ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Proyecto Fin de Grado

ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA INSTALACIÓN DEPORTIVA

(Study of the energy efficiency of a sports facility)

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Juan Arteche Adrados

Enero -2018

ÍNDICE

1 Introducción…… 5

1.1 ¿Qué es la eficiencia energética? …… 5

1.2 Eficiencia energética en nuestros días…… 6

1.3 Certificado de eficiencia energética……10

1.4 Mejoras para la eficiencia energética en centros deportivos……11

2 CE3x. Programa informático elegido…… 13

3 Edificio a estudiar……14

3.1 Estado actual del centro…… 17

3.1.1 Datos administrativos……18

3.1.2 Datos generales…… 19

3.1.3 Envolvente térmica…… 25

3.1.4 Instalaciones…… 31

4 Medidas de mejora……46

4.1 Cambio de caldera…… 46

4.1.1 Presupuestos…… 60

4.2 Instalación de paneles de energía solar térmica…… 63

4.2.1 Presupuesto……65

4.3 Instalación de iluminación Led…… 66

4.3.1 Presupuesto……68

5 Análisis económico de las mejoras……70

6 Mejoras finales y conclusiones……79

7 Resumen presupuestos…… 88

Anexo 1: Análisis de la influencia del precio de los combustibles…… 90

Bibliografía…… 95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: plano centro deportivo 15
Ilustración 2: plano centro deportivo (2) 15
Ilustración 3: pantalla principal CE3x 17
Ilustración 4: pantalla datos administrativos 18
Ilustración 5: plano con división por bloques del centro 26
Ilustración 6: pantalla envolvente térmica (cubierta) 27
Ilustración 7: pantalla envolvente térmica (muro) 28
Ilustración 8: pantalla envolvente térmica (ventanas) 30
Ilustración 9: pantalla instalaciones (caldera) 31
Ilustración 10: pantalla instalaciones (refrigeración) 37
Ilustración 11: pantalla instalaciones (iluminación) 42
Ilustración 12: pantalla instalaciones (aire primario) 43
Ilustración 13: pantalla instalaciones (equipos de bombeo) 44
Ilustración 14: calificación energética situación inicial 45
Ilustración 15: caldera condensación a gas natural 47
Ilustración 16: características caldera condensación 47
Ilustración 17: mejora caldera condensación 48
Ilustración 18: caldera de biomasa 50
Ilustración 19: características caldera de biomasa 51
Ilustración 20: mejora caldera biomasa 51
Ilustración 21: características caldera eléctrica 53
Ilustración 22: mejora caldera eléctrica 54
Ilustración 23: bomba de calor 55
Ilustración 24: características bomba de calor 57
Ilustración 25: mejora bomba de calor 59
Ilustración 26: presupuesto caldera condensación gas natural 60
Ilustración 27: presupuesto caldera biomasa 61
Ilustración 28: presupuesto bomba de calor 62
Ilustración 29: presupuesto techo radiante 62
Ilustración 30: características colectores solares 63
Ilustración 31: mejora paneles solares 64
Ilustración 32: presupuesto paneles solares 65
Ilustración 33: factura electricidad anual 73
Ilustración 34: factura gas natural anual 74
Ilustración 35: parámetros económicos 75
Ilustración 37: coste de las medidas 76
Ilustración 36: coste de las medidas 2 76
Ilustración 38: pantalla resultado económico 77
Ilustración 39: mejora final 1 80
Ilustración 40: mejora final 2 81
Ilustración 41: mejora final 3 82
Ilustración 42: coste mejoras finales 85
Ilustración 43: coste mejoras finales 2 85
Ilustración 44: resultado análisis económico mejoras finales 86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: zonas climáticas 20
Tabla 2: renovaciones hora según tipo de uso 22
Tabla 3: concentración de CO2 en locales 24
Tabla 4: demanda de referencia a 60º 24
Tabla 5: transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica 29
Tabla 6: pérdidas a través de la chimenea de la caldera 34
Tabla 7: pérdidas por la envolvente de la caldera 35
Tabla 8: iluminación en gimnasios 38
Tabla 9: iluminación en piscinas 39
Tabla 10: valores límite de eficiencia energética de la instalación 40
Tabla 11: potencia máxima de iluminación 41
Tabla 12: potencia-iluminación 66
Tabla 13: mejora iluminación led 68
Tabla 14: presupuesto mejora final 1 83
Tabla 15: presupuesto mejora final 2 83
Tabla 16: presupuesto mejora final 3 83
Tabla 17: resumen alternativas finales 87
Tabla 18: presupuesto cambio caldera 88
Tabla 19: presupuesto instalación paneles solares 88
Tabla 20: presupuesto instalación iluminación led 88
Tabla 21: presupuesto mejora final 1 89
Tabla 22: presupuesto mejora final 2 89
Tabla 23: presupuesto mejora final 3 89
Tabla 24: precio-amortización biomasa 90
Tabla 25: precio-amortización gas natural 91
Tabla 26: precio-amortización electricidad 93

1 INTRODUCCIÓN

En este proyecto vamos a realizar un estudio de la eficiencia energética de una instalación deportiva en la que tenemos piscina, spa, gimnasio y varias salas de actividades. En este tipo de edificios el consumo de energía es importante, debido sobre todo a las necesidades térmicas de la piscina climatizadas y a la elevada carga interna debido al uso deportivo.

En primer lugar vamos a definir la instalación en todo su conjunto y con todos los datos posibles, su superficie, sus dimensiones, su localización, su antigüedad, su estructura, su funcionalidad, sus demandas energéticas y sus instalaciones. Así podremos calcular su consumo energético y su impacto atmosférico en emisiones de CO2, es decir, su eficiencia energética.

Una vez hayamos definido el edificio y tengamos su valor en eficiencia energética, vamos a proponer una serie de mejoras y a estudiarlas tanto técnica como económicamente, para elegir al fin un conjunto de ellas que sea viable económicamente y con el que mejoremos la eficiencia del edificio notablemente.

En primer lugar, para entender el contexto en el que se va a trabajar en este proyecto, vamos a explicar brevemente el término de eficiencia energética y cuál es su situación actualmente en España y en el mundo. También se va explicar el concepto de certificado energético y las medidas para la eficiencia energética en centros deportivos.

1.1 ¿QUÉ ES LA EFICIENCIA ENERGÉTICA?

De una forma breve y básica se puede definir la eficiencia energética como una práctica que tiene como objeto reducir el consumo de energía. Se puede decir por tanto que es, como su nombre indica, la utilización eficiente de la energía. Es decir, consiste en la optimización de los procesos productivos y del empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios. En el caso de la luz, por ejemplo, la eficiencia energética no consiste en el ahorro de luz sino en iluminar mejor consumiendo menos electricidad. Además, las empresas y cualquier tipo de organizaciones que usen directamente la energía pueden, además de disminuir el coste, promover la sostenibilidad económica, política y ambiental haciendo uso de la eficiencia energética.

Por otro lado, los ciclos económicos y la situación económica marcan el consumo de energía, por lo que es muy necesario e importante el diseño de políticas de eficiencia energética.

1.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN NUESTROS DÍAS

En la época en la que vivimos hemos llegado a una situación en la que estamos sufriendo una crisis energética que está afectando a nuestro planeta y a nuestra sociedad enormemente. Por un lado, es sabido que las fuentes de combustibles fósiles se están agotando, lo cual además de ser un problema para el futuro, está originando guerras y conflictos humanitarios importantes. Y, por otra parte, esta crisis energética está contribuyendo enormemente al cambio climático y al empeoramiento de la calidad de vida debido a la cada vez mayor contaminación atmosférica. Por todo esto, las fuentes de energías renovables deben coger cada día más fuerza y tomar el relevo de los combustibles fósiles, transformándose en la fuente de energía más importante y con más importancia en el futuro.

En España, al igual que en la mayoría de países desarrollados, el consumo energético está creciendo a pasos agigantados en los últimos tiempos. En la sociedad hay una gran falta de conciencia del problema debido a que los costes son bastante bajos y a que la actividad económica va en aumento, una situación que no va acorde con un país que importa la mayor parte de su energía.

Como dijimos antes, las energías renovables son cada día más importantes pero aún existe una gran dependencia de los países exportadores de petróleo y de los combustibles fósiles. Por lo tanto, la eficiencia energética se postula como el elemento más importante para avanzar.

La oferta energética en España va encaminada a un aumento ya que la demanda lleva la misma proyección. Ésta es la que determina la organización del sector energético. Por lo tanto, existe una necesidad de llevar a cabo una estrategia energética. En la Unión Europea, se han ido adoptando leyes y medidas en los últimos años en favor de la eficiencia energética. En 1986 se aprobó el Acta Única Europea, con el objetivo de proteger el medio ambiente. Posteriormente, con el Protocolo de Kyoto de 1998, empezó una preocupación no solo del medio sino también de la influencia que los modos de vida de la sociedad generan sobre el mismo. Es aquí donde se comienza a hablar sobre la necesidad del aumento de la eficiencia energética, convirtiéndose esta en un pilar fundamental de la UE junto con las energías renovables. Desde ese momento y en adelante, se marcaron objetivos en búsqueda de la mejora de eficiencia energética, los cuales también tienen un gran interés económico, por lo que muchas de las medidas energéticas tomadas fueron fomentadas por los ministerios de economía.

A pesar de esto, todavía un 80% de la energía que se consume es de origen fósil. Además, en nuestro país la mayor parte de energía consumida la traemos del exterior, lo que es una muestra clara de la crisis energética que antes mencionábamos.

En definitiva, el consumo de energía está creciendo enormemente en los últimos tiempos y como consecuencia la producción de gases nocivos para nuestro planeta sigue el mismo ritmo, debido a que no se están practicando las suficientes medidas de eficiencia energética que deberían. En España, debido al aumento del consumo energético, las tendencias de eficiencia energética llevan una progresión negativa. Además, como apuntamos anteriormente, existe una gran falta de conciencia en la ciudadanía sobre la necesidad de ahorrar y usar eficientemente la energía: sólo un 27% estaría dispuesto a cambiar de hábitos, mientras que en la Unión Europea este dato llega a una media del 49%. Por lo tanto, es necesario y primordial mejorar las actuales políticas de eficiencia energética y poner en marcha nuevas para mejorar este problema. En este proyecto, veremos un ejemplo de una medida de eficiencia energética llevando a cabo un estudio de eficiencia de un edificio, y clasificándolo con un certificado.

En el siguiente artículo escrito por Fernando Ferrando, Vicepresidente de la *Fundación Renovables*, publicado el 23 de febrero de 2017 en la página web del diario '20 minutos' (https://blogs.20minutos.es/la-energia-como-derecho/2017/02/23/suspenso-para-espana-en-eficiencia-energetica/), podemos ver explicada esta situación que acabamos de comentar en cuanto al problema de la eficiencia energética que tenemos en España:

"*Recientemente se ha publicado el informe RISE (Regulatory Indicators for Sustainable Energy) elaborado por el Banco Mundial donde se refleja de forma jerarquizada el posicionamiento de los distintos países en lo referente al acceso de la energía, la apuesta por las energías renovables y la eficiencia energética. España ocupa el puesto 22, de los 111 países analizados, en cuanto a comportamiento en eficiencia energética, situándose por detrás de los países de nuestro entorno económico y territorial. Esta posición es consecuente con la inexistencia de una política energética y de tener una laxa preocupación por mejorar nuestro comportamiento energético.*

La ineficiencia energética, ni se corresponde con nuestra posición a nivel mundial en Producto Interior Bruto ni por supuesto con la realidad como país, al tener uno de los mayores grados de dependencia energética de la Unión Europea de la que nos separan más de 20 puntos porcentuales, un 73% de España frente a un 53% de media europea, y eso considerando en este cálculo a la energía nuclear como fuente autóctona, que no lo es. Esta dependencia supone que por cada 10$ de subida sobre el precio del barril de petróleo nuestro saldo de la balanza comercial se deteriora en 6.000 MM€.

Ser eficiente en España en materia de consumo de energía debería ser una de las prioridades de la política energética, como lo ha manifestado repetidas veces la Fundación Renovables, no solo para

poder competir con los países de nuestro entorno, sino también para poder llevar a cabo políticas más sostenibles con respecto al medioambiente y menos expuestas a la volatilidad de los precios de combustibles que tenemos que importar.

España cuenta con legislación suficiente para tener un comportamiento en eficiencia energética mejor, como consecuencia de la obligada transposición de las distintas Directivas Europeas, fundamentalmente la 2010/31/UE sobre eficiencia energética en edificios y de la 2012/27/UE de eficiencia energética. El problema es que hemos sido incapaces por decisión propia de poner en marcha los instrumentos operativos que el marco legislativo exigía.

Las líneas de actuación puestas en marcha son insuficientes e ineficientes y están basadas en el desarrollo de campañas de difusión y en la creación de un Fondo para la Eficiencia Energética que no se ha conseguido aplicar a su finalidad, de hecho en la fallida reforma eléctrica del actual Gobierno se utilizaron los fondos acumulados para reducir el déficit de tarifa, y permiten predecir que España no cumplirá el objetivo de reducción de la demanda establecido para los países de la Unión Europea para el 2020.

Objetivo que, afortunadamente para el Gobierno, es no vinculante pese a que, tanto por responsabilidad como por su importancia, debería ser considerado como uno de los elementos básicos de cualquier política energética, si es que esta existiera.

Esta escasa preocupación por poner en marcha mecanismos que fomenten el ahorro y la eficiencia de energía se ha podido ver desde:

- *El incumplimiento de objetivos que la Directiva marcaba para los edificios públicos y que marca que debían ser rehabilitados un 3% cada año desde el inventario realizado en 2014. España tiene más de 1,7 millones de m^2 de edificios de uso público sin que nadie haga nada con la excepción de un par de concursos de cara a la galería.*
- *La no exigencia por parte de organismos públicos y ayuntamientos de que en sus contratos de suministro de energía eléctrica se incluya la obligación de que esta sea de origen renovable y que se incorporen objetivos de ahorro y mejora de la eficiencia como elemento fundamental para ser adjudicatarios.*
- *El no desarrollo legislativo finalista de la magnífica Ley 8/2013 sobre "Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas" conocida como Ley 3R que permitía abrir procedimientos de trabajo y de colaboración público-privada para avanzar en la*

rehabilitación de los más de 18 millones de edificios, de los cuales ni si quiera el 3% supera los estándares establecidos de comportamiento energético que marca la legislación vigente. De hecho, la evolución de la ordenación desde la primera norma NBE CT 79 a la última CTE de 2013 supone una reducción media del consumo por m^2 del 53%.

- *Por hacer incrementar la parte fija de la tarifa eléctrica perdiendo el incentivo de ahorrar energía por disminución de consumo y gravando la situación de aquellos colectivos vulnerables que tienen que pagar más sin consumir.*
- *La no aplicación del Fondo de Eficiencia para su finalidad como consecuencia de "la inexistencia de proyectos" que puedan acogerse a él al no haber movilizado al sector energético en esta labor.*
- *Por considerar que la mejora de la eficiencia energética incrementa el riesgo de la aparición del déficit de tarifa del sistema eléctrico al reducir el consumo de energía*
- *La inoperancia real de los planes de subvenciones a la rehabilitación que en muchos de los casos no se han hecho efectivas dejando un problema financiero a las comunidades que creyeron que era buena idea disponer de un comportamiento energético más eficiente.*

Si analizamos lo que han hecho países de nuestro entorno con resultados altamente positivos y las medidas disponibles en nuestro ordenamiento y no llevadas a cabo, el Ministerio de Energía debería hacer corresponsables de forma vinculante a las empresas suministradoras de energía del cumplimiento de los objetivos marcados por la Directiva de Eficiencia.

Las compañías que nos suministran la energía tienen que asumir este reto no solo por la cercanía con el consumidor al que venden energía sino también en su propio beneficio como línea de negocio nueva, en la que la venta de servicios energéticos vaya sustituyendo o acompañando a la venta de energía.

Nuestras comercializadoras están más centradas en procesos de intermediación que en trabajar para sus clientes. Situación que evidencia su escasa preocupación por asumir los retos energéticos que todos como país hemos asumido.

Pues bien, nunca seremos eficientes sino no involucramos a todos los agentes que tienen que ver con el abastecimiento de energía, empezando por los consumos públicos y siguiendo por la implantación sin paliativos de la electrificación de la demanda de energía. La cobertura de las necesidades energéticas es más eficiente si la energía utilizada es la electricidad tanto en clima, con la bomba de calor, como en el transporte con el vehículo eléctrico.

La España Ineficiente es fruto de nuestro comportamiento como consumidores, poco informados, y de un desarrollo legislativo más centrado en la "desidia programada" como política energética que en fomentar la eficiencia."

1.3 CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGETICA

Para entender bien en qué consiste un certificado de eficiencia energética vamos a usar la explicación que hemos encontrado en la página web de 'Certificado de Eficiencia Energética' (https://certificadodeeficienciaenergetica.com/):

"*Se puede definir certificado de eficiencia energética o certificado energético como un documento oficial redactado por un técnico competente que incluye información objetiva sobre las características energéticas de un inmueble. Es decir, califica energéticamente un inmueble calculando el consumo anual de energía necesario para satisfacer la demanda energética de un edificio en condiciones normales de ocupación y funcionamiento (incluyendo la producción de agua caliente, calefacción, iluminación, refrigeración y ventilación).*

El proceso de certificación energética concluye con la emisión de un certificado de eficiencia energética y la asignación de una etiqueta energética. La escala de calificación energética es de siete letras y varía entre las letras A (edificio más eficiente energéticamente) y G (edificio menos eficiente energéticamente). La etiqueta energética expresa la calificación energética de un edificio otorgando una de estas letras.

Este certificado resulta obligatorio, salvo excepciones, para el propietario de cualquier parte individual de un edificio existente (viviendas, oficinas o locales) objeto de una operación de compraventa o de alquiler.

Todo certificado de eficiencia energética tendrá como mínimo los siguientes puntos:

1.- Identificación del edificio o de la parte del mismo que se quiere certificar.

2.- Identificación del procedimiento escogido para la obtención de la calificación energética de un edificio (opción general, programa informático, u opción simplificada) indicando la siguiente información:

> *-Descripción de las características energéticas del edificio, envolvente térmica, condiciones normales de funcionamiento y ocupación, instalaciones y otros datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.*

-Identificación de la normativa sobre el ahorro y eficiencia energética que le era de aplicación en el momento de construcción (si existiera).

-Descripción de las comprobaciones, pruebas e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador, durante la fase de calificación energética con la finalidad de establecer la conformidad de la información contenida en el certificado energético

3.- Calificación de la eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta energética.

4.- Documento que recoja las medidas recomendadas por el técnico certificador, clasificadas según su viabilidad técnica, funcional y económica, así como por su repercusión energética, que permitan, en el caso de que el propietario del edificio decida acometer voluntariamente esas medidas, que la calificación energética mejore como mínimo un nivel en la escala de calificación energética.

La razón por la que se necesita el certificado energético es que desde el punto de visto normativo, la norma actual exige que todos los edificios existentes, cuando se vendan o se arrienden, dispongan de un certificado de eficiencia energética. Por ello, resulta obligatorio disponer de él antes de proceder a realizar la venta o contrato de arrendamiento correspondiente.

Desde el punto de vista del propietario del inmueble, el certificado energético le informará de lo eficiente que es un edificio (o parte de éste) aportando una variable más a tener en cuenta en toda operación de compraventa del edificio o parte de éste. El certificado le aportará una ventaja o desventaja comparativa respecto al resto de sus competidores.

En definitiva, la nueva norma tiene como finalidad favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética e inversiones en ahorro de energía."

1.4 MEDIDAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CENTROS DEPORTIVOS

Para una correcta gestión energética de las instalaciones deportivas es necesario conocer los aspectos que determinan cuáles son los elementos más importantes a la hora de lograr la optimización energética. Esto nos permite poder aprovechar mejor los recursos y ahorrar en términos de consumo y en dimensionamiento de nuestra instalación.

De la diversidad de instalaciones que puede acoger el sector, así como del catálogo de servicios que en ellas se ofrece depende el suministro de energía.

SUMINISTROS		VOLUMEN DE CONSUMO
Electricidad, gas, gasoil…	→	Gasto

Las aplicaciones que más consumo energético requieren son: Agua Caliente Sanitaria (ACS) y Climatización.

El consumo de energía, como una variable más dentro de la gestión de un negocio, adquiere relevancia cuando de esa gestión se pueden obtener ventajas que se traducen directamente en ahorros económicos.

Se han de contemplar dos aspectos fundamentales que permiten optimizar el coste de la energía y, por tanto, maximizar el beneficio. Estos aspectos son:

- Optimización de tarifa

  Revisión de los contratos de suministro de energía:

  -Electricidad

  -Gas

- Optimización de instalaciones

  Análisis de las instalaciones:

  -Detección de puntos de mejora

  -Establecimiento de planes de mejora

  -Valoración económica de la mejora.

En nuestro proyecto vamos a enfocarnos principalmente en la optimización de las instalaciones, estudiando y valorando posibles mejoras para optimizar energéticamente nuestra instalación.

2 CE3x. PROGRAMA INFORMÁTICO ELEGIDO

Para poder realizar este estudio y el certificado de eficiencia energética de nuestro centro deportivo, es necesario usar un programa informático.

"El Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través del Instituto para la Diversificación y ahorro de Energía (IDAE) pondrá a disposición del público los programas informáticos de calificación energética para edificios existentes, que serán de aplicación en todo el territorio nacional y que tendrán la consideración de documento reconocido (…)". Para nuestro estudio, vamos a usar el CE3x en la versión 2.3., que se puede descargar en la página web del ministerio.

Por lo tanto, CE3x es "Documento Reconocido para la Certificación Energética de Edificios Existentes". Es un programa que ha sido desarrollado por Efinovatic y el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). Dicho equipo se encarga del mantenimiento de CE3x y del desarrollo de las nuevas versiones.

Con este programa podemos certificar todo tipo de edificios: residencial, pequeño terciario o gran terciario. La calificación energética que se puede obtener puede ser desde "A" hasta "G" (siendo "A" la etiqueta más eficiente energéticamente). Después, el programa permite realizar una serie de medidas de mejora, obteniendo nuevas calificaciones de eficiencia de cada mejora y, por último, analizar económicamente dichas mejoras mediante estimaciones del programa o datos económicos que podemos introducir.

CE3x tiene la capacidad de adaptarse a todo tipo de situaciones, permitiendo distintas posibilidades de entrada de datos, de forma que para introducir los datos de las instalaciones como de la envolvente del edificio se pueden usar valores conocidos, estimados o por defecto.

Además, una gran ventaja de la que dispone CE3X es que se adapta a la evolución de las instalaciones y de la construcción y permite ampliar sus funciones. Es decir, se pueden descargar complementos para ser instalados y perfeccionar la definición de nuestra instalación.

El funcionamiento del programa se basa en comparar el edifico que queremos estudiar con una base de datos realizada para todas las zonas climáticas mediante simulaciones con '*Calener*'. Cuando introducimos los datos de nuestra instalación, CE3x los compara e interpola con casos semejantes obteniendo así las valoraciones de eficiencia del edificio.

Toda esta información y mucha más acerca del funcionamiento del programa se encuentra en el manual de usuario del mismo (*ManualUsuarioCE3Xv2015*).

3 EDIFICIO A ESTUDIAR

La instalación que hemos elegido para realizar el estudio energético es un centro deportivo situado a las afueras de Santander. El edificio está dotado de piscina climatizada, spa, gimnasio y diversas salas de actividades.

El centro fue construido en 2012, convirtiéndose en el recinto deportivo con mayor equipación de la ciudad de Santander. Fue construido con objeto de atender al público familiar, teniendo actividades de todo tipo y condición.

Como es lógico, al ser un centro deportivo se realizan actividades de gran actividad metabólica y con un alto grado de intensidad como son: bike, bike virtual, yoga, fitball, pilates, stretching, danza oriental, go fit kick, zumba, box, latino, step, corebar, baile moderno, jump, strength, core, circuito funcional, entrenamiento en suspension, etc.

Por tanto, el consumo de energía es importante, debido sobre todo a las necesidades térmicas de la piscina climatizada y a la elevada carga interna derivado del uso deportivo.

Características de la parcela

La parcela del edificio ocupa una superficie total de terreno de unos 23092 m^2 (incluyendo, además de la superficie del edificio en sí, zonas de aparcamiento, zonas verdes, zonas pavimentadas, etc.). Como podemos observar en las siguientes imágenes, tiene una forma sensiblemente rectangular, con dos de sus fachadas orientadas a zonas verdes (este y sur), la norte a viario y a una parcela destinada a equipamiento social y la oeste a zonas perimetrales a la red de carreteras principales y la autovía.

Se trata, por tanto, de una parcela situada entre una zona urbana en pleno desarrollo y el entorno no construido de la periferia de Santander.

En cuanto al nivel topográfico, toda la parcela se encuentra prácticamente al mismo nivel.

Ilustración 1: plano centro deportivo

Ilustración 2: plano centro deportivo (2)

Superficies del centro

Nuestro edificio tiene 2 plantas y un sótano. Una planta está a nivel de suelo, planta baja, y la otra es la planta primera. Las superficies totales y útiles de dichas plantas son:

-Superficie útil planta sótano: 745,1 m^2

-Superficie construida planta sótano: 839,0 m^2

-Superficie útil planta baja: 2794,6 m^2

-Superficie construida planta baja: 3031,8 m^2

-Superficie útil planta primera: 1962,5 m^2

-Superficie construida planta primera: 2156,4 m^2

-Superficie útil total edificación: 5561,0 m^2

-Superficie construida total edificación: 6105,7 m^2

Por otro lado, tenemos superficies de urbanización, las cuales no van a ser muy importantes para nuestro estudio, pero son las siguientes:

-Piscina exterior: 201,4 m^2

-Pistas de pádel cubiertas: 2066,3 m^2

-Espacio disponible pista polideportiva: 1600,0 m^2

-Zona verde: 8809,3 m^2

-Aparcamiento: 7619,8 m^2

-Zona pavimentada: 1575,4 m^2

Como hemos dicho, estas superficies no van a ser de importancia para nuestro proyecto, ya que nos centraremos únicamente en el edificio en sí, y en el consumo energético que en él se produce.

3.1 ESTADO ACTUAL DE CENTRO

Sabiendo todo esto, el primer paso es estudiar la situación en eficiencia energética actual de nuestro centro deportivo. Introduciendo en el programa una serie de datos conocidos y estimados, este nos emitirá un certificado con la calificación de eficiencia que tenemos actualmente.

El primer paso al abrir el programa es elegir el tipo de edificio que tenemos. Nuestro centro es un gran terciario. La diferencia entre pequeño y gran terciario viene dada por el tipo de instalaciones. El salto a gran terciario se hace cuando el edificio cuenta con: ventiladores, equipos de bombeo o torres de refrigeración, todos estos elementos para ACS, calefacción o climatización.

Ilustración 3: pantalla principal CE3x

Posteriormente, se abre la interface del CE3x, donde tenemos varias pestañitas donde debemos ir introduciendo los diferentes datos de nuestro centro. Estas son: datos administrativos, datos generales, envolvente térmica e instalaciones.

3.1.1 Datos administrativos

-Localización e identificación del edificio: su nombre, la dirección en la que se encuentra, localidad, provincia, código postal y referencia catastral, para poder identificarlo.

-Datos del cliente: en este punto el programa nos pide los datos personales del cliente: nombre, dirección, localidad, teléfono, correo electrónico, etc.

-Datos del técnico certificador: en este último apartado nos solicita los datos del técnico certificador. Además de los datos que pedía para el cliente, también nos pide la titulación del técnico ya que según la legislación vigente solo están habilitados para firmar los certificados Arquitectos, arquitectos técnicos, Ingenieros Industriales, Ingenieros Técnicos Industriales e Ingenieros Químicos.

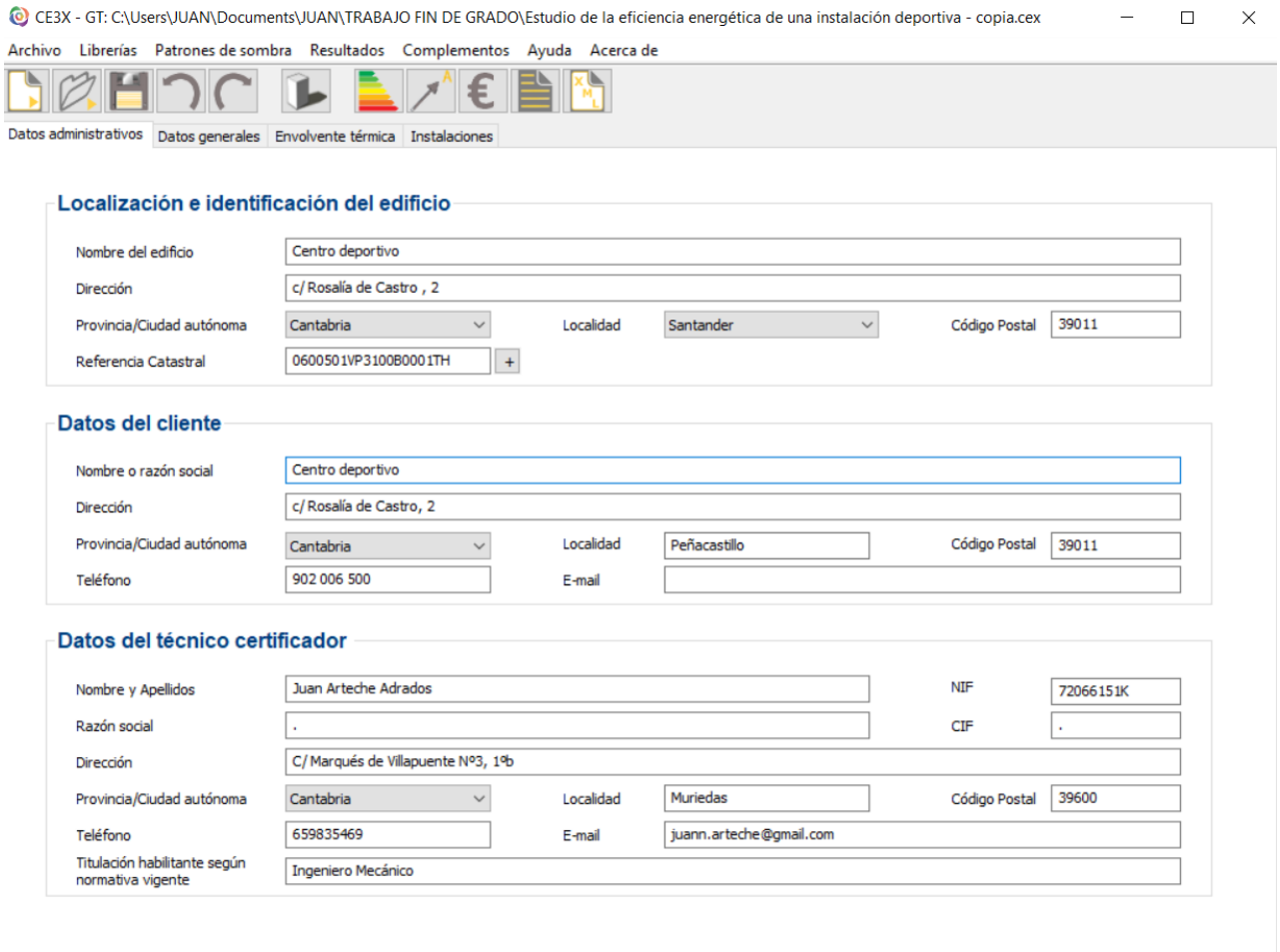


Ilustración 4: pantalla datos administrativos

3.1.2 Datos generales

Esta pestaña se divide en dos sub-apartados: datos generales y definición del edificio.

Datos generales

Este punto requiere de datos de construcción del edificio tales como:

-Normativa vigente: normativa sobre la que se construyó el edificio. El programa deduce la normativa sabiendo el año de construcción

-Año de construcción. Nuestro edificio fue construido en 2013.

-Tipo de edificio. Nos da la opción de evaluar el edificio completo o solo una parte de él. Nosotros evaluaremos todo el edificio.

