



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

BALANCES ENERGÉTICOS MEDIANTE MODELADO MATEMÁTICO DEL EDIFICIO C6 DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

Alumno: Andrea Sánchez Robles

Tutor: Fernando Antonio Cruz Peragón
Dpto: Ingeniería Mecánica y Minera

Septiembre, 2018

Resumen

Actualmente, y desde hace ya varios años, es imprescindible para el sector de la Ingeniería realizar, desarrollar y gestionar la auditoría que permite el análisis energético de cualquier tipo de edificación, cuyo fin es determinar su comportamiento y valorar la eficiencia energética tanto de la envolvente constructiva del mismo, como de las instalaciones consideradas para abastecer sus necesidades y requerimientos. Para ello, es de vital importancia realizar un estudio previo sobre este de las condiciones de funcionamiento, uso, ocupación, equipos e iluminación, así como de los sistemas que satisfagan las necesidades de calidad y confort en cuanto a temperatura y humedad del aire en el interior, según las condiciones del ambiente exterior y lo que contiene el edificio, cumpliendo con la normativa vigente.

Asimismo, en el presente proyecto se pretende aportar una visión del comportamiento y de la eficiencia energética de un tipo de edificio dedicado al sector terciario docente-oficina, entrando en detalle en los diferentes ámbitos de demanda y consumo, así como en el comportamiento de las instalaciones que contiene. Para ello, se empleará un software alfanumérico que establecerá la metodología de cálculo y simulará dicho comportamiento en estado transitorio, sobre cada hora del año, a partir de los datos recogidos en un archivo meteorológico de la ciudad donde se encuentra, y haciendo uso, a su vez, de una herramienta que permita introducir la envolvente constructiva de forma gráfica y se extrapole a coordenadas cartesianas. Una vez simulado el modelo generado, se realizará un análisis de los resultados más relevantes obtenidos.

Palabras clave

Simulación energética, *EnergyPlus*, Balances de calor, demandas y consumos, condiciones de confort.

Índice

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Justificación	4
1.3. Antecedentes	4
1.4. Planteamiento del problema.....	7
CAPÍTULO 2. SOFTWARE Y METODOLOGÍA DE AUDITORÍA ENERGÉTICA	11
2.1. Concepto de auditoría energética	11
2.2. Concepto de simulación energética	12
2.2.1. Ventajas de la realización de una simulación energética	13
2.2.2. Desventajas de la realización de una simulación energética	14
2.3. Descripción del programa <i>AutoCAD</i>	14
2.4. Descripción del programa <i>Genera3D</i>	14
2.5. Descripción del programa <i>EnergyPlus</i>	15
2.5.1. Características del programa <i>EnergyPlus</i>	16
2.5.2. Modelos físicos empleados por el programa <i>EnergyPlus</i>	17
2.6. Factores de conversión de energía final a primaria y factores de emisiones de CO ₂	24
CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	25
3.1. Situación y distribución.....	25
3.2. Localización y clima.....	27
3.3. Régimen de funcionamiento	28
3.4. Uso, ocupación y tasa de ventilación	28
3.5. Condiciones de confort.....	32
3.6. Actividad metabólica.....	33
3.7. Especificaciones constructivas	33

3.7.1. Cerramientos verticales	33
3.7.2. Cerramientos horizontales.....	35
3.8.Requisitos de iluminación y equipos	37
3.9. Sistemas de climatización	41
CAPÍTULO 4. PROCEDIMIENTO DE AUDITORÍA POR SIMULACIÓN	45
4.1. Uso del programa <i>Genera3D</i>	45
4.2. Uso del programa <i>EnergyPlus</i>	51
4.3. Cálculo de indicadores energéticos.....	57
CAPÍTULO 5. RESULTADOS OBTENIDOS	59
5.1. Parámetros climatológicos de Jaén en los casos más desfavorables	59
5.2. Carga térmica de diseño	63
5.3. Cargas térmicas internas.....	64
5.4. Ganancias y pérdidas de calor a través de las ventanas	65
5.5. Balances de calor a través de las superficies.....	66
5.6. Balances de calor sobre la zona más desfavorable en verano e invierno .	67
5.7. Temperatura y humedad relativa del aire en determinadas zonas	70
5.8. Demanda térmica de calefacción y refrigeración.....	74
5.9. Consumos eléctricos del edificio	76
5.10. Indicadores energéticos	78
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....	79
CAPÍTULO 7. REFERENCIAS	81
CAPÍTULO 8. ANEXOS	85
Anexo I. Observaciones sobre los software empleados.....	85
Anexo II. Datos de entrada específicos empleados en <i>EnergyPlus</i>	88
Anexo III. Características de los sistemas de climatización instalados	95
Anexo IV. Plano de emplazamiento del edificio.....	104
Anexo V. Planos de distribución del edificio	106
Anexo VI. Planos de climatización del edificio.....	117

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Un edificio es una “caja negra” sometida a unas cargas de ventilación, climatización, alumbrado y equipamiento, además de otras posibles cargas. Si actuando sobre todas estas cargas conseguimos que su peso disminuya, las máquinas y equipos para satisfacerlo costarán menos en cuanto a energía y coste se refiere. Por tanto, se trata de buscar que los edificios sean rentables para el que los construye, para el que los opera y mantiene, mejores para el planeta y para las personas que viven y trabajan en ellos.

La eficiencia energética es una práctica que tiene como objetivo reducir la energía consumida para producir bienes y ofrecer servicios sin que la calidad de ambos se vea afectada, optimizando los procesos productivos y el empleo de la misma satisfaciendo igualmente unas necesidades finales.

El consumo energético está directamente relacionado con los ciclos económicos que han ido surgiendo a lo largo de las distintas etapas, por lo que es necesaria una aproximación global que permita el diseño de políticas de eficiencia energética; con este fin, Europa ha adoptado la eficiencia energética como un punto de apoyo fundamental para cumplir con los objetivos marcados en materia de política energética.

A partir de 2008, la ralentización del crecimiento económico significó una importante reducción del consumo de forma global que tuvo su efecto sobre la emisión de gases de efecto invernadero, el cambio climático que se sigue produciendo, y en adición, la creciente demanda y el uso indebido de la energía a los que se le suman los escasos recursos para la generación de la misma. De forma general, las preocupaciones actuales se deben al ahorro de energía y al efecto medioambiental que ocasiona la generación de la misma.

Además, en la actualidad el uso de energías no renovables es mucho mayor que el de energías renovables, al mismo tiempo de estar muy latente el peligro de que algún día éstas desaparezcan. Por ello, uno de los objetivos a alcanzar en el futuro es la gestión eficiente de los recursos energéticos, tanto en

el desarrollo de nuevas formas de generación de energía, como en la reducción de pérdidas en su transporte, o en la parte que atañe a este proyecto.

La simulación energética consiste en el cálculo de los flujos de calor circulantes entre las zonas térmicas del edificio. Para que se pueda realizar correctamente es necesario que previamente se introduzcan las variables, como son los cerramientos y los materiales de los que están compuestos, los equipos climatizadores, las cargas internas que contiene, etc. La definición de estas variables y la obtención de resultados cambian según el programa que se emplee para realizar la simulación. En este proyecto se ha decidido estudiar cómo funcionan dichos procesos para el programa de cálculo *EnergyPlus*, en concreto para una simulación de la demanda energética de un edificio de la Universidad de Jaén.

Teniendo en cuenta la importancia de estos conceptos a nivel industrial y en la edificación, y como ya se ha mencionado anteriormente, el presente trabajo está enfocado en desarrollar el modelado matemático a partir de una simulación numérica que permita definir el comportamiento energético del edificio C6 situado en la Universidad de Jaén. Para ello, se empleará un programa, conocido como *Genera3D*, como interfaz gráfica que permitirá introducir la geometría del mismo, y un programa de cálculo y exposición de los datos generados con *EnergyPlus*. Finalmente, atendiendo a los resultados obtenidos, se analizará la variación y evolución de las distintas variables de interés obtenidas a lo largo del año con la finalidad de proporcionar conclusiones acordes a las ideas desarrolladas anteriormente, y acerca del potencial de estas herramientas software.

1.1. Objetivos

El objetivo principal se basa en realizar un diagnóstico energético de los distintos puntos de consumo del edificio C6 “Centros de Investigación”, localizado en la Universidad de Jaén, con la preparación y el desarrollo de una simulación a partir de una herramienta software que permita el cálculo de las cargas que se absorben o se transfieren, y así, a su vez, simular el

comportamiento de las instalaciones que contiene para observar la forma en la que abastece las necesidades requeridas por el propio edificio.

Como objetivos específicos, se trata de:

Obj. 1: Describir de forma sencilla el uso de un programa de simulación, que resultará ser el principal para el propósito del trabajo, con el fin de realizar las explicaciones necesarias para el correcto entendimiento del funcionamiento de la metodología utilizada.

Obj. 2: Emplear un programa que sirva como herramienta para introducir la geometría del edificio con un menor coste de tiempo y de forma más sencilla que el programa principal, con el fin de estudiar el potencial que ofrece el mismo respecto al anterior.

Obj. 3: Detallar el uso, funcionamiento, ubicación, ocupación y especificaciones constructivas, entre otros, del objeto de estudio mediante la recopilación de los datos estudiados sobre el proyecto de la edificación del mismo, haciendo uso de las normativas y los reglamentos vigentes, con el fin de delimitar el estudio energético y obtener así unos resultados acordes a sus características.

Obj. 4: Analizar las condiciones de confort interiores con respecto a las condiciones climáticas exteriores mediante el análisis de los datos extrapolados del simulador, con el fin de determinar si la edificación se encuentra en las condiciones de calidad requeridas acorde con lo establecido en función de las normativas y reglamentos vigentes, aportando observaciones.

Obj. 5: Analizar las demandas y los consumos efectuados a lo largo de todo el año, aportando observaciones.

Obj. 6: Calcular los indicadores energéticos más relevantes, como energía primaria y emisiones de CO₂ a la atmósfera, atendiendo a la normativa española.

1.2. Justificación

La elaboración de este trabajo está orientada, principalmente, a la realización de balances energéticos anuales mediante una metodología de cálculo numérico en la que se simule el prototipo de un edificio docente-oficina, y observar el comportamiento de este en función del consumo y las instalaciones que contiene. Este consumo de energía producido dependerá de la demanda requerida por el uso y ocupación del edificio en cuestión, y del rendimiento de las instalaciones que satisfacen dichos requerimientos.

Por tanto, atendiendo a las herramientas actuales que se ofrecen en el sector energético, y que permiten ahorrar tiempo y coste en la ejecución de este tipo de estudios, se emplearán software específicos en los cuales se podrá introducir de forma detallada la geometría del objeto que se quiere analizar, así como las cargas internas y externas que contiene debido a su uso, ocupación y ubicación, mostrando el potencial, la convergencia de resultados y la eficacia que se obtiene.

Como segunda intención, el motivo que impulsa a realizar dicha simulación se debe, en gran medida, a la utilización de una herramienta software poco utilizada de forma directa en este país, y comprobar con otros estudios ya realizados sobre dicho edificio los resultados obtenidos en base a los escasos datos reales recopilados.

1.3. Antecedentes

El año 1986 marcó una importante inflexión en la historia de la energía. En la segunda mitad de la década de los años cincuenta, la oferta energética era muy abundante, representando el carbón más del 50% del aprovisionamiento energético, aunque el petróleo empezaba a tener un progresivo auge sobre el mismo.

Actualmente, tras la crisis económica, energética y medioambiental, existe un importante apoyo al ahorro y eficiencia energética. El Plan De Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, publicado recientemente como exigencia

derivada de la directiva 2006/32/CE sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos, ha establecido las estrategias y mecanismos para la mejora de la eficiencia energética en España entre 2011-2020. Este plan de acción da continuidad a la Estrategia De Ahorro Y Eficiencia Energética En España 2004-2012.

Para dar solución a los problemas de cambio climático, se estableció como respuesta la implantación de unos protocolos destinados tanto a la reducción de CO₂ así como a la sostenibilidad del planeta. Los protocolos de Kioto y de Bali están relacionados con la reducción de CO₂, enmarcados dentro de la Convección Del Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático.

