



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se lo quiero dedicar principalmente a mis padres por haberme dado la oportunidad de estudiar esta carrera.

También quiero agradecer a las siguientes personas su ayuda en la realización:

- A doña **Rosa María Tortosa**, directora del colegio LAUDE NEWTON COLLEGE, por facilitarme el acceso al centro y por estar de acuerdo en que realizase el estudio de las instalaciones.
- A don **Carlos Albentosa**, jefe de administración del colegio LAUDE NEWTON COLLEGE, por su colaboración con la recopilación de las facturas e inventarios, y por su facilitación, además de proporcionarme los planos del colegio tanto en papel como en AutoCAD.
- A don **José Manuel Cuello**, ingeniero naval y mi profesor de física y dibujo técnico en el instituto y bachillerato, por su ayuda con su conocimiento acerca de las construcciones del colegio.
- A don **Joan Moll**, arquitecto de las instalaciones del colegio, por facilitarme los detalles constructivos de los edificios.
- A don **Alejandro Agulló**, ingeniero industrial, por facilitarme los detalles de construcción de la ampliación del edificio de secundaria.

RESUMEN

La idea de este proyecto tiene que ver con la situación de muchas empresas acerca de su gestión de la energía, las cuales optan por una solución barata al inicio del proyecto sin tener en cuenta el consumo posterior. Además, quiero mostrarles como su excesivo gasto en energía se debe a la utilización ineficiente de la energía, y como pueden aprovecharla mejor, para poder generar beneficios en poco tiempo.

Es por esto, que este proyecto se ha centrado en realizar una optimización energética de las instalaciones de un colegio privado, que se sitúa en Elche, mi ciudad natal, en la provincia de Alicante. Asimismo, se analizarán los consumos energéticos anteriores y posteriores a la optimización para ver en qué sectores se pueden aplicar las distintas mejoras y en qué parte de las instalaciones llevarlas a cabo. También se estudiará la rentabilidad de las mismas mejoras propuestas.

Palabras clave: optimización energética, consumo energético, medidas de mejora, rentabilidad.

RESUM

La idea d'aquest projecte té a veure amb la situació de moltes empreses relacionada amb la seua gestió de l'energia, les quals opten per una sol·lució barata a l'inici del projecte sense tindre en compte el consum posterior. A més, vull mostrar-les com el seu excessiu gast en energia se deu a la utilització ineficient de l'energia, i com poden aprofitar-la millor, per a poder generar beneficis en poc temps.

Es per això, que aquest projecte s'ha centrat en realitzar una optimització energètica de les instal·lacions de un col·legi privat, que es situa en Elx, la meua ciutat natal, en la província d'Alacant. Així mateix, s'analitzaran els consums energètics anteriors i posteriors a la optimització per a veure en quins sectors es poden aplicar les diferents millores i en què part de les instal·lacions aplicar-les. També s'estudiarà la rentabilitat de les mateixes millores proposades.

Paraules clau: optimització energètica, consum energètic, mesures de millora, rentabilitat.

ABSTRACT

The idea of this project is related to the situation of many companies about their use of energy. These companies choose a cheap solution to their energetic needs at the beginning, without taking into account their future consumption of energy. Furthermore, I want to show them how their excessive use of energy is due to the inefficient use of this energy, and how can they profit it, so that they make benefits in little time.

It is for this reason that this project consists of making an energetic optimization of the buildings of a private school situated in Elche, my home city, in Alicante. This way, I will analyse their energetic consumptions before and after the optimization to see in which sectors we can apply the different improvements and in which part of the school we can apply them. I will also study if these improvements will worth its application.

Key words: energetic optimization, energy consumption, improvements, profitability.

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG:

- **DOCUMENTO N°1: MEMORIA.**
- **DOCUMENTO N°2: PRESUPUESTO.**

MEMORIA

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	8
1.1 Objetivos del trabajo.....	8
1.2 Antecedentes	8
1.3 Motivación	9
1.4 Justificación.....	9
CAPÍTULO 2: SOFTWARE Y METODOLOGÍA EMPLEADOS	10
2.1 Software empleado.....	10
2.1.1 EnergyPlus (versión 8.3.0)	10
2.1.2 AutoCAD	10
2.1.3 Genera 3D.....	10
2.2 Metodología	11
CAPÍTULO 3: NORMATIVA	14
CAPÍTULO 4: INSTALACIONES	16
4.1 Situación de las instalaciones.....	16
4.2 Características de los edificios y colindantes	16
4.2.1 Composición de cada uno de los edificios del colegio.	16
4.3 Uso de los edificios.....	25
CAPÍTULO 5: CERRAMIENTOS Y VENTANAS	27
5.1 Edificios principales	27
5.1.1 Fachadas.....	27
5.1.2 Cubiertas	27
5.1.3 Techo/suelo interior (desde arriba hacia abajo)	27
5.1.4 Forjado terreno (desde arriba hacia abajo)	28
5.1.5 Medianeras.....	28
5.1.6 Ventanas.....	28
5.2 Edificio prefabricado.	29
5.2.1 Fachadas.....	29
5.2.2 Cubierta.....	29
5.2.3 Ventanas.....	29
5.3 Ampliación aulario de secundaria.	30
5.3.1 Fachadas.....	30
5.3.2 Cubierta.....	30
5.3.3 Medianeras.....	31

5.3.4 Ventanas.....	31
CAPÍTULO 6: EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO Y DE CLIMA.....	32
6.1 Iluminación.....	32
6.2 Equipos eléctricos.....	33
6.3 Equipos de climatización.....	35
CAPÍTULO 7: SIMULACIÓN.....	38
CAPÍTULO 8: CONSUMOS.....	48
8.1 Consumos reales.....	48
8.2 Consumos de las instalaciones.....	49
8.3 Análisis de los resultados.....	58
CAPÍTULO 9: PROPUESTAS DE MEJORA.....	59
9.1 Mejoras en iluminación.....	60
9.1.1 Cambio de las bombillas incandescentes de 60W por bombillas LED de 5W.....	60
9.1.2 Instalación de detectores de presencia para baños y pasillos.....	61
9.1.3 Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos.....	63
9.2 Mejoras en climatización.....	64
9.2.1 Reemplazo del acristalamiento sencillo por vidrio doble.....	64
9.2.2 Realizar free-cooling en los aparatos de climatización.....	66
9.2.3 Aprovechamiento de la inercia térmica de los acondicionadores.....	67
9.3 Consumo óptimo.....	68
CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA.....	69
CAPÍTULO 11: PLANOS.....	71
11.1 Distribución de los edificios.....	71
11.2 Localización del colegio.....	71
11.3 Edificio Principal.....	72
11.3.1 Distribución.....	72
11.3.2 Luminarias.....	72
11.3.3 AutoCAD.....	73
11.4 Edificio Nº2. Edificio de primaria.....	74
11.4.1 Distribución.....	74
11.4.2 Luminarias.....	75
11.4.3 AutoCAD.....	76
11.5 Edificio Nº3. Talleres + Infantil.....	77
11.5.1 Distribución.....	77

11.5.2 Luminarias.....	78
11.5.3 AutoCAD.....	79
11.6 Edificio Nº4. Primaria + Secundaria.....	80
11.6.1 Distribución.....	80
11.6.2 Luminarias.....	81
11.6.3 AutoCAD.....	82
11.7 Edificio Nº5. Comedor + Aulas.....	83
11.7.1 Distribución.....	83
11.7.2 Luminarias.....	84
11.7.3 AutoCAD.....	85
11.8 Edificio Nº6. Pabellón deportivo.....	86
11.8.1 Distribución.....	86
11.8.2 Luminarias.....	86
11.9 Edificio Nº7. Edificio prefabricado.....	87
11.9.1 Distribución.....	87
11.9.2 Luminarias.....	87
11.9.3 AutoCAD.....	87
11.10 Leyenda de luminarias.....	88
CAPÍTULO 12: ANEXOS	89
12.1 Bombillas LED.....	89
12.2 Detectores de presencia.....	90
12.3 Balastos electrónicos.....	91
12.4 Ventanas de doble acristalamiento.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Locales climatizados del Edificio Nº1 del colegio.	17
TABLA 2: Locales no climatizados del Edificio Nº1 del colegio.	17
TABLA 3: Locales climatizados de la planta baja del Edificio Nº2 del colegio.	18
TABLA 4: Locales no climatizados de la planta baja del Edificio Nº2 del colegio.	18
TABLA 5: Locales climatizados de la primera planta del Edificio Nº2 del colegio.	18
TABLA 6: Locales no climatizados de la primera planta del Edificio Nº2 del colegio.	19
TABLA 7: Locales climatizados de la planta baja del Edificio Nº3 del colegio.	19
TABLA 8: Locales no climatizados de la planta baja del Edificio Nº3 del colegio.	19
TABLA 9: Locales climatizados de la primera planta del Edificio Nº3 del colegio.	20
TABLA 10: Locales no climatizados de la primera planta del Edificio Nº3 del colegio.	20
TABLA 11: Locales climatizados de la planta baja del Edificio Nº4 del colegio.	20
TABLA 12: Locales no climatizados de la planta baja del Edificio Nº4 del colegio.	21
TABLA 13: Locales climatizados de la primera planta del Edificio Nº4 del colegio.	21
TABLA 14: Locales no climatizados de la primera planta del Edificio Nº5 del colegio.	21
TABLA 15: Locales climatizados de la planta baja del Edificio Nº5 del colegio.	22
TABLA 16: Locales no climatizados de la planta baja del Edificio Nº5 del colegio.	22
TABLA 17: Locales climatizados de la planta sótano del Edificio Nº5 del colegio.	22
TABLA 18: Locales no climatizados de la planta sótano del Edificio Nº5 del colegio.	23
TABLA 19: Locales climatizados de la primera planta del Edificio Nº5 del colegio.	23
TABLA 20: Locales no climatizados de la primera planta del Edificio Nº5 del colegio.	23
TABLA 21: Locales no climatizados de la planta baja del Edificio Nº6 del colegio.	24
TABLA 22: Locales no climatizados de la primera planta del Edificio Nº6 del colegio.	24
TABLA 23: Locales del edificio Nº7 del colegio.	24
TABLA 24: Luminarias del Edificio Nº1 del colegio.	32
TABLA 25: Luminarias del Edificio Nº2 del colegio.	32
TABLA 26: Luminarias del Edificio Nº3 del colegio.	32
TABLA 27: Luminarias del Edificio Nº4 del colegio.	32
TABLA 28: Luminarias del Edificio Nº5 del colegio.	33
TABLA 29: Luminarias del Edificio Nº6 del colegio.	33
TABLA 30: Luminarias del Edificio Nº7 del colegio.	33
TABLA 31: Equipamiento eléctrico del Edificio Nº1 del colegio.	33
TABLA 32: Equipamiento eléctrico del Edificio Nº2 del colegio.	34

TABLA 33: Equipamiento eléctrico del Edificio Nº3 del colegio.	34
TABLA 34: Equipamiento eléctrico del Edificio Nº4 del colegio.	34
TABLA 35: Equipamiento eléctrico del Edificio Nº5 del colegio.	35
TABLA 36: Equipamiento eléctrico del Edificio Nº6 del colegio.	35
TABLA 37: Tipos de semanas durante el año para los edificios del 1-4.	42
TABLA 38: Tipos de semanas durante el año para los edificios del 5-7.	42
TABLA 39: Potencias teóricas de refrigeración calculadas por el programa EnergyPlus.	46
TABLA 40: Potencias teóricas de calefacción calculadas por el programa EnergyPlus.	47
TABLA 41: Consumos eléctricos reales del colegio.	48
TABLA 42: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio Nº1 del colegio.	49
TABLA 43: Consumo energético (KWh) de climatización por locales del Edificio Nº1 del colegio.	50
TABLA 44: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio Nº2 del colegio.	50
TABLA 45: Consumo energético (KWh) de climatización por locales del Edificio Nº2 del colegio.	51
TABLA 46: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio Nº2 del colegio.	51
TABLA 47: Consumo energético de (KWh) climatización por locales del Edificio Nº3 del colegio.	52
TABLA 48: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio Nº4 del colegio.	52
TABLA 49: Consumo energético (KWh) de climatización por locales del Edificio Nº3 del colegio.	53
TABLA 50: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio Nº5 del colegio incluyendo la ampliación.	53
TABLA 51: Consumo energético (KWh) de climatización por locales del Edificio Nº5 del colegio incluyendo la ampliación.	54
TABLA 52: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio Nº6 del colegio.	55
TABLA 53: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio Nº7 del colegio.	55
TABLA 54: Consumo energético (KWh) por sectores de todo el colegio incluyendo la ampliación del Edificio Nº5.	56
TABLA 55: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio Nº5 del colegio sin incluir la ampliación.	56
TABLA 56: Consumo energético (KWh) por sectores de todo el colegio sin incluir la ampliación del Edificio Nº5.	57
TABLA 57: Cálculo del precio de la energía para el colegio.	59
TABLA 58: Consumo en iluminación tras sustituir bombillas incandescentes por LED.	60
TABLA 59: Ahorros tras sustituir bombillas incandescentes por LED.	61

TABLA 60: Consumo en iluminación tras instalar detectores de presencia.	62
TABLA 61: Ahorros tras instalar detectores de presencia.	62
TABLA 62: Consumo en iluminación tras sustituir balastos electromagnéticos por electrónicos.	63
TABLA 63: Ahorros tras sustituir balastos electromagnéticos por electrónicos.....	64
TABLA 64: Consumo en climatización tras sustituir el acristalamiento sencillo por vidrio doble.	65
TABLA 65: Ahorros tras sustituir el acristalamiento sencillo por vidrio doble.	65
TABLA 66: Consumo en refrigeración tras realizar free-cooling en los acondicionadores.....	66
TABLA 67: Ahorros tras realizar free-cooling en los acondicionadores.....	66
TABLA 68: Consumo en climatización tras el aprovechamiento de la inercia térmica del edificio.	67
TABLA 69: Ahorros tras el aprovechamiento de la inercia térmica del edificio.	67
TABLA 70: Consumo energético total tras la implantación de todas las mejoras propuestas. ...	68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Editor IDF del EnergyPlus.....	12
FIGURA 2: Edificio principal del colegio LAUDE NEWTON COLLEGE.....	16
FIGURA 3: Esquema de los acondicionadores compactos con bomba de calor.....	36
FIGURA 4: Esquema de los ciclos de refrigeración y calefacción de los PTHP.....	36
FIGURA 5: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de SimulationControl.....	38
FIGURA 6: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de Building.....	38
FIGURA 7: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de SizingPeriod:DesignDay.....	39
FIGURA 8: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de RunPeriod.....	39
FIGURA 9: Factores horarios para los días laborables del horario de invierno.....	40
FIGURA 10: Factores horarios para los días laborables del horario de verano.....	40
FIGURA 11: Factores horarios para los días laborables del horario del mes de junio.....	41
FIGURA 12: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de Schedule:Week:Daily.....	41
FIGURA 13: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de Schedule:Compact.....	42
FIGURA 14: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de Material.....	43
FIGURA 15: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de WindowMaterial:SimpleGlazingSystem.....	43
FIGURA 16: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de Construction.....	43
FIGURA 17: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de ZoneList.....	44
FIGURA 18: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de People.....	44
FIGURA 19: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de Lights.....	44
FIGURA 20: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de ElectricEquipment.....	45
FIGURA 21: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de HVACTemplate:Thermostat.....	45
FIGURA 22: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de HVACTemplate:Zone:PTHP.....	45
FIGURA 23: Gráfica de consumo energético por edificios de las instalaciones.....	57
FIGURA 24: Gráfico de consumo energético por sectores de las instalaciones.....	57

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos del trabajo

Este trabajo tiene como objetivo el análisis de las instalaciones de varios edificios, en concreto los de un colegio privado situado en Elche llamado LAUDE NEWTON COLLEGE. Asimismo, el trabajo pretende estudiar los diferentes puntos de consumo del edificio para ver dónde hay potencial de mejora. Además, se estudiará la posibilidad de implantación de distintas propuestas de ahorro energético, ya sea para la disminución del consumo o para el aumento de la eficiencia.

1.2 Antecedentes

La mayoría de edificios que son destinados al sector terciario suelen tener un amplio potencial de ahorro energético. El interés por la eficiencia energética en este sector surge por el incremento de los costes energéticos, que cada vez suponen uno de los puntos más importantes en el consumo de los edificios. Debido a que los costes energéticos cada vez van a ir siendo mayores, la eficiencia energética será claramente positiva para la economía de la empresa en cuestión. También es interesante mejorar la calificación energética para la revalorización de las instalaciones.

Es frecuente que no se considere el sector terciario como un punto significativo de ahorro energético, aunque en realidad supone un 35% del consumo energético en el ámbito de la edificación, teniendo un potencial de ahorro de entre el 35 y 50%.

Tras los estudios realizados en el Grado de Ingeniería de la Energía, y cursar asignaturas como Mercados Energéticos o Auditoría Energética, se ha considerado de especial interés el ámbito de eficiencia energética, ya que es muy importante el ahorro en este sector para obtener beneficios económicos y medioambientales.

En otras asignaturas como Frío y Climatización, se ha realizado un proyecto en el que también se simuló las instalaciones de un edificio y se calcularon las cargas térmicas. Sin embargo, no consistía en el ahorro energético como tal, sino en el diseño de las instalaciones de climatización: dimensionado de equipos en calefacción y refrigeración, diseño de conductos de ventilación, etc. En este trabajo se utilizó un software y una metodología similares a los que se emplearán en el actual.

1.3 Motivación

La eficiencia energética en edificios ha de ser tenida en cuenta por las empresas desde el momento de implantar sus instalaciones, ya que se obtendrán los ahorros energéticos desde un principio. A pesar de que el empleo de materiales y equipos de alta eficiencia energética pueda suponer un aumento de los costes iniciales en un proyecto, a la larga siempre acaba proporcionando beneficios a la empresa.

Es esta la idea que se ha tenido en cuenta para la elección del Trabajo de Fin de Grado, que es importante la concienciación de la gente para que implante ciertas medidas de ahorro para obtener beneficios tanto personales (económicos y energéticos) como medioambientales.

Además, tras cursar la asignatura de Auditoría Energética, pude observar con claridad que hay muchas y muy variadas posibilidades de mejoras en la eficiencia energética, y que muchas de ellas no suponen gran coste o tienen una tasa de retorno pequeña. Esto es lo que da lugar a la idea de que mucha gente no las lleva a cabo debido al desconocimiento que tiene sobre ellas.

1.4 Justificación

Tras darle importancia al ámbito de la eficiencia energética, se pensó en diversas instalaciones donde se podría llevar a cabo un análisis y un estudio. Finalmente se optó por el colegio en el que he estudiado durante mis estudios primarios, secundarios y en Bachillerato.

Las razones son que durante mis años como estudiante pude observar que hay mucho potencial de mejora en el edificio, y que al haber sido construido gradualmente con los años no se habían tenido en cuenta muchos conceptos energéticos. Además dispuse de muchas facilidades, puesto que todo el personal del colegio o la gran mayoría me conoce y era fácil el acceso la documentación y la información que se necesitaba. También se me permitió acceder a las instalaciones en horario lectivo y se me ofrecieron diversas aulas en las que trabajar durante el transcurso del trabajo. Por último, al no tratarse de un solo edificio tomé la decisión definitiva, puesto que así podía aplicar distintas propuestas de mejoras según el edificio en cuestión.

CAPÍTULO 2: SOFTWARE Y METODOLOGÍA EMPLEADOS

2.1 Software empleado

2.1.1 EnergyPlus (versión 8.3.0)

El programa empleado para el cálculo de cargas térmicas y consumos energéticos es el EnergyPlus, más concretamente la versión 8.3.0.

Este programa se basa en la descripción física de un edificio proporcionada por el usuario, y realiza el cálculo de cargas térmicas de calefacción y de refrigeración para mantener al edificio en determinadas condiciones climáticas que también se han de especificar. También calcula los consumos energéticos de los equipos que se encuentran en el edificio, ya sean de climatización, iluminación, ofimática, etc.

A este programa se le introducirá un archivo que contiene las condiciones climatológicas de la provincia de Alicante, y después se le han de introducir las diversas cargas que contiene el edificio. Se ha de especificar el horario de trabajo del centro, así como los días del año en el que el colegio se encuentra abierto.

2.1.2 AutoCAD

Con este programa líder en diseño, dibujo, modelado, dibujo arquitectónico e ingeniería en 2D y 3D; se crearán los planos basados en los proporcionados por el colegio. Estos planos se introducirán posteriormente en el programa Genera 3D que, como su propio nombre indica, levantará los planos creando un edificio en tres dimensiones.

Los planos se crearán siguiendo una metodología específica que se detallará en apartados posteriores.

2.1.3 Genera 3D

Como se ha mencionado anteriormente, este programa es el encargado de crear el edificio en tres dimensiones a partir de los planos del AutoCAD. En él, se introducen las distintas plantas que forman determinado edificio, las cotas a las que se encuentra cada una (altura de cada planta) y la altura de las ventanas y el alféizar.

A través de este programa, se generará el archivo “.idf” que posteriormente ejecutaremos en el EnergyPlus.

2.2 Metodología

AutoCAD

En primer lugar, hay que crear los planos de la siguiente forma. En primer lugar, en un archivo en blanco del programa se copia determinada planta de un edificio en el origen de coordenadas.

A continuación, se crea una capa llamada "LIDER", dándole un color distinto a los del plano para no crear confusión, y con polilíneas hay que encerrar las distintas aulas y habitaciones de la planta siguiendo los contornos del edificio. Es importante que la polilínea quede totalmente encerrada para que el programa posterior lo reconozca como una habitación. Para ello, cuando se vaya a trazar el último tramo de la polilínea (que debe acabar en el primer punto en el que se empieza), se tecleará *CTRL+c* para que se cierre la polilínea. Si no se cierra bien, el programa Genera 3D causará problemas al levantar el edificio en tres dimensiones.

Después, se creará una segunda capa a la que llamaremos "V_LIDER", a la que daremos un color distinto al anterior y también diferente de los colores de los planos originales. En esta capa, se introducen las ventanas. Para ello, hay que crear múltiples líneas (que no polilíneas) por encima de los contornos creados en la capa *LIDER*. Es importante que queden exactamente superpuestas a las polilíneas y no separadas por una mínima distancia. En los planos originales se encuentran las distintas ventanas y sus longitudes, luego visualizando las capas pertinentes de estos planos y la capa *LIDER*, se repararán las ventanas por encima de esta capa con las distancias que indican los planos originales.

En el programa Genera 3D se introducirá la altura a la que están las ventanas de la capa *V_LIDER* respecto al suelo (altura de alféizar) y la altura de la misma ventana. Sin embargo, es posible que haya distinto tipo de ventanas con distintas alturas de las mismas y del alféizar. Para crear otras ventanas distintas, por ejemplo la de los baños, hay que crear otras capas distintas llamadas "V_LIDER[X][Y]", donde *X* representa la altura de la ventana e *Y* representa la altura del alféizar. Habrá tantas capas *V_LIDER[][]* como distintos tipos de ventanas que haya. Si se inserta el valor 0 en altura de alféizar, se obtendrá una puerta como resultado al generarlo en tres dimensiones.

Una vez introducidas las ventanas, se creará una última capa llamada "TEXTO_LIDER", con otro color distinto a los anteriores. Esta capa servirá para darle nombre a los distintos recintos encerrados con las polilíneas. Para ello, se creará un cuadro de texto de líneas múltiples o *mText* (el que viene por defecto en AutoCAD) dentro de cada polilínea con el nombre que le corresponda (por ejemplo, "Aula informática"). Para los espacios en los que no hay climatización, se le asignará el nombre de "NO CLIMA", para que los programas posteriores los reconozca como un solo espacio y sea más sencillo a la hora de introducir los datos.

Finalmente, es importante guardar el archivo de AutoCAD con el formato DXF, concretamente del año 2000, para que pueda introducirse en el posterior programa.

Genera 3D

Este programa será el encargado de, a partir de los planos creados en el AutoCAD, crear el edificio en tres dimensiones. Para ello, se han de introducir todos los archivos DXF de las plantas que constituyen cada edificio. Es importante que las plantas estén en la misma carpeta por comodidad y para que el archivo del programa siguiente se genere ahí. Para ello, hay que situar cada planta a la cota a la que se encuentra para delimitar las alturas de cada planta. Por lo general, la primera planta la colocaremos a cota 0, y las superiores estarán a una determinada cota delimitada por la altura de la planta inferior.

Además de introducir los ficheros DXF, hay que introducir la altura de las ventanas y la altura del alféizar de la capa *V_LIDER* anteriormente creada en el AutoCAD. También hay que introducir la altura de la última planta, puesto que las alturas de las plantas inferiores quedan especificadas al introducir las distintas cotas.

Para observar si el edificio está siendo generado correctamente en tres dimensiones, se pulsará el botón de “CREA 3D”, en la parte inferior izquierda del programa, y si no se cierra el programa causando error, se deberá observar tras un click del ratón el edificio en cuestión. Una vez comprobado que funciona correctamente, se deberá seleccionar la opción “Genera archivo EnergyPlus.idf”, que está sin marcar por defecto. Así, se generará un archivo “.idf” que será el que habrá que utilizar en el programa *EnergyPlus*.

EnergyPlus

Antes de empezar a generar archivos “.idf” para este programa, se deberá abrir el archivo “PLANTILLA.idf” que se genera con la instalación del programa. Al abrir este archivo, se pulsará el botón “EDIT – IDF Editor”, y se abrirá el siguiente cuadro donde se introducen las distintas especificaciones del edificio y las distintas cargas:

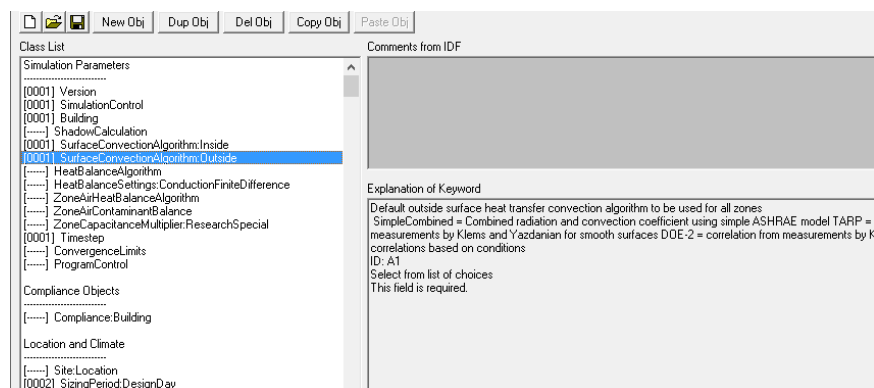


FIGURA 1: Editor IDF del EnergyPlus.

El número que aparece entre corchetes indica el número de elementos que existe en el edificio a los que hace referencia el nombre. Para no visualizar todos los que son nulos, se ha de pulsar CTRL+L.

En este archivo, se introducirán los aspectos comunes que tienen todos los edificios, para no tener que estar introduciéndolos cada vez que se genera uno nuevo. Estos aspectos pueden ser los materiales de construcción, el horario y los días de trabajo, etc.

Una vez acabado con este archivo, se podrá empezar a generar archivos “.idf” con el Genera 3D. Todos estos archivos tendrán los aspectos introducidos en la plantilla mencionada anteriormente. Sin embargo, ya contarán con los distintos recintos particulares de cada edificio.

Ahora, hay que introducir las particularidades de cada uno de los edificios, como la iluminación, los distintos equipos eléctricos presentes, la ocupación, y en último lugar, la climatización. En el apartado ZoneList se pueden agrupar distintos recintos que tengan características similares (como en este caso, las distintas aulas). Así, se hace más fácil y sencilla la introducción de cargas y no hay que ir recinto a recinto. Si aplicas algo a “EDIFICIO”, estarás introduciendo esas cargas en cada recinto del edificio. Por ejemplo, si introduces una carga de ocupación de 10 personas a EDIFICIO, se estará asignando 10 personas a cada uno de los recintos del edificio.

