo las exigencias técnicas de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad que establece este reglamento.

3.1.1. Exigencia de bienestar e higiene

Para la aplicación de esta es necesario el cumplimiento de la exigencia en base a la calidad térmica del ambiente, de la calidad del aire interior, de la calidad acústica y de la higiene.

La calidad térmica es correcta cuando la temperatura seca del aire y operativa, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire e intensidad de la turbulencia se mantienen dentro de unos valores.

La exigencia de calidad del aire interior debe de ser dependiendo del tipo de edificio, según la siguiente calificación:

- IDA 1, es el aire de óptima calidad necesario para hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- IDA 2, es el aire de buena calidad, que se encuentra en oficinas residencias, salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.



- IDA 3, es el aire de calidad media, que aparece en edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasio, locales para el deporte y salas de ordenadores.
- IDA 4, es el aire de calidad bajo.

Las instalaciones se deben de encontrar en un rango de temperatura que provoquen unas condiciones confortables en los edificios, el aire debe eliminar los contaminantes aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado, y se limitará el riesgo de molestias producidas por el ruido y vibraciones.

3.1.2. Exigencia de eficiencia energética

Se debe reducir el consumo de energía convencional y a consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, por medio de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales.

Procedimiento de verificación

Para la correcta aplicación se debe de elegir entre uno de los procedimientos de verificación.

- Simplificado, es la adopción de soluciones basadas en la limitación indirecta del consumo de energía de la instalación térmica mediante el cumplimiento de los valores límite y soluciones especificadas en esta sección, para cada sistema o subsistema diseñado. Su cumplimiento asegura la superación de la exigencia de eficiencia energética.

Para ello se deben de cumplir la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío, en las redes de tuberías y conductos de calor y frío, en el control de las instalaciones térmicas, contabilización de consumos, recuperación de energía, aprovechamiento de energías renovables y limitación de la utilización de energía convencional.

- Alternativo, soluciones que se apartan de las propuestas de esta sección, basadas en la limitación directa del consumo energético de la instalación térmica diseñada.



Para adoptar estas soluciones se tiene que justificar que sus prestaciones son equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación directa del procedimiento simplificado. Se evalúa el consumo energético por un método de cálculo y su comparación con el consumo energético que lo cumpla.

Las exigencias mínimas se dan cuando el consumo de energía primaria y las emisiones de dióxido de carbono de la instalación evaluada, sea inferior o igual que la de la instalación que cumpla con las exigencias del procedimiento simplificado.

Documentación justificativa

La documentación necesaria debe justificar el cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío, de redes de tuberías y conductos de calor y frío, control de las instalaciones térmicas, contabilización de consumos, recuperación de energía, aprovechamiento de energías renovables y limitación de la utilización de energía convencional.

Se incluirá mensualmente el consumo de energía expresado en energía primaria y emisiones de dióxido de carbono, calculado con un método contrastado, indicando cual fue el utilizado y las fuentes de energía convencional, renovables y residual utilizadas.

Contará con una memoria con una lista de equipos consumidores de energía y de sus potencias, una justificación del sistema de climatización elegido desde el punto de vista de la eficiencia energética.

En el análisis se debe tener en cuenta los sistemas que sean viables técnica, ambiental y económicamente, en función del clima y de las características específicas del edificio y su entorno, como:

- Sistemas de producción de energía a través de energías renovables, preferentemente la energía solar térmica y biomasa.
- La cogeneración, en aquellos edificios con una ocupación mayor a las 4.000 horas al año, y cuya previsión de consumo energético tenga una relación estable entre la energía térmica y la energía eléctrica consumida.
- La conexión de una red de calefacción urbana cuanta esta exista previamente.
- Las bombas de calor.



Generación de calor. Caracterización y cuantificación de la exigencia de eficiencia energética

La potencia suministrada por energías convencionales se ajustará a la demanda máxima simultánea de las instalaciones servidas, considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

Se estudiarán distintas demandas dependiendo del procedimiento de análisis al variar la hora del día y el mes del año, para calcular la demanda máxima junto con las parciales y la mínima, con el fin de facilitar la selección del tipo y número de generadores.