El sector de la edificación de este plan de Ahorro Y Eficiencia Energética engloba su mayor peso en el consumo energético de las instalaciones térmicas, instalaciones de iluminación y equipamiento.

En España, desde la década de los setenta, ha surgido una creciente demanda social a causa de un crecimiento sostenible originado por la crisis energética tras la subida del precio de petróleo y por la repercusión en el ambiente debido a la actividad del ser humano. Los análisis realizados por Mendiluce (2007) o Marrero y Ramos (2008) muestran que la moderación en la evolución de la intensidad energética se debe, fundamentalmente, a los cambios estructurales de la economía española (la llamada terciarización), y a la mejora de la productividad energética. Al contrario de otros países, y a pesar de las buenas intenciones traducidas a diversas estrategias y planes de acción, el consumo energético en España no deja de sufrir notables aumentos, y todavía no está claro que la velocidad de este aumento esté disminuyendo.

Cabe destacar que como modelos energéticos ya efectuados sobre este edificio, se encontrarían los siguientes: Pujols (2012) "Estudio y simulación energética del edificio C6 ubicado en la Universidad de Jaén"; Fernández (2011) "Certificación energética del edificio C6 de la Universidad de Jaén"; Bureau Veritas Iberia S.L.U (2013) "Informe calificación", Grupo de investigación TEP 250 (2017) "Auditoría energética".

La motivación que empuja a la realización de estas auditorías energéticas, es evaluar el consumo producido basado en la demanda necesaria, con el fin de conseguir mejoras en la eficiencia energética aunque sea una tarea complicada, así como conseguir reducir dicho consumo energético. Según datos de 2014 a nivel mundial, España ocupa el octavo lugar en eficiencia energética atendiendo a su IE.

En base a los Reales Decretos, se establecen las bases de los requisitos mínimos en materia y de inspecciones periódicas de eficiencia energética, así como de la certificación energética de las edificaciones. Entre ellos se encuentran los siguientes:

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de Julio, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (comúnmente conocido como RITE). Expone las características que ha de cumplir cualquier instalación térmica en los edificios.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, Código Técnico de la Edificación. En la sección DB-HE correspondiente a Ahorro de energía se establecen los parámetros que han de cumplir los edificios en materia de ahorro energético.

En conclusión a todo lo mencionado anteriormente, se llega a que hoy día la eficiencia energética debe llevar a la utilización de productos y equipos que tengan un menor consumo energético en su ciclo de vida. Al mismo tiempo se debe potenciar la utilización de equipamiento en el que prime la eficiencia energética por encima de otros factores. En transformación energética se debe ir hacia procesos que consuman menos energía pero que al mismo tiempo reduzcan el empleo de fuentes energéticas de importación.

En relación al procedimiento de cálculo, el cálculo de transferencia térmica se remonta a 1920 cuando en Francia Nessi y Nisolle crearon el cálculo de análisis dinámico utilizando el método del factor de respuesta; desde entonces es posible estimar la demanda energética. Realizar manualmente este procedimiento requiere de mucho tiempo y una amplia área de conocimientos;

es por ello y por el avance de la tecnología por lo que se desarrollaron sistemas más eficaces.

De esta forma, nace el concepto de simulación energética, la cual permite la implementación del cálculo computacional según la metodología indicada en la norma ISO1370 para modelar el comportamiento energético y ambiental de un edificio o de los sistemas dentro del mismo. Los medios de simulación permiten cuantificar energéticamente un edificio en etapas tempranas a su diseño, desarrollo y construcción, comparando alternativas y permitiendo hacer un balance de los posibles costos y beneficios.

1.4. Planteamiento del problema

Ante la necesidad de analizar la demanda y consumo de energía del edificio en estudio, en primer lugar se procederá a recopilar las especificaciones constructivas, así como las necesidades de uso, ocupación y tasa de ventilación definidas según normativas y reglamentos del sector, además de las características de los equipos térmicos instalados, sobre el proyecto de construcción del mismo.

En segundo lugar, se recogerán los datos meteorológicos, la latitud, longitud, altitud y zona horaria en función de la ubicación (Jaén) a través de un archivo proporcionado en la base de datos del propio programa; *EnergyPlus*.

Seguidamente, se empleará el programa *Genera3D* sobre el que se introducirán los planos de cada planta del edificio mediante el programa *AutoCAD*, con el uso de capas y nomenclaturas específicas del mismo, dividiéndola en las distintas zonas que posee, y unirá cada una de estas plantas indicando su cota de altura. Éste permitirá extrapolar las coordenadas de los cerramientos de cada habitáculo, indicando sus características de situación, de forma directa generando un archivo sobre el que se trabajará posteriormente con *EnergyPlus*.

Una vez obtenida la información necesaria del inventario del edificio y de las características exteriores de la zona en la que se ubica, se procederá a la elaboración de la simulación en estado transitorio mediante la introducción de dichos datos sobre el fichero generado en el paso anterior, en la cual se conocerá la carga térmica y los consumos que poseen cada una de las zonas consideradas del edificio en cuestión.

Finalmente, los resultados se validarán proporcionando una serie de conclusiones en base al potencial del software empleado y al comportamiento del edificio visualizando otras variables energéticas de interés.

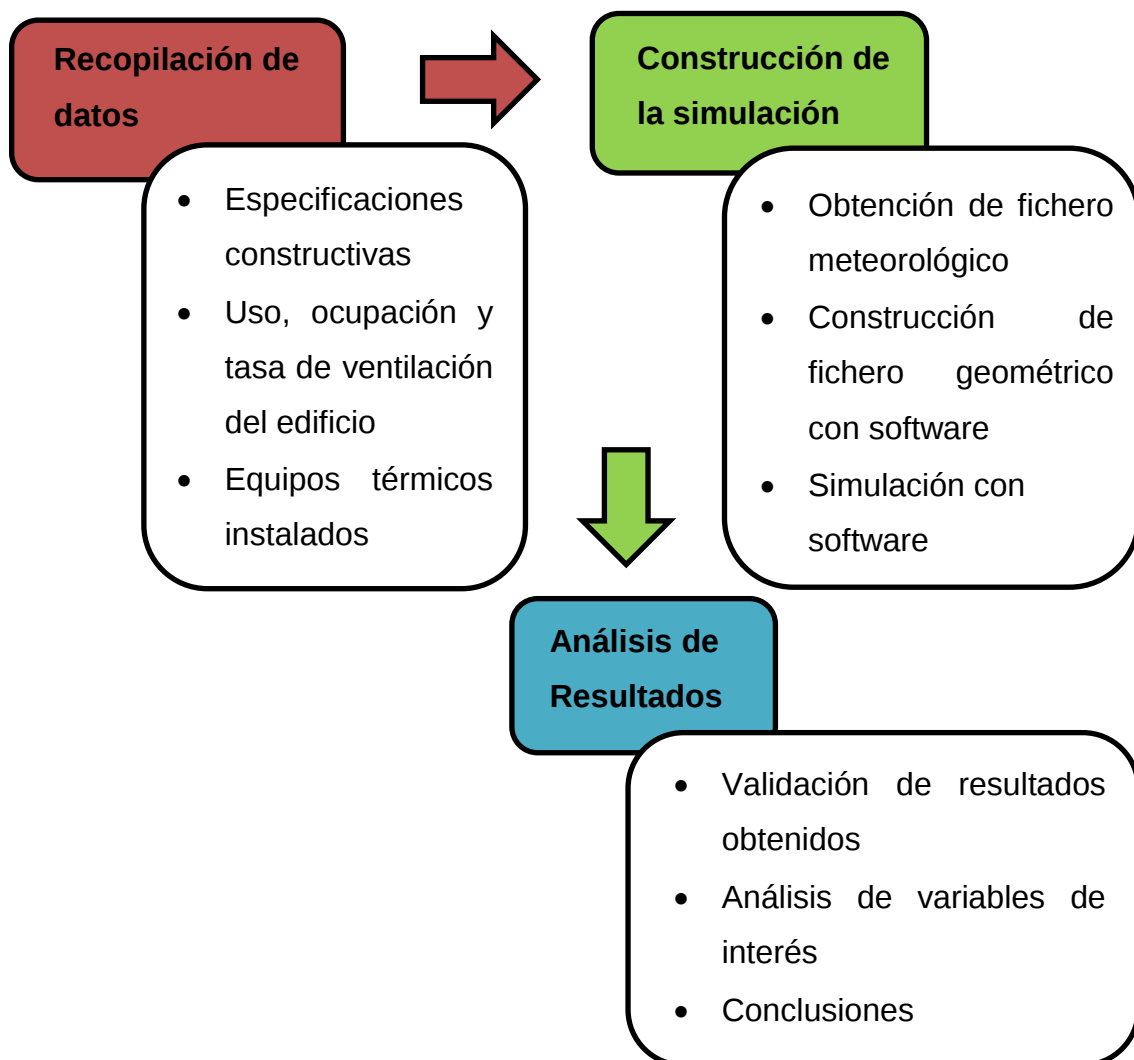


Figura 1.1. Secuencia de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

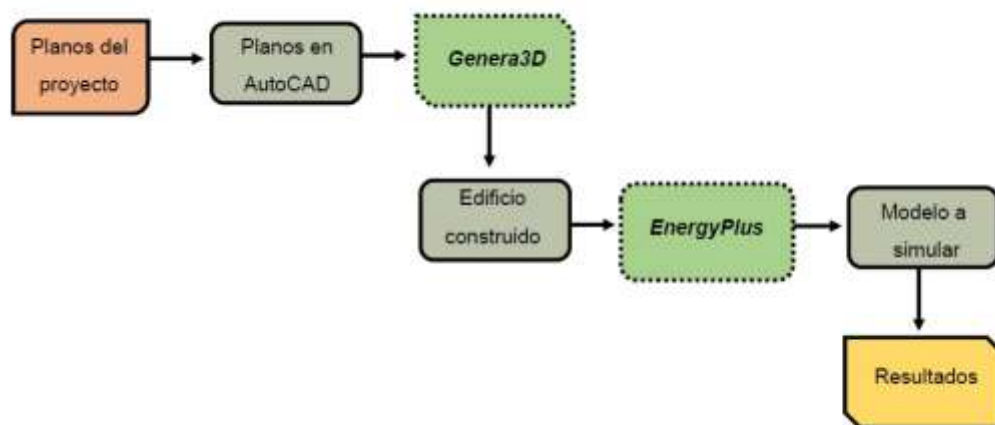


Figura 1.2. Secuencia de utilización de herramientas software. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 2. SOFTWARE Y METODOLOGÍA DE AUDITORÍA ENERGÉTICA

2.1. Concepto de auditoría energética

Una auditoría energética consiste en inspeccionar, estudiar y analizar los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con la finalidad de comprender la energía dinámica del sistema en estudio. Normalmente, trata de buscar oportunidades de ahorro y eficiencia energética que permitan reducir la cantidad de energía de entrada al sistema sin que afecte negativamente la salida, elaborando un plan de acción de viabilidad técnico-económica para su realización. Cuando el objeto de estudio es un edificio ocupado, se busca reducir el consumo de energía manteniendo y mejorando al mismo tiempo el confort, la salubridad y la seguridad de los usuarios.

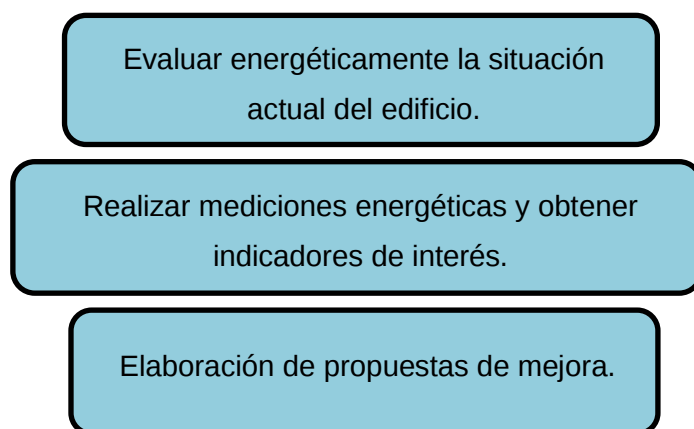


Figura 2.1. *Secuencia de realización.* Fuente: *Elaboración propia.*

Con ella se persigue un triple objetivo:

- I. Adecuar los consumos reales obtenidos a los consumos nominales de diseño, con un correcto mantenimiento de las instalaciones.
- II. Reducir los consumos nominales a partir de nuevas tecnologías propuestas que aumenten la eficiencia energética del consumo.
- III. Minimizar la demanda buscando una optimización de los servicios energéticos.