-Perfil de uso. Se refiere al uso de intensidad del edificio a lo largo del día. Nuestro edificio tiene una alta intensidad al tener que satisfacer el uso deportivo a un gran número de personas y, en cuanto a las horas, está activo aproximadamente unas 16 horas al día. Por lo tanto: 'Intensidad alta-16h'

-Zona climática: no es lo mismo encontrarse en un punto u otro de España debido a las grandes diferencias geográficas que existen (temperatura, presión, altitud). La legislación del 'Documento Básico HE Ahorro de energía', en el apartado 'HE 2 Apéndice B Zonas Climáticas' nos indica que Santander se encuentra en la zona C1:

Tabla B.1.- Zonas climáticas de la Península Ibérica

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	**Z.C.**	**Altitud**	**A4**	**A3**	**A2**	**A1**	**B4**	**B3**	**B2**	**B1**	**C4**	**C3**	**C2**	**C1**	**D3**	**D2**	**D1**	**E1**
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1											h < 250			h < 450	h < 750	h ≥ 750
Bilbao/Bilbo	C1	214												h < 250			h ≥ 250	
Burgos	E1	861															h < 600	h ≥ 600
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0		h < 150				h < 450				h < 600	h < 850			h ≥ 850		
Castellón/Castelló	B3	18						h < 50				h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0						h < 50										
Ciudad Real	D3	630									h < 450	h < 500			h ≥ 500			
Córdoba	B4	113					h < 150				h < 550				h ≥ 550			
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												h < 200			h ≥ 200	
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050		h ≥ 1050
Gerona/Girona	D2	143											h < 100			h < 600		h ≥ 600
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300			h ≥ 1300
Guadalajara	D3	708													h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h ≥ 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jaén	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
León	E1	346																h < 1250
Lérida/Lleida	D3	131										h < 100			h < 600			h ≥ 600
Logroño	D2	379											h < 200			h < 700		h ≥ 700
Lugo	D1	412															h < 500	h ≥ 500
Madrid	D3	589										h < 500			h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0						h < 300				h < 700			h ≥ 700			
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25						h < 100				h < 550			h ≥ 550			
Orense/Ourense	D2	327										h < 150	h < 300			h < 800		h ≥ 800
Oviedo	D1	214												h < 50			h < 550	h ≥ 550
Palencia	D1	722															h < 800	h ≥ 800
Palma de Mallorca	B3	1						h < 250				h ≥ 250						
Pamplona/Iruña	D1	456											h < 100			h < 300	h < 600	h ≥ 600
Pontevedra	C1	77												h < 350			h ≥ 350	
Salamanca	D2	770														h < 800		h ≥ 800
San Sebastián/Donostia	D1	5															h < 400	h ≥ 400
Santander	C1	1												h < 150			h < 650	h ≥ 650
Segovia	D2	1013														h < 1000		h ≥ 1000
Sevilla	B4	9					h < 200				h ≥ 200							
Soria	E1	984														h < 750	h < 800	h ≥ 800
Tarragona	B3	1						h < 50				h < 500			h ≥ 500			
Teruel	D2	995										h < 450	h < 500			h < 1000		h ≥ 1000
Toledo	C4	445									h < 500				h ≥ 500			
Valencia/València	B3	8						h < 50				h < 500				h < 950		h ≥ 950
Valladolid	D2	704														h < 800		h ≥ 800
Vitoria/Gasteiz	D1	512															h < 500	h ≥ 500
Zamora	D2	617														h < 800		h ≥ 800
Zaragoza	D3	207										h < 200			h < 650			h ≥ 650
Capital	**Z.C.**	**Altitud**	**A4**	**A3**	**A2**	**A1**	**B4**	**B3**	**B2**	**B1**	**C4**	**C3**	**C2**	**C1**	**D3**	**D2**	**D1**	**E1**

Tabla B.2.- Zonas climáticas de las Islas Canarias

Zonas climáticas Canarias						
Capital	**Z.C.**	**Altitud**	**α3**	**A2**	**B2**	**C2**
Palmas de Gran Canaria, Las	α3	114	h < 350	h < 750	h < 1000	h ≥ 1000
Santa Cruz de Tenerife	α3	0	h < 350	h < 750	h < 1000	h ≥ 1000

Tabla 1: zonas climáticas

<u>Definición del edificio</u>

En este apartado el programa solicita datos más específicos del centro:

-Superficie útil habitable. Disponemos tanto la superficie útil como la total de cada planta del edificio ya que disponemos de los planos del mismo. La superficie útil total es de 5561 m2.

-Altura libre de planta, al igual que el dato anterior sacamos este dato de los planos de los que disponemos: 2,7 m.

-Número de plantas habitables: tenemos dos plantas habitables.

-Ventilación del inmueble. Sabemos que para tipo de uso de nuestro centro deportivo la ventilación se obtiene aplicando la instrucción técnica correspondiente del RITE: '*Instrucción técnica IT. Diseño y dimensionado, aprtdo. 1.1.4.2 Exigencia de calidad de aire interior*'. Aquí se explica que esta normativa incluye a los edificios no incluidos en el ámbito de aplicación del HS3. Por lo tanto, dichos edificios tendrán que disponer de un sistema de ventilación necesario para aportar el caudal suficiente de aire exterior, el cual permita evitar que se formen concentraciones de contaminantes en sus diferentes partes, alcanzando así la categoría de calidad de aire interior que se corresponda a la actividad humana que se lleve a cabo (existen 4 categorías IDA).

Por tanto, mediante el RITE podemos calcular el número de renovaciones/hora necesario en nuestro centro.

En primer lugar hay que mencionar las 4 categorías de calidad de aire interior establecidas por el RITE, en función de las actividades que se realicen en el interior del centro o edificio:

-IDA 1. Aire de óptima calidad: hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

-IDA 2. Aire de buena calidad: oficinas, residencias, salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

-IDA 3. Aire de calidad media: edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiesta, gimnasios, locales para el deporte y salas de ordenadores.

-IDA 4. Aire de calidad bajo.

Por tanto, en nuestro centro tendremos las siguientes calidades de aire interior en función de la actividad: IDA 2 en las piscinas e IDA 3 en el resto del centro.

El siguiente paso consiste en establecer el caudal mínimo de aire exterior de ventilación que garantice que se va a alcanzar dicha calidad. Este aporte de aire limpio del exterior es lo que se conoce también por renovación o ventilación del aire contenido en el interior del edificio.

Para saber el número de renovaciones necesarias o caudales de aporte de aire exterior, hay que partir del uso a que se va a destinar el edificio. En función de este uso, existen multitud de tablas y recomendaciones de bibliografía especializada que indican el número de renovaciones horarias, o bien proporcionan directamente los caudales de aire por persona o metro cuadrado de superficie del edificio o de salas a acondicionar.

Por ejemplo, en la siguiente tabla se indica el número de renovaciones a la hora, para cada tipo de establecimiento o local, según la norma DIN 1946:

Tipo de Local		Nº. Renovaciones de aire por hora
WC, inodoros	Privados	4-5
	Públicos	8-15
Aseos y baños		5-7
Duchas		15-25
Bibliotecas		4-5
Oficinas		4-8
Tintorerías		5-15
Cabinas de pintura		25-50
Garajes y parkings		5
Salas de decapado		5-15
Locales de acumuladores		5-10
Armarios roperos		4-6
Restaurantes y casinos		8-12
Industrias de Fundiciones		8-15
Remojos		70-80
Auditorios		6-8
Salas de cines y de teatros		5-8
Aulas		5-7
Salas de conferencias		6-8
Cocinas	Privadas	15-25
	Colectivas	15-30
Laboratorios		8-15
Locales de aerografías		10-20
Salas de fotocopias		10-15
Cuartos de máquinas		10-40
Talleres de montaje		4-8
Salas de laminación		8-12
Talleres de soldadura		20-30
Piscinas cubiertas		3-4
Despachos de reuniones		6-8
Cámaras blindadas		3-6
Vestuarios		6-8
Gimnasios		4-6
Tiendas y comercios		4-8

Tabla 2: renovaciones hora según tipo de uso

El cálculo del caudal mínimo requerido de ventilación de aire exterior es inmediato a partir de los datos de renovaciones horas de la tabla anterior.

En efecto, si V es el volumen que ocupa el local o establecimiento en m^3 ($V = A \cdot B \cdot C$, siendo A, B, C las dimensiones de largo, ancho y altura del local) y N es el número de renovaciones por hora extraído de la tabla anterior en función del uso dado al local o edificio. El caudal Q mínimo de aire exterior se calcula como:

$$Q = V \cdot N \ (m^3/h)$$

Otros procedimientos que pueden ser utilizados para el cálculo de los caudales mínimos necesarios de aire exterior de ventilación son los expuestos en el R.I.T.E.

El RITE nos permite calcular el caudal de aire exterior requerido mediante 5 métodos:

A. Método indirecto de caudal de aire exterior por persona, para espacios en los que las personas tengan una actividad metabólica de alrededor de 1,2 met., cuando la producción de contaminantes sea baja, y en función de si se puede fumar o no.
B. Método directo por calidad del aire percibido, basado en el método olfativo.
C. Método directo por concentración de CO2, para locales con elevada actividad metabólica en los que no se permite fumar, como salas de fiesta o locales para el deporte, etc.; y para locales con elevada producción de contaminantes como piscinas, restaurantes, bares, etc. En este último caso, se puede aplicar el método E si se conoce la composición y caudal de las sustancias contaminantes.
D. Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie, para espacios no dedicados a ocupación humana permanente, almacenes o similares.
E. Método de dilución, para locales en los que existan emisiones conocidas de materiales contaminantes específicos.

Para nuestro centro utilizaríamos el método C, ya que en él hay una gran actividad metabólica y además, la producción de contaminantes es elevada, al contar con piscinas (también podríamos usar el método E si conociéramos las emisiones de contaminantes específicas). Para las zonas como el vestíbulo y la ludoteca, en las que no hay una gran actividad metabólica ni una elevada producción de contaminantes, usaríamos el método D.

Para el método directo por concentración de CO2 (método C) se utiliza la tabla siguiente, en la que vemos que en función de la categoría de aire interior tendremos una concentración de CO2 u otra, medida en partes por millón.

Categoría	ppm*
IDA 1	350
IDA 2	500
IDA 3	800
IDA 4	1200

Tabla 3: concentración de CO2 en locales

**Ppm: Concentración de CO2 (en partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior.*

Sabiendo esto tendríamos la capacidad de obtener la ventilación necesaria para el centro. Gracias a los planos, sabemos la superficie de todas las salas del mismo por lo que con este valor, el caudal necesario por persona y la ocupación media de cada sala según la actividad que se lleve a cabo, ya tendríamos todo para calcular la ventilación.

En la tabla anterior vimos como para los gimnasios se estima un valor de 4-6 renovaciones/hora y para las piscinas un valor de 3-4 renovaciones/hora. Por lo tanto, vamos a introducir al programa un valor de 4 renovaciones/hora.

-Demanda diaria de ACS. Es el consumo total diario de Agua Caliente Sanitaria (ACS). Para calcular este valor usaremos el Documento Básico de Ahorro de energía, DB HE-4, el cual nos cuenta que para gimnasios y vestuarios y duchas colectivas el consumo diario por persona es de 21 litros (como podemos ver en la tabla).

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Tabla 4: demanda de referencia a 60º

Por lo tanto, sabiendo que el centro tiene una capacidad total de 12000 personas, vamos a suponer al alza una cantidad de 2000 personas al día, luego:

Demanda diaria de ACS = 21 l/pers.día * 2000pers. = 42000 l/día

-Masa de las particiones. Este punto se refiere a la masa de los forjados (particiones horizontales) y particiones interiores o verticales. Este es un dato que nos pide para posteriormente poder estimar la inercia térmica del edificio.

Por tanto, las particiones pueden ser ligeras, medias o pesadas, dependiendo del peso por metro cuadrados que tengan:

-Una partición ligera es aquella que tiene una masa inferior a 200 kg/m^2.

-Una partición de masa media es aquella que tiene una masa entre 200 y 500 kg/m^2.

-Una partición pesada es aquella que tiene una masa superior a 500 kg/m^2.

En nuestro caso tendremos particiones ligeras ya que serán de tabique de cartón-yeso con aislamiento incorporado.

-'Se ha ensayado la estanqueidad del edificio'. Un ensayo de estanqueidad nos permite detectar posibles fugas. El programa nos da la opción de marcar esta casilla, pero nosotros no hemos hecho ningún ensayo de estanqueidad luego no la marcaremos.

-Nos da la opción finalmente de subir dos fotos para identificar completamente el centro: una del propio centro deportivo y otra del plano de situación. Esta información no es estrictamente necesaria ni relevante para nuestro estudio.

3.1.3 Envolvente térmica

Ya tenemos todos los datos de nuestro centro deportivo introducidos en el programa, por lo que entramos ahora en al ámbito del recubrimiento térmico de fachadas, cubiertas y suelos.

Lo que queremos calcular en este apartado es la transmitancia de cada una de las superficies que forman el edificio, las cuales nos calculará el programa.

Por lo tanto, deberemos definir cada una de las fachadas cubiertas y suelos. El programa diferencia principalmente si las fachadas y cubiertas están enterradas o al aire libre.

Nuestro edificio podríamos decir que está dividido en diferentes bloques, pero todos con fachadas y cubiertas al aire libre. Como ya hemos visto, es un edificio de dos plantas de altura, con una planta

configurada de forma rectangular, aunque su diseño volumétrico responde a un programa de necesidades claro que diferencia los usos propios del edificio tanto al interior como al exterior.

Así, tanto la zona lúdico-deportiva como la zona wellness con el volumen de entrada se plantean como piezas más orgánicas, con fachadas acristaladas abiertas a la zona verde (rectángulos verdes en imagen), en clara diferenciación con la pieza que se resuelve la zona de gimnasios que se presenta como una pieza más compacta (rectángulo rojo en imagen).

Ilustración 5: plano con división por bloques del centro

Gracias a las fotos y los planos que tenemos del centro, definiremos ahora las fachadas de las que se comprende la envolvente térmica.

El programa nos ofrece diferentes alternativas:

En primer lugar tenemos la cubierta. Tenemos, como apuntamos antes, dos posibilidades distintas, enterrada y en contacto con el aire. En nuestro edificio todas las cubiertas están en contacto con el aire.

El programa nos pregunta posteriormente el área de la cubierta, el cual conocemos gracias a los planos.

Ya realizado la primera diferenciación de tipo de cubierta, el programa nos pide las propiedades térmicas, dándonos la posibilidad de estimarlas. Nos da diferentes opciones de cubiertas: plana, plana ventilada, ajardinada, inclinada e inclinada ventilada.

Como explicamos antes, nuestro edificio está dividido en diferentes 'bloques', pero para el caso de las cubiertas, vamos a suponer una cubierta común para todo el edificio (aunque en la realidad las propiedades térmicas de las cubiertas de los diferentes bloques no sean exactamente iguales). El aislamiento térmico de nuestra cubierta no sabemos de qué material es por lo que elegiremos la opción de 'Desconocido'.

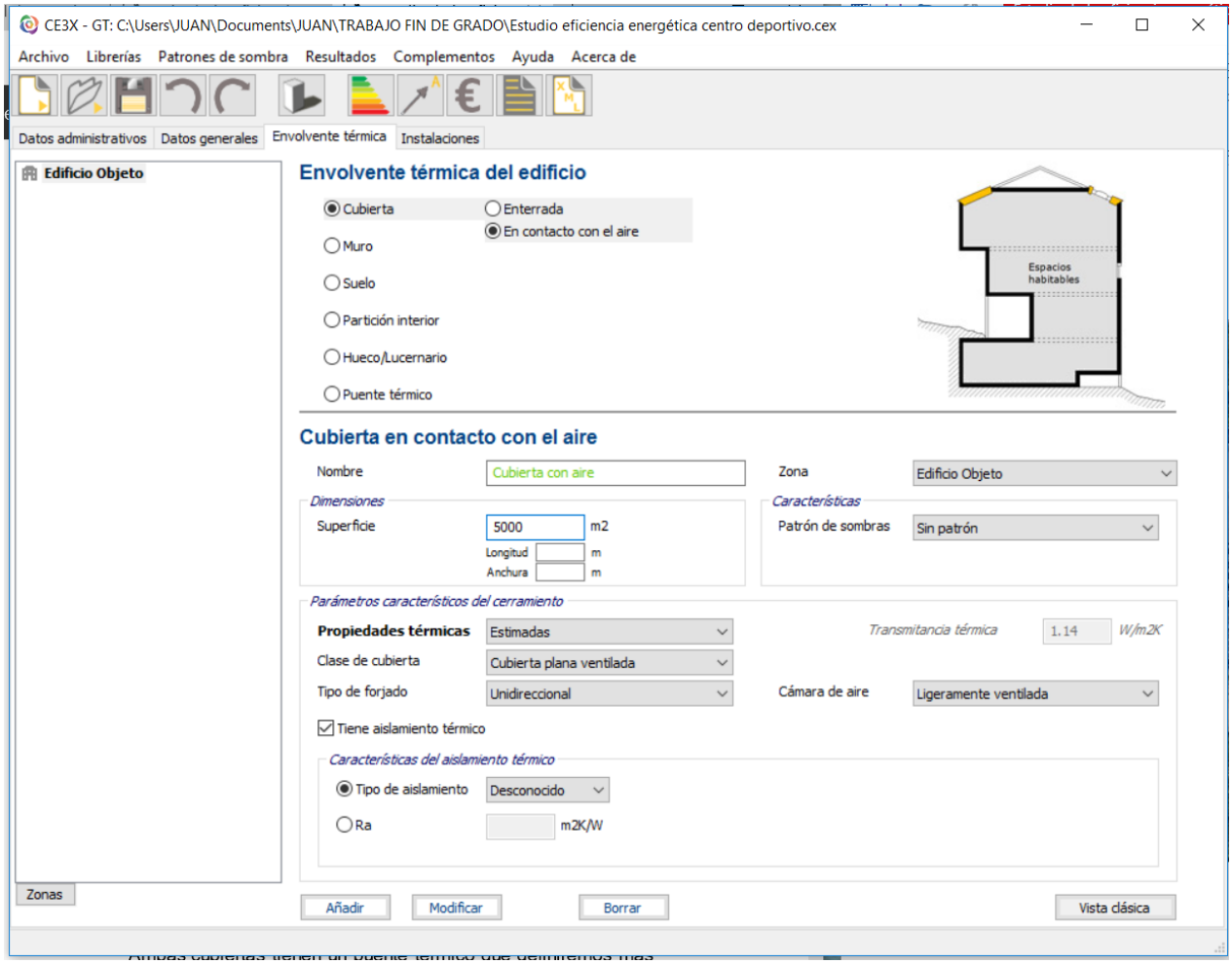


Ilustración 6: pantalla envolvente térmica (cubierta)

A continuación, pasamos a los muros y fachadas para continuar calculando la envolvente térmica. El programa nos da tres posibilidades: medianería, en contacto con el terreno y muro de fachada. En el caso de muro de medianería no introduciremos ninguno ya que nuestro centro se sitúa en una parcela particular y no comparte ningún muro con ningún otro edificio. Tampoco tendremos muros en contacto con el suelo ya que nuestro edificio se encuentra situado en una parcela 'plana'. Es decir, no hay saltos de terreno que puedan hacer que existan muros enterrados. Por lo tanto, introduciremos al programa los muros de fachada que tiene el centro. Lo primero que nos pide es la superficie, la cual calcularemos sabiendo la distancia de los muros y su altura. También nos pide la orientación. En nuestro edificio tenemos los muros claramente orientados a Norte-Sur-Este-Oeste. Vamos a diferenciar entre los muros de unos bloques y otros ya que tienen diferentes alturas.

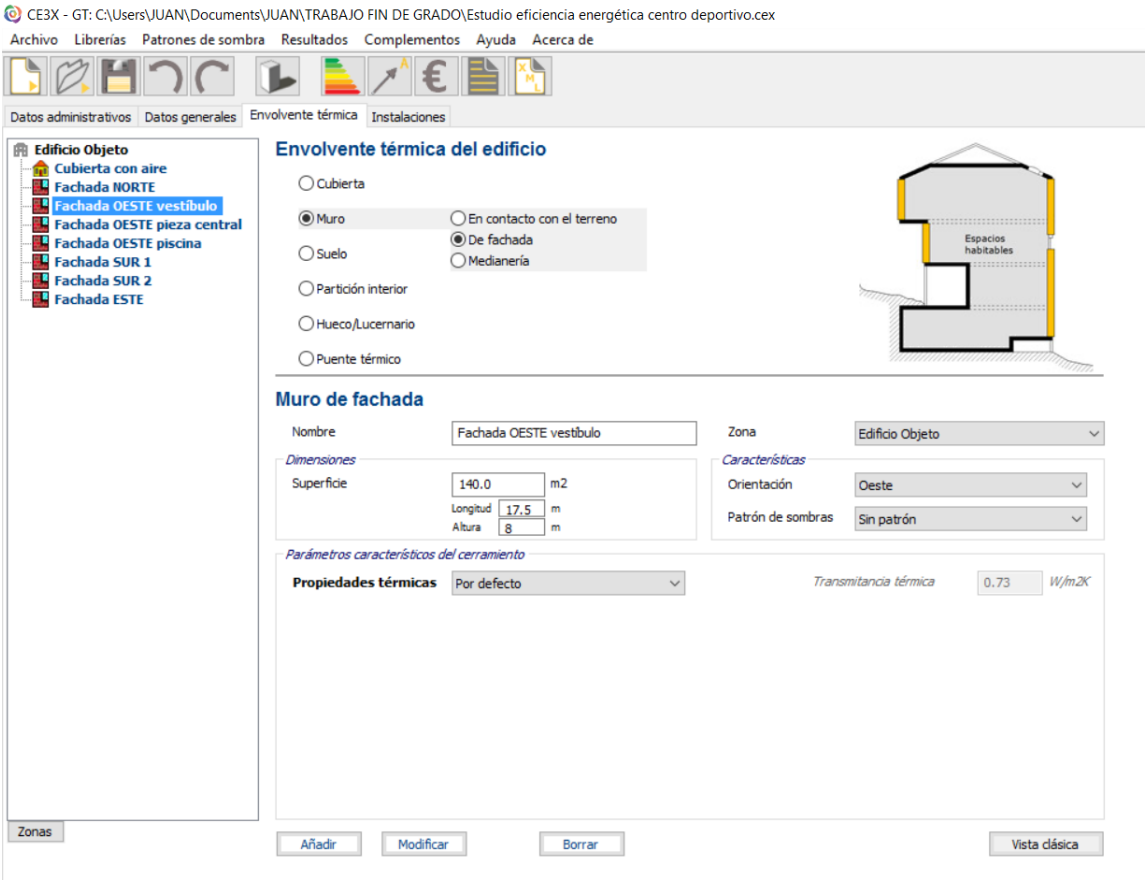


Ilustración 7: pantalla envolvente térmica (muro)

Posteriormente tenemos los suelos: el programa nos da opción de suelos en contacto con el aire y suelos enterrados. En nuestro caso no tendremos ningún tipo de suelo. Realmente se podría decir que tenemos cierta superficie de suelo en contacto con el aire, ya que el bloque central superior del centro, sobresale algo sobre la parte inferior del edificio, pero al ser una superficie insignificante comparado con el resto del edificio lo vamos a despreciar.

El siguiente punto que vamos a introducir son los huecos o lucernarios. Este punto se refiere a las ventanas del edificio. En primer lugar, hay que indicar en qué fachada se encuentran ya que tendremos unas u otras transmitancias dependiendo de la orientación que tengan. Posteriormente tenemos que indicar las medidas de cada una y el número que tenemos en cada fachada. También nos pide el porcentaje de marco que contienen.

Una vez metidos estos datos básicos y necesarios, nos pide unos datos más concretos para tener más información sobre el comportamiento de cada hueco.

En primer lugar nos pide la absortividad del marco, que está relacionada con el color de este; nosotros tendremos todos los marcos iguales, de color marrón medio, por lo que tendrán una absortividad igual a 0,75.

En segundo lugar tenemos la permeabilidad de los huecos. El CTE (*Código Técnico de la Edificación*) define la permeabilidad del aire como "*la propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial*". "*La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso de aire, expresada en m^3/h, en función de la diferencia de presiones. Es un parámetro que afecta al confort térmico de espacios habitables*."

"*La nueva redacción del DB H1, de obligado cumplimiento desde el 13 de marzo de 2013, recoge los valores mínimos de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica en su Tabla 2.3.:*

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno[1] [W/m^2·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m^2·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos[2] [W/m^2·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos[3] [m^3/h·m^2]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

[1] Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.
[2] Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.
[3] La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

[3]: L*a permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100 Pa*. Valor

Tabla 5: transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

en zonas climática de invierno C, D y E: <= 27 m3/h.m2" (nuestro centro deportivo se encuentra en la zona C).

Posteriormente, el programa nos da la opción de introducir dispositivos de protección solar de las ventanas (lucernarios, voladizos, toldos…) y la opción de doble ventana.

Por último, nos pide las propiedades térmicas las cuales vamos a estimar, eligiendo un tipo de vidrio doble y un tipo de marco metálico sin RPT (Rotura de Puente Térmico). Un puente térmico se puede definir como una zona en la que, en comparación con las zonas próximas, se transmite el calor con mayor facilidad.

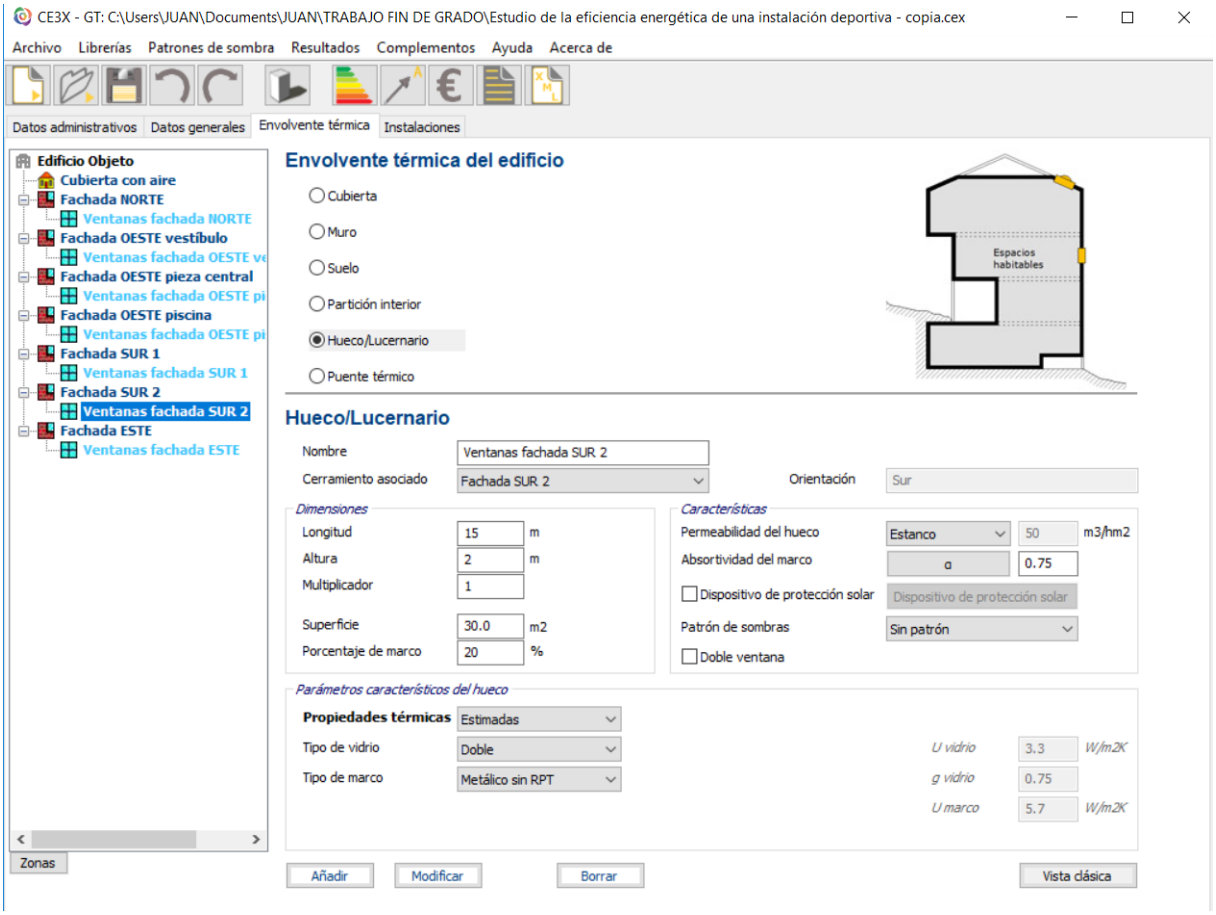


Ilustración 8: pantalla envolvente térmica (ventanas)

El programa nos da la opción también de introducir el patrón de sombras. Este nos define la sombra que objetos remotos arrojan sobre el centro deportivo. Es un aspecto que influye en el comportamiento energético del centro ya que la cantidad de radiación solar tiene relevancia en este aspecto. Nuestro centro no tiene edificios alrededor que proyecten sombra, y tiene una forma que hace que no tenga superficies que produzcan sombra sobre sí mismo, por lo que no calcularemos el patrón de sombras. El resto de datos de la envolvente los introduciremos por defecto ya que no disponemos de más información de la obra del edificio.

3.1.4 Instalaciones

El programa nos pide en último lugar introducir los datos de las instalaciones. Por lo tanto vamos a introducirlas según el RITE (Reglamento Instalaciones Técnicas en los edificios).

En el centro deportivo tenemos el ACS y la Calefacción juntos, y la refrigeración por otro lado. Por lo tanto, introduciremos los equipos correspondientes de esta manera.

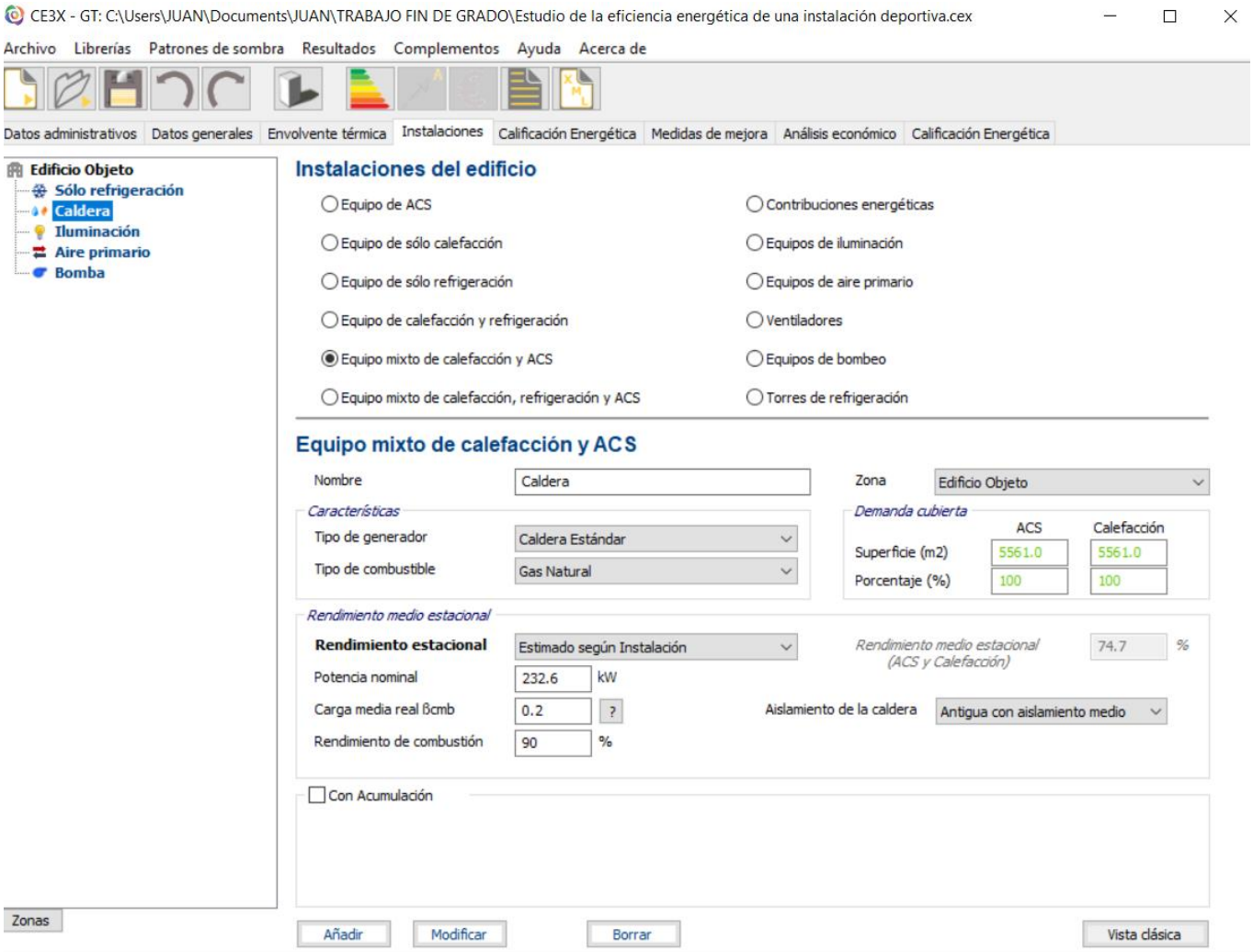


Ilustración 9: pantalla instalaciones (caldera)

La caldera que tenemos en la instalación es una caldera estándar con las siguientes características:

-Marca: ROCA

-Tipo: NTD-200

-Potencia (P): 232,6 kW

-Rendimiento de combustión (η): 90%.

