



Escola Tècnica Superior d'Enginyeries
Industrial i Aeronàutica de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC

Trabajo final de grado

Memoria

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GRET)

Autor: Andrés Suárez-Inclán Santolaya

Directores del TFG: Miquel Casals Casanova y

Marcel Macarulla Martí

Centro: ETSEIAT

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Tabla de contenidos

| | |
|---|-----------|
| 1. Objeto | 8 |
| 2. Alcance | 8 |
| 3. Especificaciones básicas | 8 |
| 4. Justificación | 9 |
| 5. Antecedentes y estado del arte | 9 |
| 5.1. Legislación y normativa | 10 |
| 5.1.1. Unión Europea..... | 10 |
| 5.1.2. España..... | 10 |
| 5.2. Certificación energética | 11 |
| 5.3. Certificación con CE3X | 14 |
| 5.4. Etiqueta energética..... | 15 |
| 6. Descripción del edificio | 16 |
| 7. Certificación mediante el programa CE3X | 17 |
| 7.1. Parámetros comunes en las dos certificaciones realizadas | 17 |
| 7.1.1. Datos administrativos..... | 18 |
| 7.1.2. Datos generales | 19 |
| 7.1.3. Instalaciones..... | 20 |
| 7.1.3.1. Equipos de sólo calefacción | 21 |
| 7.1.3.2. Equipos de sólo refrigeración | 23 |
| 7.1.3.3. Equipos de iluminación | 24 |
| 7.1.3.4. Equipos de aire primario..... | 25 |
| 7.1.3.5. Ventiladores | 26 |
| 7.1.3.6. Equipos de bombeo | 28 |
| 7.2. Certificación exhaustiva | 31 |
| 7.2.1. Envoltente térmica..... | 31 |

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

| | |
|---|-----------|
| 7.2.1.1. Cubierta..... | 32 |
| 7.2.1.2. Muro..... | 33 |
| 7.2.1.3. Suelo..... | 45 |
| 7.2.1.4. Partición interior..... | 45 |
| 7.2.1.5. Hueco/Lucernario | 47 |
| 7.2.1.6. Puentes térmicos..... | 58 |
| 7.2.1.7. Patrones de sombra..... | 61 |
| 7.2.2. Resultados obtenidos..... | 64 |
| 7.3. Certificación básica..... | 65 |
| 7.3.1. Envoltente térmica..... | 66 |
| 7.3.1.1. Cubierta..... | 66 |
| 7.3.1.2. Muro..... | 66 |
| 7.3.1.3. Suelo..... | 67 |
| 7.3.1.4. Partición interior..... | 67 |
| 7.3.1.5. Hueco/Lucernario | 67 |
| 7.3.1.6. Puentes térmicos..... | 67 |
| 7.3.1.7. Patrones de sombra..... | 68 |
| 7.3.2. Resultados obtenidos..... | 68 |
| 8. Certificación monitorizada | 69 |
| 8.1. Análisis del consumo de gas..... | 70 |
| 8.2. Análisis del consumo de agua | 74 |
| 8.3. Análisis del consumo de electricidad | 75 |
| 8.3.1. Consumo eléctrico debido a la climatización..... | 75 |
| 8.3.2. Consumo eléctrico | 79 |
| 8.4. Resultados de la certificación monitorizada | 81 |
| 9. Comparación de resultados | 82 |
| 10. Medidas de mejora | 85 |
| 10.1. Ventanas de doble cristal..... | 86 |
| 10.2. Caldera de biomasa..... | 87 |
| 11. Aspectos ambientales..... | 89 |



Trabajo Final de Grado:

***Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del
Campus Terrassa-UPC.***

| | |
|--|-----------|
| 12. Coste del estudio | 89 |
| 13. Desarrollo de los aspectos temporales | 89 |
| 14. Conclusiones | 91 |
| 15. Bibliografía | 93 |

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Etiqueta de calificación energética..... | 15 |
| Figura 2 – Imagen de la situación de la parcela con referencia catastral 8620701DG1082B0001EQ..... | 16 |
| Figura 3 – Imagen del programa CE3X donde nos da a escoger el tipo de edificio. | 17 |
| Figura 4 – Datos administrativos introducidos. | 18 |
| Figura 5 – Datos generales introducidos..... | 19 |
| Figura 6 – Tipos de instalaciones..... | 21 |
| Figura 7 – Esquema de las calderas..... | 21 |
| Figura 8 – Detalle de la placa de una de las calderas. | 22 |
| Figura 9 – Introducción de equipos de calefacción. | 22 |
| Figura 10 – Detalle de la placa de la enfriadora | 23 |
| Figura 11 – Introducción de la enfriadora..... | 24 |
| Figura 12 – Introducción de los splits. | 24 |
| Figura 13 – Introducción de equipos de iluminación. | 25 |
| Figura 14 – Detalle de la placa de la climatizadora. | 25 |
| Figura 15 – Introducción del equipo de aire primario. | 26 |
| Figura 16 – Esquema del sistema de refrigeración. | 26 |
| Figura 17 –Esquema de un fancoil..... | 27 |
| Figura 18 – Introducción de los ventiladores. | 27 |
| Figura 19 – Esquema de las bombas de los circuitos. | 28 |
| Figura 20 – Detalle de la chapa de una bomba de un circuito..... | 29 |
| Figura 21 – Esquema de las bombas de recirculación..... | 29 |
| Figura 22 – Detalle de la chapa de una bomba de recirculación. | 30 |
| Figura 23 – Detalle de la bomba de refrigeración..... | 30 |
| Figura 24 – Introducción de la bomba de refrigeración | 31 |
| Figura 25 – Esquema de los diferentes tipos de envolventes. | 32 |
| Figura 26 – Introducción de las cubiertas planas..... | 33 |
| Figura 27 – Orientación de los muros en función del ángulo. | 34 |
| Figura 28 – Ángulo de la fachada principal. | 34 |
| Figura 29 – Introducción del muro medianero. | 35 |
| Figura 30 – Introducción de fachadas. | 35 |
| Figura 31 – Diferentes fachadas y nombre de las exteriores..... | 36 |
| Figura 32 – Librería de cerramientos fachada empedrada. | 37 |
| Figura 33 – Librería de cerramientos fachada normal..... | 37 |
| Figura 34 – Librería de cerramientos fachada de ladrillo. | 38 |
| Figura 35 – Fachada norte..... | 39 |
| Figura 36 – Fachada este. | 39 |

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

| | |
|---|----|
| Figura 37 – Fachada sur..... | 40 |
| Figura 38 – Fachada Oeste 3 (entrada principal). | 41 |
| Figura 39 – Fachadas Oeste (extremos de la entrada principal). | 41 |
| Figura 40 – Fachada patio ajardinado norte. | 43 |
| Figura 41 – Fachada patio pequeño este. | 43 |
| Figura 42 – Introducción de suelo en contacto con el terreno..... | 45 |
| Figura 43 – Introducción de partición horizontal en contacto con espacio no habitable superior. | 46 |
| Figura 44 – Introducción de huecos o lucernarios. | 48 |
| Figura 45 – Introducción de la absortividad del marco. | 49 |
| Figura 46 – Introducción de voladizo..... | 49 |
| Figura 47 – Introducción de retranqueo..... | 50 |
| Figura 48 – Introducción de lamas verticales..... | 51 |
| Figura 49 – Introducción de puentes térmicos. | 58 |
| Figura 50 –Pilar integrado en fachada. | 59 |
| Figura 51 – Pilar en esquina..... | 59 |
| Figura 52 – Contorno de hueco. | 59 |
| Figura 53 – Encuentro de fachada con forjado..... | 60 |
| Figura 54 – Encuentro de fachada con cubierta..... | 60 |
| Figura 55 – Encuentro de fachada con solera..... | 60 |
| Figura 56 – Introducción de patrón de sombra..... | 61 |
| Figura 57 – Medición de ángulos en mapa del catastro..... | 62 |
| Figura 58 – Patrón de sombra de fachada sur. | 63 |
| Figura 59 – Patrón de sombra de fachada patio ajardinado sur..... | 63 |
| Figura 60 – Patrón de sombra de la fachada patio pequeño sur. | 64 |
| Figura 61 – Calificación de la certificación energética exhaustiva..... | 64 |
| Figura 62 – Demanda calculada a partir de la certificación exhaustiva. | 65 |
| Figura 63 - Calificación de la certificación energética básica. | 68 |
| Figura 64 - Demanda calculada a partir de la certificación básica..... | 69 |
| Figura 65 – Gráfico del consumo de gas mensual en 2015..... | 71 |
| Figura 66 - Gráfico del consumo de gas mensual durante el período 2012-2015..... | 72 |
| Figura 67 – Gráfico del promedio de consumo de gas. | 73 |
| Figura 68 - Gráfico del consumo de agua mensual durante el período 2012-2015..... | 74 |
| Figura 69 – Gráfico de consumo de electricidad debido a la climatización en 2015..... | 76 |
| Figura 70 – Gráfico del consumo de electricidad debido a climatización mensual durante el período 2012-2015. | 77 |
| Figura 71 – Gráfico del promedio de consumo de gas..... | 78 |
| Figura 72 – Gráfico de consumo de electricidad mensual durante 2015..... | 79 |
| Figura 73 – Gráfico del consumo de electricidad mensual durante el período 2012-2015..... | 80 |

Trabajo Final de Grado:

***Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del
Campus Terrassa-UPC.***

| | |
|---|----|
| Figura 74 – Consumo de energía primaria obtenido en la certificación exhaustiva. | 82 |
| Figura 75 – Consumo de energía primaria obtenido en la certificación básica. | 82 |
| Figura 76 – Calificación obtenida con mejora de las ventanas. | 86 |
| Figura 77 – Comparación de demandas y emisiones con ventanas nuevas. | 87 |
| Figura 78 – Calificación obtenida con caldera de biomasa. | 88 |
| Figura 79 - Comparación de demandas y emisiones con caldera de biomasa. | 88 |

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 – Calificación de edificios de nueva construcción. | 13 |
| Tabla 2 – Calificación de edificios existentes. | 13 |
| Tabla 3 – Tabla de particiones horizontales con espacio no habitable superior con sus superficies. | 47 |
| Tabla 4 – Tipos de puerta con cerramiento asociado, cantidad y dimensiones. | 52 |
| Tabla 5 – Tipos de puerta con otras características. | 52 |
| Tabla 6 - Tipos de ventanas de orientación norte. X se refiere a multiplicador. | 53 |
| Tabla 7 - Tipos de ventanas de orientación oeste. X se refiere a multiplicador. | 54 |
| Tabla 8 - Tipos de ventanas de orientación suroeste. X se refiere a multiplicador. | 55 |
| Tabla 9 - Tipos de ventanas de orientación sur. X se refiere a multiplicador. | 56 |
| Tabla 10 - Tipos de ventanas de orientación este. X se refiere a multiplicador. | 57 |
| Tabla 11 – Superficies de los edificios del recinto. | 70 |
| Tabla 12 – Consumo de gas natural mensual para el año 2015. | 71 |
| Tabla 13 – Promedio de consumo de gas natural. | 73 |
| Tabla 14 – Consumo anual de agua. | 75 |
| Tabla 15 – Consumo de electricidad mensual para el año 2015. | 76 |
| Tabla 16 – Promedio de consumo de electricidad debido a la climatización. | 78 |
| Tabla 17 – Consumo anual de electricidad. | 80 |
| Tabla 18 – Energía primaria consumida en la certificación monitorizada. | 81 |
| Tabla 19 – Consumo de energía primaria obtenido en la certificación monitorizada. ... | 83 |
| Tabla 20 – Comparación de la demanda de energía primaria. | 83 |
| Tabla 21 – Coste asociado a la certificación exhaustiva. | 84 |
| Tabla 22 – Coste asociado a la certificación básica. | 84 |
| Tabla 23 – Coste asociado a la certificación monitorizada. | 85 |

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

1. Objeto

Contrastar el consumo real del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC con los obtenidos mediante la utilización de métodos simplificados, y posteriormente con métodos exhaustivos, para modelar dicho consumo. Se obtendrán los datos gracias al software CE3X y el consumo gracias a la base de datos SIRENA de la UPC.

2. Alcance

El trabajo se desarrolla sobre el edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC, más conocido como EET "Escola d'Enginyeria de Terrassa".

Mediante el software CE3X se realizará una certificación básica, con los valores de los materiales por defecto. A posteriori se realizará una certificación exhaustiva, con los materiales y valores proporcionados por el servicio de obras y mantenimiento. Se obtendrá el consumo energético y las emisiones de dióxido de carbono por unidad de superficie.

Se obtendrán los consumos reales de energía gracias a la monitorización del edificio, datos accesibles en la base de datos SIRENA de la UPC.

Se compararán entre si las dos certificaciones, juntamente con los consumos reales.

En las certificaciones se realizarán patrones de sombra, y se llevará a cabo valoración de medidas de mejora de la eficiencia energética.

El estudio no contempla ensayos de estanqueidad del edificio.

3. Especificaciones básicas

El estudio y certificaciones se realizarán mediante el software CE3X.

Los datos de consumo de energía del edificio se obtendrá gracias a la monitorización del edificio, disponible en la base de datos SIRENA de la UPC.

Las medidas de los edificios, así como los datos necesarios para realizar el estudio serán proporcionados por el "Servei d'Obres i Manteniment" del Campus

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Terrassa-UPC. No obstante se contrastarán los datos mediante una pequeña inspección del edificio.

4. Justificación

A través del Real Decreto 235/2013 del 5 de abril se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios, tanto de nueva construcción como ya existentes. En la cual, como punto clave, se obliga a certificar los edificios ocupados por la administración pública que ocupen una superficie de más de 250 metros cuadrados y son frecuentados por público, siendo éste el caso del edificio a estudiar.

Este certificado asigna una calificación energética de eficiencia, que varía desde la A hasta la G, siendo la primera la más eficiente y la última la menos eficiente.

5. Antecedentes y estado del arte

La primera vez que escuchamos la palabra desarrollo sostenible es en 1987 en el informe de Brundtland donde se nos muestran las restricciones para la sostenibilidad del planeta.

En 1992 nace la CMMUCC para reforzar esta sostenibilidad pero no es hasta 1994 que se ponen en marcha las políticas para el desarrollo sostenible.

En 1997 se redacta el Protocolo de Kyoto (Kyoto Protocol To the United Nations Framework Convention on Climate Change) que no entra en vigor hasta 2004 cuando Rusia se adhiere. Con este protocolo los países firmantes se comprometen a reducir en un 5% las emisiones mundiales de CO₂ del año 1990 para el año 2012.

En 2008, la UE aprueba el Paquete de Energía y Cambio Climático donde se establecen objetivos concretos para 2020 en materia de energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Se propone, en relación al año 1990, una reducción de un 20% de gases de efecto invernadero, un nivel de producción del 20% en energías renovables respecto del total y un 20% de mejora de eficiencia energética.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

5.1. Legislación y normativa

5.1.1. Unión Europea

La Directiva 2002/91/CE, del 16 de diciembre de 2002, es el origen de la certificación energética. En esta se muestra la importancia de la edificación y el sector servicios en el consumo global de energía que hay en la UE, un 40% aproximadamente. Además, nos propone un método de medida de eficiencia energética que nos permite comparar edificios.

En 2010 se publica una segunda Directiva, la Directiva 2010/31/UE, que deroga la Directiva anterior y la renueva con una serie de modificaciones sustanciales. Las más destacables son:

1. Inspecciones periódicas de las instalaciones de los edificios, así como los requisitos a cumplir una vez modificados o substituidos.
2. Aumento de edificios de consumo de energía casi nulo, con tal de favorecer la eficiencia y la sostenibilidad energética en el mundo de la edificación.
3. Determinación de los requisitos mínimos en las certificaciones energéticas los cuales deben cumplir los edificios nuevos construidos en los Estados Miembros a partir de la entrada en vigor de la directiva. También obliga a dichos estados a tomar medidas oportunas para mejorar la eficiencia de los edificios ya existentes y de los cuales se deba hacer alguna reforma importante.

En 2014 entra en vigor la Directiva 2012/27/UE que complementa la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de edificios.

5.1.2. España

El Estado español, para trasponer la Directiva 2002/91/CE (EPDB), crea los siguientes Reales Decretos:

- Real Decreto 314/2006 – Código Técnico de la Edificación (CTE): pretende dar respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad de la edificación a la vez que persigue mejorar la protección del usuario y fomentar el desarrollo sostenible.
- Real Decreto 47/2007 – Se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

- Real Decreto 1027/2007 – Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE): establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.
- Real Decreto 235/2013 – Se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios, tanto de nueva construcción, como existentes. Este Decreto deroga el Real Decreto 47/2007.

5.2. Certificación energética

La certificación energética es un documento oficial redactado por un técnico certificador, que describe la eficacia de un inmueble en relación con el consumo de energía. El certificado energético se rige por el Real Decreto 235/2013 del 5 de abril en el que se aprueba el “Procedimiento Básico para la Certificación de Eficiencia Energética de los Edificios”.

El documento determina el consumo anual de energía necesaria para satisfacer la demanda energética ante unas condiciones normales de ocupación y funcionamiento. La etiqueta de eficiencia energética es la que muestra la cualificación de eficiencia energética de un edificio estudiado.

Según la norma actual, es obligatorio presentar el certificado energético en estos casos:

- Edificios de nueva construcción.
- Edificios o partes de ellos que se vendan o alquilen.
- Edificios o partes de ellos en los que una entidad pública ocupe una superficie superior a 250m² con público frecuente.

También pueden quedar excluidos de presentar el certificado energético los edificios que formen parte de:

- Edificios y monumentos protegidos oficialmente por un valor arquitectónico o histórico que puedan ser alterados por la norma del Decreto.
- Edificios solamente utilizados para el culto o actividades religiosas.
- Construcciones provisionales con futuro uso en menos de dos años.
- Edificios industriales y agrícolas destinados para talleres, procesos industriales y agrícolas no residenciales.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

- Edificios o unidades de ellos aisladas no superiores a los 50m².
- Edificios que se compren para reformarlos o derrocarlos.
- Edificios o partes existentes para habitar en ellos inferior a un uso de 4 meses o 1 año con un consumo inferior al 25% de energía.

El certificado de eficiencia energética debe contener los siguientes puntos:

- Identificación del edificio (nombre, dirección, referencia catastral...).
- Datos del técnico certificador y del promotor o propietario del edificio.
- Uso del edificio y condiciones de funcionamiento y ocupación.
- Indicación del procedimiento reconocido que se ha utilizado para la calificación.
- Indicación de la normativa de aplicación.
- Descripción de las características energéticas del edificio.
- Calificación de eficiencia energética obtenida.
- Descripción de las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador.
- Documento de recomendaciones para la implantación de medidas de mejora.

Los dos últimos puntos son aplicables para edificios existentes.

Obtener el certificado de eficiencia energética da derecho a poder utilizar la etiqueta energética la cual se le facilita al técnico certificador y al propietario del edificio digitalmente.

La etiqueta tiene una vigencia de 10 años y debe estar incluida en cualquier venta o alquiler de un edificio o parte de él.

Para realizar el certificado energético, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo facilita unas herramientas a utilizar que son las siguientes:

Para edificios de nueva construcción:

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Tabla 1 – Calificación de edificios de nueva construcción.

| Opción de calificación | | Dificultad de la herramienta | Usos | Calificación posible |
|------------------------|---|------------------------------|---|----------------------|
| Simplificada | Ministerio- IDAE | Baja | Viviendas con menos del 60% de vidrio en la envolvente. | D y E |
| | Ce2 | Mediana | | Todas (A-E) |
| | CES | | | |
| | CERMA | | | |
| General | Calener VyP | Alta | Viviendas | Todas (A-E) |
| | | Muy alta | Pequeño terciario | |
| | Pequeño terciario (instalaciones complejas) | | | |
| | Gran terciario | | | |

Para edificios existentes:

Tabla 2 – Calificación de edificios existentes.

| Opción de calificación | | Dificultad de la herramienta | Usos | Calificación posible |
|------------------------|---|------------------------------|-------------------|----------------------|
| Simplificada | CE3 | Mediana | Todos | Todas (A-G) |
| | CE ³ X | Mediana | | |
| General | Calener VyP | Alta | Viviendas | Todas (A-G) |
| | | Muy alta | Pequeño terciario | |
| | Pequeño terciario (instalaciones complejas) | | | |
| | Gran terciario | | | |

De este modo vemos que existen dos tipos de métodos para realizar la certificación energética:

- Método **general**: mediante CALENER (programa oficial para la obtención de las certificaciones). Este programa tiene en cuenta el carácter prestacional del método y desarrolla los cálculos de una manera directa.
- El método **simplificado**: puede realizarse mediante CE3 y/o CE3X que, atendiendo al carácter prescriptivo del método, desarrolla los cálculos de forma indirecta.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

5.3. Certificación con CE3X

Para poderlo realizar se necesita el software CE3X. Este permite realizar el certificado energético de una manera simple, facilitando el trabajo al técnico certificador y obteniendo resultados iguales que con programas más complicados.

Los apartados de introducción son los siguientes:

- Datos administrativos.
- Datos generales.
- Envoltente térmica.
- Instalaciones.

Con estos datos, el programa genera un informe completo sobre la calificación energética. Finalmente se proponen medidas de mejora para reducir la demanda energética del inmueble para así reducir el consumo y los recursos utilizados. Mediante estas medidas de mejora el programa también proporciona un análisis económico de las distintas medidas propuestas, y también permite cuantificar el coste de éstas y estudiar su viabilidad económica.

Dicho informe debe entregarse al organismo competente de la administración (variando dependiendo de la comunidad autónoma). El organismo competente, por último, será el encargado de emitir la etiqueta energética definitiva.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

5.4. Etiqueta energética

La etiqueta energética nos muestra el consumo anual de energía en kWh/m² y las emisiones anuales de CO₂ en kgCO₂/m². Esta etiqueta mide la eficiencia energética entre unos niveles de A (más eficiente) a G (menos eficiente).

La etiqueta resume la información de la certificación del siguiente modo:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EXISTENTE ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente construcción / rehabilitación: Tipo de edificio:

Dirección:

Municipio:

Referencia/s catastral/es: C.P.:

C. Autónoma:

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

| | Consumo de energía kWh / m ² / año | Emisiones kg CO ₂ / m ² / año |
|--------------------------|--|--|
| A más eficiente | | |
| B | | |
| C | | |
| D | | |
| E | | |
| F | | |
| G menos eficiente | | |

REGISTRO:

Valido hasta dd/mm/aaaa

BORRAR TODO

ESPAÑA
Directiva 2010 / 31 / UE

Figura 1 – Etiqueta de calificación energética.

De esta manera permite diferenciar la procedencia de la energía primaria consumida, ya que un edificio puede tener un consumo de energía elevado pero unas emisiones de CO₂ bajas.

A partir de la etiqueta llegamos a una conclusión: si se quiere un ahorro económico y reducir el consumo se debería tener en cuenta el indicador de kWh/m² pero si se prefiere reducir la contaminación y hacer más sostenible el consumo de energía se debería de tener en cuenta el indicador de kgCO₂/m².

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

6. Descripción del edificio

El edificio del que se ha realizado la certificación energética es el conocido como TR1 o “Escola d’Enginyeria de Terrassa” (EET). Está situado en centro de Terrassa, concretamente en la calle Colom nº1 concretamente hace esquina con la avenida Jacquard, no obstante como peculiaridad de la finca y del edificio una de las fachadas da a la calle de Ricardo Caro. Su referencia catastral es 8620701DG1082B0001EQ, y engloba a los diferentes edificios que se encuentran en la manzana, siendo estos el TR2 y el TR3 además del evaluado en la certificación.

Es un edificio de uso público ya que es una universidad en la que acuden muchos alumnos en los días lectivos, mientras que la afluencia en días no lectivos es muy baja, estando cerrado en ocasiones por periodos de vacaciones.

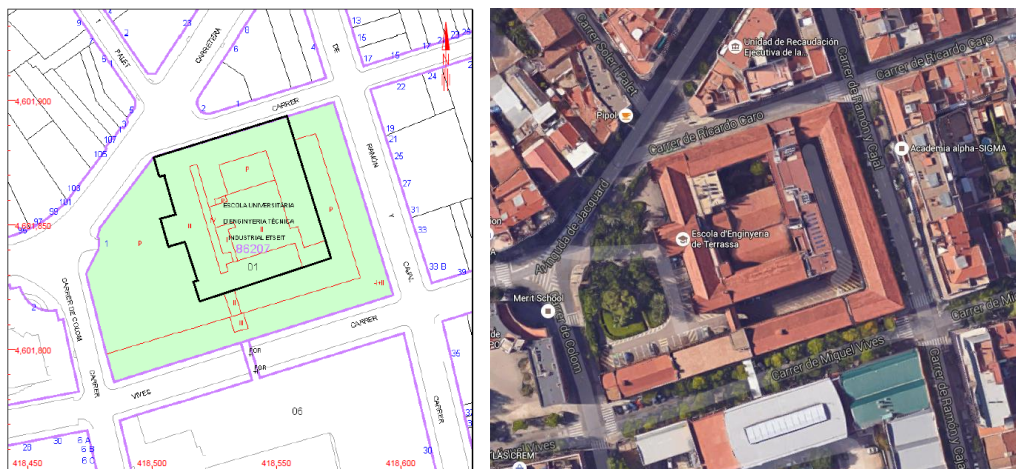


Figura 2 – Imagen de la situación de la parcela con referencia catastral 8620701DG1082B0001EQ.