En este caso, atendiendo a la **Figura 2.1**, solamente se realizarán las dos primeras fases de la secuencia, es decir, el estudio del edificio con el fin de

aportar un análisis sobre el proceso de simulación y comportamiento del edificio en cuestión.

2.2. Concepto de simulación energética

Una simulación energética es el proceso de diseñar el modelo de un sistema real con la finalidad de generar predicciones sobre el comportamiento del mismo, empleándose comúnmente un modelo matemático que lo evalúa de forma numérica. Desde el punto de vista energético, se trata de generar el comportamiento térmico de cualquier tipo de sistema, permitiendo verificar consumos, condiciones de confort y emisiones de CO₂, entre otros aspectos. Además, esta herramienta ofrece mejorar las condiciones de habitabilidad, con soluciones basadas en estudios para que se obtengan unos resultados esperados. También, a partir de la realización de una simulación energética, se pueden comparar los sistemas del edificio con otros edificios de similares características.

La simulación energética como tarea se remonta a la década de 1960 cuando el gobierno de EE.UU. estaba involucrado en proyectos para evaluar el ambiente térmico en refugios de precipitación. Desde entonces ha habido un crecimiento constante, tanto en el interés por el uso de estas herramientas como en el desarrollo de las mismas.

En el recurso web del Departamento de Energía de los Estados Unidos, hay disponible un listado de las herramientas energéticas para edificios existentes en la actualidad. Según estudios anteriores, se ha declarado que el número de herramientas de eficiencia energética listadas en esta página, desde 1997 hasta ahora, se han casi cuadruplicado, siendo un total de 28 países los que desarrollan estos software, destacando Estados Unidos e Inglaterra como los mayores desarrolladores.

Todos los programas presentan tanto ventajas como inconvenientes, pero lo que tienen en común es que presentan un manejo confuso a la hora de introducir las entradas y obtener una salida de datos. Esto se debe a que necesitan la entrada de una gran cantidad de información técnica. No sólo los

programas software de análisis de energía tienen diferentes niveles de precisión, sino que también están destinados a ser utilizados en las diferentes fases del proceso de diseño, y requieren distintos niveles de esfuerzo y costo como ya se ha mencionado anteriormente.

En este caso, un modelo físico-matemático, contendrá las entradas del clima, envolvente del edificio, ganancias internas de iluminación y equipos, así como de los ocupantes, calefacción y refrigeración, y tasa de ventilación requerida, en función de los horarios de dichos ocupantes, equipos y sistemas, e iluminación. El modelo energético debe ofrecer salidas de resultados relacionadas con el uso de energía y uso final.

2.2.1. Ventajas de la realización de una simulación energética

La realización de una simulación energética permite:

- a)** Visualizar el comportamiento energético de un determinado sistema, ahorrando tiempo y costes de trabajo en su estudio y análisis.
- b)** Obtener datos sobre consumos, costes de energía y de producción con el fin de mejorar la comprensión de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de las instalaciones consumidoras de energía.
- c)** Obtener los balances energéticos de dichas instalaciones consumidoras de energía, así como de los elementos constructivos del sistema.
- d)** Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía.
- e)** Determinar y evaluar económicamente los posibles volúmenes de ahorro alcanzables y las medidas técnicamente aplicables para lograrlo.
- f)** En cuanto a la simulación se refiere, proporciona un método más simple de solución cuando los procedimientos matemáticos son complejos.
- g)** La simulación proporciona un control total sobre el tiempo.
- h)** Auxilia el proceso de innovación ya que permite al experimentador observar y jugar con el sistema.
- i)** Una vez construido el modelo, se puede modificar de manera rápida con el fin de analizar diferentes políticas o escenarios. Permite análisis de sensibilidad.

j) La simulación puede ser utilizada también con una perspectiva pedagógica para ilustrar y facilitar la comprensión de los distintos resultados que se obtienen mediante las técnicas analíticas.

2.2.2. Desventajas de la realización de una simulación energética

La realización de una simulación energética cuenta con los siguientes inconvenientes:

- a) Es imprecisa, y no se puede medir su grado de imprecisión. No ofrece soluciones óptimas.
- b) Los resultados obtenidos son numéricos; por tanto, surge el peligro de atribuir a éstos un grado mayor de validez y precisión.
- c) Los modelos de simulación computacionales son costosos y requieren mucho tiempo para desarrollarse y validarse.
- d) Cada modelo de simulación es único. Las soluciones e inferencias no son usualmente transferibles a otros problemas.

2.3. Descripción del programa AutoCAD

El programa *AutoCAD*, comercializado por la empresa Autodesk, es una herramienta líder en diseño para dibujo en 2D y modelado en 3D, sobre el cual se crearán los planos que contienen los cerramientos de muros y ventanas, con extensión “.dxf”, basados en los arquitectónicos del edificio, siguiendo unas especificaciones en la realización para su posterior utilización en el programa *Genera3D*, definidas en el manual de uso de este último.

2.4. Descripción del programa Genera3D

El programa *Genera3D*, herramienta proporcionada por la organización española Atecyr, ofrece recrear el levantamiento de las plantas de un edificio a partir de los planos generados en el apartado anterior, introduciendo la cota absoluta de altura respecto del suelo de cada una de ellas. Este software genera un archivo necesario, con extensión “.idf”, sobre el que se trabaja en el programa principal de simulación; *EnergyPlus*.

2.5. Descripción del programa *EnergyPlus*

EnergyPlus es un software de simulación creado a partir de los programas BLAST (*Building Loads Analysis and System Thermodynamics*) y DOE-2 de la década de 1970 y principios de 1980, desarrollado por el Departamento de Energía de Estados Unidos. Esta herramienta no es uno de los métodos de simulación reconocidos oficialmente en la normativa actual española, por lo que su uso es muy reducido en este país, mientras que es el programa de referencia en su país de origen.

Es utilizado tanto por arquitectos como por ingenieros para definir las necesidades energéticas de un edificio, así como optimizar su rendimiento. Una de las características de trabajar con este programa es que es una herramienta de trabajo en continuas actualizaciones. Todas estas modificaciones convierten a *EnergyPlus* en uno de los programas de cálculo térmico más versátil del mercado.

Su función es determinar las cargas térmicas necesarias de calefacción y refrigeración para mantener puntos de ajuste de control térmico, condiciones en un sistema HVAC, y analizar los consumos energéticos primarios de un determinado sistema, teniendo en cuenta las ganancias de energía e instalaciones que posee, así como muchos detalles de simulación de otro tipo que son necesarios para comprobar que la simulación está funcionando correctamente.

Este programa tiene la capacidad de ejecutar una simulación en forma diferencial, es decir, con pasos de tiempo, con la posibilidad de infiltración de aire para cada zona térmica, cálculo de índices de confort térmico e integración con otros sistemas (fotovoltaicos, placas solares, recuperadores de calor, etc.).

La particularidad de este programa es que no posee una interfaz de usuario, por lo que su objetivo es ser el motor de simulación en torno a una interfaz secundaria. Es decir, tiene un sistema de ingresos y un sistema de salidas de carácter alfanumérico claramente descrito, por lo que es necesaria la utilización de una herramienta de interfaz gráfica de calidad que permita

interaccionar con *EnergyPlus* y visualizar e introducir la geometría propia del edificio en cuestión.

2.5.1. Características del programa *EnergyPlus*

El programa *EnergyPlus* presenta las siguientes características que lo sitúan al frente de diversos programas de simulaciones termoenergéticas, tales como:

- Solución simultánea e integrada en la que la respuesta del edificio y los sistemas primario y secundario están acoplados (interacciones si fuese necesario).
- Intervalos de tiempo definidos por el usuario, con fracción de tiempo en horas, en cuanto a la interacción de las zonas térmicas interiores y el ambiente exterior, y con intervalos de tiempo automáticamente variables para asegurar una solución estable para la interacción entre la zona térmica y el sistema térmico (HVAC).
- Contiene y ofrece archivos de entrada y salidas, así como climático que incluye un informe meteorológico por hora de cada día del año del lugar donde se encuentre el edificio, con patrones e informes reajustados por el usuario, en formato de texto ASCII.
- Técnica de solución basada en el balance de energía para las cargas térmicas totales, que permite el cálculo simultáneo de los efectos radiantes y convectivos en las superficies interiores y exteriores, durante cada intervalo de tiempo. Igualmente en ventanas, que permite el control electrónico de persianas, balance térmico capa por capa, identificando la longitud de onda de la energía solar absorbida por el vidrio de la misma.
- Conducción de calor transitoria a través de los elementos del edificio como paredes, techos, plantas, etc., usando funciones de transferencia; modelo de confort térmico basado en la actividad, temperatura de bulbo seco interna y humedad.
- Modelo de clima anisótropo para cálculos más complejos de la radiación difusa sobre superficies inclinadas.

- Posee una biblioteca versátil con diversos modelos comerciales de ventanas; control de la luz del día, incluyendo cálculos de la iluminación interior, control del brillo de las luminarias y del efecto de la iluminación artificial en la reducción de calefacción y de la refrigeración.
- Sistemas de acondicionamiento de aire (HVAC) configurables, que permiten al usuario simular sistemas típicos comunes y sistemas poco modificados, sin la necesidad de volver a compilar el código fuente del programa, entre otras.
- Cálculos de la contaminación atmosférica que se produce, principalmente partículas de CO₂, SO_x, NO_x y CO.

Además, el programa integra varios módulos que trabajan juntos y, así, calcular la energía requerida para calentar o enfriar un edificio utilizando una variedad de sistemas asociados en diferentes condiciones ambientales y operativas. La esencia de la simulación se halla en el modelo del edificio que utiliza principios fundamentales de balance energético.

2.5.2. Modelos físicos empleados por el programa EnergyPlus

De forma genérica, se siguen distintos métodos y/o modelos para los fenómenos de transferencia de calor y masa en condiciones estáticas y dinámicas. Estos modelos han sido desarrollados por las universidades, centros de investigación y empresas. Además, ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers*) publica cada cierto tiempo métodos tendientes a modelar los fenómenos mencionados.

En el caso de *EnergyPlus*, utiliza como motor de cálculo el método de **Balance de Calor (Heat Balance Method)**. Dicho método se basa en la primera Ley de la Termodinámica (Principio de Conservación de la Energía) y en el álgebra matricial. Requiere de menos suposiciones pero un mayor número de cálculos sobre cada punto de la simulación, y así, mayor tiempo de simulación. Aunque no es necesario, la linealización es utilizada comúnmente para simplificar la formulación de la transferencia por radiación.

Fundamentalmente se escribe una ecuación de balance de calor para cada superficie, además de una ecuación para el aire del espacio. Este conjunto de ecuaciones es resuelto para las superficies desconocidas y la temperatura del aire. Una vez conocidas dichas temperaturas, se utilizan para calcular el flujo de calor por convección desde o hacia la masa de aire. Éste modela los siguientes componentes de transferencia de calor.

- Conducción a través de los materiales del edificio:

Por definición, es la transferencia de calor de un cuerpo a otro mediante el contacto directo, sin flujo neto de masa.

Considerando un cuerpo isotrópico sobre el que existe un campo de temperaturas $T(x,t)$, el calor transferido por unidad de área será:

$$q_x = -k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (1)$$

Donde k = conductividad térmica del material [W/m K]

Por tanto, el calor transferido por una pared plana resultará de:

$$Q = -k A \left(\frac{T_1 - T_2}{e} \right) \quad (2)$$

Donde k = conductividad térmica del material [W/m K]

A = área de la superficie plana [m²]

$T_1 - T_2$ = diferencia de temperatura en las superficies interna y externa de la pared [K]

e = espesor de la pared [m]

En este caso, existe conducción al interior del edificio por muros interiores, columnas de edificación, pisos por losas del edificio, además de la conducción de calor entre el edificio y el terreno donde se encuentra cimentado.