Los generadores consumidores de energías convencionales se conectan hidráulicamente en paralelo y se deben poder independizar entre sí. Y en casos excepcionales y justificados, podrán conectarse en serie.

El caudal del fluido portador en los generadores podrá variar para adaptarse a la carga térmica instantánea, entre los límites mínimo y máximo establecidos por el fabricante.

La interrupción de un generador debe llevar consigo la interrupción de los equipos accesorios directamente relacionados con el mismo, salvo los que por seguridad o riesgo de explotación lo requirieran.

Requisitos mínimos de rendimientos energéticos de los generadores de calor

- En el proyecto o memoria se indicarán las prestaciones energéticas de los generadores de calor.
- Para las calderas, debe indicarse los rendimientos a potencia útil nominal (P_n) expresada en KW, y con una carga parcial del 30 por ciento ($0,3 \cdot P_n$) y la temperatura medida del agua en la caldera.
- Se excluyen de cumplir con los requisitos mínimos de rendimiento las alimentadas por combustibles cuya naturaleza corresponda a recuperaciones de efluentes, subproductos o residuos, biomasa, gases residuales, y siempre que las emisiones producidas por los gases de combustión cumplan la normativa ambiental aplicable.
- En los generadores de calor alimentados por biomasa el rendimiento mínimo instantáneo exigido será del 80 por ciento a plena carga, salvo las estufas e insertables de combustibles de leña, cuyo rendimiento mínimo será del 65 por ciento.



- Si el generador utiliza combustibles sólidos el rendimiento instantáneo se debe de indicar en el cuerpo de generador-sistema de combustión para el 100 por ciento de la potencia útil nominal, para uno de los biocombustibles sólidos que se prevé se utilizará en su alimentación o, en su caso, la mezcla de biocombustibles.
- Se indicará el rendimiento y la temperatura media del agua del conjunto cuerpo de generador-quemador o conjunto cuerpo de generador-sistema de combustión cuando se utilice biomasa, a la potencia máxima demandada por el sistema de calefacción y, en su caso, por el sistema de preparación de agua caliente sanitaria.
- Los emisores deberán estar calculados para una temperatura media de emisor de 60°C como máximo.
- En las instalaciones que se reformen, queda prohibida la instalación de calderas estándar para calefacción de combustibles fósiles que no cumplan las siguientes características:
 - Rendimiento a potencia útil nominal y una temperatura media del agua en la caldera de 70°C.
 - Rendimiento a carga parcial de $0,3 \cdot P_n$ y a una temperatura media del agua en la caldera igual o superior a 50°C.

Regulación de quemadores

La regulación de los quemadores alimentados por combustible líquido o gaseoso será, en función de la potencia térmica nominal del generador de calor, lo indicado por la siguiente tabla.

Tabla 8: Regulación de quemadores. Fuente: RITE.

Regulación de quemadores	
Potencia térmica nominal del generador de calor en kW	Regulación
$P \leq 70$	Una marcha o modulante
$70 < P \leq 400$	Dos marchas o modulante
$400 < P$	Tres marchas o modulante



3.1.3. Exigencia de seguridad

Procedimiento de verificación y documentación justificativa

Este procedimiento debe seguirse para la exigencia en el diseño y dimensionado de la instalación térmica, siguiendo los cumplimientos en generación de calor y frío, en las redes de tuberías y conductos de calor y frío, protección contra incendios, y utilización del aparato, expuestos anteriormente. Conteniendo la documentación justificativa de los anteriores cumplimientos.