En el edificio no sólo se encuentran aulas donde se imparten clases, sino que además hay laboratorios, despachos de profesores y departamentos administrativos.

El horario de clases es de 8 de la mañana a 9 de la noche por lo tanto la escuela tiene un período lectivo diario de más de 12 horas.

Los demás datos del edificio se detallarán en los siguientes apartados.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

7. Certificación mediante el programa CE3X

Realizaremos dos certificaciones para luego comparar los resultados, primero realizaremos una certificación exhaustiva, detallando todos los materiales de las fachadas e intentando ser lo más fieles posibles a la realidad, y posteriormente una certificación básica, ésta consiste en introducir muchos de los materiales sin especificar las propiedades dejándolos por defecto.

Al iniciar el programa nos pide de qué tipo de edificio queremos realizar la certificación.

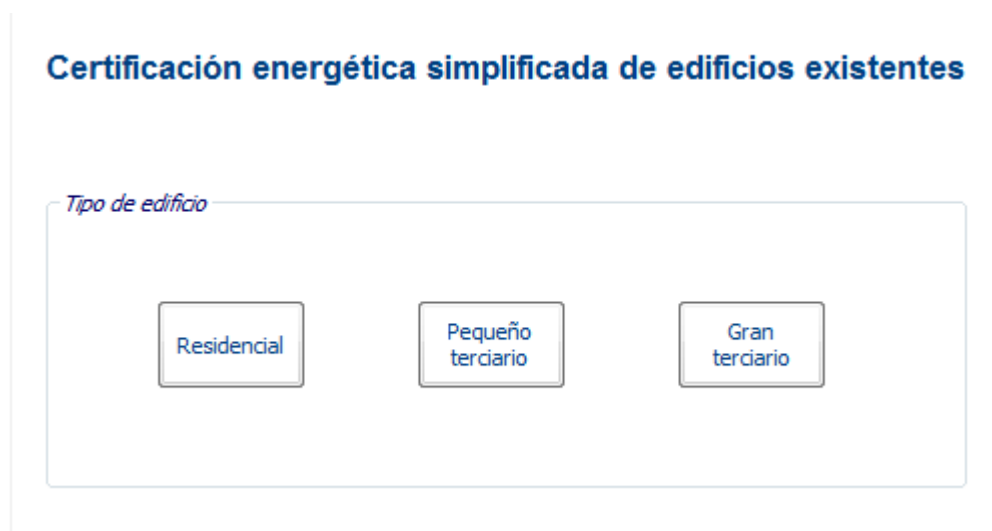


Figura 3 – Imagen del programa CE3X donde nos da a escoger el tipo de edificio.

Como podemos apreciar en la Figura 3 nos da a escoger entre edificio residencial, pequeño terciario y gran terciario. En nuestro caso el edificio a estudiar es un gran terciario, como hemos explicado antes es un edificio abierto al público y por lo tanto es terciario, además está catalogado como gran ya que tiene instalaciones que no podríamos introducir en un pequeño terciario, como sería por ejemplo los equipos de bombeo para la calefacción.

7.1. Parámetros comunes en las dos certificaciones realizadas

Ahora procedemos a rellenar los primeros campos del programa, las dos primeras pestañas, datos administrativos y datos generales son comunes en las

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

dos certificaciones, por lo tanto se explicarán en este apartado pero no se detallaran en los siguientes.

7.1.1. Datos administrativos

Los datos administrativos se dividen en tres partes y no son nada más que datos proporcionados por la administración, el cliente y el propio técnico certificador.

Primero tenemos la localización e identificación del edificio, en el que se introduce el nombre, la dirección y la referencia catastral del edificio.

En segundo término aparecen los datos del cliente, donde se introduce el nombre, la dirección, teléfono y email de éste.

Y por último los datos del técnico certificador, donde se introduce el nombre del técnico que realiza la certificación junto con su NIF, su dirección, y otros datos personales como son el teléfono y el email. Además hay que especificar la titulación habilitante según normativa vigente, también se introducen en este apartado la razón social o empresa para la que trabaja con su correspondiente CIF.

Localización e identificación del edificio

| | | | |
|---------------------------|---------------------------------|---------------|----------|
| Nombre del edificio | Escola d'Enginyeria de Terrassa | | |
| Dirección | Carrer Colom, 1 | | |
| Provincia/Ciudad autónoma | Barcelona | Localidad | Terrassa |
| Referencia Catastral | 8620701DG1082B0001EQ | Código Postal | 08222 |

Datos del cliente

| | | | |
|---------------------------|-----------|---------------|----------|
| Nombre o razón social | - | | |
| Dirección | - | | |
| Provincia/Ciudad autónoma | Barcelona | Localidad | Terrassa |
| Teléfono | - | E-mail | - |
| | | Código Postal | 08222 |

Datos del técnico certificador

| | | | |
|--|--------------------------------|---------------|----------|
| Nombre y Apellidos | Andrés Suárez-Inclán Santolaya | NIF | - |
| Razón social | UPC | CIF | - |
| Dirección | Carrer Colom 5 | | |
| Provincia/Ciudad autónoma | Barcelona | Localidad | Terrassa |
| Teléfono | - | E-mail | - |
| Titulación habilitante según normativa vigente | - | | |
| | | Código Postal | 08222 |

Figura 4 – Datos administrativos introducidos.

Como podemos observar en nuestro caso al realizarse un estudio y ser un trabajo final de grado muchos de los campos se dejan sin rellenar.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

7.1.2. Datos generales

Se dividen en dos subapartados:



Primero se encuentran los datos generales del edificio, como son el año de construcción junto a su normativa vigente, el tipo de edificio, su perfil de uso de nuevo la dirección para que el programa busque la zona climática automáticamente.


Más abajo se introduce la definición del edificio, donde se pide la superficie útil habitable, la altura libre de planta, el número de plantas habitables, el consumo total diario de ACS (Agua Caliente Sanitaria), la masa de las particiones y si se ha ensayado estanqueidad además de introducir dos imágenes, una del edificio y un plano de situación.

Datos generales

| | | | | |
|---------------------------|-------------------|---|------------------|------------------------|
| Normativa vigente | Anterior | ? | Año construcción | 1901 |
| Tipo de edificio | Edificio completo | | Perfil de uso | Intensidad Media - 16h |
| Provincia/Ciudad autónoma | Barcelona | | Localidad | Terrassa |
| | | | Zona climática | HE-1 C1 |
| | | | | HE-4 / HE-5 III |

Definición edificio

| | | | | |
|--|--------|----------------|---|---|
| Superficie útil habitable | 8268.1 | m ² |  |  |
| Altura libre de planta | 5 | m | | |
| Número de plantas habitables | 3 | | | |
| Consumo total diario de ACS | 0 | l/día | | |
| Masa de las particiones | Media | | | |
| <input type="checkbox"/> Se ha ensayado la estanqueidad del edificio | | | | |



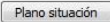


Figura 5 – Datos generales introducidos.

El edificio a tratar está construido el año 1901, por lo tanto tenemos que señalar que trabajaremos con la normativa “Anterior”, ya que es la normativa que se aplicaba para edificios anteriores a 1981.

Realizaremos la certificación del edificio completo.

Hemos definido el perfil de uso de intensidad media, unas 16h al día. Esto es debido a que en la escuela se imparten clases de 8 de la mañana a 9 de la noche, por lo tanto 13 horas de clases, más las horas que está el servicio de limpieza, la hora de apertura al público anterior a la del comienzo de las clases

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

sumado a la posterior de la finalización de clases, lo que nos da un número aproximado de 16 horas.

Se introduce la provincia y la localidad donde se encuentra y el programa nos muestra el nombre de la zona climática en la que está.

La superficie útil, la hemos extraído de la suma de todas las superficies, facilitadas en los planos, de las zonas habitables. Para el TR1 nos da un total de 8262,1m².

Hemos introducido una altura libre de planta de 5m, la hemos calculado haciendo una media de las diferentes alturas de los pisos del edificio, midiendo desde la superficie del suelo hasta la cara inferior del falso techo.

El número de plantas habitables son 3, teniendo en cuenta de que hay dos plantas entresuelo, entre las plantas 0 y 1 y las plantas 1 y 2, las cuales su superficie es mucho menor a la superficie de cada planta. No obstante sabemos que la altura máxima del edificio se encuentra en la tercera planta del edificio y que hay zonas en las que no se encuentran esos entresuelos, se ha concluido que con la altura media de 5m (elevada para ser la mayoría aulas) ya se tienen en cuenta los entresuelos.

En nuestro caso el consumo de agua caliente es nulo ya que no hay ese servicio en el edificio estudiado.

La masa de las particiones se considera media entre unos 200 y 500kg/m².

Y no se marca el ensayo de estanqueidad debido a que no se ha realizado.

7.1.3. Instalaciones

De nuevo nada cambia en la introducción de las instalaciones, se hacen del mismo modo en la certificación exhaustiva como en la básica.

Primero debemos escoger el tipo de instalación que queremos introducir.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Instalaciones del edificio

- Equipo de ACS
- Equipo de sólo calefacción
- Equipo de sólo refrigeración
- Equipo de calefacción y refrigeración
- Equipo mixto de calefacción y ACS
- Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS
- Contribuciones energéticas
- Equipos de iluminación
- Equipos de aire primario
- Ventiladores
- Equipos de bombeo
- Torres de refrigeración

Figura 6 – Tipos de instalaciones.

Como podemos observar en la Figura 6 existen diversos tipos de instalaciones. En nuestro caso introduciremos equipos de sólo calefacción, de sólo refrigeración, equipos de iluminación, de aire primario, ventiladores y equipos de bombeo.

7.1.3.1. Equipos de sólo calefacción

Introducimos las dos calderas que dan servicio de calefacción en el edificio, no obstante estas calderas también dan servicio al TR2 y al TR3. Las calderas se encuentran en la planta 0 del TR1.

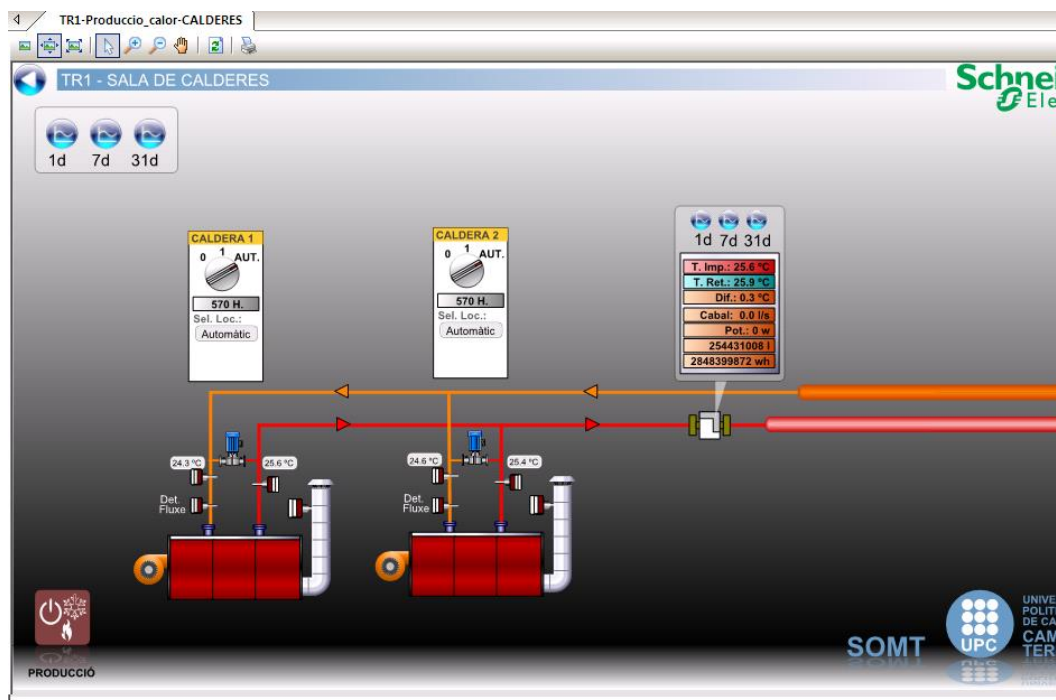


Figura 7 – Esquema de las calderas.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Son dos calderas de gas natural de la marca Roca instaladas el 09/12/1972, son calderas estándar ya que son equipos antiguos. Ambas están bien aisladas y mantenidas, ya que se encuentran en una sala del edificio y pasan controles de la administración y son controladas periódicamente por el servicio de obras y mantenimiento del campus Terrassa.

Las dos calderas pertenecen a la familia TR-3 pero una es la modelo 760 y la otra 700.



Figura 8 – Detalle de la placa de una de las calderas.

La primera caldera tiene una potencia de 882kW y la otra de 812kW. Para saber a qué superficie da servicio cada caldera hemos establecido un porcentaje con la proporción de la potencia de cada caldera. Por lo tanto, caldera de 812kW tiene $812 \cdot 100 / 1694 = 48\%$, mientras que la caldera de 882kW tiene $882 \cdot 100 / 1694 = 52\%$ siendo 1694 la suma de 812 y 882.

Establecemos una carga media real de 0,12 y un rendimiento de combustión del 85%.

Equipo de sólo calefacción

Nombre: Zona:

Características

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

Demanda cubierta

Superficie (m2):

Porcentaje (%):

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional:

Potencia nominal: kW

Carga media real β_{comb}: %

Rendimiento de combustión: %

Rendimiento medio estacional: %

Aislamiento de la caldera:

Figura 9 – Introducción de equipos de calefacción.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

7.1.3.2. Equipos de sólo refrigeración

En nuestro caso tenemos dos tipologías de producción de frío, una enfriadora y múltiples sistemas del tipo split, ambos sistemas alimentados por electricidad.

Para realizar nuestro trabajo hemos considerado que la enfriadora da servicio a un 50% de la superficie, mientras que el resto de los splits proporciona el restante 50%.

La enfriadora es una TRANE CGAN-800, este aparato tiene una antigüedad de más de 10 años y se establece el rendimiento estacional estimado, introduciendo un rendimiento nominal de 150%, esta enfriadora es un sistema agua-agua. Con la energía de la electricidad enfría el agua de la cual se nutre.

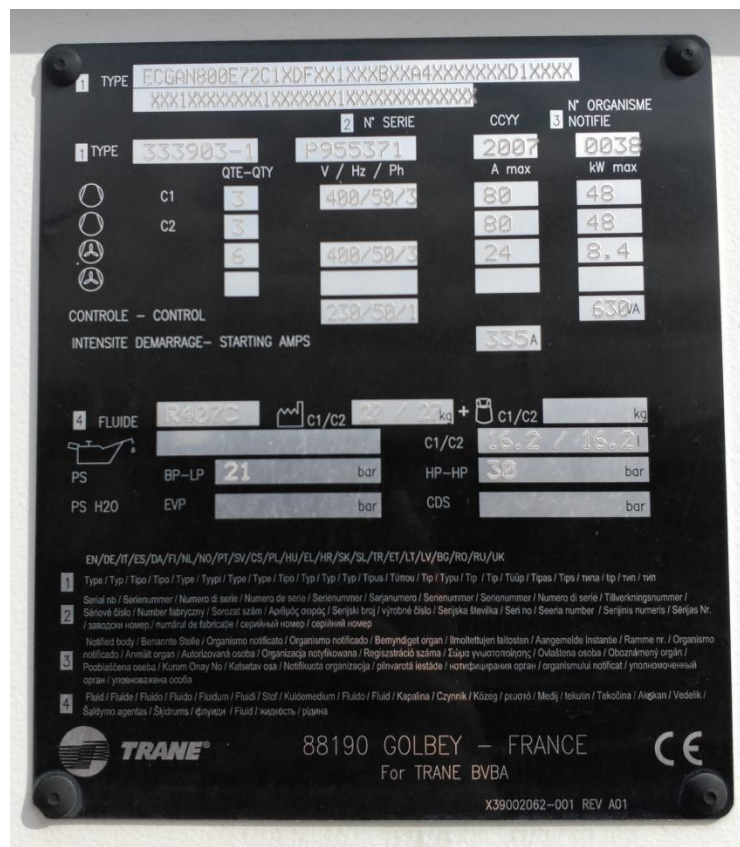


Figura 10 – Detalle de la placa de la enfriadora

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Equipo de sólo refrigeración

| | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|---|-----------------|
| Nombre | Enfriadora | Zona | Edificio Objeto |
| Características | | Demanda cubierta | |
| Tipo de generador | Maquina frigorífica | Refrigeración | |
| Tipo de combustible | Electricidad | Superficie (m2) | 4134.05 |
| | | Porcentaje (%) | 50 |
| Rendimiento medio estacional | | | |
| Rendimiento estacional | Estimado según Instalación | Rendimiento medio estacional | 106.6 % |
| Antigüedad del equipo | Más de 10 años | <input type="checkbox"/> ¿Existen varios generadores escalonados? | |
| Rendimiento nominal | 150.0 % | | |
| Características bomba de calor | Agua-Agua | | |

Figura 11 – Introducción de la enfriadora.

Se consideran los 81 sistemas de split que componen la otra fracción de la refrigeración, en este caso no todos son iguales, por lo que procedemos a simplificar la introducción de los datos. Analizamos todos los splits interiores para no tener problemas de duplicidad (contabilizándolos también por el exterior), cogemos la marca y modelo más repetido de los 81. Y concluimos que estos splits tienen una antigüedad de más de 10 años y tienen un rendimiento nominal de 150%, además todos son sistema aire-aire. Para cada split se atribuye una contribución al 0,617% de la superficie del edificio, ya que del 50% que restaba tenemos 81 unidades, por lo tanto $50/81=0,617$.

Equipo de sólo refrigeración

| | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|---|-----------------|
| Nombre | Split1 | Zona | Edificio Objeto |
| Características | | Demanda cubierta | |
| Tipo de generador | Maquina frigorífica | Refrigeración | |
| Tipo de combustible | Electricidad | Superficie (m2) | 51.01 |
| | | Porcentaje (%) | 0.617 |
| Rendimiento medio estacional | | | |
| Rendimiento estacional | Estimado según Instalación | Rendimiento medio estacional | 114.0 % |
| Antigüedad del equipo | Más de 10 años | <input type="checkbox"/> ¿Existen varios generadores escalonados? | |
| Rendimiento nominal | 150.0 % | | |
| Características bomba de calor | Aire-Aire | | |

Figura 12 – Introducción de los splits.

7.1.3.3. Equipos de iluminación

Definimos que todo el edificio está iluminado con los mismos fluorescentes dada la imposibilidad de contabilizar una a una cada lámpara.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

No obstante tenemos en cuenta que los pasillos de la planta 0 tienen control de la iluminación y que la superficie es de 651,16m².

Establecemos que nuestro edificio no es una zona de representación y que la actividad es de aulas y laboratorios. Definimos las características estimadas de fluorescentes lineales de 26mm y que la iluminación media horizontal es de 500lux.

Equipos de iluminación

Nombre Zona

Características

Superficie zona m2

Sin control de la iluminación
 Con control de la iluminación
Superficie con control iluminación m2

Eficiencia energética

Zona de representación Actividad

Definir características

Tipo de equipo

Iluminancia media horizontal lux

Figura 13 – Introducción de equipos de iluminación.

7.1.3.4. Equipos de aire primario

En este apartado se introducen los aparatos que cubren la demanda térmica asociada a la ventilación mecánica del edificio.

En nuestro caso tenemos un aparato que cumple esta función y es la climatizadora.

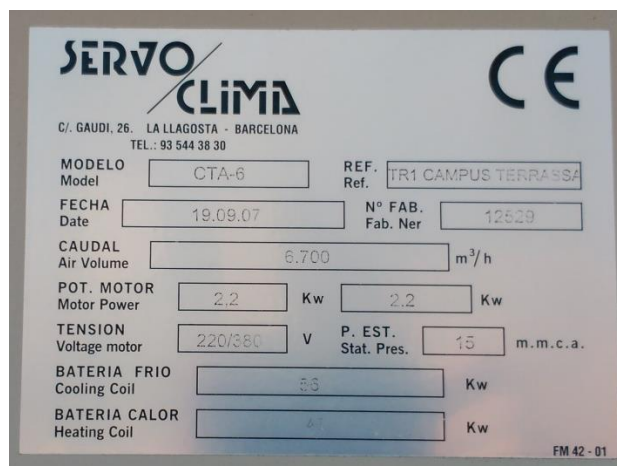


Figura 14 – Detalle de la placa de la climatizadora.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Disponemos de una climatizadora con recuperador de la marca SERVOCLIMA modelo CTA-6. Esta climatizadora tiene un caudal de ventilación de 6700m³/h. Además con el recuperador de calor tenemos un rendimiento estacional del 100%.

Equipos de aire primario

Nombre Zona

Características

Caudal de ventilación m3/h

¿Tiene recuperador de calor?

Rendimiento estacional %

Figura 15 – Introducción del equipo de aire primario.

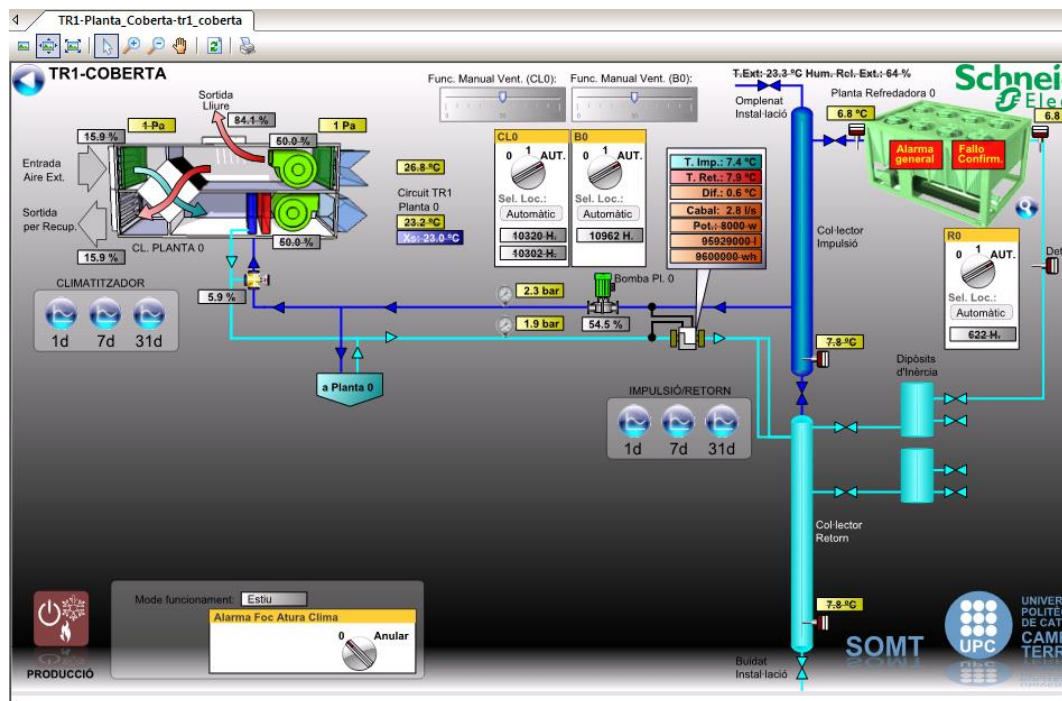


Figura 16 – Esquema del sistema de refrigeración.

En esta Figura 16 podemos observar como la enfriadora y la climatizadora están conectadas y lo que de este sistema sale frío es agua, que posteriormente pasará por unos ventiladores y enfriarán el edificio.

7.1.3.5. Ventiladores

Introducimos todos los fancoils que tenemos en nuestro edificio. Un fancoil es un sistema agua-aire que consigue enfriar aire a través de un ventilador gracias a agua muy fría y de unos radiadores.

Trabajo Final de Grado:

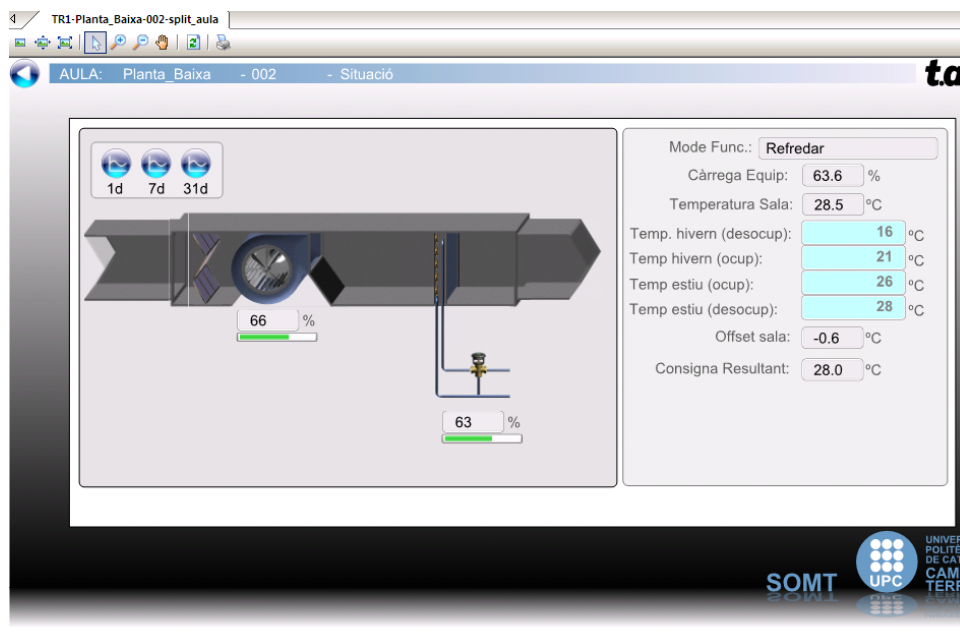
Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Figura 17 –Esquema de un fancoil.