CAPÍTULO 3: NORMATIVA

Las instalaciones cumplen la normativa que se especifica en el Código Técnico de la Edificación (CTE), que se compone de las siguientes secciones:

- **Sección SE: Seguridad Estructural:** concretamente los documentos básicos DB-SE y DB-SE-C relativo a los cimientos que tiene por objeto *“establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural”* ⁽¹⁾.
- **Sección SI: Seguridad en caso de incendio:** cuyo objetivo es *“establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio”* ⁽²⁾. En este apartado se cumplen los requisitos con respecto a la propagación interior, la propagación exterior, la evacuación de ocupantes, la dotación de instalaciones de protección contra incendios, la intervención de los bomberos, y la resistencia al fuego de la estructura.
- **Sección SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad:** con el objetivo de *“establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad”* ⁽³⁾. En este apartado se cumplen las exigencias con respecto a:
 - La seguridad frente al riesgo de caídas (cómo resbalan los suelos, discontinuidades de pavimento, desniveles, escaleras y rampas).
 - La seguridad frente al riesgo de impacto o de atropamiento (impacto con elementos fijos, practicables y frágiles).
 - La seguridad frente al riesgo de aprisionamiento en recintos, que no ocupa en el presente proyecto.
 - La seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada (alumbrado normal adecuado y alumbrado de emergencia correcto para cuando se produzca un fallo).
 - La seguridad frente al riesgo causado por situaciones de alta ocupación, de ahogamiento y por vehículos en movimiento; que no se aplica en el proyecto que nos ocupa.
 - La seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo (instalación de pararrayos en un lugar adecuado). El pararrayos instalado, que cumple con las características del local que nos ocupa, es el **Pararrayos Nimbus CPT-1, de “CIRPROTEC” con sistema de cebado electrónico, con radio de cobertura de 87 metros.**
- **Sección HR: Protección frente al ruido:** cuyo objetivo es *“establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido”* ⁽⁴⁾. Se ha tenido en cuenta el nivel sonoro permitido en los edificios de ámbito docente, que es de 40 dB durante el día y 30 dB por las noches; y se han adoptado las medidas necesarias para no superar este límite.
- **Sección HS: Salubridad:** tiene como objetivo *“establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de salubridad”* ⁽⁵⁾.

Otra legislación ⁽⁶⁾ que se ha aplicado a las instalaciones son:

- Ley 2/2006, de 5 de mayo, de Prevención de la Contaminación y Calificación Ambiental.
- *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*
- Ordenanzas Municipales del Excmo. Ayuntamiento de Elche.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de Protección Contra la Contaminación Acústica.
- *Orden 10-1-83, de Conselleria de Governación, publicada en D.O.G.V. 25-1-1983, núm. 92.*
- *Nomeclátor de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas del Decreto 54/1990, de 26 de marzo, del Consell de la Generalitat Valenciana.*
- *Orden de 25 de mayo de 2004, de la Conselleria de Infraestructuras y Transporte, por la que se desarrolla el Decreto 39/2004 de 5 de marzo, del Gobierno Valenciano en materia de accesibilidad en la edificación de pública concurrencia.*

Las instalaciones y equipos de climatización a su vez cumplen las condiciones del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). El RITE es el encargado de *“establecer 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”* ⁽⁷⁾.

Las exigencias del RITE en cuanto a eficiencia energética se resumen en las siguientes:

- Mayor rendimiento energético de los equipos de generación de calor y frío; y los destinados al movimiento y transporte de fluidos.
- Mayor aislamiento en equipos y conducciones de fluidos térmicos.
- Mejor regulación y control para mantener condiciones de diseño previstas en los locales climatizados
- Uso de energías renovables disponibles.
- Incorporación de subsistemas para recuperar energía y aprovechar energías residuales.
- Contabilización obligatoria de consumos en instalaciones colectivas. Menor uso de combustibles sólidos más contaminantes.
- Desaparición de equipos generadores de menos eficiencia.

Asimismo, las propuestas de mejora que incluyan la incorporación de nuevos equipos o instalaciones deberán cumplir las condiciones del RITE.

CAPÍTULO 4: INSTALACIONES

4.1 Situación de las instalaciones

Las instalaciones de las que trata este proyecto se encuentran en la PTDA. MAITINO, PG.1, N82, de Elche, provincia de Alicante. La carretera en la que se encuentra se conoce como el camino viejo de Elche-Alicante. Se adjuntan planos sobre la ubicación de las instalaciones.



FIGURA 2: Edificio principal del colegio LAUDE NEWTON COLLEGE.

4.2 Características de los edificios y colindantes

La edificación, en su conjunto, se encuentra enclavada en una parcela con una superficie de 22662,2 m², con una forma pentagonal irregular. La superficie total construida del conjunto de edificios es de 8801,65 m², repartida entre todos los edificios existentes, con una superficie total útil de 8022,53 m². La altura libre de todos los edificios es de 2,75 metros.

La fachada principal del colegio da al Camino viejo de Elche-Alicante. Las tres fachadas que restan dan a un camino perimetral que bordea la mencionada parcela, por donde pueden circular los vehículos y donde pueden estacionar. Tanto en la fachada este como oeste, colindantes al camino mencionado anteriormente, se encuentra núcleos de viviendas aisladas de campo. Por último, en la fachada sur, hay un campo de cultivo.

4.2.1 Composición de cada uno de los edificios del colegio ⁽⁸⁾.

En primer lugar hay que reseñar que el colegio es bilingüe y los cursos están nombrados según el sistema inglés. La totalidad de las instalaciones se distribuyen en siete edificios distintos, que se especifican de la siguiente forma:

EDIFICIO N°1 (Edificio Principal)

Este edificio consta de una sola planta y está destinado a la administración y dirección del colegio principalmente. También contiene varias aulas de desdoble. Está formado por las siguientes zonas:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Despacho coordinadores 1a y 2a	34,66
Relaciones externas	23,62
Oficina	30,45

Despacho dirección	26,3
Administración	21,08
Psicólogo	14,76
Aula multiusos	45,61
Aula alemán	46,25
Aula E.N	36,07
Almacén uniformes	48,3
Despacho técnico	14,25

TABLA 1: Locales climatizados del Edificio Nº1 del colegio.

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Hall y pasillos	117,83
Aseo staff 1	4,08
Aseo	3,93
Sala visitas 1	7,16
Sala visitas 2	7,4
Oficina técnico informática	7,83
Aula S.E.N.	37,08
Enfermería	15,03
Aseo staff 2	4,83
Aseo mujeres	12,68
Aseo hombres	12,75
Cuarto técnico	4,87
TOTAL ÚTIL	576,82
TOTAL CONSTRUIDA	661,34

TABLA 2: Locales no climatizados del Edificio Nº1 del colegio.

EDIFICIO Nº2 (Edificio Primaria)

Este edificio es el aulario de gran parte de los alumnos de primaria. En este edificio se cursa *Year 1*, *Year 2*, *Year 3* y *Year 4*, que en el sistema educativo español se corresponde con el último año de educación no obligatoria (5-6 años) y primero, segundo y tercero de primaria. También hay que especificar que las distintas clases dentro de un mismo curso se distinguen por una letra mayúscula con la inicial del profesor que imparte sus clases. Por ejemplo, la clase de *Year 2* que imparte la profesora *Mrs. Pawalla*, será *Year 2P*. En cambio, las cursos fuera de la educación primaria obligatoria que corresponden a las edades de 0-6 años (las de *Nursery*, *Reception* y *Year 1* para el sistema inglés), las distintas clases dentro de un mismo curso están distinguidas por una palabra temática (distintos animales por ejemplo). En la planta baja encontramos las siguientes zonas:

PLANTA BAJA:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Aula lectura	45,12
Aula Year 2B	45,12
Aula Year 2S	44,45
Aula Year 2P	45,15
Aula Year 2V	45,15
Aula Year 1 Kangaroo	45,15
Aula Year 1 Bears	44,84
Aula Year 1 Tigers	53,29
Aula Year 1 Lions	53,3

TABLA 3: Locales climatizados de la planta baja del Edificio N^o2 del colegio.

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Aseo chicos PB1	16,45
Aseo staff 1	6,45
Aseo chicas PB1	16,48
Stock 1	11,57
Pasillo PB1	86,53
Cuarto técnico	3,04
Stock 2	2,25
Sala profesores primaria	45,15
Aseo chicas PB2	16,48
Aseo staff 2	6,35
Aseo chicos PB2	16,51
Stock PB	3,31
Pasillo PB2	86,53
TOTAL ÚTIL	738,67
TOTAL CONSTRUIDA	837,2

TABLA 4: Locales no climatizados de la planta baja del Edificio N^o2 del colegio.

PRIMERA PLANTA:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Aula Year 4P	48,37
Aula Year 4M	44,97
Aula Year 4J	45,15
Aula Year 4S	45,15
Aula Year 3J	45,15
Aula Year 3N	45,15
Aula Year 3 ^a	44,97
Aula Year 3H	58,49

TABLA 5: Locales climatizados de la primera planta del Edificio N^o2 del colegio.

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Aseo chicos P1	15,32
Pasillo P1	163,03
Aseo chicas P1	18,37
TOTAL ÚTIL	574,12
TOTAL CONSTRUIDA	617,33

TABLA 6: Locales no climatizados de la primera planta del Edificio N°2 del colegio.

EDIFICIO N°3 (Talleres + Infantil)

En este edificio encontramos aulas de infantil principalmente en la planta baja (*Nursery* y *Reception*, que son niños de 2-5 años), mientras que la primera planta se compone principalmente de laboratorios y talleres. Las zonas del edificio son las siguientes:

PLANTA BAJA:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Aula informática primaria	44,87
Aula Nursery 1.1	47,11
Aula Nursery 1.2	42,66
Aula Nursery 1.3	48,59
Aula Nursery 2.1	37,85
Aula Nursery 2.2	44,88
Aula Nursery 2.3	44,88
Biblioteca	117,22
Reception Dragonflies	44,87

TABLA 7: Locales climatizados de la planta baja del Edificio N°3 del colegio.

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Cuarto técnico 1	14,44
Aseo chicas PB	16,84
Distribuidor Nursery 1	36,24
Store room 1	7,5
Store room 2	17,31
Distribuidor Nursery 2	37,62
Aseo staff PB	4,69
Aseo chicos PB	15,31
Pasillo PB	185,15
Aula multiusos	23,82
Cuarto fotografía	14,44
Aula Piano	23,82
TOTAL ÚTIL	870,11
TOTAL CONSTRUIDA	939,03

TABLA 8: Locales no climatizados de la planta baja del Edificio N°3 del colegio.

PRIMERA PLANTA:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Laboratorio biología	59,89
Aula informática secundaria	61,48
Laboratorio ciencias	61,48
Laboratorio química	59,89
Aula drama	75,4
Aula música	61,48
Aula extraescolares	61,48
Aula arte	90,4

TABLA 9: Locales climatizados de la primera planta del Edificio N°3 del colegio.

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Almacén laboratorio biología	26,06
Almacén laboratorio química	26,06
Pasillo P1	175,35
Aseo chicos P1.1	13,36
Aseo chicas P1.1	15,87
Aseo chicos P1.2	15,31
Aseo chicas P1.2	16,98
TOTAL ÚTIL	820,49
TOTAL CONSTRUIDA	932,48

TABLA 10: Locales no climatizados de la primera planta del Edificio N°3 del colegio.

EDIFICIO N°4 (Primaria + Secundaria)

Este edificio se construyó en principio como el aulario de los cursos de toda secundaria y Bachillerato, pero el crecimiento del colegio, con numerosas ampliaciones, supuso un cambio de uso en cuanto a sus aulas. La primera planta está destinada al resto de clases de primaria: (Year 5 y Year 6, que corresponden a 4º y 5º de primaria). La planta baja, en cambio, se emplea para impartir clases a los dos primeros cursos de secundaria (Year 7 y Year 8, que, a pesar de que el primero de los cursos mencionados correspondería con 6º de primaria en el plan español, en el inglés ya está considerado parte de la educación secundaria). Esta es la distribución de sus zonas:

PLANTA BAJA:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Aula 8 Alpha	45
Aula 8 Epsilon	44,97
Aula 8 Omega	45
Aula 7 Alpha	45
Aula 7 Epsilon	45
Aula 7 Omega	45

TABLA 11: Locales climatizados de la planta baja del Edificio N°4 del colegio.

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Sala profesores secundaria	44,93
Sala profesores secundaria 2	44,93
Aseo staff	4,6
Aseo chicas PB	14,96
Aseo chicos PB	14,92
Pasillo PB	161,84
TOTAL ÚTIL	556,15
TOTAL CONSTRUIDA	605,92

TABLA 12: Locales no climatizados de la planta baja del Edificio N^o4 del colegio.

PRIMERA PLANTA:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Aula Year 6E	55,09
Aula Year 6T	55,02
Aula Year 6H	44,97
Aula Year 5L	55,02
Aula Year 5E	55,09
Aula Year 5N	45
Aula Year 5B	45
Aula desdobles	45

TABLA 13: Locales climatizados de la primera planta del Edificio N^o4 del colegio.

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Aseo chicos P1	15,45
Aseo chicas P1	19,09
Pasillo P1	110,95
TOTAL ÚTIL	545,68
TOTAL CONSTRUIDA	624,83

TABLA 14: Locales no climatizados de la primera planta del Edificio N^o5 del colegio.

EDIFICIO N^o5 (Comedor + Aulas)

Este edificio se compone de varias partes. En primer lugar está un comedor grande para todo el colegio que tiene una cocina integrada en él. Después, en la misma planta, están el resto de aulas de infantil (*Nursery 3* y *Reception*, que son de edades de 3-5 años). En el sótano se encuentran diversos talleres y aulas de extraescolares, además de algún almacén. Por último, en la primera planta del edificio se encuentra la ampliación que se realizó el año pasado donde se sitúa el resto del aulario de secundaria y Bachillerato. Estas son las zonas:

PLANTA BAJA:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Reception Butterflies	54,16
Reception Bees	55,36
Nursery 3 Stars	55,42
Nursery 3 Rainbow	55,42
Nursery 3 Sunshine	55,52
Nursery 3 Moonbeam	55,52

TABLA 15: Locales climatizados de la planta baja del Edificio N°5 del colegio.

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Comedor + cocina	568,64
Aseo personal	7,72
Aseo chicas	5,12
Aseo chicos	3,79
Pasillo infantil	92,88
Aseo staff	5,73
TOTAL ÚTIL	1015,28
TOTAL CONSTRUIDA	1111,92

TABLA 16: Locales no climatizados de la planta baja del Edificio N°5 del colegio.

PLANTA SÓTANO:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Taller 1	47,99
Taller 2	51,71
Taller 3	55,42
Taller 4	55,42
Almacén 1	154,27
Almacén 2	56,73
Almacén 3	95,44
Instalaciones 1	184,69
Instalaciones 2	205,44

TABLA 17: Locales climatizados de la planta sótano del Edificio N°5 del colegio.

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Aseo 1	17,02
Aseo 2	17,02
Escalera 1	22,16
Escalera 2	16,63
Trastero 1	1,53

Trastero 2	8,97
Vestíbulo 1	9,25
Vestíbulo 2	7,28
Zona de paso	47,11
TOTAL ÚTIL	1054,08
TOTAL CONSTRUIDA	1126,65

TABLA 18: Locales no climatizados de la planta sótano del Edificio Nº5 del colegio.

PRIMERA PLANTA:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Aula Year 13 Alpha	50,61
Aula Year 13 Omega	50,83
Aula Year 12 Alpha	50,42
Aula Year 11 Alpha	50,42
Sala profesores	36,69
Sala estudio	36,69
Aula Year 11 Omega	61,39
Aula Year 10 Alpha	55,8
Aula Year 10 Omega	58,43
Aula Year 9 Alpha	57,71
Aula Year 9 Omega	58,1
Aula A	58,45
Aula B	40,45
Aula desdoble 1	57,87
Aula desdoble 2	58,1

TABLA 19: Locales climatizados de la primera planta del Edificio Nº5 del colegio.

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Aseo 1	22,42
Aseo 2	21,86
Aseo discapacitados	5,24
Distribuidor	203,09
Cuarto instalaciones	12,89
Almacén	13,06
Escalera sur	55,59
Escalera norte	77,18
TOTAL ÚTIL	1193,29
TOTAL CONSTRUIDA	1313,09

TABLA 20: Locales no climatizados de la primera planta del Edificio Nº5 del colegio.

EDIFICIO Nº6 (Pabellón cubierto)

Este edificio no está climatizado, por lo que sólo se tendrá en cuenta para el consumo del colegio la iluminación y los equipos eléctricos presentes. Las zonas son las siguientes:

PLANTA BAJA:

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Pista polideportiva	624,87
Vestíbulo 1	28,64
Almacén de aparatos 1	14,24
Vestuario chicos pabellón	23,64
Aseo chicos	8,99
Paso	16,45
Aseo chicas	8,99
Vestuario chicas pabellón	23,64
Almacén de aparatos 2	14,24
Vestíbulo 2	28,64
Almacén	27,11
Vestuario chicas	38
Vestuario chicos	38,64
TOTAL ÚTIL	896,09
TOTAL CONSTRUIDA	968,23

TABLA 21: Locales no climatizados de la planta baja del Edificio N°6 del colegio.

PRIMERA PLANTA:

Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Gradas	115,91
Vestíbulo 1	32,2
Vestíbulo 2	32,2
TOTAL ÚTIL	180,31
TOTAL CONSTRUIDA	206,94

TABLA 22: Locales no climatizados de la primera planta del Edificio N°6 del colegio.

EDIFICIO N°7 (Edificio prefabricado)

Este edificio será utilizado como aula de ejercicios psicomotrices o como sala para dormir la siesta para los alumnos infantiles. Esta es la composición del edificio:

Zonas climatizadas	Superficie (m ²)
Zona común	156,69
Zonas no climatizadas	Superficie (m ²)
Aseo chicos 1	1,49
Aseo chicas 1	1,49
Aseo chicos 2	1,49
Aseo chicas 2	1,49
TOTAL ÚTIL	162,65
TOTAL CONSTRUIDA	169,78

TABLA 23: Locales del edificio N°7 del colegio.

4.3 Uso de los edificios

El curso académico comienza en septiembre, luego comenzaremos a partir de este mes el uso particular de cada uno de los edificios. Hay que distinguir dos horarios, el de invierno y el de verano. El horario de verano es el que corresponde a los meses de septiembre y de junio. Los días en este horario empiezan a las 9:00 y terminan a las 15:00. El horario de invierno corresponde al resto de curso académico, y sus días comienzan a las 9:00 y terminan a las 17:00. Los cursos de secundaria también tienen estos horarios debido a que es un colegio bilingüe privado, y no tienen un horario como el de cualquier instituto.

Edificio N°1 (Edificio principal):

En este edificio se lleva a cabo la dirección y administración del colegio principalmente. En sus orígenes, las distintas aulas que se encuentran en este edificio estaban todas unidas, formando un local bastante amplio que se destinaba como comedor y cocina, pero tras la construcción del edificio del comedor se le dio un uso académico al local. Este edificio está en constante funcionamiento desde septiembre hasta finales de julio, sin contar los parones por navidad (diciembre-enero) y semana santa (abril). Es uno de los pocos edificios que mantiene su actividad durante el mes de julio, ya que los empleados siguen trabajando una vez finalizado el curso académico. Sin embargo, durante el horario de invierno se trabaja hasta las 20:00 de la tarde mientras que en horario de verano, se trabaja hasta las 17:00. Por último, una vez finalizado el curso académico, en julio, se trabaja solamente por la mañana hasta las 14:00.

Edificio N°2 (Edificio Primaria):

Este edificio se destina exclusivamente para el ámbito académico, luego su calendario de uso coincide con el curso académico. Esto es, su uso empezará en septiembre con horario de verano, seguido de los meses desde octubre a mayo con horario de invierno y con los parones de navidad y semana santa, y acabando en el mes de junio con horario de verano. Después, en el mes de julio, las aulas las utilizan los profesores que imparten clases en ella, como preparación para el curso académico siguiente.

Edificio N°3 (Talleres + Infantil):

Este edificio tiene el mismo calendario de actividades que el anterior. Tanto los laboratorios como las aulas de infantil se utilizan en el horario académico siguiendo los horarios de verano y de invierno correspondientes, y es en julio cuando se utiliza exclusivamente por el profesor que imparte las clases ahí, para preparar el curso siguiente.

Edificio N°4 (Primaria + Secundaria):

Otra vez encontramos el mismo caso que los dos edificios anteriores. Al ser exclusivamente un edificio de aulas el calendario de actividades coincide con el calendario escolar.

Edificio N°5 (Comedor + Aulas):

Las aulas de secundaria de la primera planta acaban el uso en el mes de mayo. Esto es, no se imparten clases en el mes de junio debido a que se adelantó el inicio del curso desde mitades de septiembre al día uno del mismo mes. Las aulas de infantil sí que se emplean hasta el mes

de junio por los alumnos y hasta julio por los profesores de dichas aulas, al igual que los talleres y almacenes del sótano. Finalmente el comedor está en uso hasta que finaliza el curso académico (hasta junio).

Edificio N°6 (Pabellón cubierto):

Este edificio se utiliza no solamente en horario escolar, sino también en horario extraescolar y nocturno. Después de las clases se imparten entrenamientos de fútbol sala para los niños pequeños. Además, varios días a la semana se usa por la noche después del horario laboral para disputar partidos de baloncesto o voleibol por diversos padres, profesores o ex alumnos.

Edificio N°7 (Edificio prefabricado):

Este edificio solamente es utilizado por los alumnos de infantil, luego el calendario de uso de este edificio coincide con el calendario académico de estos alumnos (de septiembre a junio).

CAPÍTULO 5: CERRAMIENTOS Y VENTANAS

5.1 Edificios principales ⁽⁹⁾.

La totalidad de los edificios excepto la ampliación del Edificio Nº5 que se realizó el año pasado y el edificio prefabricado (edificio 7), tienen las siguientes características:

5.1.1 Fachadas

Listado de capas (desde el exterior al interior):

1. Revestimiento monocapa – 1cm
2. Ladrillo hueco doble – 8 cm
3. Cámara de aire – 4 cm
4. Ladrillo hueco doble – 8 cm
5. Mortero de cemento – 1,5 cm

Espesor total: 23,5 cm.

5.1.2 Cubiertas

Listado de capas:

1. Pavimento – 5 cm
2. Mortero de agarre – 2 cm
3. Tela asfáltica – 3 cm
4. Capa aislante – 2 cm
5. Hormigón celular – 7 cm
6. Forjado reticular – 20 cm
7. Cámara de aire – 25 m
8. Falso techo: placa de yeso laminado [PYL] 750<d<900 – 1,5 cm

Espesor total: 65,5 cm.

5.1.3 Techo/suelo interior (desde arriba hacia abajo)

Listado de capas:

1. Baldosa – 1,5 cm
2. Mortero de agarre – 2 cm
3. Forjado reticular – 20 cm
4. Cámara de aire – 25 cm
5. Falso techo: placa de yeso laminado [PYL] 750<d<900 – 1,5 cm

Espesor total: 50 cm.

5.1.4 Forjado terreno (desde arriba hacia abajo)

Listado de capas:

1. Baldosa – 1,5 cm
2. Mortero de agarre – 2 cm
3. Entrevigado cerámico – 20 cm
4. Cámara de aire – 65 cm
5. Tierra vegetal

Espesor total: 88,5 cm.

5.1.5 Medianeras

Listado de capas:

1. Pintura
2. Placa de yeso laminado [PYL] 750<d<900 – 1,5 cm
3. Ladrillo hueco – 8 cm
4. Placa de yeso laminado [PYL] 750<d<900 – 1,5 cm
5. Pintura

Espesor total: 11 cm.

5.1.6 Ventanas

Las ventanas son correderas y tienen un acristalamiento de tipo sencillo de 8 mm de espesor. El marco es metálico de color claro. Algunas características son:

- U_{marco} : 5,7 W/m²K
- U_{vidrio} : 5,7 W/ m²K
- Factor de sombra: 1
- Factor solar: 0,82
- Fracción de marco: 0,15

Encontramos distintos tipos de ventanas según el tipo de local en el que nos situamos. Las principales, que son las que encontramos en todas las aulas, talleres, laboratorios y almacenes, miden 155 cm de longitud, 125 cm de altura y 8 milímetros de espesor. Tienen una altura de alféizar de 92 cm.

En los baños y algunos stocks y cuartos técnicos, encontramos ventanas más pequeñas. Tienen una altura de 55 cm y longitudes variadas según las dimensiones de la zona en la que se sitúan. Se sitúan a 220 cm metros del suelo.

Después encontramos otro tipo de ventanas más grandes en las zonas comunes de los edificios (pasillos, distribuidores, etc.). En el edificio 2 por ejemplo, encontramos dos en el pasillo superior que tienen una altura de alféizar de 60 cm y una altura de 2 metros. En los aularios encontramos unas ventanas más grandes todavía que estas en las escaleras. A pesar

de que abarcarían zonas de las plantas baja y primera, en AutoCAD y en el programa EnergyPlus se introducirán en la primera planta.

Por último, las puertas principales de los edificios también son de vidrio, luego se han introducido como ventanas con una altura de 190 cm y altura de alféizar igual a 0.

5.2 Edificio prefabricado⁽¹⁰⁾.

El edificio prefabricado consta de un solo local (no hay medianeras ni suelos/techos interiores), y tiene las siguientes características:

5.2.1 Fachadas

Listado de capas:

1. Acero – 1cm
2. MW Lana mineral [0,04 W/[mK]] – 7 cm
3. Acero – 1cm

Espesor total: 9 cm.

- U_m : 0,53 W/m²K
- Masa superficial: 158,8 kg/m²

5.2.2 Cubierta

Se compone de un falso techo suspendido (placa de yeso laminado (PYL)) de 15 mm de espesor con cámara de aire de 10 cm de altura. La cubierta está inclinada y es de acero galvanizado, sistema panel sándwich, con lana mineral de 70 mm de espesor como aislante térmico.

Listado de capas:

1. Acero inoxidable – 1cm
2. MW Lana mineral [0,04 W/[mK]] – 7cm
3. Acero inoxidable – 1cm
4. Cámara de aire sin ventilar – 10 cm
5. Placa de yeso laminado [PYL] 750<d<900 – 1,5cm

Espesor total: 20,5 cm.

- U_c refrigeración: 0,46 W/m²K
- U_c calefacción: 0,48 W/m²K
- Masa superficial: 173,17 kg/m²

5.2.3 Ventanas

Las ventanas tienen las mismas propiedades que las de los edificios principales. Sin embargo las longitudes son un poco superiores a las anteriores, pasando de 155 cm a 175.

5.3 Ampliación aulario de secundaria ⁽¹¹⁾.

Esta planta del edificio 5 se construyó el año pasado para ser el nuevo aulario del resto de clases de secundaria y bachillerato que quedaron sin asignar. Esta planta tiene sus específicos detalles constructivos, que son los siguientes:

5.3.1 Fachadas

La fachada es prefabricada de hormigón con trasdosado autoportante de pladur con aislamiento térmico. El acabado interior es una pintura plástica con textura lista, color blanco, acabado mate, mano de fondo y dos manos de acabado.

El listado de capas es el siguiente, de exterior a interior:

1. Mortero de cemento/cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 - 0,5$ cm
2. Aquapanel outdoor – 1,5 cm
3. MW Lana mineral $[0,035 \text{ W}/[\text{mK}]]$ – 10 cm
4. Cámara de aire sin ventilar – 6,5 cm
5. MW Lana mineral $[0,035 \text{ W}/[\text{mK}]]$ – 5 cm
6. Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$ (B) – 1,3 cm
7. Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$ (B) – 1,5 cm
8. Pintura plástica

Espesor total: 26,3 cm.

U_m : $0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

5.3.2 Cubierta

El revestimiento exterior es una cubierta plana no transitable, no ventilada, autoprotegida, tipo convencional que se compone de:

- Formación de pendientes: hormigón celular de cemento espumado.
- Aislamiento térmico: panel rígido de lana mineral.
- Impermeabilización bicapa adherida: dos capas de betún modificado con elastómeros.
- Elemento estructural: losa alveolar.
- Falso techo suspendido, situado a una altura menor de 4 m.

Listado de capas:

6. Impermeabilización asfáltica bicapa adherida – 0,64 cm
7. Lana mineral soldable – 5 cm
8. Formación de pendientes con hormigón celular – 10 cm
9. Losa alveolar 21 cm, $370 \text{ kg}/\text{m}^2$ – 21 cm
10. Cámara de aire sin ventilar – 25 cm
11. Falso techo registrable de placas de yeso laminado – 0,95 cm

Espesor total: 62,59 cm.