Caracterización y justificación de la exigencia de seguridad

- Los generadores de calor de combustibles gaseosos tendrán la certificación de conformidad establecida en el Real Decreto 1428/1992.
- Deben contener un sistema de detección de flujo que impida el funcionamiento del mismo si no circula por él el caudal mínimo, salvo especificación.
- Si su combustible no es gaseoso, deben contener dos dispositivos de interrupción de funcionamiento del quemador, el primero en caso de retroceso de los productos de la combustión, y el segundo, si se alcanzasen temperaturas mayores que las de diseño, que será de rearme manual.
- Si su combustible utilizado es sólido tendrán:
 - Un dispositivo de interrupción de funcionamiento del sistema en caso de retroceso de los productos de la combustión o de llama, junto con un sistema que evite la propagación de la llama hasta el silo de almacenamiento que puede ser de inundación del alimentador de la caldera o dispositivo similar, que garantice la depresión en la zona de combustión.
 - Un dispositivo de interrupción de funcionamiento del sistema de combustión que impida que se alcancen temperaturas mayores que las de diseño, que será de rearme manual.
 - Un sistema de eliminación del calor residual producido en la caldera como consecuencia del biocombustible ya introducido en la misma cuando se interrumpa el funcionamiento del sistema de combustión. Son válidos a estos efectos un recipiente de expansión abierto que pueda liberar el vapor si la temperatura del agua en la caldera alcanza los 10°C o un intercambiador de calor de seguridad.



Normativa

- o Una válvula de seguridad tarada a 1 bar por encima de la presión de trabajo del generador. Esta válvula en su zona de descarga deberá estar conducida hasta sumidero.
- Los generadores de calor por radiación, aparatos de generación de aire caliente y equipos de absorción de llama directa, como cualquier otro que utilice combustibles gaseosos deben de cumplir el Real decreto 1428/1992. La evacuación de los productos de la combustión y la ventilación de los locales donde se instalen estos equipos cumplirán con los requisitos de la reglamentación de seguridad industrial vigente.
- La instalación en espacios habitables de generadores de calor de hogar abierto para calefacción o preparación de agua caliente sanitaria, solo podrá realizarse si se cumple la reglamentación de seguridad industrial vigente y además aquellas cuyo combustible sea el gas, lo establecido en el Real Decreto.
- En espacios destinados a almacenes, talleres, naves industriales u otros recintos especiales, podrán ser utilizados equipos de generación de calor de hogar abierto, o que viertan los productos de la combustión al local a calentar, siempre que se justifique que la calidad del aire del recinto no se vea afectada negativamente, indicándose las medidas de seguridad adoptadas para el fin.
- Los generadores de agua refrigerada tendrá, a la salida de cada evaporador, un presostato diferencial o un interruptor de flujo enclavado eléctricamente con el arrancador del compresor.

3.1.3.1. Salas de máquinas

Dependiendo de la potencia con la que cuenten la sala de máquinas, se diferencian si cuentan con una superior o inferior a 70 kW. En el caso de poseer más que ese dato, los locales anexos a la sala de máquinas que comuniquen con el resto del edificio o con el exterior a través de la misma sala se consideran parte de la misma. En el caso contrario, es decir, con una potencia por debajo de 70, no se tienen en consideración los locales anexos. Tampoco lo tendrán de la sala de máquinas los locales con calefacción mediante generadores de aire caliente, tubos radiantes a gas, o sistemas similares.

Las salas de máquinas para centrales de producción de frío cumplirán con lo dispuesto en la reglamentación vigente que les sea de aplicación.



Dimensiones de las salas de máquinas

La sala debe de ser accesible en todas sus partes de forma que puedan realizarse adecuadamente y sin peligro todas las operaciones de mantenimiento, vigilancia y conducción.

La altura mínima será de 2,50 m, respetándose una altura libre de tuberías y obstáculos sobre la caldera de 0,5 m, los espacios mínimos libres alrededor de los generadores de calor de calderas con quemador de combustión forzada son:

- Entre los laterales de la caldera y la pared un espacio de 0,5 m, permitiendo la apertura sin necesidad de desmonte del quemador, y de 0,7 m entre el fondo de la caja de humos y la pared de la sala.
- Si hay más de una caldera, la distancia entre ambas debe ser de 0,5 m.
- El espacio libre en la parte frontal será igual a la profundidad de la caldera, con un mínimo de un metro, y con una altura libre de 2 m de obstáculos.