En el TR1 existen tres tipos de fancoils con sus diferencias características y potencias. No obstante, en común tienen que son ventiladores de caudal constante y que son para el servicio de refrigeración exclusivamente. Su consumo energético se ha estimado mediante la potencia, de cada modelo, y sus horas de demanda, que son iguales para todos y son 1236h (dato proporcionado por el servicio de obras y mantenimiento). Los fancoils no funcionan si no hay demanda.

De los tres tipos de ventiladores tenemos 16 fancoils de la marca TRANE modelo CWS04-2P que tienen una potencia de 0,77kW, 1 también TRANE pero modelo CWS05-2P de 1,2kW y 4 de la marca DAIKIN modelo FWC07AATNMV1 de 1,27kW.

Ventiladores

Nombre: Zona:

Características

Tipo de ventilador:

Servicio:

Consumo energético anual

Consumo energético: Consumo energético anual: kWh

Potencia eléctrica: kW

Número de horas de demanda: h

¿Funciona el ventilador cuando no hay demanda térmica?

Sí No

Figura 18 – Introducción de los ventiladores.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

7.1.3.6. Equipos de bombeo

En este campo introducimos todas las bombas de las instalaciones térmicas del edificio. Hay que diferenciar dos tipos: las de calefacción y las de refrigeración.

No obstante introducimos que todas las bombas son de caudal constante y que trabajan a máxima potencia, y que su consumo energético ha sido estimado mediante su potencia y horas de demanda. Las horas de demanda son diferentes si son de calefacción o de refrigeración, las de calefacción son 1176h y las de refrigeración 1236h. Mientras que las bombas no funcionan si no hay demanda.

Con respecto a las bombas del sistema de calefacción tenemos otros dos tipos:

- 5 bombas de los diferentes circuitos, son bombas de la marca GRUNDFOS modelos UPS 40-120F de 0,46kW de potencia.

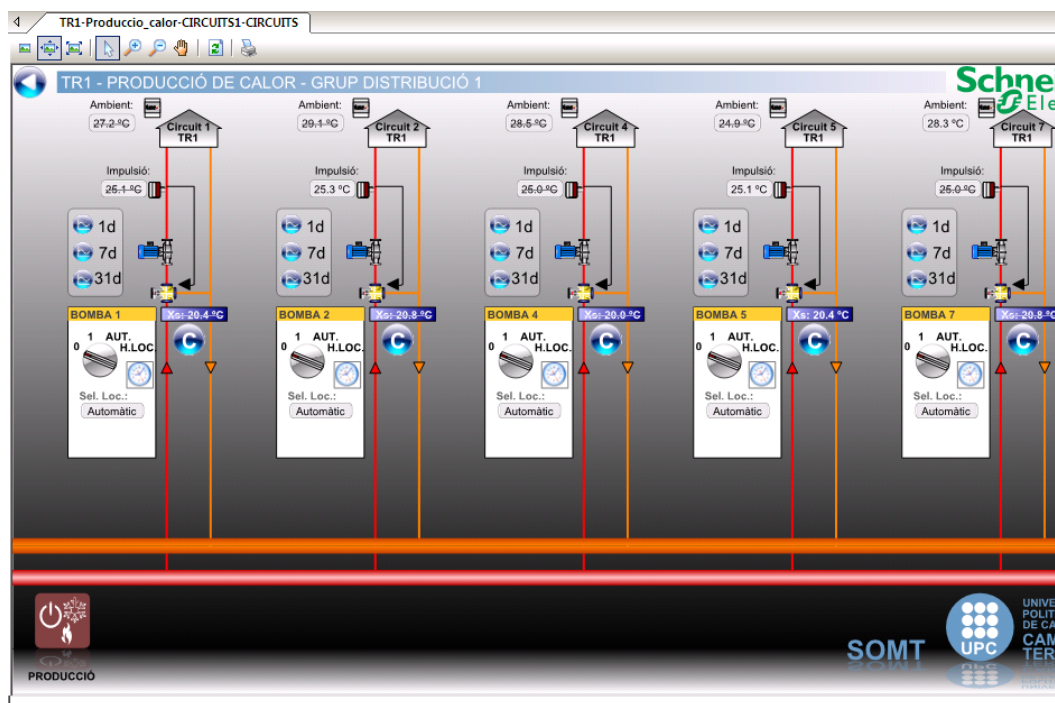


Figura 19 – Esquema de las bombas de los circuitos.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

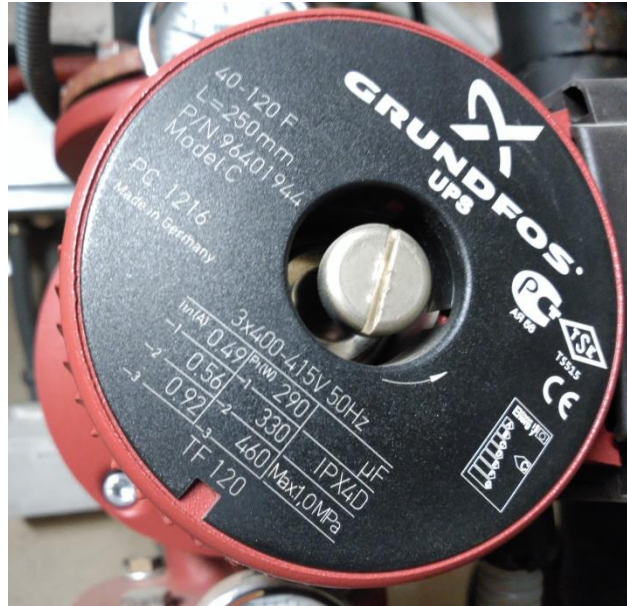


Figura 20 – Detalle de la chapa de una bomba de un circuito.

- 2 bombas de recirculación de la caldera, también son de la marca GRUNDFOS pero modelo UPS 50-120F de 0,72kW de potencia.

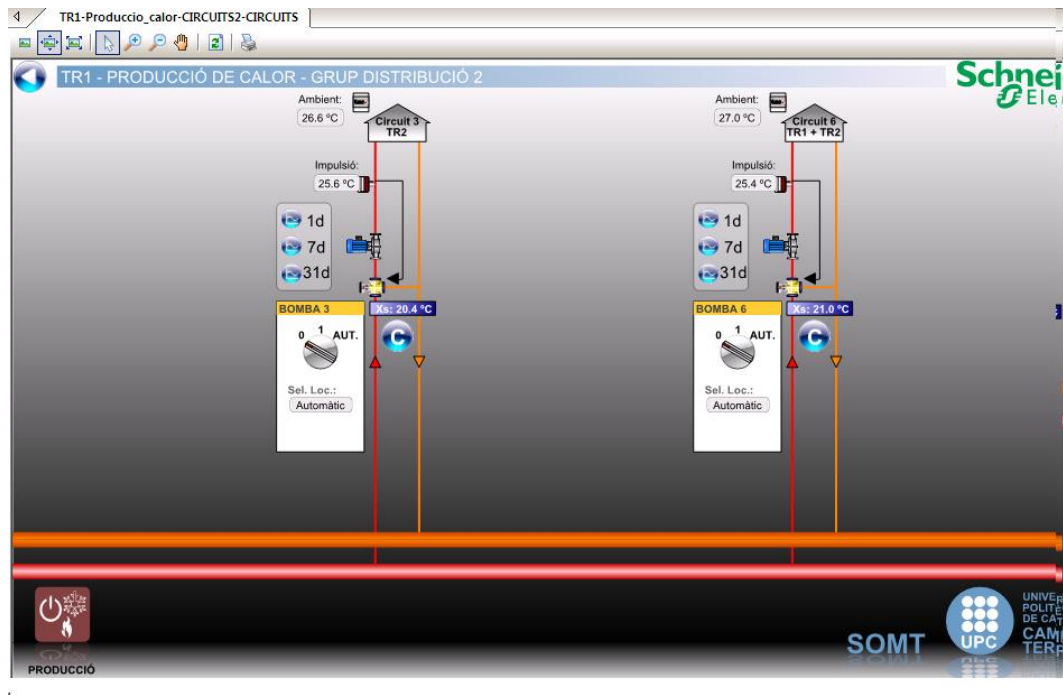


Figura 21 – Esquema de las bombas de recirculación

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.



Figura 22 – Detalle de la chapa de una bomba de recirculación.

Mientras que la bomba de refrigeración tiene una potencia de 1,5kW.

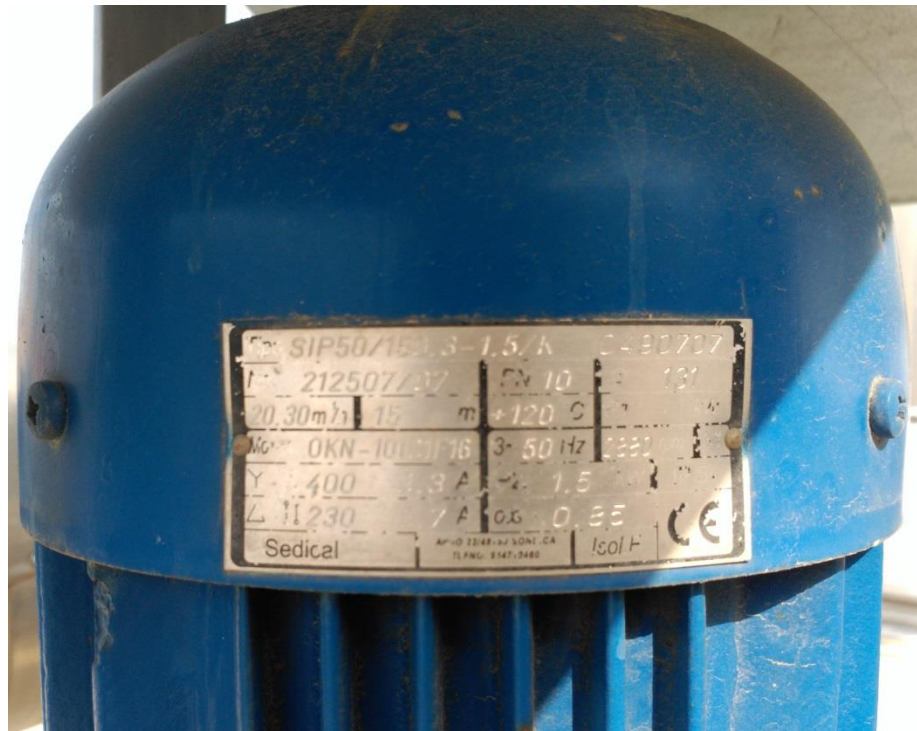


Figura 23 – Detalle de la bomba de refrigeración.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Equipos de bombeo

| | | | |
|--|--|--------------------------|--|
| Nombre | <input type="text" value="Bomba refrigeración"/> | Zona | <input type="text" value="Edificio Objeto"/> |
| <i>Características</i> | | | |
| Tipo de bomba | <input type="text" value="Bomba de caudal constante"/> | | |
| Servicio | <input type="text" value="Refrigeración"/> | | |
| <i>Consumo energético anual</i> | | | |
| Consumo energético | <input type="text" value="Estimado"/> | Consumo energético anual | <input type="text" value="1854.0"/> kWh |
| Potencia eléctrica | <input type="text" value="1.5"/> kW | | |
| Número de horas de demanda | <input type="text" value="1236"/> h <input type="button" value="?"/> | | |
| ¿Funciona la bomba cuando no hay demanda térmica? | | | |
| <input type="radio"/> Sí <input checked="" type="radio"/> No | | | |

Figura 24 – Introducción de la bomba de refrigeración

7.2. Certificación exhaustiva

En este método de introducción de datos tenemos en cuenta los diferentes materiales de los que se componen las fachadas del edificio. Por lo tanto es lo único con lo que se distingue de la básica.

Los materiales de los que se componen las fachadas los introducimos según hemos deducido de los documentos proporcionados por el SOMT y a través de visitas en las que hemos podido constatar la información y hemos podido realizar otras mediciones pertinentes.

7.2.1. Envolvente térmica

La envolvente térmica incluye todos los cerramientos que limitan entre la superficie habitable del edificio y el ambiente exterior. Por lo tanto en este apartado se introducen cubiertas, muros, suelo, particiones interiores, huecos/lucernarios (ventanas) y los puentes térmicos.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

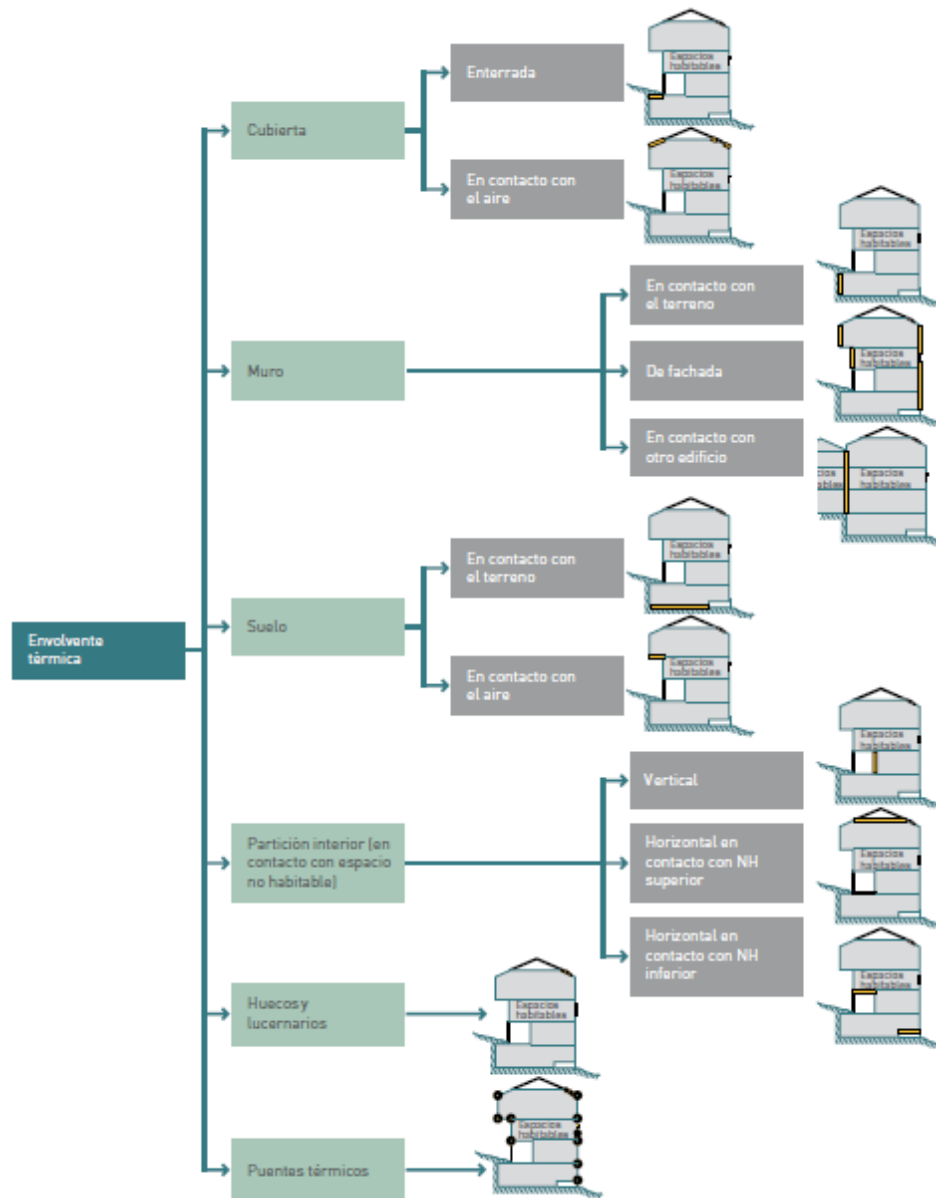


Figura 25 – Esquema de los diferentes tipos de envolventes.

7.2.1.1. Cubierta

La cubierta es el cerramiento horizontal que limita el volumen habitable con el exterior por arriba.

En nuestro caso solo tenemos cubiertas en contacto con el aire ya que no hay ninguna enterrada. No obstante tenemos dos tipos de cubiertas, planas e inclinadas, pero en nuestro caso las cubiertas inclinadas están separadas del espacio habitable por un falso techo. Por lo tanto las cubiertas inclinadas se

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

tratarán, como veremos más adelante, como particiones interiores horizontales con espacios no habitables.

Por lo tanto las únicas cubiertas puras que introducimos son las cubiertas planas. De estas cubiertas planas ha sido imposible saber su composición exacta por lo que hemos estimado sus propiedades térmicas con el programa.

Se han introducido tres cubiertas planas con sus correspondientes superficies y estimando su transmitancia por defecto en el programa. Las superficies introducidas son de 568,949m², 119,92m² y 27,435m².

Cubierta en contacto con el aire

| | | | |
|---|--|------------------------|--|
| Nombre | <input type="text" value="Cubiertas planas este"/> | Zona | <input type="text" value="Edificio Objeto"/> |
| Dimensiones | | Características | |
| Superficie | <input type="text" value="568.949"/> m2 | Patrón de sombras | <input type="text" value="Sin patrón"/> |
| Longitud | <input type="text"/> m | | |
| Anchura | <input type="text"/> m | | |
| Parámetros característicos del cerramiento | | | |
| Propiedades térmicas | <input type="text" value="Por defecto"/> | Transmitancia térmica | <input type="text" value="2.5"/> W/m2K |
| Clase de cubierta | <input type="text" value="Cubierta plana"/> | | |

Figura 26 – Introducción de las cubiertas planas

7.2.1.2. Muro

Los muros son los cerramientos verticales que delimitan la superficie habitable con el exterior. En ellos se incluyen los muros en contacto con el terreno, los muros de fachada y los muros de medianera (en contacto con otro edificio).

En nuestro caso para simplificar el proyecto y considerando que el trozo de muro enterrado es muy pequeño en comparación con el que está al aire, no se introduce ningún muro enterrado.

La orientación de los muros viene dada por el Código Técnico de la Edificación.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

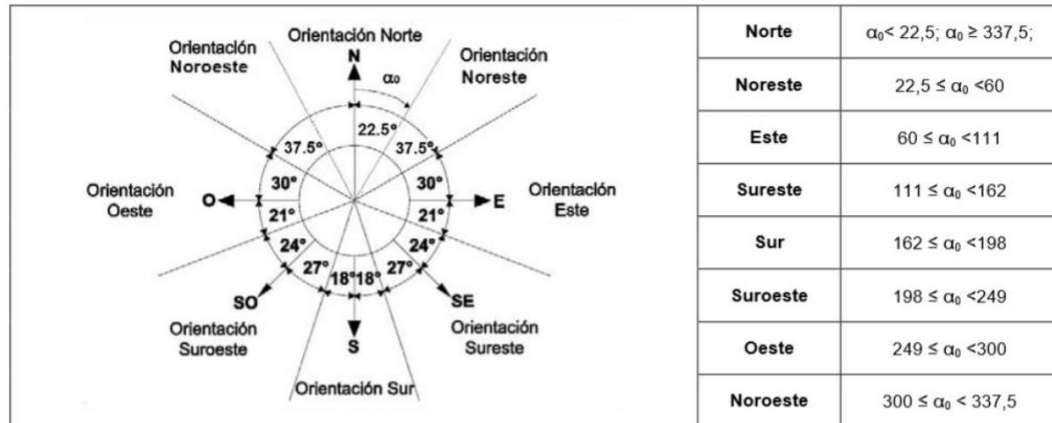


Figura 27 – Orientación de los muros en función del ángulo.

A partir de esta información se ha comprobado cuál es la orientación de los muros del edificio. Se ha calculado el ángulo de una de las fachadas a partir de la cartografía catastral.

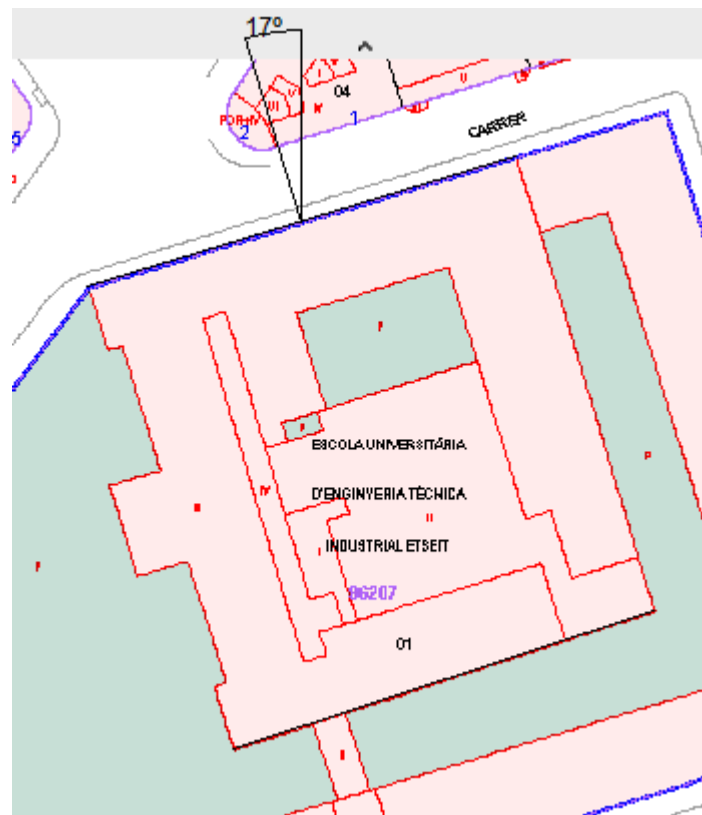


Figura 28 – Ángulo de la fachada principal.

Como observamos, el ángulo es de 17 grados. Por lo tanto la fachada se caracteriza por su orientación norte y por lo tanto las demás serán sur, este y oeste ya que todas las fachadas son perpendiculares o paralelas entre sí.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

El muro que separa el TR1 con el TR2 es considerado como medianero, ya que limita con un espacio habitable y el edificio limítrofe tiene una afluencia similar a la del TR1. Por lo tanto se calcula la superficie del muro y su característica, en este caso decidimos que el tipo de muro entre los dos edificios es un muro ligero.

Medianería

| | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--|
| Nombre | Medianera TR2 | Zona | Edificio Objeto |
| Dimensiones | | Características | |
| Superficie | 60.835 m ² | Tipo de muro | Ligero < 200 kg/m ² kg/m ² |
| Longitud | m | | |
| Altura | m | | |

Figura 29 – Introducción del muro medianero.

En las fachadas podemos diferenciar diferentes tipos de acabados en las mismas orientaciones, es decir que hay partes de una misma fachada hechas con diferentes materiales.

Muro de fachada

| | | | |
|--|--------------------|------------------------|--------------------|
| Nombre | Muro de fachada | Zona | Edificio Objeto |
| Dimensiones | | Características | |
| Superficie | m ² | Orientación | |
| Longitud | m | Patrón de sombras | Sin patrón |
| Altura | m | | |
| Parámetros característicos del cerramiento | | | |
| Propiedades térmicas | Conocidas | Transmitancia térmica | W/m ² K |
| <input checked="" type="radio"/> Transmitancia térmica | W/m ² K | Masa/m ² | kg/m ² |
| <input type="radio"/> Librería cerramientos | | | |

Figura 30 – Introducción de fachadas.

Como podemos observar en la Figura 30 para introducir una fachada nos pide la superficie, la orientación, el patrón de sombras y sus propiedades térmicas conocidas, que en el caso de la certificación exhaustiva las introduciremos mediante la librería de cerramientos.

En el caso de nuestro edificio en estudio tenemos 23 fachadas, que dividimos en por distintos materiales y nos da un total de 30 diferentes.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

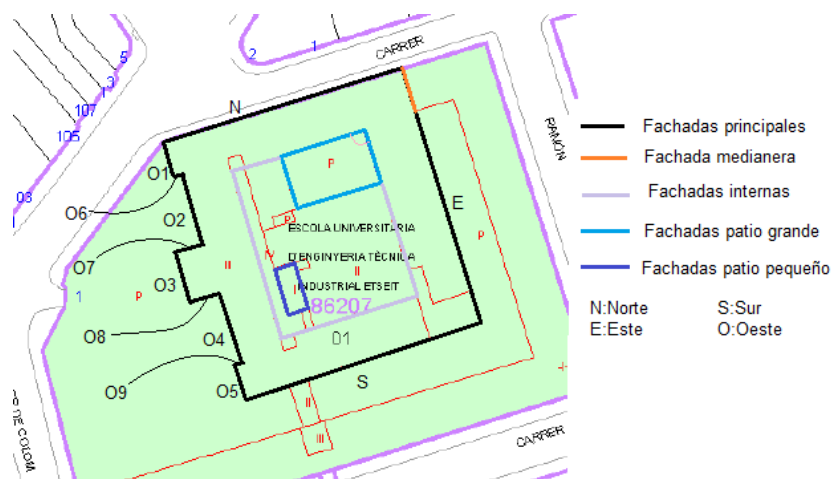


Figura 31 – Diferentes fachadas y nombre de las exteriores.

