



# Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

## **TRABAJO FIN DE GRADO**

*Estudio de la demanda energética del  
Cuartel Marqués de la Victoria en la  
Escuela Naval Militar*

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**ALUMNO:** Alejandro Hernández López

**DIRECTORES:** Arturo González Gil  
Miguel A. Gómez Rodríguez

**CURSO ACADÉMICO:** 2015-2016

Universida<sub>de</sub>Vigo





Centro Universitario de la Defensa  
En la Escuela Naval Militar

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*Estudio de la demanda energética del  
Cuartel Marqués de la Victoria en la  
Escuela Naval Militar*

**Grado en Ingeniería Mecánica**  
Intensificación en Tecnología Naval  
Infantería de Marina

Universida<sub>d</sub>eVigo



## **RESUMEN**

El contexto actual, que marca el devenir de nuestro día a día, viene determinado por la importancia, cada vez mayor, de sectores como el energético y, ligado a éste, el económico. En cualquier situación diaria se busca la eficiencia, por lo que es de vital importancia el estudio de temas como la eficiencia energética, el uso de energías renovables o la reducción de gases nocivos perjudiciales para el medio ambiente.

La Armada, y más en concreto la Escuela Naval, puede ayudar en este ámbito asegurando la eficiencia de sus instalaciones y unidades, en este caso por medio de la calificación energética del cuartel de alumnos Marqués de la Victoria.

En este trabajo se ha realizado un estudio de la demanda energética del cuartel Marqués de la Victoria a través del uso del software CalenerVYP (Viviendas y Pequeño terciario), con el fin de evaluar la eficiencia del edificio así como sus consumos y emisiones para determinar la certificación que le corresponde. Se han obtenido y analizado varios resultados con el fin de proponer mejoras y medidas de ahorro y se ha cuantificado su coste y calculado el periodo de amortización.

Por otro lado se ha tratado de concienciar a todo el personal de la importancia del ahorro energético dentro de cualquier edificio e instalación intentado conseguir una colaboración por parte de todos, ya que el ahorro energético es algo que implica a todo aquel que haga uso del cuartel

## **PALABRAS CLAVE**

Certificación energética, Crisis económica, Energías renovables, Ahorro energético, Medio Ambiente



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi hermana Araceli por su apoyo y ayuda incondicional.

Al Cabo 1º Don Julián Novijal porque sin su ayuda no habría sido posible realizar el trabajo.

Al Alférez de Navío Piñeiro Paredes por su colaboración y disposición a ayudarme desde el primer momento.

A mis tutores por su guía y consejos.







# CONTENIDO

Contenido .....	1
Índice de Figuras .....	3
Índice de Tablas.....	5
1 Introducción y objetivos .....	6
1.1 Certificación Energética.....	6
1.2 Energía primaria y final consumida en España.....	8
1.3 Objetivos .....	10
2 Estado del arte .....	12
2.1 Eficiencia Energética en la actualidad .....	12
2.1.1 Panorama actual en España en el ámbito de la certificación .....	13
2.2 Eficiencia Energética en otros países .....	13
2.2.1 Estados Unidos .....	13
2.2.2 Resto de países de la Unión Europea.....	14
3 Desarrollo del TFG.....	16
3.1 CalenerVYP .....	16
3.2 Cuartel Marqués de la Victoria .....	17
3.3 Introducción de datos y diseño del edificio .....	20
3.3.1 Datos generales.....	20
3.3.2 Diseño Gráfico.....	21
3.3.3 Cerramientos y forjados.....	24
3.3.4 Huecos y lucernarios.....	27
3.3.5 Iluminación .....	31
3.3.6 Sistema de calefacción y ACS .....	33
4 Resultados .....	36
4.1 Valoración de los resultados obtenidos.....	36
4.1.1 Problemas de obtención .....	36
4.1.2 Etiqueta y análisis .....	37
4.1.3 Demanda de calefacción y ACS .....	37
4.1.4 Emisiones derivadas de la calefacción, refrigeración y ACS .....	38
4.1.5 Emisiones derivadas de la iluminación.....	38
4.2 Medidas para mejorar la eficiencia energética.....	38
4.2.1 Calefacción y ACS .....	38
4.2.2 Huecos y Lucernarios .....	41

4.2.3 Energías alternativas .....	43
4.2.4 Iluminación .....	43
4.3 Presupuestos y amortización .....	44
4.3.1 Presupuestos .....	44
4.3.2 Amortización de la inversión .....	46
5 Conclusiones y líneas futuras .....	47
5.1 Conclusiones .....	47
5.2 Líneas Futuras .....	48
6 Bibliografía.....	49
Anexo I: Elementos del cuartel y de la instalación .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Sistema de gestión ambiental de la ENM.....	6
Figura 1-2 Etiqueta Energética [2] .....	7
Figura 2-1 Hers Index [11] .....	14
Figura 3-1 Planta baja del Marqués de la Victoria. Oficina de Mantenimiento de la ENM .....	18
Figura 3-2 Planta primera del Marqués de la Victoria. Oficina de Mantenimiento de la ENM .....	19
Figura 3-3 Planta segunda del Marqués de la Victoria. Oficina de Mantenimiento de la ENM.....	19
Figura 3-4 Datos generales. Fuente CalenerVYP .....	21
Figura 3-5 Planta baja del cuartel. Fuente CalenerVYP.....	22
Figura 3-6 Primera planta. Fuente CalenerVYP .....	23
Figura 3-7 Segunda Planta. Fuente CalenerVYP .....	23
Figura 3-8 Tejado. Fuente CalenerVYP .....	24
Figura 3-9 Librería F01.01. Fuente CalenerVYP.....	25
Figura 3-10 Librería Pladur. Fuente CalenerVYP.....	25
Figura 3-11 Librería Tabique. Fuente CalenerVYP .....	26
Figura 3-12 Librería tejado. Fuente CalenerVYP .....	26
Figura 3-13 Tabla de factores de Climalit [16] .....	28
Figura 3-14 Transmitancia Vidrios [17].....	28
Figura 3-15 Librería ventanas. Fuente CalenerVYP .....	29
Figura 3-16 Colocación de ventanas. Fuente CalenerVYP .....	30
Figura 3-17 Fachada del cuartel con ventanas y tejado. Fuente CalenerVYP .....	30
Figura 3-18 Iluminación de espacios. Fuente CalenerVYP .....	33
Figura 3-19 Sistema, Equipos y Unidades terminales. Imagen del CalenerVYP .....	34
Figura 4-1 Error a la hora de calcular. Fuente CalenerVYP .....	36
Figura 4-2 Etiqueta Energética. Fuente CalenerVYP.....	37
Figura 4-3 Caldera EuroCondens SGB en cascada [20] .....	39
Figura 4-4 Caldera Power HT Plus montaje en cascada [21].....	39
Figura 4-5 Etiqueta con calderas de gas. Fuente CalenerVYP.....	40
Figura 4-6 Etiqueta con calderas de gas y sustitución de ventanas y puertas. Fuente CalenerVYP	42
Figura 4-7 Cartel para mantener los accesos cerrados .....	43
Figura 4-8 Catálogo lámparas LED [19] .....	44
Figura 0-1 Caldera de calefacción CPA 600 Roca (Baxi) ACS Roca.....	52
Figura 0-2 Caldera de	
Figura 0-3 Radiador de doble tubo y agua caliente .....	52
Figura 0-4 Ventana climalit de doble cámara y marco de aluminio lacado .....	53

Figura 0-5 Ventana de vidrio monolítico y marco de aluminio lacado .....	53
Figura 0-6 Puerta climalit de vidrio monolítico	
Figura 0-7 Puerta climalit de doble acristalamiento .....	54
Figura 0-8 Puerta de madera con vidrio monolítico	
Figura 0-9 Puerta de madera ascensores.....	54
Figura 0-10 Fachada principal del Cuartel Marqués de la Victoria .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Consumo de energía primaria en España [5] .....	9
Tabla 1-2 Consumo de energía final en España [5] .....	10
Tabla 3-1 Resumen de ventanas .....	29
Tabla 3-2 Puertas del cuartel .....	31
Tabla 3-3 Valores límites de eficiencia energética de la instalación [14] .....	32
Tabla 4-1 Precio por kWh [23].....	41
Tabla 4-2 Precio del cambio e instalación [25] [26] .....	45
Tabla 4-3 Catálogo de puertas climalit [27] .....	45
Tabla 4-4 Costes separados y coste total de la inversión .....	45

# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1 Certificación Energética

Actualmente existe un movimiento generalizado en el ámbito de defensa para tratar de implementar diferentes medidas medioambientales así como para alcanzar unos mínimos aceptables a la hora de obtener la máxima eficiencia energética posible, de cara a mejorar la imagen pública y equipararse con las diferentes instituciones del estado. Un posible ejemplo de ello puede observarse en muchas de las paredes de los diferentes edificios de la Escuela Naval Militar en las que cuelga la imagen que aparece en la Figura 1-1 y que solicita colaboración para el ahorro e informa de que el sistema de gestión ambiental de la Escuela Naval cumple con la normativa ISO 14001 y está certificado.



Figura 1-1 Sistema de gestión ambiental de la ENM

Los edificios de defensa están exentos de ser certificados energéticamente como puede leerse en el DB HE1, capítulo 1, apartado 2 *Se excluyen del ámbito de aplicación edificios industriales, de la defensa y agrícolas o partes de los mismos, en la parte destinada a talleres y procesos industriales, de la defensa y agrícolas no residenciales* [1]. Sin embargo, se cree que a través de la realización de trabajos como este se contribuye a fomentar una imagen de preocupación y responsabilidad para con el medio ambiente, que a día de hoy es más que necesaria en el ámbito de defensa, en virtud tanto de la obtención de una imagen pública favorable como del aprovechamiento óptimo de los recursos del estado.

Para entender mejor el trabajo y su propósito se ha de entender el significado de certificación energética y como se ha incrementado su importancia en los últimos años.

Primero se ha de poder responder a la pregunta ¿Qué es la certificación energética? La certificación energética o el certificado energético constituyen en un documento **imprescindible** para vender o alquilar un inmueble. Informa sobre el consumo energético y sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> de un inmueble que se anuncia en venta o en alquiler. A la hora de obtenerlo se han de valorar una serie de parámetros que, combinados entre sí, otorgarán un resultado que se traducirá en el certificado final. Para ello se ha de tener en cuenta que dicho certificado depende de más factores y características y no solo de la energía que es consumida en última instancia en la vivienda. Con el resultado obtenido, para ayudar al entendimiento de dicho certificado, se le asigna a la vivienda o edificio estudiado una letra de la A a la G, correspondiéndose con la mejor y la peor calificación respectivamente en virtud del consumo que genera la vivienda. También se ha de considerar que la etiqueta tiene una fecha de validez, y una vez terminado el periodo de la misma precisará de su actualización.



Figura 1-2 Etiqueta Energética [2]

Afecta a dicho certificado la energía que se pierde en el transporte desde las centrales hasta nuestros hogares así como la que se invierte en transformarla para adaptarla a las necesidades pertinentes. Parámetros como la iluminación, temperatura y calidad del aire o la temperatura del agua caliente sanitaria e incluso la geometría o características estructurales del edificio jugarán un papel transcendental a la hora de llevar a cabo el proceso de la certificación energética. Además de estos factores internos, existen otros ajenos a la vivienda en sí, como puede ser la localización, las sombras que producen otros edificios, árboles o toldo sobre la vivienda objeto de estudio. Una vez realizado el proceso y obtenido el certificado, será necesario registrarlo. Inscribiéndolo en el Registro de Eficiencia Energética de Edificios. El proceso de inscripción y registro se realiza de manera descentralizada en España, por comunidades autónomas. Por ejemplo en Galicia, comunidad en la que desarrolla el trabajo, desde junio de 2015, la inscripción de los certificados energéticos de edificios ya existentes<sup>1</sup> se realiza por vía electrónica, a través de la web de la Xunta.

<sup>1</sup> Como la rige la normativa actual, todos los edificios de nueva creación deberán ir acompañados del certificado energético que les corresponda.

*La presentación de las comunicaciones de los certificados de eficiencia energética de los edificios existentes para proceder a su registro se realizará únicamente por vía electrónica a través del formulario electrónico normalizado accesible desde la sede electrónica de la Xunta de Galicia <https://sede.xunta.es>, de conformidad con lo establecido en los artículos 27.6 de la Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los servicios públicos, y 24.2 del Decreto 198/2010, de 2 de diciembre, por el que se regula el desarrollo de la Administración electrónica en la Xunta de Galicia y en las entidades de ella dependientes. [3]*

## **1.2 Energía primaria y final consumida en España**

La energía primaria es toda aquella energía que necesita de una transformación para poder ser introducida en el sistema, aquella que no es utilizable directamente. En esta categoría podrían englobarse la solar, la eólica o la geotérmica. La energía primaria necesita de su transformación y transporte para poder ser consumida por el usuario final. Hay quienes hablan de una energía intermedia que equivaldría a aquella que sufre las transformaciones necesarias para ser consumida. Son los denominados vectores energéticos entre los que se destacan la electricidad y los combustibles (mediante tratamiento del petróleo en refinerías para producir gasolinas, gasóleos y gases licuados). También se deben utilizar paneles solares para transformar la energía primaria del Sol en energía intermedia eléctrica. [4]

Por otro lado, la denominada energía final sería la consumida en el hogar o la empresa, así como en los vehículos para el transporte de personas y mercancías (el transporte necesario para hacer llegar esta energía al consumidor final no sería uno de los agregados que tendríamos que contabilizar en esta partida). Esta energía tendría forma de calor, frío, luz y fuerza, agua caliente y desplazamientos de personas y mercancías.

A continuación se puede observar en Tabla 1-1 una apreciación del consumo de energía primaria desde 2013 hasta diciembre de 2015 en España.

Tabla 1-1 Consumo de energía primaria en España [5]

	2013		2014		2014/2013
	(ktep)	Estructura (%)	(ktep)	Estructura (%)	Variación (%)
<b>CARBÓN</b>	11.348	9,4	11.639	9,8	2,6
<b>PETROLEO</b>	51.318	42,4	50.447	42,6	-1,7
<b>GAS NATURAL</b>	26.158	21,6	23.662	20,0	-9,5
<b>NUCLEAR</b>	14.783	12,2	14.934	12,6	1,0
<b>ENERGIAS RENOVABLES</b>	17.772	14,7	17.796	15,0	0,1
<b>-HIDRÁULICA</b>	3.170	2,6	3.369	2,8	6,2
<b>-OTRAS ENERGÍAS RENOVABLES</b>	14.601	12,1	14.428	12,2	-1,2
-Eólica	4.786	4,0	4.473	3,8	-6,5
-Biomasa y residuos	6.061	5,0	5.859	4,9	-3,3
-R. S. U.	200	0,2	204	0,2	2,2
-Biomasa	5.382	4,4	5.302	4,5	-1,5
-Biogas	479	0,4	353	0,3	-26,3
-Biocarburantes	909	0,8	969	0,8	6,6
-Geotérmica	18	0,0	19	0,0	4,1
-Solar	2.828	2,3	3.107	2,6	9,9
-Fotovoltaica	716	0,6	707	0,6	-1,3
-Solar termoeléctrica	1.873	1,5	2.142	1,8	14,4
-Solar termica	239	0,2	259	0,2	8,2
<b>RESIDUOS NO RENOVABLES</b>	200	0,2	204	0,2	2,2
<b>SALDO ELECTR.(Imp.-Exp.)</b>	-581	-0,5	-293	-0,2	-49,5
<b>TOTAL</b>	120.998	100	118.389	100	-2,2

Como ya se ha mencionado anteriormente y para que quede gráficamente demostrado, se añadirá la Tabla 1-2, que muestra el consumo de energía final en nuestro país cuyos resultados distan considerablemente de los datos de consumo de energía primaria, lo que implica un elevado gasto intermedio.

Tabla 1-2 Consumo de energía final en España [5]

	2013		2014		2014/2013
	(ktep)	Estructura (%)	(ktep)	Estructura (%)	Variación (%)
<b>CARBÓN</b>	1.752	2,1	1.367	1,6	-22,0
<b>PRODUCTOS PETROLIFEROS</b>	39.054	45,7	38.642	46,5	-1,1
<b>GAS</b>	14.784	17,3	14.293	17,2	-3,3
<b>ELECTRICIDAD</b>	19.787	23,2	19.513	23,5	-1,4
<b>ENERGÍAS RENOVABLES</b>	5.063	5,9	5.109	6,2	0,9
<b>-Biomasa y otros</b>	3.772	4,4	3.762	4,5	-0,3
- Biomasa térmica	3.337	3,9	3.362	4,0	0,7
- Calor útil de la cogeneración	435	0,5	400	0,5	-8,0
<b>-Biogás</b>	125	0,1	101	0,1	-19,3
- Biogás térmico	23	0,0	23	0,0	1,0
- Calor útil de la cogeneración	102	0,1	78	0,1	-23,8
<b>-Biocarburantes</b>	909	1,1	969	1,2	6,6
<b>-Solar térmica</b>	239	0,3	259	0,3	8,2
<b>-Geotérmica</b>	18	0,0	19	0,0	4,1
<b>Total consumo final energético</b>	<b>80.440</b>	<b>94,1</b>	<b>78.925</b>	<b>95,1</b>	<b>-1,9</b>
<b>Usos no energéticos:</b>					
- Carbón	0	0,0	0	0,0	
- Productos petrolíferos	4.549	5,3	3.622	4,4	-20,4
- Gas	470	0,6	485	0,6	3,1
<b>Total consumo final no energético</b>	<b>5.020</b>	<b>5,9</b>	<b>4.107</b>	<b>5,3</b>	<b>-18,2</b>
<b>TOTAL CONSUMO FINAL</b>	<b>85.460</b>	<b>100,0</b>	<b>83.031</b>	<b>100,0</b>	<b>-2,8</b>

### 1.3 Objetivos

Dada la situación actual del cuartel, en el que nunca se ha hecho ningún tipo de estudio de eficiencia energética y considerando los buenos resultados que obtuvo el trabajo realizado el año pasado en el cuartel Francisco Moreno, a raíz de este ejercicio, se procederá al desarrollo de la certificación energética del Marqués de la Victoria y a la limitación de su demanda.