3.1.3.2. Almacenamiento de biocombustibles sólidos

- Las instalaciones con potencia útil nominal inferior o igual a 70 kW o con una capacidad de almacenamiento inferior o igual a 5 toneladas deben contar, con envases o depósitos para el almacenamiento. El resto de instalaciones incluir un lugar de almacenamiento dentro o fuera del edificio, destinado exclusivamente para este uso.
- Si se encuentra fuera del edificio podrá construirse en superficie o subterráneo, utilizándose contenedores específicos de biocombustible, debiendo prever un sistema adecuado para la extracción y transporte.
- En edificios nuevos deben poseer una capacidad mínima para cubrir el consumo de 15 días.
- Contar con procedimiento de vaciado del almacenaje para el caso que sea necesario, para la realización de trabajos de mantenimiento o reparación en situaciones de riesgo de incendio.
- En edificios nuevos deben estar separados el almacenamiento de biocombustible con la sala de máquinas y con aperturas para el transporte entre ambos, dotadas con los elementos adecuados para evitar la propagación de incendios de una a otra.



- En el caso de ser una reforma, y no poder hacerse la separación de estos, el depósito estará situado a una distancia de la caldera superior a 0,7 m y deberá existir una pared con resistencia ante el fuego de acuerdo con la reglamentación vigente de protección contra incendios.
- Las paredes, suelo y techo no permitirán filtraciones de humedad, impermeabilizándolas en caso necesario.
- Las paredes y puertas del almacén deben soportar la presión del biocombustible. La resistencia al fuego de los elementos delimitadores y estructurales será la que determine la reglamentación de protección contra incendios vigente. Dispondrá de sistemas de detección y extinción de incendios.
- Se prohíben las instalaciones eléctricas dentro del almacén.
- Debe existir una toma de tierra, cuando se utilice un sistema neumático para el transporte de biomasa.
- Con sistemas neumáticos de llenado de almacenamiento hay que instalar en la zona de impacto un sistema de protección de la pared contra la abrasión derivada del golpeteo de los biocombustibles y para evitar su desintegración por impacto, y diseñarse dos aperturas, una de conexión a la manguera de llenado y otra de salida de aire para evitar sobrepresiones y permitir la aspiración del polvo impulsado durante la operación de llenado.
- Con sistemas de llevado mediante descarga directa por compuertas a nivel del suelo, debe constar de los elementos necesarios de seguridad para evitar caídas dentro del almacenamiento.

3.2. Instrucción técnica montaje

3.2.1. Eficiencia energética

- Comprobación del funcionamiento de la instalación en condiciones de régimen.
- Comprobación de la eficiencia energética de los equipos de generación de calor y frío en las condiciones de trabajo. El rendimiento no debe ser inferior en más de 5 unidades del límite interior del rango marcado para la categoría indicada en el etiquetado energético del equipo de acuerdo con la normativa vigente.
- Comprobación de los intercambiadores de calor, climatizadores y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica.



- Comprobación de la eficiencia y la aportación energética de la producción de los sistemas de generación de energía de origen renovable.
- Comprobación del funcionamiento de los elementos de regulación y control.
- Comprobación de las temperaturas y saltos térmicos de todos los circuitos de generación, distribución y las unidades terminales en las condiciones de régimen.
- Comprobación de que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes previstos en el proyecto o memoria técnica.
- Comprobación del funcionamiento y del consumo de los motores eléctricos en las condiciones reales de trabajo.
- Comprobación de las pérdidas térmicas de distribución de la instalación hidráulica.

3.3. Instrucción técnica mantenimiento y uso

Se describen las exigencias necesarias de las instalaciones térmicas para asegurar que su funcionamiento, a lo largo de su vida útil, se realice con la máxima eficiencia energética, garantizando la seguridad, la durabilidad y la protección del medio ambiente, así como las exigencias establecidas en el proyecto memoria técnica de la instalación final realizada.