Como podemos observar en la Figura 31 las fachadas no solo se encuentran en lo que podríamos llamar exterior del edificio, sino que también las tenemos en el interior dónde limitan los patios y las diferentes alturas del edificio. Además podemos ver el nombre que se le da a cada fachada exterior.

Antes de entrar al detalle en cada una de las fachadas y cómo se ha introducido vamos a explicar los diferentes tipos de cerramientos que hemos introducido:

1. Fachada empedrada.

Es la dominante en las fachadas exteriores la componen los siguientes materiales (de exterior a interior):

- a) Roca arenisca [$2200 < d < 2600$] con espesor de 4cm.
- b) Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido [$1800 < d < 2000$] con espesor de 4cm.
- c) Ladrillo de $\frac{1}{2}$ pie LM métrico o catalán [$40\text{mm} < G < 50\text{mm}$] de 35cm de espesor.
- d) Enlucido de yeso $d < 1000$ de 2cm de espesor.

Con una transmitancia resultante de $1,62\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Librería de cerramientos

Nombre: Fachada empedrada

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

| Material | Grupo | R (m ² K...) | Espesor... | λ (W/mK) | μ03C1 ... | Cp (J/kgK) |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|------------|----------|-----------|------------|
| Arenisca [2200 < d < ... | Pétreos y suelos | 0.013 | 0.04 | 3 | 2400 | 1000 |
| Mortero de cemento o... | Morteros | 0.031 | 0.04 | 1.3 | 1900 | 1000 |
| 1/2 pie LM métrico o c... | Fábricas de ladrillo | 0.353 | 0.35 | 0.991 | 2170 | 1000 |
| Enlucido de yeso d < ... | Enlucidos | 0.05 | 0.02 | 0.4 | 900 | 1000 |

$R1+...+Rn$
0.45 m²K/W

Figura 32 – Librería de cerramientos fachada empedrada.

2. Fachada normal.

Se encuentra en la parte superior de algunas fachadas exteriores y en todas las fachadas interiores, la componen los siguientes materiales (de exterior a interior):

- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800<d<2000 con espesor de 3cm.
- Ladrillo de ½ pie LM métrico o catalán [40mm<d<50mm] de 40cm de espesor.
- Enlucido de yeso d<1000 con espesor de 2cm.

Con una transmitancia resultante de 1,55W/ m²K.

Librería de cerramientos

Nombre: Fachada normal

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

| Material | Grupo | R (m ² K...) | Espesor... | λ (W/mK) | μ03C1 ... | Cp (J/kgK) |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|------------|----------|-----------|------------|
| Mortero de cemento ... | Morteros | 0.023 | 0.03 | 1.3 | 1900 | 1000 |
| 1/2 pie LM métrico o c... | Fábricas de ladrillo | 0.404 | 0.4 | 0.991 | 2170 | 1000 |
| Enlucido de yeso d < ... | Enlucidos | 0.05 | 0.02 | 0.4 | 900 | 1000 |

$R1+...+Rn$
0.48 m²K/W

Figura 33 – Librería de cerramientos fachada normal.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

3. Fachada ladrillo.

Se encuentra en un pequeño trozo de la fachada norte y de la fachada oeste, se compone de los siguientes materiales (de exterior a interior):

- a) Ladrillo de 1/2 pie LM métrico o catalán [40mm<G<50mm] de 45cm de espesor.
- b) Enlucido de yeso d<1000 con espesor de 2cm.

Con una transmitancia resultante de 1,48W/ m²K.

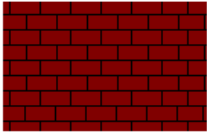
Librería de cerramientos

Nombre

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

| Material | Grupo | R (m2 K... | Espesor... | λ (W/mK) | ρ03C1 ... | Cp (J/kgK) |
|---------------------------|----------------------|------------|------------|----------|-----------|------------|
| 1/2 pie LM métrico o c... | Fábricas de ladrillo | 0.454 | 0.45 | 0.991 | 2170 | 1000 |
| Enlucido de yeso d < ... | Enlucidos | 0.05 | 0.02 | 0.4 | 900 | 1000 |



$R_{1+...+n}$
0.5 m2K/W

Figura 34 – Librería de cerramientos fachada de ladrillo.

Hemos introducido los tipos de cerramientos de esta forma después de consultar con el servicio de obras y mantenimiento y llegando a consenso con los realizadores de los trabajos de edificios gemelos como son el TR2 y TR3, sin ser posible una certeza exacta en sus componentes o grosores.

Una vez explicado los tipos de cerramientos vamos a ver las diferentes fachadas que hemos introducido.

Fachadas exteriores:

1. Fachada norte:

Esta fachada la dividimos en tres diferentes tramos con diferentes acabados de materiales, que diferenciaremos en la librería de cerramientos. Por lo tanto tenemos una con acabado de piedra o empedrado, una con acabado de mortero, que llamamos normal, y una con acabado de ladrillo.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.



Figura 35 – Fachada norte.

Como podemos ver en la Figura 35, la dominante es la empedrada mientras que la fachada con acabado normal se encuentra en la parte superior y la que tiene acabado de ladrillo solo es un pequeño trozo que se sitúa en la parte izquierda de la fotografía. La superficie total de la fachada norte es de $820,159\text{m}^2$, dividida en $653,767\text{m}^2$ en la fachada empedrada, $128,583\text{m}^2$ en la fachada normal y $37,809\text{m}^2$ en la de acabado de ladrillo.

2. Fachada este:

La fachada este la dividimos en dos tipos de fachadas, una con el acabado empedrado situada en la parte inferior y otra con el acabado normal en la parte superior. Además en este lado este tenemos un muro de medianera con el TR2 que explicaremos más adelante.



Figura 36 – Fachada este.

Como podemos ver en la Figura 36 la fachada dominante vuelve a ser la empedrada como en la norte. La superficie total es de $608,287\text{m}^2$ dividida en $184,08\text{m}^2$ de fachada normal y $424,207\text{m}^2$ de fachada empedrada.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

3. Fachada sur:

Esta fachada la dividimos en dos diferentes tramos ya que vuelve a tener dos tipos diferentes de acabados. La parte superior es de acabado de mortero, llamado normal en el trabajo, y la parte inferior empedrada.

En esta fachada tenemos el pasillo elevado al TR3, nuestro edificio se acaba al inicio de este pasillo por lo tanto nosotros lo hemos considerado como si no existiera, en este caso lo que hacemos es tratarlo como fachada normal, que creemos que sería el peor de los casos ya que el pasillo está conectado a otro edificio también habitado y climatizado, por lo que no se pierde demasiado calor, no obstante este pasillo tiene también envolventes térmicas como son fachadas, suelo y cubierta, además de ventanas por las que se pierde calor.

Además al ser ubicación sur hemos elaborado un patrón de sombras, ya que el TR3 tapa el sol en algunas horas del día sobre esta fachada. El patrón de sombras está explicado más adelante.



Figura 37 – Fachada sur.

Como observamos en la Figura 37 la fachada normal está ubicada en la parte superior. La superficie total es de $843,319\text{m}^2$, de los cuales $173,687\text{m}^2$ son de fachada normal y $669,632\text{m}^2$ son de fachada empedrada.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

4. Fachada oeste:

Esta es la fachada principal del edificio, la hemos dividido en 9 muros diferentes, como hemos visto en la Figura 31: cada una de las 9 divisiones con su correspondiente orientación ya que la parte central y los extremos sobresalen, por lo que no es recta.

Todos los muros tienen acabado empedrado menos el de la entrada principal (Oeste 3) al edificio que tiene acabado enladrillado.

Los denominados Oeste 1, Oeste 2, Oeste 3, Oeste 4 y Oeste 5 son de orientación oeste; las Oeste 6 y Oeste 8 tienen orientación sur; y los Oeste 7 y Oeste 9 son de orientación norte.

Para los muros de orientación sur no se ha realizado patrón de sombras ya que tienen poca superficie en comparación a la total del edificio y no variará sus propiedades.



Figura 38 – Fachada Oeste 3 (entrada principal).



Figura 39 – Fachadas Oeste (extremos de la entrada principal).

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Se ha tenido en cuenta la superficie de cada muro de la fachada oeste, a lo que ha dado como resultante una superficie de $1165,839\text{m}^2$. Para cada uno de los muros se ha introducido las siguientes superficies: Oeste 1 y Oeste 5 ambos de $112,329\text{m}^2$; Oeste 2 y Oeste 4 ambos de $246,788\text{m}^2$; Oeste 3 de $180,445\text{m}^2$; Oeste 6 y Oeste 9 ambos de $36,431\text{m}^2$; y Oeste 7 y Oeste 8 de $97,149\text{m}^2$ de superficie.

En nuestro edificio a estudiar existen dos patios interiores, un patio de dimensiones considerables y con vegetación en su interior, al que llamamos patio ajardinado, y un patio pequeño en dimensiones teniendo en cuenta la superficie total del edificio al que llamamos patio pequeño. Por lo tanto existen fachadas que delimitan el edificio con el ambiente externo pero en el interior del edificio.

Todas las fachadas interiores las hemos considerado con acabado normal, con las características que hemos explicado en los tipos de cerramientos.

La complejidad del edificio hace que tenga diferentes alturas por la parte interior del complejo, estas diferencias de altura se transforma en más fachadas interiores que no llegan hasta el suelo, solo hasta la cubierta del espacio adyacente más bajo.

Fachadas interiores:

5. Patio ajardinado este:

Es la fachada de orientación este que se encuentra en el interior del edificio, justamente en el patio ajardinado. De acabado normal y con una superficie de $175,78\text{m}^2$.

6. Patio ajardinado sur:

Es la fachada de orientación sur que se encuentra en el interior del edificio, concretamente en el patio ajardinado. De acabado normal y con una superficie de $275,81\text{m}^2$. Esta fachada está afectada por un patrón de sombras, más adelante explicado, ya que su orientación es sur.

7. Patio ajardinado oeste:

Es la fachada interior localizada en el patio ajardinado de orientación oeste. De acabado normal y con una superficie de $109,917\text{m}^2$.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

8. Patio ajardinado norte:

Es la fachada de orientación norte que se encuentra en el interior del edificio, justamente en el patio ajardinado. De acabado normal y con una superficie de 109,917m².



Figura 40 – Fachada patio ajardinado norte.

9. Patio ajardinado semicilindro:

Esta fachada interior se encuentra en el patio ajardinado entre las fachadas patio ajardinado sur y patio ajardinado oeste. Su geometría es un cuarto de cilindro y lo hemos introducido como un muro recto de orientación suroeste, de la misma superficie que tiene el cuarto de cilindro. De acabado normal y con una superficie de 66,016m².

10. Patio pequeño este:

Es la fachada interior que se encuentra en el patio pequeño de orientación este. De acabado normal y de 84,86m² de superficie.



Figura 41 – Fachada patio pequeño este.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

11. Patio pequeño oeste:

Es la fachada de orientación oeste que se encuentra en el interior del edificio, concretamente en el patio pequeño. De acabado normal y con una superficie de $84,86\text{m}^2$.

12. Patio pequeño sur:

Es la fachada interior que se encuentra en el patio pequeño de orientación sur. De acabado normal y de $12,12\text{m}^2$ de superficie. Esta fachada al ser de orientación sur se ve afectada por un patrón de sombras que explicado más adelante.

13. Patio pequeño norte:

Es la fachada de orientación norte que se encuentra en el interior del edificio, concretamente en el patio pequeño. De acabado normal y con una superficie de $12,12\text{m}^2$.

14. Patio norte:

Es una de las fachadas que introducimos para evaluar las diferentes alturas en las que acaba el edificio interiormente. De acabado normal, orientación norte y de $96,98\text{m}^2$ de superficie.

15. Patio oeste:

Es una de las fachadas que introducimos para evaluar las diferentes alturas en las que acaba el edificio interiormente. De acabado normal, orientación oeste y de $93,75\text{m}^2$ de superficie.

16. Patio este:

Es una de las fachadas que introducimos para evaluar las diferentes alturas en las que acaba el edificio interiormente. De acabado normal, orientación este y de $93,75\text{m}^2$ de superficie.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

7.2.1.3. Suelo

El suelo es el cerramiento inferior horizontal del edificio, ya que las divisiones entre plantas no se deben introducir. El programa nos da a escoger entre suelo en contacto con el terreno o en contacto con el aire exterior. En nuestro caso no tenemos ningún suelo en contacto con el aire exterior por eso solo introducimos un suelo en contacto con el terreno.

Suelo en contacto con el terreno

The screenshot shows a form titled "Suelo en contacto con el terreno". It contains several sections:

- Nombre:** A text input field containing "Suelo con terreno".
- Zona:** A dropdown menu set to "Edificio Objeto".
- Dimensiones:** A section with input fields for "Superficie" (m²), "Longitud" (m), and "Anchura" (m).
- Características:** A section with radio buttons for "Profundidad". The "Menor o igual que 0.5 m" option is selected. There is also an input field for "Mayor que 0.5 m" (m).
- Parámetros característicos del cerramiento:** A section with a dropdown menu for "Propiedades térmicas" set to "Estimadas", an input field for "Perímetro" (m), and a checkbox for "Tiene aislamiento térmico" which is unchecked.
- Transmitancia térmica:** An input field for thermal transmittance in W/m²K.

Figura 42 – Introducción de suelo en contacto con el terreno.

Como vemos en la Figura 42 el programa nos pide las dimensiones del suelo, su profundidad y las propiedades térmicas. Como desconocemos los materiales de los que está compuesto el suelo introducimos propiedades estimadas, en este caso lo que nos pide es el perímetro del suelo.

En nuestro caso la superficie es de 2827,108m², mientras que la profundidad es menor de 0,5m y el perímetro es de 225,088m. Además como no se nos ha informado en ningún caso, suponemos que el suelo no contiene aislamiento, por lo tanto con estos datos la transmitancia es de 0,30 W/ m²K.

7.2.1.4. Partición interior

Una partición interior es una división que se encuentra en contacto con un espacio no habitable. Las opciones son división vertical, horizontal en contacto con espacio no habitable superior y horizontal en contacto con espacio no habitable inferior.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Partición interior horizontal en contacto con espacio NH superior


| | | | |
|--|--|---|--|
| Nombre | <input type="text" value="Partición superior"/> | Zona | <input type="text" value="Edificio Objeto"/> |
| <i>Parámetros generales</i> | | | |
| Superficie de la partición | <input type="text"/> m2 |  | |
| Tipo de espacio no habitable | <input type="text" value="Espacio bajo cubierta inclinada"/> | | |
| <i>Parámetros característicos para el cálculo de la U global</i> | | | |
| Propiedades térmicas: Uglobal | <input type="text" value="Por defecto"/> | Transmitancia térmica | <input type="text" value="1.36"/> W/m2K |

Figura 43 – Introducción de partición horizontal en contacto con espacio no habitable superior.

Como podemos ver en la Figura 43 el programa nos pide la superficie de la partición, el tipo de espacio no habitable y sus propiedades térmicas.

El edificio no tiene ninguna división vertical que sea con un espacio no habitable porque se considera que la totalidad de la superficie construida del edificio es habitable y está climatizada.

No obstante como hemos dicho antes en el TR1 los tejados inclinados los introducimos como partición interior con espacio no habitable superior, ya que el tejado no tiene contacto con el forjado que vemos desde el piso más elevado, sino que existe una división entre ellos.

En nuestro caso tenemos 11 particiones horizontales todas ellas separan el espacio habitable con un espacio bajo cubierta inclinada. En todas ellas introducimos las propiedades térmicas por defecto ya que desconocemos la ventilación del espacio no habitable, cosa que nos pide en las propiedades estimadas, y no sabemos de qué materiales está compuesta la partición. La transmitancia por defecto es de 1,36 W/ m²K.

Las superficies introducidas para cada partición horizontal están en la Tabla 3.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Tabla 3 – Tabla de particiones horizontales con espacio no habitable superior con sus superficies.

| Nombre | Superficie [m ²] |
|-------------------------|------------------------------|
| Partición con techo #1 | 297,865 |
| Partición con techo #2 | 240,056 |
| Partición con techo #3 | 67,821 |
| Partición con techo #4 | 260,469 |
| Partición con techo #5 | 262,592 |
| Partición con techo #6 | 91,613 |
| Partición con techo #7 | 91,613 |
| Partición con techo #8 | 138,971 |
| Partición con techo #9 | 138,971 |
| Partición con techo #10 | 148,606 |
| Partición con techo #11 | 8,209 |

7.2.1.5. Hueco/Lucernario

Los huecos o lucernarios incluyen también las puertas, son uno de los puntos por los que se puede perder mucha energía, por lo tanto son muy importantes a la hora de evaluar la eficiencia energética. El edificio evaluado tiene una gran cantidad de tipos de ventanas además de diferentes tipos de puertas.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Hueco/Lucernario

| | | | |
|----------------------|------------------------------------|-------------|----------------------|
| Nombre | <input type="text" value="Hueco"/> | Orientación | <input type="text"/> |
| Cerramiento asociado | <input type="text"/> | | |

| | | | |
|---------------------|-----------------------------------|--|---|
| Dimensiones | | Características | |
| Longitud | <input type="text"/> m | Permeabilidad del hueco | <input type="text" value="Poco estanco"/> <input type="text" value="100"/> m3/hm2 |
| Altura | <input type="text"/> m | Absortividad del marco | <input type="text" value="a"/> <input type="text" value="0.75"/> |
| Multiplicador | <input type="text" value="1"/> | <input type="checkbox"/> Dispositivo de protección solar | <input type="text" value="Dispositivo de protección solar"/> |
| Superficie | <input type="text"/> m2 | Patrón de sombras | <input type="text" value="Sin patrón"/> |
| Porcentaje de marco | <input type="text" value="20"/> % | <input type="checkbox"/> Doble ventana | |

| | | | |
|---|---|-----------------|--|
| Parámetros característicos del hueco | | | |
| Propiedades térmicas | <input type="text" value="Estimadas"/> | | |
| Tipo de vidrio | <input type="text" value="Doble"/> | <i>U vidrio</i> | <input type="text" value="3.3"/> W/m2K |
| Tipo de marco | <input type="text" value="Metálico sin RPT"/> | <i>g vidrio</i> | <input type="text" value="0.75"/> |
| | | <i>U marco</i> | <input type="text" value="5.7"/> W/m2K |

Figura 44 – Introducción de huecos o lucernarios.

Como podemos ver en la Figura 44 hay que introducir una gran cantidad de datos para definir una ventana, puerta o lucernario. Los datos que debemos introducir son:

- El cerramiento asociado, esto se refiere al muro de fachada en el cual está situado, este muro también nos marca la orientación del hueco o lucernario.
- Las dimensiones.
Las podemos introducir mediante la longitud y la altura, suponiendo que es una ventana cuadrada, y posteriormente introducir el multiplicador que es el número de ventanas de iguales dimensiones que se encuentran en ese mismo cerramiento asociado. Hay que tener en cuenta que si en vez de introducir la longitud y altura del hueco introducimos la superficie, esta superficie ha de ser la total de todas las ventanas de iguales dimensiones (la suma de superficies), anotando después el multiplicador únicamente para que el programa sepa cuantas ventanas hay. Mientras que el porcentaje del marco es la cantidad, en tanto por ciento, que ocupa el marco en el hueco.
- Características del hueco.
Primero nos pide la permeabilidad del hueco, si se conoce la clase de carpintería y se encuentra en buen estado hay que seleccionar valor conocido, si en la carpintería se observan rendijas por las que se producen infiltraciones o si la carpintería es de tipo corredera hay que seleccionar poco estanco. En nuestro caso todos los huecos o puertas son poco estancos.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Absortividad del marco, hay que definirla en función del color de la carpintería. En la Figura 45 podemos ver los diferentes colores y tonos que nos deja introducir el programa.

Absortividad del marco para radiación solar α

| Color | Claro | Medio | Oscuro |
|----------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Blanco | <input type="radio"/> 0.2 | <input type="radio"/> 0.3 | --- |
| Amarillo | <input type="radio"/> 0.3 | <input type="radio"/> 0.5 | <input type="radio"/> 0.7 |
| Beige | <input type="radio"/> 0.35 | <input type="radio"/> 0.55 | <input type="radio"/> 0.75 |
| Marron | <input type="radio"/> 0.5 | <input checked="" type="radio"/> 0.75 | <input type="radio"/> 0.92 |
| Rojo | <input type="radio"/> 0.65 | <input type="radio"/> 0.8 | <input type="radio"/> 0.9 |
| Verde | <input type="radio"/> 0.4 | <input type="radio"/> 0.7 | <input type="radio"/> 0.88 |
| Azul | <input type="radio"/> 0.5 | <input type="radio"/> 0.8 | <input type="radio"/> 0.95 |
| Gris | <input type="radio"/> 0.4 | <input type="radio"/> 0.65 | --- |
| Negro | --- | <input type="radio"/> 0.96 | --- |

Figura 45 – Introducción de la absortividad del marco.

Después nos pide si el hueco dispone de dispositivos de protección solar. En este caso nos deja a escoger entre voladizo, retranqueo, lamas horizontales, lamas verticales, toldos, lucernarios o si dispone de un sistema corrector de factor solar. En nuestro estudio solo hemos utilizado voladizo, retranqueo y las lamas verticales por lo que explicaremos solo los tres métodos usados.

- Voladizo:

Un voladizo es un elemento que se prolonga horizontalmente más allá del elemento que lo soporta.

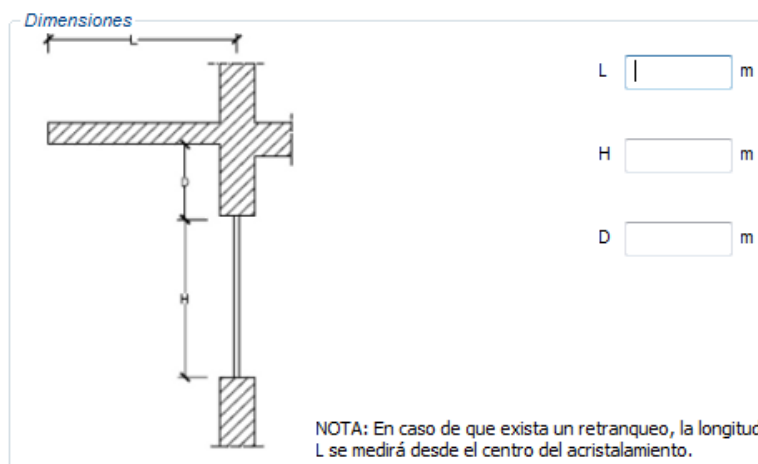


Figura 46 – Introducción de voladizo.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Como observamos en la Figura 46 debemos introducir diferentes medidas para caracterizar un voladizo. En el TR1 solo hay una puerta en la que introducimos voladizo y es la que está bajo el pasillo que conecta con el TR3, concretamente no es un voladizo sino que está debajo del pasillo, no obstante lo introducimos como voladizo ya que a efectos prácticos tiene los mismos efectos.

○ Retranqueo:

Es la distancia horizontal que existe entre el marco de la ventana o cristal hasta el exterior de la fachada.

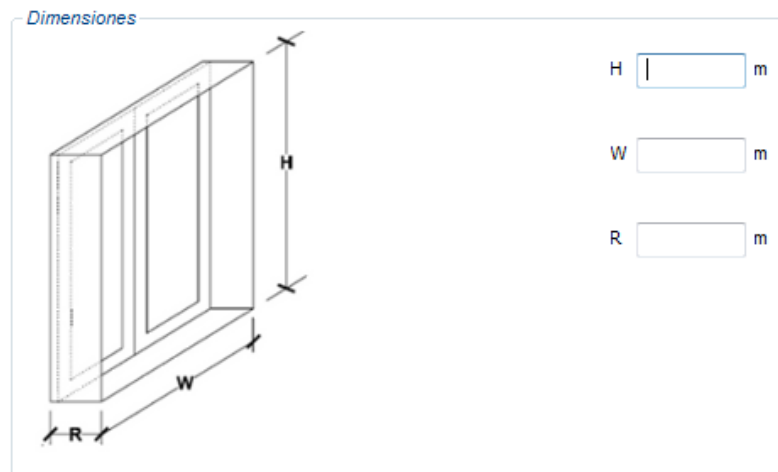


Figura 47 – Introducción de retranqueo.

Para introducir el retranqueo el programa nos pide una serie de distancias. Como normal general todas las ventanas del TR1 tienen un retranqueo de 0,4m menos las del patio pequeño que no tienen retranqueo y las ventanas que tienen las lamas verticales que tienen un retranque de 0,2m.