5.3.3 Medianeras

El listado de capas es el siguiente:

1. Pintura plástica
2. Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900 – 1,3 cm
3. Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900 – 1,2 cm
4. MW Lana mineral [0,035 W/mK] – 7 cm
5. Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900 – 1,2 cm
6. Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900 – 1,3 cm
7. Pintura plástica

Espesor total: 12 cm.

5.3.4 Ventanas

Las ventanas son de doble acristalamiento “Aislaglas” y tienen carpintería de aluminio, de apertura hacia el interior. Miden 100 cm de longitud por 225 cm de alto. Estas ventanas aíslan mejor el calor que las ventanas anteriores. Tienen las siguientes propiedades:

- U_v : 3,20 W/m²K
- Factor solar: 0,75
- U_{marco} : 5,7 W/m²K
- Absortividad carpintería, α_s : 0.6

CAPÍTULO 6: EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO Y DE CLIMA

6.1 Iluminación⁽¹²⁾.

La iluminación de las instalaciones del colegio se lleva a cabo con los siguientes aparatos:

Edificio N°1 (Edificio principal):

LUMINARIAS	POTENCIA (W)
69 luminarias fluorescentes 4x18W	4968
15 luminaria emergencia 60 Lm 6 W	90
3 luminaria emergencia 150 Lm 6 W	18
2 luminaria fluorescentes estancas 1x36 W	72
10 luminarias incandescentes 60 W	600

TABLA 24: Luminarias del Edificio N°1 del colegio.

Edificio N°2 (Edificio primaria):

LUMINARIAS	POTENCIA (W)
179 luminarias fluorescentes 4x18W	12888
12 luminaria emergencia 60 Lm 6 W	72
33 luminaria emergencia 150 Lm 6 W	198
12 luminaria fluorescentes estancas 1x36 W	432
60 luminarias incandescentes 60 W	3600

TABLA 25: Luminarias del Edificio N°2 del colegio.

Edificio N°3 (Talleres + Infantil):

LUMINARIAS	POTENCIA (W)
238 luminarias fluorescentes 4x18W	17136
11 luminaria emergencia 60 Lm 6 W	66
54 luminaria emergencia 150 Lm 6 W	324
18 luminaria fluorescentes estancas 1x36 W	648
74 luminarias incandescentes 60 W	4440

TABLA 26: Luminarias del Edificio N°3 del colegio.

Edificio N°4 (Primaria + Secundaria):

LUMINARIAS	POTENCIA (W)
170 luminarias fluorescentes 4x18W	12240
5 luminaria emergencia 60 Lm 6 W	30
27 luminaria emergencia 150 Lm 6 W	162
8 luminaria fluorescentes estancas 1x36 W	288
41 luminarias incandescentes 60 W	2460

TABLA 27: Luminarias del Edificio N°4 del colegio.

Edificio N°5 (Comedor + Aulas):

LUMINARIAS	POTENCIA (W)
325 luminarias fluorescentes 4x18W	23400
16 luminaria emergencia 60 Lm 6 W	96
59 luminaria emergencia 150 Lm 6 W	354
26 luminaria emergencia 300 Lm 6 W	156
42 luminaria fluorescentes estancas 2x36 W	3024
19 luminarias fluorescentes "downlight" 2x26 W	988
35 luminarias incandescentes 60 W	2100

TABLA 28: Luminarias del Edificio N°5 del colegio.

Edificio N°6 (Pabellón cubierto):

LUMINARIAS	POTENCIA (W)
18 luminarias industriales tipo "campana" 400 W	7200
14 luminaria emergencia 60 Lm 6 W	84
20 luminaria emergencia 150 Lm 6 W	120
36 luminaria fluorescentes estancas 2x36 W	2592
3 luminaria fluorescentes estancas 1x36 W	108
14 luminarias incandescentes 60 W	840

TABLA 29: Luminarias del Edificio N°6 del colegio.

Edificio N°7 (Edificio prefabricado):

LUMINARIAS	POTENCIA (W)
4 luminaria emergencia 60 Lm 6 W	24
6 luminaria emergencia 150 Lm 6 W	36
10 luminaria fluorescentes estancas 2x36 W	720
4 luminarias incandescentes 60 W	240

TABLA 30: Luminarias del Edificio N°7 del colegio.

6.2 Equipos eléctricos⁽¹³⁾.

En las instalaciones encontramos los siguientes equipos eléctricos:

Edificio N°1 (Edificio principal):

EQUIPO	POTENCIA POR UNIDAD (W)
Ordenador de mesa en despachos y oficinas	200
Equipos multiusos oficina	1500
Impresora despachos y oficinas	200
Ordenador portátil	50

TABLA 31: Equipamiento eléctrico del Edificio N°1 del colegio.

Encontramos ordenadores en prácticamente todos los despachos y oficinas, tanto en administración y dirección como en oficinas y despachos de los técnicos. Los equipos multiusos

se encuentran en la oficina únicamente, mientras que encontramos impresoras también en dirección y administración. Finalmente, los ordenadores portátiles pertenecen a los encargados de la dirección del colegio, que además también imparten clases y necesitan su ordenador particular para llevar a cabo el plan de estudios.

Edificio N°2 (Edificio primaria):

EQUIPO	POTENCIA POR UNIDAD (W)
Ascensor	4500
Equipos multiusos sala profesores	1500
Ordenadores sala profesores	200
Ordenador portátil	50

TABLA 32: Equipamiento eléctrico del Edificio N°2 del colegio.

Los ordenadores de mesa de la sala de profesores son de uso general, mientras que los portátiles son de uso particular de cada uno de los profesores. El ascensor no se puede utilizar por los alumnos o profesores por lo general, sino que se reserva a aquellas personas que sufren alguna lesión física que les impide subir o bajar las escaleras. Por ello, se le aplicará un factor de carga bajo, puesto que no se emplea casi nada.

Edificio N°3 (Talleres + Infantil):

EQUIPO	POTENCIA POR UNIDAD (W)
Ascensor	4500
Ordenadores informática	200
Proyector laboratorios	150
Ordenador portátil	50

TABLA 33: Equipamiento eléctrico del Edificio N°3 del colegio.

El ascensor tiene el mismo uso que el caso anterior, prácticamente nulo. Contamos con dos aulas informáticas en este edificio. Cada una de ellas contiene unos 30 ordenadores para que todos los alumnos y profesor puedan trabajar con él. En los laboratorios se imparten clases de secundaria que son reforzadas con diapositivas mediante un proyector. Es frecuente que en estos laboratorios el profesor tenga un ordenador portátil para llevar a cabo el plan de la asignatura.

Edificio N°4 (Primaria + Secundaria):

EQUIPO	POTENCIA POR UNIDAD (W)
Ascensor	4500
Equipos multiusos sala profesores	1500
Ordenadores sala profesores	200
Ordenador portátil	50

TABLA 34: Equipamiento eléctrico del Edificio N°4 del colegio.

Este edificio contiene los mismos equipos que el número 2, puesto que son dos edificios que se utilizan en su totalidad como aularios.

Edificio N°5 (Comedor + Aulas):

EQUIPO	POTENCIA POR UNIDAD (W)
2 lavavajillas industriales	5000
Campana extractora	500
Mesa refrigerada	500
Corta fiambres	400
Pica carne	300
Corta verduras	200
2 muebles refrigerados "self-service"	600
Mueble placa fría "self-service"	800
Montacargas	4000
Pela patatas	500
2 cámaras refrigeradas	1000
Congelador	800
Nevera	400
Máquina cafés	400
Máquina refrescos	400
Ordenador portátil	50
Televisión plasma	200
Proyector	150

TABLA 35: Equipamiento eléctrico del Edificio N°5 del colegio.

En este edificio, al tener la cocina, encontramos numerosos aparatos eléctricos destinados a la alimentación. La televisión de plasma se emplea para las aulas de infantil (ver películas y videos educativos).

Edificio N°6 (Pabellón cubierto):

EQUIPO	POTENCIA POR UNIDAD(W)
Ventiladores	300
Ordenador portátil	50

TABLA 36: Equipamiento eléctrico del Edificio N°6 del colegio.

Edificio N°7 (Edificio prefabricado):

No encontramos equipos eléctricos en este edificio.

6.3 Equipos de climatización

Las instalaciones se componen un solo sistema de climatización, que es el uso de acondicionadores compactos con bomba de calor o PTHP. El esquema de este tipo de aparatos de climatización es el siguiente:

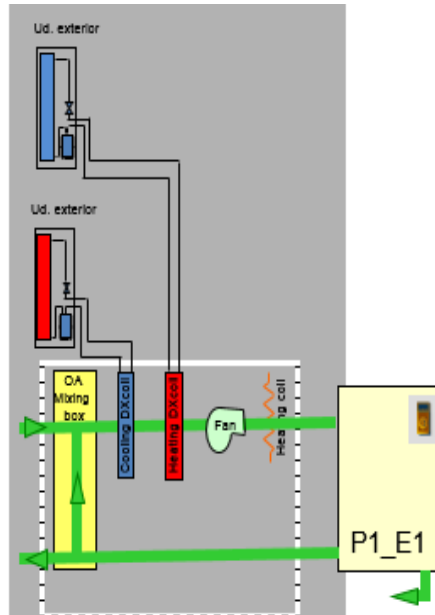


FIGURA 3: Esquema de los acondicionadores compactos con bomba de calor.⁽¹⁴⁾

Del mismo modo que en el ciclo de refrigeración, el ciclo de compresión es el que causa el funcionamiento de la bomba de calor. Sin embargo, la diferencia entre un equipo que solo refrigera con uno que sirve tanto para calefacción como refrigeración es que se le incorpora una válvula de cuatro vías que regula la dirección del flujo de calor.

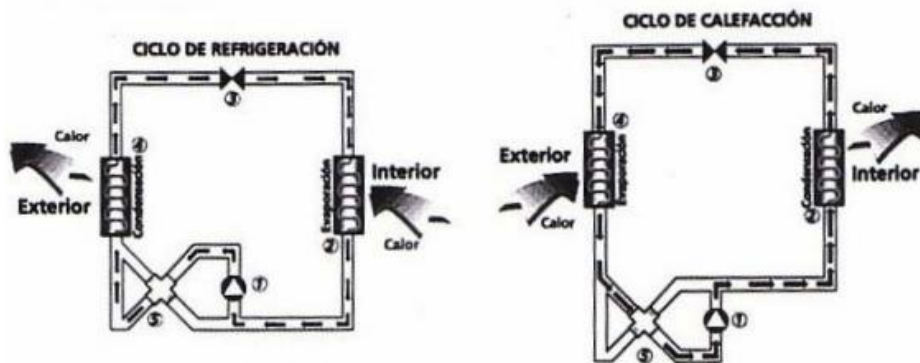


FIGURA 4: Esquema de los ciclos de refrigeración y calefacción de los PTHP.⁽¹⁵⁾

Para que la bomba de calor pueda utilizarse como calefactor y como refrigerador es necesario que tanto las baterías exterior e interior puedan funcionar como evaporador y como condensador respectivamente en refrigeración, y como condensador y evaporador respectivamente en calefacción.

En el capítulo 4 de la memoria ya se ha señalado que locales están climatizados y que locales no lo están. El colegio empleó aparatos de la misma potencia para todos los locales a climatizar. Además, no los colocó todos de golpe sino que han ido siendo incorporados gradualmente conforme pasaban los cursos académicos. Tras la fundación del colegio en 1992, solo contaba con cuatro acondicionadores que se encontraban en el edificio principal, en distintos despachos. Las aulas no estaban climatizadas, sino que se utilizaban estufas o

ventiladores para no tener frío o calor. Poco a poco se han ido incorporando hasta tener prácticamente la totalidad de las aulas climatizadas. Todos los acondicionadores del colegio tienen una potencia de 3200W, exceptuando los de la ampliación de secundaria en el edificio N°5, cuyos aparatos tienen una potencia de 4500W.

A pesar de conocer la potencia, en el programa EnergyPlus se introducirán los aparatos sin especificar la potencia para que el programa la calcule por sí mismo. Así observaremos si las cargas introducidas son correctas, si los aparatos están sobredimensionados o si la potencia es menor de la que debería tener.

CAPÍTULO 7: SIMULACIÓN

En este capítulo se especificarán los distintos parámetros y opciones que se han seleccionado en la simulación. En primer lugar, como se van a simular varios edificios por separado, se abrirá el archivo PLANTILLA.idf que se crea con la instalación del programa EnergyPlus. En este archivo, se introducirán las opciones que son comunes para todos los edificios. Para aspectos particulares de los edificios se introducirán en el archivo IDF perteneciente a cada edificio.

Para comenzar la simulación, primero se acciona el programa *EP-LAUNCH* dentro del mismo EnergyPlus, y se selecciona en primer lugar el archivo de las condiciones climáticas en la provincia de Alicante de la carpeta *WeatherData*, dentro de la carpeta de instalación del programa. A continuación, se selecciona el archivo IDF generado con el programa *GENERA_3D* y como ya tendrá los parámetros comunes de la plantilla, se irá especificando el resto de valores en editor IDF que se abre con el botón “*Edit-IDF Editor*”

En primer lugar, en *SimulationControl* se seleccionan las opciones que queremos simular, que son comunes para los 7 edificios:

Field	Units	Obj1
Do Zone Sizing Calculation		Yes
Do System Sizing Calculation		No
Do Plant Sizing Calculation		No
Run Simulation for Sizing Periods		Yes
Run Simulation for Weather File Run Periods		Yes
Do HVAC Sizing Simulation for Sizing Periods		
Maximum Number of HVAC Sizing Simulation Passes		

FIGURA 5: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *SimulationControl*.

A continuación, se introduce el nombre del proyecto y la orientación del mismo respecto al norte, así como el tipo de terreno de las instalaciones.

Field	Units	Obj1
Name		PROYECTO
North Axis	deg	10
Terrain		Suburbs
Loads Convergence Tolerance Value		0.5
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	0.5
Solar Distribution		FullExterior
Maximum Number of Warmup Days		25
Minimum Number of Warmup Days		

FIGURA 6: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *Building*.

Prácticamente todos los edificios han sido creados en el AutoCAD con la misma orientación, que es de unos 10º en sentido horario con respecto al norte terrestre. El edificio N°5 del comedor está girado unos 90º respecto a la orientación de los otros edificios, luego en el programa habrá que introducir $10+90=100^\circ$. También hay que seleccionar el tipo de terreno

en que se encuentran las instalaciones. Al estar situado en las afueras, se seleccionará la opción “Suburbs”.

Se seleccionarán los algoritmos de convección simples tanto para interior como exterior. Después hay que introducir el número de cálculos que hará el programa por hora, que será de uno.

Los días de diseño de cálculo tanto para verano como invierno se introducen en la pestaña *SizingPeriod:DesignDay*. Se han seleccionado los siguientes:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		VERANO	INVIERNO
Month		7	12
Day of Month		21	21
Day Type		SummerDesignDay	WinterDesignDay

FIGURA 7: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *SizingPeriod:DesignDay*.

Estos días corresponden con el día 21 de julio para verano y el día 21 de diciembre para invierno.

En el apartado *RunPeriod* introducimos el intervalo de tiempo en el que se desea realizar la simulación, además del día de la semana en que empezar.

Field	Units	Obj1
Name		
Begin Month		1
Begin Day of Month		1
End Month		12
End Day of Month		31
Day of Week for Start Day		Monday

FIGURA 8: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *RunPeriod*.

El intervalo de tiempo que viene por defecto es de un año, desde el día 1 de enero hasta el 31 de diciembre. El programa elige el lunes como día para empezar la simulación.

El siguiente paso es introducir las constantes horarias según la actividad que hay en el centro al día, que se realiza en el apartado *Schedule:Day:Hourly*. Estas constantes van desde 0 hasta 1, indicando la intensidad de la actividad en el centro. Para ello, se distinguen los siguientes tipos de días:

Laborable invierno:

Hour 1	varies	0
Hour 2	varies	0
Hour 3	varies	0
Hour 4	varies	0
Hour 5	varies	0
Hour 6	varies	0
Hour 7	varies	0
Hour 8	varies	0
Hour 9	varies	0,1
Hour 10	varies	1
Hour 11	varies	1
Hour 12	varies	0,7
Hour 13	varies	1
Hour 14	varies	1
Hour 15	varies	0,4
Hour 16	varies	1
Hour 17	varies	1
Hour 18	varies	0,3
Hour 19	varies	0,1
Hour 20	varies	0,1
Hour 21	varies	0
Hour 22	varies	0
Hour 23	varies	0

FIGURA 9: Factores horarios para los días laborables del horario de invierno.

Se puede observar como la actividad no empieza hasta el intervalo de 8:00-9:00, cuando comienzan a llegar algunos trabajadores, como algunos profesores, trabajadores en administración o dirección del colegio, o personal de mantenimiento (conserjes, técnicos, etc.). Debido a la baja actividad en este intervalo, el factor aplicado es de 0,1. Las clases empiezan a las 9:00 y se prolongan hasta las 11:30, cuando hay un descanso para el recreo de 25 minutos. Es por esto que de 11 a 12 se aplica un factor de 0,7. Después, hay dos horas más de clase hasta las 14 horas, cuando hay un parón para comer de 45 minutos. Por ello se aplica un factor de 0,4 a la actividad. Finalmente, hay dos horas más de clase desde las 15 a las 17 horas. De 17:00 a 18:00 todavía quedan profesores en las aulas y comienza a llegar el personal de limpieza al colegio y los encargados de las actividades extraescolares, de ahí el factor de 0,3. Después, durante dos horas más, solamente queda en el colegio el personal de limpieza, por lo que se aplica un factor de 0,1.

Laborable verano:

Field	Units	Obj7
Hour 1	varies	0
Hour 2	varies	0
Hour 3	varies	0
Hour 4	varies	0
Hour 5	varies	0
Hour 6	varies	0
Hour 7	varies	0
Hour 8	varies	0
Hour 9	varies	0,1
Hour 10	varies	1
Hour 11	varies	1
Hour 12	varies	0,7
Hour 13	varies	1
Hour 14	varies	1
Hour 15	varies	0,6
Hour 16	varies	0,3
Hour 17	varies	0,1
Hour 18	varies	0,1
Hour 19	varies	0
Hour 20	varies	0
Hour 21	varies	0
Hour 22	varies	0

FIGURA 10: Factores horarios para los días laborables del horario de verano.

En este horario, coinciden las horas de clase hasta el intervalo de 14 a 15 horas, en el que el parón es menor. Aun así, los alumnos llegan a las aulas a las 14:40 pero comienzan a

recoger, ya que en este horario las clases terminan a las 15:00. El personal de limpieza y de mantenimiento también acaba antes.

Fines de semana y festivos:

En los días en los que no se abre el colegio, se ha creado una columna con todo ceros.

Mes de Junio:

Field	Units	Obj8
Hour 1	varies	0
Hour 2	varies	0
Hour 3	varies	0
Hour 4	varies	0
Hour 5	varies	0
Hour 6	varies	0
Hour 7	varies	0
Hour 8	varies	0
Hour 9	varies	0,1
Hour 10	varies	0,5
Hour 11	varies	0,5
Hour 12	varies	0,3
Hour 13	varies	0,6
Hour 14	varies	0,5
Hour 15	varies	0,3
Hour 16	varies	0,1
Hour 17	varies	0,1
Hour 18	varies	0
Hour 19	varies	0
Hour 20	varies	0
Hour 21	varies	0
Hour 22	varies	0

FIGURA 11: Factores horarios para los días laborables del horario del mes de junio.

Esto es debido a que en este mes, ya no hay alumnos de secundaria en las instalaciones, luego para los edificios 4 y 5 en los que hay aulas que en este mes estarán vacías, se le ha reducido la actividad prácticamente a la mitad, puesto que la mitad del edificio estará desocupada. Además, también se aplicará este tipo de día para las semanas en las que ya no haya alumnos en las instalaciones, que reduce la actividad notablemente. Sin embargo, no sería nula esta actividad debido a que los profesores trabajan en las aulas preparando los cursos siguientes.

A continuación se han creado los distintos tipos de semana que hay a lo largo del año en el apartado *Schedule:Week:Daily*:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		SEMANA_INV	OFICINAS_INF_WE	SEMANA_VER	SEMANA_VACA	SEMANA_JUNIO
Sunday Schedule:Day Name		NO_LABORABLE	OFICINAS_FEST_IF	NO_LABORABLE	NO_LABORABLE	NO_LABORABLE
Monday Schedule:Day Name		LABORABLE_INV	OFICINAS_LAB_INI	LABORABLE_VER	NO_LABORABLE	SECUN_VER
Tuesday Schedule:Day Name		LABORABLE_INV	OFICINAS_LAB_INI	LABORABLE_VER	NO_LABORABLE	SECUN_VER
Wednesday Schedule:Day Name		LABORABLE_INV	OFICINAS_LAB_INI	LABORABLE_VER	NO_LABORABLE	SECUN_VER
Thursday Schedule:Day Name		LABORABLE_INV	OFICINAS_LAB_INI	LABORABLE_VER	NO_LABORABLE	SECUN_VER
Friday Schedule:Day Name		LABORABLE_INV	OFICINAS_LAB_INI	LABORABLE_VER	NO_LABORABLE	SECUN_VER
Saturday Schedule:Day Name		NO_LABORABLE	OFICINAS_SAB_IN	NO_LABORABLE	NO_LABORABLE	NO_LABORABLE
Holiday Schedule:Day Name		NO_LABORABLE	OFICINAS_FEST_IF	NO_LABORABLE	NO_LABORABLE	NO_LABORABLE
SummerDesignDay Schedule:Day Name		LABORABLE_INV	OFICINAS_LAB_INI	LABORABLE_INV	LABORABLE_INV	LABORABLE_INV
WinterDesignDay Schedule:Day Name		NO_LABORABLE	OFICINAS_FEST_IF	NO_LABORABLE	NO_LABORABLE	NO_LABORABLE
CustomDay1 Schedule:Day Name		LABORABLE_INV	OFICINAS_LAB_INI	LABORABLE_VER	NO_LABORABLE	LABORABLE_INV
CustomDay2 Schedule:Day Name		LABORABLE_INV	OFICINAS_LAB_INI	LABORABLE_VER	NO_LABORABLE	LABORABLE_INV

FIGURA 12: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *Schedule:Week:Daily*.

SEMANA_INV y SEMANA_VER hacen referencia a las semanas en las que hay horarios de invierno o de verano respectivamente. SEMANA_VACA hace referencia a las semanas de parón por navidades, semana santa o verano. SEMANA_JUNIO se aplica en los edificios en los que hay aulas de secundaria en el mes de junio, además de en los edificios una vez acaba el curso académico cuando ya no hay alumnos.

Para introducir el calendario y el tipo de semana que hay a lo largo de los meses, se han introducido los siguientes intervalos en el apartado *Schedule:Year*:

Desde	Hasta	EDIFICIO 1 (Edificio principal)	EDIFICIO 2 (Primaria)	EDIFICIO 3 (Talleres+Infantil)	EDIFICIO 4 (Primaria+Secundaria)
01-ene	06-ene	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA
07-ene	31-mar	SEMANA_INV	SEMANA_INV	SEMANA_INV	SEMANA_INV
01-abr	14-abr	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA
15-abr	31-may	SEMANA_INV	SEMANA_INV	SEMANA_INV	SEMANA_INV
01-jun	22-jun	SEMANA_VER	SEMANA_VER	SEMANA_VER	SEMANA_JUNIO
23-jun	31-jul	SEMANA_JUNIO	SEMANA_JUNIO	SEMANA_JUNIO	SEMANA_JUNIO
01-ago	31-ago	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA
01-sep	30-sep	SEMANA_VER	SEMANA_VER	SEMANA_VER	SEMANA_VER
01-oct	22-dic	SEMANA_INV	SEMANA_INV	SEMANA_INV	SEMANA_INV
23-dic	31-dic	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA

TABLA 37: Tipos de semanas durante el año para los edificios del 1-4.

Desde	Hasta	EDIFICIO 5 (Comedor+Aulas)	EDIFICIO 6 (Pabellón)	EDIFICIO 7 (Edif. Prefabricado)
01-ene	06-ene	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA
07-ene	31-mar	SEMANA_INV	SEMANA_INV	SEMANA_INV
01-abr	14-abr	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA
15-abr	31-may	SEMANA_INV	SEMANA_INV	SEMANA_INV
01-jun	22-jun	SEMANA_JUNIO	SEMANA_VER	SEMANA_VER
23-jun	31-jul	SEMANA_JUNIO	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA
01-ago	31-ago	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA
01-sep	30-sep	SEMANA_VER	SEMANA_VER	SEMANA_VER
01-oct	22-dic	SEMANA_INV	SEMANA_INV	SEMANA_INV
23-dic	31-dic	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA	SEMANA_VACA

TABLA 38: Tipos de semanas durante el año para los edificios del 5-7.

El siguiente paso es crear diversos factores para regular la actividad de los equipos eléctricos y de iluminación en el apartado *Schedule:Compact*.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Always On	Always Off	Little	Baños y pasillos
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Through:12/31	Through:12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 4	varies	1	0	.1	.6

FIGURA 13: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *Schedule:Compact*.

Por defecto, ya vienen creados los factores *Always On* (que corresponde con el valor de 1, para objetos o luces que estén siempre enchufados) y *Always Off* (para aquello que siempre esté apagado, con un valor de 0). Se han creado dos factores más, uno que se llamará *Little* (para los aparatos que funcionen muy poco, de valor 0,1), y otro llamado *Baños y pasillos* (para la iluminación de estos locales que no siempre está en marcha, con valor de 0,6).

Las últimas constantes que se introducen son las cargas por ocupación, que tienen un valor de 100 para personas adolescentes y adultas, y de 70 para niños.

A continuación hay que introducir los detalles constructivos de los edificios. En primer lugar, en el apartado *Material* hay que introducir todos los materiales que se emplearon y sus propiedades:

Field	Units	Obj28	Obj29	Obj30	Obj31
Name		Ladrillo hueco doble	Mortero de cemento	Pavimento	Mortero de agarre
Roughness		Rough	Rough	MediumRough	Rough
Thickness	m	0,08	0,015	0,05	0,02
Conductivity	W/m-K	0,32	0,55	0,5	0,55
Density	kg/m3	770	1125	1050	1125
Specific Heat	J/kg-K	1000	1000	1000	1000
Thermal Absorptance					
Solar Absorptance					
Visible Absorptance					

FIGURA 14: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *Material*.

En el apartado *WindowMaterial:SimpleGlazingSystem* se introduce el factor solar del vidrio y la transmitancia térmica U:

Field	Units	Obj1
Name		VIDRIO_CERMA
U-Factor	W/m2-K	5,7
Solar Heat Gain Coefficient		0,82
Visible Transmittance		

FIGURA 15: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *WindowMaterial:SimpleGlazingSystem*.

Una vez introducidos los materiales hay que ordenarlos por capas para formar los distintos cerramientos, medianeras, suelos y cubiertas. Esto se lleva a cabo en la pestaña *Construction*.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Cubierta	Forjado_terreno	Muro_exterior	Muro_exterior
Outside Layer		Pavimento	Tierra_vegetal	Revestimiento monocapa	Revestimiento monocapa
Layer 2		Mortero de agarre	camara_aire	Ladrillo hueco doble	Ladrillo hueco doble
Layer 3		Tela asfáltica	Fu_entrevigado	camara_aire	camara_aire
Layer 4		MW Lana mineral	Mortero de agarre	Ladrillo hueco doble	Ladrillo hueco doble
Layer 5		Hormigón celular	Plaqueta o baldosa	Mortero de cemento	Mortero de cemento
Layer 6		Forjado reticular			
Layer 7		camara_aire			
Layer 8		Placa de yeso laminado			
Layer 9					
Layer 10					

FIGURA 16: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *Construction*.