3.3.1. Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad. Instalación de calefacción

- Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas
- Comprobación y limpieza, si procede, de conductos de humos y chimenea.
- Limpieza, si procede, del quemador de la caldera.
- Revisión del vaso de expansión.
- Revisión de los sistemas de tratamiento de agua.
- Comprobación de estanquidad de cierre entre quemador y caldera.
- Comprobación de niveles de agua en circuitos.



- Comprobación de tarado de elementos de seguridad.
- Revisión de limpieza de filtros de agua.
- Revisión del estado de aislamiento térmico.
- Revisión del sistema de control automático.

3.3.2. Programa de gestión energética

La empresa encargada realiza periódicamente un evaluación del rendimiento de los equipos generadores de calor en función de su potencia térmica nominal instalada, midiendo y registrando los valores.

3.3.3. Instrucciones de seguridad

Cuentan con el objetivo de reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios u operarios sufran daños inmediatos durante el uso de la instalación, deben estar visibles antes del acceso y en el interior de la sala de máquinas, locales técnicos y junto a aparatos y equipos, con absoluta prioridad sobre el resto de instrucciones.

3.3.4. Instrucciones de manejo y maniobra

Sirven para efectuar la puesta en marcha y parada de la instalación, de forma total o parcial, y para conseguir cualquier programa de funcionamiento y servicio previsto, deben estar visibles en la sala de máquinas y locales técnicos.

3.3.5. Instrucciones de funcionamiento

Se adecua a las características técnicas de cada instalación con el fin de dar servicio demandado con el mínimo consumo energético, y comprende los aspectos de horario de puesta en marcha y parada de la instalación, orden de puesta en marcha y parada de los equipos, programa de modificación del régimen de funcionamiento, programa de paradas intermedias del conjunto o de parte de equipos, y programa de régimen especial para los fines de semana y para condiciones especiales de uso del edificio o de condiciones exteriores excepcionales.



3.4. Instrucción técnica inspección

3.4.1. Inspecciones periódicas de eficiencia energética

Si poseen una potencia mayor de 20 kW se realizarán inspecciones sobre las partes accesibles del mismo, que comprenderán:

- Análisis y evaluación del rendimiento y dimensionado del generador de calor en comparación con la demanda térmica a satisfacer por la instalación.
- Bombas de circulación.
- Sistema de distribución, incluyendo su aislamiento.
- Emisores.
- Sistema de regulación y control.
- Sistema de evacuación de gases de la combustión.
- Verificación del funcionamiento del quemador de la caldera, de que el combustible es el establecido para su combustión por el quemador.
- Instalación de energías renovables y cogeneración, y su aportación en la producción de agua caliente sanitaria y calefacción.
- Verificación de los resultados del programa de gestión energética para verificar su realización y la evolución de los resultados.

Al finalizar estas, se emite un informe con la calificación del estado de la instalación junto con las recomendaciones para mejorar la eficiencia energética.

Estas inspecciones se realizan periodicidad expuesta en la siguiente tabla.

Tabla 9: Periodicidad de las inspecciones de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria. Fuente: Reglamento Instalaciones Térmicas en Edificios.

Periodicidad de las inspecciones de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria		
20 < P < 70	Cualquier energía	Cada 5 años
P > 70	Gases y renovables	Cada 4 años
	Otras	Cada 2 años



4. Instrucción técnica complementaria

4.1. ITC EP-1. Calderas

Ámbito de aplicación

La norma que se aplica a la instalación, reparación e inspecciones periódicas de calderas y sus elementos asociados (economizadores, sobrecalentadores, etc.).

Las calderas y elementos que no tienen la obligación de llevar a cabo esta norma, son los siguientes:

- Las integradas en centrales generadores de energía eléctrica.
- Las integradas en refinerías y plantas petroquímicas.
- Las de vapor y agua sobrecalentada.
- Las de agua caliente de uso industrial con $P_{ms} \times V_T < 1.000$ (P_{ms} : presión máxima de servicio en la instalación expresada en bar y V_T : volumen total en litros de la caldera).
- Las de fluido térmico con $P_{ms} \times V_i < 200$ si $T_{ms} > 120^\circ\text{C}$ o con $P_{ms} \times V_i < 2.000$ si $T_{ms} \leq 120^\circ\text{C}$ (P_{ms} : presión máxima de servicio en la instalación expresada en bar, V_i : volumen total en litros de la instalación y T_{ms} : temperatura máxima de servicio).