- Convección Natural del aire:

Se define como la transferencia de calor de una zona a otra de menor temperatura mediante un fluido. Sigue la ecuación:

$$Q = h A (T_1 - T_2) \quad (3)$$

Donde Q = calor transferido [W]
 A = área de la superficie plana [m²]
 h = coeficiente convectivo del fluido participante [W/m² K]
 $T_1 - T_2$ = diferencia de temperaturas en las superficies interna y externa de la pared [K]

En un edificio existen distintos tipos de convección interna. Para espacios interiores se tiene una convección moderada donde los coeficientes varían en suelo, muro y techo. En el caso de la convección externa, ésta es mayor debido al viento que circula en el exterior, por lo que dependerá de dicha variable.

- Coeficiente Global de Transferencia:

Con el fin de unificar los fenómenos de transferencia conductiva y convectiva, se ha definido el coeficiente global de transferencia. Éste término permite calcular de manera más directa la cantidad de calor que se transfiere linealmente a través de un elemento tomando en cuenta el aire que rodea al mismo.

Así, se define la resistencia equivalente como:

$$R_{eq} = \sum R_i = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L}{k A} + \frac{1}{h_2 A} \quad (4)$$

Donde R_{eq} = resistencia equivalente del sistema [K/W]
 h_1 = coeficiente convectivo exterior [W/m² K]
 A = área de la superficie del elemento [m²]
 h_2 = coeficiente convectivo interior [W/m² K]
 L = espesor del elemento [m]
 k = coeficiente conductivo del elemento [W/m K]

Asimismo, el coeficiente global de transferencia, medido en $[W/m^2 K]$, es tal que:

$$U = \frac{1}{R_{eq} A} \quad (5)$$

Y la transferencia de calor global quedará expresada de la siguiente forma:

$$Q = U A (T_1 - T_2) \quad (6)$$

Donde Q = transferencia de calor global [W]
 U = coeficiente global de transferencia $[W/m^2 K]$
 A = área de la superficie del elemento $[m^2]$
 $T_1 - T_2$ = diferencia de temperaturas [K]

▪ Radiación: Absorción y reflexión de la radiación de onda corta; Intercambio radiante de onda larga:

Se diferencian dos tipos de radiación; la de onda corta y la de onda larga. La radiación de onda corta incidente corresponde a la radiación recibida directa o indirectamente del sol a través de las superficies, ventanas y fuentes internas de luz, por unidad de tiempo y de área, integrada para las longitudes de onda en el intervalo de onda corta. Es de alta frecuencia y de mayor densidad.

Esta se asume como la suma de la radiación solar directa y la radiación solar difusa. La primera se debe a la contribución de los rayos solares directos absorbidos por la superficie del espacio en cuestión, atendiendo a sus propiedades, y la segunda es debida a la luz solar que alcanza dicha superficie después de haber sido dispersada por las nubes, partículas o moléculas de aire en cielo despejado; es transmitida y no asume nada de lo que se refleja en el espacio, sino que se distribuye de manera uniforme en las superficies interiores. En buena aproximación, se puede considerar el sol como un cuerpo negro, con una temperatura superficial cercana a los 5.700 K. Luego, la radiación incidente en un ángulo θ sobre un plano inclinado y orientado, viene dada por:

$$R_{total} = I \cos(\theta) \cos(A_z) + D \quad (7)$$

Donde R_{total} = radiancia total [W/m²]
 $S = I \cos(\theta) \cos(A_z)$ = radiación directa [W/m²]
 I = intensidad de la radiación directa incidente a través de una superficie perpendicular a los rayos solares [W/m²]
 θ = ángulo de incidencia de la radiación solar sobre el plano [rad]
 A_z = dirección cardinal en la que apunta la normal a la superficie receptora. Referencia: Norte = 0
 D = radiación difusa [W/m²]

El intercambio de radiación de onda larga proviene del calentamiento del edificio, el cual emite radiación, e incluye el grado de absorción y de emisión de fuentes de baja temperatura, como del equipamiento y las personas, entre otras.

Por tanto, la transferencia de calor entre el edificio y el entorno se determina a partir de la Ley de Stefan-Boltzmann:

$$Q_{1-2} = A_1 f_{1-2} \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (8)$$

Donde Q_{1-2} = transferencia de calor [W]
 A_1 = área de la superficie radiante [m²]
 f_{1-2} = factor de forma del cuerpo 1 respecto al cuerpo 2. En este caso, será la unidad
 ε = emisividad de la superficie radiante [adim.]
 σ = constante de Stefan-Boltzmann [W/m² K⁴]
 $T_1^4 - T_2^4$ = diferencia de temperaturas [K⁴]

- Inercia térmica de un cuerpo:

Este término se define como la capacidad que tiene un cuerpo de almacenar y conservar la energía térmica que recibe para ir liberándola progresivamente, disminuyendo así el aporte energético de climatización. Depende de su masa, su densidad, su calor específico y homogeneidad.

Los edificios con mayor inercia tienden a tener una mayor estabilidad en cuanto a la variación térmica debido a que éste calor acumulado durante el día se libera por las noches.

En régimen dinámico, es decir, cuando las condiciones varían en función del tiempo, en los materiales se definen las siguientes propiedades:

- Admitancia térmica: cuantifica la relación entre la oscilación del flujo de calor que atraviesa la capa de un elemento y la oscilación de temperatura que este provoca en el ambiente adyacente. Representa la potencia energética necesaria para hacer oscilar un grado la temperatura; mismas unidades que la transmitancia.

- Factor de amortiguación: cuantifica la relación entre la oscilación de la temperatura exterior y la oscilación de la temperatura interior. Un valor alto indica una temperatura interior muy estable.

- Factor de desfase: cuantifica en régimen dinámico el tiempo transcurrido entre las máximas temperaturas en cada una de las capas (exterior e interior) del material.

- Generación de calor metabólico:

El ser humano genera un calor debido a la actividad metabólica que produce. Se define mediante una unidad denominada “met” (equivale a $58,2 \text{ W/m}^2$ piel), que corresponde al calor generado por una persona que permanece en reposo. A partir de ésta, todas las actividades se han dimensionado con cierta cantidad de met.

Igualmente, el aislamiento que la ropa da al ser humano se ha medido mediante una unidad denominada “clo” (equivale a $0,155 \text{ K m}^2/\text{W}$), refiriéndose a la ropa base tradicional; para distintas configuraciones de vestimenta, este valor se modifica. El aislamiento hace que el calor emitido por una persona se retarde en llegar al ambiente provocando sensación de calor.

- Generación de calor por otros equipos:

En los equipos de iluminación, computación, electrodomésticos, etc., que utilizan electricidad, se calientan debido a su uso. Ese calor es emitido al ambiente por convección o radiación. Esta energía aporta sobre el edificio una mayor carga en los meses de verano y alivia la carga en los meses de invierno, afectando directamente al sistema de climatización.

En cuanto a la iluminación se refiere, el calor emitido está ligado a la cantidad de la luz que se necesite en un ambiente (midiéndose en “lux”) y al tipo de luminaria (suspendida, montada o incrustada, así como reflectantes o difusoras).

- Ventilación e Infiltración:

La ventilación controlada de un edificio debe aportar suficiente aire fresco para mantener un ambiente adecuado, es decir, una concentración de CO₂ menor que 1000 ppm. Además, existe una renovación natural del aire debido a la apertura de puertas y ventanas, denominada infiltración. Aun permaneciendo las puertas y ventanas cerradas, también existe una renovación del aire debido a fisuras en los marcos de las mismas o posibles grietas. Dicho calor queda definido por:

$$Q = \dot{m} C_p \Delta T \quad (9)$$

Donde Q = calor por ventilación e infiltración [W]
 $\dot{m}$ = flujo másico de aire [kg/s]
 C_p = calor específico del aire [J/kg K]
 ΔT = diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior [K]

Técnicamente, se suele emplear un término denominado renovaciones de aire por hora, que dependerá del volumen del recinto.

2.6. Factores de conversión de energía final a primaria y factores de emisiones de CO₂

De acuerdo con los valores aprobados en Comisión Permanente de Certificación Energética de Edificios de 27 de Junio de 2013, actualizado al periodo actual, considerando la Electricidad convencional Nacional, los factores de conversión de energía final obtenida a energía primaria, y el factor de emisiones de CO₂, en España son:

kWh E.P renovable /kWh E. final	kWh E.P no renovable /kWh E. final	kWh E.P total /kWh E. final
0,396	2,007	2,403

Tabla 2.1. Factores de conversión a energía primaria.

kg de CO₂/kWh E.final	0,357
---	-------

Tabla 2.2. Factor de emisiones de CO₂.

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

3.1. Situación y distribución

Se trata de un edificio de tipo docente-oficina, ya que contiene desde laboratorios, seminarios y bibliotecas, hasta administraciones, despachos y salas de juntas, entre otros. Dicho edificio se compone, a su vez, por tres sectores de tres plantas dispuestos entre sí en paralelo e interconectados por vestíbulos, y una torre de vigilancia de cinco plantas. El conjunto se proyectó ocupando parcialmente una superficie útil de 3.950 m², como se ilustra en las siguientes figuras:



Figura 3.1. Vista fachada frontal. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.2. Vista fachada lateral derecha. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.3. Vista fachada lateral izquierda. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.4. Vista fachada trasera. Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, el edificio se distribuye en los siguientes bloques:

CENTRO ANDALUZ DE ARQUEOLOGÍA IBÉRICA (CAAI)	
ZONA DE DIRECCIÓN	- Despacho de director - Despacho de subdirector - Administración - Biblioteca - Sala de juntas o reuniones
ZONA DE DESPACHOS Y SEMINARIOS	- 8 Despachos de profesores - 2 Seminarios
ZONA DE LABORATORIOS	- Laboratorio de Ceramología y Química - Laboratorio de Paleoambiente - Laboratorio de Cartografía
ZONA DE ALMACÉN Y DEPÓSITO DE MATERIAL	- Lavado y proceso de muestras - Almacén y depósito general

Tabla 3.1. Espacios del sector CAAI.

FUTUROS CENTROS DE INVESTIGACIÓN (CI1 y CI2) INDEPENDIENTES CON IGUAL PROGRAMA	
ZONA DE DIRECCIÓN	- Despacho de director - Despacho de subdirector - Administración - Biblioteca - Sala de juntas o reuniones
ZONA DE DESPACHOS Y SEMINARIOS	- 8 Despachos de profesores - 2 Seminarios
ZONA DE LABORATORIOS	- 2 Laboratorios
ZONA DE ALMACÉN Y ARCHIVO	- Almacén / Archivo

Tabla 3.2. Espacios de los sectores CI1 y CI2.

CONTROL Y VIGILANCIA DE LA UNIVERSIDAD	
ZONA DE CONTROL Y VIGILANCIA	- Torreón de control y vigilancia - Vestuarios - Aparcamiento interior

Tabla 3.3. Espacios de la Torre de vigilancia.

3.2. Localización y clima

Se encuentra ubicado en la ciudad de Jaén, Comunidad Autónoma de Andalucía, en el Campus Universitario, con una latitud de 37,46° N, longitud de 3,47° O y altitud de 586 m. Asimismo, la fachada principal se halla a 40° N.



Figura 3.5. Emplazamiento del edificio.

3.3. Régimen de funcionamiento

Dentro de la tipología del edificio, se pueden distinguir las siguientes situaciones fundamentales en cuanto a los horarios, régimen de funcionamiento y ocupación se refieren:

- Ventilación, que por motivos de salubridad podrá funcionar de forma permanente y de manera independiente al sistema encargado de climatizar las cargas internas de frío/calor.
- Laboratorios, seminarios, salas de juntas y bibliotecas, en los que dadas las necesidades requeridas por cada uno, la climatización será tal que permita el funcionamiento de manera independiente al resto del conjunto. Su uso diario normal es de 14 horas, de 8:00h a 22:00h, en días laborables, aunque pueden requerirse su utilización los fines de semana.
- Despachos, que corresponden generalmente a un horario docente, con un uso normal de 14 horas diarias en días laborables, de 8:00h a 22:00h, aunque por excepción pueden requerirse su utilización los fines de semana.
- En condiciones de verano, en concreto el mes de julio, estos horarios se reducen a 5 horas diarias en días laborables, de 9:00h a 14:00h.