En la pestaña posterior de *ZoneList* encontramos una zona ya creada llamada EDIFICIO que engloba todos los locales del mismo. Se creará una nueva zona con todos los locales que tengan características en común, como por ejemplo, en el edificio N°2, todas las aulas tienen

prácticamente la misma forma y tienen la misma iluminación y ocupación. Quedaría de la siguiente forma:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		EDIFICIO	AULAS
Zone 1 Name		Aula lectura	Aula lectura
Zone 2 Name		NO CLIMA	Year 2B
Zone 3 Name		Year 2B	Year 2S
Zone 4 Name		Year 2S	Year 2V
Zone 5 Name		Year 2V	Year 2P
Zone 6 Name		Year 2P	Year 1 Kangaroos
Zone 7 Name		Year 1 Kangaroos	Year 1 Tigers
Zone 8 Name		Year 1 Tigers	Year 1 Lions
Zone 9 Name		Year 1 Lions	Year 1 Bears
Zone 10 Name		Year 1 Bears	Year 4J
Zone 11 Name		Year 4J	Year 4S
Zone 12 Name		Year 4S	Year 4P
Zone 13 Name		Year 3J	Year 4M
Zone 14 Name		Year 3N	Year 3J
Zone 15 Name		Year 4P	Year 3N
Zone 16 Name		Year 4M	Year 3A
Zone 17 Name		Year 3A	Year 3H
Zone 18 Name		Year 3H	
Zone 19 Name			

FIGURA 17: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de ZoneList.

En las dos siguientes pestañas encontramos un resumen de todos los cerramientos y de todas las ventanas. A partir de la siguiente pestaña ya se introducen las cargas en el edificio. En primer lugar se introducen las personas que ocuparan los distintos locales. Se ha distinguido entre alumnos pequeños y adultos/adolescentes.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		CARGA_OCU_1	CARGA_OCU_2	CARGA_OCU_3	CARGA_OCU_4
Zone or ZoneList Name		AULAS	AULAS	NO CLIMA	NO CLIMA
Number of People Schedule Name		OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS
Number of People Calculation Method		People	People	People	People
Number of People		28	1	20	150
People per Zone Floor Area	person/m2				
Zone Floor Area per Person	m2/person				
Fraction Radiant		0,3	0,3	0,3	0,3
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		CARGA_OCU_PEQ	CARGA_OCU_MAY	CARGA_OCU_MAY	CARGA_OCU_PEQ
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-W	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Annule Factor List Name					

FIGURA 18: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de People.

Se observa como en la zona de AULAS se ha introducido 28 personas con la carga de los menores. Esto quiere decir que en cada aula habrá 28 alumnos pequeños. Además, se ha introducido una persona adulta, el profesor, en la misma zona. Por último, se han introducido más personas en los pasillos y demás zonas no climatizadas.

En segundo lugar se introduce la iluminación que ya se ha detallado en el capítulo anterior:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Name		FLUOR_4x18w_1	FLUOR_4x18w_2	EMER_60Lm_6W	EMER_150Lm_6W	EMER_150Lm_6W	INCAN_60W	FLUOR_EST_36W
Zone or ZoneList Name		AULAS	NO CLIMA	NO CLIMA	NO CLIMA	AULAS	NO CLIMA	NO CLIMA
Schedule Name		OFICINAS	OFICINAS	Little	Little	Little	Baños y pasillos	Baños y pasillos
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	648	1872	78	96	6	3600	432
Watts per Zone Floor Area	W/m2							
Watts per Person	W/person							
Return Air Fraction								
Fraction Radiant								
Fraction Visible								
Fraction Replaceable		1	1	1	1	1	1	1
End-Use Subcategory		General	General	General	General	General	General	General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No	No	No	No	No	No
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co								
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co 1/K								

FIGURA 19: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de Lights.

Se ha introducido por zonas según el tipo de iluminación. Además, se ha introducido la potencia total de esas luminarias. Los 648W de las primeras luminarias en la zona de AULAS, hace referencia a que en cada local que pertenece a esa zona, hay 648W pertenecientes a las luminarias fluorescentes de 4x18W.

Por último, se introducen las cargas relacionadas con el equipamiento eléctrico del edificio:

Field	Units	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		ASCENSOR	PORTATIL	PC	EQ MUITIUSOS
Zone or ZoneList Name		NO CLIMA	AULAS	NO CLIMA	NO CLIMA
Schedule Name		OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS	OFICINAS
Design Level Calculation Method		EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel
Design Level	W	4500	50	600	1500
Watts per Zone Floor Area	W/m2				
Watts per Person	W/person				
Fraction Latent		0	0	0	0
Fraction Radiant		0,8	0,8	0,8	0,8
Fraction Lost		n	n	n	n

FIGURA 20: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *ElectricEquipment*.

Al haber 3 ordenadores en esta misma sala de profesores, se han introducido 600W en el objeto "PC".

El siguiente paso es introducir el termostato del edificio. Para ello, se ha ajustado la temperatura de calefacción en 20°C y la de refrigeración en 25°C, como se muestra a continuación:

Field	Units	Obj1
Name		TERMO_CERMA
Heating Setpoint Schedule Name		
Constant Heating Setpoint	C	20
Cooling Setpoint Schedule Name		
Constant Cooling Setpoint	C	25

FIGURA 21: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *HVACTemplate:Thermostat*.

El último paso previo a la simulación es introducir los aparatos de climatización del edificio. Para ello hay que introducir uno a uno los aparatos en las respectivas aulas, con el termostato correspondiente que es común a todo el edificio:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Zone Name		Aula lectura	Year 2B	Year 2S	Year 2V	Year 2P	Year 1 Kangaroo
Template Thermostat Name		TERMO_CERMA	TERMO_CERMA	TERMO_CERMA	TERMO_CERMA	TERMO_CERMA	TERMO_CERMA
Cooling Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize
Heating Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize	autosize
No Load Supply Air Flow Rate	m3/s						
Zone Heating Sizing Factor							
Zone Cooling Sizing Factor							
Outdoor Air Method		Flow/Person	Flow/Person	Flow/Person	Flow/Person	Flow/Person	Flow/Person
Outdoor Air Flow Rate per Person	m3/s	0,00944	0,00944	0,00944	0,00944	0,00944	0,00944

FIGURA 22: Imagen del Editor IDF del EnergyPlus, en la pestaña de *HVACTemplate:Zone:PTHP*.

La potencia y los caudales serán calculados automáticamente con el programa con la opción "autosize", para comprobar si coincide con la potencia que de verdad tienen estos equipos.

Tras realizar una primera simulación de los edificios, se comprobó en primer lugar la potencia que consumían los acondicionadores de los distintos locales climatizados en refrigeración, ya que es superior a la de calefacción. Se comprobó como en la mayor parte de

los casos, la potencia era bastante superior a la que tienen de verdad los equipos. Por ejemplo, en el edificio N°2 que corresponde al aula de primaria, se obtuvo las siguientes potencias de refrigeración para los distintos locales:

EDIFICIO N°2	Calculated Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]
AULA LECTURA	6168.51	124.62	0.457
AULA YEAR 2B	5335.36	107.79	0.395
AULA YEAR 2S	4266.63	73.31	0.316
AULA YEAR 2V	4892.81	100.30	0.362
AULA YEAR 2P	4087.50	82.84	0.303
AULA YEAR 1 KANGAROOS	4888.79	99.10	0.362
AULA YEAR 1 TIGERS	5820.12	106.60	0.431
AULA YEAR 1 LIONS	6067.28	111.12	0.449
AULA YEAR 1 BEARS	4759.86	103.70	0.352
AULA YEAR 4J	5504.85	112.85	0.408
AULA YEAR 4S	4897.83	99.27	0.363
AULA YEAR 3J	5007.05	102.63	0.371
AULA YEAR 3N	5390.09	109.26	0.399
AULA YEAR 4P	6400.14	119.18	0.474
AULA YEAR 4M	5499.31	111.10	0.407
AULA YEAR 3A	5886.25	120.37	0.436
AULA YEAR 3H	6099.87	104.34	0.452

TABLA 39: Potencias teóricas de refrigeración calculadas por el programa EnergyPlus.

Se puede observar como las potencias son bastante superiores a las que en realidad tienen los locales, puesto que oscilan entre los 4000 y 6500 W cuando en realidad deberían tener alrededor de 3200 W.

A priori se podría afirmar que los equipos tienen bastante menos potencia de la que en realidad deberían tener. Sin embargo, no se han tenido en cuenta otros aspectos como las sombras, que en este colegio son muy importantes. La simulación se ha realizado edificio a edificio, de manera individual, luego cada edificio no tiene en cuenta las sombras que realizan los demás sobre sí mismos.

Por otra parte, tampoco se tienen en cuenta las sombras que realizan los numerosos árboles que encontramos en el colegio, que impiden que la radiación del sol incida de manera directa en las paredes de los edificios o en sus ventanas. Estas sombras reducirían la potencia necesaria de los equipos en la simulación y se asemejaría más a la que en realidad tienen. Es por ello por lo que parece ser que las cargas han sido introducidas de manera correcta. Se comprobará también al observar los consumos energéticos de los edificios.

Por otro lado, las potencias de calefacción sí se asemejan más a las potencias que en realidad tienen los equipos debido al caso contrario que el anterior. Al no considerar la

sombra, la radiación estaría incidiendo en su totalidad en las paredes y ventanas de los edificios, luego necesitaría menos potencia para calentar el local. Estas potencias son las siguientes:

EDIFICIO Nº2	Calculated Design Load [W]	User Design Load per Area [W/m2]	Calculated Design Air Flow [m3/s]
AULA LECTURA	4085.03	82.53	0.111
YEAR 2B	3548.71	71.69	0.096
YEAR 2S	3249.59	55.83	0.088
YEAR 2V	3357.54	68.83	0.091
YEAR 2P	3223.25	65.33	0.087
YEAR 1 KANGAROOS	3549.00	71.94	0.096
YEAR 1 TIGERS	4011.36	73.47	0.109
YEAR 1 LIONS	4006.30	73.38	0.109
YEAR 1 BEARS	2982.46	64.98	0.081
YEAR 4J	3418.39	70.08	0.093
YEAR 4S	3243.37	65.74	0.088
YEAR 3J	3441.55	70.54	0.093
YEAR 3N	3462.39	70.19	0.094
YEAR 4P	3856.13	71.81	0.105
YEAR 4M	3317.35	67.02	0.090
YEAR 3A	3473.14	71.03	0.094
YEAR 3H	3688.65	63.10	0.100

TABLA 40: Potencias teóricas de calefacción calculadas por el programa EnergyPlus.

Para finalizar con el editor IDF, se introducirá la opción que proporciona una variable de salida en formato HTML, en la opción *“OutputControl:Table:Style”*. Esto generará un archivo HTML con los diversos resultados. También se pueden ver los resultados con el programa ESO-VIEW dentro del EP-Launch, dándole al botón ESO.

CAPÍTULO 8: CONSUMOS

8.1 Consumos reales

Los consumos reales del edificio se encuentran resumidos en la siguiente tabla:

Periodo		Consumo (KWh)	Periodo		Consumo (KWh)	Periodo		Consumo (KWh)
6Marzo-10Abril	E.Punta	7435	7 Agosto - 10 sept	E.Punta	2370	1 febre - 11 febre	E.Punta	2555
	E.Llano	10679		E.Llano	4047		E.Llano	8518
	E.Valle	1646		E.Valle	1557		E.Valle	679
10Abril-8Mayo	E.Punta	8691	11 sept - 7 oct	E.Punta	9614	12 febre - 10 marzo	E.Punta	4393
	E.Llano	12243		E.Llano	12736		E.Llano	17376
	E.Valle	1789		E.Valle	1587		E.Valle	1460
9Mayo-10Junio	E.Punta	8575	8 oct - 8 nov	E.Punta	8951	TOTAL		
	E.Llano	12512		E.Llano	16519		266727	
	E.Valle	1864		E.Valle	1933			
11Junio-4julio	E.Punta	5782	9 nov - 10 dic	E.Punta	5898			
	E.Llano	11114		E.Llano	20978			
	E.Valle	1223		E.Valle	1948			
5Julio-3Agosto	E.Punta	4054	11 dic - 9 enero	E.Punta	6940			
	E.Llano	9202		E.Llano	12950			
	E.Valle	1403		E.Valle	1807			
3 Agosto-6 Agosto	E.Punta	422	10 enero - 31 enero	E.Punta	4109			
	E.Llano	579		E.Llano	17036			
	E.Valle	194		E.Valle	1359			

TABLA 41: Consumos eléctricos reales del colegio.

El consumo total en este periodo de un año es de **266727 KWh**, suponiendo un gasto de 49487,69€.

Se ha considerado este período porque eran los primeros datos disponibles y para evitar utilizar alguna factura del curso 2014-2015, ya que la ampliación del edificio 5 del colegio se realizó el verano que precede a este curso. De esta forma, se evita distinguir dos periodos, uno con la ampliación y otro sin la ampliación.

Sin embargo, la simulación se ha realizado considerando esta ampliación para ver cuáles serían los consumos con esta planta. La comparación, eso sí, se realizará sin tener en cuenta estos consumos.

8.2 Consumos de las instalaciones

Una vez establecidas las potencias correctas de los equipos y simulado por segunda vez, obtenemos los resultados siguientes en cuanto a consumo energético:

EDIFICIO N°1 (Edificio Principal):

	ILUMINACIÓN	EQUIPAMIENTO ELECTR.	VENTILADORES	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
Enero	713,22	762,05	45,67	2956,29	30,42
Febrero	731,95	846,73	29,66	1818,29	87,53
Marzo	807,02	931,40	15,90	765,06	210,85
Abril	539,70	465,70	13,16	425,05	330,17
Mayo	830,46	973,74	24,77	0,00	1235,91
Junio	643,38	652,90	46,70	0,00	2432,38
Julio	463,36	310,91	74,43	0,00	4076,38
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	744,50	835,48	56,66	0,00	3067,76
Octubre	830,46	973,74	25,89	3,03	1355,83
Noviembre	797,63	931,40	10,54	437,51	198,97
Diciembre	572,54	508,04	42,92	2789,08	30,23
ANUAL	7674,23	8192,08	386,29	9194,31	13056,43
Mínimo	291,16	0,00	10,54	0,00	30,23
Máximo	830,46	973,74	74,43	2956,29	4076,38

TABLA 42: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio N°1 del colegio.

Climatización por locales:

	REFRIGERACIÓN(KWh)	CALEFACCIÓN(KWh)
DIRECCION	1497,81	991,15
ADMIN	528,56	821,92
PSICOLOGO	403,67	743,90
DESPACHO COORDINADORES 1A Y 2A	1910,48	710,11
RELACIONES EXTERNAS	797,89	466,45
OFICINA	1018,93	633,03
AULA ALEMAN	1488,60	962,04

AULA MULTIUSOS	1969,94	859,64
AULA E.N.	1081,55	882,60
ALMACEN UNIFORMES	1920,80	1463,04
DESPACHO TECNICO	438,21	660,44
NO CLIMA	0,00	0,00
TOTAL	13056,43	9194,31

TABLA 43: Consumo energético (KWh) de climatización por locales del Edificio N°1 del colegio.

EDIFICIO N°2 (Edificio Primaria):

	ILUMINACIÓN	EQUIPAMIENTO ELECT.	VENTILADORES	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
Enero	1900,45	1973,14	51,69	3616,26	167,64
Febrero	1912,20	2192,38	32,57	1936,55	294,77
Marzo	2005,03	2192,38	20,85	764,34	539,04
Abril	1503,47	1205,81	20,22	648,35	621,18
Mayo	2125,23	2444,36	37,62	0,00	2090,41
Junio	1409,08	1007,92	48,25	0,00	2857,84
Julio	959,22	0,00	70,93	0,00	4475,52
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	1729,61	1679,88	65,56	0,00	4018,71
Octubre	2161,90	2521,24	39,32	7,57	2267,74
Noviembre	2078,67	2411,62	15,81	367,30	573,62
Diciembre	1586,71	1315,43	51,48	3668,38	142,73
ANUAL	19371,57	18944,16	454,30	11008,74	18049,19
MÍNIMO	959,22	0,00	15,81	0,00	142,73
MÁXIMO	2161,90	2521,24	78,44	3668,38	5036,74

TABLA 44: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio N°2 del colegio.

Climatización por locales:

	REFRIGERACIÓN	CALEFACCIÓN
AULA LECTURA	1197,65	818,92
YEAR 2B	1160,22	657,84
YEAR 2S	763,06	685,29
YEAR 2V	828,19	926,99
YEAR 2P	897,11	1037,24
YEAR 1 KANGAROOS	939,92	881,15
YEAR 1 TIGERS	1264,99	726,04

YEAR 1 LIONS	1162,20	774,81
YEAR 1 BEARS	1029,44	494,52
YEAR 4J	1038,92	663,87
YEAR 4S	800,89	654,35
YEAR 3J	901,60	620,09
YEAR 3N	1102,90	632,45
YEAR 4P	1251,30	411,95
YEAR 4M	1281,62	320,26
YEAR 3A	1214,91	341,65
YEAR 3H	1214,31	361,30
NO CLIMA	0,00	0,00
TOTAL	18049,19	11008,74

TABLA 45: Consumo energético (KWh) de climatización por locales del Edificio N°2 del colegio.

EDIFICIO N°3 (Talleres + Infantil):

	ILUMINACIÓN	EQUIPAMIENTO ELECTR.	VENTILADORES	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
Enero	2599,41	1296,99	87,40	5289,89	96,88
Febrero	2513,91	1399,08	61,06	3065,85	182,09
Marzo	2658,24	1540,29	41,79	1143,06	369,94
Abril	2110,97	864,70	41,08	850,65	477,26
Mayo	2899,37	1601,12	87,53	0,05	1970,93
Junio	2179,95	750,98	138,70	0,00	4648,67
Julio	1538,88	466,60	165,25	0,00	4942,21
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	2616,99	1377,74	175,83	0,00	4007,87
Octubre	2899,37	1601,12	90,98	9,38	2197,86
Noviembre	2770,88	1533,77	31,00	525,84	442,16
Diciembre	2239,46	932,04	82,52	5153,38	85,48
ANUAL	27027,41	13364,44	1003,14	16038,11	19421,36
Mínimo	2123,34	202,15	31,00	0,00	85,48
Máximo	3503,15	1601,12	225,63	5289,89	4961,72

TABLA 46: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio N°2 del colegio.

Climatización por locales:

	Refrigeración	Calefacción
NURSERY 1.1	1106,17	650,78
NURSERY 1.2	1102,63	543,26
NURSERY 1.3	426,30	722,81
NURSERY 2.1	461,81	585,88
NURSERY 2.3	1194,26	593,58

NURSERY 2.2	1106,35	601,61
AULA INFORMATICA	1576,13	1032,69
RECEPTION DRAGONFLIES	889,57	1275,43
BIBLIOTECA	828,83	3208,63
AULA DRAMA	1312,97	567,06
DESPACHO	690,14	222,85
AULA EXTRAESCOLARES	1048,21	380,96
AULA MUSICA	1093,32	492,55
AULA ARTE	1405,16	703,44
AULA INFORMATICA 2	1663,48	815,00
LABORATORIO CIENCIAS	896,74	1184,63
LABORATORIO BIOLOGIA	1291,06	1256,27
LABORATORIO QUIMICA	1328,22	1200,67
NO CLIMA	0	0
TOTAL	19421,36	16038,11

TABLA 47: Consumo energético de (KWh) climatización por locales del Edificio N°3 del colegio.

EDIFICIO N°4 (Primaria + Secundaria):

	ILUMINACIÓN	EQUIPAMIENTO ELECTR.	VENTILADORES	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
Enero	2670,11	584,46	72,20	3925,38	104,37
Febrero	2710,66	579,80	47,02	2156,23	229,64
Marzo	2989,67	639,94	28,66	640,55	467,5
Abril	2071,12	476,57	31,27	394,54	654,35
Mayo	3069,56	653,81	77,72	0	2150,38
Junio	1881,79	443,70	130,95	0	3787,42
Julio	1560,38	391,80	215,19	0	6561,14
Agosto	0,00	0,00	0,00	0	0
Septiembre	2743,08	593,23	167,25	0	5029,2
Octubre	3069,56	653,81	84,97	5,36	2480,31
Noviembre	2949,93	629,14	26,69	514	500,72
Diciembre	2190,76	501,24	67,77	3728,28	93,73
ANUAL	27906,62	6147,50	949,69	11364,34	22058,76
Mínimo	1232,06	334,80	26,69	0	93,73
Máximo	3069,56	653,81	216,41	3925,38	6701,55

TABLA 48: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio N°4 del colegio.

Climatización por locales:

	REFRIGERACIÓN (KWh)	CALEFACCIÓN (KWh)
YEAR 8 ALPHA	1534,37	466,85
YEAR 8 EPSILON	1412,09	400,23
YEAR 8 OMEGA	1055,06	1596,70
YEAR 7 OMEGA	1114,29	1520,35
YEAR 7 ALPHA	1793,45	473,01
YEAR 7 EPSILON	1428,71	410,03
AULA DESDOBLES	2031,49	379,25
YEAR 6H	1817,69	277,61
YEAR 5B	1836,13	283,20
YEAR 5N	2175,99	344,40
YEAR 6E	1508,04	1378,94
YEAR 6T	1346,19	1167,87
YEAR 5L	1344,03	1171,42
YEAR 5E	1661,23	1494,47
NO CLIMA	0,00	0,00
TOTAL	22058,76	11364,34

TABLA 49: Consumo energético (KWh) de climatización por locales del Edificio N°3 del colegio.

EDIFICIO N°5 (Comedor + Aulas):

	ILUMINACIÓN	EQUIPAMIENTO ELECTR.	VENTILADORES	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
Enero	3540,89	2322,3	156,19	12216,15	199,36
Febrero	3934,32	2271	100,18	7047,62	480,93
Marzo	3934,32	2415	59,37	2783,16	1136,32
Abril	2163,88	1949,85	55,67	1693,67	1733,08
Mayo	4206,7	2513,1	97,67	0,54	5327,63
Junio	1906,63	2126,7	157,11	0	9198,18
Julio	907,92	1815	260,95	0	16228,17
Agosto	0	0	0	0	0
Septiembre	3828,4	2353,35	195,99	0	11880,39
Octubre	4524,47	2554,05	92,63	3,72	5276,6
Noviembre	4327,75	2459,7	34,94	1494,48	796,39
Diciembre	2360,59	2044,2	147,97	11693,17	150,73
ANUAL	35635,87	24824,25	1358,67	36932,51	52407,78
Mínimo	0	1488	34,94	0	150,73
Máximo	4524,47	2554,05	260,95	12216,15	16228,17

TABLA 50: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio N°5 del colegio incluyendo la ampliación.

Climatización por locales:

	REFRIGERACIÓN	CALEFACCIÓN
TALLER 2	736,73	1413,62
TALLER 1	768,91	1252,02
TALLER 3	954,80	1371,41
ALMACEN 2	801,87	1112,77
ALMACEN 3	1075,52	2181,57
INSTALACIONES 2	1053,46	4557,09
INSTALACIONES 1	1614,35	3510,12
ALMACEN 1	1255,16	3283,74
TALLER 4	1165,79	2701,96
RECEPTION BEES	1679,15	1191,49
RECEPTION BUTTERFLIES	1791,59	1083,20
NURSERY 3 RAINBOW	1747,87	750,95
NURSERY 3 SUNSHINE	1724,87	636,01
NURSERY 3 MOONBEAM	1562,62	880,57
NURSERY 3 STARS	1909,59	620,29
YEAR 13 ALPHA	2534,47	972,03
YEAR 11 ALPHA	2305,44	582,16
YEAR 13 OMEGA	2305,07	1102,82
YEAR 12 ALPHA	2049,76	693,38
SALA ESTUDIO	1691,45	467,29
YEAR 10 ALPHA	2476,04	654,25
YEAR 10 OMEGA	2442,40	677,23
YEAR 11 OMEGA	2047,74	1047,54
YEAR 9 OMEGA	1863,87	670,34
YEAR 9 ALPHA	1862,13	664,19
AULA DESDOBLE	1894,78	637,49
AULA DESDOBLE 2	2758,49	563,64
AULA A	2007,70	823,19
AULA B	2535,58	455,10
SALA PROFESORES	1790,58	375,07
NO CLIMA	0,00	0,00
TOTAL	52407,78	36932,51

TABLA 51: Consumo energético (KWh) de climatización por locales del Edificio N°5 del colegio incluyendo la ampliación.

EDIFICIO N°6 (Pabellón Cubierto):

En este edificio, al no estar climatizado, solamente habrá consumo eléctrico en la iluminación y en los equipos eléctricos:

	ILUMINACIÓN	EQUIPAMIENTO ELECTR.
Enero	1256,58	46,8
Febrero	1396,2	52
Marzo	1396,2	52
Abril	767,91	28,6
Mayo	1441,31	53,68
Junio	315,76	11,76
Julio	150,36	5,6
Agosto	0	0
Septiembre	1341,43	49,96
Octubre	1605,63	59,8
Noviembre	1535,82	57,2
Diciembre	837,72	31,2
ANUAL	12044,91	448,6
Mínimo	0	0
Máximo	1605,63	59,8

TABLA 52: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio N°6 del colegio.

EDIFICIO N°7 (Edificio Prefabricado):

En este edificio no se incluye la climatización por locales, puesto que se trata de un único local con los siguientes consumos:

	ILUMINACIÓN	VENTILACIÓN	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
Enero	744,77	23,9	944,29	120,67
Febrero	827,52	20,82	657,9	356,56
Marzo	827,52	19,08	481,42	389,83
Abril	455,14	12,03	293,23	431,91
Mayo	917,38	19,03	2,43	1050,26
Junio	628,99	20,49	0	1160,33
Julio	299,52	21,29	0	1236,76
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	789,02	26,73	0	1548,02
Octubre	951,65	21,29	3,56	1190,96
Noviembre	910,27	17,17	240,2	564,23
Diciembre	496,51	20,33	879,37	153,45
ANUAL	7848,29	222,16	3502,4	8202,98
Mínimo	0	12,03	0	353,51
Máximo	951,65	26,73	944,29	1548,02

TABLA 53: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio N°7 del colegio.

CONSUMO ANUAL DE TODAS LAS INSTALACIONES (KWh):

	ILUMINACIÓN	EQUIPAMIENTO ELECTR.	VENTILADORES	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	TOTAL
EDIFICIO 1	7674,23	8192,08	386,29	9194,31	13056,43	38503,34
EDIFICIO 2	19371,57	18944,16	454,30	11008,74	18049,19	67827,97
EDIFICIO 3	27027,41	13364,44	1003,14	16038,11	19421,36	76854,45
EDIFICIO 4	27906,62	6147,50	949,69	11364,34	22058,76	68426,91
EDIFICIO 5	35635,87	24824,25	1358,67	36932,51	52407,78	151159,08
EDIFICIO 6	12044,91	448,6	0	0	0	12493,51
EDIFICIO 7	7848,29	0	222,16	3502,4	8202,98	19775,83
TOTAL	137508,90	71921,03	4374,25	88040,41	133196,50	435041,09

TABLA 54: Consumo energético (KWh) por sectores de todo el colegio incluyendo la ampliación del Edificio Nº5.

Tras comparar los resultados obtenidos con los datos de las facturas proporcionadas por el colegio, correspondientes a los años 2013 y 2014, se observa que el resultado de la simulación proporciona unos consumos bastante superiores a la realidad.

En primer lugar, las facturas disponibles son las de marzo de 2013 hasta marzo de 2014, puesto que las correspondientes al año 2015 no estaban disponibles todavía. En este período, la planta superior del edificio número 5, la que correspondía a las aulas de secundaria, todavía no estaba construida, y las clases se impartían en otros edificios, como, por ejemplo, en las aulas del edificio número 1, el principal.

Por ello, se recalcularán los consumos de este edificio y no se tendrán en cuenta los locales de la primera planta del edificio.

EDIFICIO Nº5 (Planta baja y sótano):

	ILUMINACIÓN	EQUIPAMIENTO ELECTR.	VENTILADORES	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
Enero	2122,85	2041,5	107,52	5744,88	0,13
Febrero	2358,72	1959	71,46	3502,3	24,66
Marzo	2358,72	2103	35,63	2462,7	146,03
Abril	1297,3	1778,25	25,03	1361,75	387,46
Mayo	2522,02	2179,5	32,42	0,24	1871,01
Junio	1143,07	1975,5	69,69	0	4251,73
Julio	544,32	1743	131,14	0	8402,56
Agosto	0	0	0	0	0
Septiembre	2295,22	2049,75	92,35	0	5790,37
Octubre	2712,53	2195,25	33,91	1,92	2042,19
Noviembre	2594,59	2116,5	18,63	1304,71	87,89
Diciembre	1415,23	1857	97,94	5047,47	0,5
ANUAL	21364,57	21998,25	715,72	19425,97	23004,53
Mínimo	0	1488	18,63	0	0,13
Máximo	2712,53	2195,25	131,14	8744,88	8402,56

TABLA 55: Consumo energético (KWh) por sectores del Edificio Nº5 del colegio sin incluir la ampliación.