Instalación y puesta en servicio. Clasificación de las calderas.

Las calderas se clasifican por tipos en diferentes clases:

1. Clase primera:
 - a) Calderas pirotubulares cuyo $P_{ms} \times V_T < 15.000$
 - b) Calderas acuotubulares cuyo $P_{ms} \times V_T < 50.000$. En caso de fluido térmico, las que tengan un $P_{ms} \times V_i < 15.000$.



Siendo:

- Pms: presión máxima de servicio en la instalación expresada en bar. Para calderas de agua caliente, agua sobrecalentada y de fluido térmico, la presión máxima se compone de :
 - o La presión debida a la altura geométrica del líquido.
 - o La tensión de vapor del portador térmico a la temperatura máxima de servicio.
 - o La presión dinámica producida por la bomba de circulación.
 - Vt: volumen total en litros de la caldera, más el volumen del sobrecalentador si lo tuviere.
 - Vi: Volumen total en litros de la instalación completa.
2. Clase segunda: calderas que igual o superen los valores indicados anteriormente.

Instalación

1) Instalación de calderas de primera clase

Las instalaciones serán realizadas por empresas instaladoras especializadas.

Son instalaciones de menor riesgo, que no necesitan la presentación de proyecto de instalación, debiendo presentarse una memoria técnica con los siguientes elementos:

- Plano de situación de la instalación o del establecimiento, con indicación de referencias invariables y escala aproximada de 1/10.000 a 1/50.000.
- Plano de situación de la sala de calderas en el establecimiento.
- Plano de la sala de calderas con indicación de las dimensiones generales, situación de los distintos elementos de la instalación, distancias a riesgos, características y espesores de los muros de protección si procede.
- Descripción y características de los equipos consumidores.



- Sistema de vigilancia indicado por el fabricante en las instrucciones de funcionamiento. Si la vigilancia es indirecta, se indican los periodos de comprobación de los diferentes elementos de control y seguridad y, las normas de reconocido prestigio utilizadas.

2) Instalación de calderas de segunda clase

Las instalaciones serán realizadas por empresas instaladoras especializadas.

Para la instalación es necesario la presentación de un proyecto en el que se añada:

- Los equipos consumidores, así como la tubería de distribución, que se reflejarán en la memoria.
 - Indicación del sistema de vigilancia indicado por el fabricante en las instrucciones de funcionamiento. Si la vigilancia fuera indirecta, se identificarán los periodos de comprobación de los diferentes elementos de control y seguridad y las normas de reconocido prestigio utilizadas.
 - Los planos necesarios.
- 3) En las calderas de vapor si la presión máxima de servicio (Pms) es inferior en más de un 10% de la presión máxima admisible (PS), será necesario un certificado expendido por el fabricante o por un organismo de control autorizado, en la que conste la adecuación del equipo a la presión, sobretodo en velocidades de salida del vapor y a la capacidad de descarga de las válvulas de seguridad.

Puesta en servicio

Para la puesta en servicio es necesaria la documentación requerida de equipos de presión.

Prescripciones de seguridad de la instalación

Adoptarse medidas de seguridad, de rendimiento o medioambientales. La chimenea de evacuación deberá diseñarse según la UNE 123.001 o en otra norma de reconocido prestigio, el aislamiento de esta solo es obligatorio para las partes accesibles.



La sala donde se incorporen las calderas deben de cumplir los siguientes requisitos:

- Sala con dimensiones suficientes para poder acceder a ella con condiciones seguras en caso de mantenimiento, inspección y control, con 1 metro de distancia a las paredes. Las zonas donde no aparezcan elementos de seguridad se puede reducir a 0,2 metros.
- Permanecer una ventilación constante, con llegada de aire para su renovación como para la combustión, y cumplir los requisitos del combustible.