○ Lamas verticales:

Las lamas verticales son dispositivos que permiten regular la luz incidente en una habitación, algunas son móviles pudiendo regular al antojo del usuario la cantidad de luz que se quiere dejar pasar.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

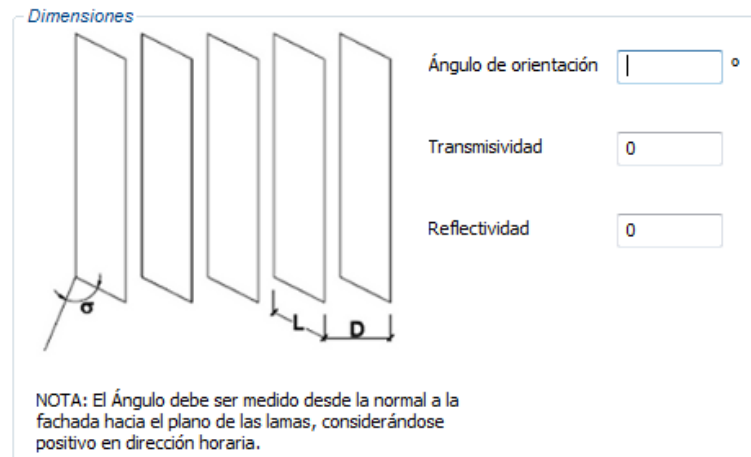


Figura 48 – Introducción de lamas verticales.

Como podemos ver en la Figura 48 el programa nos pide el ángulo de orientación, la transmisividad y reflectividad. Solo hay un tipo de ventanas en el TR1 que tiene este dispositivo de protección solar y son las que se localizan en la fachada del patio ajardinado este.

Además nos pide si la ventana o puerta está expuesta a un patrón de sombras, como lo estaría también la fachada en la que se encuentran.

Y tenemos que indicar si es una doble ventana, una doble ventana es una ventana doble de vidrio simple, muchas veces se caracterizan por tener dos marcos diferentes y dos sistemas de cierre.

- Finalmente nos pide los parámetros característicos del hueco.
En nuestro caso no disponemos de los datos suficientes para escoger propiedades térmicas conocidas, dónde se nos pide exactamente el tipo de vidrio y marco de los que se compone la ventana o puerta. Por lo tanto seleccionamos propiedades estimadas y escogemos si la ventana es de doble vidrio o de vidrio simple y el tipo de marco, pudiendo elegir entre metálico sin o con rotura del puente térmico, PVC o madera. En el TR1 la mayoría de las ventanas y puertas son de madera aunque hay algunas excepciones que son metálicas.

Hemos introducido la cantidad de 54 tipos de huecos, en los cuales hay 10 puertas y 209 ventanas.

En las siguientes tablas se expone la singularidad de cada tipo de puerta y posteriormente otra tabla con cada tipo de ventana.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Puertas:

Tabla 4 – Tipos de puerta con cerramiento asociado, cantidad y dimensiones.

| Nombre | Cerramiento asociado | Longitud (m) | Altura (m) | Multiplicador | Superficie (m ²) |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------|------------|---------------|------------------------------|
| Puertas O3 | Oeste3 ladrillo | | | 3 | 35,195 |
| Puerta este 1 | Este inferior empedrado | 1 | 2,5 | 1 | 2,5 |
| Puerta este 2 | Este inferior empedrado | 1 | 2,5 | 1 | 2,5 |
| Puerta sur | Sur inferior empedrada | 2 | 3 | 1 | 6 |
| Puertas patio ajardinado norte | Patio ajardinado norte | 1 | 2 | 2 | 4 |
| Puertas patio ajardinado este | Patio ajardinado este | 1,4 | 2 | 2 | 5,6 |

Tabla 5 – Tipos de puerta con otras características.

| Nombre | U marco | % marco | Absortividad marco | Orientación | Patrón de sombras |
|---------------------------------------|---------|---------|--------------------|-------------|-------------------|
| Puertas O3 | 2,2 | 75 | 0,7 | Oeste | Sin patrón |
| Puerta este 1 | 2,2 | 80 | 0,7 | Este | Sin patrón |
| Puerta este 2 | 2,2 | 85 | 0,8 | Este | Sin patrón |
| Puerta sur | 5,7 | 1 | 0,7 | Sur | Fachada sur |
| Puertas patio ajardinado norte | 2,2 | 30 | 0,7 | Norte | Sin patrón |
| Puertas patio ajardinado este | 5,7 | 50 | 0,2 | Este | Sin patrón |

Como podemos ver en la Tabla 4 y en la Tabla 5 tenemos 6 tipos de puertas y en ellas podemos ver sus características. Las llamadas “Puertas O3” son las puertas de la entrada principal, las demás son accesos al exterior del edificio o puertas a patios. Como curiosidades la “Puerta sur” es totalmente de cristal por lo que el tanto por ciento del marco lo hemos estimado en 1. Como podemos observar únicamente tienen patrón de sombras las puertas orientadas al sur que en nuestro caso es solo una. La mayoría de las puertas tienen marco de madera de color verde medio con lo cual su absortividad es de 0,7, la “Puerta este 2” es de marco de madera color azul medio y la puerta “Patio ajardinado este” es de marco metálico blanco claro de vidrio doble.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

De los siguientes tipos casi todos son de vidrio simple por lo que la U del vidrio es de $5,7\text{W/m}^2\text{K}$ y la g de 0,82, la única que es de doble vidrio es la “Puerta patio ajardinado este”, que es de doble cristal por lo que la U del vidrio baja a $3,3\text{W/m}^2\text{K}$ y la g de 0,75. Estos números nos los da el programa al introducir propiedades térmicas estimadas.

Como dispositivo de protección solar la puerta que tiene voladizo es la “Puerta sur” con unas dimensiones del voladizo de $L=5\text{m}$, $H=3\text{m}$ y $D=0,2\text{m}$.

Ventanas norte:

Tabla 6 - Tipos de ventanas de orientación norte. X se refiere a multiplicador.

| Nombre | Cerramiento asociado | Longitud (m) | Altura (m) | x | Superficie (m^2) | % marco |
|---------------------------------|--------------------------|--------------|------------|----|-----------------------------|---------|
| Ventana redonda norte | Norte superior empedrada | | | 2 | 0,388 | 40 |
| Ventanal norte con barandilla | Norte inferior empedrado | | | 2 | 20,548 | 20 |
| Ventanal norte sin barandilla | Norte inferior empedrado | | | 2 | 17,186 | 20 |
| Ventanas norte inferior | Norte inferior empedrado | | | 8 | 36,36 | 30 |
| Ventanas norte superiores | Norte inferior empedrado | | | 8 | 43,52 | 10 |
| Ventanas norte superiores2 | Norte superior normal | 2,29 | 2,613 | 7 | 41,89 | 15 |
| Ventanas patio ajardinado norte | Patio ajardinado norte | 0,5 | 1,4 | 11 | 7,7 | 20 |
| Ventanas patio norte | Patio norte | 3 | 2,4 | 5 | 36 | 20 |
| Ventanas patio norte pequeñas | Patio norte | | | 4 | 10,088 | 20 |
| Ventana O7 redonda | Oeste7 empedrada | | | 1 | 0,194 | 40 |

En la Tabla 6 podemos ver los 9 diferentes tipos de ventanas que hay orientadas al norte, todas ellas al estar orientadas al norte no tienen patrón de sombras, la ventana que se sitúa en el cerramiento Oeste7 es de orientación norte como el muro en el que está.

Todas ellas son de vidrio simple y de carpintería de madera color verde medio. Todas tienen retranqueo de 0,4m. Por lo tanto sus coeficientes son U del vidrio $5,7\text{W/m}^2\text{K}$, g del vidrio 0,82, U del marco $2,2\text{W/m}^2\text{K}$ y absortividad del marco 0,7.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Ventanas oeste:

Tabla 7 - Tipos de ventanas de orientación oeste. X se refiere a multiplicador.

| Nombre | Cerramiento asociado | Longitud (m) | Altura (m) | x | Superficie (m ²) | % marco |
|---------------------------------------|------------------------|--------------|------------|---|------------------------------|---------|
| Ventana O1 inferior | Oeste1 empedrada | | | 1 | 9,793 | 25 |
| Ventana O5 inferior | Oeste5 empedrada | | | 1 | 9,793 | 25 |
| Ventana O1 superior | Oeste1 empedrada | | | 1 | 10,287 | 15 |
| Ventana O5 superior | Oeste5 empedrada | | | 1 | 10,287 | 30 |
| Ventana O5 redonda | Oeste5 empedrada | | | 1 | 0,187 | 40 |
| Ventana O1 redonda | Oeste1 empedrada | | | 1 | 0,187 | 40 |
| Ventanales O3 superiores | Oeste3 ladrillo | | | 3 | 28,933 | 20 |
| Ventanales O2 inferiores | Oeste2 empedrada | | | 4 | 32,4 | 30 |
| Ventanales O4 inferiores | Oeste4 empedrada | | | 4 | 32,4 | 30 |
| Ventanales O4 superiores | Oeste4 empedrada | | | 4 | 24,296 | 15 |
| Ventanales O2 superiores | Oeste2 empedrada | | | 4 | 24,296 | 15 |
| Ventanas O2 superiores | Oeste2 empedrada | | | 8 | 15,355 | 50 |
| Ventanas O4 superiores | Oeste4 empedrada | | | 8 | 15,355 | 50 |
| Ventanas O4 superiores con barandilla | Oeste4 empedrada | | | 4 | 4,687 | 20 |
| Ventanas O2 superiores con barandilla | Oeste2 empedrada | | | 4 | 4,687 | 20 |
| Ventanas patio ajardinado oeste | Patio ajardinado oeste | 3 | 2,4 | 7 | 50,4 | 20 |
| Ventanas patio oeste | Patio oeste | 3 | 2,4 | 2 | 14,4 | 20 |
| Ventanas patio pequeño oeste | Patio pequeño oeste | 4 | 2 | 6 | 48 | 10 |

En la Tabla 7 podemos ver los 18 tipos de ventanas diferentes que se orientan al oeste, como las de orientación oeste al no estar en el sur ninguna está sujeta a un patrón de sombras.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Todas menos la última, “Ventanas patio pequeño oeste” (explicadas en el siguiente párrafo), son de vidrio simple y de carpintería de madera color verde medio. Todas tienen retranqueo de 0,4m. Por lo tanto sus coeficientes son U del vidrio 5,7 W/m²K, g del vidrio 0,82, U del marco 2,2 W/m²K y absorptividad del marco 0,7.

No obstante las “Ventanas patio pequeño oeste” son de vidrio doble y de carpintería de madera color blanco claro. Estas ventanas no tienen retranqueo. Por lo tanto sus coeficientes son U del vidrio 3,3 W/m²K, g del vidrio 0,75, U del marco 2,2 W/m²K y absorptividad del marco 0,2.

Ventanas suroeste:

Tabla 8 - Tipos de ventanas de orientación suroeste. X se refiere a multiplicador.

| Nombre | Cerramiento asociado | Longitud (m) | Altura (m) | x | Superficie (m ²) | % marco |
|---|-------------------------------|--------------|------------|---|------------------------------|---------|
| Ventanas patio ajardinado semicilindro | Patio ajardinado semicilindro | 1 | 1,5 | 4 | 6 | 20 |

Las “Ventanas patio ajardinado semicilíndrico” son de vidrio simple y de carpintería de madera color verde medio. Todas tienen retranqueo de 0,4m. Por lo tanto sus coeficientes son U del vidrio 5,7 W/m²K, g del vidrio 0,82, U del marco 2,2 W/m²K y absorptividad del marco 0,7.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Ventanas sur:

Tabla 9 - Tipos de ventanas de orientación sur. X se refiere a multiplicador.

| Nombre | Cerramiento asociado | Longitud (m) | Altura (m) | x | Superficie (m2) | % marco |
|-------------------------------|------------------------|--------------|------------|---|-----------------|---------|
| Ventanas sur superiores2 | Sur superior normal | 2,29 | 2,613 | 8 | 47,87 | 15 |
| Ventanal sur con barandilla | Sur inferior empedrada | | | 2 | 20,548 | 50 |
| Ventanal sur sin barandilla | Sur inferior empedrada | | | 2 | 17,186 | 50 |
| Ventana redonda sur | Sur superior empedrada | | | 2 | 0,388 | 40 |
| Ventanas sur inferior | Sur inferior empedrada | | | 7 | 31,815 | 50 |
| Ventanas sur superiores | Sur inferior empedrada | | | 7 | 38,08 | 10 |
| Media ventana sur inferior | Sur inferior empedrada | | | 1 | 8,494 | 50 |
| Ventanas patio ajardinado sur | Patio ajardinado sur | 3 | 2,4 | 9 | 64,8 | 20 |
| Ventanas patio pequeño sur | Patio pequeño sur | | | 1 | 4 | 20 |
| Ventana O8 redonda | Oeste8 empedrada | | | 1 | 0,194 | 40 |

En la Tabla 9 podemos ver los 10 diferentes tipos de ventanas que hay orientadas al sur, todas ellas al estar orientadas al sur tienen patrón de sombras asociado. La ventana que se sitúa en el cerramiento Oeste8 es de orientación norte como el muro en el que está, además esta ventana no tiene patrón de sombras asociado ya que al ser una fachada tan pequeña y una ventana de tan pequeña superficie no se ha creado el patrón de sombras.

Los patrones asociados a las ventanas son los mismos que la de sus cerramientos asociados.

Todas ellas son de vidrio simple y de carpintería de madera color verde medio. Todas las ventanas tienen retranqueo de 0,4m. Por lo tanto sus coeficientes son U del vidrio 5,7 W/m²K, g del vidrio 0,82, U del marco 2,2 W/m²K y absorptividad del marco 0,7.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Ventanas este:

Tabla 10 - Tipos de ventanas de orientación este. X se refiere a multiplicador.

| Nombre | Cerramiento asociado | Longitud (m) | Altura (m) | x | Superficie (m ²) | % marco |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------|------------|----|------------------------------|---------|
| Ventana redonda este | Este inferior empedrado | | | 1 | 0,785 | 40 |
| Ventanas este superiores ² | Este superior normal | 2,29 | 2,613 | 10 | 59,84 | 15 |
| Ventanas este inferior | Este inferior empedrado | | | 7 | 31,815 | 20 |
| Ventanas este superiores | Este inferior empedrado | | | 7 | 38,08 | 10 |
| Ventana este superiores ³ | Este superior normal | 2 | 0,5 | 1 | 1 | 15 |
| Ventana este superiores ⁴ | Este superior normal | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 | 15 |
| Ventanas patio ajardinado este | Patio ajardinado este | 1,4 | 1,3 | 15 | 27,3 | 20 |
| Ventanas patio este | Patio este | 1,5 | 0,5 | 3 | 2,25 | 10 |
| Ventanas patio pequeño este | Patio pequeño este | 4 | 2 | 6 | 48 | 10 |

En la Tabla 10 podemos ver los 9 tipos de ventanas diferentes que se orientan al este, como las de orientación oeste no están sujetas a un patrón de sombras.

Todas menos las tres últimas, las ventanas este de los patios (explicadas en el siguiente párrafo), son de vidrio simple y de carpintería de madera color verde medio. Todas tienen retranqueo de 0,4m. Por lo tanto sus coeficientes son U del vidrio 5,7 W/m²K, g del vidrio 0,82, U del marco 2,2 W/m²K y absortividad del marco 0,7.

No obstante las “Ventanas patio ajardinado este”, “Ventanas patio este” y “Ventanas patio pequeño este” son de vidrio doble. Las “Ventanas patio este” y “Ventanas patio pequeño este” son de carpintería de madera color blanco claro, mientras que las “Ventanas patio ajardinado este” son de metal sin rotura del puente térmico. Las “Ventanas patio pequeño este” no tienen retranqueo, pero las “Ventanas patio este” tienen retranqueo de 0,4m y las “Ventanas patio ajardinado este” retranqueo de 0,2m. Sus coeficientes son U del vidrio 3,3 W/m²K, g del vidrio 0,75, U del marco 2,2 W/m²K y absortividad del marco 0,2.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

En complemento las “Ventanas patio ajardinado este” tienen como dispositivo de protección solar lamas verticales con medidas del ángulo de orientación de 85°, transmisividad y reflectividad 0. Este dispositivo en realidad es móvil, no obstante se localizan en despachos de profesores los cuales tienen una buena iluminación artificial, por lo que creemos que normalmente tendrán las lamas verticales casi todo el tiempo cerradas, de ahí el gran ángulo introducido.

7.2.1.6. Puentes térmicos

Los puentes térmicos son las partes de la envolvente térmica en los que la resistencia térmica varía a causa de diferencias de grosor, penetraciones de aire o diferencia de áreas internas.

Para introducción de puentes térmicos el programa nos da a escoger entre diversos tipos por defecto.

Puente térmico por defecto

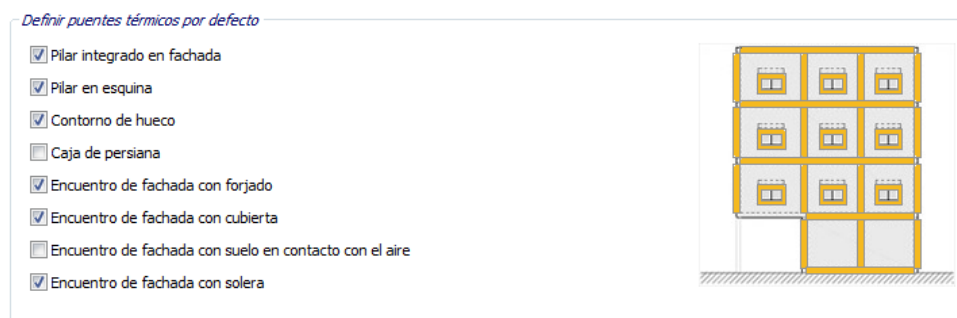


Figura 49 – Introducción de puentes térmicos.

En la Figura 49 podemos ver las opciones que nos da el programa. Justamente los que están seleccionados son los que hemos cargado en nuestro estudio.

Se han introducido por defecto los siguientes puentes térmicos:

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

- Pilar integrado en fachada, esto hace que haya un pilar cada 5m lineales de forjado incrustado en la fachada.

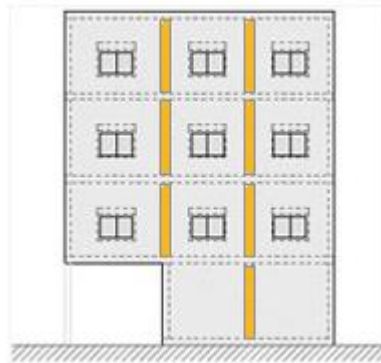


Figura 50 –Pilar integrado en fachada.

- Pilar en esquina, el programa introduce dos pilares extras por fachada, lo que vendría a ser que en cada esquina haya un pilar.

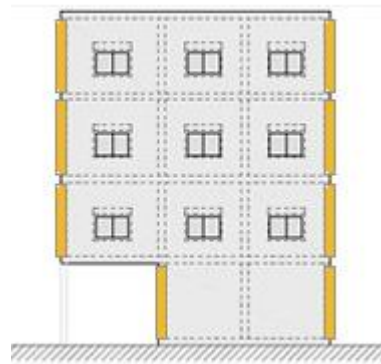


Figura 51 – Pilar en esquina.

- Contorno de hueco, se ha considerado que todas las fachadas tienen contornos huecos.

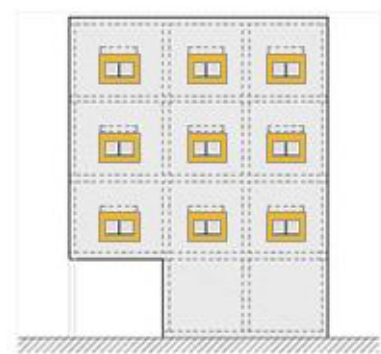


Figura 52 – Contorno de hueco.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

- Encuentro de fachada con forjado, en el cual se supone una anchura de 7m.

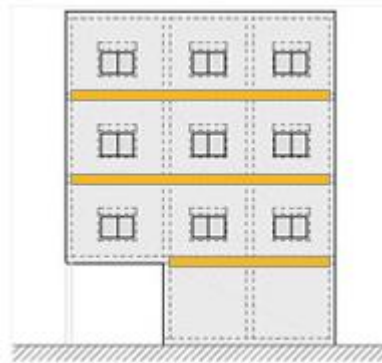


Figura 53 – Encuentro de fachada con forjado.

- Encuentro de fachada con cubierta, igual que anteriormente se supone anchura de 7m por defecto.

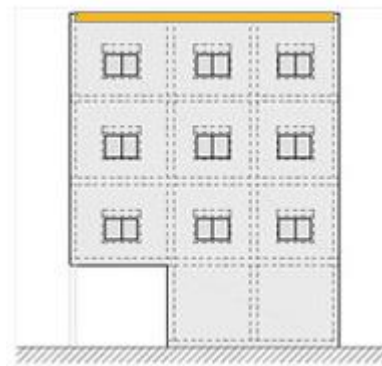


Figura 54 – Encuentro de fachada con cubierta.

- Encuentro de fachada con solera, se supone una anchura de 7m y es el contacto de la fachada con el terreno.

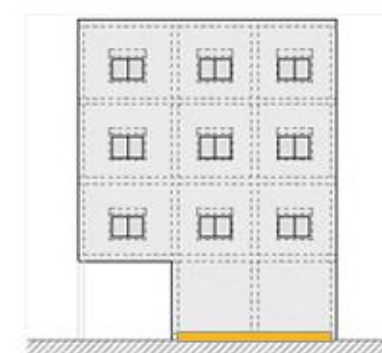


Figura 55 – Encuentro de fachada con solera.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

7.2.1.7. Patrones de sombra

Los patrones de sombra son modelizaciones de los edificios u objetos que hacen sombra a una o diversas fachadas del edificio en estudio, impidiendo que la radiación solar incida sobre la fachada.

A la hora de crear un patrón de sombras el programa nos da la opción de introducción simplificada para obstáculos rectangulares. No obstante escogemos la introducción mediante los ángulos de acimut y elevación para elaborar el patrón de sombras.

Estos ángulos los extraemos de los planos del catastro ayudándonos de una herramienta CAD para poder medir los ángulos. También hemos usado una herramienta del catastro para medir las distancias.

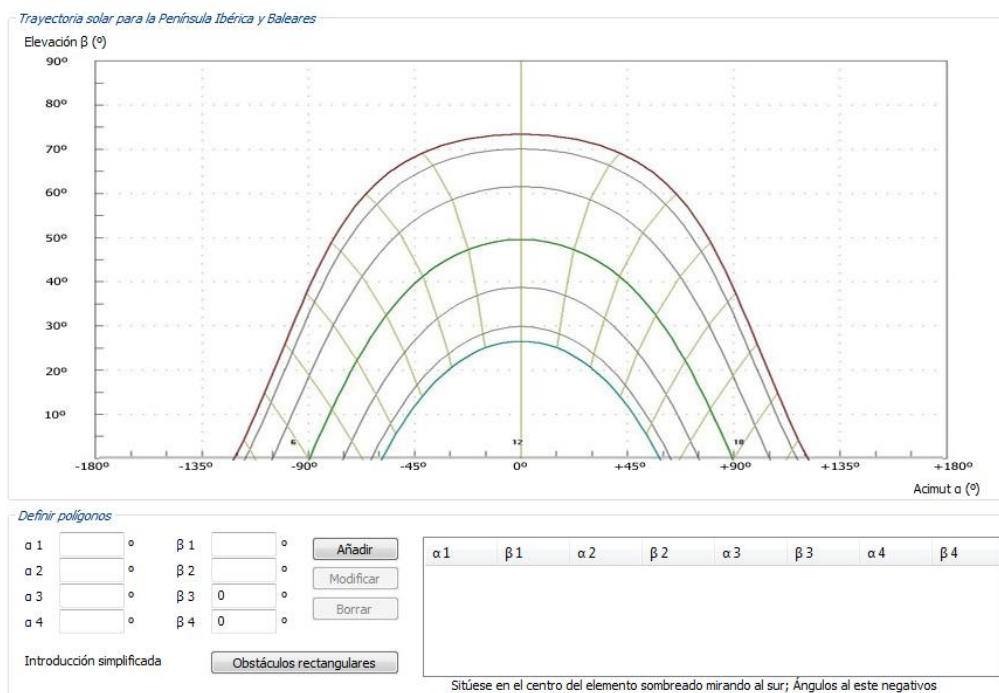


Figura 56 – Introducción de patrón de sombra.