Y con estos resultados se obtienen los consumos totales siguientes:

	ILUMINACIÓN	EQUIPAMIENTO ELECTR.	VENTILADORES	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	TOTAL
EDIFICIO 1	7674,23	8192,08	386,29	9194,31	13056,43	38503,34
EDIFICIO 2	19371,57	18944,16	454,30	11008,74	18049,19	67827,97
EDIFICIO 3	27027,41	13364,44	1003,14	16038,11	19421,36	76854,45
EDIFICIO 4	27906,62	6147,50	949,69	11364,34	22058,76	68426,91
EDIFICIO 5	21364,57	21998,25	715,72	19425,97	23004,53	86509,04
EDIFICIO 6	12044,91	448,6	0	0	0	12493,51
EDIFICIO 7	7848,29	0	222,16	3502,4	8202,98	19775,83
TOTAL	123237,60	69095,03	3731,30	70533,87	103793,25	370391,05

TABLA 56: Consumo energético (KWh) por sectores de todo el colegio sin incluir la ampliación del Edificio N°5.

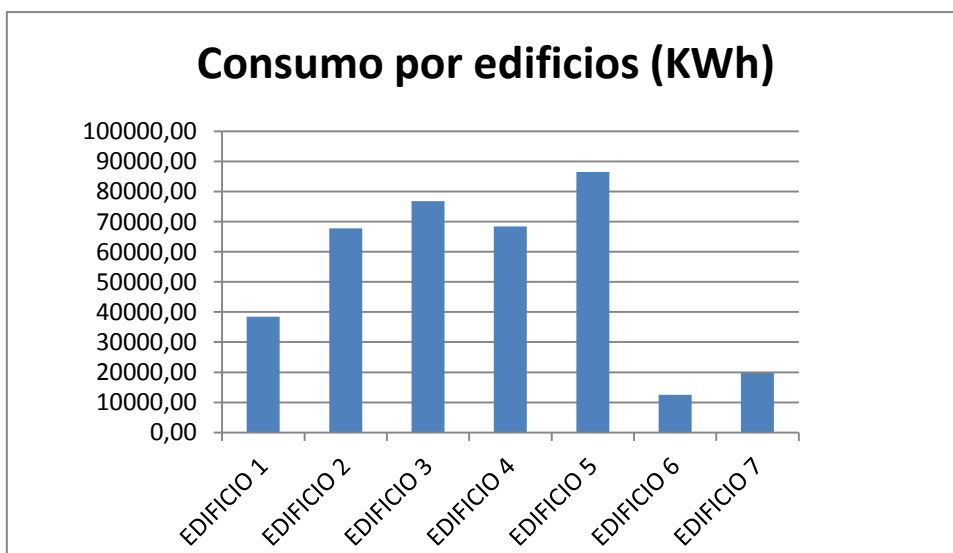


FIGURA 23: Gráfica de consumo energético por edificios de las instalaciones.

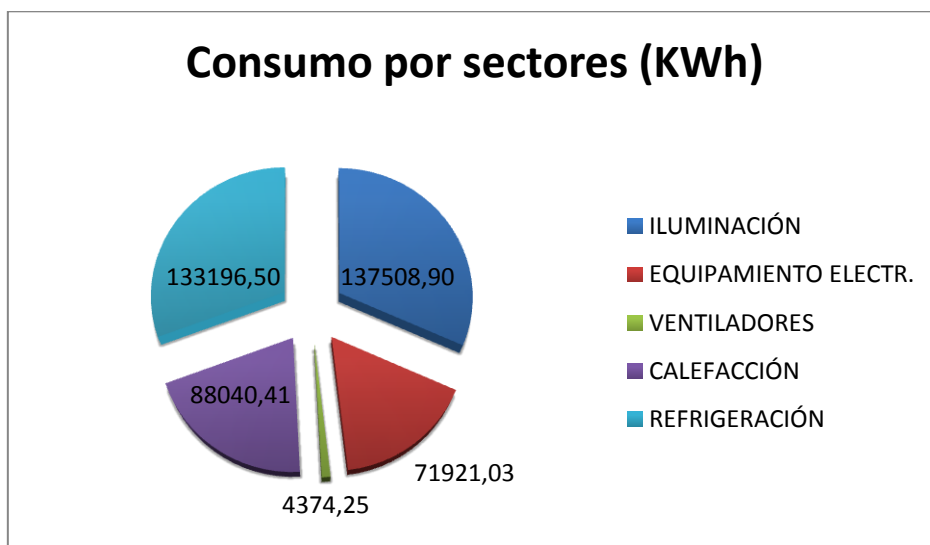


FIGURA 24: Gráfico de consumo energético por sectores de las instalaciones.

8.3 Análisis de los resultados

Con la comparación de los consumos reales con los obtenidos con la simulación, todavía se observan grandes diferencias entre ellos, pues estos últimos son casi un 40% superior a los primeros. Esto se puede deber a diversas causas.

En primer lugar, se puede deber a distintos hábitos de consumo. En la simulación, se ha tenido en cuenta que los aparatos de climatización de los edificios están actuando siempre que la temperatura del edificio esté dentro del intervalo de las del termostato. Sin embargo, en numerosas ocasiones se aprovecha la ventilación natural (se abren las ventanas) para airear las clases y no se enchufan los aparatos. Estas prácticas disminuirían notablemente el consumo total, puesto que la refrigeración es un punto de consumo bastante notable. Además, en invierno, aun habiendo consumos en refrigeración, los aparatos de climatización no suelen enchufarse más que para calefacción. El hecho de que aparezcan estos consumos se puede deber a las distintas cargas internas del edificio, que puede provocar que en algún momento la temperatura sea más elevada en el interior que el exterior.

Por otro lado, existen numerosas aulas cuyo uso es bastante inferior al que se le ha asignado, puesto que se le asignaba un uso al edificio en global. Es el caso de las aulas del edificio N°1, el principal. Estas aulas se usan exclusivamente para algún desdoble puntual, o para alguna asignatura en concreto (como el alemán). También hay otras aulas en otros edificios, como el aula de lectura en el N°2, o los talleres, almacenes e instalaciones del sótano del edificio N°5 correspondiente al comedor.

Otro aspecto que no se ha tenido en cuenta son los diversos festivos puntuales y las distintas excursiones o viajes que organiza el colegio, puesto que son exclusivos de cada curso. Esto supondría que se han simulado días de consumo en días en los que las aulas están sin utilizar.

Finalmente, muchos de los consumos por equipamiento eléctrico son excesivos, ya que no tienen en cuenta los estados de suspensión, sino que para el programa es como si estuviesen siendo utilizados en todo el momento en que el edificio está en uso.

Hay que señalar que los mayores puntos de consumo del edificio son la iluminación y la refrigeración. El caso de la iluminación es lógico al tratarse de un colegio, siendo importante este sector. En el caso de la refrigeración, también lo es al estar el colegio situado en una zona bastante calurosa como lo es la provincia de Alicante.

CAPÍTULO 9: PROPUESTAS DE MEJORA

En este capítulo se realizará un cálculo del consumo aplicando diversas mejoras, y se comparará con el consumo anterior a su aplicación. Se va a comparar con el consumo total de la simulación y no con el consumo real, puesto que de él observaremos la diferencia real entre antes y después de aplicar la mejora.

Como en las facturas del consumo real del colegio encontramos tres precios de la energía ya sea en período punta, llano o valle; se obtendrá un precio equivalente de la energía según la cantidad de energía que se ha consumido en cada período. Además, según el mes, el precio de la energía iba cambiando, luego esto también se tendrá en cuenta. Con la siguiente tabla se ha calculado un precio de la energía equivalente que servirá para realizar los cálculos de las mejoras propuestas:

Periodo		Energía	Precio (€/KWh)	%Energía respecto total	(Precio)*(%Energía)
6Marzo-4Julio	PUNTA	30483	0,179623	11,43%	0,020528285
	LLANO	46548	0,140792	17,45%	0,024570389
	VALLE	6522	0,086564	2,45%	0,00211666
5Julio-3Agosto	PUNTA	4054	0,172327	1,52%	0,002619209
	LLANO	9202	0,132984	3,45%	0,004587907
	VALLE	1403	0,078324	0,53%	0,000411989
4Agosto-8Noviem	PUNTA	21357	0,122397	8,01%	0,009800405
	LLANO	33881	0,09952	12,70%	0,012641529
	VALLE	5271	0,065897	1,98%	0,001302242
9Noviem-9Enero	PUNTA	12838	0,129693	4,81%	0,006242333
	LLANO	33928	0,107328	12,72%	0,013652253
	VALLE	3755	0,074137	1,41%	0,001043705
10Enero-31Enero	PUNTA	4109	0,120854	1,54%	0,001861788
	LLANO	17036	0,0988	6,39%	0,00631041
	VALLE	1359	0,065125	0,51%	0,000331818
1Febrero-10Marzo	PUNTA	6948	0,121376	2,60%	0,003161736
	LLANO	25894	0,099164	9,71%	0,009626894
	VALLE	2139	0,065286	0,80%	0,000523557
TOTAL		266727		100,00%	0,12133311

TABLA 57: Cálculo del precio de la energía para el colegio.

Luego se ha obtenido un precio de la energía equivalente durante este período de un año de **0,12133311€/KWh**. Los ahorros energéticos se multiplicarán por este precio para comprobar el ahorro económico obtenido con la implantación de la mejora.

9.1 Mejoras en iluminación

Como ya se ha comprobado en el capítulo anterior, la iluminación constituye uno de los principales puntos de consumo del edificio, y hay bastante potencial de mejora vistas las instalaciones.

9.1.1 Cambio de las bombillas incandescentes de 60W por bombillas LED de 5W.

Descripción del problema:

Durante la visita a las instalaciones, se observó que la iluminación de los pasillos, baños y algún almacén está compuesta por luminarias incandescentes de 60W.

Propuesta de optimización:

La propuesta consiste en sustituir las luminarias incandescentes en todos los locales que las contienen por luminarias dicroicas LED de 5W de potencia. Con esta sustitución se consigue un ahorro eléctrico, ya que se sustituyen unas lámparas de mayor potencia por otras de menor potencia. Además, se mejora el confort térmico en los pasillos, ya que con la tecnología LED se genera menos calor.

Inversión:

La inversión que supone realizar esta medida de mejora viene dada por el coste de las luminarias LED a instalar. No se consideran las horas de trabajo del técnico en el cambio de las mismas debido a que esta tarea la realizarían los diversos técnicos que se encuentran trabajando en el colegio, que ya tienen sueldo fijo y no supondría un gasto extra, puesto que podrían dedicar un día entero de trabajo a esta tarea. El coste unitario de una dicroica LED de 5W del catálogo de *MasterLED*⁽¹⁶⁾ es de 6,15€. Se han contabilizado un total de 251 luminarias incandescentes en los pasillos y baños de todas las instalaciones del colegio. Por tanto, la inversión total será de **1543,65€**.

Ahorro anual esperado:

Tras simular los edificios de nuevo con este cambio, se espera que el consumo sea bastante menor en el sector de la iluminación, puesto que la diferencia de potencia entre las dos luminarias es de 55W. Estos son los resultados de consumo en cuanto a iluminación de los distintos edificios:

	Consumo anterior(KWh)	Consumo posterior (KWh)	Ahorro (KWh)
EDIFICIO 1	7674,23	6849,43	824,80
EDIFICIO 2	19371,57	13709,26	5662,31
EDIFICIO 3	27027,41	21910,25	5117,16
EDIFICIO 4	27906,62	20365,25	7541,37
EDIFICIO 5	21364,57	17255,96	4108,61
EDIFICIO 6	12044,91	11181,36	863,55
EDIFICIO 7	7848,29	6549,72	1298,57
TOTAL	123237,60	97821,23	25416,37

TABLA 58: Consumo en iluminación tras sustituir bombillas incandescentes por LED.

Luego se obtiene un ahorro energético, en cuanto a la simulación, de 25416,37 KWh. Esto supone un 6,862% del consumo total de la simulación. Por lo tanto, el ahorro energético real será un 6,862% del consumo real del colegio, que es de 18302,9 KWh. Esta energía, multiplicada por el precio de la energía calculado anteriormente de 0,12133311€/KWh nos daría el ahorro económico anual correspondiente. Además, también se puede calcular el ahorro en emisiones mediante el coeficiente de paso desde la energía final definido por el IDAE de 0,33kgCO₂/KWh para la electricidad. Estos son los ahorros obtenidos:

Inversión	1.543,65 €
Ahorro Energético	18302,9 KWh
Ahorro Económico	2.220,75 €
Ahorro Emisiones	6,04 tCO₂
Periodo de retorno	0,69510

TABLA 59: Ahorros tras sustituir bombillas incandescentes por LED.

Se puede obtener el periodo de retorno dividiendo la inversión por el ahorro económico anual. Se observa como el periodo de retorno de esta medida de mejora es inferior a un año, luego es una medida bastante a tener en cuenta. Además, la vida útil de estas luminarias LED es de 30000 horas según la ficha técnica de *MasterLED*, que pueden ser aproximadamente unos 30 años contando que están en funcionamiento unas 1000 horas al año.

9.1.2 Instalación de detectores de presencia para baños y pasillos.

Descripción del problema:

Los pasillos y los baños de los edificios no cuentan con este sistema para dosificar el alumbrado, luego es bastante frecuente que algunos alumnos dejasen las luces enchufadas en los baños tras su utilización o en los pasillos.

Propuesta de optimización:

La propuesta es instalar detectores de movimiento en los pasillos y en los baños para que las luminarias no se encuentren enchufadas cuando no hay nadie en esos locales. Así, conseguimos ahorrar consumo eléctrico en el sector de la iluminación, ya que las luminarias no estarán enchufadas permanentemente. Además, se mejora el confort en estos recintos, puesto que disminuirá la temperatura de los pasillos y baños. Esto es debido a que en el momento que se apaguen las luces, no se aportará calor.

En la simulación, en el apartado *Schedule:Day:Hourly*, se creará un nuevo objeto con los nuevos valores de los factores horarios para la iluminación de los baños y pasillos pertinentes. Se le pondrá un valor de 0,1 o 0,2 según la utilización de los mismos.

Es necesario añadir en la simulación una nueva carga más correspondiente a los detectores, puesto que cada uno de ellos consume 0,5W de potencia. Por ello, se introducirá

una carga en equipamiento eléctrico de $29 \cdot 0,5W = 14,5W$ que esté en modo *Always On*. El incremento de energía por equipamiento eléctrico se le añadirá al consumo por iluminación correspondiente a esta mejora, para realizar la comparación.

Inversión:

El precio de instalar un detector de presencia del catálogo de *THEBEN*⁽¹⁷⁾ es de 130€. Contando con que se instalarán 29 detectores de presencia, hace un total de 3770€. Además, también hay que contar con las horas de trabajo del instalador de los detectores, que a un precio medio de 25€ la hora, y contando con que trabaja 20 horas para instalar todos los detectores, habría que añadir a la inversión unos 500€ más. Por lo tanto, la inversión total sería de **4270€**.

Ahorro anual esperado:

Este es el resumen de los consumos antes y después de implantar la mejora:

	Consumo anterior(KWh)	Consumo posterior (KWh)	Ahorro (KWh)	Nº detectores
EDIFICIO 1	7674,23	5591,32	2082,91	4
EDIFICIO 2	19371,57	12284,91	7086,66	7
EDIFICIO 3	27027,41	20942,16	6085,25	8
EDIFICIO 4	27906,62	18220,04	9686,58	6
EDIFICIO 5	21364,57	18187,28	3177,29	2
EDIFICIO 6	12044,91	10204,86	1840,05	2
EDIFICIO 7	7848,29	7848,29	0,00	0
TOTAL	123237,60	93278,86	29958,74	29

TABLA 60: Consumo en iluminación tras instalar detectores de presencia.

Luego el ahorro energético total de la simulación es de 29958,74 KWh, que supondría un ahorro energético en cuanto al consumo real de 21573,97 KWh. Multiplicando por el precio de la energía calculado y por el coeficiente de paso para el cálculo de emisiones, se obtienen los siguientes ahorros:

Inversión	4.270,00 €
Ahorro Energético	21573,97 KWh
Ahorro Económico	2.617,64 €
Ahorro Emisiones	7,12 tCO₂
Periodo de retorno	1,63124

TABLA 61: Ahorros tras instalar detectores de presencia.

El periodo de retorno de la inversión será de un año y siete meses aproximadamente, lo que parece muy interesante esta medida propuesta para obtener ahorros importantes.

9.1.3 Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos.

Descripción del problema:

Se observó durante la visita a las instalaciones que los tubos fluorescentes de las aulas y de los pasillos tienen balastos electromagnéticos. Estos tubos corresponden a las luminarias que son de 4x18W.

Propuesta de optimización:

Se propone sustituir estos balastos electromagnéticos por otros electrónicos, ya que éstos presentan varias ventajas energéticas y económicas con respecto a aquéllos, como por ejemplo la reducción del consumo energético en un 15%.

Esta medida se aplicará solamente en los edificios 1-5, puesto que en el 6 y el 7 no encontramos luminarias de este tipo.

Inversión:

La inversión que supone esta propuesta viene dada por los balastos, que cada uno sirve para cada una de las luminarias (son para 3 o 4 tubos). El precio del balasto electrónico es de 30€, según el catálogo de ELT ⁽¹⁸⁾. Si se han contabilizado 819 luminarias de 4x18W, la inversión será de 24570€. Además, hay que pagar al instalador como en el caso anterior, puesto que será el encargado de esta instalación. Si trabaja 5 horas al día durante 4 días, a 25€ la hora, habrá que añadir 500€. La inversión total asciende a **25070€**.

Ahorro anual esperado:

Los ahorros energéticos esperados en cada edificio son los siguientes:

	Consumo anterior(KWh)	Consumo posterior (KWh)	Ahorro (KWh)	Nº balastos
EDIFICIO 1	7674,23	6413,21	1261,02	69
EDIFICIO 2	19371,57	16576,02	2795,55	179
EDIFICIO 3	27027,41	23714,35	3313,06	238
EDIFICIO 4	27906,62	21929,96	5976,66	163
EDIFICIO 5	21364,57	18076,68	3287,89	170
EDIFICIO 6	12044,91	12044,91	0,00	0
EDIFICIO 7	7848,29	7848,29	0,00	0
TOTAL	123237,60	106603,42	16634,18	819

TABLA 62: Consumo en iluminación tras sustituir balastos electromagnéticos por electrónicos.

Se obtiene un ahorro energético total de 16634,18 KWh, que son 11978,65 KWh en consumo real. Multiplicando por el precio de la energía y por el coeficiente de paso del cálculo de emisiones, encontramos los siguientes ahorros:

Inversión	25.070,00 €
Ahorro Energético	11978,65 KWh
Ahorro Económico	1.453,41 €
Ahorro Emisiones	3,95 tCO₂
Periodo de retorno	17,24912

TABLA 63: Ahorros tras sustituir balastos electromagnéticos por electrónicos.

Se puede observar un periodo de retorno bastante superior a las propuestas anteriores, ya que se recuperaría la inversión en 17 años, que es un periodo largo de tiempo. Sin embargo, es una propuesta interesante ya que el colegio tiene mucho futuro por delante y no solo se obtienen beneficios económicos. Otra ventaja de estos balastos es el aumento de la eficiencia de las lámparas. Además, incrementa su vida útil en un 50%. Reduce la temperatura del local al generar menos calor y aumenta el confort con una luz más agradable, sin parpadeo y sin efecto estroboscópico.

9.2 Mejoras en climatización

Al ser otro de los puntos más significativos del consumo energético del colegio, se estudiarán diversas medidas para mejorar el consumo en este sector.

9.2.1 Reemplazo del acristalamiento sencillo por vidrio doble.

Descripción del problema:

Tras los años vividos como estudiante en el colegio, se observó como a través de los cristales había mucho flujo de calor, puesto que en invierno la temperatura de los mismos era muy cercana a la que había en el exterior. Por lo tanto, todo el calor que había en la habitación se perdía a través de las ventanas.

Propuesta de optimización:

Se propone cambiar los vidrios de las ventanas por otro doble, con menor coeficiente de transmisión de calor. Esta medida se aplicará únicamente en los recintos climatizados, excluyendo baños, pasillos, stocks y demás locales sin climatizar. Por lo tanto, en el edificio 6 no habrá mejora puesto que no está climatizado.

Inversión:

El precio del metro cuadrado de vidrio doble de baja emisividad, de 4mm de espesor cada uno de los dos vidrios y con cámara de aire de 8mm es de 30,27€ incluyendo la mano de obra, según el catálogo de *ESTEPONA*⁽¹⁹⁾. El coeficiente de transmisión térmica es de 1,8 W/m²K. Si las ventanas tienen 1,5m² cada una de ellas, y se han contabilizado 306 ventanas, la superficie total de vidrio a utilizar sería de 459m², luego la inversión total será de **13893,93€**.

Ahorro anual esperado:

Tras la simulación con las nuevas ventanas, se ha observado como el consumo en calefacción baja notablemente pero el de refrigeración aumenta de forma ligera. Esto se debe a que los consumos en invierno de refrigeración que el programa calcula son causados por las cargas internas del edificio, que provocan que la temperatura interior sea, en ocasiones, mayor que la exterior (según el archivo de clima de la provincia de Alicante). Este tipo de ventanas, al no favorecer el flujo de calor, el consumo en refrigeración se ve perjudicado cuando las cargas internas del edificio son muy elevadas.

El consumo en calefacción disminuye debido a que el flujo de calor del interior al exterior se ve perjudicado y se mantiene la temperatura del termostato en el interior de los locales a pesar de que haya una temperatura inferior en el exterior.

Estos son los ahorros energéticos esperados, en KWh:

	Consumo calefacción anterior	Consumo calefacción posterior	Consumo refrigeración anterior	Consumo refrigeración posterior	Ahorro total	Nº Ventanas
EDIFICIO 1	9194,31	5946,12	13056,43	14874,21	1430,41	38
EDIFICIO 2	11008,74	7052,34	18049,19	18874,21	3131,39	78
EDIFICIO 3	16038,11	11360,16	19421,36	19660,46	4438,84	72
EDIFICIO 4	11364,34	6241,79	22058,76	24238,64	2942,67	72
EDIFICIO 5	19425,97	15084,54	23004,53	24570,53	2775,43	36
EDIFICIO 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
EDIFICIO 7	3502,40	2409,31	8202,98	8844,21	451,86	10
TOTAL	67031,47	45684,95	95590,27	102218,05	14718,73	306

TABLA 64: Consumo en climatización tras sustituir el acristalamiento sencillo por vidrio doble.

El ahorro energético total de la simulación sería de 14718,73 KWh, que en el consumo real sería de 10599,29 KWh, que se traduce en los siguientes ahorros económicos y en emisiones:

Inversión	13.893,93 €
Ahorro Energético	10599,29 KWh
Ahorro Económico	1.286,05 €
Ahorro Emisiones	3,5 tCO₂
Periodo de retorno	10,80361

TABLA 65: Ahorros tras sustituir el acristalamiento sencillo por vidrio doble.

El periodo de retorno obtenido es de más de 10 años, luego no es una medida muy eficaz para conseguir ahorros inminentes. Aun así, el colegio también estará en uso durante muchos más años, luego puede ser interesante aplicar esta mejora de manera gradual.

9.2.2 Realizar free-cooling en los aparatos de climatización.

Descripción del problema:

Se han observado diferentes consumos en los meses de invierno y primavera relativos a la refrigeración a pesar de que la temperatura exterior es menor que la temperatura de impulsión de los aparatos de aire acondicionado.

Propuesta de optimización:

Se propone realizar un enfriamiento gratuito en los periodos de tiempo en los que sea posible para evitar consumir energía innecesaria. Para ello, cuando la temperatura exterior sea inferior a la temperatura de impulsión del climatizador y la producción de frío sea innecesaria, se mezclará el aire exterior con el de retorno hasta llevarla a la temperatura del termostato.

Además, cuando la temperatura del aire exterior sea superior a la temperatura de impulsión pero menor que la de retorno, no se recirculará aire y se introducirá todo el posible desde el exterior.

Inversión:

No hay inversión para esta medida de mejora.

Ahorro anual esperado:

Para calcular el ahorro anual que se espera, se eliminará el consumo de refrigeración en las horas de invierno y primavera en las que la temperatura exterior sea inferior a la del termostato. Estos son los ahorros esperados:

	Consumo anterior (KWh)	Consumo posterior (KWh)	Ahorro (KWh)
EDIFICIO 1	13056,43	12168,27	888,17
EDIFICIO 2	18049,19	12735,82	5313,37
EDIFICIO 3	19421,36	18009,05	1412,30
EDIFICIO 4	22058,76	20108,45	1950,31
EDIFICIO 5	23004,53	22357,86	646,67
EDIFICIO 6	0,00	0,00	0,00
EDIFICIO 7	8202,98	6586,33	1616,65
TOTAL	103793,25	91965,78	11827,47

TABLA 66: Consumo en refrigeración tras realizar free-cooling en los acondicionadores.

El ahorro que se obtiene tras realizar el free-cooling es de 11827,47 KWh, y en el consumo real serían 8517,23 KWh al año. Por tanto, se obtienen los siguientes ahorros:

Ahorro Energético	8517,23 KWh
Ahorro Económico	1.033,42 €
Ahorro Emisiones	2,81 tCO₂

TABLA 67: Ahorros tras realizar free-cooling en los acondicionadores.

9.2.3 Aprovechamiento de la inercia térmica de los acondicionadores.

Descripción del problema:

Al acabar las clases a las 17:00, los equipos se desconectan a esta hora hasta que el resto de personal (limpieza y mantenimiento) accede a las aulas.

Propuesta de optimización:

Se propone adelantar la desconexión de los equipos de clima a las 16:00 para que en el intervalo de 16:00 a 17:00 se aproveche la inercia térmica existente en los locales.

Inversión:

Como en el caso anterior, el coste de esta propuesta es nulo.

Ahorro anual esperado:

Para la simulación, se ha creado un nuevo tipo de día en el apartado *Schedule:Day:Hourly* al que se le llamará INERCIA, en el que se ha puesto en la hora de 16:00 a 17:00 un 0 como factor horario. Así, se les asignará a los equipos de climatización este tipo de días a lo largo del año, para que no consuman nada en esta hora. Los ahorros esperados son los siguientes:

	Consumo calefacción anterior (KWh)	Consumo calefacción posterior(KWh)	Consumo refrigeración anterior(KWh)	Consumo refrigeración posterior(KWh)	Ahorro total(KWh)
EDIFICIO 1	9194,31	8383,79	13056,43	12025,23	1841,73
EDIFICIO 2	11008,74	10038,27	18049,19	16623,66	2396,01
EDIFICIO 3	16038,11	14624,27	19421,36	17887,45	2947,75
EDIFICIO 4	11364,34	10362,51	22058,76	20316,55	2744,03
EDIFICIO 5	19425,97	17713,47	23004,53	21187,62	3529,41
EDIFICIO 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EDIFICIO 7	3502,40	3193,65	8202,98	7555,11	956,63
TOTAL	70533,87	64315,95	103793,25	95595,62	14415,55

TABLA 68: Consumo en climatización tras el aprovechamiento de la inercia térmica del edificio.

Se obtiene un ahorro energético de 14415,55 KWh, por lo que en el consumo real del colegio serán 10380,97 KWh, suponiendo unos ahorros económicos y de emisiones de:

Ahorro Energético	10380,97 KWh
Ahorro Económico	1.259,56 €
Ahorro Emisiones	3,43 tCO₂

TABLA 69: Ahorros tras el aprovechamiento de la inercia térmica del edificio.

9.3 Consumo óptimo.

Por último se va a realizar una última simulación de los edificios con todas las mejoras aplicadas a la vez. Los consumos que se obtendrán no son los mismos que si se suman todos los ahorros y se le resta al consumo total de los edificios, puesto que algunas mejoras influyen sobre otras. A continuación se muestran los resultados obtenidos para el consumo total:

	Consumo anterior (KWh)	Consumo posterior (KWh)	Ahorro energético (KWh)
EDIFICIO 1	38503,34	29795,35	8707,99
EDIFICIO 2	67827,97	57620,56	10207,41
EDIFICIO 3	76854,45	61943,38	14911,07
EDIFICIO 4	68426,91	47509,91	20917,00
EDIFICIO 5	86509,04	73007,79	13501,25
EDIFICIO 6	12493,51	9838,35	2655,16
EDIFICIO 7	19775,83	16456,34	3319,49
TOTAL	370391,05	296171,68	74219,37

TABLA 70: Consumo energético total tras la implantación de todas las mejoras propuestas.