Por lo tanto, introduciremos en el programa la caldera. Ya que conocemos las características (P y η), podemos determinar el rendimiento medio estacional eligiendo la opción de 'Estimado'.

La demanda de superficie que cubre es la total.

CE3x también requiere la carga media real y el aislamiento de la caldera. Es importante saber que significan estos términos.

Como vamos a ver a continuación, el 'Factor de carga media real' (β_{cmb}) se puede definir como "la media de las fracciones de carga del generador durante su tiempo de servicio". Es un parámetro cuyo valor puede tener una gran influencia en las certificaciones energéticas realizadas con CE3X.

Para entender mejor qué es la carga media real, vamos a exponer el siguiente artículo, publicado el 3 de octubre de 2013 por José Luis Camiña Martínez, Ingeniero Técnico Industrial en *NORTAP INGENIEROS S.L.*, y Formador para CE3X, Presto y Cypecad MEP en AFI (Aula Informática de Galicia), en 'http://instalaciones-termicas.blogspot.com.es':

"*Veremos en este artículo que es el factor de carga media real de las calderas (B_{cmb}) y la influencia que el valor de este parámetro puede tener en las certificaciones energéticas de edificaciones existentes realizadas con el software CE3X…*

… Conforme a lo indicado en el Manual de Fundamentos Tecnicos del CE3X (Apdo. 5.1, pagina 23), el programa calcula las emisiones CO2 asociadas al servicio de calefacción en base a los valores especificados de rendimiento medio estacional del generador y la demanda del edificio.

Cuando seleccionamos la introducción de datos del generador por el método 'Estimado', para la obtención del rendimiento medio estacional del generador el procedimiento descrito en la norma UNE 15378: Sistemas de calefacción en los edificios. Inspección de calderas y sistemas de calefacción (Manual de Fundamentos Técnicos del CE3X, Apdo. 4.2.1, página 78):

$$\eta_{gen} = \eta_{comb} - \left(\frac{1}{\beta_{cmb}} - 1 \right) \alpha_{ch,off} - \frac{1}{\beta_{cmb}} \cdot \alpha_{ge}$$

Ecuación 1: rendimiento estacional

Los parámetros que intervienen en dicha ecuación son:

-η_{comb}: rendimiento de combustión. Es uno de los datos de entrada del programa. Se obtiene realizando un análisis de combustión al sistema generador de calor. Ante la imposibilidad de la obtención de este parámetro se determinará un valor del 85%.

-$\alpha_{ch,off}$: factor de pérdidas por la chimenea con el quemador parado. Estimado por el programa.

-α_{ge}: factor de pérdidas a través de la envolvente del sistema de generación de calor. El programa lo estima en función del dato de 'Aislamiento de la caldera'.

-β_{cmb}: factor de carga media real. Es la media de las fracciones de carga del generador durante su tiempo de servicio.

El factor de carga media real, puede estimarse, para el caso de instalaciones con varios generadores funcionando simultáneamente, empleando la ventana que aparece cuando pulsamos el botón '?'.

En aquellos casos donde no se disponga de la información suficiente para el cálculo de β_{cmb}, se considerará el valor por defecto de 0,2 (Manual de Fundamentos Técnicos del CE3X, tabla 34, página 80).

Es posible calcular el valor de la carga media real β_{cmb} mediante la ecuación (Manual de Fundamentos Técnicos del CE3X, Apdo. 4.2.1, página 79):

$$\beta_{cmb} = \frac{V_{del} \cdot H_x}{\Phi_{cmb} \cdot t_{gen}}$$

Ecuación 2: factor de carga media

Donde:

-V_{del}: consumo real del combustible. Puede ser obtenido por medio de facturas energéticas o por el contador volumétrico de la instalación, si existe. Se debe expresar el consumo real de combustible en las mismas unidades en las que estará expresado su poder calorífico.

-H_x: poder calorífico del combustible. Se debe obtener en kilovatios hora (kWh) por unidad másica o volumétrica, concordando con la utilizada en el consumo real.

-ϕ_{cmb}: potencia nominal del sistema generador. La potencia nominal puede obtenerse a partir de la placa de característica del equipo que compone el sistema generador o de información comercial de dicho equipo.

-t_{gen}: define el tiempo de funcionamiento del sistema generador en período de tiempo considerado. Este parámetro afecta al tiempo de disposición de servicio de la/s caldera/s del sistema generador, no de su/s quemador/es. Este parámetro se puede obtener del programa de funcionamiento del sistema o de algún contador horario, si se dispone. En caso de que no se disponga de ninguna de las dos opciones, se estimará según el criterio del técnico certificador (o bien se obtendrá del propietario o de la comunidad). Debe estar expresado en horas (h)….”

En definitiva, CE3x nos estima este rendimiento basándose en la elección que hagamos de: ‘Tipo de aislamiento de la caldera’. Nosotros tenemos una caldera antigua con aislamiento medio. De todas formas, vamos a calcular el valor del rendimiento medio estacional manualmente para comprobar que obtenemos el mismo resultado (o muy parecido) que el valor que nos calcula el programa. Sabiendo lo explicado anteriormente, tendremos:

$$\eta_{gen} = \eta_{comb} - \left(\frac{1}{\beta_{cmb}} - 1 \right) \alpha_{ch,off} - \frac{1}{\beta_{cmb}} \cdot \alpha_{ge}$$

Donde:

-η_{comb} = 90% (el rendimiento de la combustión es un dato conocido)

-$\alpha_{ch,off}$: factor de pérdidas de la chimenea con el quemador parado = 0,4 (obtenido de la siguiente tabla).

Table E5 – Default values for $P_{ch,off}$ factor

Description	$P_{ch,off}$ [%]
Liquid fuel or gas fired boiler with the blower before the combustion chamber and automatic closure of air intake with burner off Premixed burners	0,2
Wall mounted, gas fired boiler with blower and wall flue gas exhaust	0,4
Liquid fuel or gas fired boiler with the blower before the combustion chamber and no closure of air intake with burner off Chimney height < 10 m Chimney height > 10 m	 1,0 1,2
Atmospheric gas fired boiled	
Chimney height < 10 m Chimney height > 10 m	1,2 1,6
NOTE: Copied from draft prEN 15316 – 2.2.1	

Tabla 6: pérdidas a través de la chimenea de la caldera

-α_{ge} = factor de pérdidas a través de la envolvente del sistema generador de calor

Table E4 – A and B coefficients for $P_{gn,env}$ calculation

Generator insulation type	A	B
Well insulated, high efficiency generator	1,72	0,44
Well insulated and maintained	3,45	0,88
Old generator with average insulation	6,90	1,76
Old generator, poor insulation	8,36	2,2
No insulation	10,35	2,64

Tabla 7: pérdidas por la envolvente de la caldera

$$\alpha_{ge} = A – B * \text{Log}\ \phi_{cn} = 6{,}9 – 1{,}76 * \text{Log}\ (232{,}6) = 2{,}7$$

- β_{cmb}=factor de carga media real = 0,2

Por lo tanto:

$$\eta_{gen} = 90 – (1/0{,}2 - 1) * 0{,}4 – (1/0{,}2) * 2{,}7 = 74{,}9\%$$

Este valor es prácticamente igual al estimado por el programa de 74,7% (no es exactamente el mismo debido a que los parámetros que usa el programa siempre serán más exactos que los nuestros).

Es importante también conocer en qué se diferencian el rendimiento instantáneo y el rendimiento estacional.

Para entender esta diferencia, vamos a utilizar las definiciones que tenemos en la página web de *Buderus*, una empresa líder en sistemas de calefacción a gas o gasóleo, sistemas solares térmicos y sistemas para el uso de energías renovables (fuente: http://www.buderus.es/productos/eficiencia-energetica/generadores-de-calor-eficientes-filosofia-buderus/importancia-de-la-diferencia-rendimiento-instantaneo-y-estacional.html):

"*Rendimiento instantáneo: porcentaje de calor aprovechado, considerando las pérdidas en humos, inquemados y por la envolvente de la caldera (rendimiento puntual, en unas condiciones de funcionamiento concretas).*

Rendimiento estacional: rendimiento que proporciona el generador de calor a lo largo de toda la campaña de invierno (rendimiento en función de las condiciones variables de demanda y funcionamiento de una instalación real).

El rendimiento estacional de un generador de calor, es siempre inferior al instantáneo ya que, considera unas pérdidas importantes para una instalación, que el rendimiento instantáneo no contempla.

Las mayores pérdidas del generador de calor, son las pérdidas por disposición de servicio (arranques y paradas del quemador).

El rendimiento instantáneo de una caldera, no tiene en cuenta estas pérdidas.

Que una caldera tenga un buen rendimiento instantáneo, no implica que el rendimiento de la instalación completa lo sea (puede ser hasta 15 punto inferior).

El rendimiento estacional del generador, da idea de su capacidad de adaptarse a las necesarias variaciones de funcionamiento de la instalación.

Todos los rendimientos dados por Buderus, son rendimientos estacionales normalizados, incluyen las pérdidas por arranques y paradas del quemador."

El siguiente punto a analizar es la refrigeración de la instalación. El equipo de refrigeración se compone de una máquina de refrigeración que trabaja eléctricamente. La bomba de dicha máquina tiene un rendimiento de alrededor del 200%.

Como ocurrió anteriormente con la calefacción y el ACS, el programa nos calculará el valor del rendimiento medio estacional estimándolo a partir del dato del rendimiento nominal de la bomba (200%), sabiendo que la bomba es 'aire-aire', y sabiendo que la antigüedad del equipo está en el intervalo 1994-2013.

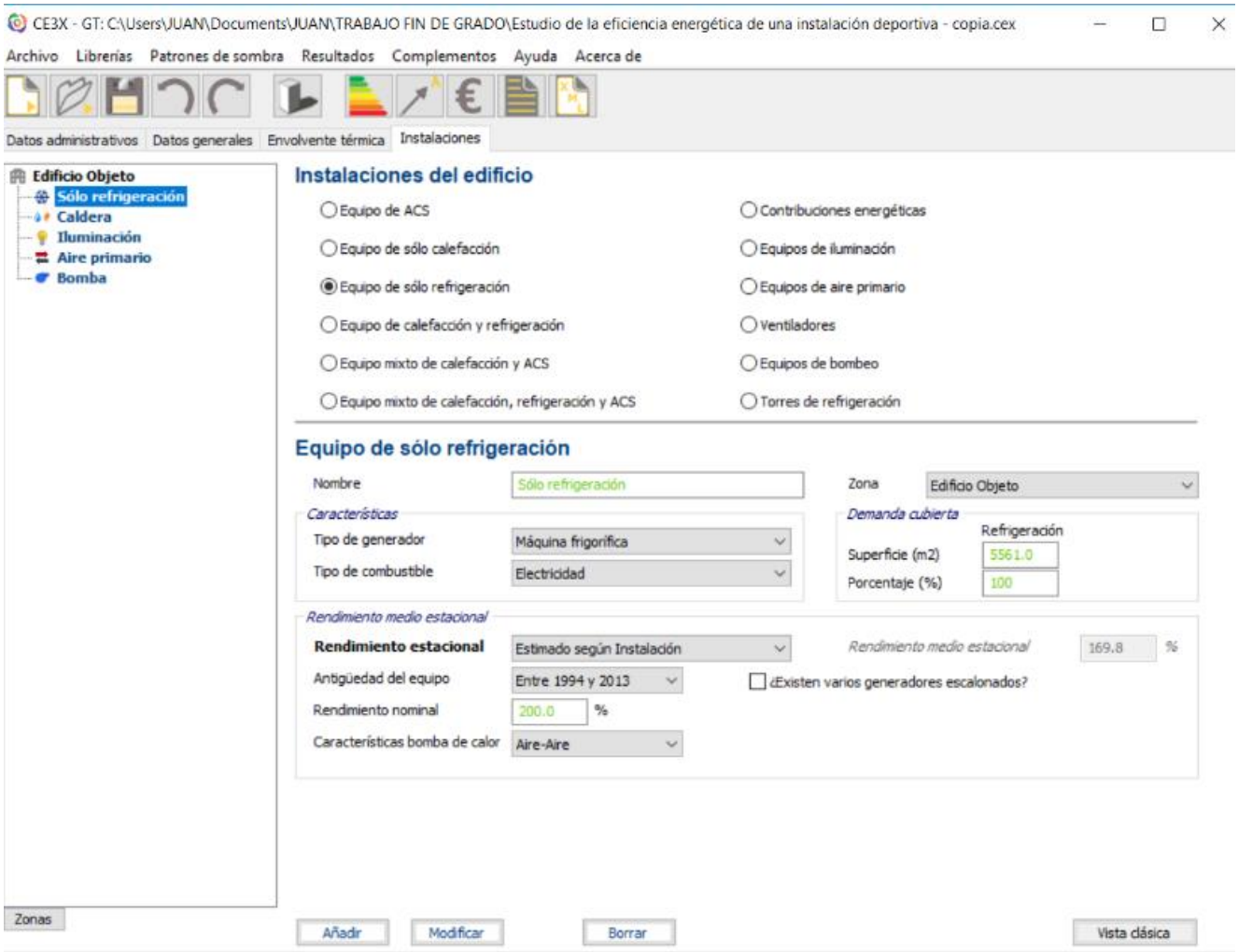


Ilustración 10: pantalla instalaciones (refrigeración)

En el siguiente punto el programa nos da la opción de elegir fuentes de energía renovables y/o generación de electricidad mediante renovables/cogeneración. Estas serían contribuciones para mejorar el poder energético del centro. Nuestra instalación no dispone de ellas, por lo que este podría ser un punto a valorar en las mejoras.

Posteriormente pasamos a los equipos de iluminación. En primer lugar, es importante hacer mención a cuáles deben ser los tres objetivos fundamentales a los cuales debe servir la iluminación. La 'Guía de la eficiencia energética en instalaciones deportivas' de *Fenercom* estos objetivos son: "…

-Cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual

-Crear ambientes agradables y confortables para los usuarios de las instalaciones.

-Racionalizar el uso de la energía con instalaciones de la mayor eficiencia energética posible.

…"

Por lo tanto, "*las instalaciones de iluminación deben estar dotadas de sistemas que proporcionen un entorno visual confortable y suficiente, según las tareas y actividades que se desarrollen. Aplicando criterios de calidad adecuados al diseño, instalación y mantenimiento de todos aquellos elementos que intervienen en la obtención de una buena iluminación, se obtendrán los resultados de confort visual requeridos, garantizando la máxima eficiencia energética y, por lo tanto, los mínimos costes de explotación*."

Por otro lado, esta guía también nos cuenta que "*los principales problemas que se pueden encontrar en una instalación de alumbrado son:*

-Luminarias que producen deslumbramientos directos o indirectos.

-Lámparas de temperatura de color y potencia inadecuada a la instalación, tanto por defecto como por exceso."

… "*es importante que la utilización de iluminación sea lo más eficiente posible, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo y lámparas de alta eficacia luminosa (lumen/vatio), unidas al uso de sistemas de control y regulación cuando sea posible, y adecuadas a las necesidades del espacio a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética*".

Según la Norma UNE 12464-1, existen unos niveles mínimos de iluminación que deben cumplirse para un gimnasio:

	E_m lux	UGR	R_a
Salas de deporte, gimnasios	300	22	80

Tabla 8: iluminación en gimnasios

Tendremos diferentes tipos de lámparas y luminarias en nuestra instalación. Un tipo para las piscinas y otro para el gimnasio y el resto de salas destinadas a deporte.

En el gimnasio tenemos lámparas con tubos fluorescentes. Estos tienen larga vida útil, buena reproducción cromática y se reencienden automáticamente. Sin embargo, su eficiencia se puede mejorar.

En las piscinas, según la Norma de iluminación de Instalaciones deportivas (UNE 12193), "*la iluminación tiene que ser uniforme y de manera que no dificulte a los usuarios, debiendo cumplirse los siguientes niveles mínimos de iluminación: …*"

	E_m lux	E_{min}/E_m	R_a
Exterior: Competiciones locales, entrenamiento, uso escolar y recreativo	200	0,5	> 60

Tabla 9: iluminación en piscinas

En nuestro centro tenemos en la piscina lámparas de descarga de alta intensidad, concretamente de halogenuros metálicos, los cuales poseen buena reproducción cromática y buena eficacia luminosa, pero tienen algunas desventajas como su incapacidad de reencendido y que no son los más eficientes.

Es importante saber si nuestro centro cumple esta dentro de las reglas de iluminación. Para ello vamos a calcular el VEEI. El VEEI es el 'Valor de eficiencia energética de la instalación', y se define como:

$$VEEI = \frac{\text{Potencia instalada x 100}}{Superficie\ iluminada\ (m2)\ x\ iluminancia\ media\ mantenida}$$

Las unidades son por lo tanto: W/m2 por cada 100 Lux.

Para este valor están establecidos unos valores mínimos, y se hace diferenciación en los edificios dos tipos de zonas: las de representación y las de no representación. La diferencia entre estas dos zonas es que las de representación son aquellas donde el criterio de diseño, imagen o estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética. Por el contrario, zonas de no representación son aquellas donde los criterios como el nivel de iluminación, confort visual, seguridad y eficiencia energética son más importantes que cualquier otro criterio.

Como podemos ver en la tabla, nuestro valor corresponderá a zonas de no representación, espacios deportivos, es decir, VEEI=5.

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 Zonas de no representación	Administrativo en general	3,5
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Aparcamientos	5
	Espacios deportivos (5)	5
	Recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
2 Zonas de representación	Administrativo en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros Comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Religioso en general	10
	Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12
	Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10

Tabla 10: valores límite de eficiencia energética de la instalación

Por ello, vamos a calcular si nuestro centro cumple la norma y el VEEI no supera el límite establecido.

*VEEI= P * 100/ S * Em*

Donde:

P: la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares (W);

S: la superficie iluminada (m^2);

E_m: la iluminancia media horizontal mantenida (lux);

Para el valor de la superficie iluminada tomaremos el valor de la superficie total útil del centro: 5561 m^2.

A partir de la siguiente tabla, sacaremos la potencia que introduciremos como valor límite para irnos al peor caso en el que tengamos la potencia máxima de iluminación en nuestro centro.

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

Tabla 11: potencia máxima de iluminación

$P=10\ W/m^2 * 5561\ m^2 = 55610\ W$

Para la iluminancia media horizontal tomaremos la media entre los valores establecidos para las piscinas (200lux) y para las sales de deporte y gimnasios (300lux), los cuales explicamos anteriormente. Es decir: E_m=250 lux.

Luego:

$VEEI= 55610\ W * 100 / 5561m^2 * 250\ lux = 4$

Obtenemos por tanto un valor que está dentro del rango posible, ya que es menor que el valor límite que sacamos anteriormente de la tabla (5).

Por último introduciremos los datos al programa para tener nuestro equipo de iluminación:

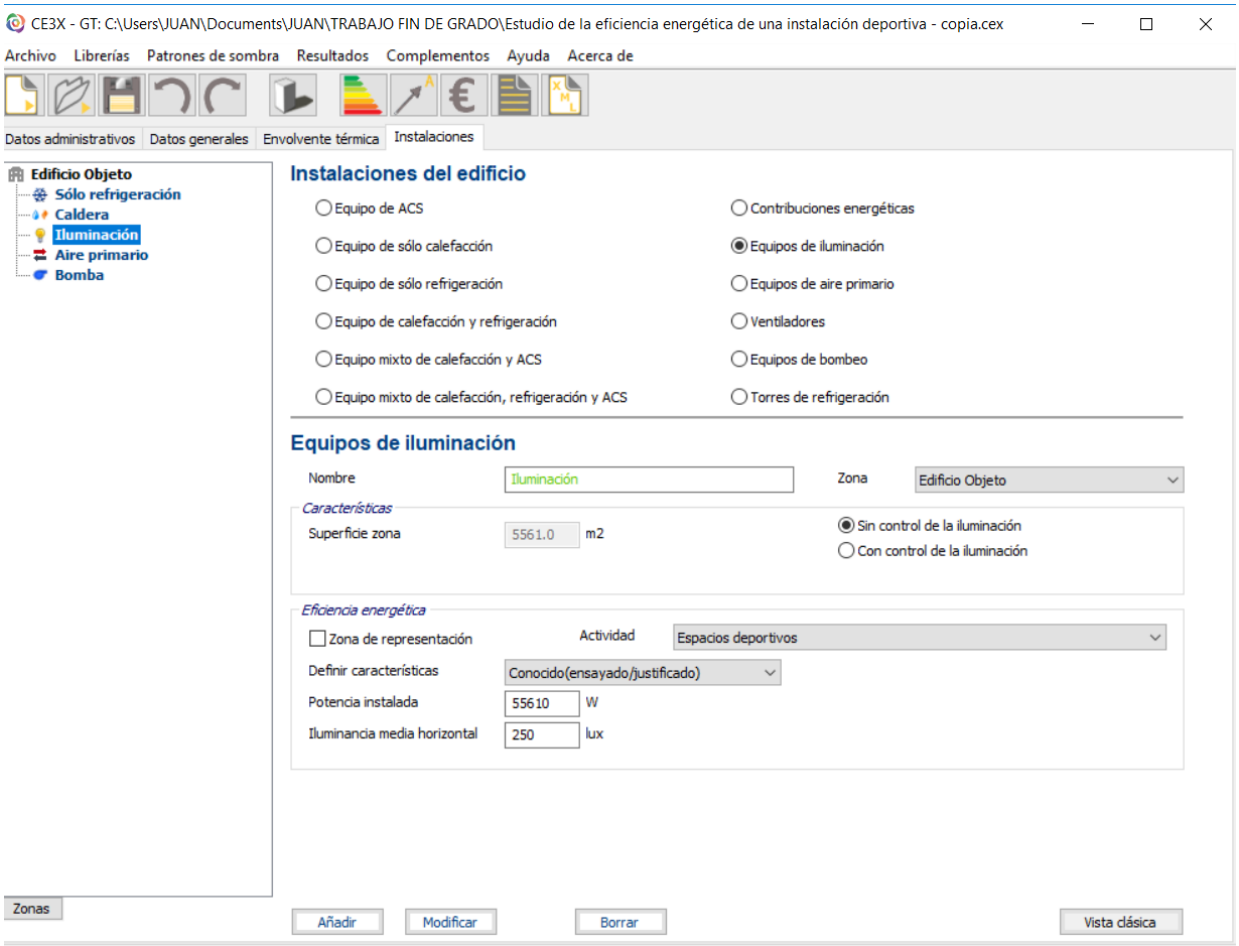


Ilustración 11: pantalla instalaciones (iluminación)

El siguiente apartado son los equipos de aire primario. En este punto el programa nos pide el caudal de ventilación en m3/h. Estos equipos son, por lo tanto, los equipos que introducen la cantidad de aire que se introduce del exterior al interior del edificio. En la pestaña 'Datos generales', 'Ventilación del inmueble' definimos que la cantidad de aire de ventilación necesaria para cumplir las exigencias saludables es de 4 ren/hora. Por lo tanto, en m^3/hora esta cantidad será:

Caudal de ventilación = 4 ren/h * volumen = 4 * (5561m^2 x 3m) = 66732 m^3/hora

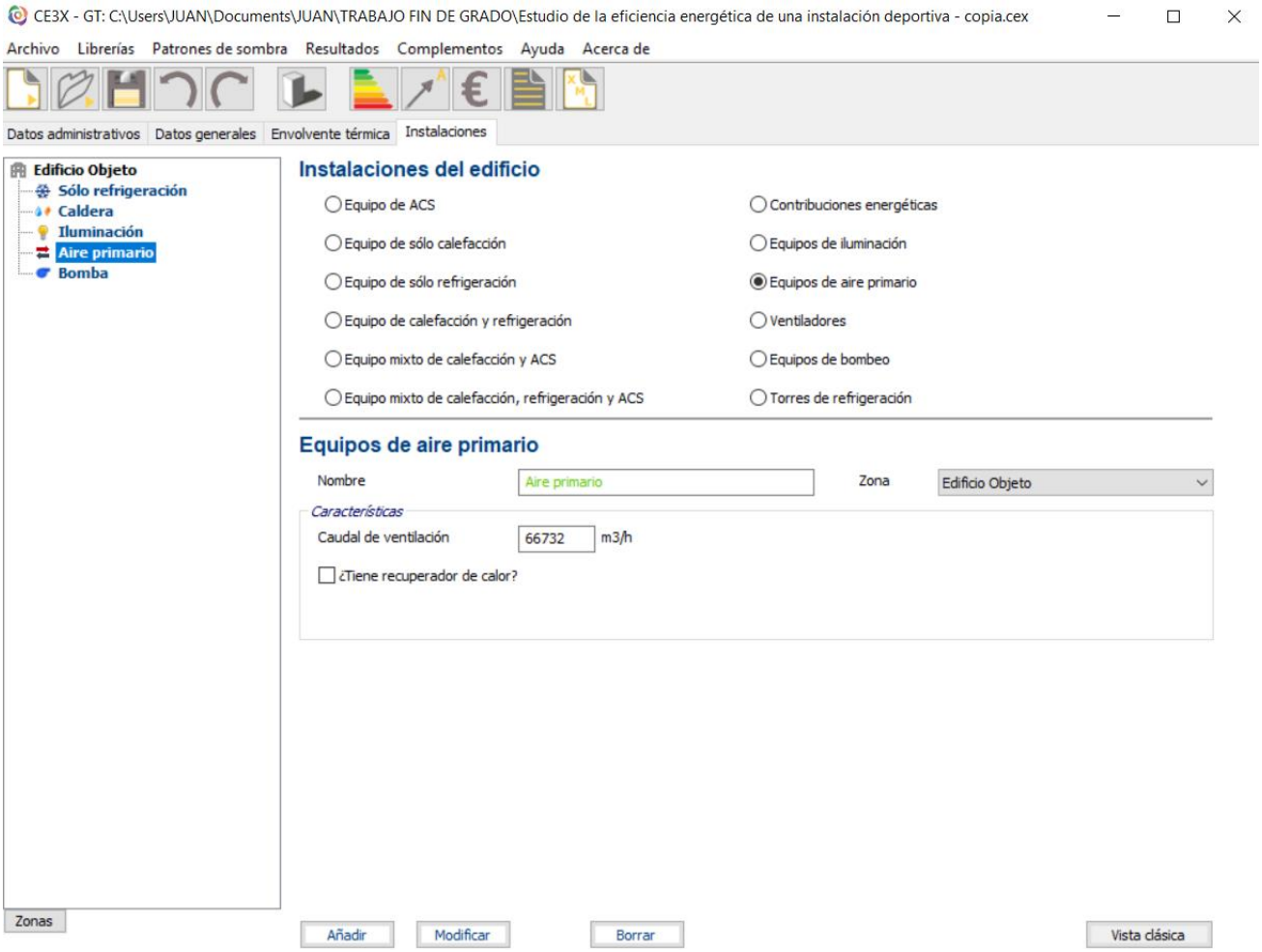


Ilustración 12: pantalla instalaciones (aire primario)

Por último tenemos los equipos de bombeo. Nuestra instalación dispone de varias bombas las cuales se encargan de mover y distribuir todo el caudal de agua del centro. Para introducir este dato el programa nos pide el consumo energético anual. Para calcularlo, hay que saber en primer lugar que las características de las bombas son las siguientes:

-Caudal = 43,8 m^3/hora (caudal constante)

-Presión = 6 m.c.a.

Por lo tanto, el cálculo de la potencia será el siguiente:

$P = Den. * g * Q * H = 1000\ kg/m^3 * 9{,}81 m/s^2 * (43{,}8/3600) m^3/s * 6\ m = 716{,}13\ W$

$P_{abs} = P/\eta = 716{,}13 / 0{,}6 = 1193{,}55\ W$ (rendimiento=0,6)

Suponemos que funcionan las 16 horas de funcionamiento del centro luego:

Consumo anual = 1193,55 W * 16h * 365 días = 6970 kWh

Sabiendo que tenemos 5 bombas iguales:

Consumo anual total = 6970 kWh * 5 = 34850 kWh

En el programa hemos introducido un valor de 38000 kWh, ya que es el valor que nos proporcionaron en el propio centro (vemos que el calculado por nosotros es prácticamente el mismo).

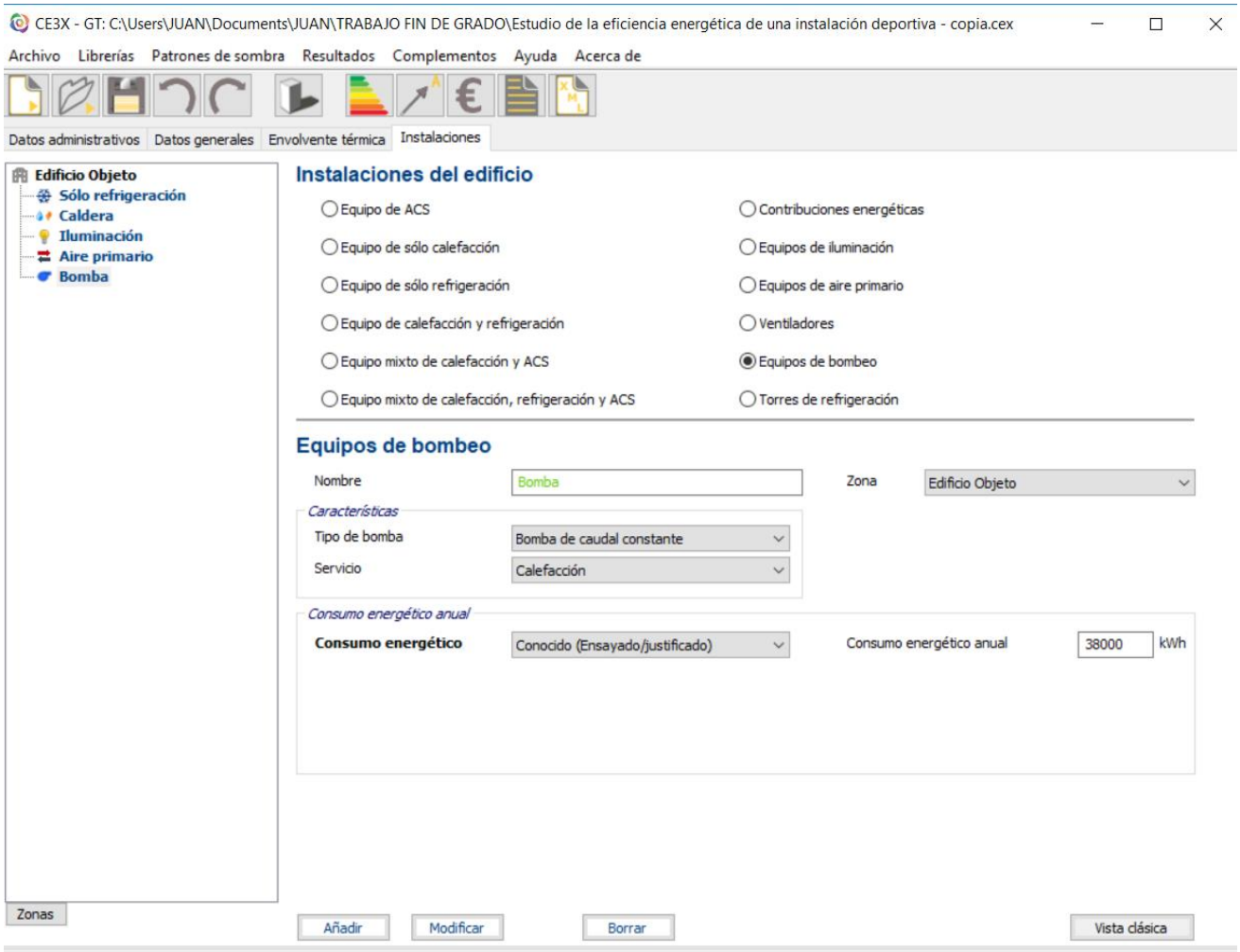


Ilustración 13: pantalla instalaciones (equipos de bombeo)

Llegado a este punto, ya tenemos definido nuestro edificio en todos sus aspectos, como explicamos anteriormente. El siguiente paso es 'Calificar el proyecto'. Es decir, obtener el certificado con el nivel de eficiencia que tenemos en nuestra instalación tal y como la hemos definido. Este nivel de eficiencia se corresponde con una letra, como se puede ver en la imagen, siendo el nivel 'A' el máximo posible y el 'G' la peor etiqueta en términos de eficiencia energética. Nosotros hemos obtenido un nivel D con un nivel de emisiones de 105,9 kg CO2/m2, el cual es muy mejorable. El programa nos desglosa además este nivel que hemos obtenido en diferentes niveles obtenidos de la demanda de calefacción, la demanda de refrigeración, las emisiones de calefacción, las emisiones de refrigeración, las emisiones de ACS y las emisiones de iluminación.