3.4. Uso, ocupación y tasa de ventilación

De acuerdo a los usos considerados y al amueblamiento de los distintos espacios del edificio, se han considerado los siguientes usos, ocupaciones y tasas de ventilación, siguiendo la norma UNE-100-011-88, que se muestran en la siguiente tabla:

Estándares	Clase	l/s persona	l/s m ²	Ocupación
Despachos y SS.CC.	A	10	1	1 persona/10 m ² útiles
Vestíbulo general	B	10	15	1 persona/2 m ² útiles
Aulas, seminarios y reuniones	C	10	5	1 persona/1,5 m ² útiles
Laboratorios	D	10	3	1 persona/5 m ² útiles

Tabla 3.4. Requerimientos de ventilación según tipo de habitáculo.

Igualmente, atendiendo a la previsión de ocupación en cada espacio en cuestión, consecuentemente con el Código Técnico de la Edificación (CTE) en el Documento Básico SI 3 (con posibles modificaciones en función de las utilizaciones y circunstancias especiales de determinadas zonas), se considerará una densidad de ocupación tal que:

USO PREVISTO	ZONA, TIPO DE ACTIVIDAD	OCUPACIÓN (m ² /persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc. Aseos de planta.	Nula 3
Público	Salones de usos múltiples. Vestíbulos y zonas generales de uso público en sótano, baja y entreplanta.	1 2
Aparcamiento	Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc. En otros casos.	15 40
Administrativo	Plantas o zonas de oficinas. Vestíbulos y zonas generales de uso público.	10 2
Docente	Locales diferentes a aulas (laboratorios, gimnasio, talleres, salas de dibujo, etc.). Salas de lectura.	5 2
Archivos, almacenes		40

Tabla 3.5. Densidad de ocupación según tipo de habitáculo.

Por tanto, considerando el número estimado de personas, se ha obtenido una carga de ventilación de:

Designación	Ocupación (n)	Caudal aire exterior de cálculo (m ³ /h)
Vestíbulo principal y pasillo	27	972,00
Conserjería	1	28,62
Ágora	7	237,38
Laboratorio Cartografía	7	252,00
Laboratorio Paleoambiente	6	216,00
Laboratorio Ceramología y Química	16	576,00
Lavado de muestras	3	93,82
Pasillo/Vestíbulo/Escalera 1	2	58,79
Laboratorio 1	10	360,00
Laboratorio 2	7	252,00
Pasillo/Vestíbulo/Escalera 2	2	94,79
Laboratorio 3	10	360,00
Laboratorio 4	7	252,00
Pasillo/Vestíbulo/Escalera 3	2	117,97

Tabla 3.6. Ocupación y necesidades de ventilación de la Planta Baja.

Designación	Ocupación (n)	Caudal aire exterior de cálculo (m³/h)
Pasillo Principal	11	379,77
Despacho 1	1	36,00
Despacho 2	1	36,00
Despacho 3	1	36,00
Despacho 4	1	36,00
Despacho 5	1	36,00
Despacho 6	1	36,00
Despacho 7	1	36,00
Despacho 8	1	36,00
Pasillo/Vestíbulo/Escalera 1	2	95,18
Seminario 1	25	671,58
Seminario 2	25	673,38
Despacho 9	1	36,00
Despacho 10	1	36,00
Despacho 11	1	36,00
Despacho 12	1	36,00
Despacho 13	1	36,00
Despacho 14	1	36,00
Despacho 15	1	36,00
Despacho 16	1	36,00
Pasillo/Vestíbulo/Escalera 2	2	103,75
Seminario 3	25	671,58
Seminario 4	25	673,38
Despacho 17	1	36,00
Despacho 18	1	36,00
Despacho 19	1	36,00
Despacho 20	1	36,00
Despacho 21	1	36,00
Despacho 22	1	36,00
Despacho 23	1	36,00
Despacho 23	1	36,00
Pasillo/Vestíbulo/Escalera 3	2	103,75
Seminario 5	25	671,58
Seminario 6	25	673,38

Tabla 3.7. Ocupación y Ventilación de la Primera Planta.

Designación	Ocupación (n)	Caudal aire exterior de cálculo (m³/h)
Pasillo Principal	11	379,77
Despacho Subdirector 1	2	72,00
Administración 1	3	92,92
Despacho Director 1	2	72,00
Pasillo/Vestíbulo/Escalera 1	2	103,75
Sala de Juntas 1	25	666,00
Biblioteca 1	34	919,98
Despacho Subdirector 2	2	72,00
Administración 2	3	92,92
Despacho Director 2	2	72,00
Pasillo/Vestíbulo/Escalera 2	2	103,75
Sala de Juntas 2	25	666,00
Biblioteca 2	34	919,98
Despacho Subdirector 3	2	72,00
Administración 3	3	92,92
Despacho Director 3	2	72,00
Pasillo/Vestíbulo/Escalera 3	2	103,75
Sala de Juntas 3	25	666,00
Biblioteca 3	34	919,98

Tabla 3.8. Ocupación y Ventilación de la Segunda Planta.

Designación	Ocupación (n)	Caudal aire exterior de cálculo (m³/h)
Sala de vigilancia	7	248,40

Tabla 3.9. Ocupación y Ventilación de la Sala de vigilancia.

3.5. Condiciones de confort

Atendiendo al Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), se evalúa la temperatura operativa en verano entre 23 y 25°C, y en invierno entre 21 y 23°C, con una humedad relativa de entre 45 y 60%, y de 40 y 50%, respectivamente. Por tanto, se tomará como condiciones de diseño interior una temperatura de 24°C y 50% en verano, y 21°C y 50% en invierno.

3.6. Actividad metabólica

Se considerará una actividad metabólica, según el Manual CARRIER de Aire Acondicionado, de tipo trabajo de oficina. Es decir:

- Actividad ligera, sentado (oficina, hogar, escuela, laboratorio): 1,2 met.

Si 1 met son $58,2 \text{ W/m}^2$ piel, se obtiene que 1,2 met equivale a $69,84 \text{ W/m}^2$ piel; así, considerando que un adulto medio tiene $1,5 \text{ m}^2$ piel, aproximadamente, se obtiene una actividad de $104,76 \text{ W/persona}$.

3.7. Especificaciones constructivas

El edificio en cuestión está formado por los siguientes cerramientos:

3.7.1. Cerramientos verticales

Cerramientos exteriores (fachadas): Fachada ventilada compuesta por hoja exterior cerámica de 1 cm, cámara de aire ventilada exterior, sistema aislante termoacústico tipo FixRock (capa de mortero adhesivo hidráulico de cemento y panel semirrígido de lana de roca volcánica), fábrica de ladrillo hueco de 1/2 pie de espesor, cámara de aire de 3 cm, tabicón de ladrillo hueco de 7 cm y enlucido con pasta de yeso.

Elemento	Espesor (cm)	Conductividad (W/m °C)	Resistencia (°C m²/W)
<u><i>Materiales 1:</i></u>			
Enfoscado de mortero de cemento	1,00	1,395	0,007
Medio pie ladrillo hueco	11,50	0,488	0,236
Tabicón de ladrillo hueco	7,00	0,488	0,143
Enlucido con pasta de yeso	1,50	0,302	0,05
<u><i>Materiales 2:</i></u>			
Lana roca volcánica	4,00	0,034	1,176
<u><i>Otros:</i></u>			
Cámara de aire	2,00		0,163
Resistencias			0,172
Total	27,00		1,947

Tabla 3.10. Características de los materiales en cerramientos exteriores.

Coeficiente de transmisión: **k = 0,511 W/m² °C**

Ventanas: Compacto de ventana de aluminio tipo Alites 5-T, formada por perfiles de aluminio con rotura de puente térmico, con vidrio aislante bajo emisivo 3+3+6+4, cortinilla de láminas tipo veneciana, y nueva cámara con vidrio interior de 5 mm.

Coeficiente de transmisión: **k = 2,092 W/m² °C**

Cerramientos acristalados: Fachada ligera acristalada formada por perfilería, sistema semiestructural y vidriería de vidrio reflectante de 6 mm, cámara de 10 mm y luna stadip 4+4, bajo emisivo.

Coeficiente de transmisión: **k = 1,627 W/m² °C**

Cerramientos interiores: Muro de medio pie de ladrillo perforado enlucido con pasta de yeso por ambas caras.

Elemento	Espesor (cm)	Conductividad (W/m °C)	Resistencia (°C m ² /W)
<u>Materiales 1:</u>			
Citara de ladrillo perforado	11,50	0,755	0,152
Enlucido con pasta de yeso 2 caras	3,50	0,302	0,116
<u>Otros:</u>			
Cámara de aire	2,00		0,163
Resistencias			0,172
Total	17,00		0,603

Tabla 3.11. Características de los materiales en cerramientos interiores.

Coeficiente de transmisión: **k = 1,662 W/m² °C**

3.7.2. Cerramientos horizontales

Forjado de cubierta: Azotea no transitable formada por tendido de yeso, forjado reticular de hormigón armado con casetones de mortero no recuperables de 30 cm de espesor, mortero ligero para formación de pendientes, lámina impermeabilizante de betún modificado de polímeros, aislante térmico de poliestireno extruido de 80 mm de espesor y capa de grava de 3 cm de espesor.

Elemento	Espesor (cm)	Conductividad (W/m °C)	Resistencia (°C m²/W)
<u>Materiales 1:</u>			
Forjado Bovedillas de hormigón	25,00	1,320	0,189
Aislamiento poliestireno extrusionado	7,00	0,032	2,188
Guarnecido de yeso	1,50	0,302	0,05
<u>Materiales 2:</u>			
Arena de regulación	2,00	0,581	0,034
Lámina impermeabilizante	0,05	0,186	0,003
Formación de pendientes	5,00	0,674	0,074
<u>Otros:</u>			
Resistencias flujo vertical			0,146
Total	40,55		2,684

Tabla 3.12. Características de los materiales en forjado de cubierta.

Coeficiente de transmisión: **k = 0,372 W/m² °C**

Forjado sobre espacio exterior: Forjado unidireccional de hormigón armado con bovedillas de mortero de 30 cm de espesor, aislante térmico de poliestireno extruido de 40 mm de espesor, capa de arena de regulación, mortero de agarre y solería de terrazo.

Elemento	Espesor (cm)	Conductividad (W/m °C)	Resistencia (°C m²/W)
<u><i>Materiales 1:</i></u>			
Forjado Bovedillas de hormigón	25,00	1,320	0,189
Guarnecido de yeso	1,50	0,302	0,05
Aislamiento poliestireno extrusionado	2,00	0,032	2,188
Solería de terrazo	3,00	2,905	0,01
<u><i>Materiales 2:</i></u>			
Arena de regulación	2,00	0,581	0,034
<u><i>Otros:</i></u>			
Resistencias flujo vertical descendente			0,302
Total	33,50		2,773

Tabla 3.13. Características de los materiales en forjado sobre espacio exterior.

Coeficiente de transmisión: **k = 0,692 W/m² °C**

3.8. Requisitos de iluminación y equipos

Atendiendo al estudio de la instalación de iluminación para cada espacio del edificio según el proyecto constructivo, de acuerdo con las normativas vigentes, así como la instalación de los equipos considerados, suman un total de:

Planta Baja	Equipos (W)	Iluminación (W)
Almacén C	0	1.104
Almacén A	1.200	98
Laboratorio Cartografía	4.850	630
Ágora	0	840
Entrada	0	0
Ascensor 1	4.500	36
Ascensor 2	4.500	36
Hueco	0	0
Aseo H1	0	36
Aseo H2	0	36
Vestíbulo 1	0	52
Aseo M1	0	36
Aseo M2	0	36
Conserje	450	144
Telecomunic.	4.500	98
SAI	4.500	98
Equipo Electrógeno	4.500	147
Depósito Grupo de presión	4.500	233
Almacén 1	0	110
Laboratorio 2	4.850	678
Laboratorio 1	4.850	840
Almacén 2	0	110
Laboratorio 4	4.850	678
Vestíbulo 2	0	208
Vestuario 1	840	192
Zona escaleras	0	208
Aseos Mujeres	840	76
Cuartillo	0	49
Minusválidos H	840	76
Aseos Hombres	840	76
Minusválidos 2	840	76
Minusválidos 1	840	76
Minusválidos M	840	76
Vestíbulo Principal	0	1.438
Laboratorio Ceramología y Química	4.850	1.260
Lavado de muestras	1.200	420
Almacén B	0	98
Pasillo 2	0	216
CGBT	4.500	147
Pasillo 3	0	216
Laboratorio 3	4.850	840
Laboratorio Paleoambiente	4.850	420
Garaje	0	294
Vestuario 2	840	192
Escaleras 2	0	52
Escaleras 3	0	52
Escaleras 1	0	52
Pasillo 1	0	216

Tabla 3.14. Cargas de equipos e iluminación en Planta Baja.