En la Figura 56 vemos los datos que tenemos que introducir para definir una sombra, estos ángulos los extraemos con los planos de catastro y una herramienta CAD como veremos a continuación.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

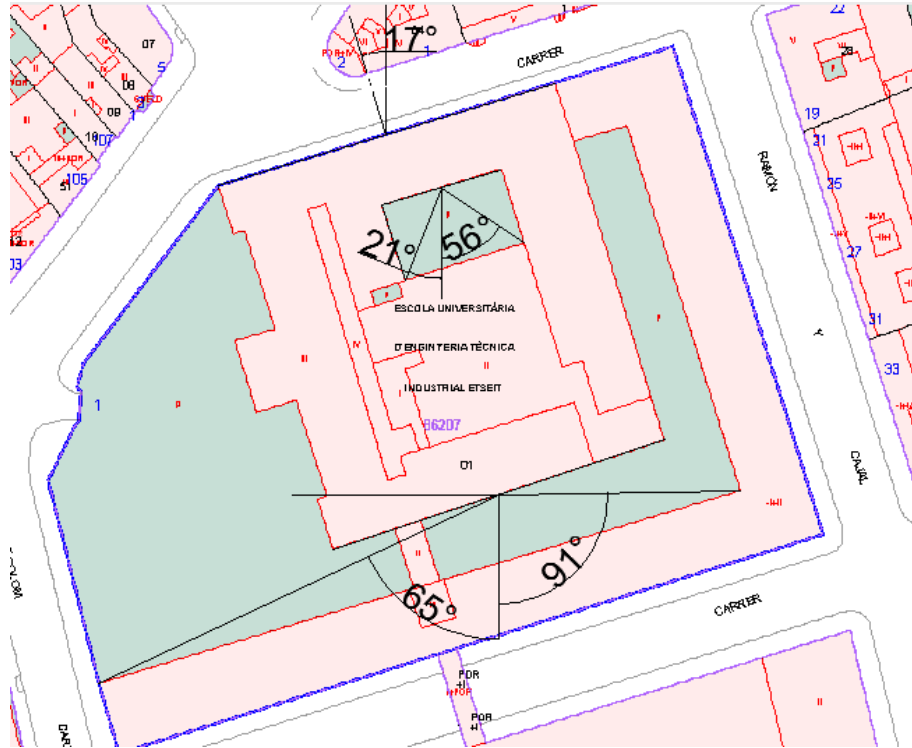


Figura 57 – Medición de ángulos en mapa del catastro.

Primero podemos en la Figura 57 ver el ángulo de 17° que mide la fachada que llamamos norte, como hemos explicado está en el rango para considerar orientación norte y no noroeste. Por lo tanto hemos procedido a introducir los patrones de sombra de las fachadas de orientación sur, menos en la fachada Oeste ya que es de pequeñas dimensiones y el obstáculo a introducir está lejos, de manera que influiría muy poco en las propiedades térmicas.

Las principales sombras que existen en las fachadas sur son las que hace el TR3 sobre el edificio estudiado y la sombra que hace el mismo TR1 sobre sí mismo en los patios interiores.

Los ángulos acimut introducidos en el programa para recrear la sombra que ejerce el TR3 sobre el TR1 son los 65° y -91° que extraemos de la Figura 57.

Para calcular estos ángulos se trazan las líneas desde el centro de la fachada sur examinada hasta los vértices del obstáculo. Una vez tenemos esas líneas lo que hacemos es medir el ángulo entre ellas y la línea del sur.

Para calcular la elevación tenemos que partir de que nuestra fachada tiene 15m y la elevación se mide desde el punto medio de ésta por lo tanto estamos a la mitad 7,5m. Mientras que el TR3 mide 11m, por lo tanto el cálculo de la elevación se hace con la resta de los dos 3,5m. Y con las distancias que antes

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

hemos medido en el catastro entre el centro de la fachada sur y los vértices del obstáculo. Por lo tanto los ángulos de elevación introducidos son $2,85^\circ$ y $5,19^\circ$.

Este es el resultado del patrón de sombra para la fachada sur:

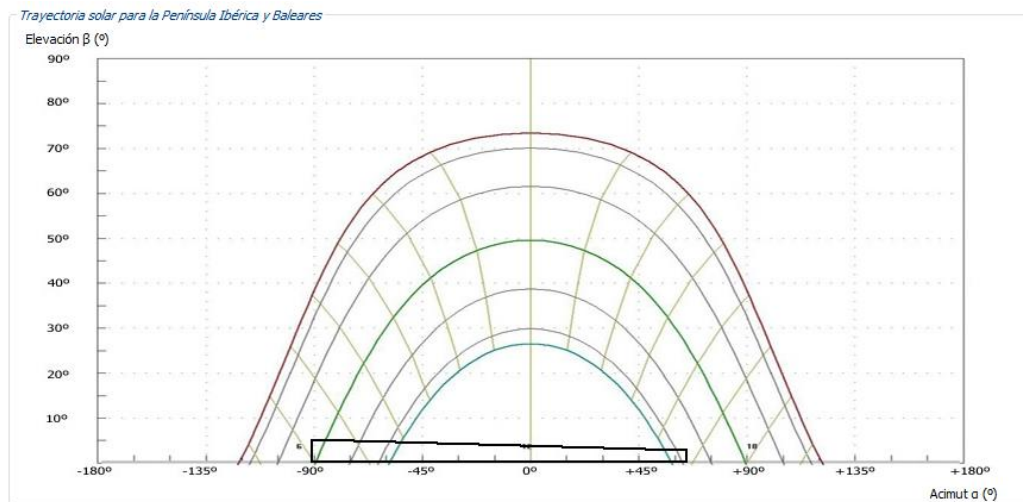


Figura 58 – Patrón de sombra de fachada sur.

Procedemos del mismo modo en el patio ajardinado, no obstante únicamente tomamos como obstáculos los muros paralelos.

Con los ángulos introducidos de acimut 21° y -56° y de elevación $26,65^\circ$ en los dos casos el resultado es el siguiente:

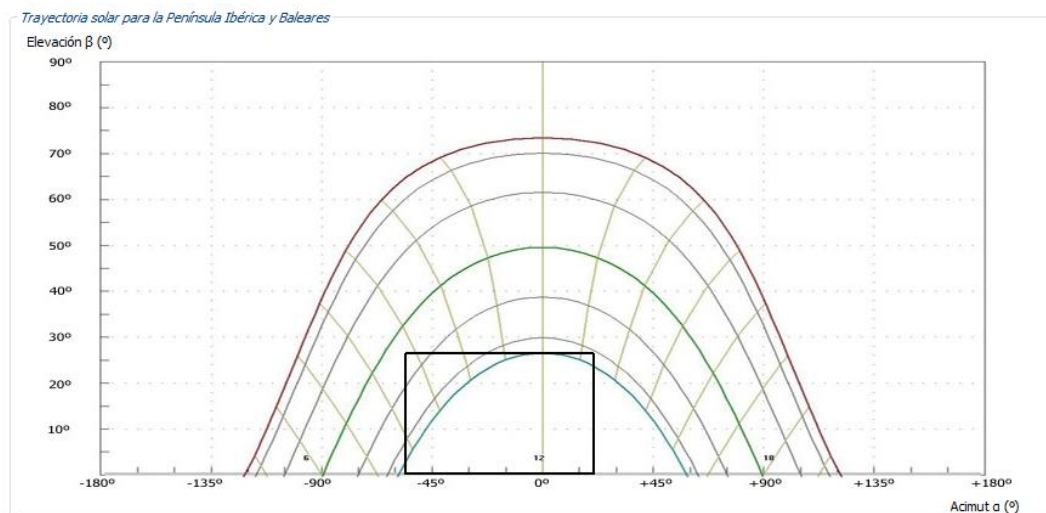


Figura 59 – Patrón de sombra de fachada patio ajardinado sur.

Para el patio pequeño desconocemos las distancias ya que en el plano del catastro es complicado identificarlo por lo que hemos procedido a hacer una sombra bastante pronunciada ya que por la experiencia del servicio de obras y

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

mantenimiento del campus Terrassa la mayor parte del año se encuentra a oscuras la fachada. El patrón de sombras introducido es:

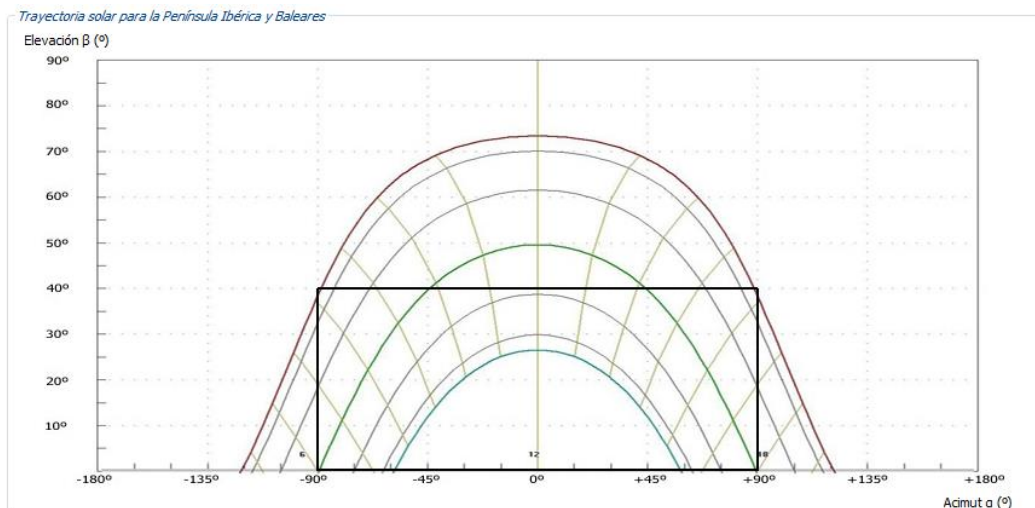


Figura 60 – Patrón de sombra de la fachada patio pequeño sur.

7.2.2. Resultados obtenidos

Una vez introducidos todos los datos y parámetros en el programa, para conseguir los valores de las propiedades térmicas del edificio, junto con sus instalaciones, el programa nos permite elaborar un informe sobre la certificación energética del edificio.

La calificación obtenida es del edificio TR1 mediante una certificación exhaustiva es la siguiente:

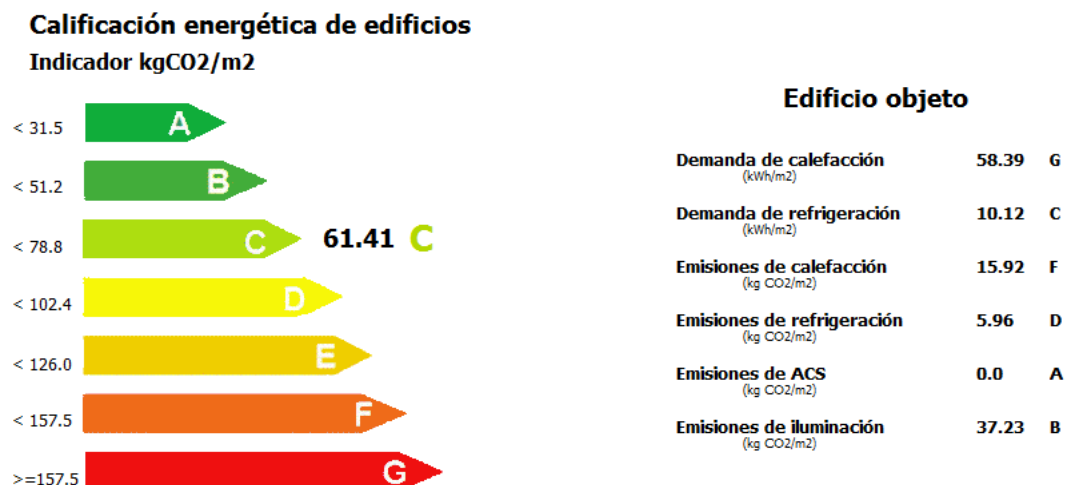


Figura 61 – Calificación de la certificación energética exhaustiva.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Como podemos ver en la Figura 61 la calificación obtenida es una C, además una C bastante holgada ya que el TR1 saca una puntuación de 61,41kgCO₂/m²año y el siguiente nivel está a 78,8.

No obstante este resultado es un poco engañoso ya que no hay buenas cualificaciones para las demandas o emisiones individuales. Lo que podríamos catalogar como trampa es que sale una calificación perfecta en las emisiones de agua caliente sanitaria, con una puntuación de 0, esto es debido a que el edificio estudiado no tiene agua caliente disponible.

Podemos ver una gran deficiencia en el edificio en las emisiones de calefacción que están catalogadas de clase F, no obstante las emisiones de refrigeración son aceptables y las emisiones de iluminación son buenas (B).

También podemos extraer del programa un informe de la certificación que se adjuntará en un anexo del estudio. Del informe se desprende la calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración. Obteniendo lo siguiente:

| DEMANDA DE CALEFACCIÓN | | DEMANDA DE REFRIGERACIÓN | |
|--|---------|--|---------|
| | 58.39 G | | 10.12 C |
| Demanda global de calefacción [kWh/m ² año] | | Demanda global de refrigeración [kWh/m ² año] | |
| 58.39 | | 10.12 | |

Figura 62 – Demanda calculada a partir de la certificación exhaustiva.

Como podemos ver en la Figura 62 la demanda de calefacción es muy elevada siendo de calificación G y la demanda de refrigeración es buena con calificación C. La demanda global de calefacción es de 58,39kWh/m²año mientras que la demanda global de refrigeración es de 10,12kWh/m²año.

7.3. Certificación básica

En este método de certificación introducimos los datos de todos los muros por defecto sin tener en cuenta de que material están hechos.

Es un método de certificación mucho más rápido que el anterior ya que no se tienen que definir los tipos de cerramientos.

Procedemos a la introducción como se explica a continuación.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

7.3.1. Envoltente tèrmica

Como hemos explicado en el capítulo anterior 7.2.1. la envoltente tèrmica incluye todos los cerramientos que limitan entre la superficie habitable del edificio y el ambiente exterior. Por lo tanto en este apartado se introducen cubiertas, muros, suelo, particiones interiores, huecos/lucernarios (ventanas) y los puentes tèrmicos.

Y empezamos a definir los diferentes elementos.

7.3.1.1. Cubierta

Las cubiertas se introducen de la misma manera que se habían introducido en la certificación exhaustiva. Por lo tanto está explicada la manera de introducir las en el apartado 7.2.1.1.

Por lo que ni añadimos explicaciones adicionales sobre los datos introducidos en el programa, ni sobre el proceso de obtención de datos.

7.3.1.2. Muro

En este caso introducimos los muros simplemente por orientación, al introducir todos los muros por defecto no tenemos que preocuparnos de que material están hechos o si hay alguna parte en la que la fachada cambia de material. Por lo que todos los muros pasan a tener una transmitancia tèrmica de $3\text{W/m}^2\text{K}$.

Por lo que las fachadas norte, sur y este serán solo una y tendremos que introducir todos los huecos de esa orientación en ellas. Lo que hace la fachada norte pasa a tener $820,159\text{m}^2$, la fachada este a tener $608,287\text{m}^2$ y la fachada sur a tener $843,319\text{m}^2$.

Esto es debido al hecho de que anteriormente la fachada norte se dividía en 3 tipos y ahora pasa a ser una única fachada, mientras que las fachadas este y sur pasan de ser de dos tipos a uno.

Todo lo demás se introduce de la misma manera, cambiando únicamente cuando se nos piden las propiedades tèrmicas, en tal caso tenemos que dejarlas por defecto.

El muro de medianera queda de la misma forma.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

En resumen las únicas fachadas que se ven transformadas son la norte, este y sur mientras que en las demás lo único que se modifica respecto al apartado 7.2.1.2. es dejar las propiedades térmicas por defecto.

7.3.1.3. Suelo

El suelo lo introducimos de la misma manera en el programa que con la otra certificación. La única diferencia es que al introducir las propiedades térmicas se dejan por defecto, sin tener que introducir el perímetro como habíamos hecho en la exhaustiva al definir propiedades térmicas estimadas. Por lo que se obtiene una transmitancia de $1\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

7.3.1.4. Partición interior

Se tienen en cuenta las mismas particiones interiores, y como en la certificación exhaustiva ya habíamos introducido sus propiedades térmicas por defecto, se introducen de la misma forma que el apartado 7.2.1.4.

7.3.1.5. Hueco/Lucernario

Se introducen las mismas y de la misma forma las ventanas y puertas que se habían introducido en el apartado 7.2.1.5.

Lo único que varía es el cerramiento asociado de algunos huecos, anteriormente (en la certificación exhaustiva) se había seleccionado exactamente a qué tipo de muro estaban asociadas, ahora todas las ventanas de las fachadas norte, este y sur irán al mismo muro de su correspondiente orientación.

7.3.1.6. Puentes térmicos

Se tienen en cuenta los mismos puentes térmicos que en la certificación exhaustiva, también se introducen de igual forma ya que se habían introducido por defecto. Por lo que no varía nada en respecto al apartado 7.2.1.6.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

7.3.1.7. Patrones de sombra

Se introducen de la misma forma que el apartado 7.2.1.7.

7.3.2. Resultados obtenidos

Una vez finalizada la introducción de todos los datos de la certificación básica, utilizando los valores de transmitancia térmica por defecto en cubiertas, muro, suelo, partición interior, puentes térmicos y patrones de sombra, el programa permite calificar energéticamente el edificio.

La calificación obtenida es del edificio TR1 mediante una certificación básica es la siguiente:

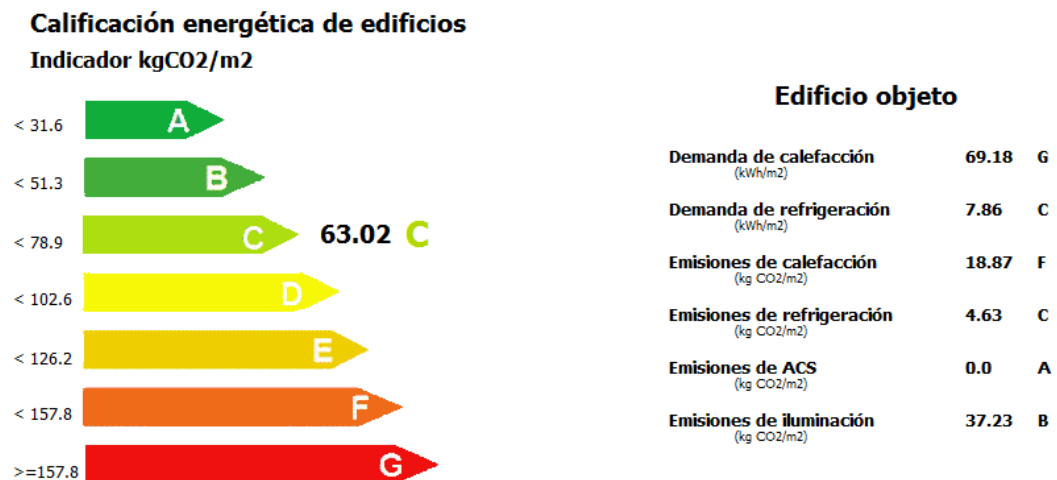


Figura 63 - Calificación de la certificación energética básica.

Volvemos a tener una certificación buena con letra C. De la misma manera tenemos una calificación de C holgada ya que el edificio obtiene un indicador de 63,02kgCO₂/m²año.

En la certificación básica tenemos unos valores aceptables de emisiones de iluminación y refrigeración, además de una excelente calificación en agua caliente sanitaria, como se ha comentado antes el edificio no dispone de agua caliente por lo que esta calificación es engañosa. No obstante las medidas de emisiones de calefacción son malas calificadas con una F.

Las emisiones de calefacción son 18,87kgCO₂/m²año, las de refrigeración de 4,63kgCO₂/m²año, las de ACS 0 y las de iluminación 37,23kgCO₂/m²año.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

También podemos extraer del programa un informe de la certificación que se adjuntará en un anexo del estudio. Del informe se desprende la calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración. Obteniendo lo siguiente:

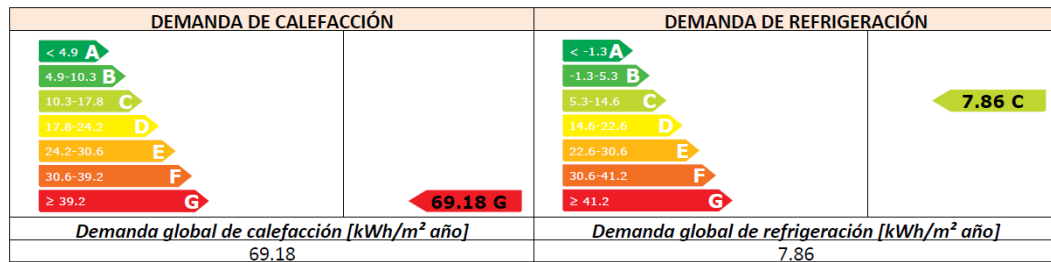


Figura 64 - Demanda calculada a partir de la certificación básica.

Como podemos ver en la Figura 64 la demanda de calefacción es muy elevada siendo de calificación G y la demanda de refrigeración es buena con calificación C. La demanda global de calefacción es de 69,18kWh/m²año mientras que la demanda global de refrigeración es de 7,86kWh/m²año.

8. Certificación monitorizada

Para realizar una certificación monitorizada necesitamos recolectar datos de consumo de agua, gas y electricidad del edificio TR1 y exponerlos. Para ello nos valemos de la base de datos SIRENA, que pertenece a la Universitat Politècnica de Catalunya.

En esta base de datos se encuentran los datos de consumo real de energía para diferentes edificios que pertenecen a la UPC. Pero nosotros solo elegiremos y analizaremos los datos que sean del TR1 Campus Terrassa.

En la base de datos se nos permite evaluar el periodo de tiempo que deseemos, en este caso se estudiarán el consumo del último año y la media del consumo de los últimos 4 años.

También nos permite seleccionar el tipo de frecuencia de datos, desde 15 minutos hasta mensual, como vamos a estudiar el período de un año usaremos la frecuencia mensual.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

8.1. Análisis del consumo de gas

En la base de datos SIRENA obtenemos los datos de consumo de gas, no obstante las calderas de gas dan servicio a los 3 edificios del recinto, TR1, TR2 y TR3, por lo que el consumo de gas que obtenemos es el de los tres edificios juntos y nosotros solo estamos interesados en el consumo del TR1.

Por esta razón deberemos aplicar una corrección a los datos extraídos. Esto lo haremos según las superficies que ocupa el TR1 comparado con la suma de superficie total (TR1 más TR2 y TR3). Las superficies de los diferentes edificios del recinto son las siguientes:

Tabla 11 – Superficies de los edificios del recinto.

| Edificio | Superficie (m ²) |
|--------------|------------------------------|
| TR1 | 9429,19 |
| TR2 | 2939,66 |
| TR3 | 2573,40 |
| Total | 14942,25 |

Como el consumo de gas se refiere a la superficie total y sabiendo que nuestro edificio estudiado tiene una superficie de 9429,19m², con un pequeño cálculo obtenemos el factor de corrección para tener el consumo de gas del TR1.

$$\text{Factor de corrección} = \frac{9429,19}{14942,25} = 0,631$$

Ahora multiplicando los consumos mensuales obtenidos en la base de datos por este factor obtendremos el consumo únicamente del TR1.

Analizaremos los datos del último año natural 2015, del 1 de enero al 31 de diciembre, y la de 4 años del 1 de enero del año 2012 hasta el 31 de diciembre del 2015.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Los consumos mensuales del TR1 en el último año (2015) son los siguientes:

Tabla 12 – Consumo de gas natural mensual para el año 2015.

| Mes | Consumo de gas (kWh) |
|------------|----------------------|
| Enero | 135931,83 |
| Febrero | 121128,07 |
| Marzo | 76398,16 |
| Abril | 17546,52 |
| Mayo | 44,48 |
| Junio | 0,00 |
| Julio | 0,00 |
| Agosto | 0,00 |
| Septiembre | 0,00 |
| Octubre | 81,54 |
| Noviembre | 61223,79 |
| Diciembre | 73143,86 |

Si lo representamos gráficamente obtenemos:

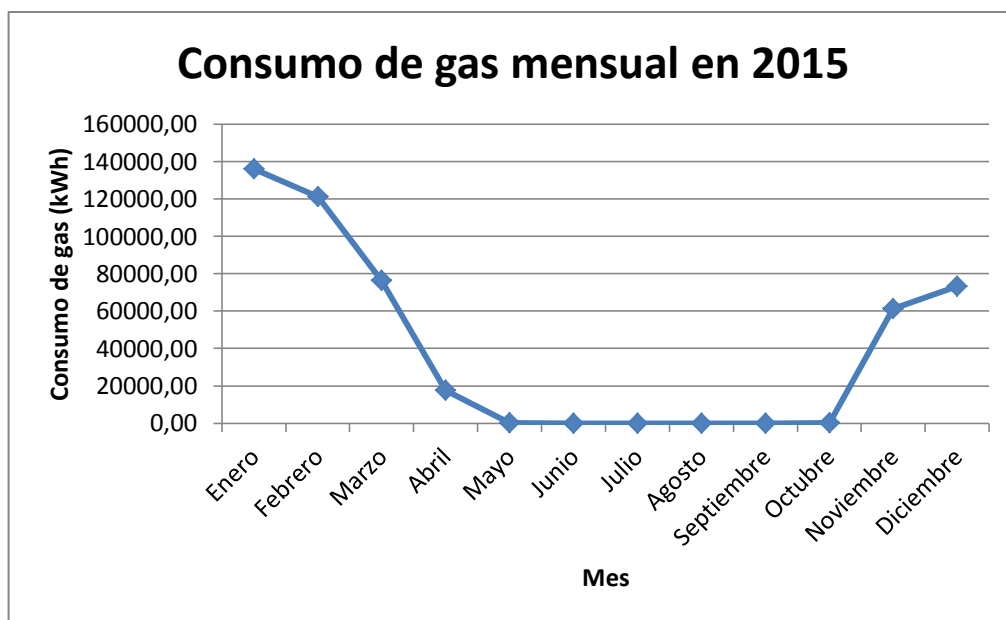


Figura 65 – Gráfico del consumo de gas mensual en 2015.