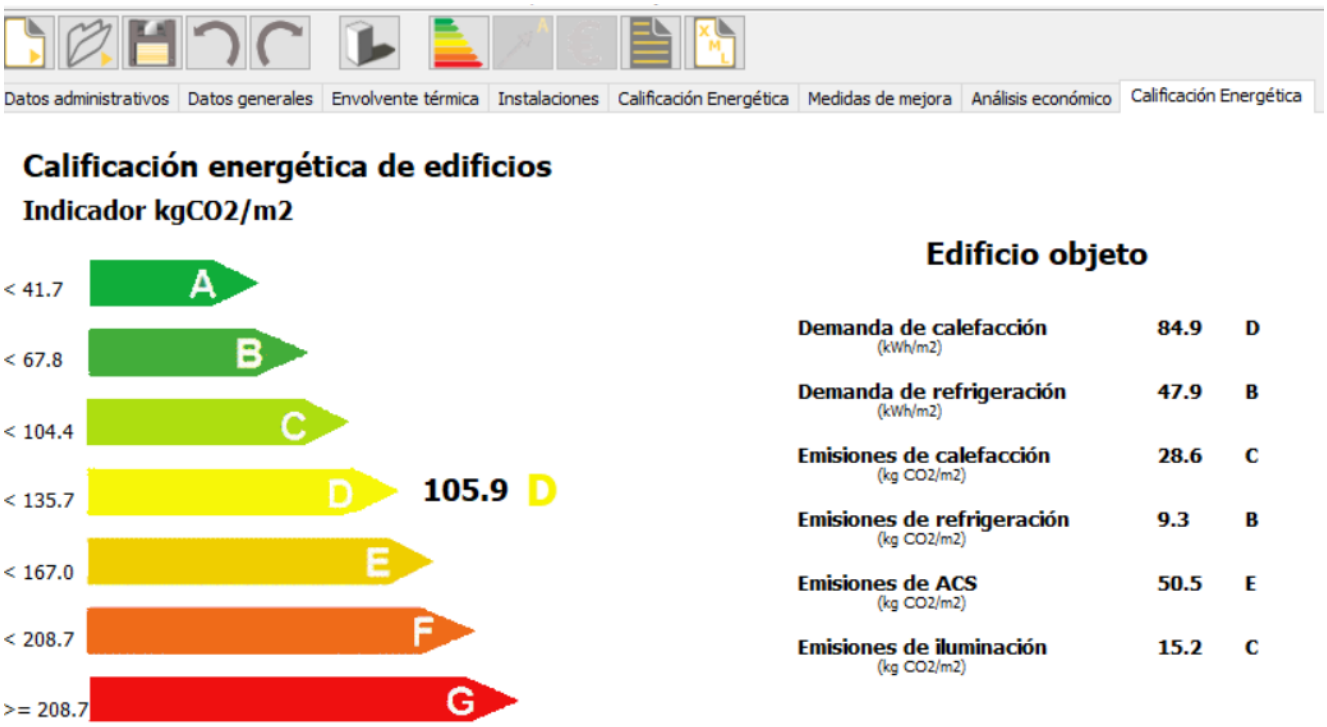


Ilustración 14: calificación energética situación inicial

Ahora llegamos al objetivo primordial de este proyecto, que no es otro que mejorar esta situación. Para ello propondremos una serie de soluciones para poder mejorar el estado y la situación en cuanto a eficiencia energética del edificio.

Por lo tanto, lo que vamos a hacer ahora es proponer una serie de mejoras de diferente tipo y analizar si son viables tanto en eficiencia como económicamente. A priori todas serán simples hipótesis hasta que no estudiemos y demostremos que vayan a ser beneficiosas para nuestra instalación.

4 MEDIDAS DE MEJORAS

4.1 CAMBIO DE CALDERA

Como hemos explicado anteriormente, disponemos de una caldera que no es la ideal en términos de eficiencia. Además, no tiene un gran rendimiento ni el mejor aislamiento. Por lo tanto, en esta propuesta vamos a tratar de encontrar una caldera buscando dos objetivos: eficacia y disminución de contaminación. Plantearemos una serie de propuestas en las que veremos diferentes alternativas de tipos de caldera que funcionan de manera diferente e incluso con diferentes combustibles. En primer lugar las plantearemos técnicamente y después económicamente (presupuestos).

<u>Caldera de condensación (gas natural)</u>

Este tipo de calderas son muy eficientes, ya que logran alcanzar grandes rendimientos aprovechando el calor latente de los humos procedentes de la combustión. Es decir, al enfriar los humos por debajo de la temperatura de rocío (temperatura en la que el vapor de agua pasa a estado líquido) se libera energía en forma de calor, la cual es aprovechada para calentar el agua del circuito.

Las grandes diferencias con las calderas convencionales son:

-El aprovechamiento de esta energía, ya que en las calderas convencionales los humos se van por la chimenea sin aprovechar su poder calorífico. Por lo tanto, se pueden alcanzar grandes ahorros en la factura de gas (hasta del 30%).

-Menos contaminación: los gases que se desprenden son menos contaminantes que los de una caldera convencional, llegando a disminuir un 25%.

-Eficacia energética óptima superior al 98%.

-Son fiables y seguras.-Compatibles con todo tipo de instalaciones de gas, calefacción y agua caliente.

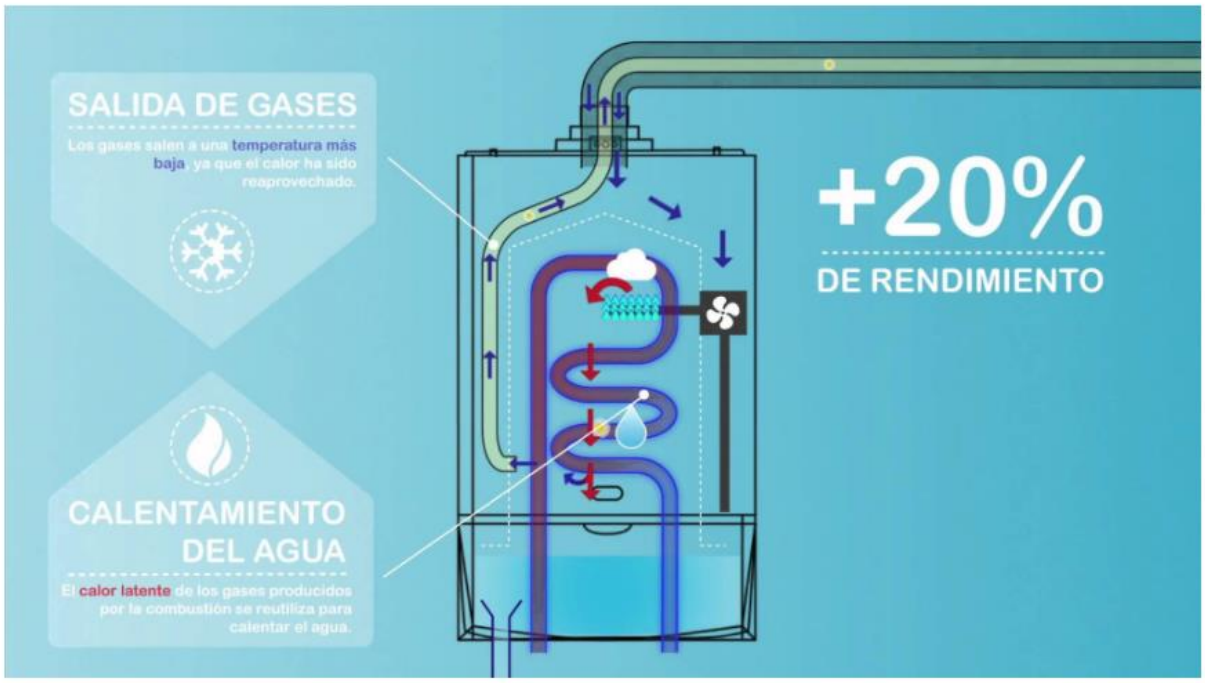


Ilustración 15: caldera condensación a gas natural

Vamos a seleccionar una caldera 'VITOCROSSAL 200' modelo CM2B, 87-311, de la marca VIESSMAN. Esta caldera tiene una potencia de entre 87 kW y 311 kW, y un rendimiento estacional de hasta un 98%.

Caldera de condensación a gas Vitocrossal 200, modelo CM2B

Potencia térmica nominal de 50/30 °C	kW	87	115	142	186	246	311
Potencia térmica nominal de 80/60 °C	kW	80	105	130	170	225	285
Dimensiones							
Longitud	mm	1760	1760	1760	1790	1790	1790
Anchura	mm	815	815	815	916	916	916
Altura	mm	1350	1350	1350	1450	1450	1450
Peso total (Con quemador, aislamiento térmico y regulación del circuito de la caldera)	kg	293	297	311	358	363	388
Contenido de agua de la caldera	l	225	225	221	306	292	279

Ilustración 16: características caldera condensación

Además de las ventajas anteriores, esta caldera en concreto posee una serie de características como:

-Efecto de auto-limpieza gracias a las superficies lisas de acero inoxidable.

-A escoger entre funcionamiento atmosférico y estanco.

-Todas las conexiones hidráulicas se pueden montar por la parte superior.

-Regulación fácil de manejar, también para instalaciones de varias calderas.

El siguiente paso a realizar es introducir la mejora en el programa, de manera que podamos calcular los datos técnicos.

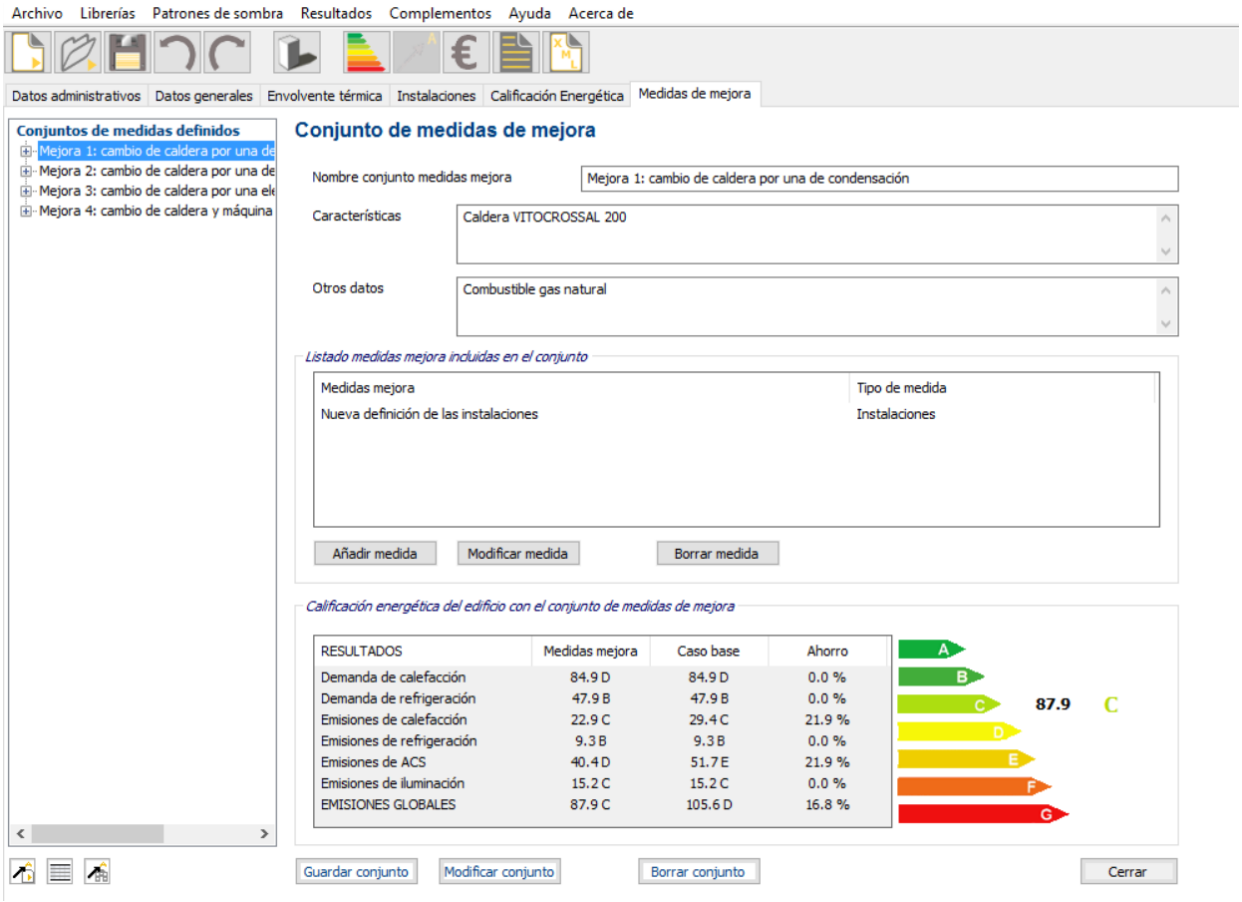


Ilustración 17: mejora caldera condensación

Como es lógico, vemos que se produce una gran mejora en la calificación de eficiencia energética por lo que esta será una propuesta muy a tener en cuenta técnicamente.

Sin embargo, hay que tener en cuenta también la parte económica para saber si es una mejora factible o no. Esto lo calcularemos una vez vistas todas las alternativas de cambio de caldera, en el apartado 'Presupuestos'.

Caldera de biomasa (pellets).

Este tipo de calderas son aquellas que, para su funcionamiento, utilizan combustibles naturales provenientes de fuentes renovables. Por ejemplo, los pellets de madera (procedentes de residuos forestales o de los excedentes de industrias madereras), las cáscaras de frutos secos, los huesos de aceitunas o la leña, son algunas de las fuentes de energía natural que emplean estas calderas.

Por esta razón, el biocombustible utilizado por estas calderas es mucho más barato que los combustibles tradicionales. Además, su precio no depende del mercado exterior ni de las grandes empresas extranjeras apoderadas de los combustibles fósiles, por lo que tendrá mucha más estabilidad a lo largo de los años.

Estos biocombustibles poseen un elevado poder calorífico por unidad de peso (hasta 4200 kcal/kg), lo cual hace que se consigan unos rendimientos en la caldera de biomasa cercanos al 100%. Son, por tanto, una forma de energía rentable y renovable que hace que en ocasiones las administraciones subvencionen su utilización.

Para entender la diferencia entre el poder calorífico de los biocombustibles con los combustibles fósiles, se estima que un kilogramo de pellet posee la mitad de poder calorífico que un litro de gasoil. Es decir, para generar la energía que produce un litro de gasoil, necesitaríamos dos kilos de pellet o hueso de aceituna. Por lo tanto, si en un año consume 2000 litros de gasoil necesitarán 4000 kg de pellet o hueso de aceituna. Cantidad que ocupará, sabiendo que 1 m^3 de pellet pesa aproximadamente 650 kg, unos 6 m^3.

Funcionamiento caldera biomasa

Para entender el funcionamiento de estas calderas, vamos a introducir la explicación que hemos encontrado en la página web de *Arkiplus*, *Articulos sobre arquitectura, construcción, paisajismo y decoración* (http://www.arkiplus.com/funcionamiento-de-una-caldera-de-biomasa):

Ilustración 18: caldera de biomasa

"Una caldera de biomasa funciona de una forma similar a una caldera de gas. El quemador de combustible quema el pellet que se le proporciona, generando una llama horizontal que entra en la caldera, como suele suceder en los sistemas de gasóleo. El calor generado durante esta combustión (en este caso de combustible natural) es transmitido al circuito de agua en el intercambiador incorporado en la caldera. El agua caliente generada se utiliza para calefacción y agua caliente sanitaria, climatización de piscinas, etc. La calefacción puede ser por cualquiera de los sistemas convencionales de agua, por ejemplo, suelo radiante, radiadores o fancoils. Las calderas de biomasa necesitan un contenedor o silo para el almacenaje de biocombustible situado próximo a la caldera. Desde el mismo, un alimentador de tornillo sin fin o de succión, lo lleva a la caldera, donde se realiza la combustión. El combustible tipo pellet debe almacenarse con una inclinación de unos 45º para su correcta inserción en la caldera. Al quemar biomasa se produce algo de ceniza, que se recoge generalmente de manera automática en un cenicero que debe vaciarse unas cuatro veces al año. El porcentaje de contenido de cenizas en los pellets es inferior al 1%. Para optimizar el funcionamiento de la caldera de biomasa, podemos instalar un acumulador, que almacenará el calor de una forma similar a un sistema de energía solar."

En definitiva, instalar una caldera de biomasa nos proporcionaría una serie de ventajas como:

-Se consigue un ahorro sustancial en los costes de calefacción.

-No se depende de las serias fluctuaciones de los precios de combustibles fósiles. Además el precio es mucho más bajo.

-Se puede comprar el combustible a diferentes proveedores locales.

-Se utiliza energía limpia: la contaminación de CO2 es neutra, ya que proviene de combustible natural

-Es energía segura: la biomasa no puede explotar.

La caldera elegida es la 'PYROT 300', de la marca 'VIESSMAN' cuya potencia es de 240 kW y su rendimiento es del 92%. Sus características son las siguientes:

PYROT Caldera de combustión rotativa
Para combustibles de biomasa con contenido de humedad ≤ 35%

Modelo		Pyrot 100	Pyrot 150	Pyrot 220	Pyrot 300	Pyrot 400	Pyrot 540
Potencia útil	kW	90	135	200	240	360	480
Presión maxima en funcionamiento				3 bar			
Medidas							
Longitud	mm	2263	2513	2537	2893	2877	3105
Anchura	mm	1050	1050	1330	1330	1570	1570
Altura	mm	1825	1825	2094	2084	2422	2492
Peso	kg	1825	2198	3024	3433	4438	5108

Ilustración 19: características caldera de biomasa

La mejora técnica que nos produce esta caldera es la siguiente:

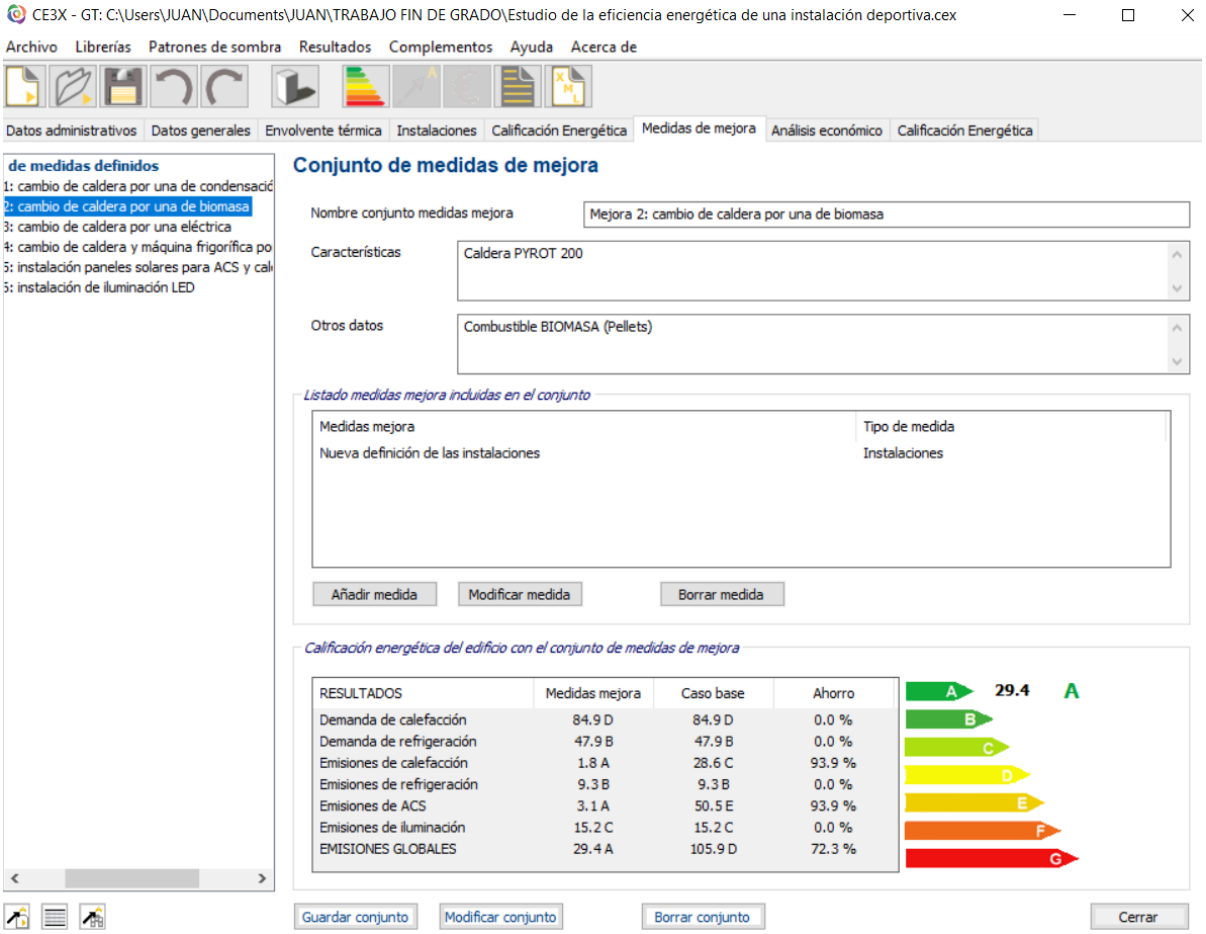


Ilustración 20: mejora caldera biomasa

Se puede observar que obtenemos una gran mejora en términos de eficiencia energética. Como se ha explicado anteriormente, al utilizar un combustible natural las emisiones son prácticamente nulas (CO2 neutro), por lo que aunque el rendimiento sea menor que en el caso de la caldera de condensación con gas natural, la eficiencia energética es mucho mayor. A la vista está que desde el punto de vista de eficiencia esta opción es ideal, pero tenemos que analizarla también económicamente.

Caldera eléctrica.

Un termo o calentador de agua eléctrico calienta agua a través de una resistencia eléctrica en su interior. El funcionamiento consiste en calentar el agua hasta una temperatura adecuada, entre los 60ºC y los 75ºC, para apagarse automáticamente la resistencia. Esta se pondrá de nuevo en marcha cuando una sonda detecte que la temperatura ha bajado a un cierto nivel. Para que este proceso funcione correctamente, es importante que el termo tenga un buen aislamiento porque si no es así, se producirán más pérdidas y se disparará el gasto eléctrico. Por lo tanto, el calentador de agua eléctrico tiene la gran ventaja de mantener el agua a temperatura constante en su interior, por lo que el agua saldrá caliente inmediatamente que se abre el grifo. De esta manera se ahorran pérdidas de agua (no hay que dejarla correr para que caliente).

Otra gran ventaja es la sencillez de su instalación y que requiere un mantenimiento menor que otro tipo de calderas.

Pero el termo eléctrico tiene una parte negativa: la energía eléctrica es la más cara para calentar agua. Se estima que un termo eléctrico enchufado 24 horas puede hacer subir la factura eléctrica en un 50%. Por este motivo, es importante saber el tiempo que necesita nuestro termo para calentar el agua y la cantidad de horas que es capaz de mantenerla caliente en su interior sin tener que volver a encender la resistencia. Al tener vestuarios en nuestra instalación, es probable que se necesite agua caliente durante todo el día, por lo que también sería necesario tener el termo encendido durante gran parte o incluso todo el día. Por eso, a priori no va a ser una buena opción en cuanto al tema de consumo eléctrico.

Es importante saber también que la capacidad del calentador debe adaptarse a las necesidades de agua de nuestra instalación.

Por otro lado, es recomendable situarlo en un lugar donde no haga mucho calor y protegido del sol.

También que existen los termos digitales, los cuales pueden ser programados para que el agua se caliente en los momentos que se necesite y a la temperatura deseada. Esto permite ahorrar más

energía pero, como dijimos antes, a priori es una opción no muy rentable porque en nuestra instalación vamos a necesitar agua caliente prácticamente todo el tiempo.

Sabiendo todo esto, la caldera eléctrica que vamos a elegir para esta hipótesis es una *E-Tech P 201*, la cual tiene una potencia de 201,6 kW con un rendimiento del 92%.

ENGLISH FRANÇAIS NEDERLANDS ESPAÑOL

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelos		57	115	144	201	259
Potencia		57,6 kW	115,2 kW	144 kW	201.6 kW	259,2 kW
Voltaje nominal de alimentación						
	Potencia	3 x 400 V	3 x 400 V	3 x 400 V	3 x 400 V	3 x 400 V
	Maniobra	1 x 230 V 50/60 Hz	1 x 230 V 50/60 Hz	1 x 230 V 50/60 Hz	1 x 230 V 50/60 Hz	1 x 230 V 50/60 Hz
Grupo de resistencias		4 x 3 x 2.4 kW	4 x 3 x 2.4 kW	4 x 3 x 2.4 kW	4 x 3 x 2.4 kW	4 x 3 x 2.4 kW
Número de resistencias		2	4	5	7	9
Valor Ohmico de cada resistencia (2,4 kW)		22,0 Ohm	22,0 Ohm	22,0 Ohm	22,0 Ohm	22,0 Ohm
Capacidad de agua (Litros)		60	60	60	102	102
Presión Máx. de trabajo (bars)		4	4	4	4	4
Presión Min. de trabajo (bars)		0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Temperatura Máx. de trabajo (°C)		90	90	90	90	90
Pérdida de carga hidráulica (mbares) [ΔT = 10°C]		20	79	123	20	33
Conexión de calefacción		2" [F]	2" [F]	2" [F]	DN 100 (*)	DN 100 (*)

Figura 44, Catalogo caldera eléctrica

Ilustración 21: características caldera eléctrica

La mejora en eficiencia que obtenemos con esta caldera es la siguiente:

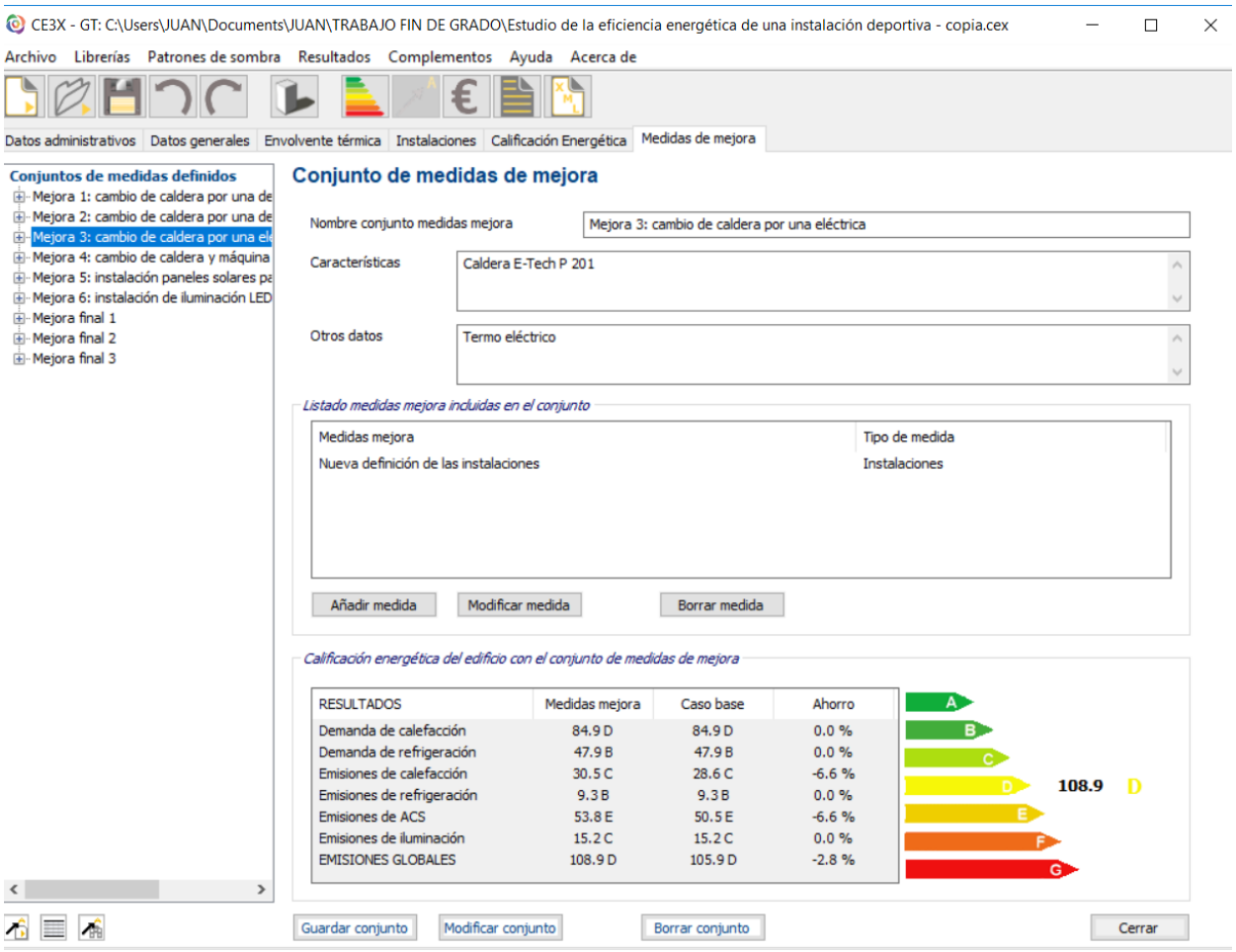


Ilustración 22: mejora caldera eléctrica

En esta opción podemos observar que empeoramos a situación actual en un 2,8%. Esto es debido a que empeoramos los niveles de emisiones de calefacción y ACS. Por lo tanto, es una opción que ya desde el punto de vista de eficiencia no nos va a salir rentable. Sin embargo, calcularemos un presupuesto de todas formas.

Bomba de calor

El funcionamiento de una bomba de calor se basa básicamente en transportar calor en lugar de generarlo.