El principal objetivo del trabajo será establecer cuál es la demanda energética del cuartel de alumnos Marqués de la Victoria y determinar a través del software libre Calener VYP (Viviendas y Pequeño terciario), facilitado por el ministerio de fomento, cual es el certificado que le corresponde, indicando la letra que se ajusta más a sus características. Además se espera conseguir datos numéricos del consumo y de las emisiones de manera diferenciada, es decir, el correspondiente a calefacción, consumo de agua caliente sanitaria, iluminación, etc.

Otro de los objetivos, será reproducir con el máximo detalle posible las características arquitectónicas y constructivas del cuartel Marqués de la Victoria teniendo en cuenta la cantidad de detalles con los cuenta su fachada y sabiendo que data de 1943.

Una vez determinada la demanda energética y el certificado, se procederá a valorar posibles mejoras para reducir dicha demanda y limitar las emisiones de gases nocivos para el medio ambiente, así como procurar la implementación de aquellas medidas que sean viables tanto económica como estructuralmente a corto, medio y largo plazo. Por otro lado, se buscará sustituir o, en su defecto, reducir el consumo de combustibles fósiles a través de las posibles mejoras que se determinen. Se tratará también de maximizar el ahorro a través de medidas que no conlleven un gasto económico y si la colaboración del personal.

Otro de los objetivos propuestos es el de conseguir un dominio aceptable del programa así como un uso fluido del mismo, dada la gran cantidad de posibilidades que ofrece y los parámetros que puede considerar y utilizar el software para el cálculo de la eficiencia energética.

Por último, como objetivo añadido del estudio se tratará de influir en la concienciación de todos aquellos que viven o hacen uso del cuartel, para tratar de convencerles de que el ahorro es cosa de todos y que conlleva un esfuerzo personal por parte de cada uno.

## 2 ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Eficiencia Energética en la actualidad

En un mundo en el que cada día resulta más y más importante la eficiencia energética y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, en el que cada vez se regula bajo una mirada más estricta las medidas que deben implementarse para reducir y controlar la contaminación y en el que la garantía de eficiencia energética es sinónimo de generar una imagen de empresa o entidad responsable, la certificación energética asume un papel más que relevante en el contexto actual.

Los edificios en los que vivimos, trabajamos y estudiamos son los responsables del 40% de la energía que se consume y de hasta el 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la Unión Europea. Gracias a los avances en el ámbito de la tecnología y la eficiencia energética los edificios e instalaciones cada vez utilizan menos recursos para funcionar. Comparando datos numéricos, según la comisión europea, mientras que un edificio de nueva construcción necesita menos de cinco litros de combustible para calefacción y agua caliente sanitaria al año, un edificio antiguo necesitaría alrededor de veinticinco litros de media, algunos incluso hasta sesenta.

La diferencia de consumo es un factor muy importante a tener en cuenta dado que aproximadamente el 35% de los edificios en Europa tienen más de 50 años de antigüedad. Por ello resulta de vital importancia investigar y mejorar la eficiencia energética, teniendo en cuenta que a través de implementar medidas que la aseguren podríamos estar hablando de una reducción de cerca del 5% en emisiones y hasta un 6% en el consumo de energía [6].

Las directivas que se ha marcado la UE para cumplir a medio plazo indican, que con el paso de los años, las emisiones podrían quedar prácticamente eliminadas, e igualmente el consumo debería reducirse casi en su totalidad.

Lamentablemente existe la percepción de que en nuestro país la eficiencia energética, el desarrollo sostenible y la reducción de emisiones nunca ha sido una prioridad y que nos encontramos un paso por detrás de los países más avanzados de la UE en lo que a estos aspectos se refiere. Sin embargo, España no es ajena al cambio de mentalidad y de conciencia social que se ha producido en la última década como consecuencia de los agravantes en los diferentes problemas ambientales

En la Unión Europea se pretende que, a medio plazo, los países miembros alcancen una eficiencia energética que se aproxime a cero emisiones y se reduzca el consumo prácticamente en su totalidad.

Gracias a estas medidas y directrices el sector de la eficiencia energética ha creado más de novecientos mil empleos en Europa de acuerdo a un informe generado por *Cambridge Econometrics* [7]

### *2.1.1 Panorama actual en España en el ámbito de la certificación*

En 2013 en España se aprueba la normativa que rige el proceso de la certificación energética. A través del Real Decreto 235/2013 se establecen los procedimientos básicos para la certificación y se determina que a partir de junio de ese mismo año será obligatorio la presentación de dicho certificado para arrendar o vender cualquier vivienda.

*Este Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, entró en vigor el día siguiente de su publicación en el Boletín Oficial del Estado nº 89 (13/04/2013), siendo voluntaria su aplicación hasta el 1 de junio de 2013. A partir de ese momento, la presentación o puesta a disposición de los compradores o arrendatarios del certificado de eficiencia energética de la totalidad o parte de un edificio, según corresponda, será exigible para los contratos de compraventa o arrendamiento celebrados a partir de dicha fecha.*

A día de hoy existen un gran número de empresas y trabajadores autónomos que se dedican a la realización y expedición de certificados para empresas públicas o privadas y clientes particulares. De la necesidad de tener que mostrar el certificado de un inmueble para alquilarlo o venderlo nace la gran cantidad de entidades que se ofertan para realizarlo. *2. Cuando se construyan, vendan o alquilen edificios o unidades de éstos, el certificado de eficiencia energética o una copia de éste se deberá mostrar al comprador o nuevo arrendatario potencial y se entregará al comprador o nuevo arrendatario, en los términos que se establecen en el Procedimiento básico.* [8]

Además existen cursos específicos para alcanzar el nivel de experto en eficiencia energética, impartidos en centros de prestigio, como por ejemplo la Universidad Politécnica de Madrid. Estos cursos constan de hasta 150 horas (6 créditos ECTS) y capacitan a los alumnos que lo superan para expedir todo tipo de certificaciones e igualmente les garantizan el dominio de los diferentes softwares utilizados en nuestro país para la certificación.

Existe cierta controversia por la forma de en la que se está implementando la expedición de certificados así como el protocolo de registro de los mismos, propiciando guerras de precios, falta de inspección, desconocimiento. El certificado de eficiencia energética se está implantando en España de forma desordenada y sin que los consumidores sepan realmente de qué se trata [9]. Todavía falta camino por recorrer hasta conseguir estandarizar la manera y procedimientos precisos para llevar a cabo las certificaciones.

## **2.2 Eficiencia Energética en otros países**

### *2.2.1 Estados Unidos*

En los Estados Unidos la eficiencia energética también es una cuestión de estado muy importante. Desde 2005 se fomentan actividades como la compra de vehículos híbridos, remodelación de edificaciones para disminuir las emisiones de gases nocivos o la compra de productos o elementos respetuosos con el medio ambiente. Y no solo se han quedado en este tipo de gestos, sino que han invertido grandes cantidades para el estudio y la investigación de fuentes de energía alternativa y medios más eficientes.

A diferencia de que ocurre en los países de la UE, en Estados Unidos no existe un etiquetado energético obligado por la legislación vigente. Sin embargo, si están regulados los mínimos con los que los edificios deben cumplir. A veces las edificaciones se someten a certificaciones voluntarias de cara a tratar de reducir el consumo en función de la subida del precio de la energía, o con el fin de cumplir los requisitos mínimos para recibir una subvención del gobierno.

Uno de los programas de certificación es el *Energy Star*. Dicho programa es de carácter privado y junto con la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos, el Departamento de Energía y el Programa de la Construcción en América garantizan un 15% de mejora en la eficiencia e incluso la posibilidad de aumentarlo al 20% o al 30% si se siguen con rigor las especificaciones técnicas que nos recomiendan a posteriori de la realización del programa. La calificación Energy Star se basa principalmente en seis aspectos: aislamiento efectivo, ventanas de alta eficiencia, espesor de construcción, eficiencia de los equipos de calefacción y refrigeración e iluminación y equipos.

Más eficaz aún, es el denominado HERS (Home Energy Rating System), que ha sustituido en la mayoría de los estados al Energy Star. Se basa más en los aspectos constructivos de los edificios y es obligatorio mostrarlo en algunos estados para demostrar que se cumple con la normativa. La calificación se hace a través de la comparación del edificio sometido a estudio con un edificio de referencia, cuyos datos se encuentran en el International Energy Conservation Code. [10]. En la Figura 2-1 se muestra el índice HERS, que sería un equivalente a nuestra etiqueta energética.

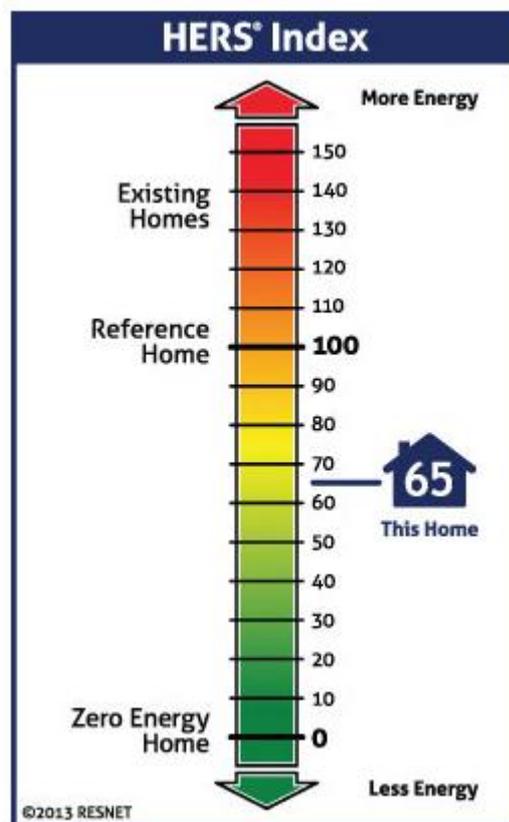


Figura 2-1 Hers Index [11]

El sistema HERS, además, implica la utilización de calificadores capacitados y titulados por instituciones reconocidas tales como RESNET (Residential Energy Service Network).

### 2.2.2 Resto de países de la Unión Europea

En el año 2006 es lanzado por la Comisión Europea el *Plan de acción para la eficiencia energética*, cuya finalidad es movilizar a políticos, opinión pública y a los empresarios del sector y transformar el mercado de interior de la energía de modo que los ciudadanos europeos tuviesen la oportunidad de contar con los productos, infraestructuras (edificios incluidos), vehículos y dispositivos más eficientes desde un punto de vista energético. El objetivo más importante es controlar y disminuir la demanda de energía con vistas al año 2020. La intención es conseguir ahorrar hasta un 20%, sin embargo, los expertos creían que solo se alcanzaría la mitad. En consecuencia se lanzó un nuevo plan

de eficiencia en 2011. Surge entonces la Directiva relativa a la eficiencia energética (2012/27/UE) que entró en vigor en diciembre de 2012, exigiendo a los estados miembro que se marquen y establezcan objetivos para cumplir con lo estipulado en la directiva. Los requisitos más relacionados con la eficiencia energética de edificios son:

La reforma anual de al menos un 3% del parque inmobiliario propiedad de las administraciones centrales a partir de 2014, y la adquisición de edificios con un elevado rendimiento en términos de eficiencia energética.

El establecimiento de estrategias nacionales para fomentar la inversión en la renovación de inmuebles residenciales y comerciales, y la elaboración de regímenes nacionales de obligaciones en materia de eficiencia energética o medidas equivalentes que garanticen un ahorro anual de energía del 1,5% para usuarios finales.

En lo relativo a la eficiencia energética de los edificios y entrando más en detalle la Directiva 2002/91/CE, relativa a la eficiencia energética de los edificios (en particular, al aislamiento, al aire acondicionado y al uso de fuentes de energía renovables), proporciona un método de cálculo de la eficiencia energética de los edificios, así como requisitos mínimos para los edificios nuevos y los grandes edificios existentes, y una certificación energética. La Directiva fue derogada con efecto a partir del 1 de febrero de 2012 por la Directiva 2010/31/UE de refundición, que entró en vigor en julio de 2010. El principal objetivo de la Directiva de refundición era agilizar determinadas disposiciones de la anterior directiva y reforzar los requisitos de eficiencia energética en relación con:

El marco común general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios o de unidades del edificio;

La aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de los edificios nuevos o de nuevas unidades de edificios existentes, estableciendo, por ejemplo, que para el 31 de diciembre de 2020 todos los edificios nuevos deberán tener un consumo de energía casi nulo;

La aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética, en concreto, de: edificios y elementos de edificios existentes que sean objeto de reformas importantes e instalaciones técnicas de los edificios cuando se instalen, sustituyan o mejoren;

La certificación energética de edificios o unidades del edificio; la inspección periódica de los sistemas de calefacción y aire acondicionado de los edificios, y los sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección.

La Directiva de refundición establece requisitos mínimos, pero cada Estado miembro puede defender o introducir medidas más ambiciosas. A raíz de la Directiva de refundición, en abril de 2013 la Comisión publicó un informe en el que valoraba la eficacia del actual apoyo económico para la eficiencia energética en los edificios (COM(2013) 225). Dicho informe también busca ayudar a los Estados miembros a aplicar un requisito establecido en la Directiva relativa a la eficiencia energética que hace referencia a la creación, en abril de 2014, de una estrategia a largo plazo para movilizar inversiones en la restauración del parque nacional de edificios. Otro informe publicado en febrero de 2014 ofrece orientación técnica sobre la financiación de la renovación energética de los edificios a través de la Política de Cohesión. [12]

## 3 DESARROLLO DEL TFG

### 3.1 CalenerVYP

Para determinar la demanda energética del cuartel se utilizará el software gratuito del ministerio de fomento CalenerVYP. Se trata de una de las diferentes aplicaciones gratuitas que ofrece el ministerio de fomento para la expedición de certificados energéticos.

Es importante conocer algunos datos y características sobre el programa para entender las futuras simplificaciones, introducciones de datos, posibles errores etc.

La ley establece que la calificación energética de un edificio existente se debe realizar mediante la utilización de un programa informático que tenga la consideración de documento reconocido. Aquí es donde surgen programas informáticos como CALENER VYP. [13]

Este programa simplifica las tareas a la hora de realizar la descripción geométrica, constructiva y operacional de los edificios y sus instalaciones de climatización, agua caliente sanitaria (ACS) e iluminación. El programa facilita enormemente la labor de certificación pues realiza automáticamente todos los cálculos necesarios para la calificación energética de acuerdo a la normativa vigente.

Sin embargo, para que CALENER VYP pueda realizar esos cálculos es necesario proporcionarle manualmente los datos con los que trabajar. Para ello, es preciso estudiar los sistemas de acondicionamiento del edificio (calefacción y refrigeración, así como los de agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación. Estos datos se han de completar con toda la información relativa al dimensionamiento (potencias y rendimientos, caudales...) y con la descripción de los equipos y unidades terminales instalados.

El programa CALENER VYP es muy intuitivo y mediante diversas ventanas y pestañas en las que se presentan los formularios nos va guiando en la introducción de toda esta información. Gracias a la base de datos que incorpora, en la que se incluye una muestra representativa de todos los equipos, unidades terminales y factores de corrección que el usuario puede necesitar, se simplifica todo el proceso. CALENER VYP permite, incluso, realizar simulaciones horarias tanto de los sistemas de refrigeración como de calefacción y agua caliente sanitaria.

El programa se complementa con otro más, LIDER (Limitación de la Demanda Energética), con el que es posible restringir adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, además, claro está, de las características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar.

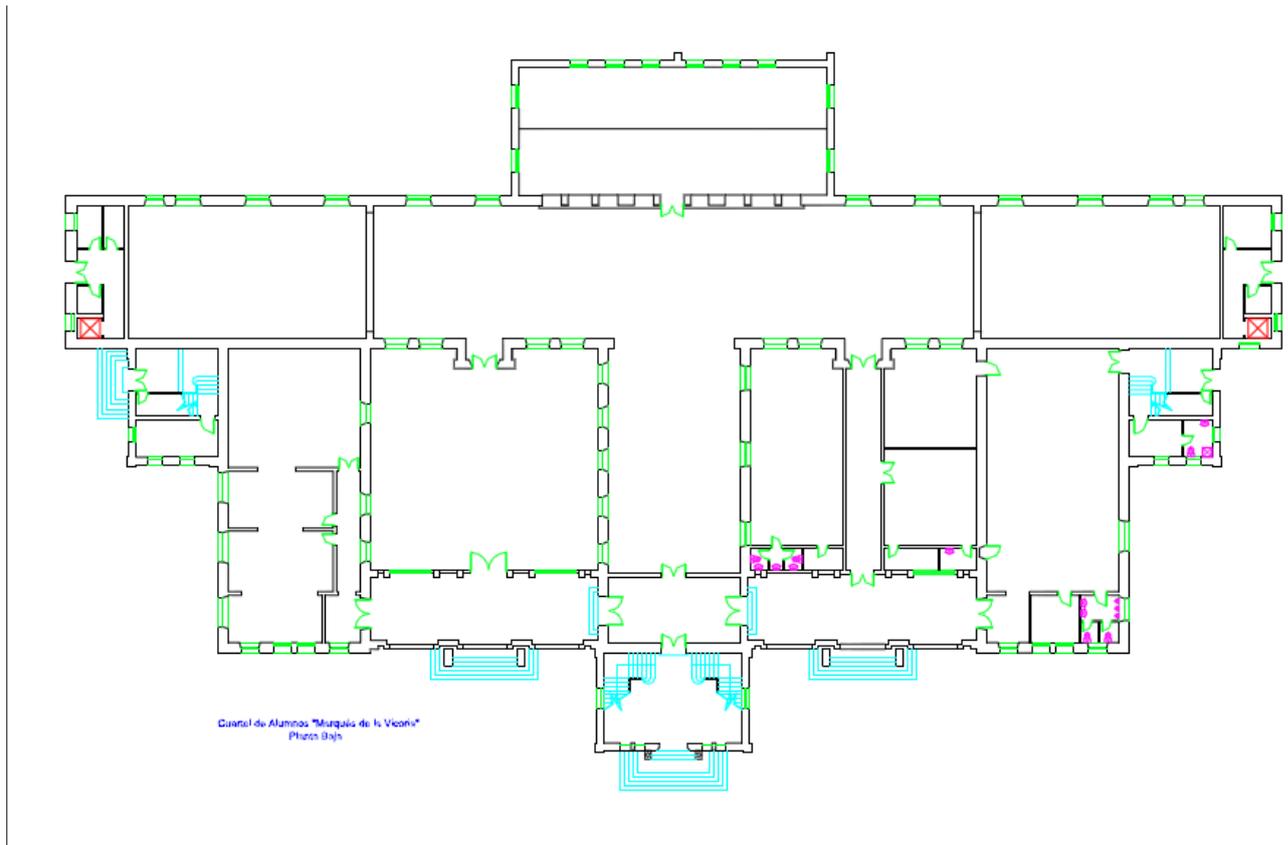
Precisamente a partir del motor de cálculo de LIDER, CALENER VYP es capaz de realizar el cálculo de la demanda del edificio en las condiciones estándar requeridas por la certificación energética. A continuación realiza la simulación del comportamiento del sistema de acondicionamiento del edificio, calculando la calificación y presentando los resultados en la escala oficial incluyendo, incluso, los indicadores de emisiones de CO<sub>2</sub> por cada metro cuadrado habitable del edificio. [14]

### **3.2 Cuartel Marqués de la Victoria**

El trabajo versa sobre el estudio de la demanda energética del cuartel Marqués de la Victoria por lo que parece necesario incluir las características del edificio, remodelaciones, sistemas de calefacción etc.