Como la sala de calderas se encuentra colindante con un patio exterior, debe contar con aperturas en su parte inferior para la entrada de aire, distantes a 20 cm del suelo, y en la parte superior aperturas para la salida de aire. La sección de estas aberturas vendrá dada por:

$$S = \frac{Qt}{0,58}$$

Siendo:

- S: sección neta de la ventilación requerida, expresada en cm².
- Qt: potencia calorífica total instalada de los equipos de combustión o de la fuente de calor, expresada en kW.

No se admitirán valores de S inferiores a 0,5 m² para la sala de calderas de la segunda clase, ni menores de 0,1 m² para las de primera clase.

- La sala se debe de encontrar limpia y libre de polvo, gases o vapores inflamables.
- Dentro de la sala queda prohibida cualquier operación que no esté relacionada con los servicios de esta, al igual que la entrada de personas no autorizadas. Su uso debe de ser exclusiva a las calderas sin poder instalarse elementos correspondientes a otros servicios.
- Llevar incorporado un manual de funcionamiento y de los procedimientos de actuación, junto con un cuadro de instrucciones para casos de emergencia.



Sistemas de vigilancia de las calderas

la vigilancia viene dada por el fabricante en las instrucciones de funcionamiento, con la que el operador debe realizar las comprobaciones de controles, elementos de seguridad y calidad del agua de alimentación para comprobar su estado. Aparecen los siguientes tipos de vigilancia:

- Vigilancia directa, en la que el operador debe mantenerse en la sala, por si se dispara alguna alarma actuar inmediatamente.
- Vigilancia indirecta, será el fabricante el encargado de marcar los intervalos de control y seguridad. Si su funcionamiento es automático, solo será necesario el personal para comprobaciones funcionales para asegurar la operatividad de sus sistemas de control y seguridad. Si se produce alguna situación de emergencia, deberán parar la vigilancia directa hasta subsanarlo.

Inspecciones periódicas, reparaciones y modificaciones

Su inspección deberá producirse periódicamente, además de los controlen pertinentes que se especifiquen en las instrucciones.

Las reparaciones deben realizarse por empresas reparadoras autorizadas, y no se considerarán reparaciones las siguientes sustituciones:

- Sustitución de hasta un 15% del haz tubular en calderas pirotubulares, que no supongan más de cinco tubos.
- Sustitución de las tubuladoras de la caldera, siempre que se mantengan las condiciones originales de diseño y que no haya sufrido originalmente ningún tratamiento térmico.

Las modificaciones que se realicen no podrán producirse sobre la potencia calorífica ni cualquier otra de las características de diseño. En los sistemas de vigilancia o de control y seguridad se tomará como modificación importante en el caso de incorporarse sistemas no previstos por el fabricante, requiriendo una nueva evaluación de la conformidad por un organismo modificado.



5. Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2.011-2.020

Se trata de un plan consecuente con el artículo 14 de la Directiva 2006/32/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.

Los planes anteriores han sido añadidos para la determinación de nuevos objetivos, contando finalmente con los objetivos propuestos para el ahorro y las medidas e instrumentos propuestos para el horizonte del año 2020.

A pesar de que solo se obliga a reportar en términos de energía final, incluye energía final y primaria que forma parte de una estrategia energética integrada de oferta y demanda, que considera unos objetivos de promoción de las energías renovables y de unas tecnologías de transformación más eficientes.

Los ahorros de energía primaria y final son coherentes con los escenarios de consumo de energía final y primaria incorporados en la planificación energética indicativa prevista de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible y en otros instrumentos de planificación en materia de energía renovables.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA



***PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"***

ANEJO 10: Bibliografía



Bibliografía

I.D.A.E. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía

- Calidad del combustible de biomasa.