Como vemos en el gráfico de la Figura 65, y como sería totalmente intuitivo, en los meses de verano no existe el consumo de gas ya que el único consumo de gas que existe en el edificio lo realiza la caldera. Y la caldera es la encargada de la calefacción del edificio que es totalmente innecesaria en verano.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Durante el año 2015 el mes en el que hubo más consumo de gas que sirve para satisfacer la demanda de calor fue enero, en el que el consumo de gas fue de 135931,83kWh.

Para dar más validez a los datos obtenidos analizamos los datos de 4 años, todos los que hay disponibles de consumo de gas en la base de datos SIRENA, siendo analizados los años 2012, 2013, 2014 y 2015.

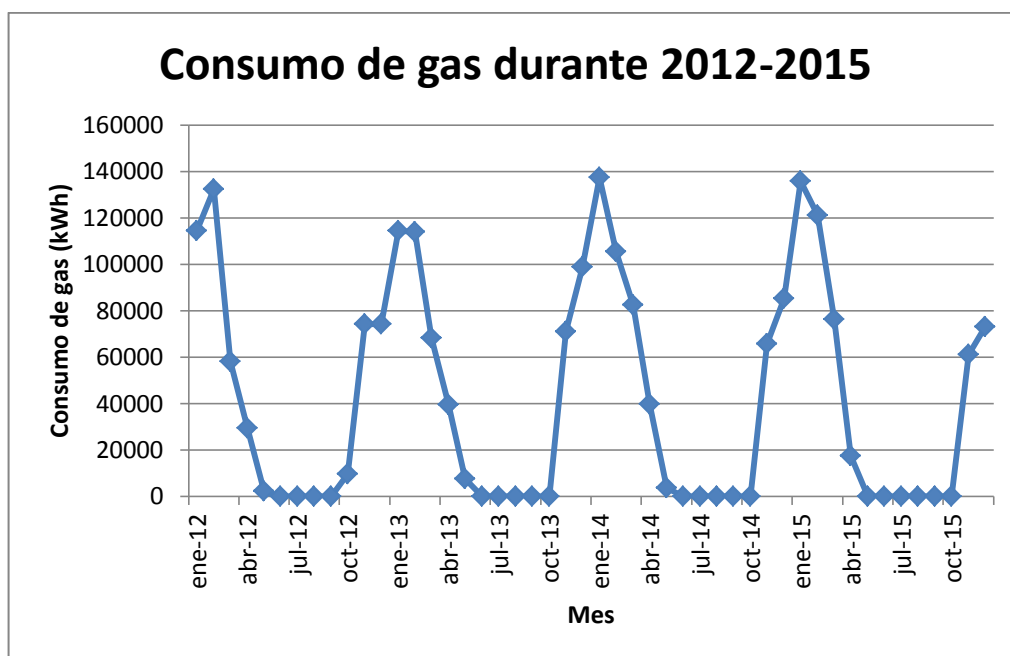


Figura 66 - Gráfico del consumo de gas mensual durante el período 2012-2015.

Como vemos en el gráfico de la Figura 66 el consumo de gas sigue el mismo patrón, el mes de cada año con más consumo es enero y los meses en los que no hay consumo de gas son los de verano.

Para que los datos sean más verídicos y borrar las posibles variaciones debidas a los fenómenos meteorológicos hacemos un promedio para cada mes de los consumos de los 4 años.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

El promedio de los consumos para cada mes son:

Tabla 13 – Promedio de consumo de gas natural.

| Mes | Consumo de gas (kWh) |
|------------|----------------------|
| Enero | 125581,44 |
| Febrero | 118275,92 |
| Marzo | 71305,45 |
| Abril | 31540,38 |
| Mayo | 3332,12 |
| Junio | 11,12 |
| Julio | 0,00 |
| Agosto | 0,00 |
| Septiembre | 0,00 |
| Octubre | 2474,08 |
| Noviembre | 68003,30 |
| Diciembre | 82898,98 |

Si lo representamos gráficamente obtenemos:

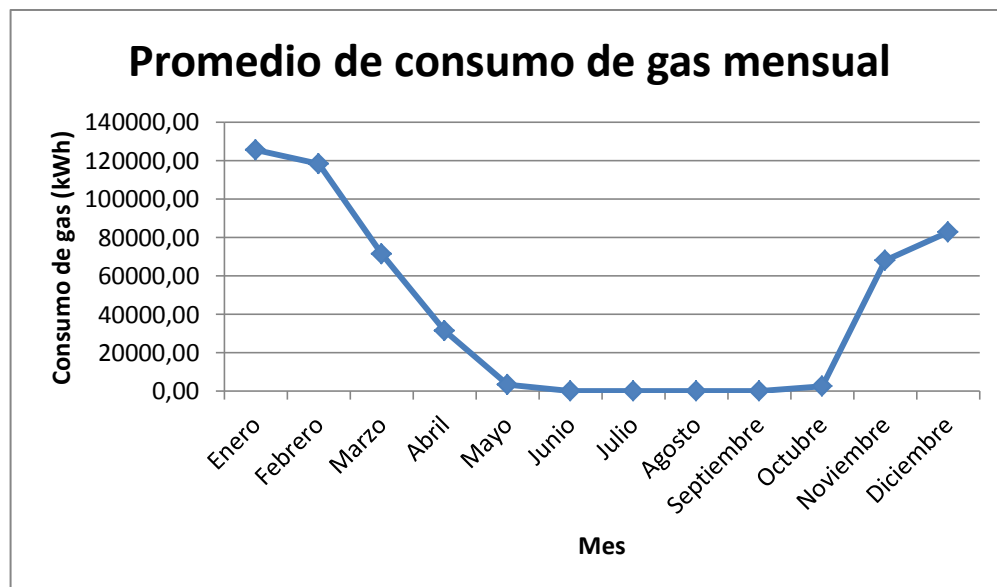


Figura 67 – Gráfico del promedio de consumo de gas.

Este es el consumo de gas utilizado para la calefacción, por eso esta es la demanda de energía para el sistema de calefacción.

La suma del consumo de energía en gas durante un año es de 50.3422,80kWh/año.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

8.2. Análisis del consumo de agua

Pese a que no tenemos consumo de agua caliente en el TR1 vamos a mostrar los datos de consumo de agua del edificio.

Como pasa con el gas solo tenemos datos de consumo de agua para todo el recinto, esto incluye TR1, TR2 y TR3. Por lo que tenemos que utilizar el mismo factor de corrección, aunque en este caso no es tan seguro que el consumo de agua vaya en proporción con la superficie, creemos que es un indicativo para corregir los valores.

En este caso pasamos directamente a realizar un gráfico durante el período comprendido entre enero del 2012 y diciembre de 2015.

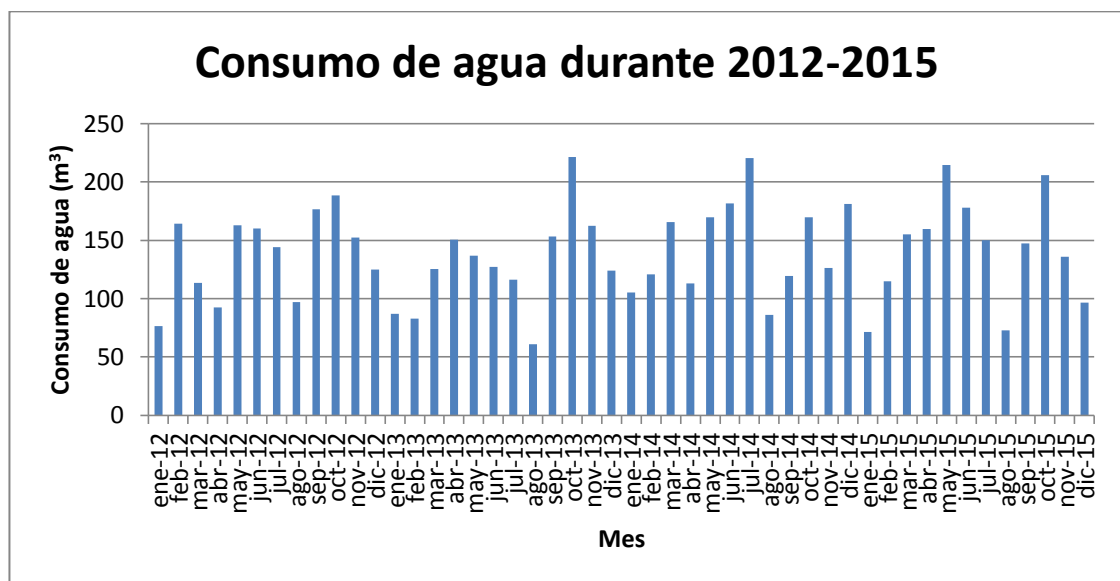


Figura 68 - Gráfico del consumo de agua mensual durante el período 2012-2015.

La única similitud que encontramos entre los años es que los meses de menos consumo son agosto, esto es debido a la baja afluencia de personas que tiene el TR1 comparado con otros meses. Por lo demás vemos un comportamiento caótico del consumo de agua.

Por lo que vamos a analizar el consumo anual de agua.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Tabla 14 – Consumo anual de agua.

| Año | Consumo de agua (m ³) |
|------|-----------------------------------|
| 2012 | 1652,7152 |
| 2013 | 1663,1905 |
| 2014 | 1581,8336 |
| 2015 | 1593,9173 |

Por lo que podemos concluir que aproximadamente el consumo anual de agua es el similar, por lo que hacemos el promedio del consumo anual.

Y el consumo promedio de agua anual es de 1622,914m³.

8.3. Análisis del consumo de electricidad

En la base de datos SIRENA tenemos diferenciado el consumo de electricidad y el consumo de electricidad debido a la climatizadora, fan-coil y MRV. También aparece el consumo de electricidad SOS, que suponemos a sistemas de seguridad y que no analizaremos en el trabajo.

En los dos casos tenemos diferenciado el consumo del TR1 sin que se contabilice el consumo eléctrico de los otros edificios del recinto.

No obstante como tenemos dos datos diferentes de electricidad vamos a analizarlos por separado.

8.3.1. Consumo eléctrico debido a la climatización

En este caso en la base de datos se especifica que es la energía consumida por la climatizadora, fancoils y MRV. Por lo que únicamente se consume en la climatización por frío del edificio.

Extraemos los datos del consumo de electricidad mensual para 2015:

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Tabla 15 – Consumo de electricidad mensual para el año 2015.

| Mes | Consumo de electricidad para climatización (kWh) |
|------------|--|
| Enero | 0,01 |
| Febrero | 0,03 |
| Marzo | 0,00 |
| Abril | 0,00 |
| Mayo | 303,88 |
| Junio | 765,67 |
| Julio | 1.244,06 |
| Agosto | 129,35 |
| Septiembre | 455,93 |
| Octubre | 117,82 |
| Noviembre | 0,00 |
| Diciembre | 0,00 |

Si lo representamos gráficamente queda de la siguiente forma:

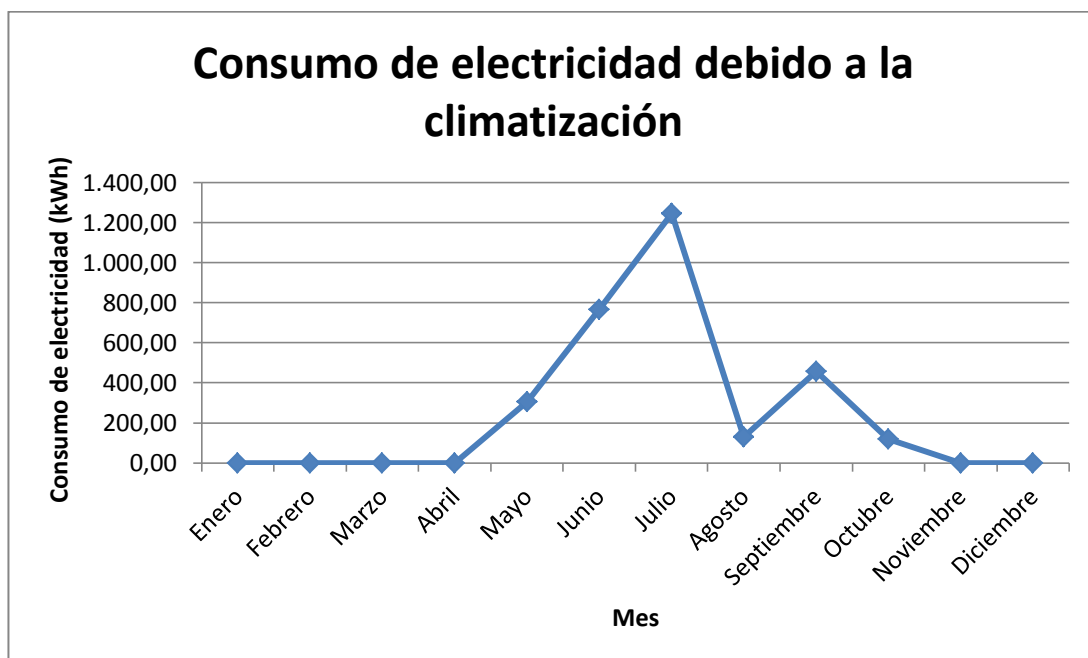


Figura 69 – Gráfico de consumo de electricidad debido a la climatización en 2015.

Como podemos ver, tanto en la Tabla 15 como en la Figura 69, el consumo de electricidad para la climatización del edificio es nulo en los meses fríos, mientras que en el verano hay una bajada de consumo en agosto cuando parte del

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Tabla 16 – Promedio de consumo de electricidad debido a la climatización.

| Mes | Consumo de electricidad (kWh) |
|------------|-------------------------------|
| Enero | 0,01 |
| Febrero | 0,04 |
| Marzo | 0,00 |
| Abril | 0,00 |
| Mayo | 170,84 |
| Junio | 538,69 |
| Julio | 759,53 |
| Agosto | 102,06 |
| Septiembre | 511,12 |
| Octubre | 223,65 |
| Noviembre | 0,00 |
| Diciembre | 0,00 |

Si lo representamos gráficamente:

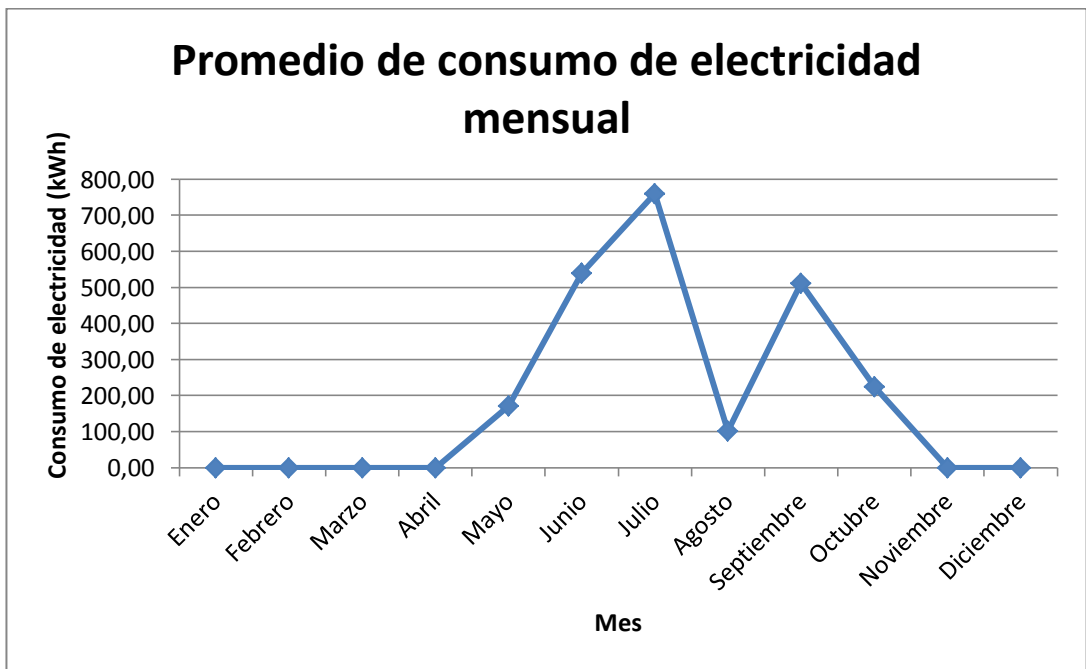


Figura 71 – Gráfico del promedio de consumo de gas.

Este es el consumo de electricidad utilizado para la refrigeración, por eso esta es la demanda de energía para el sistema de refrigeración.

La suma de la energía consumida en electricidad para calefacción un año es de 2.305,94kWh/año.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

8.3.2. Consumo eléctrico

Estos son los datos que se obtienen de la base de datos sirena del consumo eléctrico. Este consumo eléctrico no tiene en cuenta los aparatos que componían al anterior consumo eléctrico, como son la climatizadora, los fancoils y el MRV.

El gráfico de los datos obtenidos para el año 2015 es:

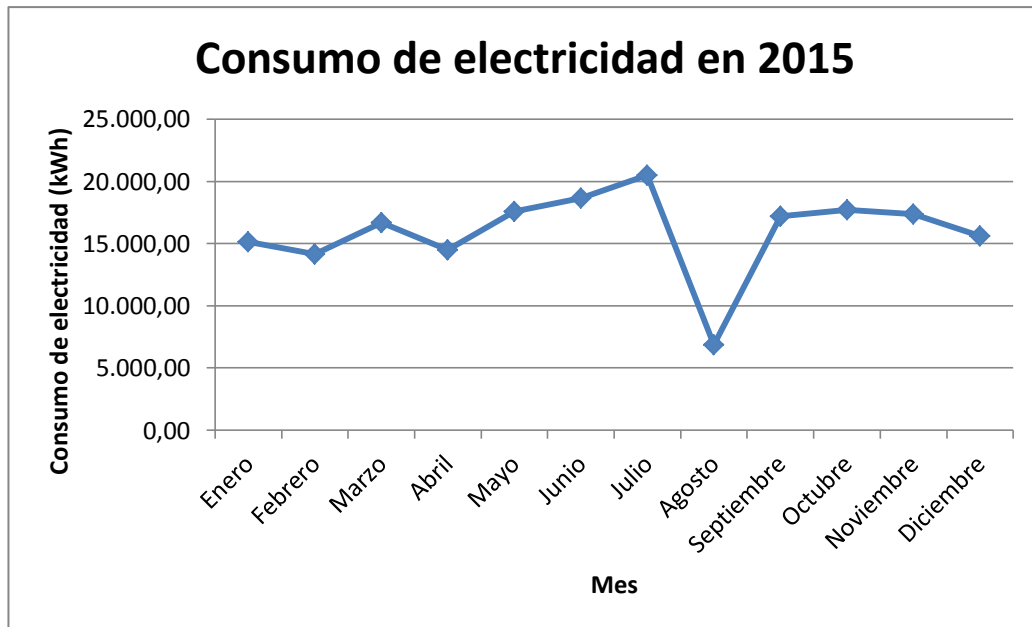


Figura 72 – Gráfico de consumo de electricidad mensual durante 2015.

Como podemos observar en la Figura 72 el consumo de electricidad en el mes de agosto desciende respecto a los otros meses. Esto se debe a que en agosto la universidad cierra parcialmente y la afluencia de personas es mucho menor.

Para dar más validez a los datos obtenidos analizamos los datos de 4 años, todos los que hay disponibles de consumo de electricidad en la base de datos SIRENA, siendo analizados los años 2012, 2013, 2014 y 2015.

En este caso encontramos dos puntos anómalos en los datos facilitados por las bases de datos SIRENA, uno de ellos suponemos que es la falta de coma que subsanamos fácilmente, pero el otro no encontramos respuesta ni sentido y decidimos por coger un valor entre el mes que le precede y el que les sigue.

Como resultado obtenemos la siguiente gráfica:

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

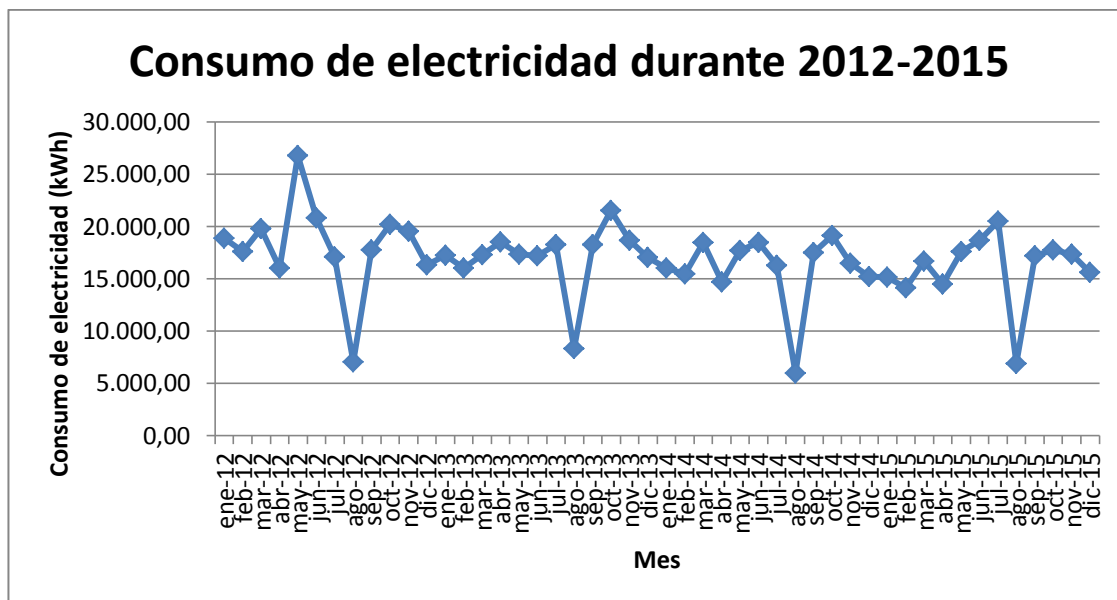


Figura 73 – Gráfico del consumo de electricidad mensual durante el período 2012-2015.

Después de analizar el gráfico no encontramos ningún patrón entre los consumos de electricidad. El único es el descenso de consumo en el mes de agosto, todo lo demás son valores similares pero sin que se repita una tendencia.

Para que los datos sean más verídicos y borrar las posibles variaciones debidas a los fenómenos meteorológicos hacemos un promedio de los consumos de los 4 años.

Por lo que vamos a analizar el consumo anual de la electricidad.

Tabla 17 – Consumo anual de electricidad.

| Año | Consumo de electricidad (kWh) |
|------|-------------------------------|
| 2012 | 217.793,63 |
| 2013 | 216.193,06 |
| 2014 | 214.616,85 |
| 2015 | 212.143,40 |

Por lo que podemos concluir que aproximadamente el consumo anual de electricidad es el similar, por lo que hacemos el promedio del consumo anual.

Y el consumo promedio de agua anual es de 215.186,74kWh/año.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

8.4. Resultados de la certificación monitorizada

A partir de los datos extraídos de la base de datos SIRENA y su posterior tratamiento, se obtiene una calificación en base a la certificación monitorizada.

El agua no lo tenemos en cuenta en este apartado ya que el edificio no dispone de agua caliente y por lo tanto no se tendrá en cuenta a la hora de hacer la calificación energética.

Para realizar los cálculos necesarios para obtener la calificación, primero tenemos que tener en cuenta que las energías tratadas en los consumos son energía secundaria, mientras que las usadas para la realización son energía primaria. La energía primaria es la que podemos extraer de la materia prima mientras que la secundaria es la energía útil que consumimos en casa, la energía hasta utilizarla se va perdiendo a causa de la transformación, el transporte y la distribución, además una vez llega a casa también debemos considerar que los aparatos usados tienen un rendimiento donde se puede perder más energía.

Por tanto la energía consumida la tenemos que tratar antes de poder calcular la calificación energética, ya que hay que convertirlas en energía primaria.

Para calcular el consumo por unidad de superficie tenemos que dividir el consumo anual entre la superficie habitable que hemos considerado en la certificación, que en el caso del TR1 es de 8262,1m².

Posteriormente tenemos que multiplicar el valor de consumo por un factor de conversión proporcionado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Tabla 18 – Energía primaria consumida en la certificación monitorizada.

| | Total TR1 (kWh/año) | Por superficie (kWh/m ² año) | Factor de conversión | Energía primaria (kWh/m ² año) |
|---|------------------------|--|-------------------------|---|
| Gas | 503422,80 | 60,932 | 1,195 | 72,814 |
| Electricidad debida a la climatización | 2305,94 | 0,289 | 2,461 | 0,711 |
| Electricidad varia | 215186,74 | 26,045 | 2,461 | 64,097 |

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

9. Comparación de resultados

Una vez realizadas las certificaciones exhaustiva, básica y monitorizada vamos a comparar los resultados obtenidos.

Además de comparar los diferentes resultados también entramos en discusión del tiempo usado para la realización de cada una de las certificaciones, por lo que también se valorará la certificación más costosa, ya que la más larga en horas será la más cara.