El cuartel Marqués de la Victoria es tan antiguo como la propia Escuela Naval Militar (1943), pero desde entonces ha sufrido numerosos cambios y remodelaciones, dándose la más importante en principios de la década del 2000. Dicha obra supuso un cambio estructural y el acondicionamiento del cuartel para aumentar la comodidad del mismo, adoptando una disposición en camaretas con baño propio en lugar del anterior pasillo corrido y baños comunes. También se realizaron restauraciones en la fachada y patios interiores, adecuación de cocina y comedor y la remodelación del actual pañol del condestable.

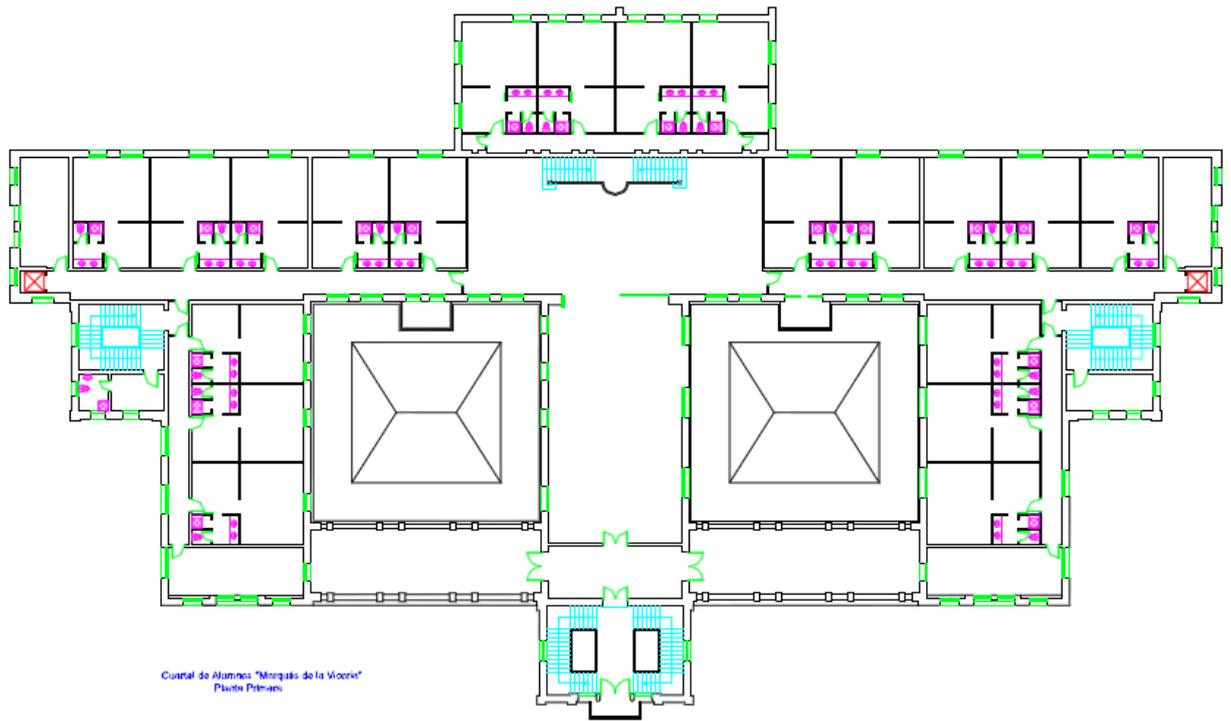
La planta baja es la que más se diferencia de las otras dos. Como puede observarse en la Figura 3-1, posee un pañol del condestable, en la esquina inferior derecha, que está separado del resto de habitáculos del cuartel y al que se accede por una puerta metálica cubierta en su totalidad. El comedor está completamente unido y separado del exterior por una puerta doble con un marco de madera sin ventanas ni vidrios, y ocupa la parte central de la planta, siendo la sala que más ocupa de la misma. Además en la esquina inferior izquierda se hallan tres camaretas denominadas “zulu” destinadas a alojar alumnos enfermos, y aún más abajo, podemos encontrar la lavandería separada por una puerta de madera, similar a la de las camaretas, del pasillo que une dicha lavandería con las habitaciones “zulu”. La lavandería también está separada del exterior por una puerta de aluminio lacado con vidrios climalit dobles, de los que se hablará más adelante.



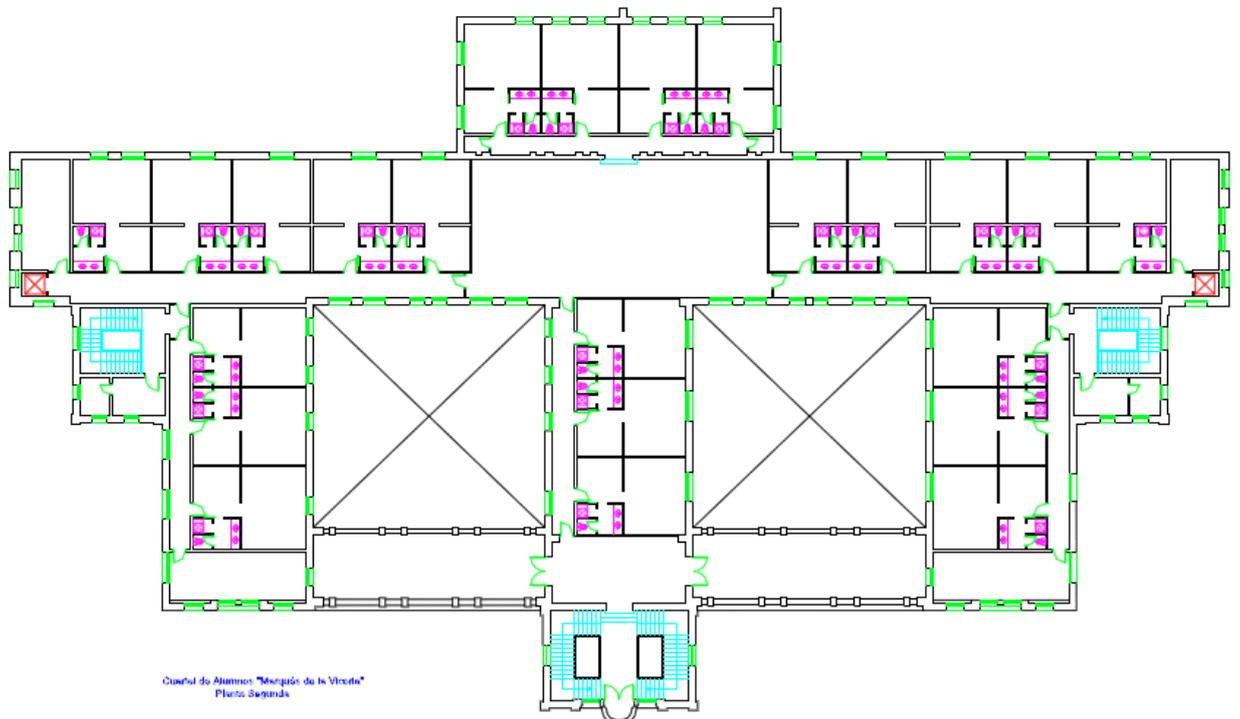
**Figura 3-1 Planta baja del Marqués de la Victoria. Oficina de Mantenimiento de la ENM**

La primera y la segunda planta son prácticamente iguales, siendo el estudio del ala central de la primera planta la única diferencia, ya que en la segunda planta se sustituye por tres camaretas. Las camaretas se dividen en cuatro pasillos diferentes en la segunda planta y tres en la primera. Los pasillos están separados del tacón y de la sala de estar por puertas de madera, salvo los pasillos de las camaretas que se encuentran más arriba de las Figura 3-2 y Figura 3-3 que están unidos a ambas salas de estar sin separación alguna. Existen cuatro trasteros, dos en la primera planta y dos en la segunda, en los dos extremos del cuartel, al final de los pasillos laterales transversales al ala central. Estos trasteros poseen ventanas y están climatizados de forma similar al resto de camaretas.

Merecen mención aparte las escaleras laterales y la central que conducen a las diferentes plantas. Estas escaleras, que pueden observarse en las Figura 3-1, Figura 3-2 y Figura 3-3, están separadas por puertas de madera del exterior. Es importante señalar que normalmente se encuentran abiertas y permiten que el calor escape sin ningún impedimento. Posteriormente se estudiarán ambos casos para comprobar la diferencia entre las diferentes opciones de aislamiento. En el apartado de mejoras se desarrollará más al detalle el caso de las puertas que dan al exterior en virtud de la frecuencia con la que se encuentran abiertas.



**Figura 3-2 Planta primera del Marqués de la Victoria. Oficina de Mantenimiento de la ENM**



**Figura 3-3 Planta segunda del Marqués de la Victoria. Oficina de Mantenimiento de la ENM**

Otro dato importante a tener en cuenta para la realización del trabajo es que el cuartel alberga las cocinas en su interior lo cual supondrá un gasto extra en el consumo de agua caliente, calefacción y de electricidad. Sin embargo, los diferentes instrumentos para cocinar funcionan con gas natural lo que implica la existencia de una infraestructura de gas natural que llega hasta el cuartel.

A continuación se definirá, sin entrar en detalle, cómo funciona el sistema de calefacción del cuartel.

La sala de calderas se encuentra en la cara sur del cuartel justo detrás de la cocina, siendo una sala independiente, a la que únicamente accede personal de mantenimiento. La calefacción funciona solo unas determinadas épocas al año y de manera automatizada, es decir, mediante unos sensores que a través de diferentes parámetros tales como temperatura, humedad absoluta y relativa y que están dispuestos estratégicamente en la cara este del cuartel (donde no reciben apenas luz solar que pudiese alterar los datos que reciben) y que proporcionan la información necesaria al sistema electrónico que controla el encendido y apagado de la calefacción. Es necesario mencionar que desde el mismo panel que se controla el Marqués de la Victoria también se ejerce control sobre el complejo del Casino, de forma que una misma caldera proporciona calefacción a ambos edificios.

También es posible encenderla manualmente y programarla para que funcione solo a unas determinadas horas o incluso todo el día. Esta función resulta muy útil ya que al producir calefacción para dos edificios diferentes podemos combinar el sistema automatizado con el manual, programando de manera diferenciada las horas de funcionamiento teniendo en cuenta el uso de cada instalación (un cuartel que sirve como residencia y comedor y por otro lado el casino de alumnos que sirve como área de esparcimiento)

El cuartel Marqués de la Victoria cuenta con dos calderas que proporcionan agua caliente sanitaria y calefacción, de manera diferenciada, tanto al propio cuartel como a todo el complejo del casino de alumnos Almirante Bonifaz.

Ambas calderas funcionan con gasoil aunque son muy distintas y datan de fechas separadas más de treinta años en el tiempo, por lo que a la hora de hablar de ellas deberemos hacerlo por separado haciendo hincapié en las características de cada una.

Por un lado, la caldera que proporciona agua caliente sanitaria fue construida e instalada en 1974. Fue fabricada por la empresa roca y debido a su antigüedad podía funcionar hasta con madera o carbón. Actualmente utiliza gasoil como combustible y dispone de un quemador especialmente diseñado para eso. La otra caldera es la CPA 600M ROCA (BAXI) y es la que proporciona calefacción al complejo. Es un modelo más moderno y con mejor rendimiento.

Al igual que se hizo con el cuartel Francisco Moreno y como está previsto que ocurra con el gimnasio, se presume que a corto plazo se produzca un cambio para actualizar las calderas del Marqués de la Victoria, que actualmente trabajan con gasoil, para que lo hagan con gas natural.

La infraestructura para llevar gas hasta el cuartel ya existe. Los diferentes elementos e instalaciones de la cocina ya funcionan con gas natural por lo que únicamente habría que ampliar unos metros las tuberías para llevarlo hasta la sala de calderas. Lo más complejo sería modificar por completo la caldera que suministra agua caliente sanitaria, cabe recordar que data de 1974, incluyendo su quemador y las válvulas electrónicas. En cambio, solo habría que permutar el quemador y las válvulas electrónicas de la caldera que proporciona calefacción debido a la modernidad de la misma.

### **3.3 Introducción de datos y diseño del edificio**

#### *3.3.1 Datos generales*

A la hora de comenzar con el trabajo, lo primero que se debe hacer es cumplimentar una serie de datos acerca del edificio, su localización y algunos parámetros más. Como puede observarse en la Figura 3-4, se han de completar una serie de huecos con información general tales como localidad, coordenadas, tipo de uso del edificio etc.

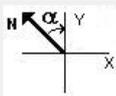
<b>Zonificación climática</b> Zona: <input type="text" value="C1"/> Localidad: <input type="text" value="Pontevedra"/> Latitud: <input type="text" value="42,43"/> Altitud: <input type="text" value="19,00"/>	<b>Datos del Proyecto</b> Nombre del proyecto: <input type="text" value="Estudio de la Demanda Energética del Cuartel IV"/> Comunidad: <input type="text" value="Galicia"/> Localidad: <input type="text" value="Marín"/> Dirección: <input type="text" value="Plaza De España, Escuela Naval Militar"/>
<b>Orientación del edificio</b> Ángulo: <input type="text" value="180,00"/> ° 	<b>Datos del Autor</b> Nombre: <input type="text" value="Alejandro Hernández López"/> Empresa o Institución: <input type="text" value="Armada"/> E-mail: <input type="text" value="aherlop93@gmail.com"/> Teléfono: <input type="text" value="(null)"/>
<b>Tipo edificio</b> <input type="radio"/> Vivienda unifamiliar <input type="radio"/> Vivienda en bloque <input checked="" type="radio"/> Edificio sector terciario, pequeño o mediano	<b>Edificio</b> Referencia catastral: <input type="text" value="Existente"/>
<b>Clase por defecto de los espacios habitables</b> Tipo de Uso: <input type="text" value="Residencial"/> Condiciones higrometría <input checked="" type="radio"/> Clase 3 o inferior <input type="radio"/> Clase 4 <input type="radio"/> Clase 5	

Figura 3-4 Datos generales. Fuente CalenerVYP

La clase del edificio será de 3 o inferior ya que es la que se corresponde con edificios residenciales, como bien indica la norma UNE-EN ISO 13788: 2002 (Existen edificios de grupo 3,4 y 5 dependiendo de la humedad que generan y cómo les afecta, correspondiendo el 5 a instalaciones tales como piscinas o balnearios. En España existen diferentes zonas según su severidad climática y dependiendo de varios factores). Se definen con una letra seguida de un número [1]. En cuanto a la zona climática, será C1, que es la que corresponde a Pontevedra y a los municipios que pertenezcan a la misma, ya que apenas varían las condiciones meteorológicas entre ellos. También es importante definir la orientación del edificio, que como se aprecia en la Figura 3-4 es de 180°, orientado hacia el norte. Además el programa permite designar al autor, y la dirección completa del edificio a estudiar.