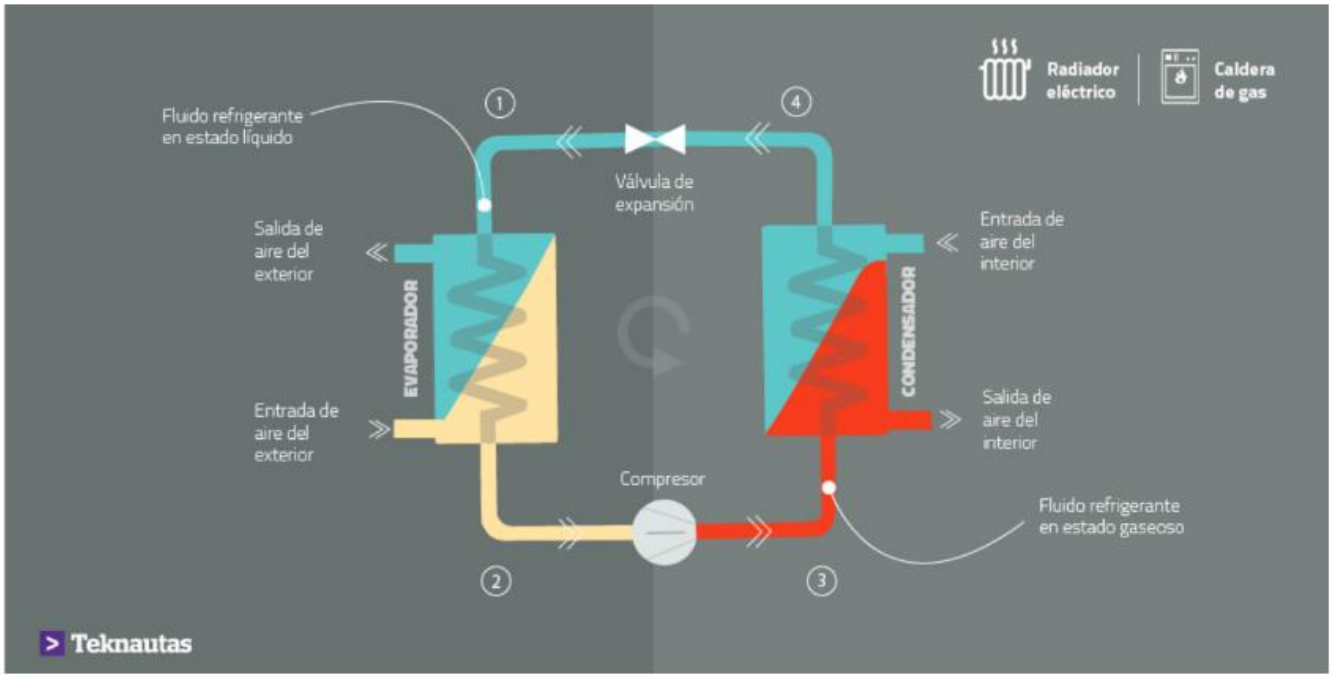


Ilustración 23: bomba de calor

Vamos a explicarlo mediante este artículo de *El Confidencial, 'Por qué una bomba de calor es el sistema más eficiente',* que hemos sacado de su página web (https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2015-01-15/por-que-una-bomba-de-calor-es-el-sistema-de-calefaccion-mas-eficiente_621981/):

"… Así funciona una bomba de calor:

1.- En el punto inicial, el fluido refrigerante que circula por el circuito cerrado y que es la base de la bomba, está a baja temperatura y a baja presión, y por tanto en estado líquido. Al conectar la bomba, empieza a aspirar aire del exterior. Ese aire pasa a través del evaporador rodeando el punto donde está el fluido, que absorbe el calor presente en el aire y cambia de estado, evaporándose. El aire es expulsado al exterior de nuevo, más frío que cuando fue absorbido.

2.- En el segundo paso, el fluido está en estado gaseoso, pero a baja presión. En el compresor ésta sube, y con ella también la temperatura.

3.- en el tercer paso, el fluido ya es vapor muy caliente. Al pasar por el condensador, cede la energía al aire que lo rodea, calentándolo para enviarlo al interior de la habitación y condensándose, volviendo así al estado líquido.

4.- en el último paso, el fluido pasa por la válvula de expansión para recuperar sus características iniciales (baja temperatura y baja presión) y comenzar de nuevo el ciclo.

Es el mismo funcionamiento que tiene una nevera solo que al revés y de hecho las bombas de calor reversibles funcionan también como aparatos de aire acondicionado. Se trata de llevar un calor que ya existe allí donde se quiere disfrutar. En el caso de la nevera es de dentro a fuera, en el caso de la calefacción es de fuera a dentro.

Las bombas de calor reciben ese nombre por la semejanza con las bombas que sirven para extraer agua de pozos o depósitos desde un nivel hasta otro más alto…

…Estas bombas generan entre 2 y 5 veces más energía que la que consume. Sin embargo, puesto que no hay que generar calor quemando combustible o a través de una resistencia, este sistema multiplica la potencia que ofrece en relación a la que consume, algo que en principio parece imposible. El rendimiento de las bombas térmicas se mide con una cifra denominada COP o coeficiente de rendimiento (coefficient of performance), que es el resultado de dividir la potencia suministrada entre la ofrecida. Aunque la lógica establece que ese número será como máximo 1 (1 kilovatio hora eléctrico será igual a 1 kilovatio hora térmico) dependiendo del modelo y las condiciones ambientales, el COP de las bombas de calor varía entre 2 y 5. Haciendo cálculos equivalentes, el COP de una caldera de gas ronda el 0,9 y el de un radiador eléctrico, el 1.

Ya que la eficiencia de una bomba de calor depende de las condiciones ambientales, especialmente de la temperatura exterior, no en todos los sitios será adecuado utilizarla. Cuanto mayor es la diferencia entre la temperatura exterior e interior, menor será su eficacia, reduciéndose a la mitad cuando fuera hay menos de 0 grados.

En lugares como los países nórdicos, donde las temperaturas invernales se encuentran habitualmente por debajo de esos niveles, es común encontrarse bombas geotérmicas. Estos sistemas extraen el calor, no del aire exterior, sino del subsuelo, donde se mantiene almacenado de forma constante durante todo el año. De esta forma, son fiables incluso cuando fuera hay varios grados bajo cero."

En definitiva, a priori una bomba de calor es una opción muy eficiente (1kW eléctrico aporta 3kW térmicos), nos puede cubrir tanto calefacción como refrigeración y presenta gran facilidad y

opciones de instalación; sin embargo, su rendimiento disminuye cuando la temperatura exterior es muy baja.

Hemos elegido una bomba de calor con las siguientes características:

-Marca y modelo: *Aquapak* MI-630

-Tipo: agua-aire-agua

-Potencia refrigeración: 123,2 kW

-Potencia calefacción: 174 kW

-Rendimiento refrigeración: 230%

-Rendimiento calefacción: 270%

CIATESA Sistema 4 tubos de producción simultánea de frío y calor **aquapack MI**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

	SERIE MI	120	155	195	225	255	315	450	510	630
Potencia enfriadora condensada aire	Potencia Frigorífica (1) (kW)	24,4	30,8	37,0	42,9	48,8	61,6	85,8	97,6	123,2
	Potencia Absorbida (3) (kW)	10,7	13,6	16,0	18,2	20,9	26,8	36,4	41,3	53,1
	Rendimiento EER	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,3
Potencias bomba de calor aire-agua	Potencia Calorífica (2) (kW)	27,0	34,7	41,8	47,9	54,0	69,4	95,8	108,0	138,8
	Potencia Absorbida (3) (kW)	10,2	12,6	15,0	17,2	19,9	24,8	34,4	39,3	50,4
	Rendimiento COP	2,6	2,7	2,8	2,8	2,7	2,8	2,8	2,7	2,7
Potencias agua-agua (recuperación)	Potencia Frigorífica (4) (kW)	24,2	30,8	37,4	42,9	48,4	61,6	85,8	96,8	123,2
	Potencia Absorbida (3) (kW)	9,9	12,7	15,0	17,4	19,8	25,4	39,8	39,6	50,8
	Potencia Calorífica (4) (kW)	34,0	43,5	52,4	60,3	68,2	87,0	120,6	136,4	174,0
Circuito agua fría	Caudal agua nominal (m^3/h)	4,2	5,3	6,4	7,4	8,3	10,6	14,8	16,7	21,2
	Pérdida de carga (m.c.a)	1,5	2,4	2,4	3,3	2,7	2,7	3,2	2,7	2,7
	Conexiones / rosca gas	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	2"	2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"
Circuito agua caliente	Caudal agua nominal (m^3/h)	5,9	7,5	9,0	9,5	11,8	15,0	18,9	22,2	27,0
	Pérdida de carga (m.c.a)	3,0	4,9	4,9	5,4	5,4	5,3	5,4	4,6	4,4
	Conexiones / rosca gas	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	2"	2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"
Ventilador circuito exterior	Caudal aire nominal (m^3/h)	13.000	13.000	16.000	16.000	26.000	26.000	32.000	52.000	52.000
	Presión estát. disp. (m.c.a.)					–				
	Tipo					HELICOIDAL				
	Número / Diámetro	1 / 700		1 / 800		2 / (800 + 630)		2 / 800	2 / 910	
	Potencia (W)	1.250		2.100		2.100 + 450		2.100	1.600	
	r.p.m.	860		880 / 630		880 / 630		880 / 630	830 / 610	
	Tipo					HERMETICO				

Ilustración 24: características bomba de calor

Para esta hipótesis de cambio de caldera, vamos a añadir una mejora complementaria que consiste en la instalación de un techo radiante que ayude a la bomba de calor a funcionar.

La calefacción radiante se basa en la transmisión de calor por radiación. Es un sistema muy eficiente por lo que se consiguen grandes ahorros de energía. Vamos a explicar brevemente en qué consiste la radiación para entendernos mejor. Existen tres tipos diferentes de transmisión de calor que pueden darse simultáneamente en el mismo foco: el contacto, la convección y la radiación. La proporción de transmisión de calor según un método u otro se encuentra en las características del foco de calor. En la mayor parte de sistemas de calefacción (radiadores convencionales, fancoils, estufas de biomasa…), la mayor parte del calor se transmite a través de convención, es decir, que el calor se transmite a unas moléculas que funcionan como medio transmisor, el aire. Sin embargo, en el caso de la calefacción por radiación, la mayor parte del calor no se transmite en forma de energía calorífica a través de un medio, sino como radiación infrarroja que viaja en el espacio, de la misma forma que la radiación del sol llega a nosotros desde el espacio exterior. Este es un tipo de transmisión de calor en el que no se calienta el aire, sino que los infrarrojos se convierten en energía calorífica únicamente cuando alcanzan una materia sólida. La gran ventaja de este tipo de transmisión es que no requiere de ningún aparato sofisticado, sino que solo depende de la propia naturaleza del foco emisor del calor, es decir, cuanto mayor sea la superficie de emisión mayor será la radiación. Por ello, esta es la idea del suelo radiante, que sería la superficie emisora.

Por lo tanto, dado que, como hemos explicado, los infrarrojos solo se transforman en calor cuando alcanzan cuerpos físicos, nos será indiferente donde situar el foco emisor dentro del local. Por esta razón, la opción de instalar un techo radiante es muy buena ya que no va a experimentar el problema de la estratificación, es decir, de la acumulación de calor de la calefacción en el techo (esto ocurre en los sistemas por convección). Por tanto, el techo radiante es un gran sistema de calefacción para locales con techo elevado como lo es nuestra instalación.

Además, el techo radiante presenta una gran ventaja respecto al suelo radiante: requiere de una obra civil mucho menor. Instalar un suelo radiante requiere levantar el suelo para poder insertar el sistema hidráulico, por lo que solo es rentable cuando se instala inicialmente con la obra o en una gran remodelación, lo cual no es nuestro caso. El techo radiante, en cambio, requiere una obra mucho menor y existen modelos que son paneles fácilmente acoplables que forman un falso techo, pudiendo llevar además la iluminación integrada.

Explicado todo esto, podemos concluir que instalar calefacción radiante tiene una serie de beneficios ya que es un sistema eficiente (se ahorra combustible, ya que no hay que calentar el agua tanto como en sistemas de radiadores antiguos), barato (muy eficiente, requiere consumir menos

energía), sano (proporciona un ambiente agradable y el calor está distribuido uniformemente), limpio (no acumula polvo), que no requiere mantenimiento, que puede utilizarse para calefacción y para aire acondicionado y su instalación puede ser independiente de una habitación a otra para así regular lo que se desee en cada caso.

En nuestro caso, vamos a instalar techo radiante ya que en comparación con el suelo radiante, presenta una serie de beneficios como una mejor conductividad, un mayor rendimiento, requiere menos obra ya que su instalación es más fácil, no se producen movimientos de aire y es un sistema de climatización mucho más rápido y uniforme.

Una vez explicado el funcionamiento y las ventajas que tiene instalar este sistema de calefacción por radiación, introducimos la mejora al CE3x:

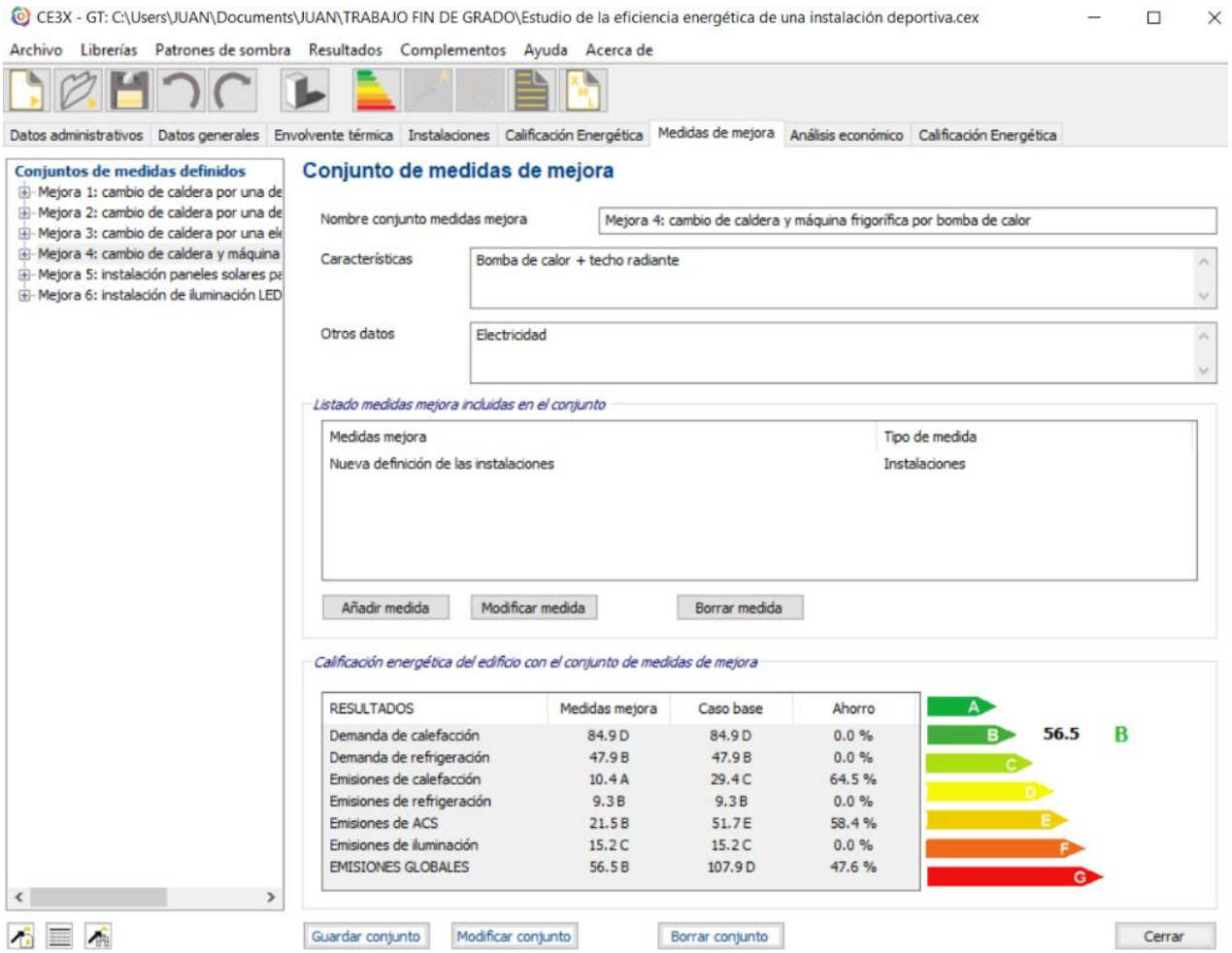


Ilustración 25: mejora bomba de calor

Vemos en los resultados de programa que obtenemos una gran mejora en emisiones de calefacción y de ACS, concretamente un 63,7% y 57,3%, respectivamente. La mejora técnica es bastante buena, llegando a obtener una etiqueta 'B' de eficiencia energética con 56,5 $kgCO^2/m^2$.

4.1.1 Presupuestos

Para poder realizar un presupuesto del coste de instalación de las calderas, hemos utilizado un generador de precios especializado en la construcción: 'generadordeprecios.info'.

El primer paso a seguir es desinstalar la caldera antigua de la instalación, lo cual supone un coste de 410 €. Este gasto será el mismo para todas las hipótesis de cambio de caldera.

Caldera de condensación (gas natural)

Posteriormente, hay que calcular el gasto que implica la compra e instalación de la nueva caldera. Con el programa de cálculo de presupuesto antes mencionado, hemos calculado un gasto de 22797,81 € (materiales, mano de obra y costes complementarios) más 21657,92 € en los 10 primero años de coste adicional de mantenimiento.

ICG236 Ud Caldera a gas, colectiva, de condensación, de pie, de chapa de acero. 22.797,81€

Caldera de pie, de condensación, con cuerpo de chapa de acero, 3 pasos de humos rodeando completamente el hogar, superficies de intercambio eficaces y autolimpiables, superficies en contacto con los gases de acero inoxidable y aislamiento acústico integrado, para quemador presurizado de gas, potencia útil 310 kW, peso 705 kg, dimensiones 1774x970x1408 mm, con cuadro de regulación para la regulación de la caldera en función de la temperatura exterior, de un circuito de calefacción, del circuito de A.C.S. y del circuito de recirculación de A.C.S., con sonda de temperatura exterior.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt38cbu064dn	Ud	Caldera de pie, de condensación, con cuerpo de chapa de acero, 3 pasos de humos rodeando completamente el hogar, superficies de intercambio eficaces y autolimpiables, superficies en contacto con los gases de acero inoxidable y aislamiento acústico integrado, para quemador presurizado de gas, potencia útil 310 kW, peso 705 kg, dimensiones 1774x970x1408 mm, con cuadro de regulación para la regulación de la caldera en función de la temperatura exterior, de un circuito de calefacción, del circuito de A.C.S. y del circuito de recirculación de A.C.S., con sonda de temperatura exterior, construcción compacta.	1,000	18.922,05	18.922,05
mt38ccg110g	Ud	Quemador presurizado modulante para gas, de potencia máxima 450 kW, con encendido electrónico.	1,000	2.800,00	2.800,00
mt35aia010a	m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP 545 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	10,000	0,26	2,60
mt35cun020a	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	20,000	0,41	8,20
mt37svs010a	Ud	Válvula de seguridad, de latón, con rosca de 1/2" de diámetro, tarada a 3 bar de presión.	1,000	4,42	4,42
mt37sgl020d	Ud	Purgador automático de aire con boya y rosca de 1/2" de diámetro, cuerpo y tapa de latón, para una presión máxima de trabajo de 6 bar y una temperatura máxima de 110°C.	2,000	6,92	13,84
mt38sss120	Ud	Pirostato de rearme manual.	1,000	70,41	70,41
mt38www050	Ud	Desagüe a sumidero, para el drenaje de la válvula de seguridad, compuesto por 1 m de tubo de acero negro de 1/2" y embudo desagüe, incluso p/p de accesorios y piezas especiales.	1,000	15,00	15,00
mt38ccg021b	Ud	Puesta en marcha del quemador para gas.	1,000	365,00	365,00
mt38www010	Ud	Material auxiliar para instalaciones de calefacción.	1,000	1,68	1,68
mt37www010	Ud	Material auxiliar para instalaciones de fontanería.	1,000	1,40	1,40
			Subtotal materiales:		**22.204,60**
2		**Mano de obra**			
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	4,310	17,82	76,80
mo103	h	Ayudante calefactor.	4,310	16,10	69,39
			Subtotal mano de obra:		**146,19**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	22.350,79	447,02
Coste de mantenimiento decenal: 21.657,92€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3):		22.797,81

Ilustración 26: presupuesto caldera condensación gas natural

En este punto ya tenemos analizada la posible mejora de cambio de caldera a una de condensación con gas natural, tanto la mejora en eficiencia energética que produciría como el coste que

supondría. Por lo tanto, vamos a realizar el mismo procedimiento para todas las hipótesis para analizarlas todas juntas al final, y así poder elegir la mejor opción, o la más rentable.

Caldera de biomasa (pellets)

Como en el caso anterior, tendremos el gasto fijo de 410 € de quitar la vieja caldera. El coste de instalación en este caso es de 57393,36€ y, además, lleva unos costes de mantenimiento de 25827,01 € en 10 primeros años.

ICQ015 Ud Caldera para la combustión de pellets. 57.393,36€

Caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 76,8 a 249 kW, base de apoyo antivibraciones, motor introductor trifásico, a 400 V, para almacén intermedio de caldera Firematic, sistema de elevación de la temperatura de retorno por encima de 55°C, compuesto por válvula motorizada de 3 vías de 65 mm de diámetro y bomba de circulación, sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, cajón de cenizas de acero galvanizado, de 240 litros, para sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, regulador de tiro de 250 mm de diámetro, con clapeta antiexplosión, conexión antivibración para conducto de humos de 250 mm de diámetro, limitador térmico de seguridad, tarado a 95°C, base de apoyo antivibraciones.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt38cbh018bwj	Ud	Caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 76,8 a 249 kW, con cuerpo de acero soldado y ensayado a presión, de 1911x1116x1906 mm, aislamiento interior, cámara de combustión con parrilla móvil con sistema automático de limpieza mediante parrilla basculante, intercambiador de calor de tubos verticales con mecanismo de limpieza automática, sistema de recogida y extracción de cenizas del módulo de combustión y depósito de cenizas extraíble, control de la combustión mediante sonda integrada, sistema de mando integrado con pantalla táctil, para el control de la combustión, del acumulador de A.C.S., del depósito de inercia y de la válvula mezcladora para un rápido calentamiento del circuito de calefacción.	1,000	42.278,93	42.278,93
mt38cbh084a	Ud	Motor introductor trifásico, a 400 V, para almacén intermedio de caldera Firematic.	1,000	1.574,63	1.574,63
mt38cbh099e	Ud	Base de apoyo antivibraciones, para caldera.	1,000	174,53	174,53
mt38cbh097a	Ud	Limitador térmico de seguridad, tarado a 95°C, formado por válvula y sonda de temperatura.	1,000	79,95	79,95
mt38cbh085gga	Ud	Sistema de elevación de la temperatura de retorno por encima de 55°C, compuesto por válvula motorizada de 3 vías de 65 mm de diámetro y bomba de circulación para evitar condensaciones y deposiciones de hollín en el interior de la caldera.	1,000	3.181,43	3.181,43
mt38cbh320d	Ud	Sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, formado por tubo de 3048 mm de longitud, de acero inoxidable, con dos curvas, tornillo sinfín flexible, motor de vaciado, pilar y cabezal de transferencia de la ceniza.	1,000	2.616,90	2.616,90
mt38cbh321a	Ud	Cajón de cenizas de acero galvanizado, de 240 litros, para sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, con apertura por la parte superior.	1,000	944,78	944,78
mt38cbh091e	Ud	Conexión antivibración para conducto de humos de 250 mm de diámetro.	1,000	313,95	313,95
mt38cbh096e	Ud	Regulador de tiro de 250 mm de diámetro, con clapeta antiexplosión, para caldera.	1,000	341,25	341,25
mt38cbh322a	Ud	Montaje de sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible.	1,000	151,13	151,13
mt38cbh102d	Ud	Supervisión y dirección del procedimiento de ensamblaje y conexionado interno de caldera de biomasa.	1,000	1.425,45	1.425,45
mt38cbh103d	Ud	Ensamblaje y conexionado interno de caldera de biomasa.	1,000	2.632,50	2.632,50
mt38cbh100b	Ud	Puesta en marcha y formación en el manejo de caldera de biomasa.	1,000	349,05	349,05
			Subtotal materiales:		**56.064,48**
2		**Mano de obra**			
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	6,000	17,82	106,92
mo103	h	Ayudante calefactor.	6,000	16,10	96,60
			Subtotal mano de obra:		**203,52**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	56.268,00	1.125,36
Coste de mantenimiento decenal: 25.827,01€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3):		57.393,36

Ilustración 27: presupuesto caldera biomasa

Por lo tanto, podemos observar como el precio de una caldera de biomasa es alto, por lo que el gasto es mayor que para la caldera de condensación con gas natural. Sin embargo, el combustible natural es más barato, aspecto que probablemente nos influirá en el tiempo de amortización.

Caldera eléctrica

Tendremos, como en las dos primeras hipótesis, el coste inicial de 410€ de desinstalación de la vieja caldera y, posteriormente, la instalación de la nueva caldera supondría un desembolso de 19825.56€ y no conllevaría apenas mantenimiento. El precio en este caso es muy similar al de la caldera de condensación de gas natural.

Bomba de calor

Como en los otros casos, con el generador de precios calculamos el coste que nos supondrá esta posible mejora:

ICV005 Ud Unidad compacta agua-aire-agua bomba de calor de producción simultánea de agua fría y de agua caliente, sistema 4 tubos, para instalación en exterior. 35.636,28€

Unidad compacta agua-aire-agua bomba de calor de producción simultánea de agua fría y de agua caliente, sistema de cuatro tubos, con refrigerante R-407C, para instalación en exterior.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt42bcc200i	Ud	Unidad compacta agua-aire-agua bomba de calor de producción simultánea de agua fría y de agua caliente, sistema de cuatro tubos, potencia frigorífica nominal de 123,2 kW y potencia calorífica nominal de 174 kW, (temperatura de salida del agua fría: 7°C, salto térmico: 5°C, y temperatura de salida del agua caliente: 50°C), caudal de agua nominal de 21,2 m³/h, caudal de aire nominal de 52000 m³/h y potencia sonora de 69,4 dBA; con interruptor de caudal; incluso transporte hasta pie de obra sobre camión.	1,000	33.843,57	33.843,57
mt37wvw060j	Ud	Filtro retenedor de residuos de latón, con tamiz de acero inoxidable con perforaciones de 0,5 mm de diámetro, con rosca de 2 1/2", para una presión máxima de trabajo de 16 bar y una temperatura máxima de 110°C.	2,000	56,21	112,42
mt37wvw050h	Ud	Manguito antivibración, de goma, con rosca de 2 1/2", para una presión máxima de trabajo de 10 bar.	4,000	36,08	144,32
mt42wvw040	Ud	Manómetro con baño de glicerina y diámetro de esfera de 100 mm, con toma vertical, para montaje roscado de 1/2", escala de presión de 0 a 5 bar.	4,000	11,00	44,00
mt37sgl020d	Ud	Purgador automático de aire con boya y rosca de 1/2" de diámetro, cuerpo y tapa de latón, para una presión máxima de trabajo de 6 bar y una temperatura máxima de 110°C.	2,000	6,92	13,84
mt42wvw050	Ud	Termómetro bimetálico, diámetro de esfera de 100 mm, con toma vertical, con vaina de 1/2", escala de temperatura de 0 a 120°C.	4,000	21,00	84,00
mt37svs010h	Ud	Válvula de seguridad, de latón, con rosca de 3/4" de diámetro, tarada a 4 bar de presión.	2,000	8,49	16,98
			Subtotal materiales:		**34.259,13**
2		**Mano de obra**			
mo005	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	20,000	17,82	356,40
mo104	h	Ayudante instalador de climatización.	20,000	16,10	322,00
			Subtotal mano de obra:		**678,40**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	34.937,53	698,75
Coste de mantenimiento decenal: 22.807,22€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3):		35.636,28

Ilustración 28: presupuesto bomba de calor

En el aspecto económico, como en los otros casos tenemos los 410€ fijos de quitar la vieja caldera. Y en este caso, la instalación de la bomba de calor supondrá un coste de 35636.28€ y la instalación del techo radiante supondrá 99,01€ más. A esto tendríamos que añadirle 22807,22€ en los 10 primeros años de mantenimiento de la bomba de calor.

ICE021 Ud Panel para sistema de calefacción y refrigeración por techo radiante, con falso techo continuo. 99.01€

Panel refrigerante, de yeso laminado, para falso techo continuo, de 1000x1200 mm y 15 mm de espesor, con circuito integrado de tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno, de 9,9 mm de diámetro y 1,1 mm de espesor, para sistema de calefacción y refrigeración por techo radiante, suspendido del forjado con estructura metálica.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt38etu100c	Ud	Panel refrigerante, de yeso laminado, para falso techo continuo, de 1000x1200 mm y 15 mm de espesor, con circuito integrado de tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno, de 9,9 mm de diámetro y 1,1 mm de espesor, con aislamiento térmico de poliestireno expandido de 27 mm de espesor, resistente al fuego (resistencia al fuego B-s1, d0 según UNE-EN 13501-1).	1,000	77,27	77,27
mt12psg160a	m	Perfil de acero galvanizado, en U, de 30 mm.	0,400	1,26	0,50
mt12psg220	Ud	Fijación compuesta por taco y tornillo 5x27.	2,000	0,06	0,12
mt12psg210a	Ud	Cuelgue para falsos techos suspendidos.	1,200	0,80	0,96
mt12psg210b	Ud	Seguro para la fijación del cuelgue, en falsos techos suspendidos.	1,200	0,13	0,16
mt12psg210c	Ud	Conexión superior para fijar la varilla al cuelgue, en falsos techos suspendidos.	1,200	0,98	1,18
mt12psg190	Ud	Varilla de cuelgue.	1,200	0,44	0,53
mt12psg050c	m	Maestra 60/27 de chapa de acero galvanizado, de ancho 60 mm, según UNE-EN 14195.	3,200	1,44	4,61
mt12psg215b	Ud	Conector para maestra 60/27.	0,600	0,91	0,55
mt12psg215a	Ud	Caballete para maestra 60/27.	2,300	0,29	0,67
mt12psg081b	Ud	Tornillo autoperforante 3,5x25 mm.	17,000	0,01	0,17
mt12psg041b	m	Banda autoadhesiva desolidarizante de espuma de poliuretano de celdas cerradas, de 3,2 mm de espesor y 50 mm de anchura, resistencia térmica 0,10 m²K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK).	0,400	0,30	0,12
mt12psg030a	kg	Pasta para juntas, según UNE-EN 13963.	0,700	1,26	0,88
mt12psg040a	m	Cinta de juntas.	0,450	0,03	0,01
			Subtotal materiales:		**87,73**
2		**Mano de obra**			
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	0,120	17,82	2,14
mo103	h	Ayudante calefactor.	0,060	16,10	0,97
mo015	h	Oficial 1ª montador de falsos techos.	0,241	17,82	4,29
mo082	h	Ayudante montador de falsos techos.	0,120	16,13	1,94
			Subtotal mano de obra:		**9,34**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	97,07	1,94
Coste de mantenimiento decenal: 16,83€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3):		99,01

Ilustración 29: presupuesto techo radiante

Como pequeña síntesis en el aspecto económico de estas cuatro hipótesis de cambio de caldera, podemos apreciar como el precio más alto sería el de la caldera de biomasa, seguido de la bomba de calor y techo radiante, teniendo por último a la caldera de condensación y la caldera eléctrica, las cuales tienen precios bastante más bajos que las dos primeras. Analizaremos la rentabilidad de estas cuatro opciones al final, cuando hayamos planteado todas las posibles mejoras.

4.2 INSTALACIÓN DE PANELES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Actualmente es importante la utilización y nueva búsqueda de energías renovables que sustituyan a los combustibles fósiles, contaminantes y cada vez más escasos. Estas energías alternativas no contaminan y son inagotables. Un buen ejemplo es el Sol, una fuente de energía totalmente gratuita, limpia y respetuosa con el medio. En España disponemos de abundantes horas de Sol, por lo que es una gran idea aprovechar su energía en calor.

La energía solar térmica funciona mediante un sistema básico. Se fundamenta en el calentamiento de un líquido calo-portador de manera que los colectores solares captan el calor, el cual se transmite a un líquido interno que lo intercambiará con el fluido a calentar (A.C.S., calefacción, piscina…). Por lo tanto, las principales aplicaciones de la energía solar térmica serán la producción de ACS, calefacción y calentamiento de piscinas, luego es un sistema ideal para satisfacer las necesidades de nuestro centro deportivo.