Primera Planta	Equipos (W)	Iluminación (W)
Ascensor 1_1	4.500	36
Hueco_1	0	0
Aseo H1_1	0	36
Aseo H2_1	0	36
Aseo M1_1	0	36
Aseo M2_1	0	36
Aseos Mujeres_1	840	76
Cuartillo_1	0	49
Minusválidos H_1	840	76
Ascensor 2_1	4.500	36
Aseos Hombres_1	840	76
Vestíbulo 3	0	52
Seminario 1	900	678
Seminario 2	900	678
Despacho 4	300	168
Despacho 3	300	168
Despacho 2	300	168
Despacho 6	300	168
Despacho 7	300	168
Despacho 8	300	168
Seminario 3	900	678
Seminario 4	900	678
Despacho 12	300	168
Despacho 11	300	168
Despacho 10	300	168
Despacho 14	300	168
Despacho 15	300	168
Despacho 16	300	168
Seminario 5	900	678
Seminario 6	900	678
Despacho 20	300	168
Despacho 19	300	168
Despacho 18	300	168
Despacho 22	300	168
Despacho 23	300	168
Despacho 24	300	168
Zona escaleras_1	0	208
Tejado Planta Baja	0	0
Pasillo 1_1	0	216
Despacho 1	300	168
Despacho 5	300	168
Pasillo 2_1	0	216
Despacho 9	300	168
Despacho 13	300	168
Pasillo 3_1	0	216
Despacho 17	300	168
Despacho 21	300	168
Minusválidos M_1	300	76
Pasillo Principal 1/ Hueco escaleras_1	0	1.708

Tabla 3.15. Cargas de equipos e iluminación en Primera Planta.

Segunda Planta	Equipos (W)	Iluminación (W)
Ascensor 1_2	4.500	42
Aseo H1_2	0	36
Aseo H2_2	0	36
Aseo M1_2	0	36
Aseo M2_2	0	36
Aseos Mujeres_2	840	76
Cuartillo_2	0	49
Minusválidos H_2	840	76
Ascensor 2_2	0	33
Aseos Hombres_2	840	76
Vestíbulo 4	0	52
Hueco_2	0	0
Despacho Director 1	300	280
Sala de Juntas 1	900	678
Archivo 1	0	49
Pasillo 1_2	0	216
Despacho Director 2	300	280
Sala de Juntas 2	900	678
Archivo 2	0	49
Pasillo 2_2	0	216
Despacho Director 3	300	280
Sala de Juntas 3	900	678
Archivo 3	0	49
Pasillo 3_2	0	216
Administración 1	2.700	280
Biblioteca 1	3.000	840
Despacho Subdirector 1	300	280
Administración 2	2.700	280
Biblioteca 2	3.000	840
Despacho Subdirector 2	300	280
Administración 3	2.700	280
Biblioteca 3	3.000	840
Despacho Subdirector 3	300	280
Minusválidos M_2	840	76
Pasillo Principal 2/ Hueco escaleras_2	0	1.708
Zona escaleras_2	0	208

Tabla 3.16. Cargas de equipos e iluminación en Segunda Planta.

Tercera Planta	Equipos (W)	Iluminación (W)
Tejado Principal	0	0
Zona Acristalada 1	0	52
Zona Acristalada 2	0	52
Zona Acristalada 3	0	52
Zona escaleras_3	0	208

Tabla 3.17. Cargas de equipos e iluminación en Tercera Planta.

Torre de vigilancia	Equipos (W)	Iluminación (W)
Zona escaleras_4	0	73
Sala de vigilancia	1.750	630

Tabla 3.18. Cargas de equipos e iluminación en torre de vigilancia.

Donde se han considerado las siguientes cargas para los distintos equipos eléctricos:

Equipo	Potencia por unidad (W)
Ordenador de mesa en despachos y oficinas	200
Equipos multiusos oficina	1.500
Impresora despachos y oficinas	200
Ordenador portátil	50
Ordenadores bibliotecas	200
Proyector seminarios y salas de juntas	150

Tabla 3.19. Cargas de equipos usuales.

La colocación de los espacios viene determinada por los planos que se encuentran en el **Anexo V**.

3.9. Sistemas de climatización

- Sistema de ventilación:

El sistema de ventilación instalado cuenta con unidades de recuperación de calor aire-aire, integradas en el sistema de aire acondicionado. Utilizan el aire expulsado para refrigeración o calefacción, regenerando parte de la energía recuperada para climatizar la estancia.

Los intercambiadores disponen de los ventiladores necesarios para el intercambio de aire. El aire exterior pre-tratado se introduce en las unidades de conductos DOAS (Dedicated Outdoor Air System) dedicadas exclusivamente a la climatización de la ventilación, constituyendo un sistema VRF con unidad evaporadora propia de manera que el sistema ventilación-tratamiento del aire exterior se pueda hacer de manera independiente del resto de cargas del edificio. Por cuestiones de seguridad, el aire extraído de laboratorios no se hace pasar por los recuperadores de calor.

- Sistema para el resto de cargas internas:

El edificio cuenta con un sistema modular de volumen variable de refrigerante (VRF). La instalación consiste en un equipo exterior compuesto por varios módulos ubicados en la azotea de instalaciones, constituyendo 4 sistemas de producción independientes adaptados a las características y funcionamiento del edificio, y capaces de ajustar desde el 5% al 100% de la capacidad de estas unidades. En los locales se sitúan las climatizadoras de zona, unidades de pared, cassettes de 4 vías o unidades de conductos que tratan el aire. Para las unidades de conductos se proyecta un sistema de conductos de distribución con rejillas de doble deflexión y regulación de caudal, tanto en impulsión como retorno.

El edificio cuenta con tres sistemas de climatización que poseen las siguientes prestaciones en las condiciones de 35°C bulbo seco en exterior, y 19°C bulbo húmedo en interior:

Capacidad Frigorífica	135 kW
Consumo	49,67 kW
EER	2,72

Tabla 3.20. Características de los sistemas del edificio para refrigeración.

Y en las condiciones de 20°C bulbo seco en interior, y 7°C bulbo húmedo en exterior:

Capacidad Calorífica	150 kW
Consumo	41,8 kW
COP	3,59

Tabla 3.21. Características de los sistemas del edificio para calefacción.

En cuanto al área de la torre de vigilancia, cuenta con una unidad de climatización que posee las siguientes prestaciones en las condiciones de 35°C bulbo seco en exterior, y 19°C bulbo húmedo en interior:

Capacidad Frigorífica	22,4 kW
Consumo	5,67 kW
EER	3,95

Tabla 3.22. Características de los sistemas de la torre de vigilancia para refrigeración.

Y en las condiciones de 20°C bulbo seco en interior, y 7°C bulbo húmedo en exterior:

Capacidad Calorífica	25 kW
Consumo	5,88 kW
COP	4,25

Tabla 3.23. Características de los sistemas de la torre de vigilancia para calefacción.

Para ampliar información sobre las características de los sistemas, véase **Anexo III y Anexo VI.**

CAPÍTULO 4. PROCEDIMIENTO DE AUDITORÍA POR SIMULACIÓN

4.1. Uso del programa Genera3D

En primer lugar, se realizará la introducción de los distintos espacios en los que se compone el edificio en cuestión. Para ello, se empleará el programa *Genera3D* el cual permite introducir los planos de cada planta y unificarlos mediante el uso del programa *AutoCAD*. Dichos espacios se introducen utilizando tipos concretos de líneas y polilíneas, con uniones de forma específica, dadas en el manual de este. Para más observaciones, véase **Anexo I**.

La estructura del edificio resultante se muestra en las siguientes imágenes:

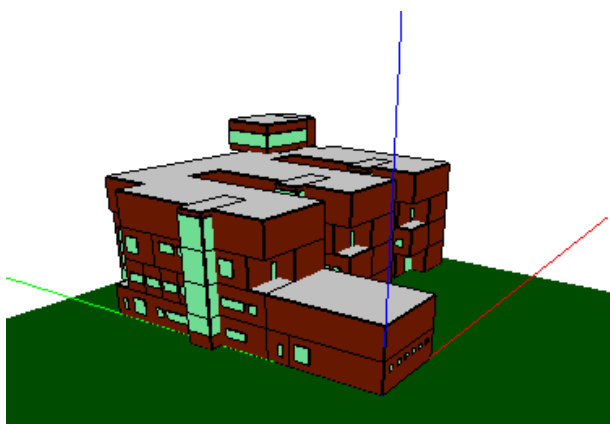


Figura 4.1. Vista panorámica del edificio.

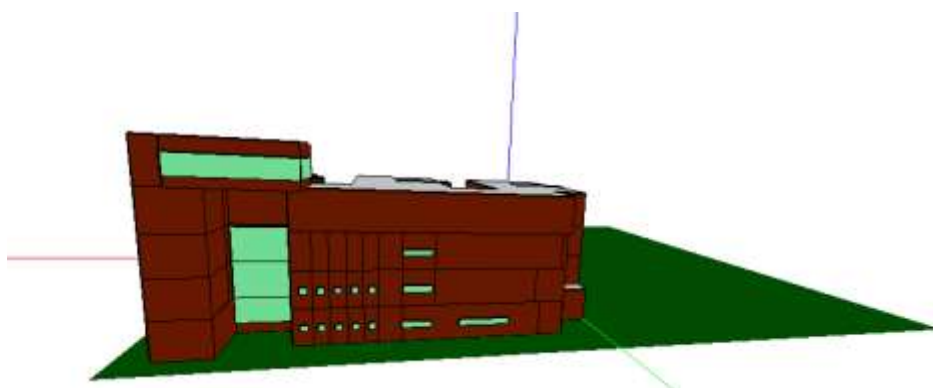


Figura 4.2. Vista de la fachada principal.

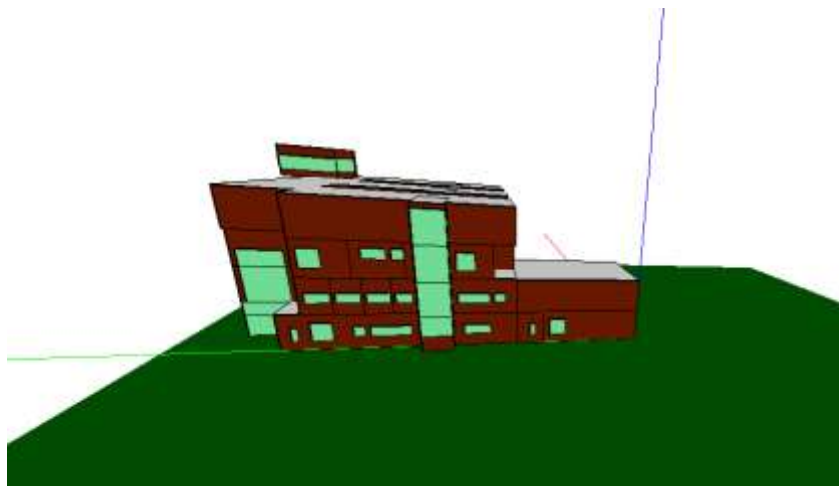


Figura 4.3. Vista de la fachada lateral derecha.