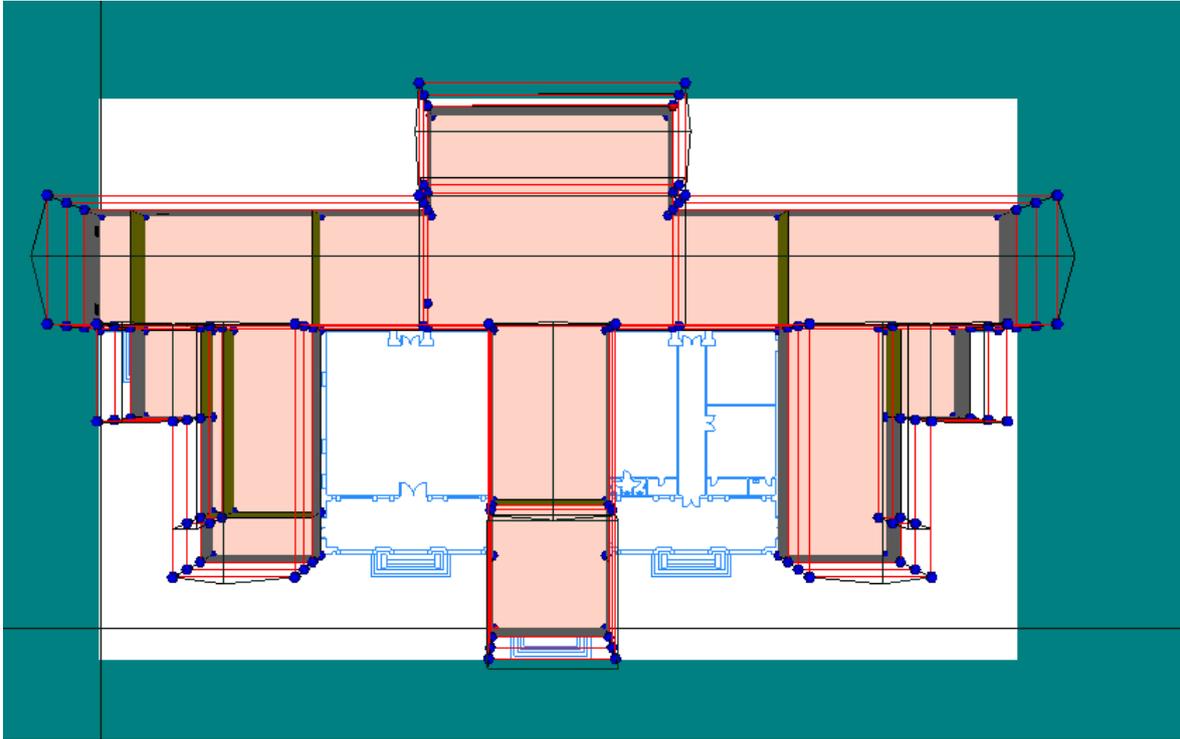
### 3.3.2 Diseño Gráfico

Una vez introducidos estos datos, el siguiente paso será realizar el diseño gráfico del edificio.

Para efectuar todos los cálculos el software se sirve de una representación gráfica lo más aproximada posible del edificio, hay que tener en cuenta que las capacidades de diseño de las que dispone el programa son limitadas por lo que se recomienda hacer una representación lo más simple posible, siempre y cuando se respeten las zonas interiores que poseen las mismas condiciones térmicas. Es decir, los espacios que den al exterior hay que considerarlos aparte, aquellos que poseen las mismas condiciones pueden tenerse en cuenta como uno solo aunque físicamente estén separados etc.

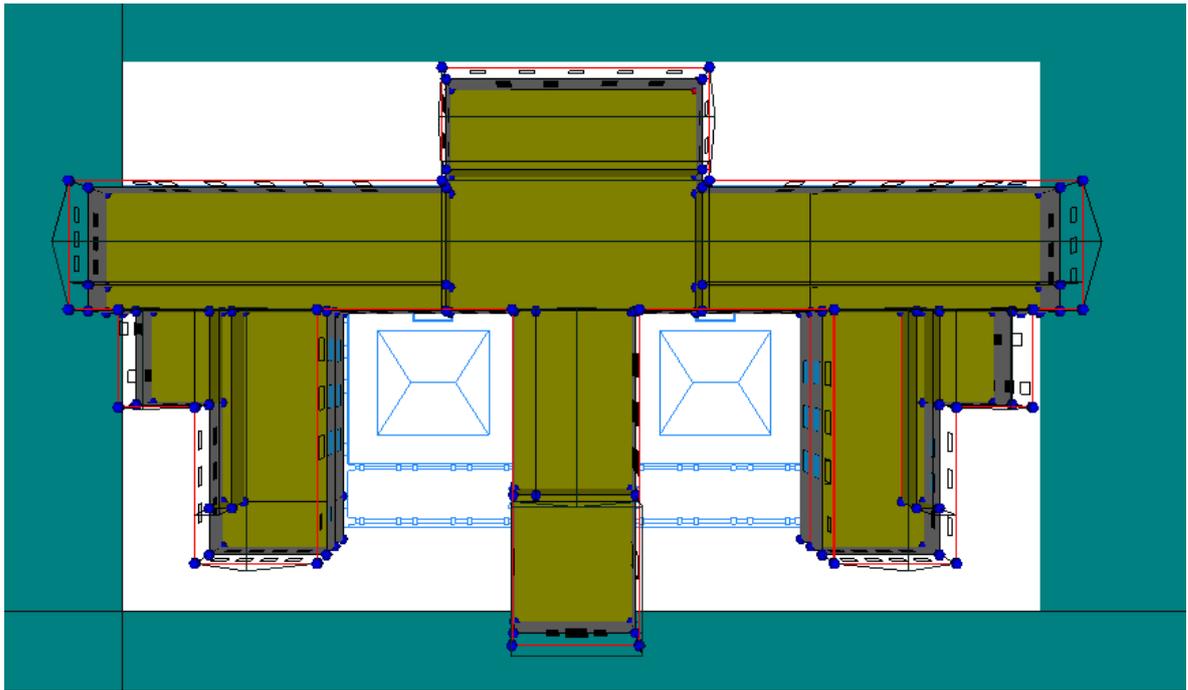
El programa permite cargar archivos con formato ".dxf", por lo que una vez obtenidos los planos en el AutoCad, solo haría falta guardarlos en dicho formato y cargarlos desde la herramienta del programa. A pesar de que el programa permite cargar este tipo de archivos solo sirven como una plantilla para facilitar la colocación de los diferentes cerramientos, ventanas, puertas... y para comprobar que la situación de los vértices es la correcta. Existe la posibilidad de utilizar los planos para la generación de espacios en el programa LIDER y en su versión conjunta conocida como HULC o herramienta unificada. Dado que el programa seleccionado ha sido el CalenerVYP el proceso se deberá llevar a cabo manualmente.

Para determinar los vértices de las diferentes plantas y los espacios diferenciados que encierran, se han utilizado 52 puntos de coordenadas X e Y, medidos con el AutoCAD y aproximadas hasta el centímetro. Cargado el plano y habiendo hecho que cuatro de sus puntos coincidan con los ejes X e Y, comencé a insertar los puntos por coordenadas tomando como referencia el centro de coordenadas (punto [0,0]). Una vez diseñada la planta baja, con los correspondientes espacios interiores, véase Figura 3-5, se crearon los forjados y cerramientos que posteriormente deben ser definidos. Lo importante en este punto es comprobar que los espacios han sido creados correctamente, que no existen duplicidades y que se corresponden con los del plano.



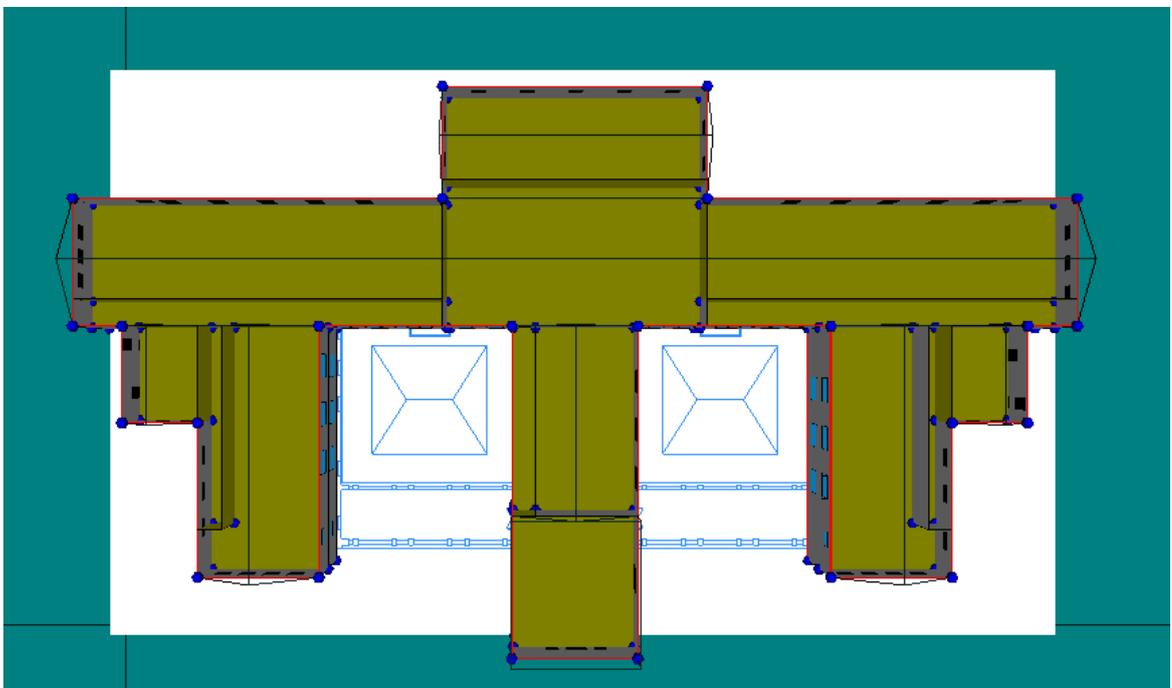
**Figura 3-5** Planta baja del cuartel. Fuente CalenerVYP

Lo siguiente es la construcción de la primera planta. Para ello se crea una nueva planta, se nombra, se define como espacio habitable y se establece la altura inicial (5 m) y la final (10 m). Una vez erigida la planta se crean los espacios uno por uno, colocando los vértices de manera contraria a las agujas del reloj. Cuando se comprueba que todos los espacios han sido instaurados correctamente se crean muros y forjados de los que posteriormente serán definidos sus materiales. Al final la planta queda tal y como se muestra en la Figura 3-6.



**Figura 3-6 Primera planta. Fuente CalenerVYP**

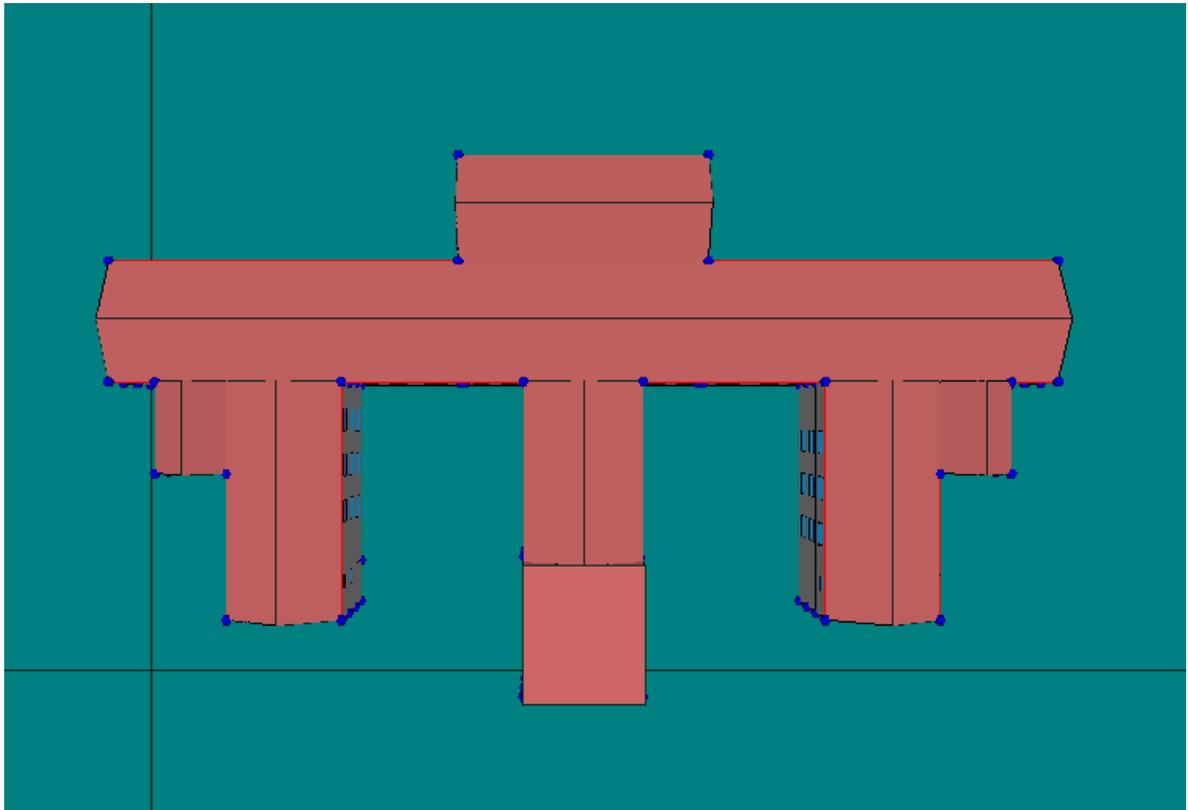
La segunda planta se crea exactamente igual que la primera teniendo en cuenta que posee la particularidad de que en vez de haber un estudio en el ala central se construyeron tres camaretas. Por lo demás la distribución es la misma, ya que cuenta con dos office y dos trasteros y el mismo número de camaretas, sin contar con las tres que pertenecen al ala central. También se trata de espacio habitable y se tendrá en cuenta el detalle de que es la última planta y que por encima solo queda el tejado.



**Figura 3-7 Segunda Planta. Fuente CalenerVYP**

Por último se crea el tejado del edificio. Aquí surge el problema de que algunos de los espacios no tienen forma cúbica por lo que hay que ayudarse de las líneas auxiliares para aquellos tejados que tienen forma de prisma triangular. Es importante respetar la forma del tejado en la medida en la que el programa nos lo permita. Es decir, se pueden hacer formas prismáticas pero no cilíndricas ni formas

singulares. Se van incorporando prisma por prisma hasta que el tejado queda totalmente definido y resultando al final tal y como se aprecia en la Figura 3-8.



**Figura 3-8 Tejado. Fuente CalenerVYP**

### 3.3.3 Cerramientos y forjados

Cuando todo el edificio está completo, el siguiente paso consiste en determinar los forjados, los huecos y lucernarios y los cerramientos.

Para ello el programa dispone de una amplia librería desde la que cargar los materiales, tipos, formas y demás características que poseen los elementos que contiene el edificio.

Lo primero será definir el material y espesor de los cerramientos y las características de los forjados. Debido a la antigüedad del cuartel (1943) no ha sido posible conocer de manera certera las características del forjado del cuartel, luego se ha recurrido al BOE Num 85 de 3 de agosto de 1974 donde queda recogido que el forjado para una construcción del año 1974 se realizaría mediante una cadena de hormigón armado de igual espesura que el muro, éste quedaría armada según la NTE correspondiente al forjado de que se trate y los muros en planta baja se apoyaría en unos zócalos Basándome en los datos encontrados en el pliego de condiciones de las reformas realizadas en el Marqués de la Victoria, que datan del año 2000 [15] el material elegido para la fachada será el que puede apreciarse en la Figura 3-9 y para las paredes interiores se utilizará Pladur. Es necesario comprender que se han de realizar ciertas simplificaciones ya que el material de los cerramientos, forjados y ventanas no es exactamente el mismo que aparece en el pliego de condiciones, sin embargo, si el más aproximado que permite elegir el programa.

Grupo: Fachadas  
Solución técnica: F01.01

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Tabique de LH sencillo Gran Formato [40 mm < E <	0,050	0,278	670	1000	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	1,800	2100	1000	
3	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,075	0,469	930	1000	
4	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
5						

Figura 3-9 Librería F01.01. Fuente CalenerVYP

Habrá que elegir de entre los diferentes tipos de fachadas el que más se ajuste a la estructura y materiales del cuartel. Dado que en el pliego de condiciones no se ha encontrado la disposición exacta de los elementos que componen la fachada, habrá que elegir aquel cuyos materiales se acerquen más a la realidad. La fachada F01.01 es la que más adecuada y solo habrá que modificar su espesor. Además la fachada posee un revestimiento de mortero monocapa o cotegran que habrá que tener en cuenta.

Para los cerramientos interiores, cuando se realizó la reforma se eligió el Pladur como material idóneo para las particiones interiores. Así, hoy se puede ver como las divisiones entre camaretas y salas interiores está hecha con paredes de grosor de 9 cm y de Pladur. Como puede identificarse en la Figura 3-10, así queda definido el material de las particiones interiores para posteriores cálculos. Hay divisiones que incluyen tabiques de LH y habrá que definirlos aparte como se ve en la Figura 3-11.

Grupo: Grupo nuevo  
Nombre: Pladur

Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior):  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo):

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Placas de yeso armado con fibras minerales	0,090	0,250	900	1000	
2						

Grupo Material: Yesos  
Material: Placas de yeso armado con fibras minerales 800 < d < 1000  
Espesor (m): 0,020

U: 1,89 W/(mK)

Aceptar

Figura 3-10 Librería Pladur. Fuente CalenerVYP

Opacos | Semitransparentes |

Materiales y productos: Cerramientos y particiones interiores

Grupo: CERRAMIENTOS CSS

Nombre:

Composición del Cerramiento:  
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,010	0,570	1150	1000	
2	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,080	0,469	930	1000	
3	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
4						

Grupo Material:

Material:   Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U  W/(m²K)

Figura 3-11 Librería Tabique. Fuente CalenerVYP

En cuanto al material del tejado se trata de teja cerámica con un elemento de unión y otro aislante. Introducimos por tanto un elemento con dichas condiciones y se obtiene de la librería resultando el tejado con la composición que se muestra en la Figura 3-12.

Opacos | Semitransparentes |

Materiales y productos: Cerramientos y particiones interiores

Grupo: Tejado

Nombre:

Composición del Cerramiento:  
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Teja cerámica-porcelana	0,020	1,300	2300	840	
2	Arcilla Expandida [árido suelto]	0,020	0,148	538	1000	
3	Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,020	0,410	1000	1000	
4						

Grupo Material:

Material:   Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U  W/(m²K)

Aceptar

Figura 3-12 Librería tejado. Fuente CalenerVYP

### 3.3.4 Huecos y lucernarios

Para las ventanas y puertas (huecos y lucernarios) se deberá diferenciarlas por materiales y sistema de aislamiento. Además el programa permite seleccionar el factor de transmitancia térmica y la capacidad emisiva según las características del vidrio. Las ventanas del cuartel tienen un marco de aluminio lacado y podemos encontrarlas de dos tipos en el cuartel; con cámara de aire (doble acristalamiento) o simples (vidrio monolítico). Por otro lado habrá que tener en cuenta que las puertas se definirán como ventanas cubiertas por el marco en su totalidad.