Esto supone un ahorro del 20% del consumo total de las instalaciones en la simulación. En el consumo real, se ahorrarían 53447,06 KWh. Esta cantidad, multiplicada por el precio de la energía resulta en unos ahorros económicos anuales de **6484,9€** al año.

CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA.

Se han consultado los apuntes de la asignatura de Auditoría Energética, impartida por los profesores Alfredo Quijano López y por Rafael Royo Pastor.

Se han consultado los apuntes de la asignatura de Eficiencia Energética, impartida por el profesor José Manuel Pinazo.

(1): De los documentos básicos del Código Técnico de la Edificación (CTE), concretamente la sección de Seguridad Estructural (SE).

(2): De los documentos básicos del Código Técnico de la Edificación (CTE), concretamente la sección de Seguridad en caso de incendio (SI).

(3): De los documentos básicos del Código Técnico de la Edificación (CTE), concretamente la sección de Seguridad de Utilización y Accesibilidad (SUA).

(4): De los documentos básicos del Código Técnico de la Edificación (CTE), concretamente la sección de Protección frente al ruido (HR).

(5): De los documentos básicos del Código Técnico de la Edificación (CTE), concretamente la sección de Salubridad (HS).

(6): Del *“Proyecto para la obtención de la Licencia Ambiental en colegio privado, en Elche”*, de don Alejandro Agulló Martínez, Ingeniero Superior Industrial.

(7): De la página web del IDAE:

<http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/relcategoria.1030/id.27/relmenu.53>

(8): Las tablas de superficies fueron facilitadas por la administración del colegio.

(9): Los detalles constructivos de los edificios principales fueron facilitados por el arquitecto del colegio Joan Moll.

(10): Los detalles constructivos del edificio prefabricado vienen definidos en el *“Proyecto para la obtención de la Licencia Ambiental en colegio privado, en Elche”*, de don Alejandro Agulló Martínez, Ingeniero Superior Industrial.

(11): Los detalles constructivos de la ampliación de secundaria fueron facilitados por don Alejandro Agulló Martínez, Ingeniero Superior Industrial, por correo electrónico en un breve documento.

(12): Inventario de luminarias proporcionado por la administración del colegio.

(13): Inventario de equipamiento eléctrico proporcionado por la administración del colegio.

(14): Figura extraída de los apuntes de la asignatura Eficiencia Energética.

(15): Figura extraída del enlace:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/fichero/3.+EQUIPOS+DE+CLIMATIZACI%D3N.pdf>

(16): Bombillas LED extraídas del catálogo de MasterLED en el siguiente enlace:

<http://www.masterled.es/es/lamparas-dicroicas/dicroica-led-5w-cob-gu10.html>

(17): Detectores de presencia del catálogo de THEBEN descargado en la página web:

www.theben.es/producto/2070501

(18): Balastos electrónicos del catálogo de ELT descargado en el siguiente enlace:

http://www.elt.es/documentos/tarifa_14-15.pdf

(19): Ventanas de doble acristalamiento del catálogo de ESTEPONA adjunto en los anexos.

CAPÍTULO 11: PLANOS.

11.1 Distribución de los edificios.

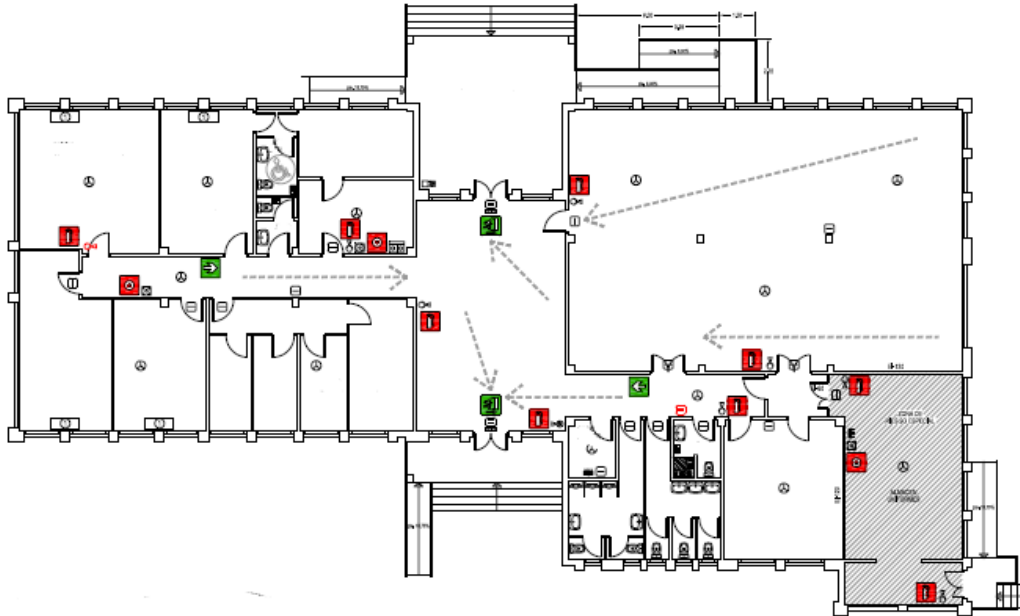


11.2 Localización del colegio.

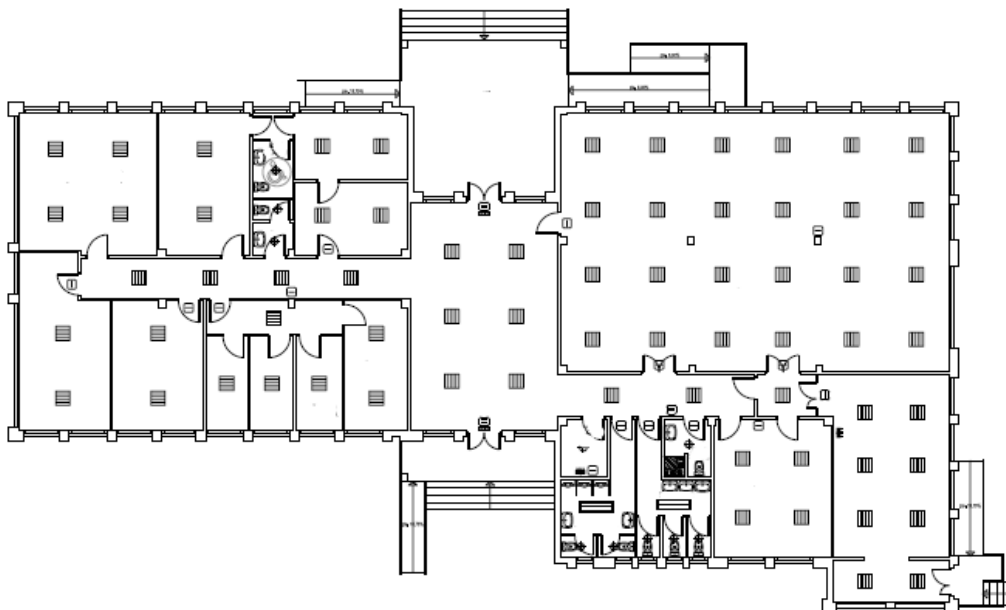


11.3 Edificio Principal.

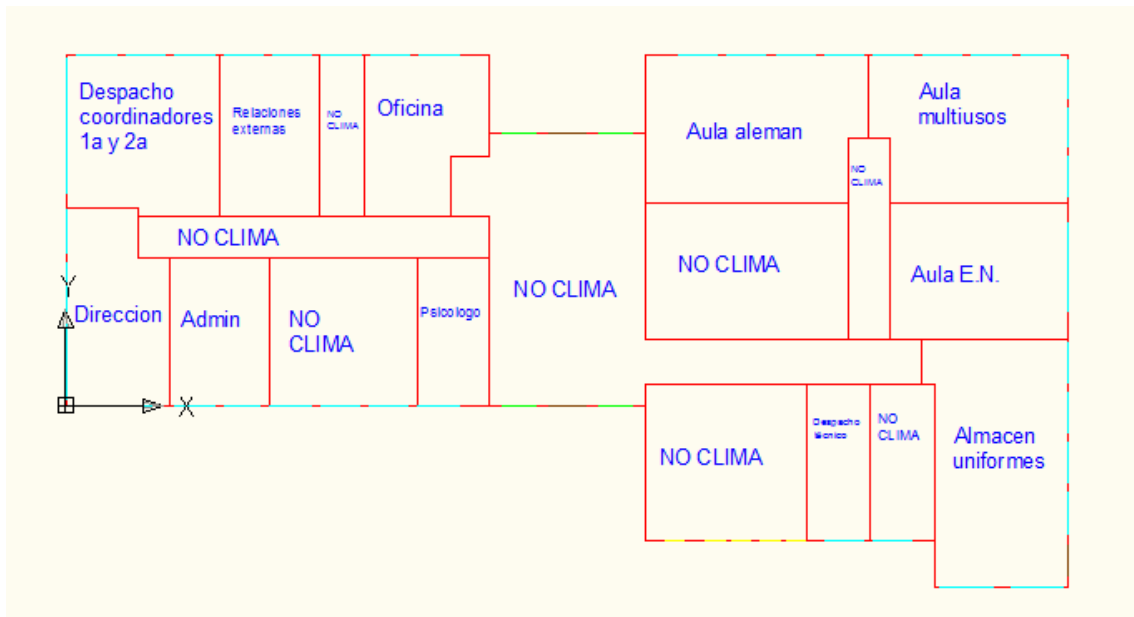
11.3.1 Distribución.



11.3.2 Luminarias.



11.3.3 AutoCAD.



NOTA: En los planos de distribución y de las luminarias, las cuatro aulas de la esquina superior derecha se encontraban unidas en un habitáculo grande que se empleaba como aula de usos múltiples, que tras una reforma posterior a los planos, se dividió.

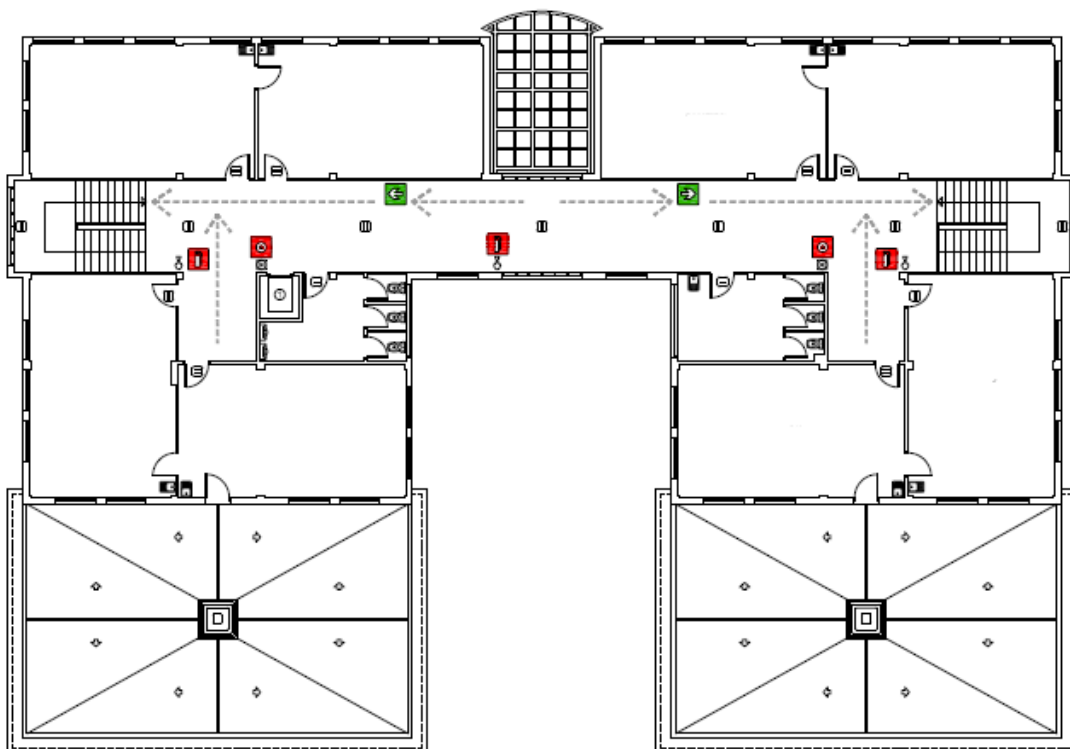
11.4 Edificio N°2. Edificio de primaria.

11.4.1 Distribución.

PLANTA BAJA:

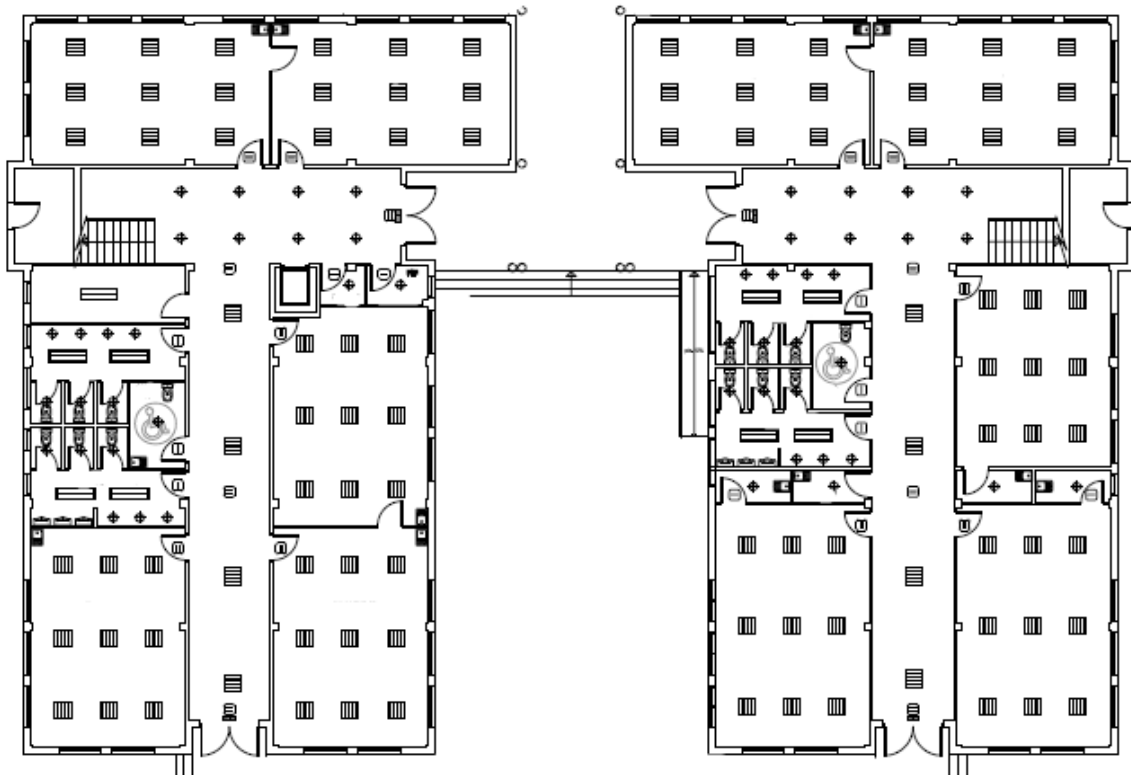


PRIMERA PLANTA:

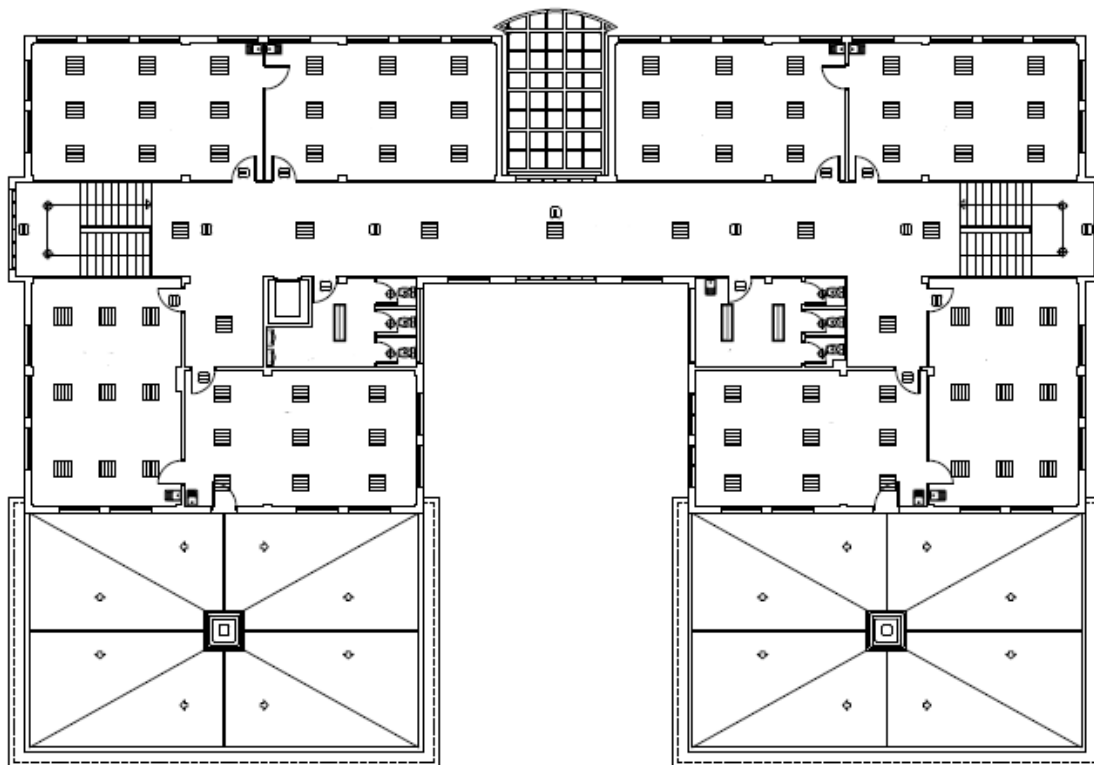


11.4.2 Luminarias.

PLANTA BAJA:

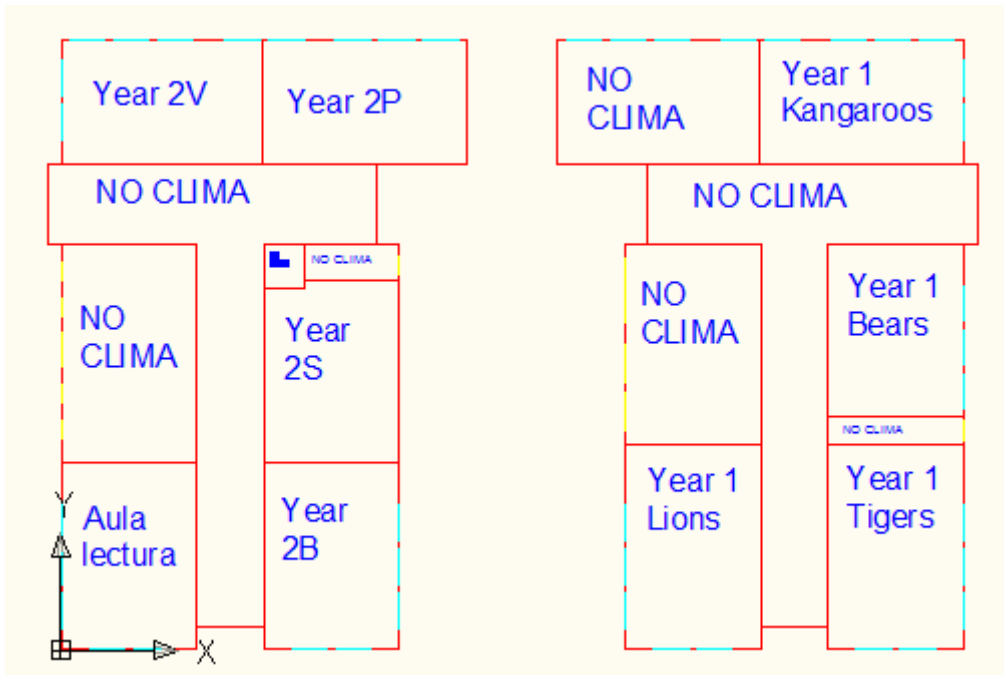


PRIMERA PLANTA:

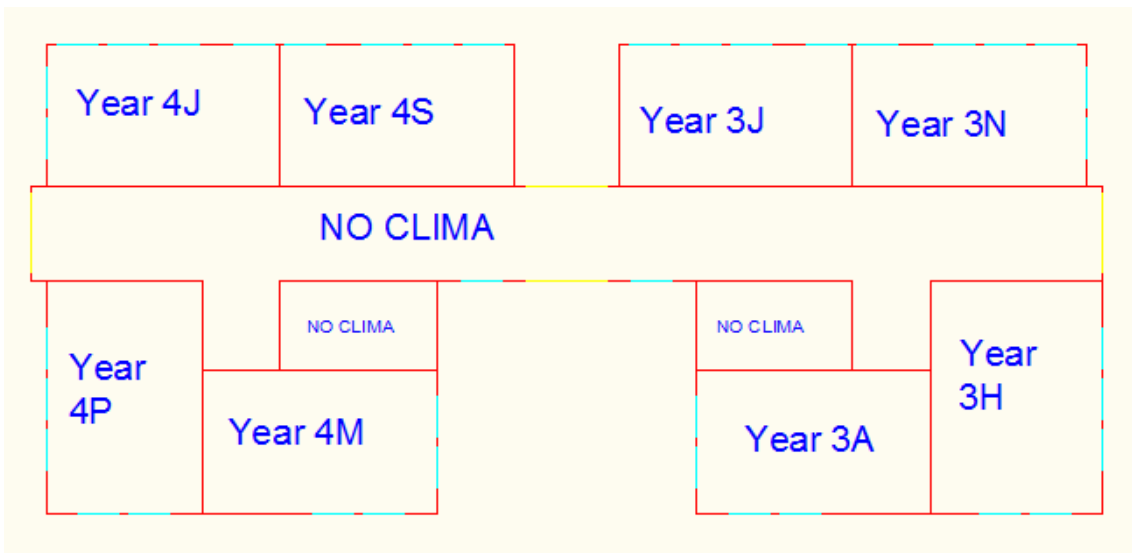


11.4.3 AutoCAD.

PLANTA BAJA:



PRIMERA PLANTA:



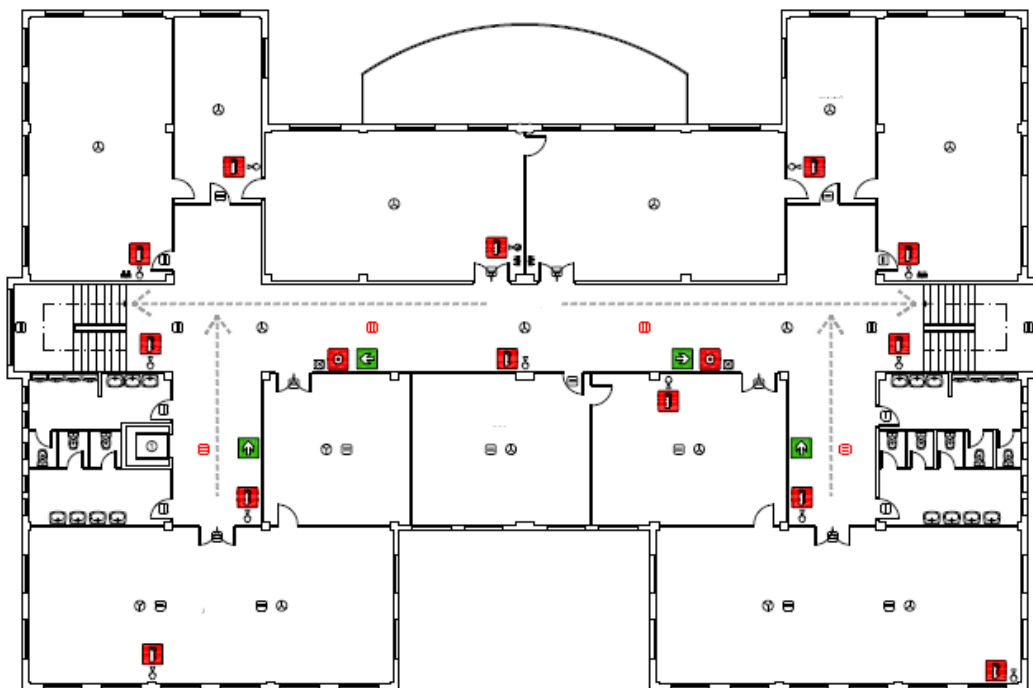
11.5 Edificio N°3. Talleres + Infantil.