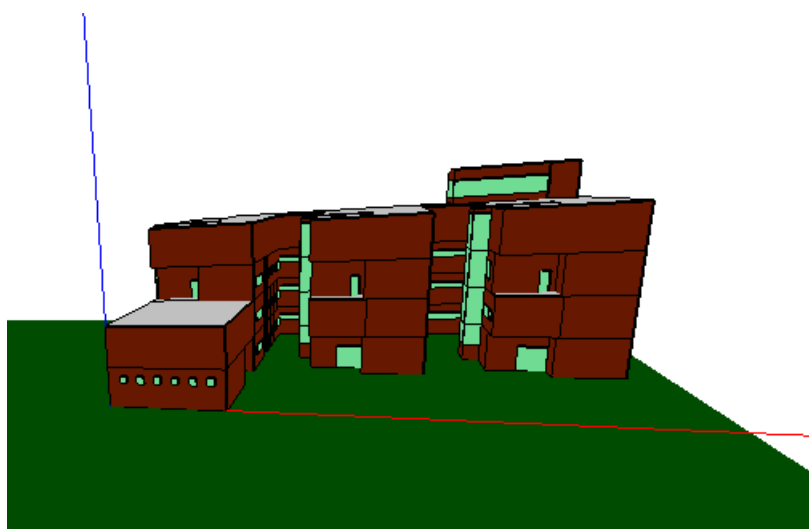


Figura 4.4. Vista de la fachada trasera.

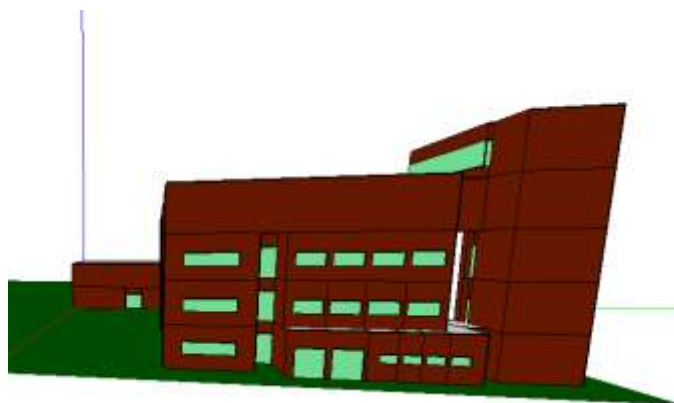


Figura 4.5. Vista de la fachada lateral izquierda.

Tras ejecutar todo el proceso, este programa permitirá generar un archivo de extensión “.idf” que contendrá toda la distribución de los distintos tipos de muros (exteriores e interiores), así como forjados de techos y suelos (exteriores e interiores), puertas y ventanas, tal y como exige el programa de simulación. Cabe destacar que las puertas y posibles ventanas interiores hay que introducirlas de forma manual en dicho archivo “.idf”.

Por tanto las zonas definidas, que son los espacios interpretados por el software en cada planta, son:

Planta Baja	Zona
Almacén C	P1_E1
Almacén A	P1_E2
Laboratorio Cartografía	P1_E3
Ágora	P1_E4
Entrada	P1_E5
Ascensor 1	P1_E6
Ascensor 2	P1_E7
Hueco	P1_E8
Aseo H1	P1_E9
Aseo H2	P1_E10
Vestíbulo 1	P1_E11
Aseo M1	P1_E12
Aseo M2	P1_E13
Conserje	P1_E14
Telecomunic.	P1_E15
SAI	P1_E16
Equipo Electrónico	P1_E17
Depósito Grupo de presión	P1_E18
Almacén 1	P1_E19
Laboratorio 2	P1_E20
Laboratorio 1	P1_E21
Almacén 2	P1_E22
Laboratorio 4	P1_E23
Vestíbulo 2	P1_E24
Vestuario 1	P1_E25
Zona escaleras	P1_E26
Aseos Mujeres	P1_E27
Cuartillo	P1_E28
Minusválidos H	P1_E29
Aseos Hombres	P1_E30
Minusválidos 2	P1_E31
Minusválidos 1	P1_E32
Minusválidos M	P1_E33
Vestíbulo Principal	P1_E34
Laboratorio Ceramología y Química	P1_E35
Lavado de muestras	P1_E36
Almacén B	P1_E37
Pasillo 2	P1_E38
CGBT	P1_E39
Pasillo 3	P1_E40
Laboratorio 3	P1_E41
Laboratorio Paleoambiente	P1_E42
Garaje	P1_E43
Vestuario 2	P1_E44
Escaleras 2	P1_E45
Escaleras 3	P1_E46
Escaleras 1	P1_E47
Pasillo 1	P1_E48

Tabla 4.1. Zonas consideradas en Planta Baja.

Primera Planta	Zona
Ascensor 1_1	P2_E1
Hueco_1	P2_E2
Aseo H1_1	P2_E3
Aseo H2_1	P2_E4
Aseo M1_1	P2_E5
Aseo M2_1	P2_E6
Aseos Mujeres_1	P2_E7
Cuartillo_1	P2_E8
Minusválidos H_1	P2_E9
Ascensor 2_1	P2_E10
Aseos Hombres_1	P2_E11
Vestíbulo 3	P2_E12
Seminario 1	P2_E13
Seminario 2	P2_E14
Despacho 4	P2_E15
Despacho 3	P2_E16
Despacho 2	P2_E17
Despacho 6	P2_E18
Despacho 7	P2_E19
Despacho 8	P2_E20
Seminario 3	P2_E21
Seminario 4	P2_E22
Despacho 12	P2_E23
Despacho 11	P2_E24
Despacho 10	P2_E25
Despacho 14	P2_E26
Despacho 15	P2_E27
Despacho 16	P2_E28
Seminario 5	P2_E29
Seminario 6	P2_E30
Despacho 20	P2_E31
Despacho 19	P2_E32
Despacho 18	P2_E33
Despacho 22	P2_E34
Despacho 23	P2_E35
Despacho 24	P2_E36
Zona escaleras_1	P2_E37
Tejado Planta Baja	P2_E39
Pasillo 1_1	P2_E40
Despacho 1	P2_E41
Despacho 5	P2_E42
Pasillo 2_1	P2_E43
Despacho 9	P2_E44
Despacho 13	P2_E45
Pasillo 3_1	P2_E46
Despacho 17	P2_E47
Despacho 21	P2_E48
Minusválidos M_1	P2_E49
Pasillo Principal 1/Hueco escaleras_1	P2_E50

Tabla 4.2. Zonas consideradas en Primera Planta.

Segunda Planta	Zona
Ascensor 1_2	P3_E1
Aseo H1_2	P3_E2
Aseo H2_2	P3_E3
Aseo M1_2	P3_E4
Aseo M2_2	P3_E5
Aseos Mujeres_2	P3_E6
Cuartillo_2	P3_E7
Minusválidos H_2	P3_E8
Ascensor 2_2	P3_E9
Aseos Hombres_2	P3_E10
Vestíbulo 4	P3_E11
Hueco_2	P3_E12
Despacho Director 1	P3_E13
Sala de Juntas 1	P3_E14
Archivo 1	P3_E15
Pasillo 1_2	P3_E16
Despacho Director 2	P3_E17
Sala de Juntas 2	P3_E18
Archivo 2	P3_E19
Pasillo 2_2	P3_E20
Despacho Director 3	P3_E21
Sala de Juntas 3	P3_E22
Archivo 3	P3_E23
Pasillo 3_2	P3_E24
Administración 1	P3_E26
Biblioteca 1	P3_E27
Despacho Subdirector 1	P3_E28
Administración 2	P3_E29
Biblioteca 2	P3_E30
Despacho Subdirector 2	P3_E31
Administración 3	P3_E32
Biblioteca 3	P3_E33
Despacho Subdirector 3	P3_E34
Minusválidos M_2	P3_E35
Pasillo Principal 2	P3_E36
Zona escaleras_2/ Hueco escaleras_2	P3_E37

Tabla 4.3. Zonas consideradas en Segunda Planta.

Tercera Planta	Zona
Tejado Principal	P4_E1
Zona Acrystalada 1	P4_E2
Zona Acrystalada 2	P4_E3
Zona Acrystalada 3	P4_E4
Zona escaleras_3	P4_E5

Tabla 4.4. Zonas consideradas en Tercera Planta.

Torre de vigilancia	Zona
Zona escaleras_4	P5_E1
Sala de vigilancia	P5_E2

Tabla 4.5. Zonas consideradas en Torre de vigilancia.

4.2. Uso del programa EnergyPlus

Para proceder con la simulación del modelo planteado, en primer lugar, se establecerán los parámetros de simulación. Lo que se permite establecer es qué se quiere simular (marcando para las condiciones de diseño que emplee los datos aportados por el archivo meteorológico de la ciudad de Jaén, e igualmente para la simulación en condiciones normales); esto permite a *EnergyPlus* simular los espacios y sistemas introducidos acordes a las cargas internas y por transmisión que se han considerado, así como las cargas de ventilación necesarias y la temperatura determinada por los termostatos en modo calefacción (heating) y en modo refrigeración (cooling). Por último, se establece la orientación del edificio (40° con respecto al Norte) y los valores de tolerancia para la convergencia entre cargas y temperaturas.

Posteriormente, se configurará el modelo de simulación que se quiera utilizar, en concreto, pasos de tiempo, controles, algoritmos, etc. En este caso, se ha escogido el algoritmo TARP para la convección de las superficies interiores y el algoritmo DOE-2 para la convección de las superficies exteriores, dado que son adecuadas para este; igualmente, se han establecido 6 pasos de tiempo (se exige como mínimo y es adecuado ya que es divisible entre 60).

Tras ello, se introducirán los horarios de ocupación, alumbrado, equipos y sistemas de climatización según las distintas zonas, así como el del control de los termostatos. En cuanto a la ocupación, alumbrado y equipos se refiere, se introducirán dos para cada grupo considerado: un primero que contenga los horarios máximos (SummerDesign) y mínimos (WinterDesign, establecidos en 0 en cuanto a las cargas internas se refiere) con el fin de obtener las cargas más desfavorables y así, la carga térmica de diseño; y un segundo que contenga los horarios normales diarios.

Cabe destacar que en cuanto al control del termostato, *EnergyPlus* solamente permite controlar la temperatura en modo heating, en modo cooling o en modo dual para todo el año, es decir, no se permite establecer periodos de invierno para calefacción y periodos de verano para refrigeración; únicamente va estableciendo la temperatura de confort a la que se desea la zona para ambos modos de operación (21°C y 24°C, respectivamente), y el programa funcionará manteniendo dichas temperaturas, respetando el horario de encendido/apagado de las componentes del sistema.

Teniendo la geometría del edificio en coordenadas cartesianas obtenidas con *Genera3D*, en pestañas posteriores se le proporciona las características de los materiales que lo forman vistos en el **Capítulo 3**; igualmente, se introducen las cargas internas debidas al uso, es decir, ocupación del personal, iluminación y equipos vistas también en el **Capítulo 3**, indicando su horario correspondiente. Dado que la envolvente del edificio está constituida por materiales con un buen aislamiento, tras hacer diversas pruebas no concordaban los resultados que se obtenían debido a la acumulación de carga interna tan elevada proporcionada según el programa; por lo que se ha reducido la carga del personal y de los equipos introducidas.

En realidad, estas cargas son cantidades proporcionales a las dimensiones y tipo de edificio, establecidas por normativa y por el proyecto de construcción; no obstante, hay que considerar la importancia del archivo meteorológico, el cual es recogido en el año 1989, por lo que al revisar el clima en aquella época se ha observado que han habido estaciones más calurosas, al contrario que en el año actual.