Para las ventanas, se han diferenciado dos tipos distintos en el cuartel atendiendo a los siguientes parámetros principales y lo influyentes que pueden llegar a ser. Estos parámetros son: la transmitancia térmica, el factor solar, el material del marco y si son bajo emisivos no.

- Transmitancia térmica: es la cantidad de energía que atraviesa, por unidad de tiempo, una superficie determinada de caras planas y paralelas cuando entre dichas caras existe un gradiente térmico. Este factor nos dará un valor que estará estrechamente vinculado con la capacidad para aislar térmicamente el interior de un edificio con el exterior.

La fórmula de la transmitancia es:  $U = \frac{W}{SK}$ , donde W es la potencia en vatios, S es la superficie en metros cuadrados y K es la temperatura en grados kelvin. La U es la transmitancia y su unidad es vatio partido por metro cuadrado y kelvin

- Factor solar: es la relación entre la energía incidente en el cristal y la que lo atraviesa. Es adimensional y se representa por la letra “g”.
- Material del marco: se puede encontrar de madera (puertas) y de aluminio lacado.
- Emisividad: según el tipo de vidrio variará desde baja a alta y podrá influir en los resultados.

En el pliego de prescripciones técnicas del proyecto de ejecución puede leerse *“carpintería de aluminio lacado en verde, con rotura de puente térmico en ventanas practicables de 2 hojas, incluso partes fijas, compuesta por cerco, hojas y herrajes... Acristalamiento doble tipo Climalit, conjunto formado por dos lunas de 6 mm y cámara de aire deshidratada de 6,8 o 12 mm.”* [15]

Por ello, para el tipo de VentanaCamaretas, he elegido el tipo 6/8/6 SGG Climalit y con un factor solar de 0,72, como puede apreciarse en la Figura 3-13. La diferencia entre las instaladas dentro del cuartel residirá en su tamaño y porcentaje cubierto por el marco.

CLIMALIT: Protección Térmica y Acústica													
Composición	Espesor de cada vidrio (mm.)	4,4	6-6	8-8	10-8	4-4	6-6	8-8	10-8	4-4	6-6	8-8	10-8
	Cámara de aire (mm.)	6	6	6	6	6	8	8	8	12	12	12	12
	Espesor total del conjunto (mm.)	14	14	18	22	24	16	20	24	20	24	20	30
	Peso (kg / m)	20	30	40	45	20	30	40	45	20	30	40	45
	Coefficiente de transmisión Térmica, K	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3	3	2,9	2,8	2,8	2,8
Características Técnicas	Transmisión Luminosa	81	79	77	76	81	79	77	70	81	79	77	76
	Factor Solar	0,75	0,72	0,68	0,66	0,75	0,72	0,68	0,66	0,75	0,72	0,68	0,66
	Aislamiento Acústico en de (Rw)	31	33	34	37	31	33	34	37	31	33	34	37
	Dimensiones máx. Superficie m2	2	2	3	6	2,5	4,50	7,30	7,50	4	6,50	8,75	8,75
	Dimensiones máx. Lado mayor en cm.	2	2,50	3	3	2,50	2,50	3,50	3,50	3,50	3	3,50	3,50

Figura 3-13 Tabla de factores de Climalit [16]

Existe otro tipo de ventana en el cuartel cuya diferencia reside en el vidrio que las compone, lo cual influirá en sus características técnicas como se aprecia en la Figura 3-14 Transmisancia Vidrios Figura 3-14 entre vidrios monolíticos y de doble acristalamiento. En el Anexo I se incluyen imágenes de los dos tipos de ventanas.

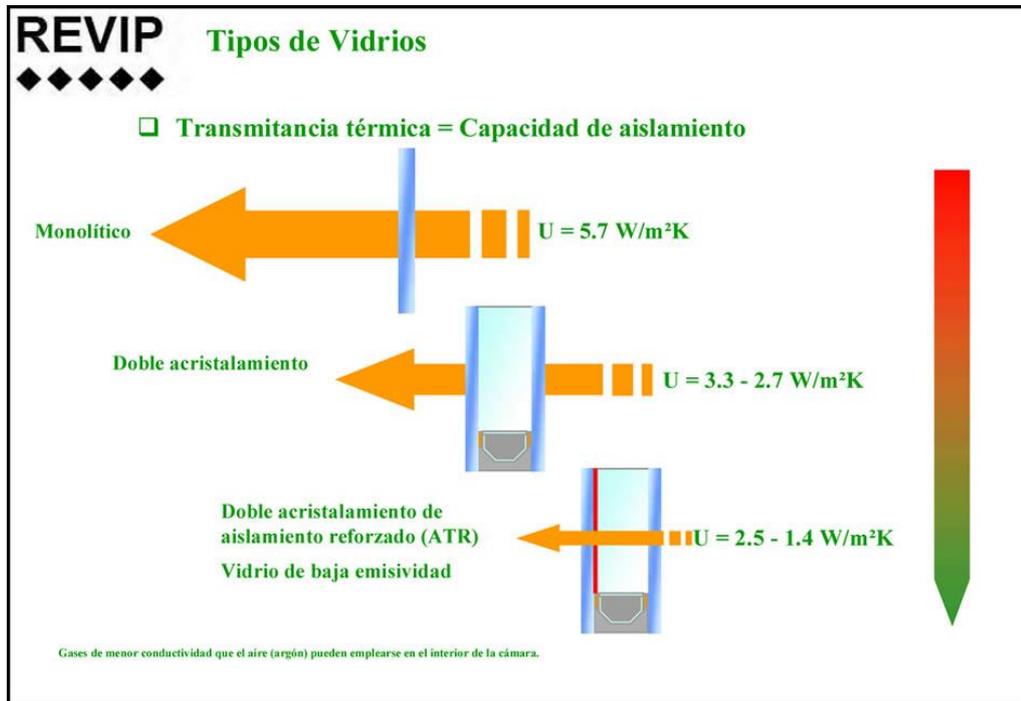


Figura 3-14 Transmisancia Vidrios [17]

Tabla 3-1 Resumen de ventanas

Tipo de ventana	Transmitancia	Factor Solar	Material marco	Emisividad
VentanaCamaretas	3,2	0,72	Aluminio Lacado	Media
VentHall	5,7	0,85	Aluminio Lacado	Alta

Cuando son conocidos los factores de la tabla anterior, se elegirá dentro de los tipos de vidrios que oferta la librería del programa, el que más se ajuste a las necesidades y características del hueco en cuestión. Existen más de 300 tipos distintos por lo que se habrá que elegir entre varias posibilidades. En la Figura 3-15 se muestra un ejemplo de los estándares a la hora de escogerse el vidrio para la VentanaCamaretas de entre las variantes disponibles. El que más se aproximaba era un vidrio doble, en posición vertical y con 3,2 de transmitancia térmica.

Para la ventana VentHall, se ha elegido el vidrio monolítico que más se ajusta a sus características. Por otro lado habrá que designar el marco pertinente, que en este caso será metálico.

Opacos | Semitransparentes | **Vidrios** | Marcos | Huecos y lucernarios

Grupo Dobles en posición vertical

Nombre VER\_DC\_4-6-331

Propiedades

Transmitancia térmica (U) 3,20 W/m²K

Factor Solar (g) 0,720 Adimensional

Aceptar

Figura 3-15 Librería ventanas. Fuente CalenerVYP

Las ventanas son un factor altamente influyente en los resultados que se obtendrán del programa, por lo que resulta imprescindible prestar especial atención a que hueco corresponde cada tipo de ventana así como a su tamaño, protecciones, retranqueo etc. En la Figura 3-16 se muestra como se introducen los datos de las ventanas en el programa.

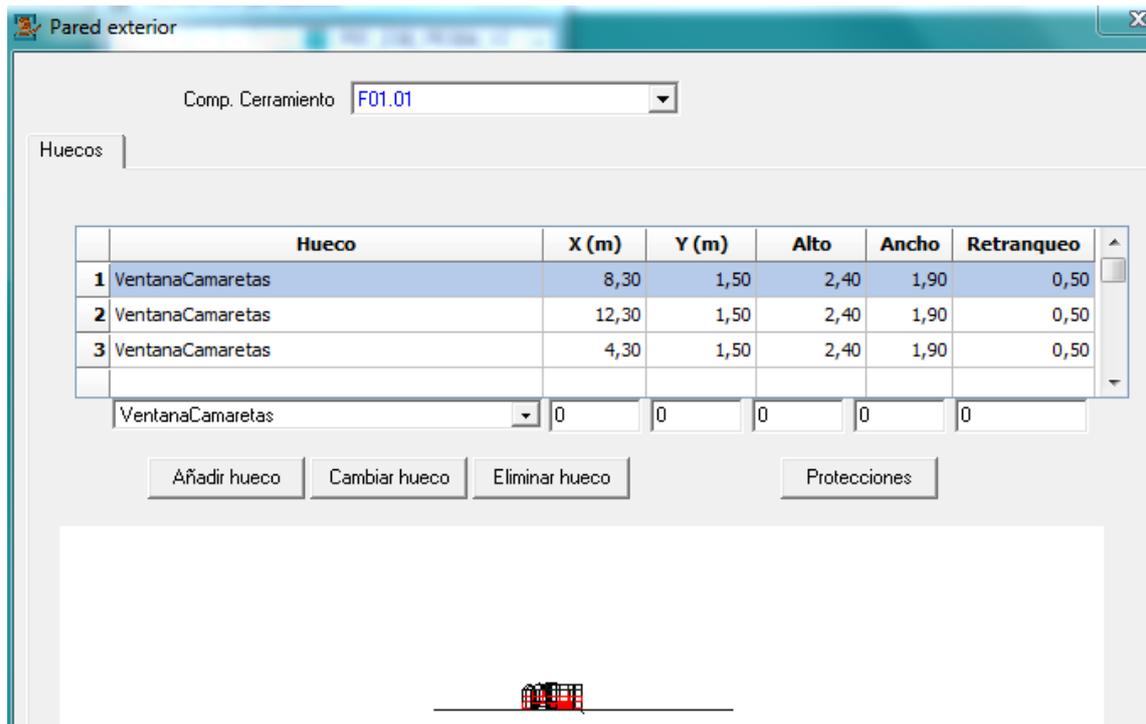


Figura 3-16 Colocación de ventanas. Fuente CalenerVYP

Se realiza este proceso muro por muro hasta que se completan en su totalidad con las ventanas correspondientes. Al final, el edificio queda con el aspecto que puede verse en la Figura 3-17 que representa una de las fachadas del cuartel con todos los huecos definidos.

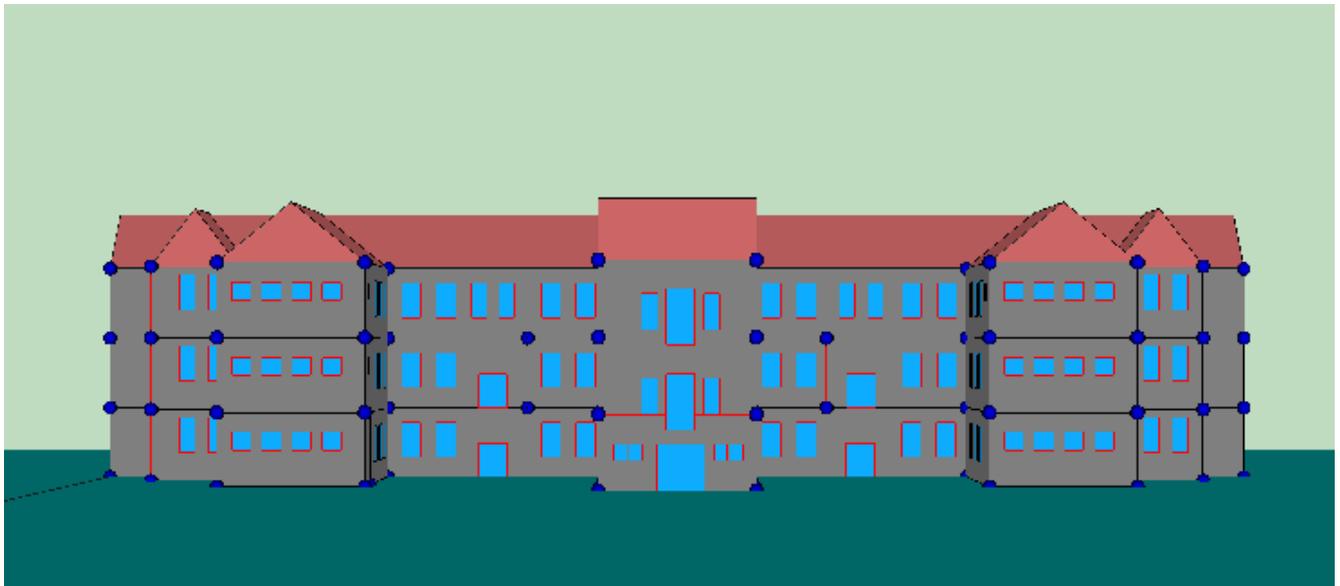


Figura 3-17 Fachada del cuartel con ventanas y tejado. Fuente CalenerVYP

Para las puertas se realiza un proceso similar con la particularidad de que el porcentaje cubierto por el marco es mayor, llegando a ser del 100% en caso de que la puerta no disponga de ningún tipo de vidrio. En el cuartel existen puertas metálicas y de madera, con vidrio doble o sin él. Para su colocación se procederá a seleccionar el muro en el que se van a situar y se colocarán a una altura de 0 m. Las puertas que se contemplan en el trabajo está recogidas en la

Tabla 3-2. En el Anexo I se pueden apreciar los distintos tipos de puerta considerados.

Tabla 3-2 Puertas del cuartel

Puerta	Transmitancia	Factor Solar	Material marco	Emisividad	% Marco
P.Madera	2,2	0	Aluminio Lacado	X	100
P.Metálica	5,7	0,85	Aluminio Lacado	Alta	40
P.Climalit	3,2	0,85	Madera	Media	40
P.Mad.Vidrio	5,7	0,85	Madera	Alta	45

### 3.3.5 Iluminación

Para determinar el gasto y eficiencia derivados de la iluminación el programa necesitará tres valores de entrada: el de potencia instalada, el VEEI (valor de la eficiencia energética de la instalación) del edificio objeto y el VEEI límite. Estos dos últimos se extraerán más adelante de unas tablas del DB HE3 y de la norma UNE EN 12464-1. El primero deberá ser calculado para cada espacio. Del pliego de condiciones del proyecto realizado en el año 2000 [15] se obtiene el dato de que son necesarios 1350 W por cada camareta (las diferencia de tamaño de las camaretas es despreciable) y espacios de estudio y ocio, y 550 W para los pasillos y escaleras.

Seguidamente se realizará un ejemplo del cálculo de la potencia instalada y del VEEI del edificio objeto para un conjunto de tres camaretas de la segunda planta.

-Potencia instalada: véase Ecuación 1, donde  $P_{ins}$  es la potencia instalada en W/ m<sup>2</sup>, P la potencia en W por espacio y S es la superficie de dicho espacio en m<sup>2</sup>.

$$P_{ins} = \frac{P}{S}$$

Ecuación 1 Potencia instalada

Se consideran tres camaretas del ala central de la segunda planta por lo que la potencia instalada será de 3\*1350 W, lo que equivale a 4050 W. Este valor dividido por la superficie de dicho espacio nos dará la potencia instalada que será de 31,65 W/m<sup>2</sup>.

-Para la obtención del segundo valor deberemos aplicar la Ecuación 2, donde VEEI se mide en W/m<sup>2</sup>\*lux, P es la potencia en W, S la superficie en W/ m<sup>2</sup> y Em la luminancia horizontal mantenida en lux:

$$VEEI = \frac{P * 100}{S * Em}$$

Ecuación 2 Valor de la eficiencia energética instalada del edificio objeto

La Em se sacará de la norma UNE EN 12464-1, dada la dificultad de obtención para cada caso particular, y su valor será aproximado ya que no se contempla un valor concreto para habitaciones o espacios residenciales. El valor por lo tanto será una mediada entre los espacios que más se aproximen, como salas de descanso, salas de lectura o estudio. Para las camaretas, estudios y salas de estar se ha

elegido el valor de 400 lux y para los pasillos y halls de 300 lux. Por otro lado la cocina será de 500 lux pues así viene estipulado en la norma [18]. Al realizar la división se obtiene que el VEEI del edificio objeto es de  $7,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{lux}$  para ese determinado espacio.

A la hora de elegir el VEEI límite se deberá determinar a qué tipo de espacio se está refiriendo. Dado que el cuartel acoge a un gran número de alumnos y les sirve de alojamiento permanente, lo más equivalente a la hora de compararlo y definir el valor del VEEI límite para las habitaciones, será el valor para hoteles, hostales, residencias y demás. Para los espacios comunes, salas de estar y pasillos será distinto y habrá que tomar el valor correspondiente a Zonas comunes. En la Tabla 3-3 se aprecia un extracto de la tabla de valores del VEEI límite recogida en el DB HE3 y se escogen los valores 10,0 y 4,0 para las habitaciones y espacios comunes respectivamente al ser las que más se aproximan a las características de los diferentes espacios habitables.