Hemos seleccionado un modelo de colectores de la marca LUMELCO, modelo HP200-20. Sus características son las siguientes:

Colector Solar HP | Energía Solar Térmica | Kingspan Solar

Datos técnicos HP200 y HP250

Modelo		HP200 - 20*	HP200-30*	HP250-20*	HP250-30*
Dimensiones	Total (lxbxh) (mm)	2005 x 1418 x 97	2005 x 2127 x 97	2005 x 1418 x 97	2005 x 2127 x 97
	Superficie de absorción (m^2)	2,01	3,02	2,01	3,01
	Superficie de apertura (m^2)	2,16	3,23	2,16	3,22
	Superficie total (m^2)	2,84	4,26	2,84	4,26
Bastidor	Material	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio
	Aislamiento	Melamina	Melamina	Melamina	Melamina
Tubos	Nº de Tubos	20	30	20	30
	Material	Vidrio bajo en Fe	Vidrio bajo en Fe	Vidrio bajo en Fe	Vidrio bajo en Fe
	Diámetro (mm)	65	65	65	65
	Espesor (mm)	1,5	1,5	1,5	1,5
Absorbedor	Tipo de absorbedor	Cobre de 0,12 mm	Cobre de 0,12 mm	Cobre de 0,12 mm	Cobre de 0,12 mm
	Recubrimiento	Selectivo TINOX	Selectivo TINOX	Selectivo TINOX	Selectivo TINOX
	Absortividad	95%	95%	95%	95%
	Emisividad	5%	5%	5%	5%
	Aislamiento	Vacío (10^{-4} mbar)	Vacío (10^{-4} mbar)	Vacío (10^{-4} mbar)	Vacío (10^{-4} mbar)
Fluido	Tipo de fluido	Propilenglicol	Propilenglicol	Propilenglicol	Propilenglicol
	Volumen de fluido (litros)	1,14	1,7	1,14	1,7
	Caudal recomendado para 1 colector (l/h)	170	255	170	255
Parámetros ensayados respecto al área de apertura (1)	Coeficiente óptico	0,738	0,727	0,755	0,755
	K1 ($W/m^2 K$)	1,17	0,85	1,06	1,06
	K2 ($W/m^2 K^2$)	0,0082	0,0093	0,008	0,008
Parámetros operativos	Temperatura de estancamiento (ºC)	184	184	217	217
	Presión máxima (bar)	8	8	8	8
Tipo de tubería	Conexión hidráulica bastidor (mm)	22 x 1,2	22 x 1,2	22 x 1,2	22 x 1,2
	Tipo conexión bastidor-tubos	Heat-Pipe seca	Heat-Pipe seca	Heat-Pipe seca	Heat-Pipe seca
Pérdida de carga (mbar)		$\Delta P = 0.917 \cdot q^2 + 0.708 \cdot q$ (q en l/min)			
Máximo número de colectores en serie		7	5	7	5
Peso (Kg)		52,1	71,7	52,1	75,1

(1) Conforme a los Estándar Europeos (Instituto ISFH) **Hasta fin de existencias. El modelo HP200 será sustituido por el HP400 y el modelo HP250 por el HP450.*

Características HP200 y HP250 | Precios HP200 / HP250

Ilustración 30: características colectores solares

Para introducir esta mejora en el programa, tenemos que introducir la opción de: 'Contribuciones energéticas', donde tenemos la opción de meter en energías renovables el porcentaje de demanda que cubriremos. Para A.C.S. vamos a suponer un 60% mientras que para la calefacción un 20%. Estos porcentajes son una estimación aproximada ya que es imposible saber exactamente lo que se va a cubrir.

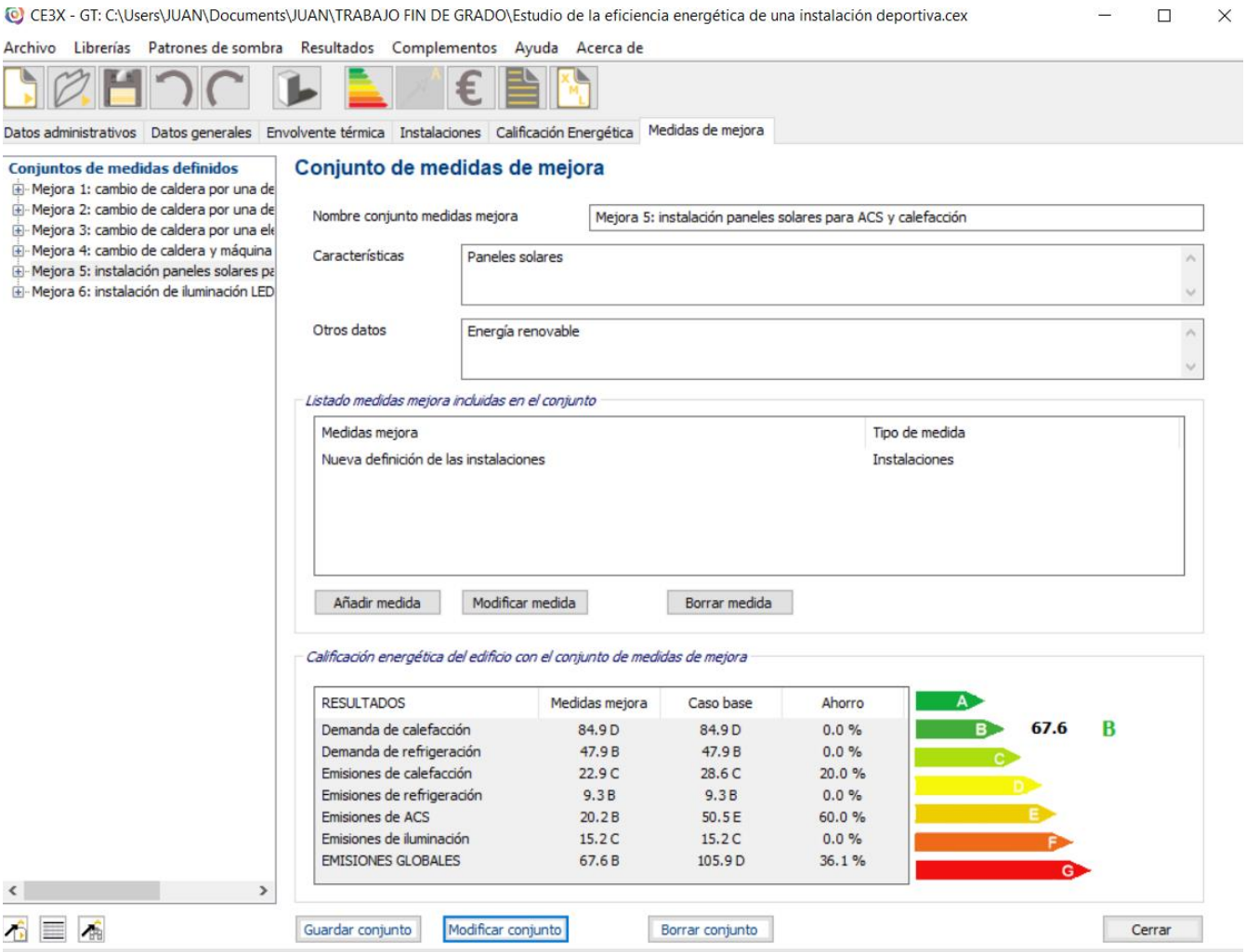


Ilustración 31: mejora paneles solares

Vemos que se produce una gran mejora sobre todo en las emisiones de A.C.S. donde conseguimos un ahorro del 60,0%. En las emisiones de calefacción también conseguimos un gran ahorro, del 20,0%.

4.2.1 Presupuesto

En el aspecto económico, calcularemos el coste igual que en los casos de caldera, con el generador de precios:

ZCB010 Ud Incorporación de captador solar térmico para instalación colectiva, sobre cubierta plana. 5.194,10€

Rehabilitación energética de edificio mediante la incorporación de captador solar térmico formado por batería de 3 módulos, compuesto cada uno de ellos de un captador solar térmico plano, con panel de montaje vertical de 1135x2115x112 mm, superficie útil 2,1 m², rendimiento óptico 0,75 y coeficiente de pérdidas primario 3,993 W/m²K, según UNE-EN 12975-2, colocados sobre estructura soporte para cubierta plana, interacumulador de acero vitrificado, con intercambiador de un serpentín, de suelo, 300 l, altura 1640 mm, diámetro 680 mm, vaso de expansión cerrado con una capacidad de 25 l y grupo solar formado por bomba de circulación con variador de frecuencia y centralita electrónica.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt38csg005a	Ud	Captador solar térmico plano, con panel de montaje vertical de 1135x2115x112 mm, superficie útil 2,1 m², rendimiento óptico 0,75 y coeficiente de pérdidas primario 3,993 W/m²K, según UNE-EN 12975-2, compuesto de: panel de vidrio templado de bajo contenido en hierro (solar granulado), de 3,2 mm de espesor y alta transmitancia (92%), estructura trasera en bandeja de polietileno reciclable resistente a la intemperie (resina ABS), bastidor de fibra de vidrio reforzada con polímeros, absorbedor de cobre con revestimiento selectivo de cromo negro de alto rendimiento, parrilla de 8 tubos de cobre soldados en omega sin metal de aportación, aislamiento de lana mineral de 60 mm de espesor y uniones mediante manguitos flexibles con abrazaderas de ajuste rápido.	3,000	391,00	1.173,00
mt38csg006a	Ud	Estructura soporte, para cubierta plana, para captador solar térmico.	3,000	235,00	705,00
mt38csg040	Ud	Kit de conexiones hidráulicas para captadores solares térmicos, con conexiones aisladas, tapones, pasacables y racores.	1,000	91,67	91,67
mt38csg120	Ud	Purgador automático, especial para aplicaciones de energía solar térmica, equipado con válvula de esfera y cámara de acumulación de vapor.	1,000	72,75	72,75
mt38csg110	Ud	Válvula de seguridad especial para aplicaciones de energía solar térmica, para una temperatura máxima de 130°C.	1,000	38,80	38,80
mt38csg100	l	Solución agua-glicol para relleno de captador solar térmico, para una temperatura de trabajo de -28°C a +200°C.	3,450	4,00	13,80
mt37sve010d	Ud	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1".	4,000	9,81	39,24
mt38csg050J1	Ud	Interacumulador de acero vitrificado, con intercambiador de un serpentín, de suelo, 300 l, altura 1640 mm, diámetro 680 mm, aislamiento de 50 mm de espesor con poliuretano de alta densidad, libre de CFC, protección contra corrosión mediante ánodo de magnesio.	1,000	1.500,00	1.500,00
mt37svs010c	Ud	Válvula de seguridad, de latón, con rosca de 1/2" de diámetro, tarada a 6 bar de presión.	1,000	4,42	4,42
mt37sve010c	Ud	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 3/4".	2,000	5,95	11,90
mt38vex010g	Ud	Vaso de expansión cerrado con una capacidad de 25 l, 425 mm de altura, 320 mm de diámetro, con rosca de 3/4" de diámetro y 10 bar de presión.	1,000	30,07	30,07
mt38vex015	Ud	Conexión para vasos de expansión, formada por soportes y latiguillos de conexión.	1,000	61,75	61,75
mt42wwv040	Ud	Manómetro con baño de glicerina y diámetro de esfera de 100 mm, con toma vertical, para montaje roscado de 1/2", escala de presión de 0 a 5 bar.	1,000	11,00	11,00
mt38cst070b	Ud	Grupo solar, formado por bomba de circulación con variador de frecuencia y centralita electrónica con 3 sondas de temperatura (Pt100) con vainas, 2 salidas de relé, pantalla digital para consulta de las temperaturas del captador solar y del depósito y de la ganancia solar, protección antihielo, registros de las temperaturas máxima y mínima del captador solar y de los tanques de almacenaje, sensores conectables para facilitar su instalación y función inteligente para calentamiento de piscinas o A.C.S., caudalímetro, válvula de seguridad, manómetro, válvulas de llenado y vaciado, tubos flexibles con aislamiento y carcasa para aislamiento térmico.	1,000	1.014,00	1.014,00
mt38www011	Ud	Material auxiliar para instalaciones de A.C.S.	1,000	1,45	1,45
			Subtotal materiales:		**4.768,85**
2		**Mano de obra**			
mo009	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	7,541	17,82	134,38
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	7,541	16,10	121,41
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	1,993	17,82	35,52
mo103	h	Ayudante calefactor.	1,993	16,10	32,09
			Subtotal mano de obra:		**323,40**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	5.092,25	101,85
Coste de mantenimiento decenal: 5.334,34€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3):		5.194,10

Ilustración 32: presupuesto paneles solares

Vemos que el precio total de instalar un captador solar térmico formado por batería de tres módulos, formado cada uno por un captador solar plano, es de 5194,10 €. Sin embargo, el precio de cada captador solar térmico individual es de 391 €.

Mediante una hoja de cálculo proporcionada por la universidad, sabemos que para un consumo de ACS de 560 litros/día en un gimnasio, necesitaríamos 3 paneles solares. Por lo tanto, para la demanda que tenemos de ACS y piscinas, la cual es de 42000 l/día, vamos a necesitar alrededor de 75 paneles. Como dijimos anteriormente el precio de cada captador es de 391 €, luego:

Precio total = 391 € * 75 paneles = 29325 € ~ 30000 €

A esto hay que añadirle el precio de un inter-acumulador mayor de 300 litros y el resto de materiales necesarios para la instalación, y los costes de mano de obra y complementarios. Por lo tanto, vamos a suponer al alza un valor de 35000 €. El coste de mantenimiento será de unos 533 € anualmente.

Sin embargo, hay que saber que en caso de que decidamos instalar esta mejora finalmente, el coste sería bastante menor debido a que el Gobierno Regional de Cantabria tiene una serie de subvenciones para la instalación de sistemas con energías renovables. Sin embargo, a la hora de analizar económicamente las mejoras, vamos a suponer el caso más desfavorable, es decir, que tengamos que costearnos totalmente la instalación de los paneles.

4.3 INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED

Un LED es un diodo que produce luz cuando es atravesado por una corriente eléctrica El diodo es un dispositivo electrónico muy simple: permite el paso de corriente en un solo sentido y está formado por un material semiconductor al cual se le agrega un material conductor 'pobre'. En los LEDS este material conductor es Arseniuro de Galio-Aluminio.

En la iluminación, existen cuatro configuraciones o tipologías de LED que se pueden aplicar:

-Discreto: Led individual.

-Módulos: varios Led individuales sobre un circuito impreso

-Luminarias: construidas por uno o varios módulos Led

-Led Retrofit: lámparas LED para sustitución directa de otras fuentes de luz.

Aproximadamente, un LED individual tiene una potencia de 1,2W.

Las lámparas basadas en tecnología Led están siendo cada vez más usadas con el tiempo. Por razones de coste se están convirtiendo en una alternativa a las demás tecnologías de iluminación. Además, alcanzan valores de rendimiento/eficacia luminosa de hasta 100lm/W.

Por otro lado, en comparación con otras luminarias convencionales, solo una pequeña parte de la energía se desperdicia en forma de calor. Por ello, se obtienen ahorros energéticos de hasta un 80%.

Los LEDS son, por tanto, muy eficientes energéticamente. Básicamente, con poco consumo se consiguen niveles de iluminación similares a tecnologías que consumen mucho más. En la siguiente tabla se puede apreciar esto de manera aproximada:

Bombilla Incandescente	Bombilla Fluorescente Compacta	Leds	Lúmenes
40 W	8-12 W	4-6 W	400-500
60 W	13-15 W	6,5-8 W	700-900
75-100W	18-22 W	9-11 W	1.100-1.750
100 W	23-30 W	11-15 W	1.800
150 W	30-55 W	15-25 W	2.750

Tabla 12: potencia-iluminación

En otras palabras, podríamos decir que el consumo de la iluminaria LED, a igual de lúmenes, es mucho menor.

En resumen, la instalación de LEDS proporciona una serie de ventajas como:

-Gran ahorro energético (50-60%)

-Gran vida útil (hasta 50000 horas), mientras que una lámpara de bajo consumo estará entre las 6000 y 8000 horas.

-Reducido mantenimiento

-Tiempo de encendido inapreciable. Las lámparas de bajo consumo tardan varios segundos.

-Nula carga inductiva en la red.

-Sin parpadeo lumínico

-Posibilidad de regulación de intensidad de la luz con sistemas DMX.

-Toda la graduación de temperaturas de color

-Reducción de potencia instalada.

-Reducción de consumo por energía reactiva.

Por lo tanto, vamos a cambiar la iluminación en el gimnasio y las diferentes salas de la instalación, así como en la piscina por luminaria LED. La mejora será la siguiente:

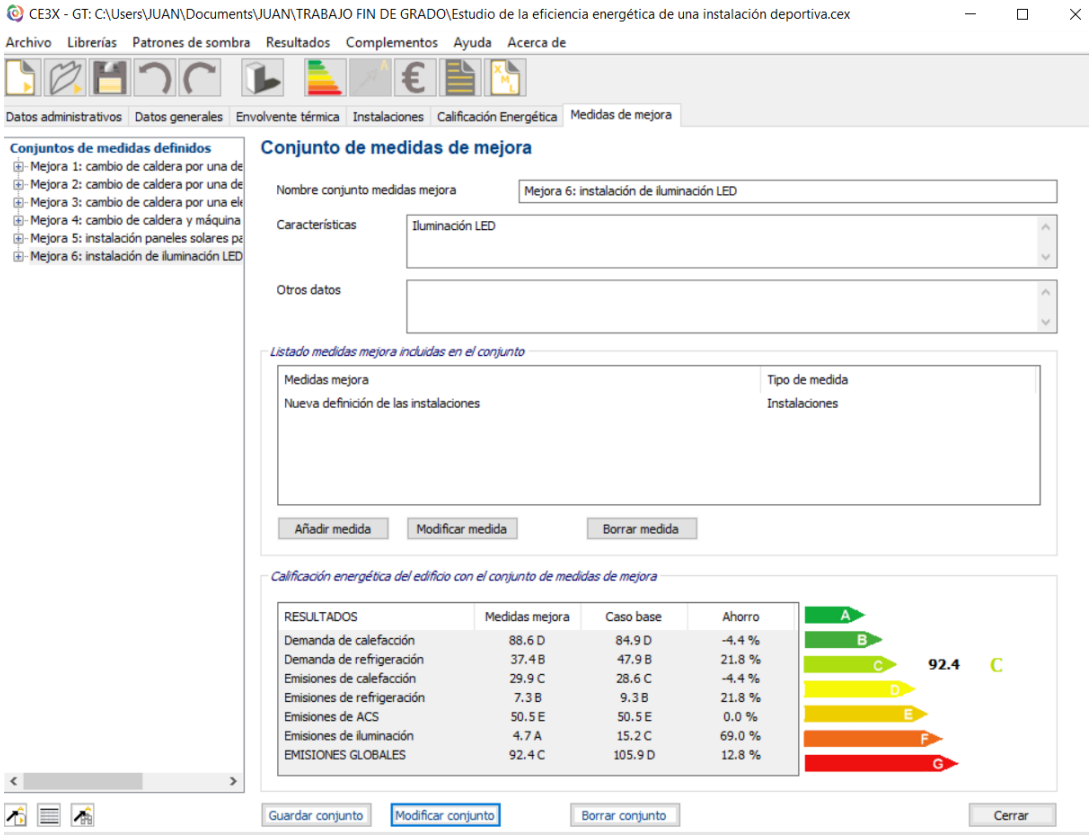


Tabla 13: mejora iluminación led

Podemos observar que la mejora global no es muy grande (12,8%), ya que en demanda y emisiones de calefacción empeoramos la situación inicial. Sin embargo, en emisiones de iluminación tenemos una mejora de un 69%, lo cual es un valor muy elevado y favorable, objetivo que buscábamos al cambiar la iluminación.

4.3.1 Presupuesto

En este caso, para calcular el presupuesto lo hemos realizado de la siguiente manera:

Mediante el programa 'Dialux', un programa de cálculo de iluminación, hemos probado en una sala representativa de 477 m^2 la potencia necesaria para tener una luminosidad de 250 lux (como explicamos antes, es la luminosidad media que vamos a usar para hacer el estudio).

Hemos probado con luz fluorescente estándar y con luz Led y hemos comprobado como los Led necesitan mucha menos potencia por unidad de superficie para la misma iluminación.

Para 250 Lux:

-Fluorescente: 11,5 W/m2

-Led: 7,2 W/m2

Por otro lado, hemos encontrado un tipo de bombillas Led estándar que cuestan 10 €/unidad.

Para la sala representativa calculada, el programa nos pide una cantidad de 506 puntos de luz, es decir, necesitaríamos 506 unidades lo cual serían 5060 €.

Por lo tanto, vamos a hacer una regla de tres para toda la superficie de nuestro centro (5660 m^2), de manera que necesitaríamos alrededor de 6000 puntos de luz, lo que supone un total de 60000€. Esta cantidad es aproximada y esta redondeada al alza ya que no vamos a necesitar cambiar la iluminaria en todos los espacios del centro, por lo que la superficie realmente sería algo menor que la total. De esta manera, en esta cantidad de 60000€ suponemos que estarán incluidos los costes de mano de obra, materiales, retirada de iluminaria antigua e instalación de iluminaria nueva. Los costes de mantenimiento en este caso son prácticamente nulos.

5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS MEJORAS

Ya tenemos todas las mejoras definidas: sus costes, sus ventajas y sus desventajas, así como el beneficio que aportarían a la eficiencia energética del edificio. Por lo tanto, hay que realizar ahora un análisis económico para comprobar su viabilidad y poder decidir así qué medidas tomaríamos.

En otras palabras, nuestro objetivo ahora es encontrar la relación ideal entre el ahorro en energía y la inversión realizada mediante un análisis técnico-económico, y así saber si las soluciones propuestas son rentables o no.

Se trata, por lo tanto, de determinar frente a las condiciones impuestas y conociendo su factibilidad técnica y su comportamiento térmico, la solución más rentable desde el punto de vista técnico-económico. Hay que saber que algunos beneficios pueden ser cuantificables (ahorro de combustible, menos contaminación, etc.) y otros difícilmente ponderables (mejor calidad de vida, vivir en ambientes más confortables en invierno y verano, situaciones que tienen que ver indirectamente con mayor bienestar o productividad).

El objetivo es analizar la rentabilidad de todas las mejoras propuestas por separado e ir seleccionando las más rentables para llegar a un conjunto ideal sobre el que realizaremos el estudio económico en profundidad.

Vamos a considerar una vida útil de 20 años para todas las mejoras. Lo que queremos por tanto es analizar la rentabilidad de cada inversión de mejora durante un periodo de tiempo estimado y analizar, por último, la rentabilidad de estas aplicadas a la vez sobre el edificio.

Tenemos que conocer para analizar estas propuestas la relación entre consumo e inversión. También, es necesario conocer los criterios necesarios para comparar cantidades de dinero recibidas y consumidas en distinto tiempo. Estableciendo una tasa de intercambio entre valores actuales y futuros podremos valorar el coste del ahorro actual y futuro; esto es lo que se denomina como capitalización.

Se puede definir el término ‘capitalizar’ como obtener el equivalente futuro de una cantidad disponible en el momento actual.

Al contrario, el descuento o actualización es la acción inversa, es decir, consiste en determinar la cantidad de dinero actual a que equivale una cantidad disponible con certeza en el futuro.

En definitiva, para capitalizar y descontar año a año el valor de los precios actuales de ahorro energético, mantenimiento y subvenciones se usa esta expresión:

$$A=(1+a)t/(1+n)t$$

Dónde:

A=Coste de Ahorro energético

a=incremento anual de combustible

n=interés de descuento o interés entre valores actuales y futuros

t=periodo de tiempo

Así, al tener definidos los coeficientes de capitalización y descuento de un año dado "n" y al aplicarles sobre un valor, será comparable a sumar dinero disponible en el año 0. Esta teoría de la elección entre consumo actual y futuro nos proporciona las bases para el análisis de la decisión de invertir en función del criterio del valor actual.

Por tanto, para saber si una inversión es rentable o no, hay que evaluar todos los costes y beneficios actuales y futuros, y combinarlos en una medida individual del valor. Es decir, hay que realizar una evaluación de las inversiones en función de su rentabilidad y riesgo asociado.

En primer lugar, deberemos analizar varias variables económicas a la hora de evaluar la rentabilidad de las mejoras propuestas: el tiempo de retorno del capital, la tasa de rentabilidad interna (TIR) y el valor actual neto (VAN).

<u>Valor actual neto (VAN)</u>

El VAN es la suma algebraica de los valores capitalizados y descontados en cada periodo de tiempo menos el desembolso inicial de la inversión.

En nuestro estudio será:

$$VAN= A * S[(1+a)/(1+n)]\ t - M*S[(1+i)/(1+n)]\ t - C$$

Para poder calcularlos correctamente debemos cuantificar los costes:

-C: coste de la inversión de cada mejora (ya calculado en la propuesta de mejoras).

-M: coste de mantenimiento de la instalación (en las mejoras que se requiera).

-A: ahorro energético anual producido al introducir la mejora. Este valor es el que hace que al pasar el tiempo recuperemos la inversión realizada.

Estos son valores fijos. Pero también tenemos otros que pueden variar con el paso de los años, y les supondremos constantes para realizar el análisis de viabilidad:

-a: incremento de coste energético. Si queremos valorar el ahorro energético debemos valorar en primer lugar el coste de la energía y la posible tendencia de crecimiento durante los próximos años sobre los que vamos a estudiar la amortización. Esta valoración de la posible tendencia no es igual de exacta para todos los combustibles ya que, por ejemplo, el

precio de la electricidad es el más bajo de los últimos 10 años por lo que calcular su tendencia es un poco complicado. Además, como es lógico, cuanto a mayor tiempo se haga la viabilidad del estudio mayor incertidumbre habrá sobre la línea de crecimiento energético. La evolución del gas natural es más predecible al tratarse de un combustible fósil que no fluctúa. Podemos aplicar por tanto la siguiente fórmula en la que calculamos el porcentaje medio de crecimiento anual del gas:

$C_{2017} = C_{2008} * (1 + agas) * t$ por lo que

agas = (0,048459/0,04497)/9 – 1= **1,07%**

Este será el porcentaje que vamos a introducir al programa como aumento del coste de la energía. Sin embargo, para tener la situación más desfavorable posible, introduciremos un valor de 1,5% y tener así más margen de error.

En definitiva, el VAN nos permite estudiar la viabilidad de las inversiones facilitándonos la decisión de seleccionar las mejoras que incrementan el valor total del inversor. Es decir, es el valor actualizado neto del inversor, por lo que tomaremos como viables aquellas mejoras cuyo VAN sea positivo (inversión que nos producirá ganancias) y rechazaremos aquellas en las que sea negativo (la inversión producirá pérdidas) o sea igual a 0 (no obtendremos ni ganancias ni pérdidas).

Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR se puede definir en pocas palabras como el interés que anula el VAN. En otras palabras, es el interés bancario que hace que amorticemos la inversión inicial después de "n" años. La rentabilización de la inversión o recuperación del dinero invertido se debe realizar sobre el valor capitalizado del ahorro energético obtenido, ya que queremos recuperar una inversión del presente en un futuro donde el coste del ahorro energético ha aumentado exponencialmente. Sin embargo, el cálculo del VAN se ha de hacer sobre el valor actualizado del dinero, ya que determina el beneficio económico futuro traído a valores del presente.

Por lo tanto, al analizar las mejoras vamos a fijarnos en VAN y TIR obtenidos, y nos guiaremos en principio en las que obtengan un mayor VAN, siempre que este sea positivo. Hay que saber que la selección de las mejoras en función del VAN es algo arriesgada debido a posibles cambios futuros en la tasa de descuento y en los cambios de tipos de intereses del mercado. Sin embargo, es el valor que nos define el beneficio de la inversión. Para saber cuál es la inversión que antes se amortiza o con la que antes recuperamos el capital invertido tendremos en cuenta el TIR. Por tanto, en función de estos dos valores analizaremos la viabilidad de las mejoras.

Análisis de mejoras

Una vez explicados estos términos económicos ya sabemos cómo analizar las mejoras, por lo que vamos a estudiar cada una de ellas. Introduciremos en el programa los valores del coste de cada una de las medidas, tanto el coste total directo como el incremento del coste de mantenimiento.

Sin embargo, antes de introducir los costes de las mejoras, el programa nos pide las facturas de consumo del edificio y una serie de parámetros económicos. Estos serán datos fijos los cuales son los siguientes:

Factura de electricidad anual:

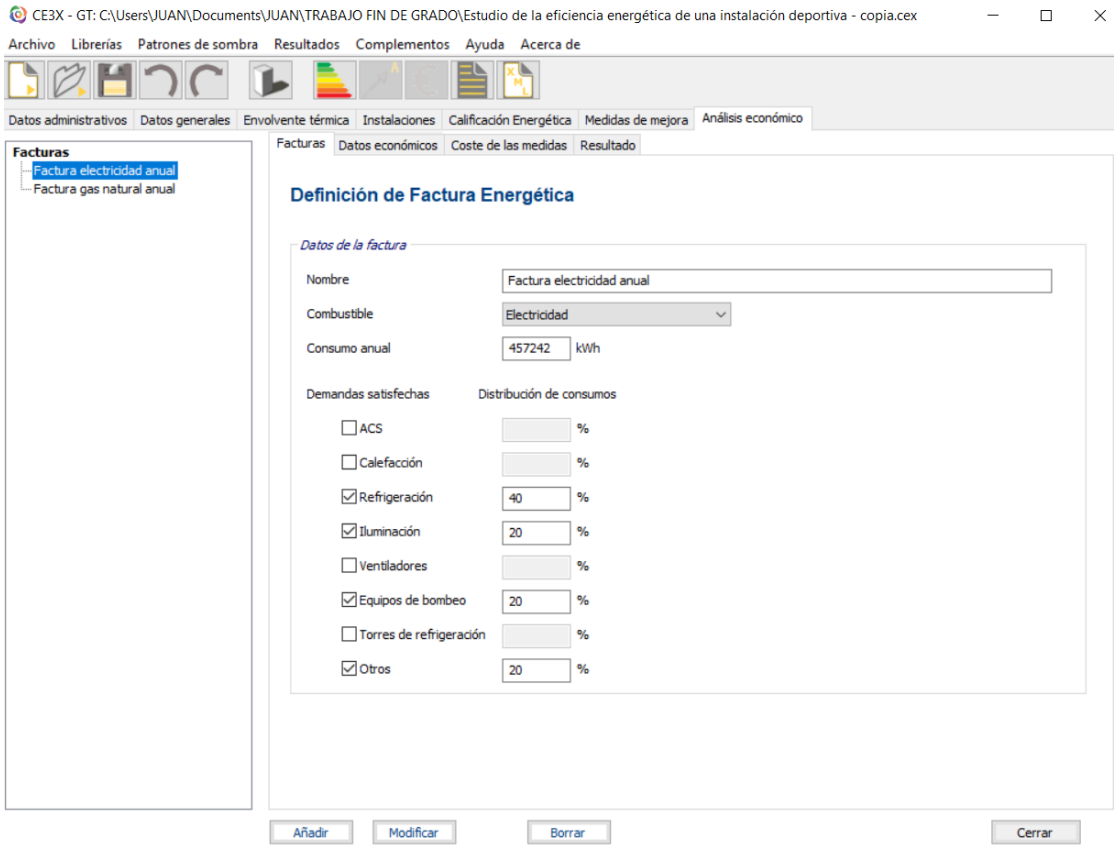


Ilustración 33: factura electricidad anual

Factura gas natural anual:

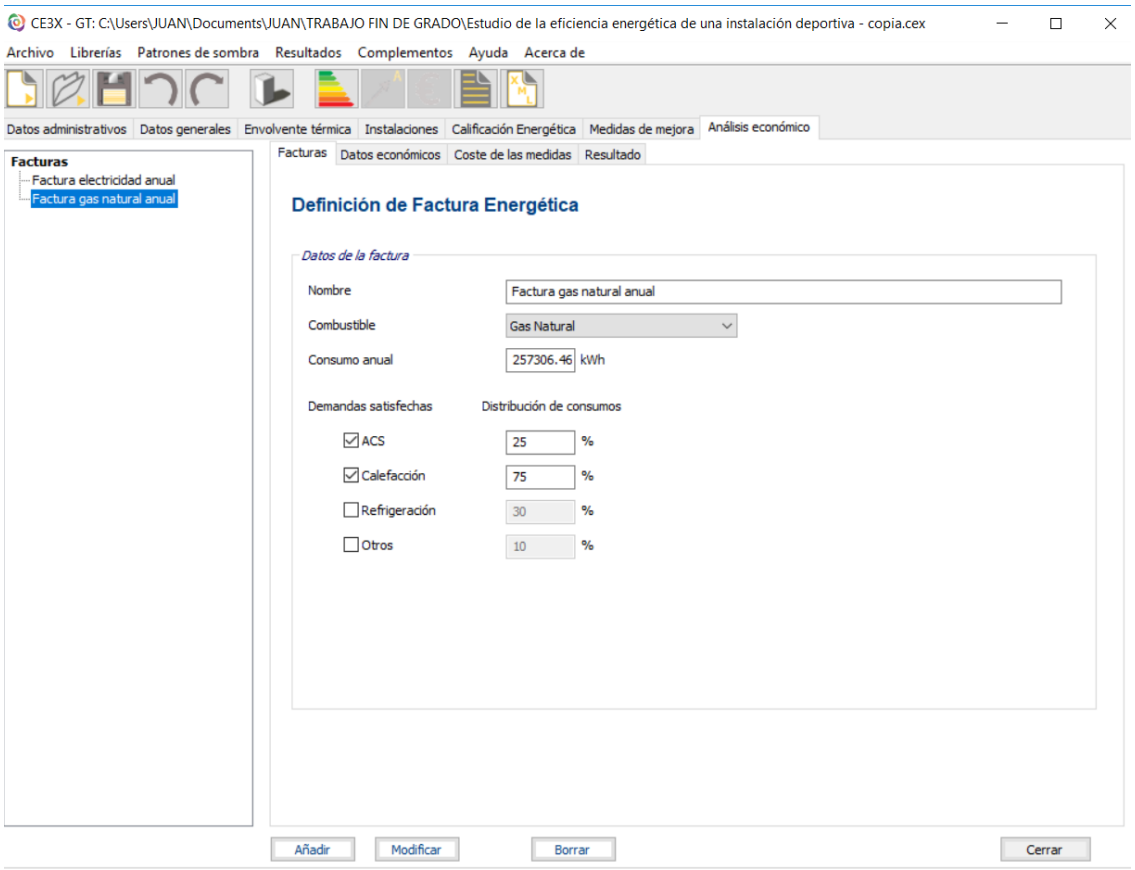


Ilustración 34: factura gas natural anual

Estas facturas de electricidad y de gas natural van a ser datos fijos para todas las mejoras, ya que son datos del consumo del edificio y no dependen de ninguna variable.