En un principio es más fácil comparar entre si las dos certificaciones realizadas con el programa CE3X, pero como hemos realizado en el apartado anterior 8.4. la transformación de la energía útil o secundaria a energía primaria, podremos comparar la energía consumida con la demanda de energía que nos muestran las certificaciones exhaustiva y básica.

Los consumos de energía primaria en la certificación exhaustiva son:

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|--|-----------------|--|---|--|---|--|
| | 261.77 C | CALEFACCIÓN | | ACS | | |
| | | 1.92 | F | 0.0 | A | |
| | | <i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i> | | <i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i> | | |
| | | 78.84 | | 0.00 | | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | | |
| | | 0.6 | B | 0.62 | B | |
| <i>Consumo global de energía primaria [kWh/m² año]</i> | | <i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i> | | <i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i> | | |
| 261.77 | | 23.98 | | 149.72 | | |

Figura 74 – Consumo de energía primaria obtenido en la certificación exhaustiva.

Los consumos de energía primaria en la certificación básica son:

| INDICADOR GLOBAL | | INDICADORES PARCIALES | | | | |
|--|-----------------|--|---|--|---|--|
| | 270.98 C | CALEFACCIÓN | | ACS | | |
| | | 2.32 | G | 0.0 | A | |
| | | <i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i> | | <i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i> | | |
| | | 93.41 | | 0.00 | | |
| | | REFRIGERACIÓN | | ILUMINACIÓN | | |
| | | 0.45 | B | 0.62 | B | |
| <i>Consumo global de energía primaria [kWh/m² año]</i> | | <i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i> | | <i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i> | | |
| 270.98 | | 18.62 | | 149.72 | | |

Figura 75 – Consumo de energía primaria obtenido en la certificación básica.

Mientras que los resultados obtenidos de la certificación monitorizada se muestran en la Tabla 18 y se resumen en la siguiente tabla:

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Tabla 19 – Consumo de energía primaria obtenido en la certificación monitorizada.

| Tipo de energía | Energía primaria (kWh/m ² año) |
|--|---|
| Gas | 72,814 |
| Electricidad debida a la climatización | 0,711 |
| Electricidad varia | 64,097 |

De la certificación monitorizada podemos asegurar que la energía primaria consumida en gas es la energía de demanda de calefacción. De misma manera podemos asegurar que la energía primaria consumida en electricidad debida a la climatización es la energía de demanda de refrigeración. No obstante debemos tener cuidado al asegurar que la energía primaria consumida en electricidad varia es totalmente iluminación ya que esta electricidad es usada por los demás equipos conectados en el edificio como pueden ser ordenadores. Por otro lado en la base de datos SIRENA no se especifica que la electricidad consumida en splits no se contabilice en este tipo. Por lo que la electricidad varia también puede ser contabilizada en refrigeración.

Ahora bien si condensamos toda la información en una tabla obtenemos:

Tabla 20 – Comparación de la demanda de energía primaria.

| Tipo de demanda | Exhaustiva (kWh/m ² año) | Básica (kWh/m ² año) | Monitorizada (kWh/m ² año) |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Calefacción | 78,84 | 93,41 | 72,81 |
| Refrigeración | 23,98 | 18,62 | 0,71* |
| Iluminación | 149,72 | 149,72 | 64,10* |
| Total | 252,54 | 261,75 | 137,62 |

(*) – Puede que haya parte de la energía contabilizada en iluminación que debería estar en refrigeración.

Como podemos observar en la Tabla 20 los datos de todas varían un poco, las únicas que son exactamente iguales son las demandas de energía en iluminación de las dos certificaciones mediante el programa CE3X ya que se introducen de la misma manera.

Por otro lado vemos que las demandas de calefacción de la certificación exhaustiva y el consumo en la monitorizada son similares. Mientras que la de la certificación básica ya se distancia un poco.

Donde sí se ve una gran diferencia es en la demanda de energía en iluminación. La obtenida en la certificación monitorizada es muy inferior, sin tener en cuenta que en la monitorizada debería ser incluso menor como se ha explicado antes.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Esto podría deberse a que muchas veces las clases se realizan con las luces apagadas, utilizando la luz solar, y que hay diversas aulas que no utilizan todas las horas de apertura al público. No obstante se nos antoja demasiada diferencia simplemente por esa razón.

Vemos también que la demanda de refrigeración en la monitorizada es muy inferior a la extraída en el programa CE3X. Esto puede ser debido, como hemos explicado antes, a que parte de la energía de iluminación de la monitorizada también se tenga que trasladar a la refrigeración. De la misma manera que en la iluminación, la refrigeración puede estar controlada aula por aula y si no hay nadie se apagará para ahorrar energía, teniendo en cuenta además que no en todas las aulas existe salida de refrigeración y se recurre a la ventilación natural por las ventanas.

Analizando el tiempo dedicado a la realización de las certificaciones vemos que hay bastante diferencia, lo que supone que su coste también es diferente.

Si tenemos en cuenta el tiempo empleado en cada certificación obtenemos:

Tabla 21 – Coste asociado a la certificación exhaustiva.

| | Horas dedicadas | Coste unitario (€/hora) | Coste (€) |
|---|-----------------|-------------------------|-----------|
| Recogida de datos | 70 | 25 | 1750 |
| Introducción y tratamiento de los datos | 65 | 25 | 1625 |
| Análisis de resultados y redacción del informe | 45 | 25 | 1125 |
| Total | 180 | 25 | 4500 |

Tabla 22 – Coste asociado a la certificación básica.

| | Horas dedicadas | Coste unitario (€/hora) | Coste (€) |
|---|-----------------|-------------------------|-----------|
| Recogida de datos | 50 | 25 | 1250 |
| Introducción y tratamiento de los datos | 45 | 25 | 1125 |
| Análisis de resultados y redacción del informe | 35 | 25 | 875 |
| Total | 130 | 25 | 3250 |

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Tabla 23 – Coste asociado a la certificación monitorizada.

| | Horas dedicadas | Coste unitario (€/hora) | Coste (€) |
|---|-----------------|-------------------------|-----------|
| Recogida de datos | 5 | 25 | 125 |
| Introducción y tratamiento de los datos | 10 | 25 | 250 |
| Análisis de resultados y redacción del informe | 30 | 25 | 750 |
| Total | 45 | 25 | 1125 |

Las variaciones de horas entre la certificación básica y la exhaustiva vienen determinadas por la no necesidad de especificar materiales de las fachadas y calcular por defecto la transmitancia térmica, lo que hace más rápido todo el proceso.

Observando las tres tablas anteriores podemos ver claramente que la certificación monitorizada es mucho más rápida y barata que las realizadas con el programa CE3X. Esto es debido a que la recogida de datos en nuestro caso es muy rápida ya que están disponibles online en internet. No obstante debido al factor de corrección usado al no tener los datos diferenciados con los otros edificios del recinto significa que no sea un buen método. Sin olvidarnos que con este método no conseguiríamos la etiqueta energética, una de las razones por las que se hacen estudios energéticos. No obstante su barato precio 1125€ sin IVA hace que sea una buena forma de tener una idea del consumo de energía del edificio.

Entre la certificación exhaustiva y la básica vemos que los resultados no varían demasiado de uno mientras que el precio es substancialmente mayor en la certificación exhaustiva. Pasa de los 3250€ sin IVA que cuesta la básica a los 4500€ que cuesta la exhaustiva. Con los resultados en la mano podemos decir que al haber tan poca variación en los resultados de las certificaciones la certificación que se recomendaría es la certificación básica.

10. Medidas de mejora

Al finalizar la calificación energética mediante el programa CE3X, se nos permite también estudiar posibles mejoras, para que puedan ser aplicadas en el edificio y fomentar el ahorro energético y el ahorro en las facturas de energías. Junto con las emisiones derivadas de la producción de energía.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Hemos estudiado las medidas de mejora sobre la certificación exhaustiva, aunque en el apartado anterior se recomienda realizar la certificación básica, esta es la que obtiene unos resultados más reales por introducir más datos conocidos.

Como no se considera introducir obras mayores en el TR1 se consideran las opciones menos molestas para los estudiantes y más rápidas de introducir.

10.1. Ventanas de doble cristal

Se ha estudiado la sustitución de las ventanas por unas nuevas. Consideramos la introducción de ventanas de doble cristal con marco de PVC.

Al buscar en las medidas de mejora seleccionamos nuevos parámetros característicos del vidrio y se introducen los vidrios dobles bajo emisivos 0,1-0,2 en posición vertical y se seleccionan los primeros VER_DB1_4-6-4.

Se establece que el marco sea de PVC de dos cámaras

Y huecos estancos de permeabilidad ya que no serán del tipo corredera.

Estas medidas de mejora lo que nos hace es tener menos pérdidas de calor por las ventanas.

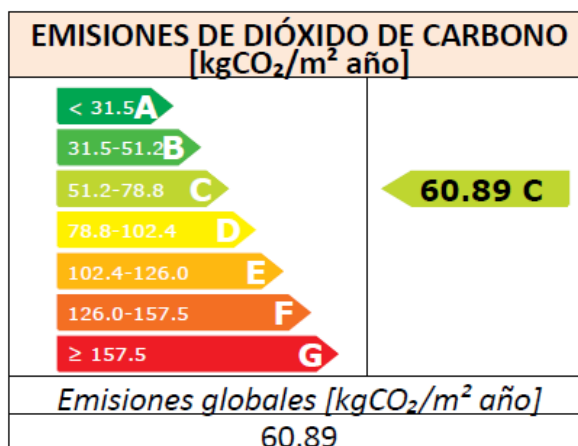


Figura 76 – Calificación obtenida con mejora de las ventanas.

Vemos que las emisiones han bajado; no obstante la bajada es muy pequeña ya que de 61,41 pasamos a 60,89kgCO₂/m²año.

Si vemos más en detalle la comparación de emisiones y demandas que nos muestra el programa vemos por qué hay tan poca variación.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

| RESULTADOS | Medidas mejora | Caso base | Ahorro |
|----------------------------|----------------|-----------|---------|
| Demanda de calefacción | 52.2 G | 58.4 G | 10.5 % |
| Demanda de refrigeración | 11.9 C | 10.1 C | -18.0 % |
| Emisiones de calefacción | 14.2 E | 15.9 F | 10.6 % |
| Emisiones de refrigeración | 7.0 D | 6.0 D | -18.0 % |
| Emisiones de ACS | 0.0 A | 0.0 A | 0 % |
| Emisiones de iluminación | 37.3 B | 37.2 B | -0.2 % |
| EMISIONES GLOBALES | 60.9 C | 61.4 C | 0.8 % |

Figura 77 – Comparación de demandas y emisiones con ventanas nuevas.

Como vemos en la Figura 77 es cierto que la demanda de calefacción, junto con sus emisiones, desciende pero también vemos que la demanda de refrigeración, y sus emisiones, aumenta. Incluso en tanto por ciento empeoramos más de lo que mejoramos.

No obstante como se gasta mucho más en calefacción, y un leve descenso en este sector comparado con un mayor aumento en refrigeración sigue saliendo positivo.

Pese a todo el ahorro en emisiones globales es del 0,8%, demasiado pequeño. Pero en demanda de energía ahorraríamos 4,4kWh/m²año, para lo que en un edificio de gran superficie como el estudiado ahorraría 36.353,24kWh/año.

Pese a ahorrar una buena cantidad de energía al año, y obviamente dinero, la sustitución de todas las ventanas del edificio TR1 sería una inversión muy importante. En este estudio no se ha analizado cuál sería el coste de inversión y de ahorro que supondría esta medida, no obstante prevemos un retorno de la inversión en un plazo muy largo.

10.2. Caldera de biomasa

Se ha estudiado la sustitución de las calderas existentes por calderas modernas de biomasa. Dado que la biomasa se considera una energía renovable, el impacto positivo esperado en emisiones será elevado.

Las calderas que dan servicio al TR1, TR2 y TR3 están datadas de 1972 por lo que tienen unos cuantos años de antigüedad y suponemos que la tecnología ha hecho progresar las calderas en rendimiento.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

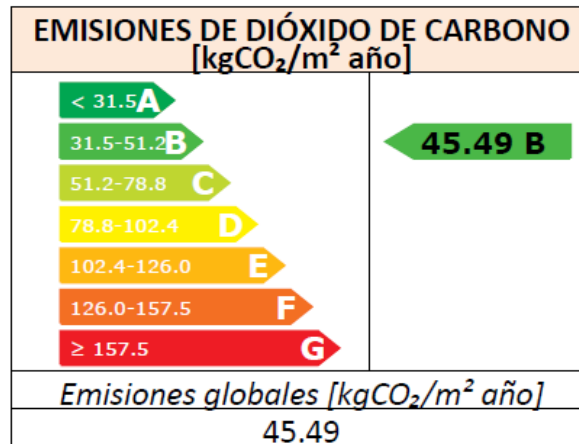


Figura 78 – Calificación obtenida con caldera de biomasa.

Como observamos en la Figura 78 la reducción en emisiones es considerable. Pasamos de tener una etiqueta energética de C a una de B. Mejoramos de 61,41 a 45,49kgCO₂/m²año.

El impacto ambiental según la calificación energética en el certificado es bastante mejor con una caldera de biomasa, considerada energía renovable, como habíamos previsto antes.

| RESULTADOS | Medidas mejora | Caso base | Ahorro |
|----------------------------|----------------|-----------|---------|
| Demanda de calefacción | 58.4 G | 58.4 G | 0.0 % |
| Demanda de refrigeración | 10.1 C | 10.1 C | 0.0 % |
| Emisiones de calefacción | 0.0 A | 15.9 F | 100.0 % |
| Emisiones de refrigeración | 6.0 D | 6.0 D | 0.0 % |
| Emisiones de ACS | 0.0 A | 0.0 A | 0 % |
| Emisiones de iluminación | 37.2 B | 37.2 B | 0.0 % |
| EMISIONES GLOBALES | 45.5 B | 61.4 C | 25.9 % |

Figura 79 - Comparación de demandas y emisiones con caldera de biomasa.

Como vemos en la Figura 79 no hay ninguna disminución de energía demandada ya que la demanda de calefacción y la de refrigeración no varían. Lo único que cambia son las emisiones que causa la calefacción.

Al considerarse energía renovable se considera que hay emisiones 0 en la calefacción. Y pasamos de tener una calificación F a una de A.

No obstante, aunque no haya variación en la demanda de energía, sí que habría un ahorro de energía ya que la caldera de biomasa tendría un consumo menor de energía gracias al rendimiento de los nuevos equipos.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Pese a ahorrar energía al año, y obviamente dinero, la sustitución de las calderas por una o varias calderas de biomasa TR1 sería una inversión importante. En este estudio no se ha analizado cual sería el coste de inversión y de ahorro que supondría esta medida.

11. Aspectos ambientales

Realizar una certificación energética no solo significa calificar un edificio con una letra, sino que permite conocer el consumo energético y las emisiones de CO₂ asignadas al consumo.

Si el estudio lleva detrás un buen programa de marketing, dando a conocer el estudio, hará que la gente asuma consciencia de las emisiones que se generan en edificios y la presión social hará que se intente cambiar los edificios energéticamente el máximo para ser los menos contaminantes.

El movimiento social ha forzado a que se endurezcan las normativas técnicas de la edificación y una de las consecuencias es la certificación energética.

Este documento también permite saber cuáles son los puntos clave del edificio en concepto de demanda de energía y emisiones, y cuáles pueden ser objeto de modificación o mejora para que haya un ahorro de energía y en paralelo una disminución de la contaminación, contaminación que cada día nos merma en salud y contra la que hay que luchar ferozmente.

12. Coste del estudio

A este documento se adjunta otro de presupuesto donde viene desglosado el precio de cada parte del trabajo realizado.

El precio total del estudio es de 9.680€ IVA incluido.

13. Desarrollo de los aspectos temporales

Al inicio del estudio se realizó una propuesta de desarrollo de las tareas a realizar, con la planificación al día de cada una de ellas para poder finalizar el estudio a tiempo. La planificación se hizo de manera que se pudiera hacer día a día el trabajo sin tener correr con prisas de última hora y no acumular trabajo.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

Al estar finalizando el trabajo podemos valorar la planificación anterior y el seguimiento del mismo.

Se ha intentado seguir la planificación desde un principio; no obstante aspectos externos a la realización del trabajo han hecho retrasar todo.

Todo empezó bien y con muchas ganas, recolectar “todos” datos del edificio los primeros días y empezar a introducirlos. No obstante nunca se recogieron todos los datos hasta días antes de cerrar las certificaciones ya que siempre faltaba algo por comprobar o medir.

La ausencia de un proyecto de la edificación es una de las razones por las que se ha tenido que ir recolectando datos día tras día. Lo mismo pasó cuando se tuvieron que introducir los componentes de las fachadas, todo lo que no se ha podido medir se ha deducido gracias a la ayuda del Servicio de Obras y Mantenimiento de Terrassa.

Después de unas semanas empezó la carga de trabajos de asignaturas optativas que hicieron muy difícil el seguir trabajando en el estudio: los sábados se convirtieron en el único día dedicado al estudio del TR1. El problema de los sábados era que cuando algo faltaba por medir o ver se tenía que esperar a un día lectivo para acudir al edificio, ya que no vivo en Terrassa.

La semana entre el final de unas optativas y el inicio de otras se aprovechó al máximo pero volvió a pasar lo mismo cuando arrancaron las nuevas.

Pese a la planificación inicial, se ha tenido que ir improvisando sobre la marcha y trabajar al máximo cuando se podía.

Hay que añadir que el periodo de entrega se extendió, incluso con esta ventaja se hizo imposible la entrega del trabajo a tiempo, por lo que se procedió a pedir información de la prórroga para la entrega del trabajo.

Debido a un malentendido se dejó aparcado el trabajo hasta febrero pero los acontecimientos han derivado en tener que acabar el trabajo lo más rápido posible, no obstante se ha intentado que la calidad del mismo no se vea mermada.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

14. Conclusiones

Una vez finalizado el estudio, podemos concluir que hemos realizado todos los puntos de nuestro alcance. Seguramente el orden que nos habíamos marcado no fue el correcto, al final hicimos primero la certificación exhaustiva y luego la básica o por defecto; no obstante se ha llegado a un buen resultado.

De las tres certificaciones la que se ha llevado mucho más tiempo con respecto a las otras es la certificación exhaustiva, esta certificación, pese a ser menos exhaustiva de lo que se pensaba al principio, es en la que hay que introducir más datos. Si hubiéramos tenido el proyecto de ejecución, la certificación podría haber sido más precisa, seguramente no habríamos perdido tanto tiempo en la recolección de datos sino que lo hubiéramos destinado a la introducción de ellos.

Ya sea por la falta de tener el proyecto de ejecución como en el desconocimiento certero de los materiales de los cuales se compone el edificio, algunos datos se han deducido o incluso dejado por defecto o introducido de manera estimada. Esto hace que al final el resultado de la certificación exhaustiva se parezca mucho a la certificación básica.

El edificio estudiado TR1 fue construido en 1901. Por aquel entonces no se construía siguiendo ningún código ni normal pensando en la eficiencia energética del edificio. Por lo que fue construido sin aislamiento, ni siquiera con cámara de aire, solo construido con bloque cerámico y piedra o ladrillo para adornar el exterior.

Todo esto hace que la demanda de energía del edificio sea elevada, sobretodo la demanda de calefacción. Al estar mal aislado el edificio, se pierde energía por todas partes, sumando que es un edificio público con bastante afluencia de gente que entra y sale por las entradas y que las instalaciones de calefacción son antiguas, las calderas datan de 1972: hace que el consumo de energía en calefacción sea muy grande. No solo la caldera es antigua, los radiadores del sistema de calefacción son de hierro fundido con apenas aletas lo que hace más difícil la transferencia de calor entre el sistema de calefacción y el ambiente.

Todo ello hace que el edificio sea muy frío en el invierno y dada la actividad realizada, estudiar, en la cual no hay movimiento físico, la sensación de frío es mayor.

El sistema de refrigeración es mucho menor al sistema de calefacción, radiadores hay por todo el edificio, salidas de aire acondicionado bastantes

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

menos. Teniendo en cuenta que la mayoría del equipo ya tiene más de 15 años y que la energía consumida es muy inferior a la requerida suponemos que el sistema sólo enfriará en los espacios a los que da servicio.

En contraposición podemos decir y afirmar que el sistema de iluminación está en perfecto estado. Además de incorporar sistemas de luces automáticas los fluorescentes utilizados son de buena eficiencia energética logrando gastar menos de lo que se demanda según el software. Del mismo modo podemos felicitar a los estudiantes, profesores y personal que acuden o trabajan en el TR1 ya que se hace un uso moderado del consumo de electricidad.

Analizando los resultados de las tres certificaciones realizadas vemos que en términos de energía total con las tres hemos llegado a resultados parecidos. Claramente la certificación monitorizada difiere un poco de las otras dos, también es normal ya que las otras dos se han realizado con el mismo software.

Después de realizar el estudio y teniendo en cuenta las horas de dedicación con el coste que supone, si hay que escoger entre una de las certificaciones elegiría la certificación mediante el programa CE3X básica o por defecto. En nuestro caso es una certificación oficial con la cual nos podrían dar la etiqueta energética correspondiente, bastante más rápida de hacer que la exhaustiva y con resultados muy parecidos. En ningún caso cambia ninguna calificación entre la básica y la exhaustiva. Se ha eliminado la certificación monitorizada porque no es oficial para obtener una certificación energética, no obstante para tener una idea de lo que consume un edificio es muy recomendable hacerla ya que es rápida y por lo tanto barata.

Podemos afirmar que la certificación monitorizada es rápida porque ya tenemos los datos bien recogidos, clasificados y ordenados. Todo gracias al proyecto de desarrollo y la base de datos de la UPC SIRENA.

De las medidas de mejora analizadas creemos que hoy en día ninguna de las dos es económicamente viable, no obstante elegiríamos la caldera de biomasa, ya que además de mejorar el rendimiento de unas calderas un poco obsoletas mejoraríamos notablemente la etiqueta energética. Como visión de futuro habrá que tener en cuenta la tecnología de la biomasa y el precio de sus combustibles, ya que por ahora es una tecnología en desarrollo y expansión. La ley de oferta y demanda podría hacer encarecer el material del cual se nutren, los pelets.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

15. Bibliografía

- [1] M. de Fomento, "Código Técnico de la Edificación CTE", vol. 2013, p.25, 2013.
- [2] "CE₃X / CE3X /CEX Programa para la certificación energética de edificios." [En línea]. Disponible: <http://www.efinova.es/CE3X>. [Último acceso: 3/10/2015].
- [3] SIRENA. Universitat Politècnica de Catalunya, UPC. [En línea] Disponible: <http://sirenaupc.dexcell.com/dashboard/widgets.htm> [Último acceso: 16/01/2016].
- [4] M. de Industria, Energía y Turismo, "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España." Versión 03/03/2014. [En línea] Disponible: http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documents/2014_03_03_Factores_de_emision_CO2_y_Factor_es_de_paso_Efinal_Eprimaria_V.pdf [Último acceso 17/01/2016]
- [5] Guía IDAE, manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3x. Ed. IDAE. Madrid, julio 2012.
- [6] Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- [7] Guía IDAE, manual de fundamentos técnicos de calificación energética en edificios existentes CE3x. Capítulo 6. Cálculo de las clases de eficiencia energética (páginas 29-31). Ed. IDAE. Madrid, julio 2012.
- [8] "Servei d'Obres y Manteniment del Campus Terrassa" (SOMT).
- [9] BOE. (2013). RD 235/2013 Certificación Energética.
- [10] Modelo de etiqueta de edificio terminado. [En línea] Disponible: <http://www.minetur.gob.es/ENERGIA/DESARROLLO/EFICIENCIAENERGETICA/CERTIFICACIONENERGETICA/DOCUMENTOSRECONOCIDOS/Paginas/Normativaymodelosdeutilizaci%C3%B3n.aspx> [Último acceso: 3/10/2015].
- [11] M. de Fomento, "Documento Básico HE Ahorro de energía," p. 70, 2013.

Trabajo Final de Grado:

Estudio para la certificación energética del edificio TR1 del Campus Terrassa-UPC.

- [12] Sede electrónica de la dirección general del catastro. [En línea] Disponible:
<https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=CONSULTA>
[Último acceso: 23/12/2015].

- [13] “Certificació d’eficiència energètica d’edificis”. [En línea] Disponible:
http://icaen.gencat.cat/ca/pice_ambits_tematicos/pice_l_energia_als_edificis_i_serveis/pice_certificacio_edificis/pice_faqs/index.html [Último acceso: 10/10/2015].

- [14] DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición).

- [15] Guía IDAE, manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3x. (Página 30). Ed. IDAE. Madrid, julio 2012.

- [16] IDAE, “Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER”, vol. Anexos, p. 128.

- [17] Escala de calificación energética para edificios de nueva construcción. Ed. IDAE. Madrid, mayo 2009.

- [18] Apuntes personales de la asignatura “Medi Ambient”.

- [19] Catálogo Servo/Clima, “CTA Unidades para el tratamiento de aire”.

- [20] Google maps. [En línea] Disponible: <https://www.google.es/maps?hl=es>