**Tabla 3-3 Valores límites de eficiencia energética de la instalación [14]**

<b>Zonas de actividad diferenciada</b>	<b>VEEI límite</b>
Zonas Comunes	4
Habitaciones de hoteles, hostales, residencias, etc.	10
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias	8,0
Aulas y laboratorios	3,5

Por lo tanto, con los tres valores necesarios determinados se procede a introducir todos los datos en el programa dando como resultado lo que se muestra en la Figura 3-18. Para el resto de espacios habrá que realizar el mismo proceso diferenciando la iluminancia horizontal mantenida, que variará el VEEI del edificio objeto según el tipo de espacio, la potencia instalada y el VEEI límite correspondiente.

Propiedad	Valor	Unidad
Potencia instalada de iluminación	31.4	W/m²
Valor de eficiencia energética de la instalación del edificio objeto (VEEI)	7.91	W/(m²100 lux)
VEEI limite según CTE - HE3	10.0	W/(m²100 lux)

**Figura 3-18 Iluminación de espacios. Fuente CalenerVYP**

### 3.3.6 Sistema de calefacción y ACS

Cuando ya han sido definidos los aspectos geométricos, la iluminación y los datos generales, comienza la elección de los sistemas, equipos y unidades terminales. El programa trae de serie una gran cantidad de combinaciones posibles.

Se comenzará con la explicación de lo que es el sistema. El sistema no es un objeto físico identificable, sino que contiene la información sobre el control de los equipos que lo componen, así como algunas propiedades que no son inherentes a los equipos que contiene. Por otro lado, los equipos y unidades terminales sí que pueden identificarse con objetos físicos de la instalación.

Los sistemas pueden dividirse a su vez en sistemas multizona o unizona según a la cantidad de espacios a los que pueden aplicarse sus efectos. Por ejemplo, un sistema unizona sólo puede dar servicio de refrigeración y/o calefacción a una única zona o espacio mientras que un sistema multizona sí puede aplicarse a más de un espacio distinto.

El sistema que se aproxima más a la realidad se denomina SISTEMA MIXTO DE CALEFACCIÓN Y ACS. Es un sistema multizona que abastecerá y proporcionará energía calorífica a las diferentes zonas habitables.

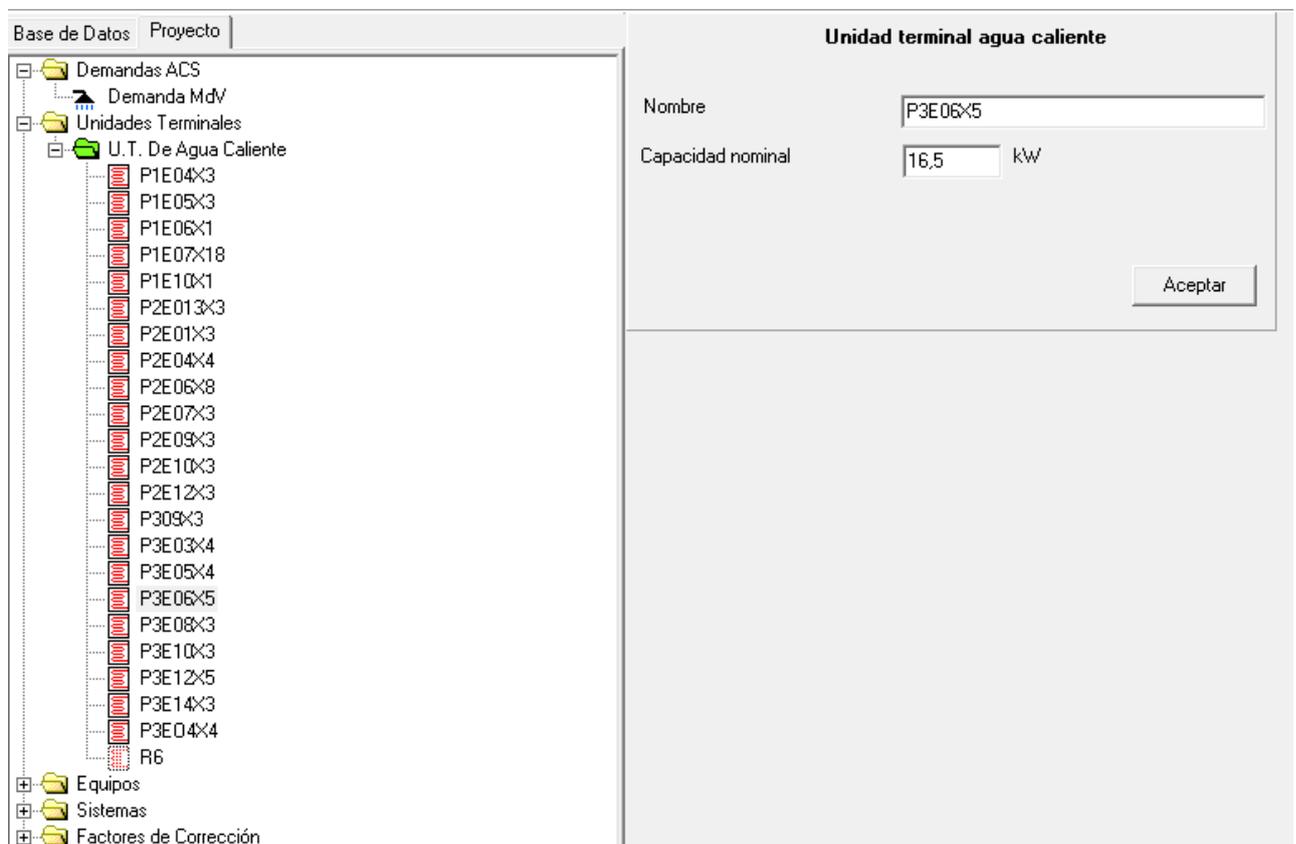
En cuanto a los equipos habrá que definir las calderas y el equipo acumulador de agua de los que dispone el cuartel. El Marqués de la Victoria dispone de dos calderas con características técnicas diferentes así como dos acumuladores con capacidad de 5000 l cada uno.

Dado que ya antes se mencionaron algunos detalles básicos de las calderas ahora se procederá a hablar más en detalle de sus características técnicas. La caldera CPA 600M ROCA (BAXI), es la más moderna y dispone de una potencia nominal de 641,7 kW y un rendimiento del 91%. Esta es la destinada a proporcionar calefacción al cuartel. Funciona con gasóleo y tiene un mantenimiento excelente. La caldera que proporciona ACS, es bastante más antigua y al igual que la otra funciona con

gasóleo. Tiene una potencia de 335 kW con un rendimiento del 80%. El programa permite añadir determinadas propiedades avanzadas, sin embargo, dado que no es el objetivo del trabajo y a la complicación y profundidad que ello supone, se aceptarán los valores por defecto que trae el software para calderas de combustible.

Las unidades terminales de las que dispone el cuartel son los radiadores de doble tubo. Normalmente, las potencias caloríficas de los distintos equipos radiantes se dan para una temperatura media del agua de calefacción de 80° C y una temperatura en la habitación de 20° C, es decir, para un salto térmico de 60° C. Cuando ofrecen mayor rendimiento es cuando se encuentran pegados a la pared.

Cada doble tubo de un radiador posee una capacidad de 0,15 kW, con lo que solo hay que multiplicar dicha capacidad por el número de tubos para conocer la potencia total. Existe además un factor de corrección que hay que aplicar si la posición del radiador o unidad terminal es empotrada o no se encuentra anclado a la pared.



**Figura 3-19 Sistema, Equipos y Unidades terminales. Imagen del CalenerVYP**

Este sistema permitirá agregar equipos y unidades terminales tales como calderas de combustible (equipos) y radiadores que funcionan con agua caliente (unidades terminales). Las unidades terminales de las que dispone el cuartel son solo radiadores, por lo que habrá que determinar cuántos hay por espacio y la potencia que generan. Cuando esto queda claro, se introduce un terminal personalizado para cada espacio según el número de radiadores que existen en el mismo. Para facilitar el entendimiento del lector se realizará un ejemplo basándose en el cálculo de la unidad terminal para un espacio de tres camaretas en las que hay un radiador en cada una:

-En la segunda planta en el espacio 10 hay tres radiadores idénticos con 22 tubos dobles cada uno. Se multiplica 0,15 kW por el número de tubos dobles y se obtiene una potencia de 3,3 kW.

-Al encontrarse anclados a la pared sin ningún tipo de empotramiento no es necesario aplicar ningún factor de corrección. En el caso de encontrarse empotrado, por ejemplo, habría que multiplicarlo por 0,85 ya que su rendimiento disminuiría.

-Una vez efectuado dicho cálculo solo faltaría introducirlo como se puede apreciar en la Figura 3-18 que aparece anteriormente, en la que se aprecia la nomenclatura personalizada para cada espacio para evitar confusiones. Por ejemplo, la unidad terminal P3E06X5 se corresponde con la tercera planta el espacio 6 y 5 radiadores.

Para la demanda de ACS se deberá determinar cuál es el consumo diario por alumno teniendo en cuenta que debido al ejercicio diario y a las necesidades de higiene su uso será mayor que el de una persona normal. Por ello se considerarán dos duchas, de 50 l cada una, y un afeitado, con un gasto de 10 l, haciendo un gasto total de 110 l [19]. Dado que hay 168 camas y el gasto por persona es de 110 litros más 10 l por persona debido al gasto de la cocina el consumo diario total es de 20.160 l.

Una vez conocidos los litros totales, solo resta dividirlos por la superficie, ya que el programa admite como unidad de entrada  $l/m^2$  por día. El resultado es de  $3,851 l/m^2$  por día.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Valoración de los resultados obtenidos

En los siguientes párrafos se comentarán y analizarán los resultados y el proceso de cálculo de los mismos. El objetivo será la comprensión por parte del lector de las calificaciones obtenidas, su justificación y la exposición de posibles anomalías detectadas en los resultados. Una vez analizados los resultados se procederá a la proposición de posibles mejoras, su evaluación y sus costes.

#### 4.1.1 Problemas de obtención

Una vez que hayan sido definidos los aspectos geométricos del edificio, la iluminación, el sistema con sus equipos y unidades y zonas de aplicación, el programa realizará los cálculos y generará un resultado en forma de etiqueta energética diferenciando entre refrigeración y calefacción. Si todos los detalles están bien introducidos el resultado debería obtenerse a la primera.

Como era predecible hay algunos errores que han de ser corregidos. El programa detecta que existen perímetros duplicados, espacios que se repiten o no existen y para ello se han de depurar los fallos posibles trabajando en el interfaz programa-usuario o incluso corrigiendo directamente sobre el código. En la Figura 4-1 se aprecia uno de los fallos que detecta el programa a la hora de realizar los cálculos. El programa no facilita la corrección de errores, ya que aunque si los detecta, no suele indicar donde se han producido ni como depurarlos. Se trata de un software gratuito y aunque es usado por profesionales el interfaz puede generar bastante confusión.

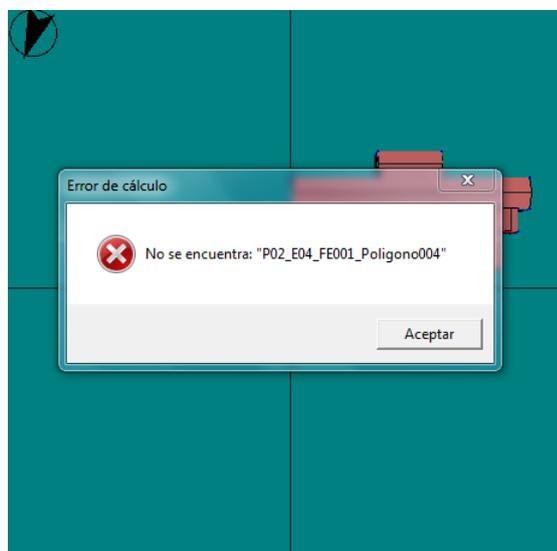


Figura 4-1 Error a la hora de calcular. Fuente CalenerVYP

### 4.1.2 Etiqueta y análisis

Finalmente y tras varios intentos el programa realiza los cálculos y genera la etiqueta como puede observarse en la Figura 4-2 proporcionando además una descripción más detallada de los resultados.

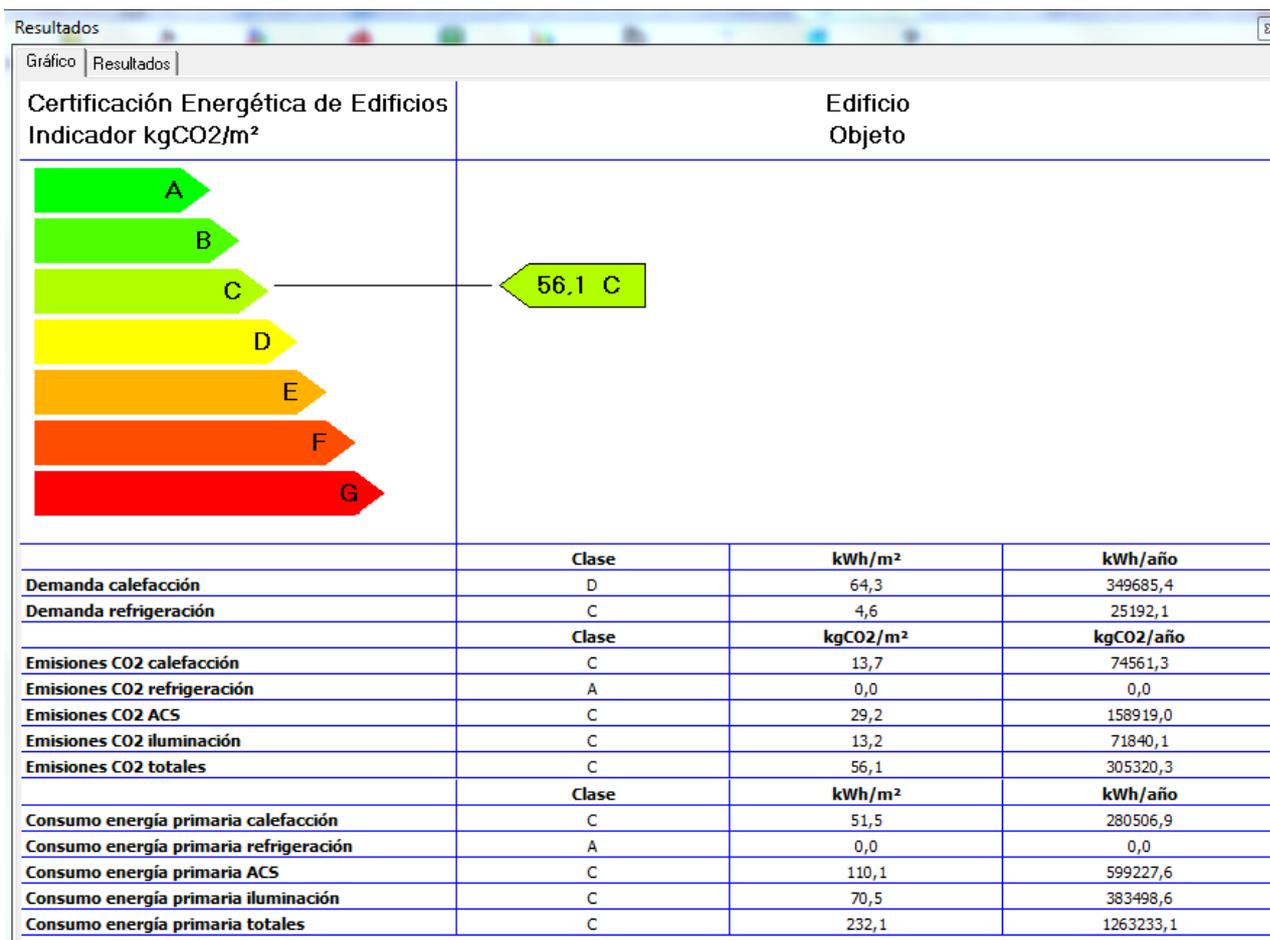


Figura 4-2 Etiqueta Energética. Fuente CalenerVYP

En los resultados obtenidos se aprecian tres partes diferenciadas: demanda, emisiones y consumo. Cada apartado de los mencionados anteriormente se encuentra subdividido a su vez dos o más apartados. A continuación se comentará cada uno de ellos.

### 4.1.3 Demanda de calefacción y ACS

En cuanto a la demanda de calefacción cabía esperar que la letra obtenida no fuese muy buena. Ambas calderas funcionan con gasóleo por lo que el porcentaje de CO<sub>2</sub> que se emite a la atmósfera a la hora de obtenerlo es mucho mayor que con otro tipo de calderas, como eléctricas o de gas natural. Además el ahorro de energía del cuartel es bastante pobre. Normalmente la mayoría de los accesos al cuartel se encuentran abiertos permanentemente, hay ventanas que no se cierran hasta llegar la noche e incluso permanecen abiertas todo el día. Aunque la mayoría de las ventanas son climalit de doble acristalamiento, aún existen puertas y ventanas con cristales monolíticos y que no son completamente estancas. Los radiadores que no se encuentran en las camaretas no son regulados por nadie y por tanto se apagan o encienden según las necesidades y la temperatura ambiente.

Puede llamar la atención que la letra que se corresponde con la demanda de refrigeración sea una C ya que el edificio no tiene equipos de refrigeración. Puede ser porque el programa genera resultados en base a edificios ya conocidos con parámetros similares e incluso que sea consecuencia de un mal diseño para la ventilación del cuartel, o podría deberse a que no existe un sistema de refrigeración que cubra la demanda del cuartel. La mayoría de ventanas son de doble acristalamiento y puede que eso

contribuya a que se mantenga el calor en el interior cuando la temperatura fuera del edificio es más baja.

#### *4.1.4 Emisiones derivadas de la calefacción, refrigeración y ACS*

Por otro lado se encuentran las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la calefacción, refrigeración y ACS. No es de extrañar que la más alta se corresponda con las emisiones debidas a la ACS. Hay que tener en cuenta que la caldera no solo es de combustible sino que además data de 1974, lo que propicia un deterioro de su rendimiento con el paso de los años, si a esto le añadimos una demanda anormalmente alta derivada del alto consumo de ACS por parte de los alumnos, que al realizar gran cantidad de ejercicio físico aumenta respecto al de una persona media, es comprensible que sea así de alto.