Por otro lado tenemos una serie de parámetros económicos: los precios de los combustibles y dos datos económicos.

Los precios de los combustibles son muy variables en el tiempo por lo que un cambio brusco en alguno nos podría afectar a la viabilidad o no de las mejoras. Hemos introducido los precios que existen actualmente.

También nos pide el incremento anual de precio de la energía y el tipo de interés o coste de oportunidad, los cuales definimos anteriormente. En el incremento del precio de la energía elegiremos el del gas natural, 1,5% (calculado anteriormente).

El tipo de interés puede variar dependiendo de la inversión que queramos sacar de las mejoras. Vamos a elegir un 10%, valor estándar que, sin embargo, a otros les puede parecer un porcentaje bajo.

Parámetros económicos

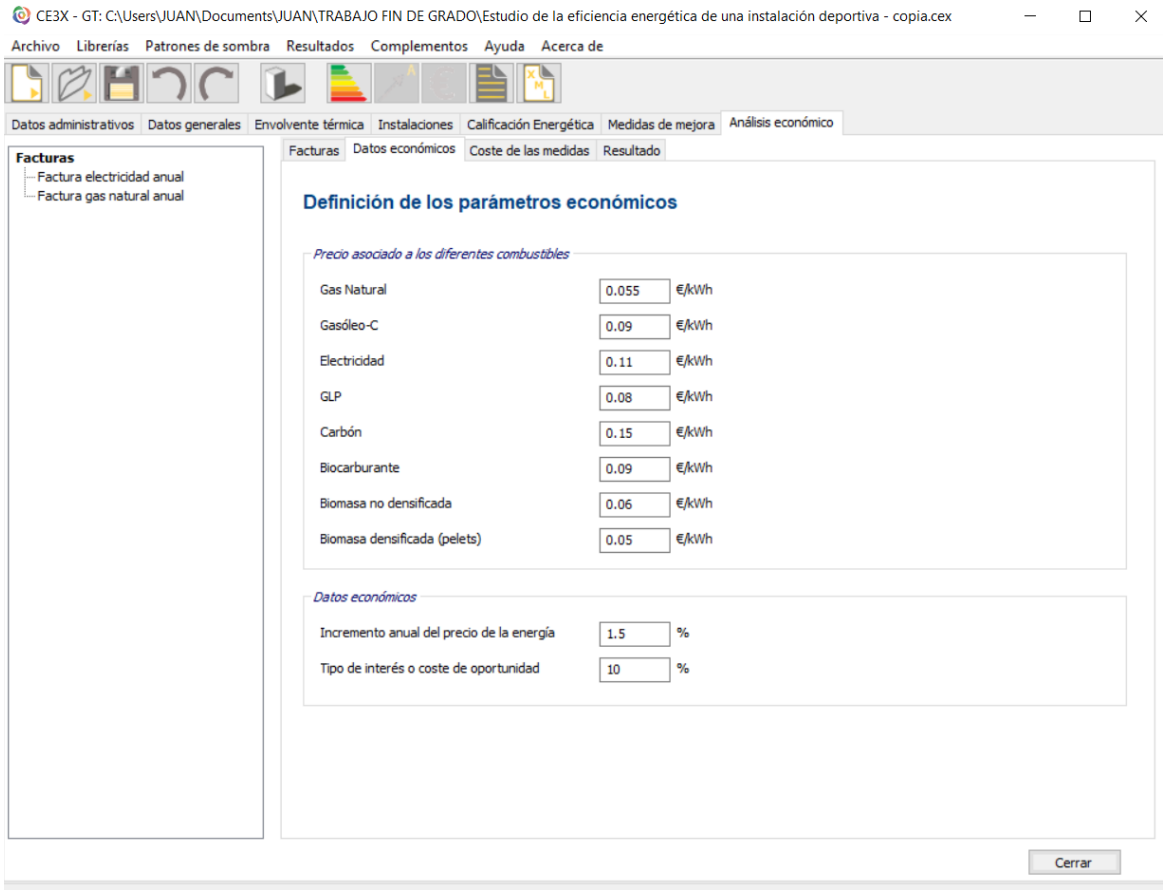


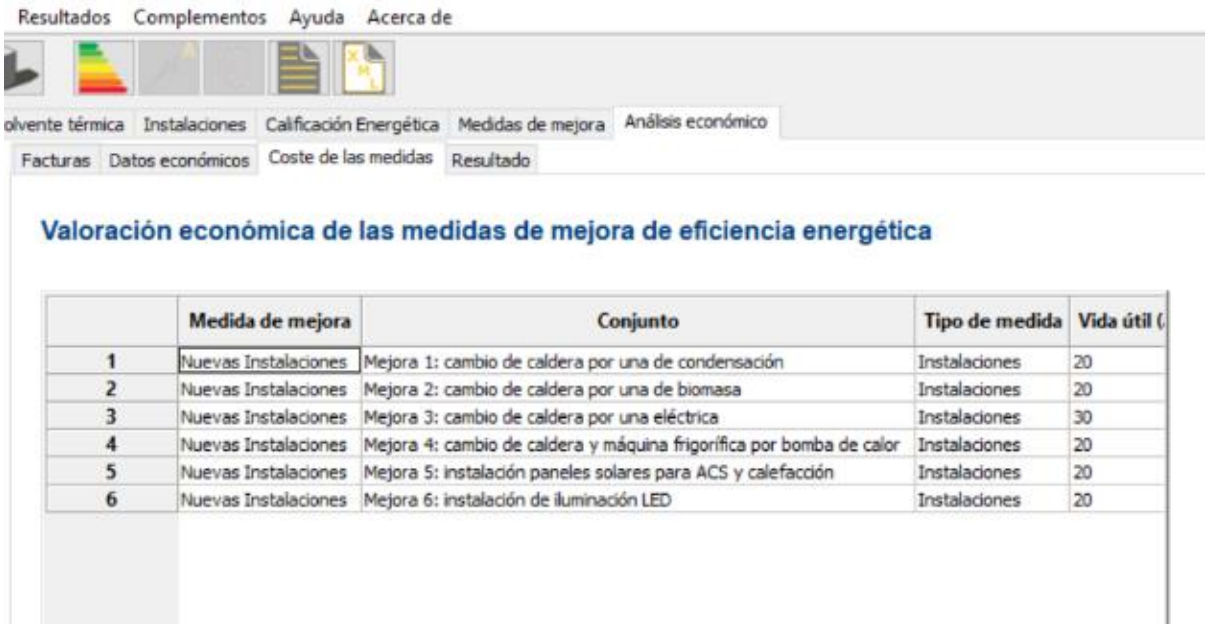
Ilustración 35: parámetros económicos

Ahora que ya hemos introducido los datos fijos y comunes a todas las mejoras, vamos a introducir los datos de cada una de ellas.

En el apartado de mejoras, ya explicamos cada posible opción de mejora. Probamos cuatro hipótesis para cambiar la caldera por una más eficiente, introducimos paneles solares y cambiamos la iluminación del centro a iluminación LED, explicando en cada una la mejora en eficiencia que supondría y el presupuesto que costaría cada opción.

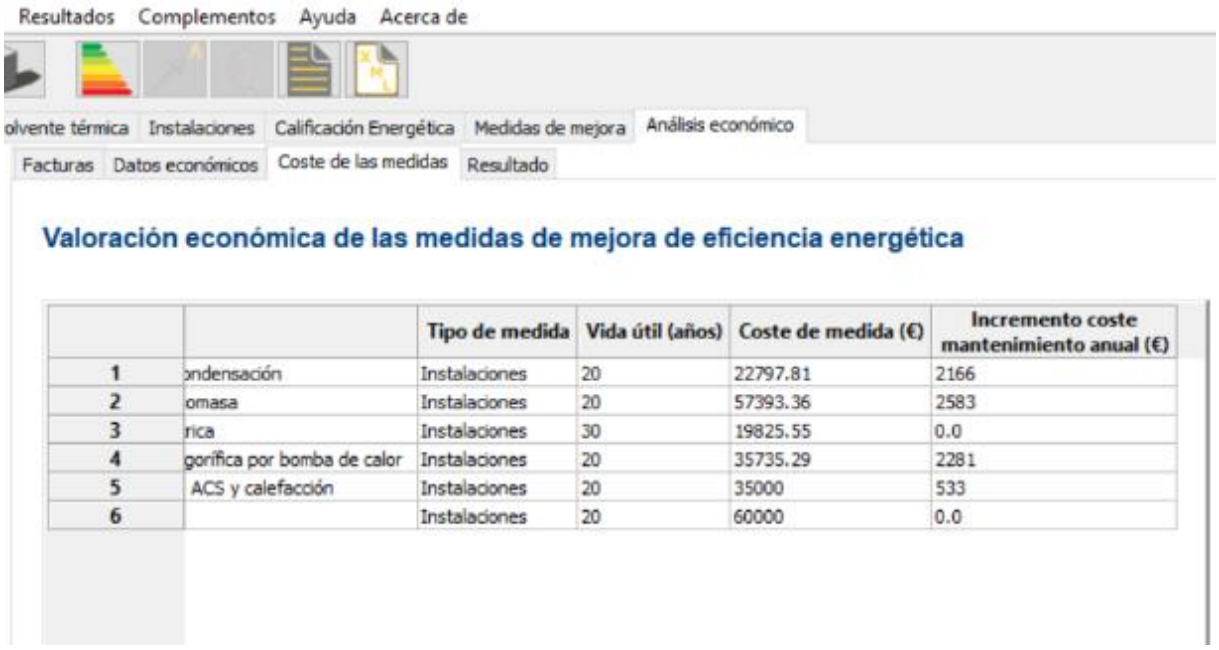
Por tanto, vamos a introducir ahora la vida útil de cada mejora, el coste de la medida y el incremento de coste de mantenimiento anual. Vamos a suponer una vida útil de 20 años para todas las mejoras, y los costes de inversión son los calculados anteriormente en el apartado de mejoras.

Coste de las medidas



	Medida de mejora	Conjunto	Tipo de medida	Vida útil (
1	Nuevas Instalaciones	Mejora 1: cambio de caldera por una de condensación	Instalaciones	20
2	Nuevas Instalaciones	Mejora 2: cambio de caldera por una de biomasa	Instalaciones	20
3	Nuevas Instalaciones	Mejora 3: cambio de caldera por una eléctrica	Instalaciones	30
4	Nuevas Instalaciones	Mejora 4: cambio de caldera y máquina frigorífica por bomba de calor	Instalaciones	20
5	Nuevas Instalaciones	Mejora 5: instalación paneles solares para ACS y calefacción	Instalaciones	20
6	Nuevas Instalaciones	Mejora 6: instalación de iluminación LED	Instalaciones	20

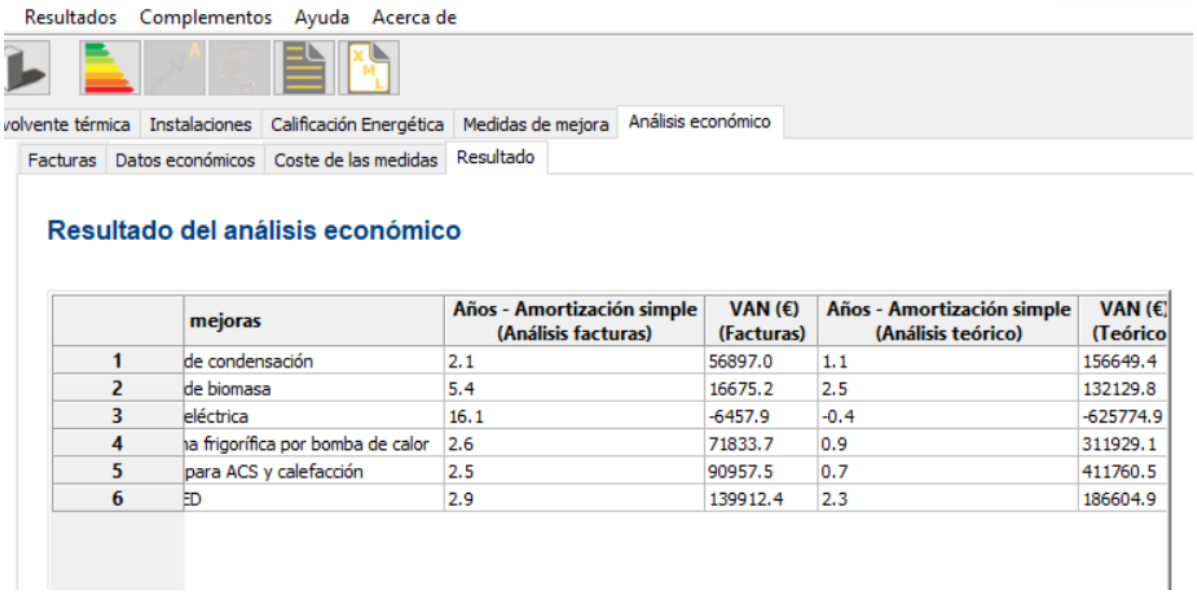
Ilustración 36: coste de las medidas



		Tipo de medida	Vida útil (años)	Coste de medida (€)	Incremento coste mantenimiento anual (€)
1	ondensación	Instalaciones	20	22797.81	2166
2	omasa	Instalaciones	20	57393.36	2583
3	rica	Instalaciones	30	19825.55	0.0
4	gorífica por bomba de calor	Instalaciones	20	35735.29	2281
5	ACS y calefacción	Instalaciones	20	35000	533
6		Instalaciones	20	60000	0.0

Ilustración 37: coste de las medidas 2

Una vez metidos todos los datos, obtenemos los resultados:



	mejoras	Años - Amortización simple (Análisis facturas)	VAN (€) (Facturas)	Años - Amortización simple (Análisis teórico)	VAN (€) (Teórico
1	de condensación	2.1	56897.0	1.1	156649.4
2	de biomasa	5.4	16675.2	2.5	132129.8
3	eléctrica	16.1	-6457.9	-0.4	-625774.9
4	a frigorífica por bomba de calor	2.6	71833.7	0.9	311929.1
5	para ACS y calefacción	2.5	90957.5	0.7	411760.5
6	ED	2.9	139912.4	2.3	186604.9

Ilustración 38: pantalla resultado económico

En la ventana de resultados, el programa nos ofrece una valoración real y un teórica, cada una con los años de amortización (TIR) y el VAN de cada mejora. Ambas son valorables pero vamos a dar más importancia a la opción real que se basa en las facturas.

Vamos a empezar por analizar las 4 primeras mejoras, que son las mejoras de cambio de caldera. En primer lugar, se puede apreciar como la 3ª mejora, cambio de caldera por una eléctrica, no es viable ya que obtenemos un VAN negativo. Esta opción ya sabíamos que no iba a ser viable de ninguna manera ya que en la valoración de eficiencia energética realizada anteriormente nos empeoraba la situación inicial del edificio.

En cambio, tanto la opción de cambio de caldera por una de condensación, como por una de biomasa como por una bomba de calor con techo radiante (1ª, 2ª y 4ª mejoras, respectivamente) son viables ya que todas nos proporcionan un VAN positivo. Los años de amortización vemos que son menores para la caldera de condensación (2,1) y la bomba de calor (2,6), mientras que para la caldera de biomasa son 5,4 años. El VAN también es más desfavorable para la caldera de biomasa (16000 €); esto es debido a que, como podemos ver en los costes, la inversión en una caldera de biomasa es la más cara (72000 €). Sin embargo, tanto para la 1ª como para la 4ª opción el VAN es mucho más elevado, siendo de aproximadamente 57000€ y 72000 €, respectivamente.

Por lo tanto, podemos concluir que en términos de eficiencia la caldera de biomasa nos ofrece la mayor mejora (29,4 - A) pero, al tener un coste muy elevado, se convierte en una opción no tan favorable en términos económicos. Sin embargo, la caldera de condensación y la bomba de calor,

mejoran menos la situación inicial en términos de eficiencia energética, pero son menos costosas y resultan más favorables económicamente.

La segunda mejora (5ª en el programa) consistente en introducir paneles solares para ACS y calefacción nos proporciona unos grandes beneficios económicos: VAN=91000 € a pesar de que su coste es considerable (35000€). Además, el tiempo de amortización es corto, de tan sólo 2,5 años. Esto es debido a que el ahorro energético que produce la energía solar térmica se materializa en ahorro económico a lo largo de los años, lo que se acaba traduciendo en amortización de la inversión de la instalación. Además de estos beneficios económicos, esta tecnología nos ayudará a mantener más limpio y menos contaminado el entorno, lo cual es un valor añadido para nuestra instalación. Por lo tanto, esta es una mejora directa que vamos a tomar ya que nos ofrece beneficios tanto en eficiencia como económicamente.

Por último, la tercera mejora (6ª en el programa) consistente en cambiar la iluminación de la instalación por iluminación LED es la más favorable en términos económicos. A pesar de que cambiar la iluminación de todo el centro es la inversión más costosa (60000 €), con esta mejora obtenemos el VAN más alto que llega a un valor de casi 140000 €. Además, el tiempo de amortización es de tan solo 2,9 años.

6 MEJORAS FINALES Y CONCLUSIONES

Llegados a este punto, ya hemos analizado todo el edificio y hemos realizado el estudio de eficiencia energética del mismo. En primer lugar, podemos concluir que la situación inicial del edificio en cuanto a eficiencia energética no es del todo mala, pero sí bastante mejorable. Recordamos que inicialmente tenemos una marca D con un valor de 105,9 en la escala de calificación energética. Este estudio lo emitiremos resumido en el certificado de eficiencia energética al final del trabajo, aunque este es un papel meramente administrativo.

Por otra parte, hemos propuesto una serie de mejoras y las hemos analizado su influencia y los beneficios que nos proporcionan en el nivel de eficiencia energética de nuestro centro. Pero, como hemos explicado anteriormente, además del aspecto técnico está el económico, por lo que hemos analizado las mejoras económicamente estudiando su viabilidad.

Sin embargo, el estudio de las mejoras lo hemos realizado por separado, analizando una a una. Por lo tanto, ahora que ya sabemos si son viables o no por separado realizaremos un conjunto de mejoras definitivo para nuestro centro.

Vamos a plantear tres posibilidades:

<u>Mejora final 1:</u>

-instalar una caldera de condensación con gas natural

-instalación de captadores de energía solar térmica

-instalación de iluminaria LED

<u>Mejora final 2:</u>

-instalar una caldera de biomasa

-instalación de captadores de energía solar térmica

-instalación de iluminaria LED

<u>Mejora final 3:</u>

-instalar una bomba de calor con techo radiante

-instalación de captadores de energía solar térmica

-instalación de iluminaria LED

Como vemos, la instalación de los captadores de energía solar y el cambio de la iluminación del centro a iluminación LED es común para las tres posibilidades. Lo que nos varía es la caldera, ya que tres de las cuatro hipótesis planteadas inicialmente son viables. Por tanto, veremos cuál será la mejora obtenida al juntar todas, el coste que nos supondría y su viabilidad.

Mejora final 1:

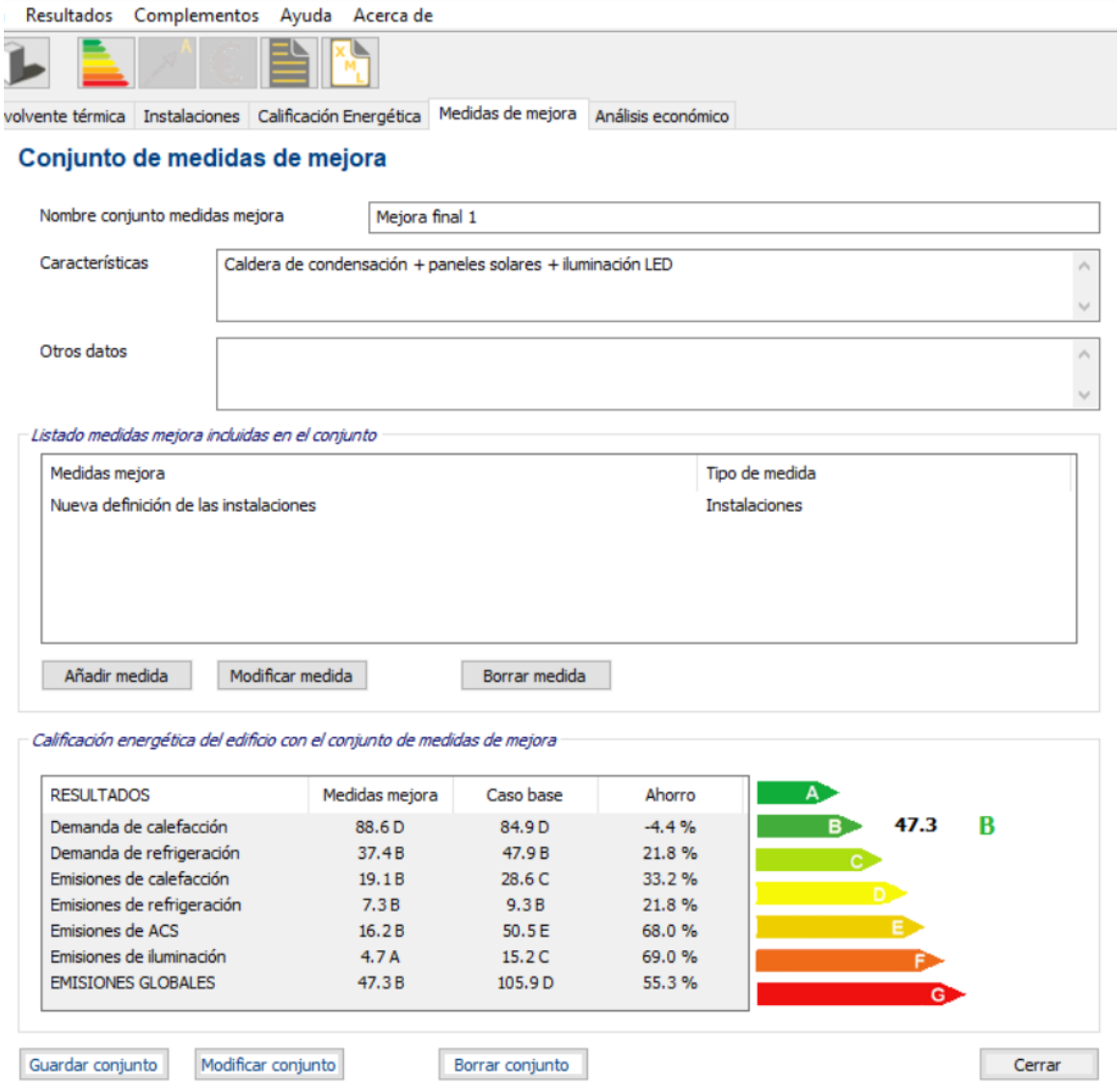


Ilustración 39: mejora final 1

Mejora final 2

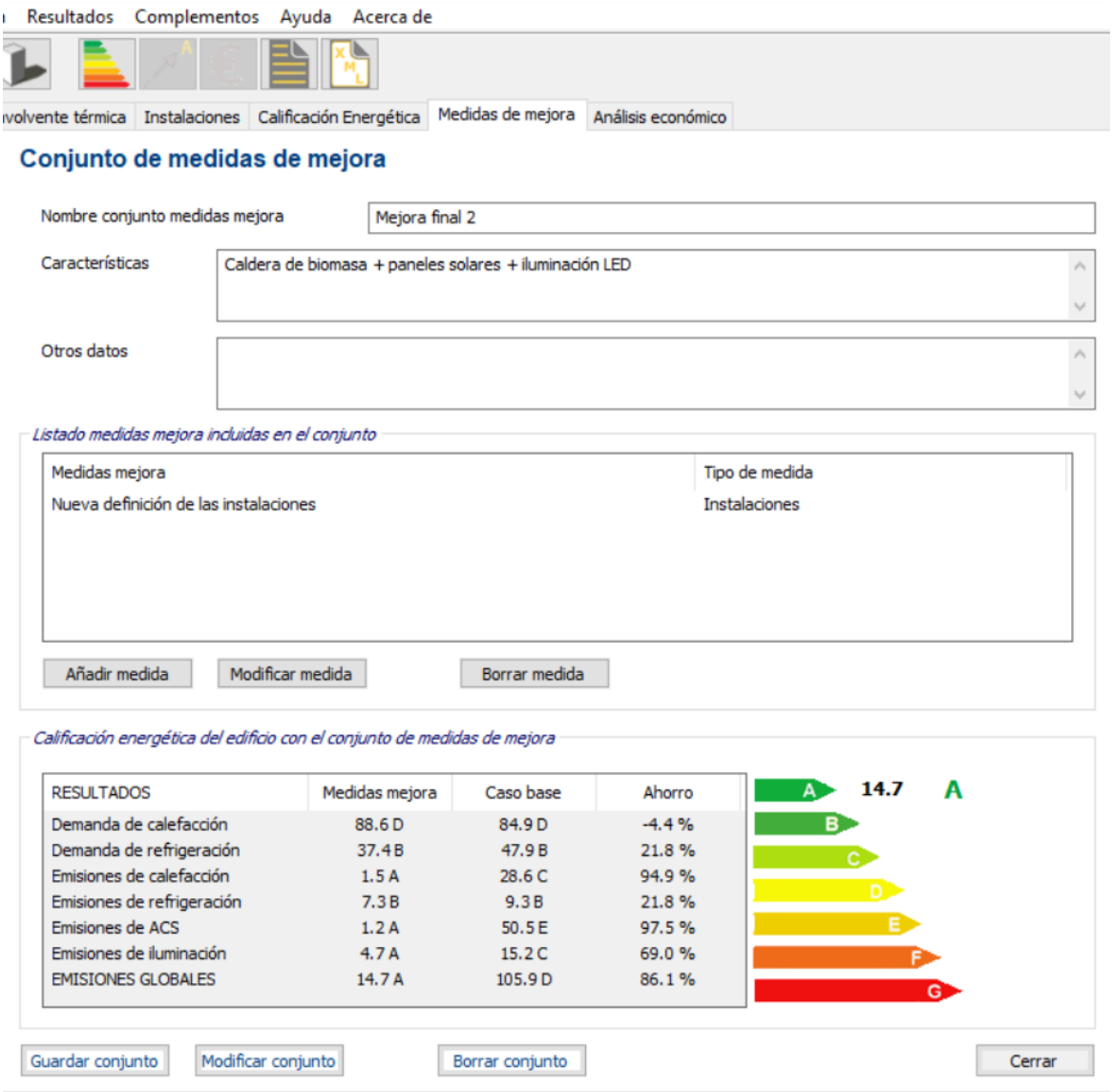


Ilustración 40: mejora final 2

Mejora final 3

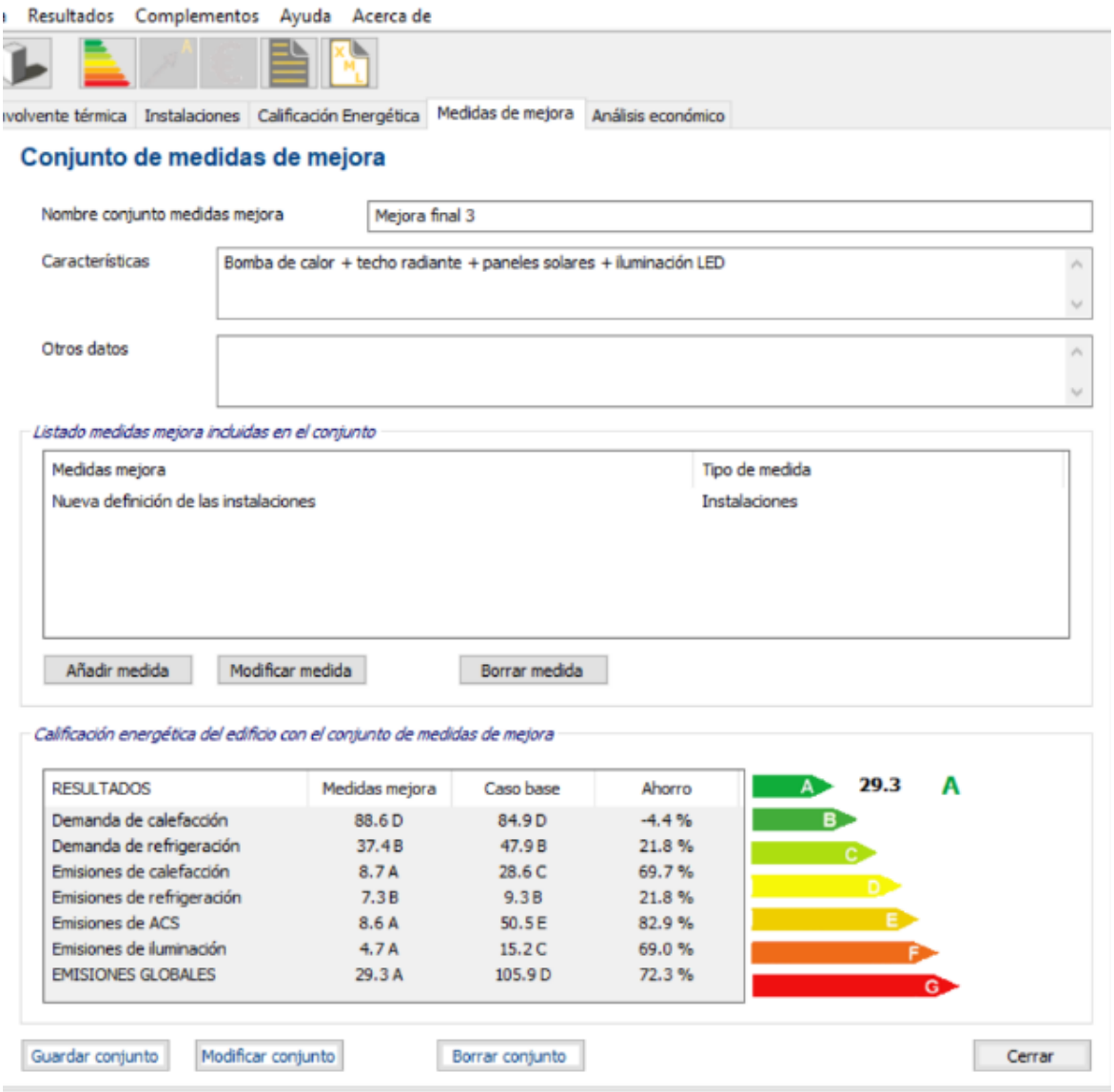


Ilustración 41: mejora final 3

Podemos observar que la segunda posibilidad tiene la mejor calificación energética (14,7 - A) debido a que es la que tiene la caldera de biomasa. Posteriormente, tenemos el tercer conjunto de mejoras (29,3 - A) y por último el primer conjunto (47,3 - B), el cual tiene la caldera de condensación a gas natural. Por lo tanto, podemos concluir que las tres posibilidades son buenas y mejoran notablemente la eficiencia energética, siendo el orden el siguiente:

- 1º: Mejora final 2 (biomasa): 14,7 – A
- 2º: Mejora final 3 (bomba de calor con techo radiante): 29,3- A
- 3º: Mejora final 1 (caldera condensación): 47,3 - B

En el aspecto económico, tendremos la siguiente situación:

MEJORA FINAL 1		
Medida de mejora	Precio (€)	Mantenimiento (€)
Caldera de condensación a gas natural	22797,81 + 410*	2166
Instalación paneles solares	35000	533
Instalación iluminación LED	60000	0
TOTAL	**118207,81**	**2699**

Tabla 14: presupuesto mejora final 1

MEJORA FINAL 2		
Medida de mejora	Precio (€)	Mantenimiento (€)
Caldera de biomasa	57393,36 + 410*	2583
Instalación paneles solares	35000	533
Instalación iluminación LED	60000	0
TOTAL	**152803,36**	**3116**

Tabla 15: presupuesto mejora final 2

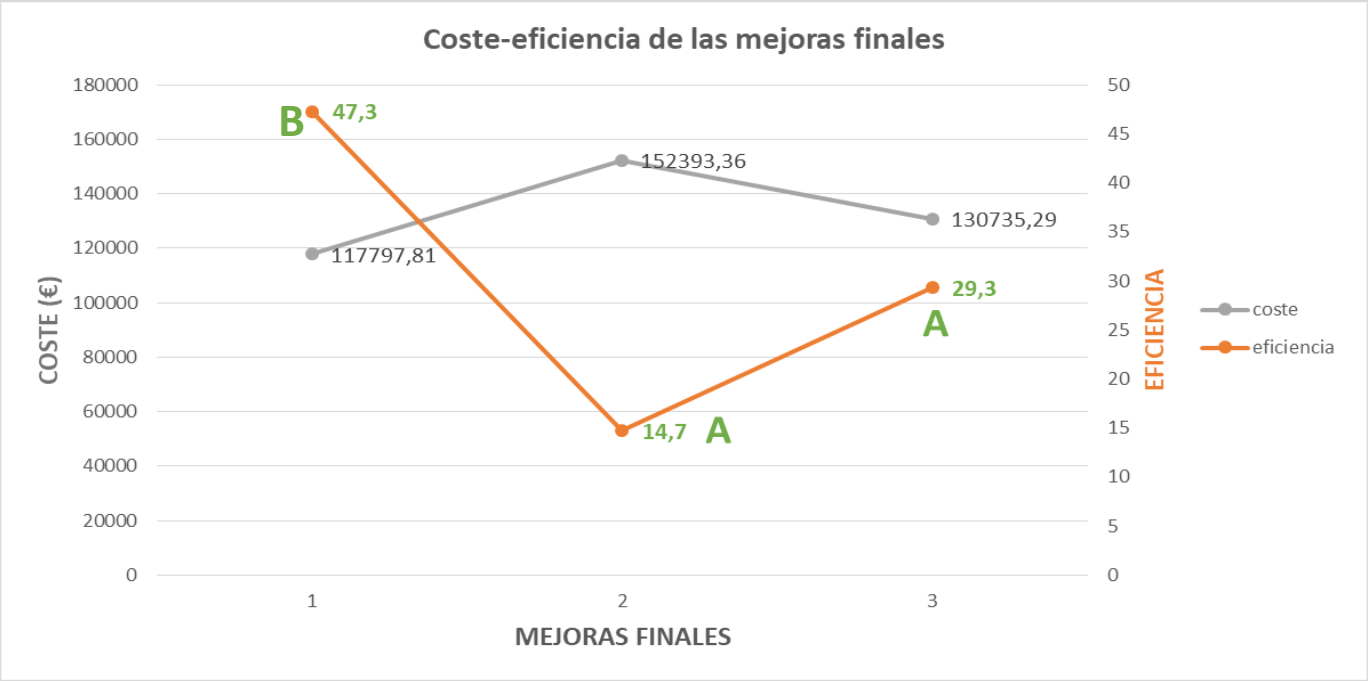
MEJORA FINAL 3		
Medida de mejora	Precio (€)	Mantenimiento (€)
Bomba de calor con techo radiante	35735,29 + 410*	2281
Instalación paneles solares	35000	533
Instalación iluminación LED	60000	0
TOTAL	**131145,29**	**2814**

Tabla 16: presupuesto mejora final 3

**Los 410 € corresponden al coste de desinstalación de la antigua caldera.*

Estas tablas representan el precio total de la inversión de cada uno de los tres conjuntos de mejoras. Vemos como la 'Mejora final 2' (en rojo) es la más cara ya que como vimos anteriormente la caldera de biomasa es la más costosa. Posteriormente tenemos el conjunto de mejoras número 3 con la bomba de calor con techo radiante y como medida más barata la mejora final número 1.