<http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biomasa/calidad-del-combustible>

- Informe de precios energéticos: combustibles y carburantes 2016.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Combustibles_y_carburantes_diciembre_2016_dd1c2196.pdf

- Informe de precios energéticos regulados 2015.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Tarifas_Reguladas_ene_2015_9195098b.pdf

- Informe de precios energéticos regulados 2016.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Tarifas_Reguladas_ene_2016_a197c904.pdf

- Informe de precios de la biomasa para usos térmicos.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_Precios_Biomasa_Usos_Termicos_3T_2016_v3_ead892c5.pdf

- Asociación española de la valorización energética de la biomasa.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_IDAE_AVEBIOM_29042014_1_47622b7.pdf

- Biomasa climatización.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10980_Biomasa_climatizacion_A2008_A_598d1ce7.pdf

- Biomasa industria.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10980_Biomasa_industria_A2008_A_402485e2.pdf



Bibliografía

- Energía de la biomasa.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10374_Energia_de_la_biomasa_07_28e17c9c.pdf

- Biomasa de servicios energéticos.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10980_Biomasa_empresas_servicios_A2008_A_b97b5bff.pdf

- Cogeneración y gas.

<http://www.idae.es/cogeneracion-y-gas>

- Certificación energética en edificios.

<http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/calificacion-energetica-de-edificios>

- Energía solar térmica.

http://dl.idae.es/Publicaciones/10374_Energia_solar_termica_A2006.pdf

- Geotermia.

<http://www.idae.es/index.php/idpag.895/reلمenu.321/mod.pags/mem.detalle>

- Biomasa Edificios.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_Edificios_A2007_6862bde5.pdf

- Guía técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros Docentes.

CTE Código Técnico de la Edificación

<https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

MINETUR Ministerio de Industria, Energía y Turismo

<http://www.minetad.gob.es/>



**PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA EN EL COLEGIO
"SAGRADO CORAZÓN ESCLAVAS"**



Bibliografía

- El gas natural.

<http://www.minetad.gob.es/energia/gas/Gas/Paginas/gasnatural.aspx>

- Certificación de eficiencia energética en los edificios.

<http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Paginas/certificacion.aspx>

http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/Test_comparativos_precision_CE3X_CAL_ENER.pdf

- Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2.011-2.020.

http://www.minetad.gob.es/energia/es-ES/Novedades/Paginas/PAAEE_2011_2020.aspx

- Guía técnica: Instalaciones de biomasa térmica en edificios.

http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Gu%C3%ADas%20t%C3%A9cnicas/Guia_Instalaciones_Biomasa.pdf

RITE Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.

<http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>

BOE Boletín Oficial del Estado

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-1964>

AEMET Agencia Estatal de Meteorología

DGICC Dirección General de Industria, Comercio y Consumo

<http://www.dgicc.cantabria.es/>



Bibliografía

ICANE Instituto Cántabro de Estadística

Portal Ayuntamiento Santander

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

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

Tipos de luces LED

<http://www.electrontools.com/Home/WP/2017/05/08/tipos-de-luces-led/>

HERZ

<http://www.termosun.com/?menu=producto&id=6>

CALOR Y FRIO

<https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/geotermia/energia-geotermica-principios-basicos-instalacion.html>

Guía sobre el tecnología LED en el alumbrado. Madrid Ahorra Energía. Consejería de Economía y Hacienda, Comunidad de Madrid.

Energía solar térmica para grandes edificios. SOLARGE.

Manual Práctico de la calefacción. Salvador Escoda.

SCOPUS

- Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zer-energy buildings during the past decade

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816305783>

- Primary exergy efficiency-effect of system efficiency environment to benefits of exergy savings.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815302759>



Bibliografía

- An experimental study of a thermoelectric heat exchange module for domestic space heating

[https://www.researchgate.net/publication/315987843 An experimental study of a thermoelectric heat exchange module for domestic space heating](https://www.researchgate.net/publication/315987843)

- Understanding the uneven diffusion of building-scale renewable energy systems: A review of household, local and country level factors in diverse European countries

[https://www.researchgate.net/publication/309964388 Understanding the uneven diffusion of building-scale renewable energy systems A review of household local and country level factors in diverse European countries](https://www.researchgate.net/publication/309964388)