Como cabía esperar el consumo y emisiones debidos a la refrigeración son nulos ya que el cuartel no dispone de ningún tipo de sistema de aire acondicionado ni nada por el estilo. Esto está justificado por dos motivos importantes:

- Durante los meses más calurosos el cuartel permanece desocupado.
- Dada la zona climática en la que se encuentra el edificio podría pensarse que no es necesario un sistema de refrigeración y que supondría una mitad de ahorro no tener uno.

#### *4.1.5 Emisiones derivadas de la iluminación*

En cuanto a la iluminación el programa ya dispone de antemano de las emisiones que genera una cantidad determinada de potencia derivada de la instalación eléctrica por unidad de superficie. Es decir, conoce que cantidad de energía se necesita para generar dicha potencia y las emisiones que ello conlleva.

## **4.2 Medidas para mejorar la eficiencia energética**

De cara a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y reducir el consumo de combustibles fósiles así como de aumentar la eficiencia de los equipos, terminales, instalación de iluminación se propondrán a continuación una serie de mejoras que podrían aplicarse el edificio del Marqués de la Victoria.

### *4.2.1 Calefacción y ACS*

Para comenzar, se hablará de una posible sustitución de las calderas del cuartel. Actualmente ambas funcionan con gasóleo, lo cual genera una gran cantidad de emisiones y es perjudicial para el medio ambiente. Como ya se comentó en otro apartado, la infraestructura para llevar el gas natural al cuartel ya existe y prueba de ello es que la cocina lo utiliza para alimentar sus fogones.

La empresa que instaló la última caldera en el cuartel fue Baxi y se trata de una de las mayores empresas en el ámbito de la calefacción. Dentro de Baxi se puede encontrar una amplia gama de calderas. De las que funcionan con gas se han seleccionado dos que pueden proporcionar un sistema de calefacción central a superficies grandes y medianas y poseen la potencia suficiente para ello.

Un modelo de gran potencia adecuado para el cuartel y el consumo del mismo podría ser el EuroCondens SGB. Se trata de una caldera para un sistema de calefacción central. Cuenta con varios modelos diferentes según su potencia que van desde los 120 kW hasta los 600 kW existiendo la posibilidad de montarlos en cascada para aumentar la potencia hasta casi 1200 kW, como se ve en la Figura 4-3. Se trata de un modelo puntero en el mercado y de demostrada eficiencia. Además puede dar más de un 100% de rendimiento.



**Figura 4-3 Caldera EuroCondens SGB en cascada [20]**

Existen además otras posibilidades más económicas como el modelo de caldera Power HT plus Gas. Se alimenta de gas natural y la letra A es la que le corresponde a su eficiencia energética y su consumo. Pueden realizarse montajes en cascada, como se ve en la Figura 4-4 , sin que disminuya su rendimiento y aumentando su potencia.



**Figura 4-4 Caldera Power HT Plus montaje en cascada [21]**

Posteriormente se procederán a realizar los cálculos para la misma geometría pero variando los equipos de calefacción y ACS y se comprobarán los efectos que pueden provocar en el resultado. Se cambiarán las calderas actuales por las anteriormente descritas, que funcionan con gas en vez de con gasóleo. La caldera CPA 600 Roca (Baxi) de 641,7 kW será sustituida por el modelo EuroCondens SGB 610, que proporciona una potencia nominal de 595,7 kW La caldera Roca, de 335 kW, que proporciona ACS, de se cambiará por el modelo Power HT Plus con montaje en cascada, que proporciona 205 kW. Al ser calderas de condensación proporcionan rendimientos superiores al 100% lo que tendrá repercusiones positivas en el resultado debido a su excelente eficiencia.

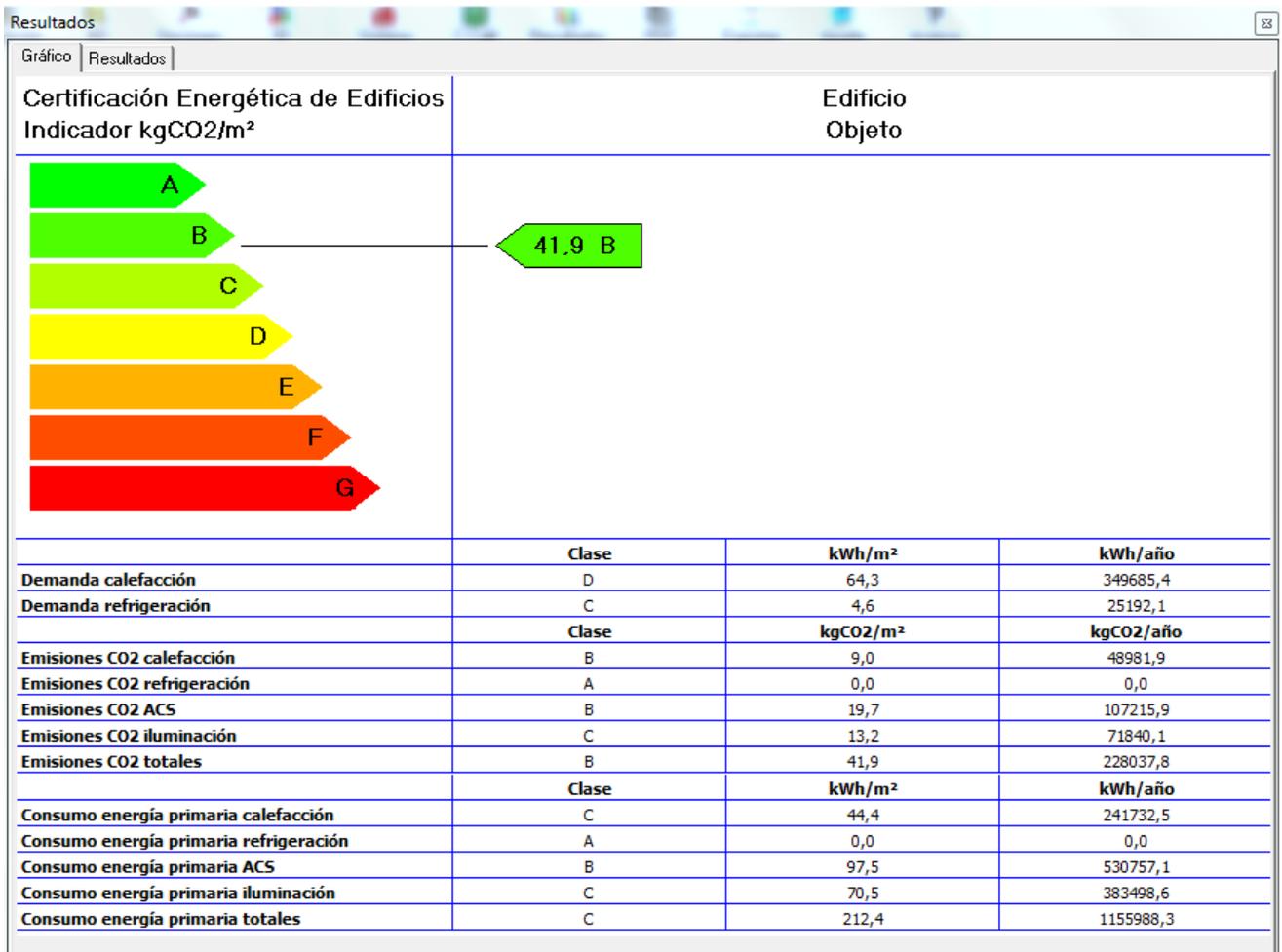


Figura 4-5 Etiqueta con calderas de gas. Fuente CalenerVYP

En la Figura 4-5 se aprecia que la letra correspondiente a la etiqueta varía sensiblemente, mejorando incluso una letra, de la C a la B. Se ve como las emisiones bajan 4 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> debidas a la calefacción y cómo las emisiones derivadas del consumo de ACS disminuyen hasta en 10 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. En consecuencia el consumo de energía primaria sufre también un decremento sustancial.

Una vez comprobadas las diferencias de emisiones y consumos se valorarán las ventajas y los inconvenientes de realizar dicho cambio de caldera. Habrá quienes cuestionen si económicamente, y no solo de cara a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, sería algo rentable. En principio se puede decir que si, que supondrá un ahorro energético importante, pero habrá que sopesar varios factores:

- Coste del gas natural y del gasóleo.
- Acceso a la infraestructura que proporciona el gas natural.
- Inversión inicial en el cambio de equipos y su instalación.

Dependiendo de los factores mencionados anteriormente se procederá a valorar la rentabilidad del cambio y posteriormente se tomará una decisión. El kWh de gas natural es más barato que el de gasóleo en la actualidad. Se ha de tener en cuenta que hay que comparar unidades de energía y no de volumen, ya que el litro de gasoil no es equiparable al m<sup>3</sup> de gas natural. Además, si elegimos tarifas fijas podremos ahorrar hasta un 5% en la factura del gas [22].

También existe la posibilidad de cambiar a calderas eléctricas, pero el inconveniente reside en que no son lo suficientemente potentes como para abastecer a un cuartel con tanta demanda de calefacción y ACS.

Como se observa en la Tabla 4-1, resultado de la comparación de poderes caloríficos y su precio, certifica que actualmente el gas natural es más rentable que el gasóleo en España. No obstante los precios pueden oscilar cada cierto tiempo. Hoy en día, nuestro país goza de un precio muy económico por m<sup>3</sup> de gas natural respecto a la mayoría de países de la Unión Europea.

**Tabla 4-1 Precio por kWh [23]**

<b>Combustible</b>	<b>Precio</b>
Gasóleo	0,10 €/ kWh
Gas Natural (calderas de condensación)	0,0389 €/ kWh (rto por encima del 100%)
Gas Natural (caldera convencional)	0,05 €/ kWh

#### *4.2.2 Huecos y Lucernarios*

A la hora de plantear mejoras es obligado pensar en que cambios se pueden realizar en las ventanas y puertas. Las ventanas y puertas tienen una influencia directa sobre la demanda de calefacción y refrigeración por lo que son un elemento de gran relevancia. Las ventanas de camaretas y pasillos son un modelo bastante moderno y eficaz, sin embargo quedan resquicios de puertas y ventanas anteriores al año 2000 e incluso de la obra original, como la puerta principal y las ventanas adyacentes, las puertas que conducen al patio en la planta baja desde el ala central y las puertas que acceden a los ascensores de ambos lados del cuartel.

Para valorar los resultados de la sustitución de dichos elementos se repetirán los cálculos considerando que las puertas de madera, las puertas metálicas con vidrio monolítico y las ventanas con vidrio monolítico por puertas y ventanas climalit.

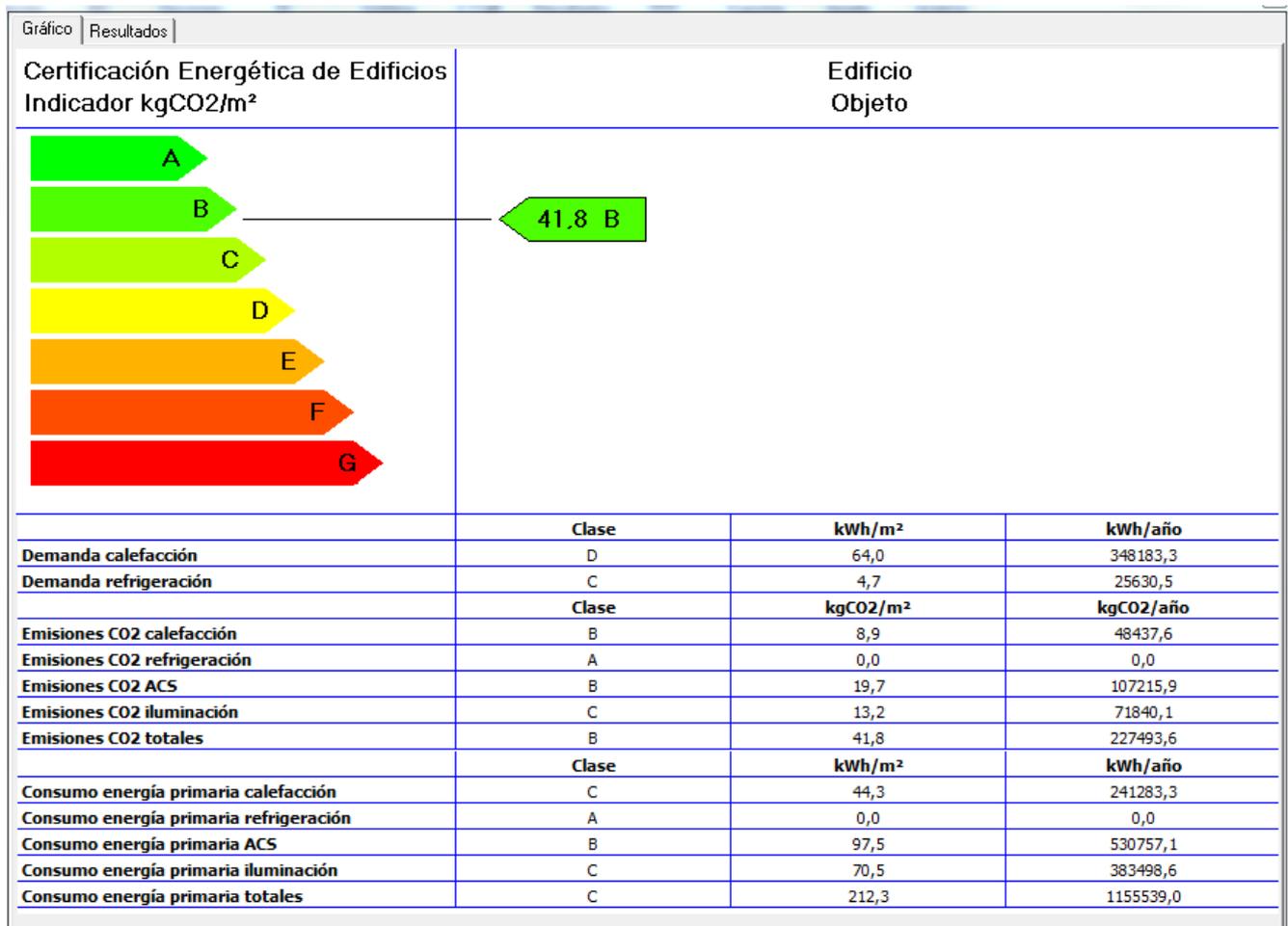


Figura 4-6 Etiqueta con calderas de gas y sustitución de ventanas y puertas. Fuente CalenerVYP

A raíz de los resultados que se muestran en la Figura 4-6, se puede decir que apenas varían las emisiones y por ende la letra correspondiente. Esto es consecuencia de que aunque se han cambiado 12 puertas y otras 18 ventanas, la gran mayoría de los huecos permanecen en el mismo estado que en el cálculo anterior. Sí que se observa una ligera disminución en las emisiones debidas a una reducción en la demanda energética. Además, a raíz de un mejor aislamiento se aprecia que la demanda de refrigeración se ha incrementado tenuemente.

Hay otras maneras de ahorrar sin tener que gastar mucho. Actualmente el cuartel consta de más de seis accesos diferentes, que prácticamente se encuentran abiertos las 24 horas del día. Estableciendo un protocolo de cierre de puertas y limitando los accesos se ahorraría muchas pérdidas de calor, lo que se traduciría en una reducción del gasto por calefacción. Al igual que ocurre con las puertas, el problema es extrapolable a las ventanas. Determinando unas horas concretas a lo largo del día y estipulando el tiempo que deben permanecer abiertas para la ventilación del cuartel, se podría ahorrar gran cantidad de energía.

A raíz de la realización del trabajo se situarán carteles en los diferentes accesos al cuartel con el fin de concienciar al personal de que mantenga las puertas y ventanas cerradas. Ya se ha comenzado a colocarlos y en la Figura 4-7 se puede ver un ejemplo de ello.



**Figura 4-7 Cartel para mantener los accesos cerrados**

### *4.2.3 Energías alternativas*

Se ha valorado también la posibilidad de instalar paneles solares que ayuden a la generación de ACS, pero dadas las condiciones meteorológicas y al porcentaje de días de sol en Pontevedra, se ha desechado la idea. Para amortizar una placa solar ha de transcurrir un largo periodo de tiempo y para grandes demandas de ACS no sería suficiente.

Otra opción que se evaluó como posible alternativa al gasoil además del gas era la de la utilización de calderas de biomasa en vez de las actuales o las de gas natural ya que debido al ciclo del carbono se considera que las emisiones que emiten a la atmósfera ya han sido compensadas anteriormente.

### *4.2.4 Iluminación*

El sistema de alumbrado y fuerza del cuartel dispone de varios tipos de elementos de iluminación diferentes, desde tubos halógenos y tubos fluorescentes compactos, hasta lámparas incandescentes en los cabeceros de las camas. Sustituyendo dichos elementos por algunos más eficientes podríamos reducir el consumo.

A priori, parece que las bombillas incandescentes de los cabeceros podrían ser sustituidas por bombillas LED que iluminan mejor y son exponencialmente más eficientes. En el cuartel hay 168 lámparas con lo que el ahorro podría ser significativo sin conllevar un gran gasto. En la Figura 4-8 se muestra un ejemplo del catálogo de Leds de LeroyMerlin en el que se muestran diferentes tipos de bombilla cuyos precios varían entre 6,95 y 24,95 €. Con el modelo más sencillo y barato sería

suficiente para cumplir la función de luz de cabecero con lo que una sustitución completa, más un stock de seguridad y recambios no supondría un gasto mayor de 1500 €.



Figura 4-8 Catálogo lámparas LED [19]

Como la potencia por espacios ya está determinada, solo cabe la posibilidad de sustituir algunos elementos por otros con el fin de aumentar la eficiencia y el tiempo de vida útil de las bombillas. Actualmente el cuartel cuenta con un sistema de iluminación bastante moderno que dispone de Leds, tubos fluorescentes compactos Philips de gran eficiencia, potencia y duración así como con tubos halógenos para estudios y halls de similares características.