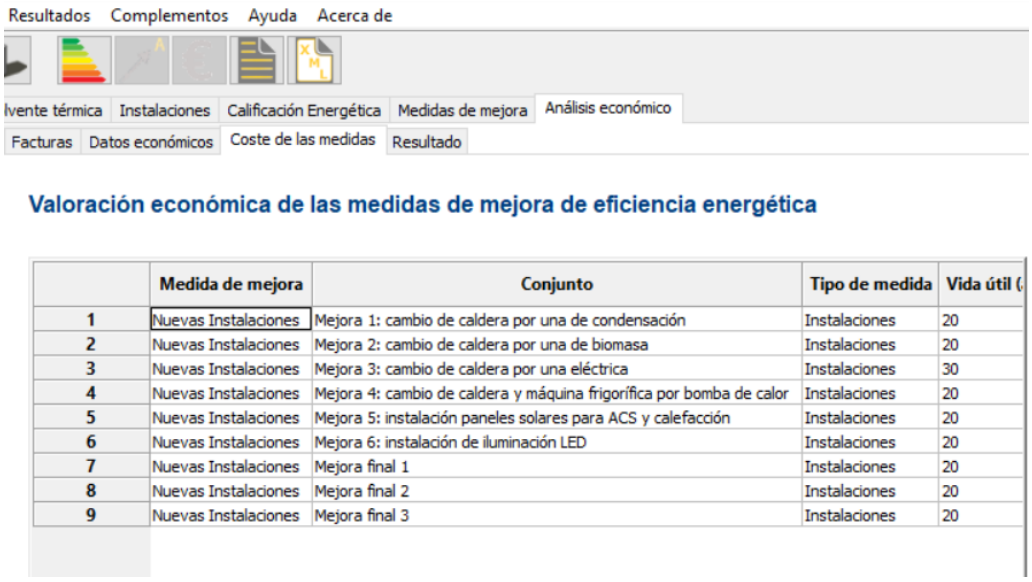
En la siguiente gráfica hemos reflejado estos resultados de coste y eficiencia energética de las tres propuestas de mejoras finales:



Gráfica 1: coste-eficiencia de las mejoras

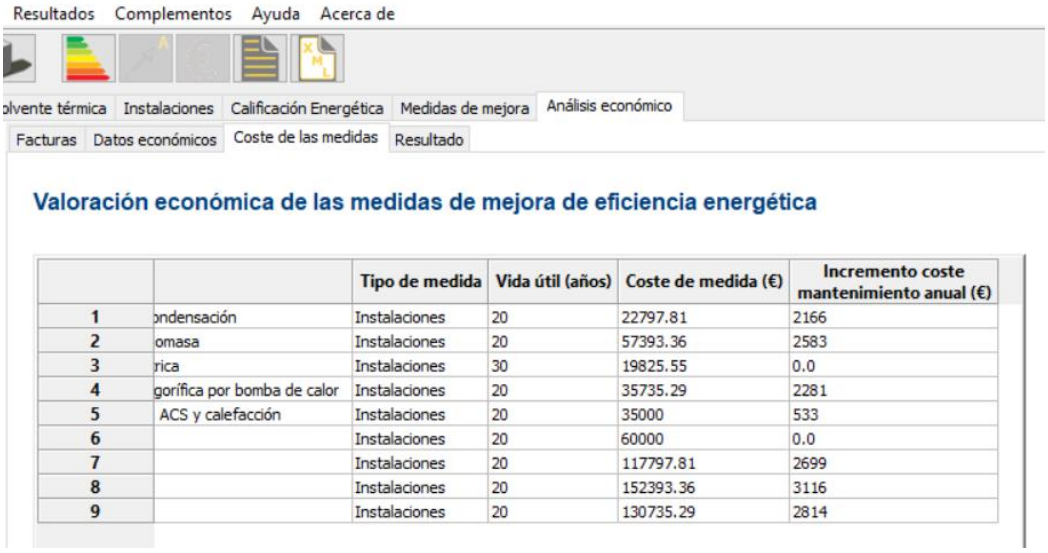
Vemos que guardan una relación inversamente proporcional. Es decir, económicamente los conjuntos de mejoras siguen un orden inverso a su orden en cuanto a eficiencia energética: la mejora final 1 será la menos costosa pero la menos eficiente enérgicamente, mientras que la mejora final 2 será la más costosa pero la más eficiente. La mejora final 3 se encuentra en un valor intermedio de las otras en ambos aspectos.

El siguiente paso es introducir en el programa estos costes de los conjuntos de mejoras. Como hicimos anteriormente con las mejoras por separado, introduciremos una vida útil de 20 años para las tres posibilidades.



	Medida de mejora	Conjunto	Tipo de medida	Vida útil (
1	Nuevas Instalaciones	Mejora 1: cambio de caldera por una de condensación	Instalaciones	20
2	Nuevas Instalaciones	Mejora 2: cambio de caldera por una de biomasa	Instalaciones	20
3	Nuevas Instalaciones	Mejora 3: cambio de caldera por una eléctrica	Instalaciones	30
4	Nuevas Instalaciones	Mejora 4: cambio de caldera y máquina frigorífica por bomba de calor	Instalaciones	20
5	Nuevas Instalaciones	Mejora 5: instalación paneles solares para ACS y calefacción	Instalaciones	20
6	Nuevas Instalaciones	Mejora 6: instalación de iluminación LED	Instalaciones	20
7	Nuevas Instalaciones	Mejora final 1	Instalaciones	20
8	Nuevas Instalaciones	Mejora final 2	Instalaciones	20
9	Nuevas Instalaciones	Mejora final 3	Instalaciones	20

Ilustración 42: coste mejoras finales



		Tipo de medida	Vida útil (años)	Coste de medida (€)	Incremento coste mantenimiento anual (€)
1	ondensación	Instalaciones	20	22797.81	2166
2	omasa	Instalaciones	20	57393.36	2583
3	rica	Instalaciones	30	19825.55	0.0
4	gorífica por bomba de calor	Instalaciones	20	35735.29	2281
5	ACS y calefacción	Instalaciones	20	35000	533
6		Instalaciones	20	60000	0.0
7		Instalaciones	20	117797.81	2699
8		Instalaciones	20	152393.36	3116
9		Instalaciones	20	130735.29	2814

Ilustración 43: coste mejoras finales 2

Una vez introducidos los costes, obtenemos los resultados del análisis económico:

Resultado del análisis económico

	ras	Años - Amortización simple (Análisis facturas)	VAN (€) (Facturas)	Años - Amortización simple (Análisis teórico)	VAN (€) (Teórico)
1	densación	2.1	56897.0	1.1	156649.4
2	masa	5.4	16675.2	2.5	132129.8
3	ca	16.1	-6457.9	-0.4	-625774.9
4	rífica por bomba de calor	2.6	71833.7	0.9	311929.1
5	CS y calefacción	2.5	90957.5	0.7	411760.5
6		2.9	139912.4	2.3	186604.9
7	MEJORA FINAL 1	4.8	89134.9	1.5	597155.9
8	MEJORA FINAL 2	6.2	48170.1	1.9	564486.4
9	MEJORA FINAL 3	4.9	96870.9	1.5	685839.8

Ilustración 44: resultado análisis económico mejoras finales

Vemos que los tres conjuntos de mejoras finales son inversiones viables.

La segunda mejora final se amortiza más tarde y nos proporciona un VAN menor que las otras dos. Esto es debido a que, como hemos analizado anteriormente, la caldera de biomasa supone un gasto mayor que las otras dos opciones.

En cuanto a las mejoras finales 1 y 3, vemos que el tiempo de amortización es prácticamente similar y el VAN es de unos 7000 € mayor en la mejora 3, a pesar de que esta mejora era algo más cara. Sabiendo esto y que con la mejora final 3 (bomba de calor con techo radiante) teníamos una mayor eficiencia energética, la mejora final 1 se postula como una opción menos recomendable en comparación con la 3.

Por lo tanto, vamos a concluir que tenemos tres opciones de conjuntos de mejoras finales:

La primera corresponde a la 'Mejora final 2', en la que instalaremos paneles solares e iluminaria LED, y cambiaremos la caldera antigua por una de biomasa. Esta inversión es las más cara (152803,36€), se amortizará en 6,2 años y nos proporciona los menores beneficios económicos, con un VAN de aproximadamente 48000€. Sin embargo, en términos de eficiencia energética, supondría la mayor mejora, llegando al valor de 14,7 – A.

La segunda corresponde a la 'Mejora final 3', en la que además de instalar paneles solares e iluminación LED (como en la otra opción) cambiaremos la caldera antigua por una bomba de calor con techo radiante. Esta inversión es menos costosa (131145,29 €), se amortizaría antes que la mejora final 2, a los 4,9 años, y nos proporcionará el mayor VAN, de alrededor de 97000 €. En cuanto a la eficiencia energética, conseguiríamos una mejora que supondría llegar al valor 29,3 – A, el cual también está muy bien pero no llega a ser tan bueno como con la caldera de biomasa.

La última opción es la 'Mejora final 1', en la que además de los paneles y la iluminación LED, instalamos una caldera de condensación a gas natural. Esta es la inversión que tiene el menor coste, 118207,81. Los resultados económicos son parecidos a la 'Mejora final 3', con 4,8 años de amortización, pero un VAN algo menor, de aproximadamente 90000 €. En términos de eficiencia, esta es la alternativa que nos daría una menor mejora: etiqueta 47,3-B.

En conclusión, hemos analizado los conjuntos de mejoras llegando a proponer tres alternativas diferentes. En función de lo que quiera el interesado, es decir, una mejora en eficiencia independientemente del coste o, por el contrario, mejorar la instalación pero hacerlo de la forma más barata posible, podrá elegir una alternativa u otra.

En la siguiente tabla, quedan resumidos los resultados y características de estas tres alternativas finales:

Alternativas	Etiqueta eficiencia energética ($kgCO^2/m^2$)	Inversión (€)	Amortización (años)	VAN (€)
Mejora final 1	47,3-B	118207,81	4,8	89134,9
Mejora final 2	14,7-A	152803,36	6,2	48170,1
Mejora final 3	29,3-A	131145,29	4,9	96870,9

Tabla 17: resumen alternativas finales

7 RESUMEN PRESUPUESTO

En el apartado de propuesta de mejoras, ya explicamos que para poder calcular el coste que nos iba a suponer cada mejora hemos utilizado de un generador de precios especializado en construcción (http://www.generadordeprecios.info/).

Este generador nos ha servido para calcular el coste de las cuatro hipótesis de cambio de caldera y para ayudarnos a poder calcular el precio de la instalación de los paneles solares. Para la iluminación LED, como explicamos antes, no lo hemos utilizado ya que hemos usado un programa de cálculo de iluminación llamado 'Dialux'.

En este apartado vamos hacer un resumen del presupuesto de cada una de las mejoras y de las mejoras finales, con el objetivo de sintetizar todos los costes calculados anteriormente (el gasto fijo de la primera tabla, corresponde al coste de la desinstalación de la caldera antigua):

Medida de mejora	**Coste (€)**	**Gasto fijo (€)**	**Mantenimiento (€/año)**	**Precio final (€)**
Mejora 1: caldera condensación gas natural	22797,81	410	2166	23207,81
Mejora 2: cadera biomasa (pellets)	57393,36	410	2583	57803,36
Mejora 3: caldera eléctrica	19825,55	410	0	20235,55
Mejora 4: bomba de calor + techo radiante	35735,29	410	2281	36145,29

Tabla 18: presupuesto cambio caldera

Medida de mejora	**Coste (€)**	**Mantenimiento (€/año)**	**Precio final (€)**
Mejora 5: paneles solares para ACS y calefacción	35000	533	35000

Tabla 19: presupuesto instalación paneles solares

Medida de mejora	**Coste (€)**	**Mantenimiento (€/año)**	**Precio final (€)**
Mejora 6: instalación de iluminaria LED	60000	0	60000

Tabla 20: presupuesto instalación iluminación led

MEJORA FINAL 1	**Coste (€)**	**Mantenimiento (€/año)**
Mejora 1: caldera condensación gas natural	23207,81	2166
Mejora 5: paneles solares para ACS y calefacción	35000	533
Mejora 6: instalación de iluminaria LED	60000	0
TOTAL	118207,81	2699

Tabla 21: presupuesto mejora final 1

MEJORA FINAL 2	**Coste (€)**	**Mantenimiento (€/año)**
Mejora 2: caldera biomasa (pellets)	57803,36	2583
Mejora 5: paneles solares para ACS y calefacción	35000	533
Mejora 6: instalación de iluminaria LED	60000	0
TOTAL	152803,36	3166

Tabla 22: presupuesto mejora final 2

MEJORA FINAL 3	**Coste (€)**	**Mantenimiento (€/año)**
Mejora 4: bomba de calor con techo radiante	36145,29	2281
Mejora 5: paneles solares para ACS y calefacción	35000	533
Mejora 6: instalación de iluminaria LED	60000	0
TOTAL	131145,29	2814

Tabla 23: presupuesto mejora final 3

ANEXO 1: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES

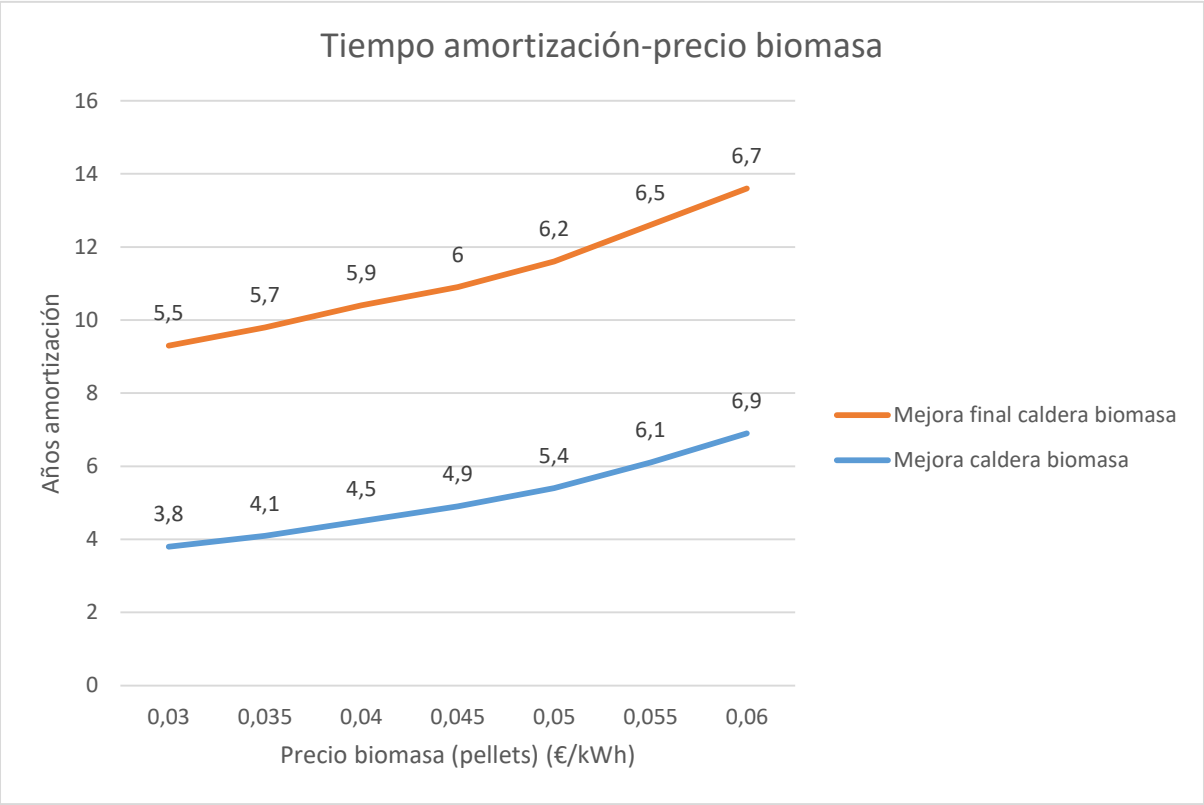
Como apuntamos anteriormente, los precios de los combustibles son muy variables en el tiempo por lo que un cambio brusco en alguno nos podría afectar a la viabilidad o no de las mejoras. Por ello, vamos a estudiar de qué manera nos afecta esto a los años de amortización de las mejoras. Vamos a realizar el análisis económico variando los precios de varios combustibles, concretamente de la biomasa densificada (pellets), el gas natural y la electricidad.

En primer lugar analizaremos la influencia del cambio del precio de la biomasa densificada. Como es lógico, este precio nos influirá en la mejora en la que instalamos la caldera de biomasa. Es decir, en la mejora 2 (instalación caldera de biomasa) y en la mejora 8 (mejora final con caldera de biomasa). En la siguiente tabla indicaremos los diferentes casos indicando el precio del combustible y los años de amortización de estas dos mejoras para cada caso.

	Caso 1	**Caso 2**	**Caso 3**	**Caso 4**	**Caso base**	**Caso 5**	**Caso 6**
Precio biomasa densificada (pellets) (€/KWh)	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06
Amortización mejora 2 (años)	3,8	4,1	4,5	4,9	5,4	6,1	6,9
Amortización mejora 8 (años)	5,5	5,7	5,9	6	6,2	6,5	6,7

Tabla 24: precio-amortización biomasa

En la siguiente gráfica podemos observar estos datos más visualmente:



Gráfica 2: tiempo amortización-precio biomasa

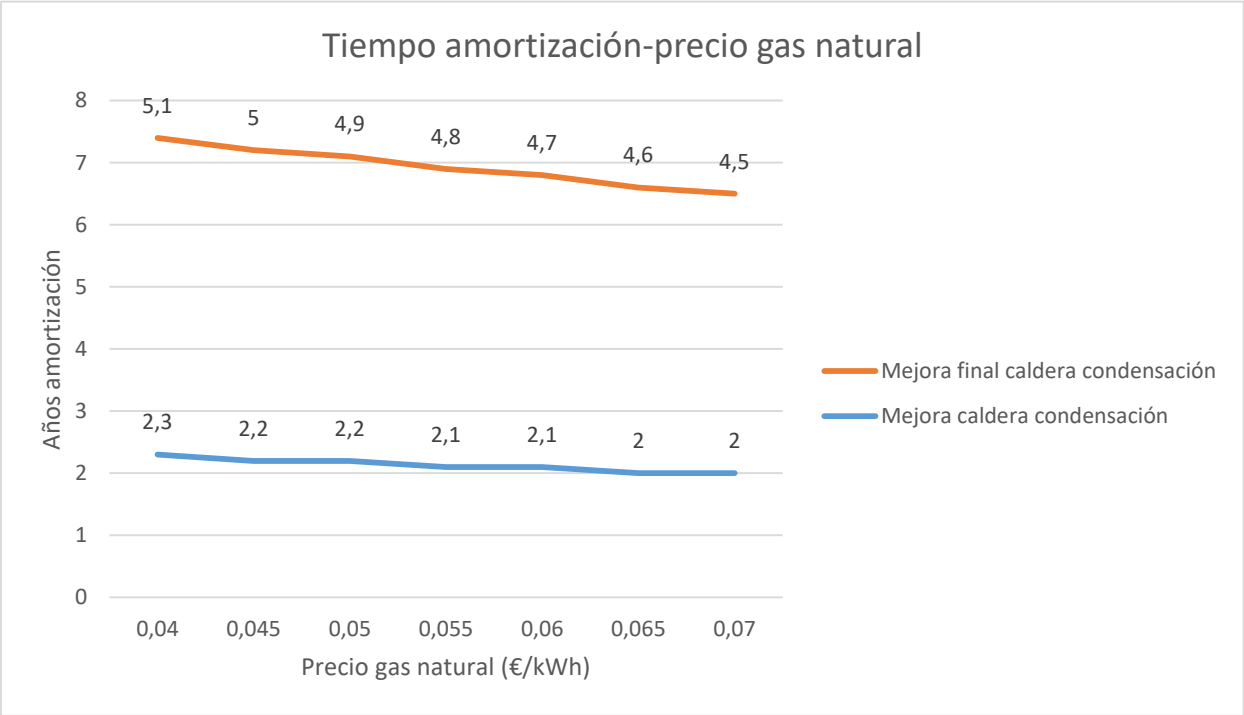
Vemos como con pequeñas modificaciones en el precio del combustible, nos varía enormemente el tiempo de amortización de las mejoras. La mejora de instalar una caldera de biomasa, se amortiza a los 3,8 años si el precio es de 0,03 €/kWh y a los 6,9 años si el precio es de 0,06 €/kWh, es decir, casi el doble de tiempo por solo una diferencia de 0,03 €/kWh.

Vamos a realizar el mismo estudio con el gas natural. Nos centraremos en este caso en la mejora 1 (instalación de caldera de condensación) y en la mejora 7 (mejora final con caldera de condensación):

	Caso 1	**Caso 2**	**Caso 3**	**Caso base**	**Caso 4**	**Caso 5**	**Caso 6**
Precio gas natural (€/kWh)	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07
Amortización mejora 1 (años)	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2	2
Amortización mejora 7 (años)	5,1	5	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5

Tabla 25: precio-amortización gas natural

Pasando estos datos a una gráfica:



Gráfica 3: tiempo amortización-precio gas natural

Como vemos, aquí la progresión es inversa al caso de la biomasa. Esto se debe a que aquí nos estamos ahorrando dinero con respecto a la situación que teníamos inicialmente (sin mejora), es decir, cuanto mayor sea el precio del gas natural, más nos estaremos ahorrando con nuestra nueva caldera de condensación en comparación a lo que nos gastaríamos habiendo dejado la caldera antigua que también funcionaba con gas natural, y, por lo tanto, antes amortizaremos la inversión en nuestra nueva caldera.

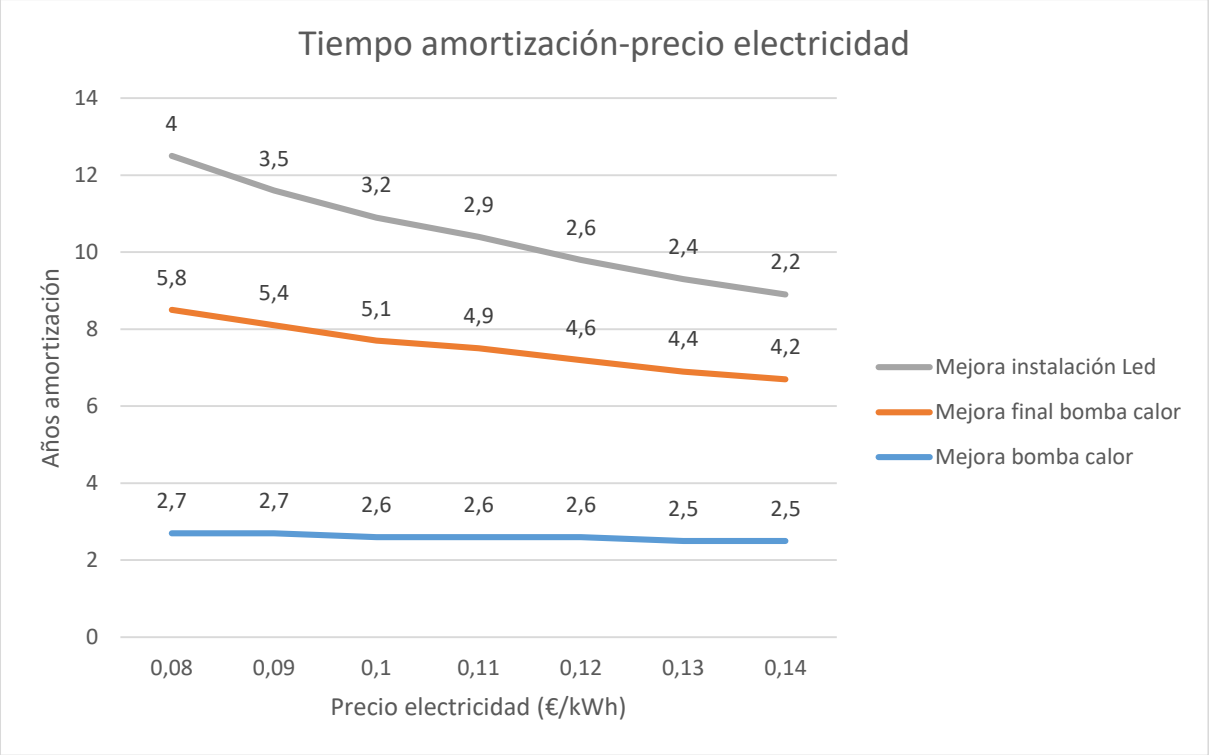
En el caso de la biomasa del ejemplo anterior, la progresión es inversa, ya que inicialmente no trabajamos con biomasa luego la nueva caldera de biomasa siempre se amortizaría antes cuanto menor sea el precio de este combustible.

Por último, vamos a ver la influencia del coste de la electricidad. En este caso, nos centraremos en la mejora de instalación de iluminaria LED (mejora 6), en la mejora de cambio de caldera por una bomba de calor con techo radiante (mejora 4) y en la mejora final con bomba de calor (mejora 9).

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso base	Caso 4	Caso 5	Caso 6
Precio electricidad (€/kWh)	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14
Amortización mejora 4 (años)	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5
Amortización mejora 6 (años)	4	3,5	3,2	2,9	2,6	2,4	2,2
Amortización mejora 9 (años)	5,8	5,4	5,1	4,9	4,6	4,4	4,2

Tabla 26: precio-amortización electricidad

Al igual que en los casos anteriores, pasamos estos datos a una gráfica:



Gráfica 4: tiempo amortización-precio electricidad

Podemos observar como ocurre la misma situación que con el caso del gas natural. Cuanto mayor sea el precio de la electricidad antes amortizaremos nuestras medidas de mejora. El caso de la instalación de iluminación Led es el más acentuado, ya que vemos que por una diferencia de 0,06 €/kWh amortizaríamos en la mitad de tiempo la inversión. En el caso de la bomba de calor, la cual también funciona con electricidad, la influencia del precio no es tan notoria ya que estamos

sustituyendo una caldera antigua que funciona con gas natural por una bomba de calor que funciona con electricidad.

En conclusión, hemos demostrado la gran influencia que tiene el precio del combustible para determinar la viabilidad o no de las inversiones que se vayan a tomar. Es por tanto, un factor que no podemos predecir y del cual estamos expuestos siempre que queramos invertir en mejoras de eficiencia energética.

BIBLIOGRAFÍA

-ManualUsuarioCE3Xv2015

-Guía de eficiencia energética en instalaciones deportivas *Fenercom*

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_742.pdf

https://ovacen.com/wp-content/uploads/2015/08/Manual-de-usuario-ce3x-2015.pdf

https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-eficiencia-energetica-en-instalaciones-deportivas-fenercom.pdf

https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-Basica-Calderas-Condensacion-2009-fenercom.pdf

https://www.codigotecnico.org/

http://www.certificadosenergeticos.com/

http://www.eficienciaenergetica.com/

https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/led-ahorro-energetico-en-iluminacion/

http://www.arkiplus.com/funcionamiento-de-una-caldera-de-biomasa

http://www.afec.es/es/index.asp

http://www.generadordeprecios.info/

http://www.afec.es/es/guia/prestaciones-medias-estacionales-bombas-de-calor.pdf

http://tudegas.com/climatizacion-aire-acondicionado/

https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-3904

http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual_usuario%20CE3X_05.pdf

http://ferrolan.es/que-potencia-luminica-necesitas-en-funcion-de-los-m2-descubre-los-downlight-led-de-superficie-y-los-lumenes-necesarios/

https://www.hf-leds.com/iluminacion-en-gimnasios-y-centros-deportivos/

https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/

http://instalacionesyeficienciaenergetica.com/normativa/Iluminacion/DB-HE-2013.pdf

http://www.lumelco.es/productos/pdf/aire/Catalogo_Soluciones_Calefaccion&ACS_v3_Mayo15.pdf

http://www.luzfin.com/cuanto-dura-un-led/

http://www.geo-termia.com/blog/informacion-general/comparativa-de-precios-de-combustibles-para-calefaccion.html

http://www.efinovatic.es/CE3X

http://www.cat-coacm.es/es/menu-horizontal-certificacion-energetica.zhtm?arg_url_left=192

https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/definir-el-dato-de-masa-particiones-ce3x/

http://desatascosisurbide.com/como-se-realiza-una-prueba-de-estanqueidad/

http://www.higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/RITE%20IT%201142%20CAI.pdf

http://www.naos.es/media/dl/diseo-de-la-ciudad-n-dic-gofit-santander97767.pdf

http://www.venfilter.es/normativa/rite

Programas informáticos utilizados

CE3x v.2.3

DIALux