11.5.1 Distribución.

PLANTA BAJA:

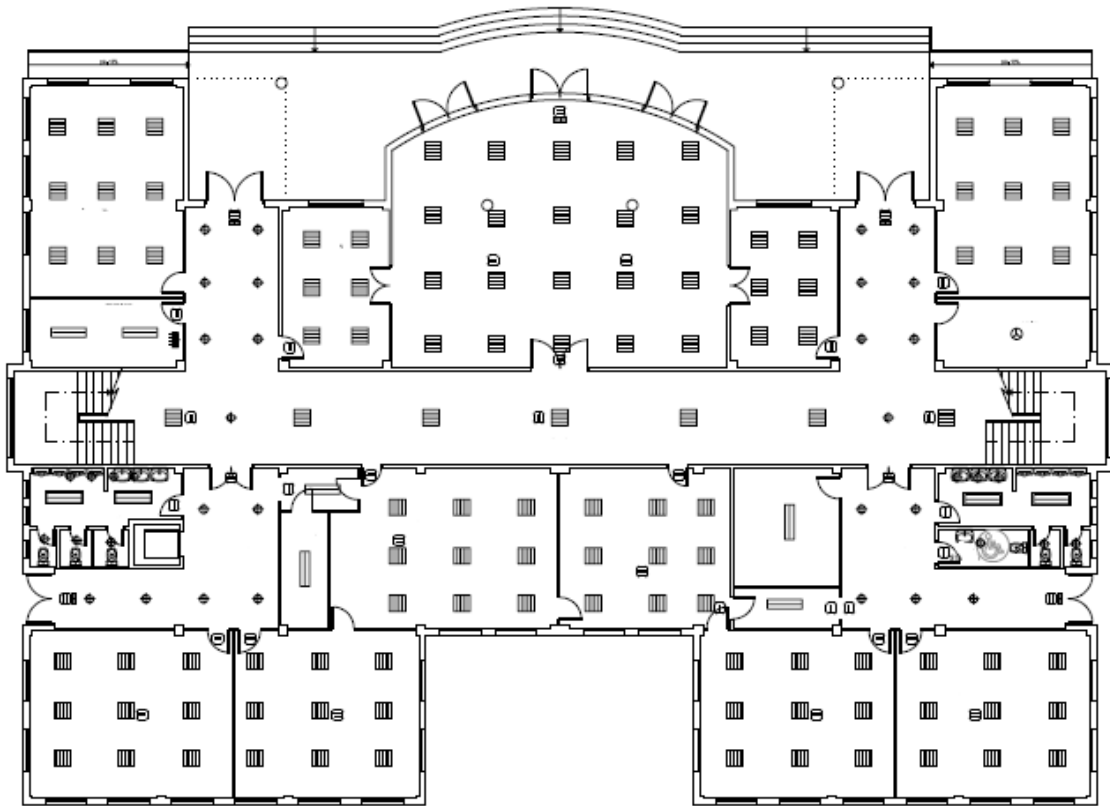


PRIMERA PLANTA:

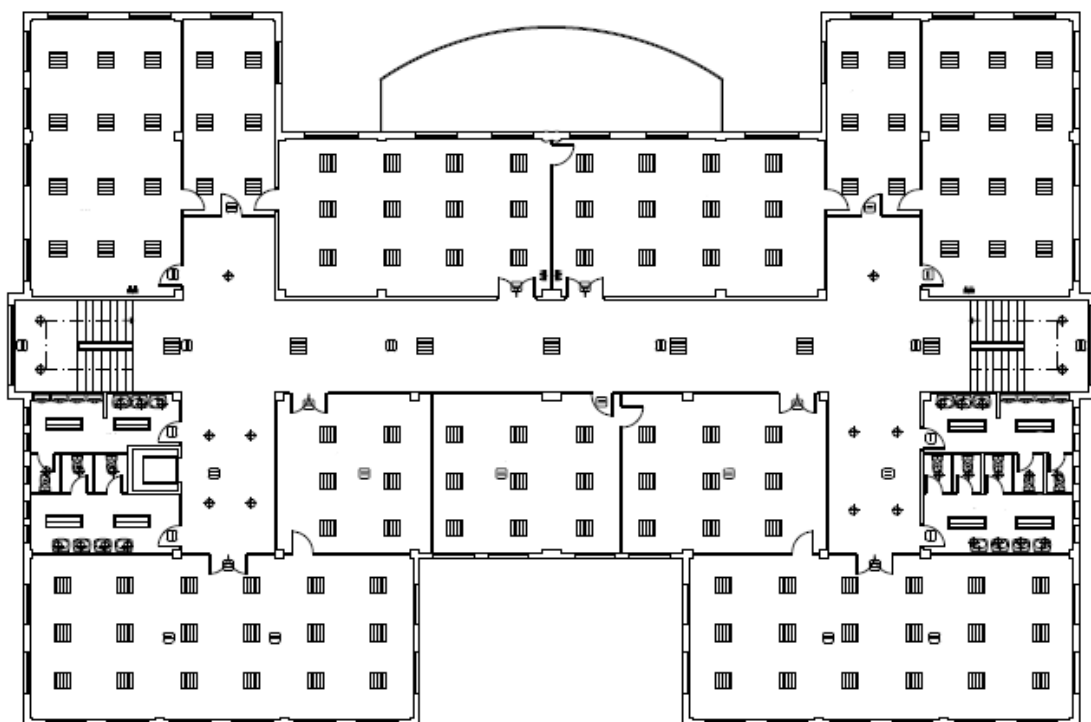


11.5.2 Luminarias.

PLANTA BAJA:

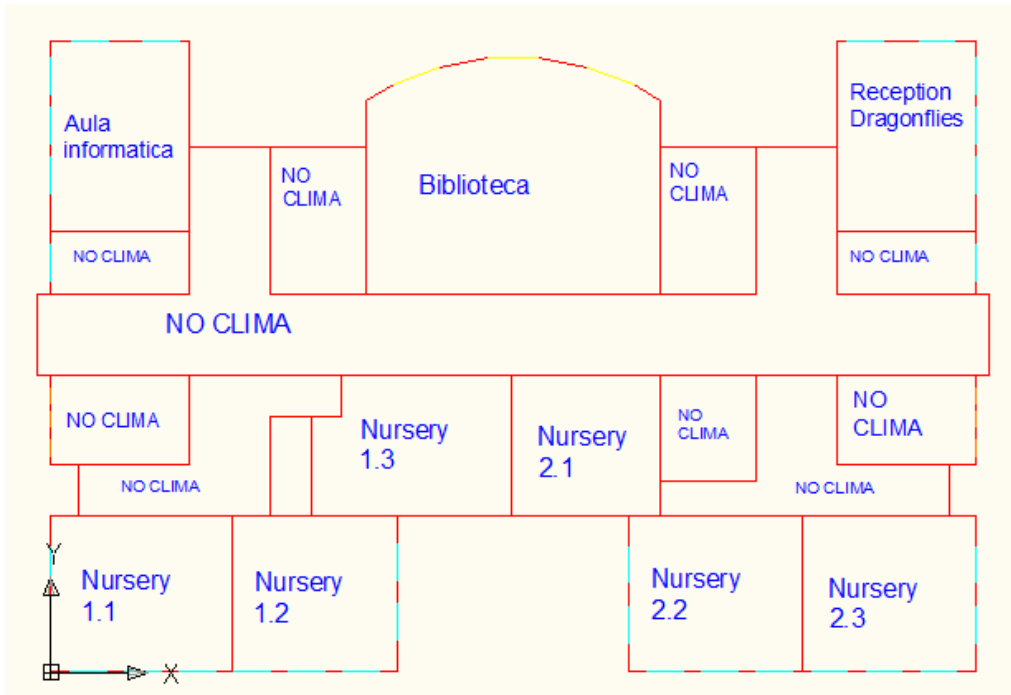


PRIMERA PLANTA:

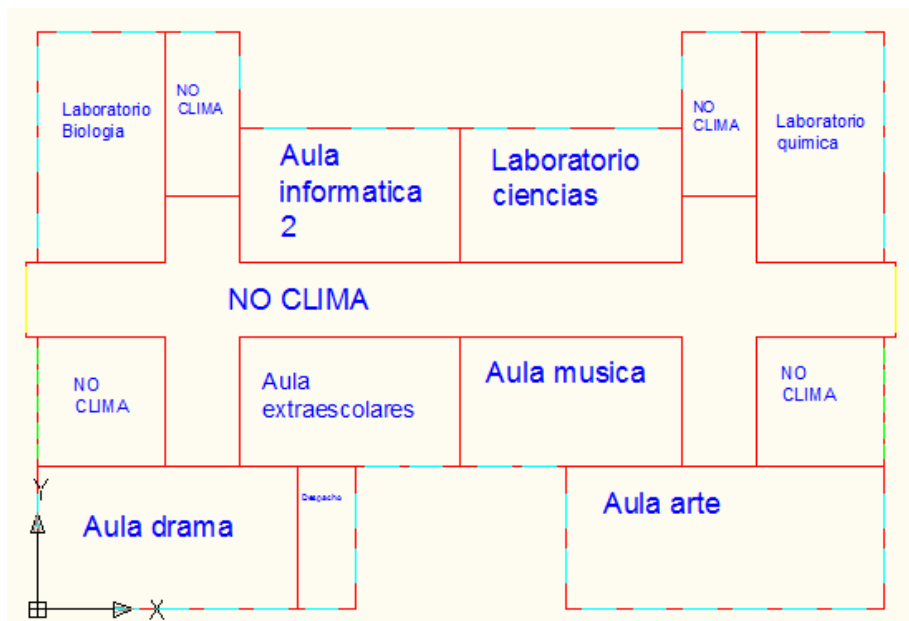


11.5.3 AutoCAD.

PLANTA BAJA:



PRIMERA PLANTA:

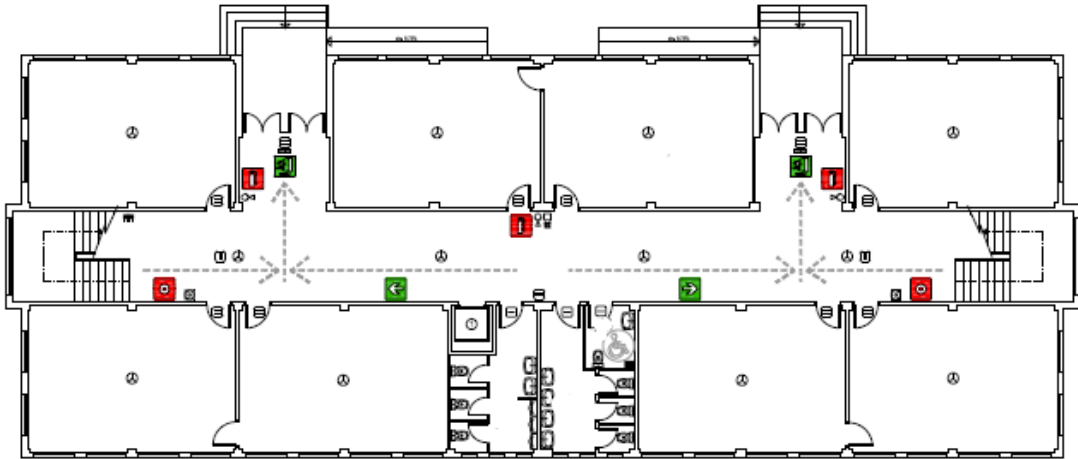


NOTA: En la primera planta, en el aula de drama, se incluyó un despacho que no consta en los planos de distribución y luminarias. Además, las aulas extraescolares y de música de los planos de CAD antes eran tres aulas en vez de dos.

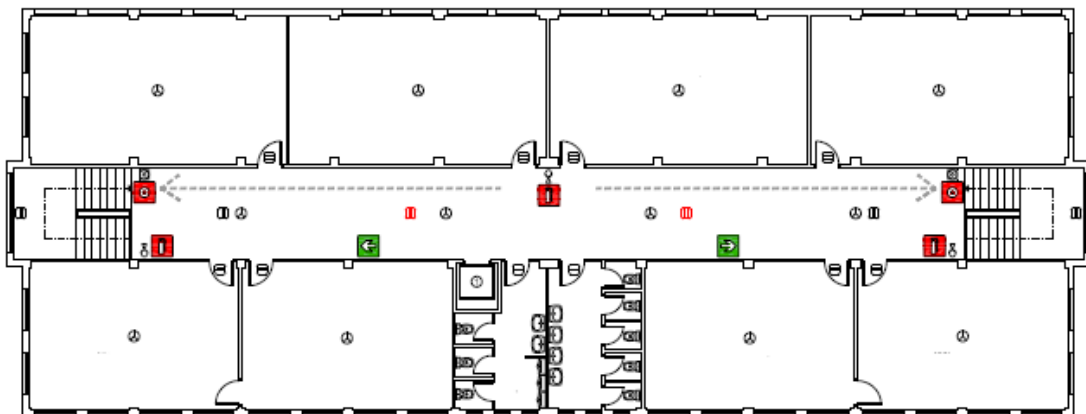
11.6 Edificio N°4. Primaria + Secundaria.

11.6.1 Distribución.

PLANTA BAJA:

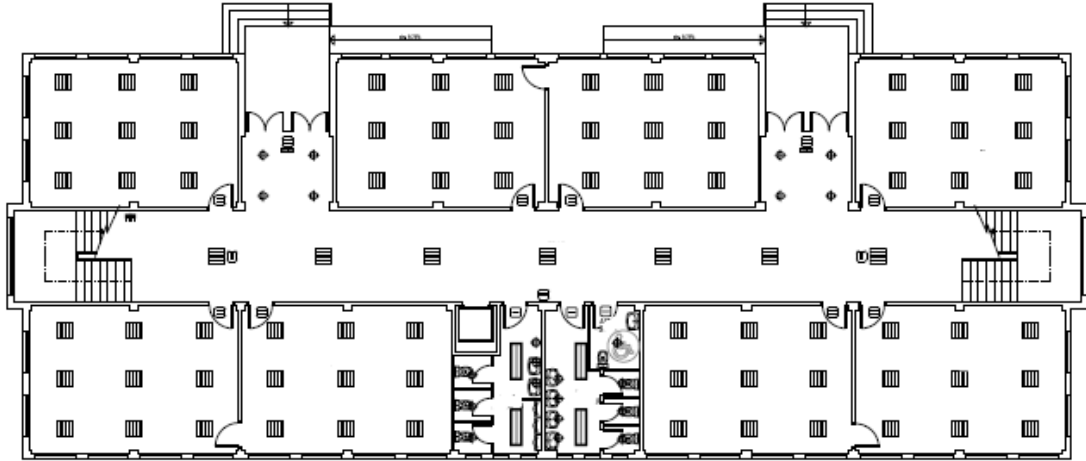


PRIMERA PLANTA:

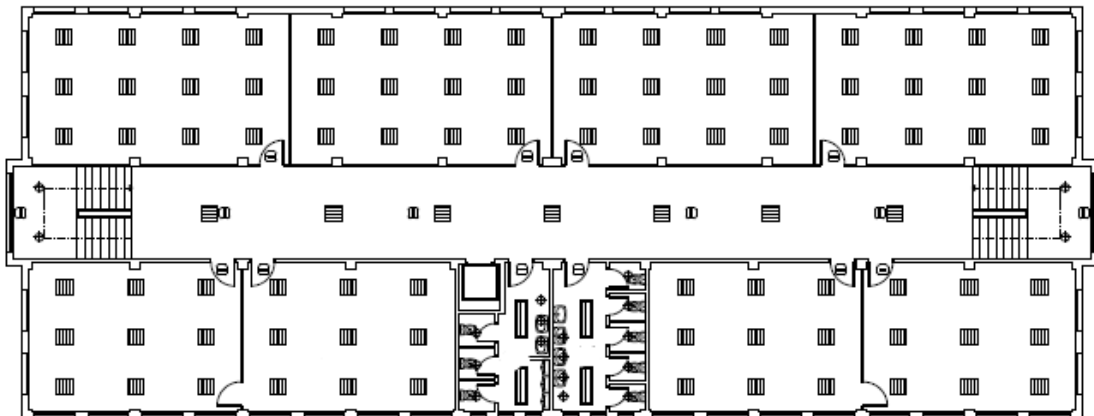


11.6.2 Luminarias.

PLANTA BAJA:

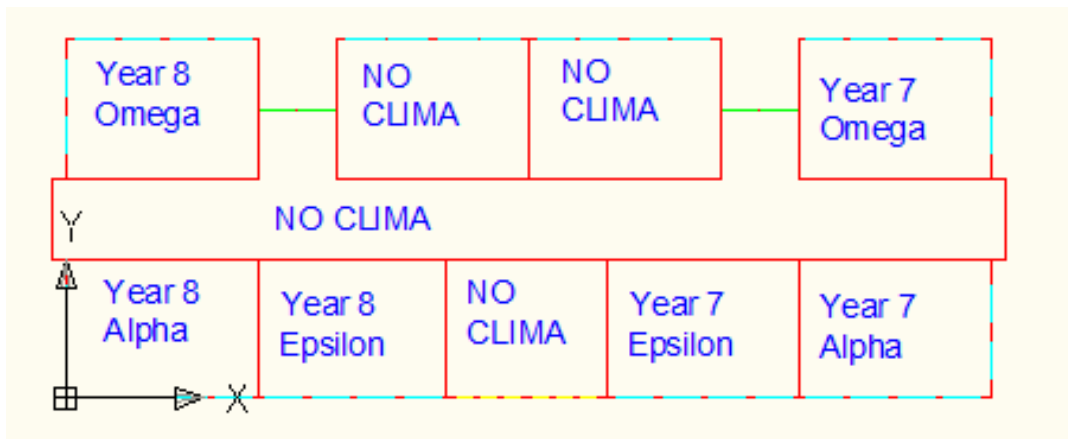


PRIMERA PLANTA:

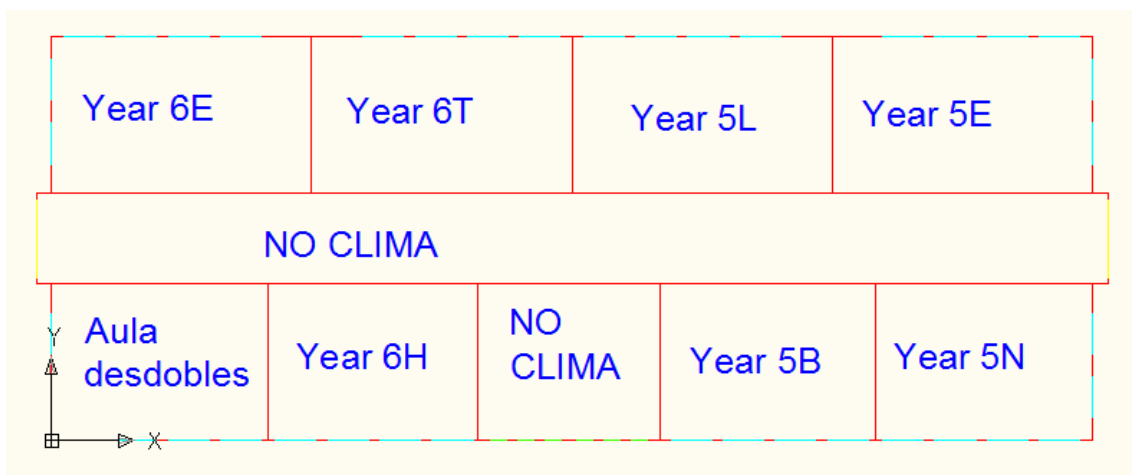


11.6.3 AutoCAD.

PLANTA BAJA:



PRIMERA PLANTA:



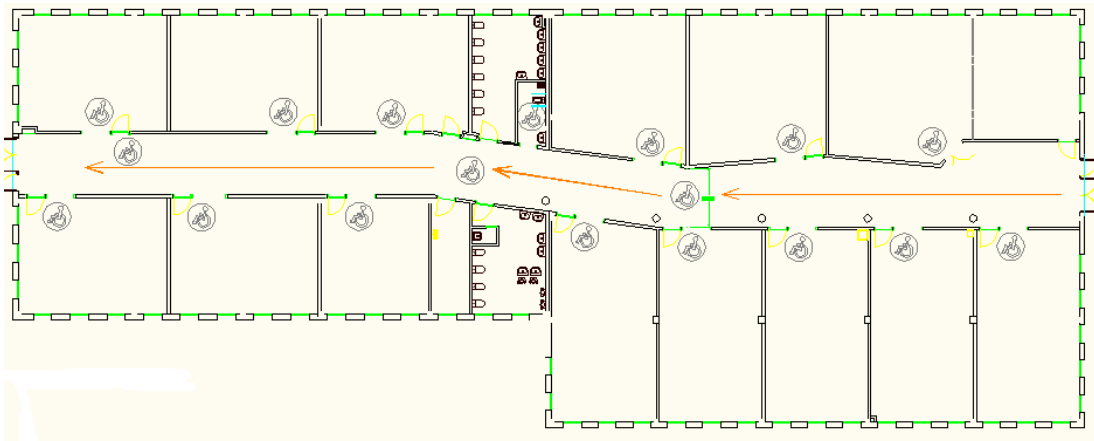
11.7 Edificio N°5. Comedor + Aulas.

11.7.1 Distribución.

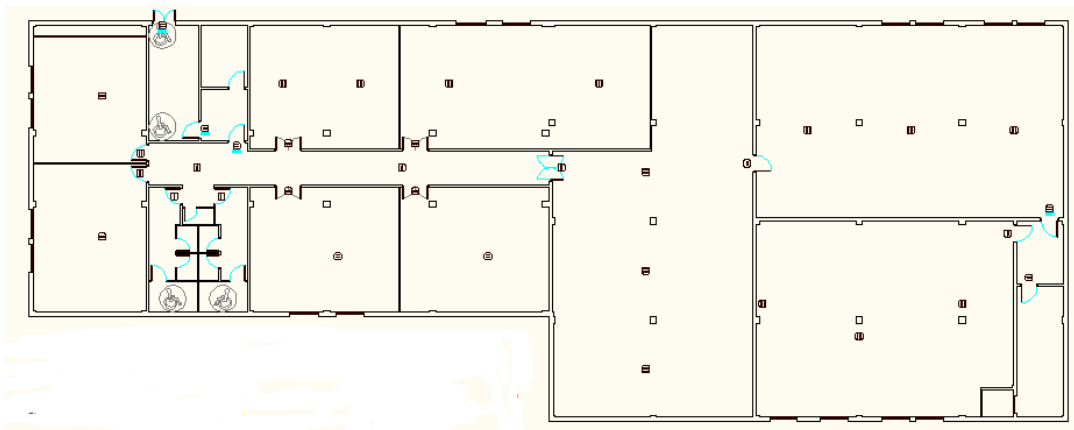
PLANTA BAJA:



PRIMERA PLANTA:

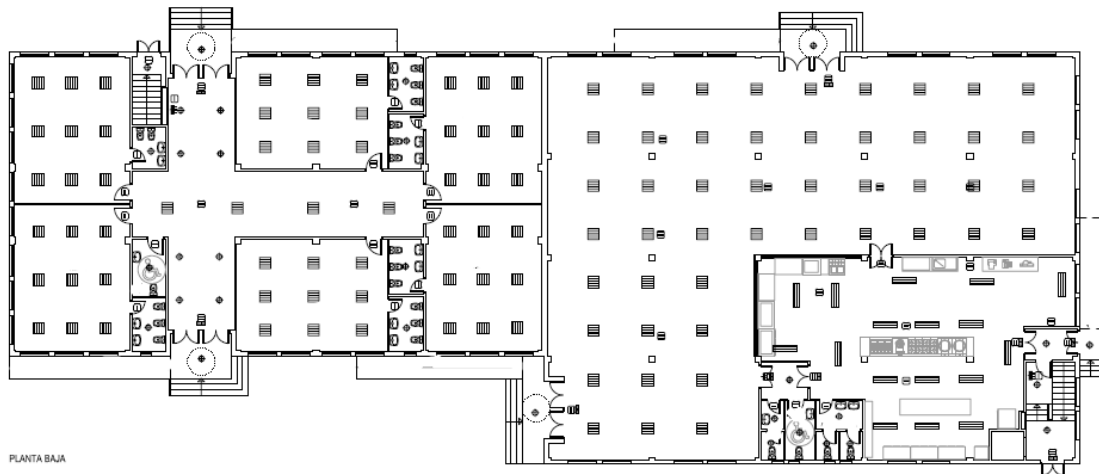


PLANTA SÓTANO:

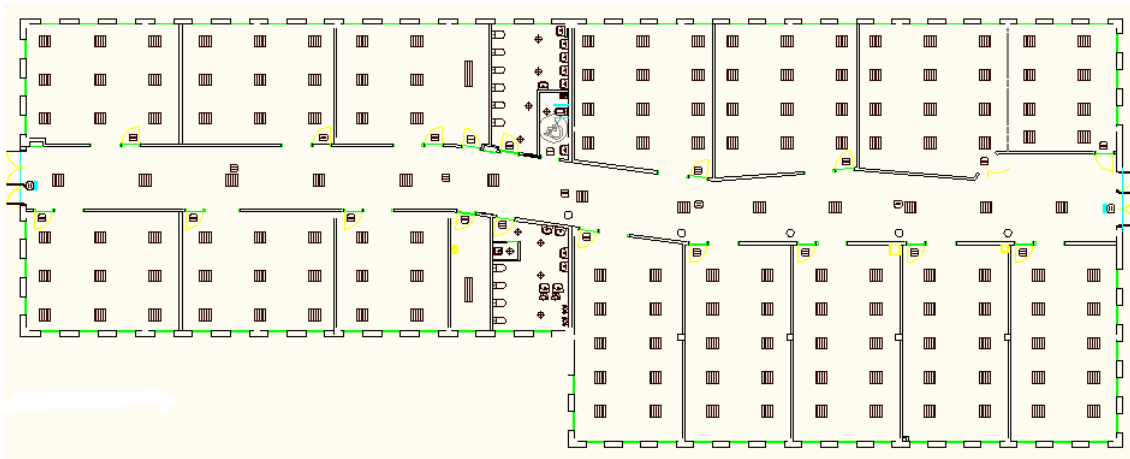


11.7.2 Luminarias.

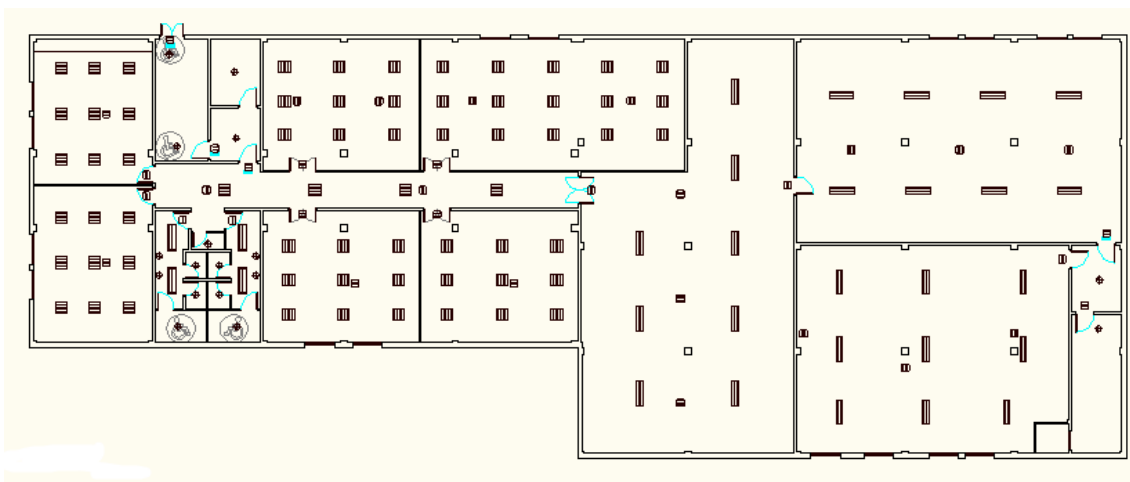
PLANTA BAJA:



PRIMERA PLANTA:

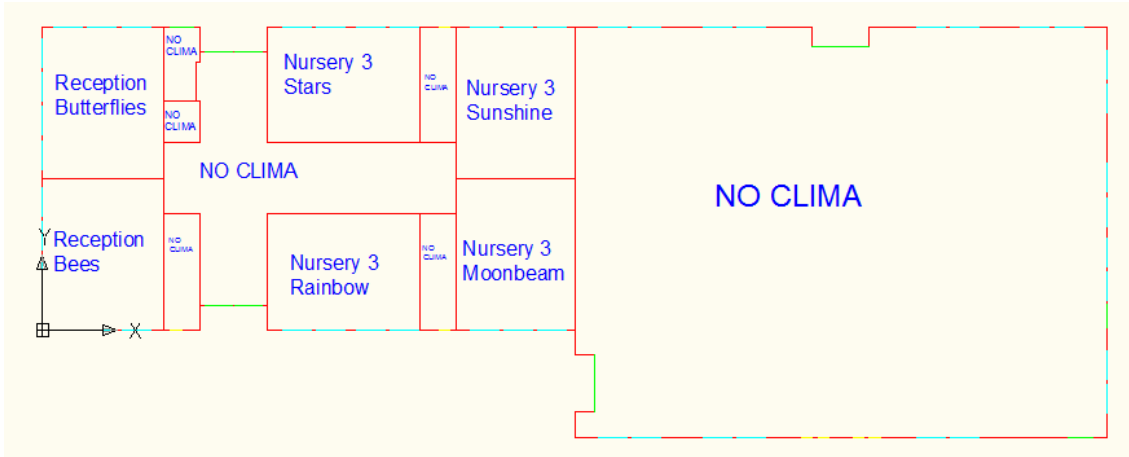


PLANTA SÓTANO:



11.7.3 AutoCAD.

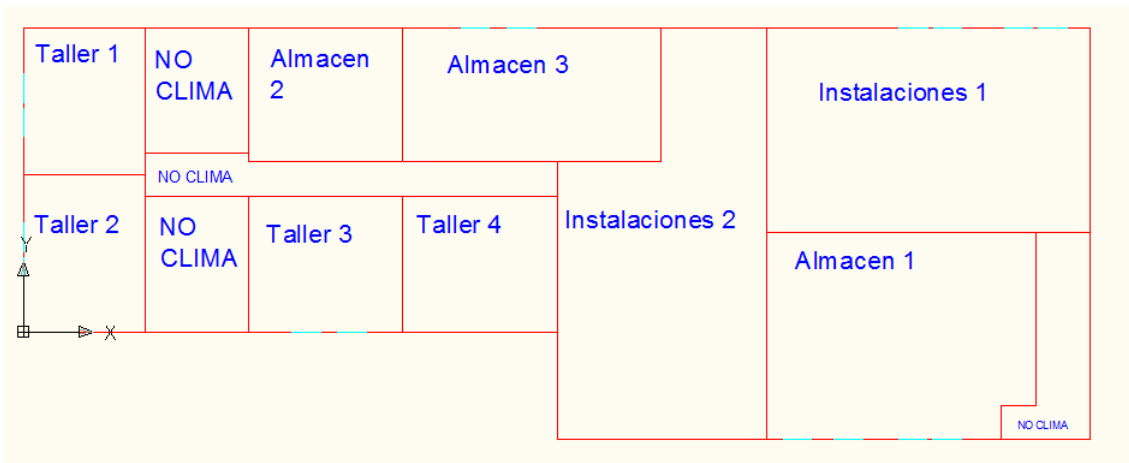
PLANTA BAJA:



PRIMERA PLANTA:

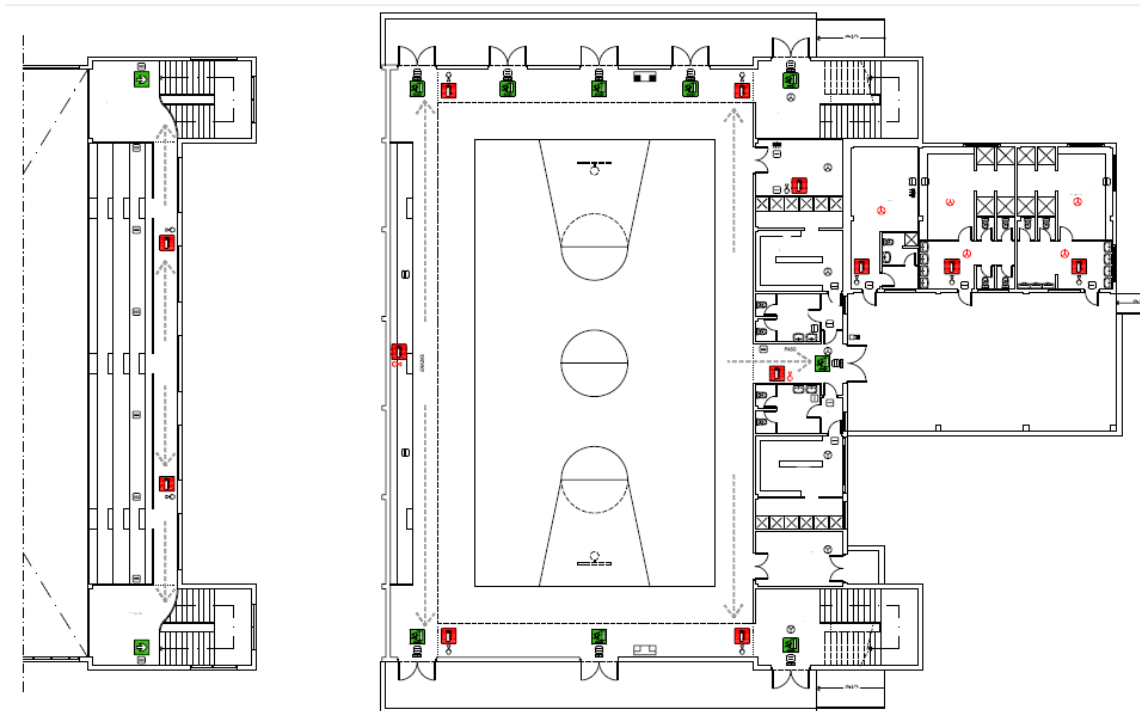


PLANTA SÓTANO:

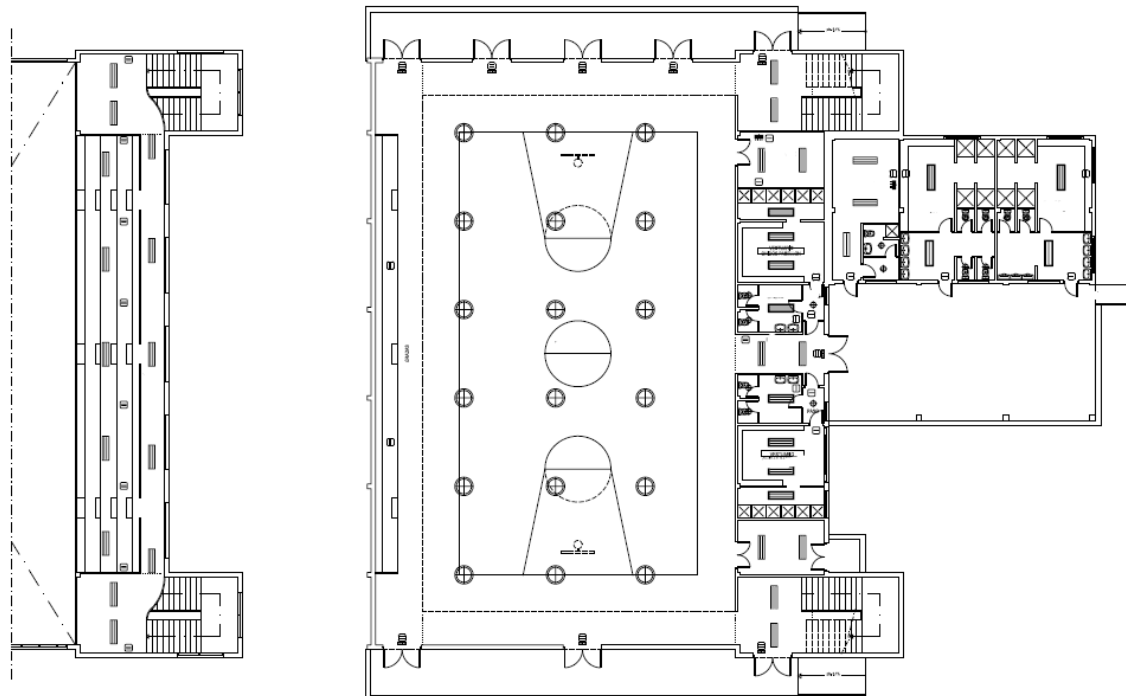


11.8 Edificio N°6. Pabellón deportivo.

11.8.1 Distribución.

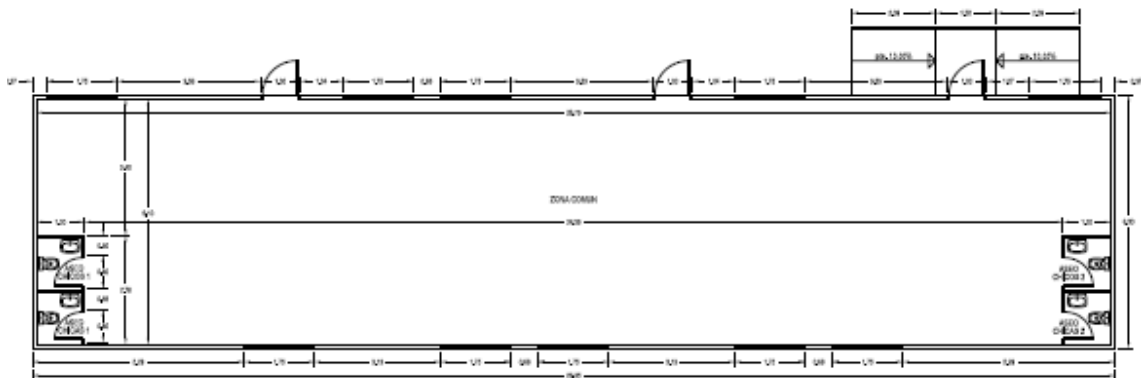


11.8.2 Luminarias.

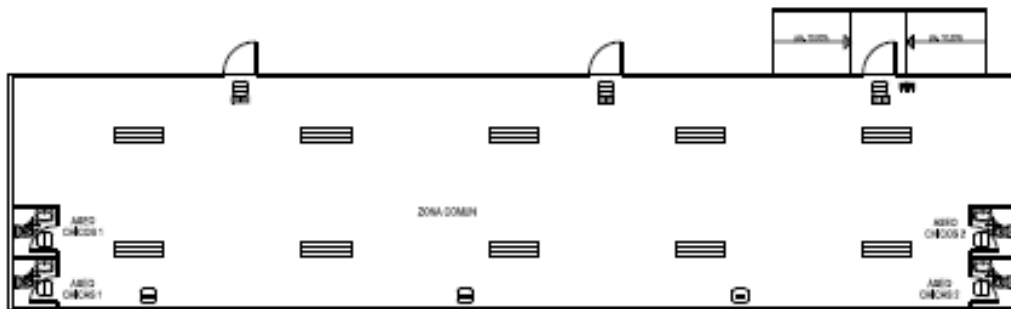


11.9 Edificio N°7. Edificio prefabricado.

11.9.1 Distribución.














11.9.2 Luminarias.



11.9.3 AutoCAD.



11.10 Leyenda de luminarias

	LUMINARIA FLUORESCENCIA, 4x18W
	LUMINARIA FLUORESCENCIA, 2x36W
	LUMINARIA FLUORESCENCIA, 1x36W
	LUMINARIA FLUORESCENCIA, 2x36W, ESTANCA
	LUMINARIA FLUORESCENCIA, 1x36W, ESTANCA
	LUMINARIA SUSPENDIDA DE DESCARGA DE ALTA DENSIDAD
	LUMINARIA INCANDESCENTE, 60W
	LUMINARIA EMERGENCIA TIPO FLUORESCENCIA, 6W, 60 Lm
	LUMINARIA EMERGENCIA TIPO FLUORESCENCIA, 6W, 150 Lm
	LUMINARIA EMERGENCIA TIPO FLUORESCENCIA, 6W, 300 Lm
	CENTRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION

CAPÍTULO 12: ANEXOS

12.1 Bombillas LED.



DICROICA 5W COB GU10



Referencia: DC 5W

Seleccionar Temperatura color :

- Luz blanca
- Luz cálida

IMPRIMIR AMPLIAR



5,08 €

(6,15 € iva incluido)

Cantidad

AÑADIR AL CARRITO

En Stock

FICHA TÉCNICA

Características técnicas :

Potencia	5W
Temperatura de color	Blanca 6000K - Cálida 3000K
Material	Aluminio y PVC
Ángulo de apertura	40°
Tipo de LED	COB
Lumens	500
Tipo Casquillo	GU10
Medidas	Ø 50 x 54 mm
Frecuencia (HZ)	50/60 Hz
Voltaje de entrada	220V
Horas de vida	30,000 horas
Certificaciones	CE, RoHS
Garantía	2 Años

12.2 Detectores de presencia.



5 años de garantía*



thePrema S360-100 UP WH

- ▶ Descripción del funcionamiento
- ▶ Datos técnicos
- ▶ Zona de detección
- ▶ Esquemas de las conexiones
- ▶ Dimensiones
- ▶ Accesorios
- ▶ Descargas
- ▶ Variantes

Descripción del funcionamiento

- Detector de presencia por infrarrojos pasivo para montaje en el techo
- Zona de detección cuadrada de 360° (hasta 64 m²) para una planificación sencilla y segura
- Control automático en función de la presencia y la luminosidad para iluminación
- Medición de la mezcla de luz, apto para lámparas fluorescentes (FL/PL/ESL), halógenas/incandescentes y LED
- Canal A Luz: relé, 230V
- Funcionamiento totalmente automático o semiautomático conmutable
- Valor de conexión de luminosidad regulable, función de aprendizaje
- Tiempo de ejecución de adaptación automática
- Posibilidad de conexión de pulsador o interruptor para la conexión manual con detección automática pulsador/interruptor
- Función de impulsos para un interruptor temporizador de escalera
- Disponibilidad inmediata gracias al ajuste previo de fábrica
- Ajuste muy simple del comportamiento de ahorro de energía con la nueva función «eco plus»
- Funcionamiento de prueba para comprobar la función y la zona de detección
- Ampliación de la zona de detección mediante conexión Maestro/Esclavo o Maestro/Maestro, posibilidad de conexión en paralelo de un máximo de 10 detectores
- Montaje en techo en caja UP
- Posibilidad de montaje en el techo con bastidor AP
- Mando a distancia de usuario theSenda S, mando a distancia SendaPro (opcional)
- * De acuerdo a los términos y condiciones de la garantía, consulte www.theben.es/garantie

thePrema S360-100 UP WH

N.º de pedido	2070500
Hoja de características	
Mis documentos	

Datos técnicos

Alimentación	230 V AC ± 10 %
Frecuencia	50 Hz
Altura recomendada de montaje	2 – 3 m
Altura mínima	> 1,7 m
Tipo de montaje	Montaje en el techo
Consumo propio	~0,5 W
Clase de medición de luz	Medición de luz mezcla
Rango de regulación de la luminosidad	5 – 3000 lx
Tiempo de retardo al apagado Luz	10 s – 60 min
Tipo de contacto Luz	Relé 230 V / 10 A µ-contacto
Lámparas	Lámparas incandescentes/halógenas, Lámparas fluorescentes, Lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo, LEDs
Carga de lámparas incand./halógenas	2300 W
Lámparas fluorescentes/compactas	1150 VA (cos φ = 0,5)
Corriente de conexión	max. 400 A / 200 µs
Lámparas fluorescentes/compactas (Número de balasto electrónico)	16 x 54/58 W, 24 x 35/36 W, 8 x 2 x 54/58 W, 12 x 2 x 35/36 W
Lámpara LED	< 2 W = 25 W o > 2 W = 70 W
Tipo de conexión	Bornas de tornillos
Sección transversal del cable máx.	max. 2 x 2,5 mm ²
Gran caja empotrada	Ø 55 mm (NIS, PMI)

12.3 Balastos electrónicos.

Código	Tipo	P.V.R. €	Lámparas (W / tipo)	Índice EEI	Peso (kg)	Embalaje	Dimensiones (mm)				
							Ancho	Alto	Largo	Anclaje	
220-240V 50-60Hz Series para 1 lámpara											
9610111	BE 136-2	22,00	1x18, 36, 30W 1x18, 36W 1x24, 39W	T8 TC-L T5	A2	0,225	24	40	28	230	220
9610150	BE 136-3	21,00	1x18, 36W	T8							
9610013	BE 158-2	22,00	1x58W 1x55W 1x54W	T8 TC-L T5							
9610160	BE 158-3	21,00	1x58W	T8							
9610130	BE 170-3-A	30,00	1x70W	T8							
220-240V 50-60Hz Series para 1 o 2 lámparas											
9620014	BE 236-2	25,00	1 o 2x18, 36, 30W 1 o 2x18, 36W 1 o 2x24, 39W	T8 TC-L T5	A2	0,235	24	40	28	230	220
9621020	BE 236-3	23,00	1 o 2x18, 36W	T8							
9620013	BE 258-2	25,00	1 o 2x58W 1 o 2x55W 1 o 2x54W	T8 TC-L T5							
9621030	BE 258-3	23,00	1 o 2x58W	T8							
220-240V 50-60Hz Series para 3 o 4 lámparas											
9640011	BE 418-2	30,00	3 o 4x18W 3 o 4x18W	T8 TC-L	A2	0,215	24	40	28	230	220
9640008	BE 436-2	40,00	3 o 4x18, 36, 30W 3 o 4x18, 36W	T8 TC-L							
110-240V 0/50-60Hz Series para 1 lámpara											
9610141	BE 118-4-UN	28,00	1x18W	T8	A2	0,225	24	40	28	230	220
9610180	BE 136-4-UN	28,00	1x18, 36W	T8							
9610161	BE 158-4-UN	28,00	1x58W	T8							
110-240V 0/50-60Hz Series para 1 o 2 lámparas											
9621011	BE 218-4-UN	31,00	1 o 2x18W	T8	A2	0,235	24	40	28	230	220
9621021	BE 236-4-UN	31,00	1 o 2x18, 36W	T8							
110-240V 0/50-60Hz Serie para 3 o 4 lámparas T8											
9640017	BE 418-4-UN	36,00	3x 4x 18W 600mm 3x 4x 18W	T8 TC-L	A2	0,234	24	40	28	230	220
110-277V 0/50-60Hz Serie para 1 o 2 lámparas T5 HE y T8											
9610250	BE 158-UN-277V	33,50	1x 58W 1500mm 1x 54W 1150mm	T8 T5	A2	0,234	24	40	28	230	220



12.4 Ventanas de doble acristalamiento.

D24AA005	M2	VIDRIO INCOLORO PLANILUX 4 mm	M2. Acristalamiento con vidrio float incoloro PLANILUX de 4 mm de espesor, fijado sobre carpintería con acuíñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales y sellado en frío con silicona incolora, incluso cortes de vidrio y colocación de junquillos, según NTE-FVP-8.	Mano de obra.....	4,83
				Resto de obra y materiales	16,33
				TOTAL PARTIDA.....	21,16
D24GA005	M2	CLIMALIT 4/ 6,8/ 4 mm	M2. Doble acristalamiento Climalit, formado por dos vidrios float Planilux incoloros de 4 mm y cámara de aire deshidratado de 6 u 8 mm con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, fijado sobre carpintería con acuíñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales y sellado en frío con silicona neutra, incluso cortes de vidrio y colocación de junquillos, según NTE-FVP-8.	Mano de obra.....	3,22
				Resto de obra y materiales	27,05
				TOTAL PARTIDA.....	30,27
D01MA021	M2	RETRADA DE VENTANAS	Ud. Levantado, por medios manuales, de cercos y ventanas en muros, itraslado y apilado de material recuperable, retirada de escombros a pie de carga y p.p. de costes indirectos, según NTE/ADD-18.	Mano de obra.....	13,69
				Resto de obra y materiales	0,41
				TOTAL PARTIDA.....	14,10
D01YA012	M3	CARGA ESCOMBR. MAN. SI/CONTENED.	M3. Carga de escombros, por medios manuales, sobre contenedor, dumper o camión, i/humecido y p.p. de costes indirectos.	Mano de obra.....	15,13
				Resto de obra y materiales	0,45
				TOTAL PARTIDA.....	15,58
D01YM001	Ud	CAMBIO CONTENEDOR DE 5 M3.	Ud. Cambio de contenedor de 5 m3. de capacidad, colocado en obra a pie de carga, i/servicio de entrega, alquiler, tasas por ocupación de vía pública y p.p. de costes indirectos, incluidos los medios auxiliares de señalización.		

PRESUPUESTO

ÍNDICE GENERAL

1.	Introducción	3
2.	Presupuesto de realización del proyecto	3
2.1	Mano de obra del ingeniero.....	3
2.2	Coste del material empleado.	3
2.3	Coste de desplazamientos a las instalaciones del colegio.	4
2.4	Coste total de realización del proyecto.....	4
3.	Presupuesto de las medidas propuestos	4
3.1	Cambio de las bombillas incandescentes de 60W por bombillas LED de 5W.....	4
3.2	Instalación de detectores de presencia para baños y pasillos.	5
3.3	Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos.	5
3.4	Reemplazo del acristalamiento sencillo por vidrio doble.	6
3.5	Realizar free-cooling en los aparatos de climatización.	6
3.6	Aprovechamiento de la inercia térmica de los acondicionadores.	6
3.7	Presupuesto total.	6
4.	Rentabilidad de las medidas propuestas	7
4.1	Cambio de las bombillas incandescentes de 60W por bombillas LED de 5W.....	7
4.2	Instalación de detectores de presencia para baños y pasillos.	7
4.3	Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos.	7
4.4	Reemplazo del acristalamiento sencillo por vidrio doble.	7
4.5	Realizar free-cooling en los aparatos de climatización.	7
4.6	Aprovechamiento de la inercia térmica de los acondicionadores.	8
4.7	Rentabilidad tras implantar todas las medidas.....	8

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Coste de mano de obra del ingeniero de la energía.....	3
TABLA 2: Coste del material empleado en elaborar el proyecto.....	3
TABLA 3: Coste de los desplazamientos hechos al realizar el proyecto.	3
TABLA 4: Coste total de realización del proyecto.....	4
TABLA 5: Coste de las bombillas LED.	4
TABLA 6: Coste de los detectores de presencia.....	4
TABLA 7: Coste del instalador de los detectores de presencia.....	4
TABLA 8: Coste total de la instalación de detectores de presencia.....	5
TABLA 9: Coste de los balastos electrónicos.....	5
TABLA 10: Coste del instalador de los balastos electrónicos.....	5
TABLA 11: Coste total de la instalación de los balastos electrónicos.	5
TABLA 12: Coste unitario del cambio de una ventana de vidrio simple por otra de doble acristalamiento.....	6
TABLA 13: Coste total de las ventanas de doble vidrio.	6
TABLA 14: Presupuesto total de las mejoras propuestas.	6

1. Introducción.

La siguiente parte del trabajo consiste en elaborar un presupuesto donde se muestran los costes necesarios para realizar el proyecto de la optimización energética. Además, se mostrará si las medidas de mejoras propuestas son rentables.

Para realizar el presupuesto de forma clara y sencilla, se dividirá en tres partes:

- Presupuesto de realización del proyecto.
- Presupuesto de las medidas propuestas.
- Rentabilidad de las mismas.

Todos los precios y costes incluyen el IVA.

2. Presupuesto de realización del proyecto.

En este apartado se tienen en cuenta los costes del ingeniero a la hora de realizar el proyecto.

Este coste se divide en los siguientes aspectos:

- Horas de trabajo del ingeniero.
- Material de escritura, impresión y ofimática empleado.
- Desplazamientos a las instalaciones del colegio "LAUDE Newton College".

2.1 Mano de obra del ingeniero.

El proyecto ha sido realizado en aproximadamente 300 horas de trabajo del ingeniero, lo que se traduce en el siguiente coste:

Unidades	Razón	Horas de trabajo (h)	Precio de la hora (€/h)	Coste total (€)
1	Mano de obra de ingeniero de la energía	300	18	5400

TABLA 1: Coste de mano de obra del ingeniero de la energía.

El precio de la hora de trabajo del ingeniero incluye tanto el salario como la seguridad social.

2.2 Coste del material empleado.

Éste es el presupuesto de los materiales empleados en la realización del proyecto:

Unidades	Razón	Precio unitario (€)	Coste total (€)
96	Hojas de impresión de facturas	0,01	0,96 €
20	Hojas de impresión de planos	0,01	0,20 €
34	Hojas de impresión de inventarios de luminarias y equipos	0,01	0,34 €
85	Hojas de impresión del proyecto	0,2	17,00 €
1	Material de escritura	0,5	0,50 €
1	Encuadernación	2	2,00 €
			21,00 €

TABLA 2: Coste del material empleado en elaborar el proyecto.

2.3 Coste de desplazamientos a las instalaciones del colegio.

Este coste tiene en cuenta el coste en gasolina o diesel en este caso de los desplazamientos que se han llevado a cabo. El presupuesto es el siguiente:

Nº Desplazamientos	Distancia ida y vuelta (km)	Precio diesel (€/litro)	Consumo medio (litros/100km)	Coste en diesel (€)
12	2	1,2	6,6	1,9008

TABLA 3: Coste de los desplazamientos hechos al realizar el proyecto.

2.4 Coste total de realización del proyecto.

El coste total del proyecto es el siguiente:

Coste de mano de obra del ingeniero	5.400,00 €
Coste de material	21,00 €
Coste de desplazamientos	1,90 €
COSTE TOTAL	5.422,90 €

TABLA 4: Coste total de realización del proyecto.

3. Presupuesto de las medidas propuestas.

En este apartado se comentarán los presupuestos de las distintas mejoras planteadas en la memoria del trabajo.

3.1 Cambio de las bombillas incandescentes de 60W por bombillas LED de 5W.

El presupuesto de la instalación de las bombillas LED de 5W es el siguiente:

Coste unitario (€)	Unidades	Coste total (€)
6,15	251	1543,65

TABLA 5: Coste de las bombillas LED.

En esta mejora no se ha incluido coste de instalación por parte de un electricista porque la tarea la llevaría a cabo los técnicos que ya trabajan en el mismo colegio, cuyo sueldo es fijo y dedicarían parte de su jornada laboral en la instalación de estas luminarias.

3.2 Instalación de detectores de presencia para baños y pasillos.

El presupuesto de la instalación de los detectores de presencia es el siguiente:

Coste unitario (€)	Unidades	Coste total (€)
130	29	3770

TABLA 6: Coste de los detectores de presencia.

Además, la instalación de los detectores no la pueden llevar a cabo los técnicos del colegio, luego habrá que contratar a un técnico externo que los instale. El coste del técnico es el siguiente:

Nº horas de trabajo (h)	Precio de la hora (€/h)	Coste total (€)
20	25	500

TABLA 7: Coste del instalador de los detectores de presencia.

Luego el coste total para implantar esta mejora será el siguiente:

Razón	Coste (€)
Detectores	3770
Coste de instalación	500
TOTAL	4270

TABLA 8: Coste total de la instalación de detectores de presencia.

3.3 Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos.

El presupuesto de los balastos electrónicos es el siguiente:

Coste unitario (€)	Unidades	Coste total (€)
30	819	24570

TABLA 9: Coste de los balastos electrónicos.

Además, hay que contratar a un electricista encargado de la instalación de estos balastos, lo que añade un coste extra a la inversión:

Nº horas de trabajo (h)	Precio de la hora (€/h)	Coste total (€)
20	25	500

TABLA 10: Coste del instalador de los balastos electrónicos.

Luego el coste total es el siguiente:

Razón	Coste (€)
Balastos	24570
Coste de instalación	500
TOTAL	25070

TABLA 11: Coste total de la instalación de los balastos electrónicos.

3.4 Reemplazo del acristalamiento sencillo por vidrio doble.

El presupuesto individual del cambio de una ventana por otra con vidrio doble es el siguiente:

Razón	Coste (€)
Mano de obra	3,22
Resto de obra y materiales	27,05
TOTAL	30,27

TABLA 12: Coste unitario del cambio de una ventana de vidrio simple por otra de doble acristalamiento.

Por lo tanto, el presupuesto total del cambio de las ventanas es el siguiente:

Coste unitario (€/m ²)	Superficie unitaria (m ²)	Nº Ventanas	Superficie total (m ²)	Coste total (€)
30,27	1,5	306	459	13893,93

TABLA 13: Coste total de las ventanas de doble vidrio.

3.5 Realizar free-cooling en los aparatos de climatización.

El presupuesto para realizar esta mejora es nulo.

3.6 Aprovechamiento de la inercia térmica de los acondicionadores.

El presupuesto para realizar esta mejora es nulo.

3.7 Presupuesto total.

El presupuesto total de todas las mejoras propuestas es el siguiente:

Razón	Unidades	Coste unitario (€)	Coste total (€)
Bombillas LED	251	6,15	1543,65
Detectores de presencia	29	130	3770,00
Balastos electrónicos	30	819	24570,00
Ventanas vidrio doble	306	45,405	13893,93
Free-cooling	-	-	0
Inercia térmica	-	-	0
TOTAL	-	-	43777,58

TABLA 14: Presupuesto total de las mejoras propuestas.

4. Rentabilidad de las medidas propuestas.

A continuación se estudiará si las medidas propuestas son o no son rentables.

4.1 Cambio de las bombillas incandescentes de 60W por bombillas LED de 5W.

La inversión que se ha hecho en esta medida propuesta es de 1543,65 €. Según los ahorros energéticos obtenidos, se obtiene un ahorro económico anual de 2220,75€. El periodo de retorno de la inversión se obtendría dividiendo el ahorro anual entre la inversión realizada, resultando en 0,69 años. Al ser un periodo de retorno tan bajo, se puede afirmar que la propuesta de mejora será muy rentable y se obtendrán grandes beneficios desde muy pronto de su implantación.

4.2 Instalación de detectores de presencia para baños y pasillos.

La inversión que se ha realizado para esta mejora es de 4270€, obteniéndose unos ahorros económicos anuales de 2617,64€. Así, se obtiene un período de retorno de 1,63 años, luego la inversión se recuperaría en un plazo corto de tiempo, inferior a dos años, a partir del cual comenzarán a obtenerse beneficios. Es por ello que la medida tomada puede resultar muy interesante.

4.3 Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos.

La inversión que se ha realizado para esta medida es bastante superior al resto, pues se tiene que invertir una cantidad de 25070€. Se obtienen unos ahorros económicos de 1453,41€, suponiendo un periodo de retorno de 17,25 años. Este periodo de tiempo es bastante elevado, puesto que se empezarán a obtener beneficios a partir de los 17 años, que es un intervalo de tiempo bastante elevado. Por ello, no resulta muy interesante aplicar esta medida en detrimento de las otras.

4.4 Reemplazo del acristalamiento sencillo por vidrio doble.

La inversión realizada en esta medida es de 13893,93€ con unos ahorros económicos de 1286,05€ al año. Por lo tanto, el periodo de retorno de la inversión es de 10,8 años. Es un periodo de retorno largo, aunque el colegio debería estudiar su implantación debido a que seguirá en funcionamiento durante más de 10 años.

4.5 Realizar free-cooling en los aparatos de climatización.

Como la inversión realizada en esta medida es nula, se obtendrán beneficios desde el momento de su implantación.

4.6 Aprovechamiento de la inercia térmica de los acondicionadores.

Como ocurre en el caso anterior, desde el momento de la implantación de esta medida de mejora se obtendrán beneficios económicos.

4.7 Rentabilidad tras implantar todas las medidas.

La inversión total tras implantar todas las mejoras es de 43777,58€. Tras aplicar estas mejoras, se obtienen unos ahorros económicos anuales de 6484,9€. El periodo de retorno total es de 6,75 años, luego si se implantan todas las medidas se obtendrían beneficios tras 6 años y 9 meses.