### 4.3 Presupuestos y amortización

#### 4.3.1 Presupuestos

A continuación en las diferentes tablas se resumen los diferentes presupuestos de una posible inversión. En la Tabla 4-2 se aprecia el coste por separado de las calderas al igual que el de su instalación y el coste total de la implementación de ambas. En la Tabla 4-3 se muestra un desglose con el precio de las diferentes puertas y ventanas. Por último en la Tabla 4-4 puede verse el coste total de la inversión.

Tabla 4-2 Precio del cambio e instalación [25] [26]

Modelo de caldera	Potencia/ Rto %	Precio €	Coste de instalación €	Coste total €
EuroCondens SGB 610	595,7 kW/ 105,8	24.100,00	155	34.111,00
Powe HT Plus 2x110	205 kW/ 108,1	9.640,00	216	

Tabla 4-3 Catálogo de puertas climalit [27]

Modelo	Precio €	Medidas cm	Acrilamiento	Material del marco
Puerta Abatible de dos hojas sin persiana	288,60	Desde 120x200	Doble 4-8-4	Aluminio
Puerta Abatible de dos hojas rotura de puente térmico y sin persiana	381,69	Desde 120x200	Doble 4-8-4 con juntas de neopreno	Aluminio
Puerta Abatible de dos hojas rotura de puente térmico y con persiana	510,44	Desde 120x200	Doble 4-8-4 con juntas de neopreno	Aluminio
Ventana Abatible de una hoja sin persiana	101,61	Desde 60x60	Doble 4-8-4	Aluminio
Ventana Abatible con rotura de puente térmico y sin persiana	121,76	Desde 60x60	Doble 4-8-4	Aluminio
Coste total del cambio de 12 puertas y 18 ventanas	Más económico: 5.292,18 € Mejor Aislamiento: 8.316,96 €			

Tabla 4-4 Costes separados y coste total de la inversión

Coste del cambio de calderas e instalación	Coste del cambio de ventanas y puertas	Coste total
34.111,00 €	8.316,96 € (mejor aislamiento)	42.427.96 €

### 4.3.2 Amortización de la inversión

Para calcular el tiempo que se tardará en recuperar la inversión se han de considerar los siguientes parámetros: precio del gas natural ( $P_{gn}$ ), precio del gasóleo ( $P_{gas}$ ), coste total de la inversión ( $C_{tot}$ ) y los kilovatios hora totales (kWh) necesarios para que se produzca dicha amortización.

$$P_{gn} * kWh + C_{tot} = P_{gas} * kWh$$

**Ecuación 3 Igualdad para equiparar gastos de la inversión con gastos por consumo de gasóleo**

Conocidos el precio del gas natural y el del gasóleo y el coste total de la inversión solo falta despejar kWh ya que es nuestra única incógnita.

$$kWh = \frac{C_{tot}}{P_{gas} - P_{gn}}$$

**Ecuación 4 kWh necesarios para amortizar la inversión**

El resultado nos da los kilovatios hora que hay gastar para recuperar la inversión. El resultado es de 694.401,96 kWh.

A continuación se comprueba en la Figura 4-6, que ya contempla los resultados con el cambio de calderas, ventanas y puertas, cuál es la demanda anual de kWh debida a la demanda de calefacción. Ésta es de 348.183,3 kWh/año.

Ahora solo resta dividir ambos resultados para obtener el tiempo necesario.

$$t = \frac{kWh}{kWh/año}$$

**Ecuación 5 Tiempo total de amortización.**

El tiempo necesario para amortizar la inversión es de 2 años, lo que supone un periodo muy corto de tiempo por lo que parece una inversión rentable, ya que no solo se ahorra dinero a partir de los dos años sino que además se reducen considerablemente las emisiones y el consumo.

## 5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

### 5.1 Conclusiones

Tras la realización del trabajo se ha llegado a una serie de conclusiones derivadas del estudio, de la resolución de los problemas y del análisis de los resultados y de las mejoras.

Uno de los objetivos del trabajo era el de limitar la demanda energética del cuartel. Tras varios meses de trabajo de definición geométrica, gráfica y de los diferentes sistemas implementados en el edificio, se ha alcanzado una solución coherente con la realidad de la estructura y la instalación. Además se han obtenido datos numéricos y no solo la letra correspondiente a la etiqueta energética de cada demanda, consumo o emisiones de manera diferenciada. También es cierto que se han realizado simplificaciones a la hora de la definición y reproducción del edificio, dado el gran número de detalles y a la ausencia de planos constructivos anteriores al año 1999.

Se pretendían aportar mejoras que pudiesen ser implementadas en el cuartel de cara a aumentar el ahorro y fomentar el uso de otro tipo de energías. Para ello se han redefinido los sistemas y los elementos constructivos para obtener mejores resultados. Se han recalculado y ha quedado demostrado que a través de las medidas propuestas puede mejorarse la etiqueta y aumentarse la eficiencia. Además se ha cuantificado el coste de la inversión que habría que realizar para llevar a cabo la instalación e implementación de dichas medidas así como su tiempo de amortización. Como se intuía antes de la realización del desarrollo del trabajo, estas mejoras disminuirían las emisiones de CO<sub>2</sub> y obtendrían una mejor calificación.

Por otro lado se pretendía aprender a utilizar el programa CalenerVYP y alcanzar un conocimiento sólido de él. Es un programa muy complejo que permite llegar a detalles que se escapan al alcance de este trabajo, no obstante, si se ha conseguido una soltura aceptable a la hora de diseñar el edificio y definir su sistema y más aún, la comprensión y análisis de los resultados. A través del uso del mismo, consulta en foros, visualización de tutoriales y lectura del manual se han alcanzado soluciones y resultados. Cabe recordar que hay numerosas universidades que ofertan cursos para la formación de certificadores de hasta 150 horas.

El último de los objetivos era el de concienciar al personal de que el ahorro y la eficiencia es cosa de todos. En un principio se tratará de llevar a cabo a través de la colocación de diferentes carteles en los accesos al cuartel que indiquen al personal que ha de mantener la puerta siempre cerrada. Todavía es pronto para evaluar la repercusión de la medida adoptada, pero con el paso del tiempo se puede esperar que tanto alumnos como personal comiencen a hacerlo de manera automática.

Como conclusión final se puede afirmar que se ha cumplido con el objetivo de calcular la demanda, definir el consumo a través del programa elegido. Se han propuesto medidas que mejoran la eficiencia y evaluado su coste de inversión y amortización y además se ha comenzado con la colocación de carteles para la concienciación del personal.

## **5.2 Líneas Futuras**

A colación de trabajos energéticos anteriores presentados en las Escuela Naval, tal y como el Alférez de Navío Piñeiro Paredes hizo con el cuartel de alumnos Almirante Francisco Moreno, y este año se ha realizado con el cuartel Marqués de la Victoria, podría resultar beneficioso continuar esta línea de investigación y ampliar el número de edificios e instalaciones a las que hacer un estudio de demanda energética. Este año se están realizando cambios en las calderas del polideportivo de cara a mejorar su eficiencia y disminuir su consumo. Una propuesta interesante sería una comparativa del consumo antes y después de la remodelación o simplemente realizarse un estudio del edificio.

Otro aspecto para mejorar la eficiencia energética de una instalación sería la del autoabastecimiento energético con el empleo de alguna de las energías renovables. La Escuela Naval se encuentra situada en la Ría de Pontevedra, escoltada ésta por componentes montañosas a ambas caras de la ría, por lo que según podemos ver en mapas eólicos proporcionados por el Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE), el viento procedente del Océano Atlántico se encañona a la entrada de la ría proporcionando una intensidad eólica regular y viable durante todo el año. Debido a esto se podría situar un aerogenerador de pequeñas proporciones, denominado minieólica, con una potencia inferior a 15 kW y una altura de torre de entre 8-12 m. Estos aerogeneradores se construyen en base a la demanda de energía que tienen que suministrar, por lo que no sería descabellado estudiar la demanda que puede necesitar, no solo el cuartel de alumnos Marques de la Victoria, sino la Escuela Naval en general y realizar el dimensionamiento de un pequeño aerogenerador eólico para abastecer de energía a toda la Escuela Naval Militar, así como la búsqueda de un emplazamiento óptimo.

Tras la ejecución del trabajo puede concluirse que invertir en eficiencia a través del cambio o mejora de equipos supone un ahorro a largo plazo. Es verdad que la Escuela Naval tiene que ajustar muy bien su presupuesto y que dada la situación económica en la que nos encontramos puede no ser una prioridad, sin embargo, con esta investigación parece aconsejable que se encontrase entre ellas.

Las instituciones públicas deben ser un ejemplo de cara al resto de ciudadanos, por eso parece una buena idea la realización de este tipo de estudios y trabajos. Además, los trabajos de fin de grado de que realizan los alumnos en quinto curso son una oportunidad inmejorable, ya que no solo sirve como formación sino que se elaboran informes sin coste alguno.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Fomento, *Documento Básico HE*, Madrid: BOE, 2013.
- [2] AMYCA, «AMYCA S.Coop,» Mayo 2013. [En línea]. Available: <http://www.amyca.com/preguntas-sobre-el-certificado-energetico/>. [Último acceso: Enero 2016].
- [3] Xunta de Galicia, «Diario Oficial de Galicia Núm. 101,» Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, 2015.
- [4] A. J. Martínez, «Instituto de Investigaciones Ecológicas,» 5 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://generaciondistribuida.blogspot.com.es/>. [Último acceso: 5 Febrero 2016].
- [5] IDAE, «minetur.gob.es,» Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://informeestadistico.idae.es/t2.htm>. [Último acceso: Enero 2016].
- [6] European Comission, «ec.europa.eu,» [En línea]. Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>. [Último acceso: 28 Enero 2016].
- [7] Cambridge Econometrics, "Assessing the Employment and," Warwick Institute for Employment , Cambridge, 2015.
- [8] Agencia Estatal, «Boletín Oficial del Estado,» 13 Abril 2013. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3904.pdf>. [Último acceso: 30 Enero 2016].
- [9] J. Viúdez, «El caos del certificado energético,» *EL PAIS*, 14 Septiembre 2013.
- [10] HERS, "Home Energy Rating System," HERS, 2015. [Online]. Available: <http://www.hersindex.com/understanding>. [Accessed 10 Febrero 2016].
- [11] HERS, «Home Energy Rating System,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.resnet.us/images/hers-index-scale-vertical.gif>. [Último acceso: Enero 2016].
- [12] B. Mellár, «Parlamento Europeo,» Julio 2015. [En línea]. Available: [http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/es/displayFtu.html?ftuId=FTU\\_5.7.3.html](http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/es/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html). [Último acceso: Marzo 2016].
- [13] Ministerio de industria, energía y turismo y Ministerio de fomento, «<http://www.minetur.gob.es/>,» 1 Enero 2012. [En línea]. Available:

- [http://www.minetur.gob.es/energia/es-ES/Participacion/Documents/ProyectoRD\\_procedimiento\\_edificios\\_existentes.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/es-ES/Participacion/Documents/ProyectoRD_procedimiento_edificios_existentes.pdf). [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [14] Twenergy (iniciativa ENDESA), «[twenergy](http://twenergy.com),» 12 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://twenergy.com/a/calener-vyp-allana-el-camino-para-la-certificacion-energetica-de-los-edificios-1510>. [Último acceso: 20 Febrero 2016].
- [15] V. R. Bielsa, «Adecuación cuartel de alumnos Marqués de la Victoria. Reforma planta baja, patios y carpintería.,» Dirección de Infraestructura Naval, Madrid, 2001.
- [16] Erausquin, «<http://www.erausquin.com/> (cristalerías y acristalamientos),» [En línea]. Available: <http://www.erausquin.com/atenuacion-acustica.php>. [Último acceso: Enero 2016].
- [17] E. M. d. R. Vilariño, «[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com),» 3 Octubre 2012. [En línea]. Available: [http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/12-10-04\\_Jornada%20sobre%20Materiales%20Aislantes%20y%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica%20en%20los%20Edificios](http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/12-10-04_Jornada%20sobre%20Materiales%20Aislantes%20y%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica%20en%20los%20Edificios). [Último acceso: 2016].
- [18] Comité Técnico de Normalización, *UNE EN 12464-1*, 2002.
- [19] JUNKERS, «Guía de instaladores de ACS,» Junio 2006. [En línea]. Available: <http://www.edu.xunta.es/centros/cifpcoroso/gl/system/files/LibroJunkersAguaCalienteSanitaria.pdf>. [Último acceso: Febrero 2016].
- [20] BAXI, «[www.baxi.es](http://www.baxi.es),» Septiembre 2013. [En línea]. Available: [http://www.baxi.es/docs/sp\\_folleto/Folleto\\_EuroCondens\\_SGB\\_2013\\_BAXI.pdf](http://www.baxi.es/docs/sp_folleto/Folleto_EuroCondens_SGB_2013_BAXI.pdf). [Último acceso: 2016].
- [21] Tecnoinstalación, «[www.tecnoinstalacion.com](http://www.tecnoinstalacion.com),» Abril 2015. [En línea]. Available: <http://www.tecnoinstalacion.com/media/uploads/noticias/20150422baxi.jpg>. [Último acceso: marzo 2016].
- [22] Unión Fenosa, «[www.gasnaturalfenosa.es](http://www.gasnaturalfenosa.es),» Marzo 2016. [En línea]. Available: <http://www.gasnaturalfenosa.es/es/hogar/gas+luz+servicios/tarifas+luz+y+gas/1285340342233/tarifas+consumo.html>. [Último acceso: Marzo 2016].
- [23] Preciogas, «[precigas.com](http://precigas.com) gestores de tarifas,» Marzo 2016. [En línea]. Available: <http://precigas.com/faq/precio-kwh-espana>. [Último acceso: Marzo 2016].
- [24] Leroy Merlin, «[www.leroymerlin.es](http://www.leroymerlin.es),» 2016. [En línea]. Available: [http://www.leroymerlin.es/productos/iluminacion/bombillas\\_y\\_tubos.html](http://www.leroymerlin.es/productos/iluminacion/bombillas_y_tubos.html). [Último acceso: Marzo 2016].
- [25] BAXI, «[www.baxi.es](http://www.baxi.es),» Septiembre 2015. [En línea]. Available: [http://www.baxi.es/docs/sp\\_cataleg/CatSept15\\_Power\\_HT\\_Plus\\_gas.pdf](http://www.baxi.es/docs/sp_cataleg/CatSept15_Power_HT_Plus_gas.pdf). [Último acceso: Marzo 2016].
- [26] BAXI, «[www.baxi.es](http://www.baxi.es),» Septiembre 2015. [En línea]. Available: [http://www.baxi.es/docs/sp\\_cataleg/CatSept15\\_EuroCondens\\_SGB\\_gas.pdf](http://www.baxi.es/docs/sp_cataleg/CatSept15_EuroCondens_SGB_gas.pdf). [Último acceso: Marzo 2016].
- [27] Tu Ventana de Aluminio online, «<http://tuventanadealuminio.com/>,» 2016. [En línea]. Available: <http://tuventanadealuminio.com/ventanas-y-puertas-de-aluminio/ventanas-tipo-climalit/puerta-abatible-rotura-puente-termico-dos-hojas-sin-persiana.html>. [Último acceso: Marzo 2016].



## ANEXO I: ELEMENTOS DEL CUARTEL Y DE LA INSTALACIÓN

En este anexo se adjuntarán imágenes de los diferentes elementos y sistemas de los que dispone el Marqués de la Victoria a modo de descripción visual de los mismos, para facilitar la comprensión del lector.

### 1. Calefacción y ACS



Figura 0-1 Caldera de calefacción CPA 600 Roca (Baxi)

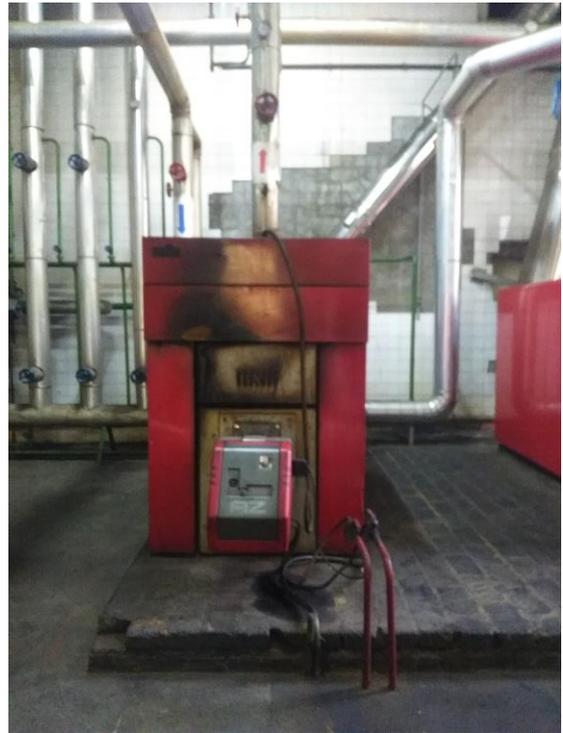


Figura 0-2 Caldera de ACS Roca



Figura 0-3 Radiador de doble tubo y agua caliente

## 2. Ventanas



**Figura 0-4 Ventana climalit de doble cámara y marco de aluminio lacado**



**Figura 0-5 Ventana de vidrio monolítico y marco de aluminio lacado**

### 3. Puertas



Figura 0-6 Puerta climalit de vidrio monolítico



Figura 0-7 Puerta climalit de doble acristalamiento



Figura 0-8 Puerta de madera con vidrio monolítico



Figura 0-9 Puerta de madera ascensores

4. *Fachada del cuartel*



**Figura 0-10 Fachada principal del Cuartel Marqués de la Victoria**