Finalmente, se introducirán los sistemas de climatización con su termostato correspondiente. Dado que *EnergyPlus* es un software totalmente alfanumérico, contiene plantillas en donde se exponen los distintos tipos de sistemas que puede interpretar sin ningún tipo de error, dado que no todos los sistemas existentes hoy en día a nivel mundial están preparados para ser simulados por este; por tanto, al ser estos uno de esos casos, se realizarán sistemas equivalentes empleando dichas plantillas, con los mismos equipos para que los

interprete de forma correcta. Las siguientes figuras representan los esquemas de los sistemas introducidos:

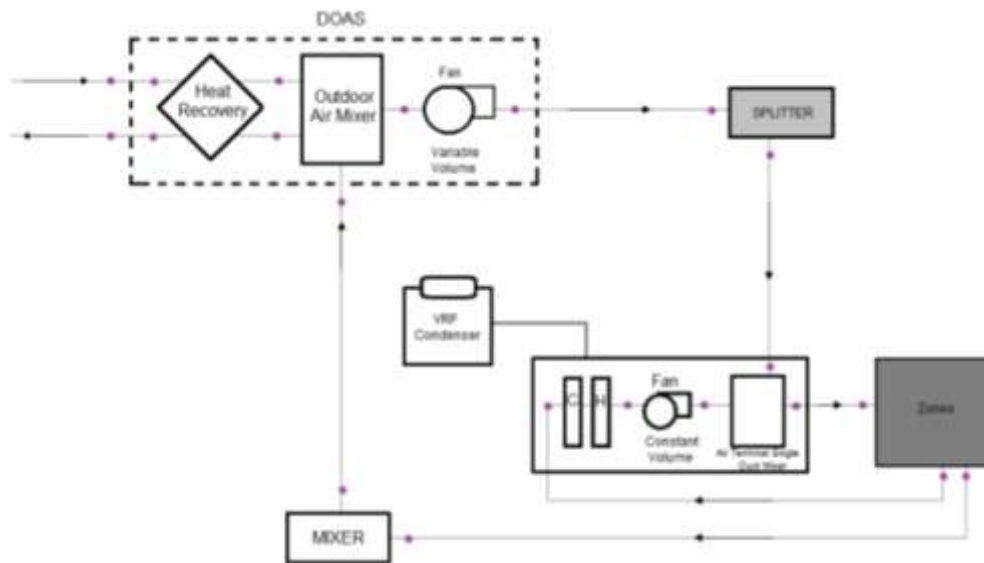


Figura 4.9. Sistema de climatización tipo 1. Fuente: Elaboración propia.

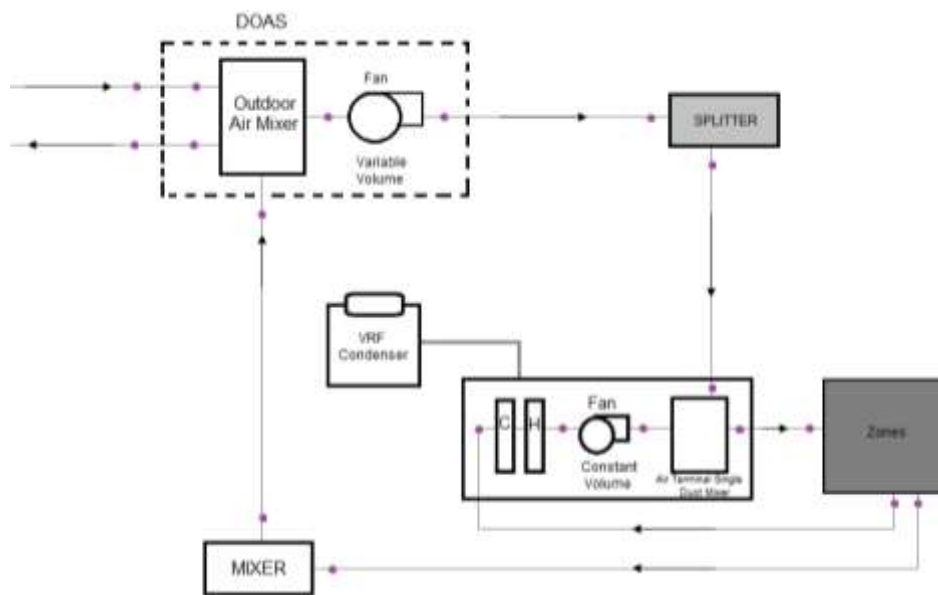


Figura 4.10. Sistema de climatización tipo 2. Fuente: Elaboración propia.

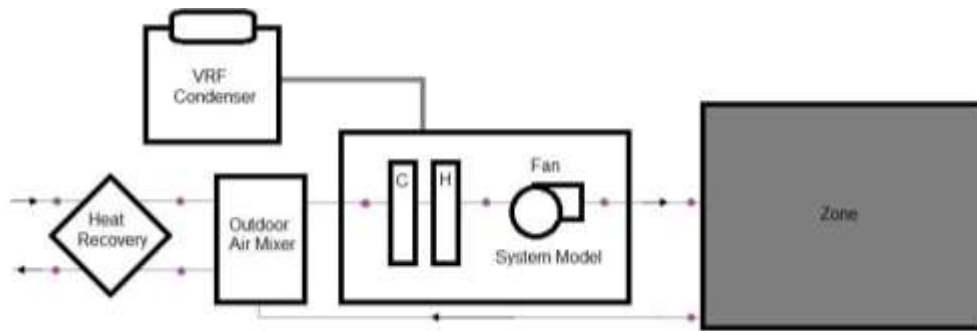


Figura 4.11. Sistema de climatización tipo 3. Fuente: Elaboración propia.

Donde existen 8 sistemas tipo 1 referidos a la zona del pasillo principal y conserjería de la planta baja, zonas de la primera planta, y zonas de la segunda planta; para el sistema tipo 2, existen 3 que sirven a las zonas de los laboratorios de la planta baja; y en cuanto al sistema tipo 3, lo contiene la sala de vigilancia.

Asimismo, el archivo “.dxf” de salida de la geometría del edificio, a partir de AutoCAD, resulta ser de la siguiente forma:



Figura 4.12. Planta del edificio a 40° N.

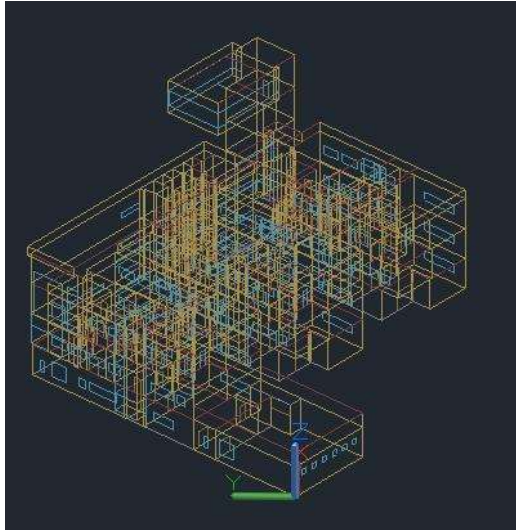


Figura 4.13.1. *Perspectiva panorámica del edificio*

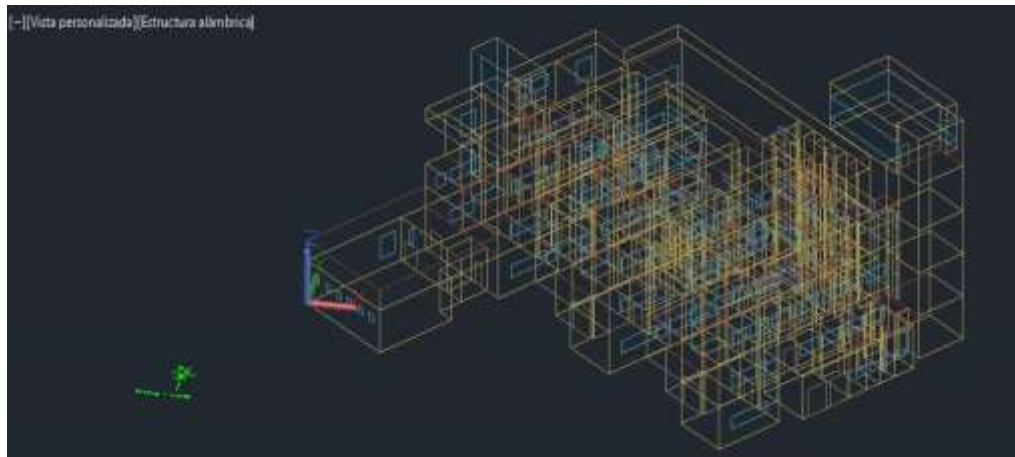


Figura 4.13.2. *Perspectiva panorámica del edificio.*

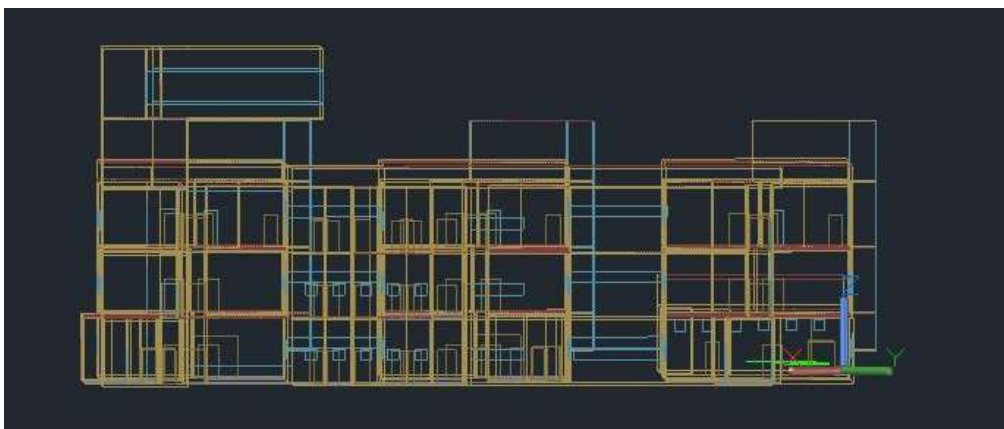


Figura 4.14. *Vista frontal del edificio*

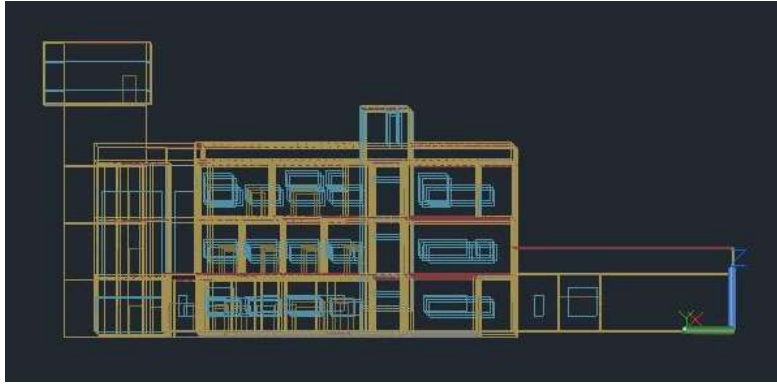


Figura 4.15. Vista lateral derecho del edificio.

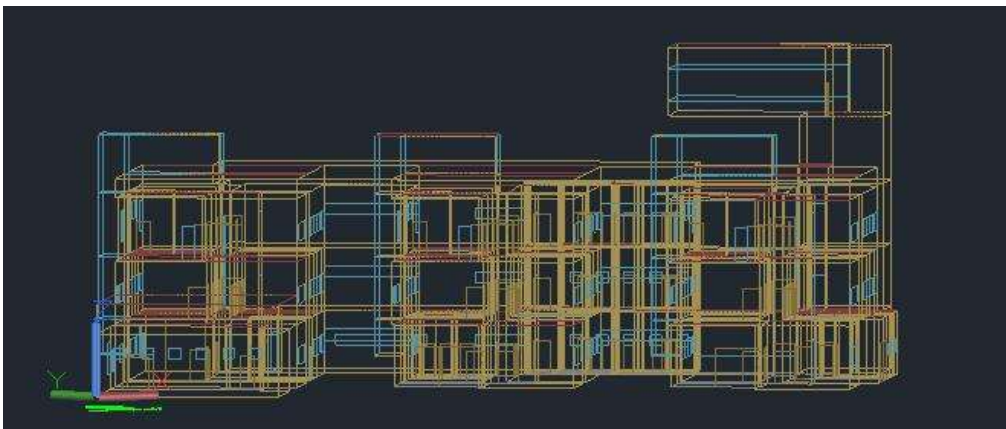


Figura 4.16. Vista trasera del edificio.



Figura 4.17. Vista lateral izquierdo del edificio.

Respecto a los horarios, cargas internas definitivas, y otras posibles observaciones, véase **Anexo II**.

4.3. Cálculo de indicadores energéticos

En relación al consumo de electricidad obtenido mediante el informe de *EnergyPlus*, se calcula la energía primaria renovable, no renovable y total a partir de los factores de conversión descritos en el **Capítulo 2**, así como las emisiones de dióxido de carbono producidas.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS OBTENIDOS

5.1. Parámetros climatológicos de Jaén en los casos más desfavorables

El archivo meteorológico introducido en la simulación está confeccionado en el año 1989; por tanto, sería conveniente considerar que, aunque de forma general Jaén presenta un clima muy seco en verano y con altas temperaturas, así como en invierno que destacan las bajas temperaturas sin llegar a ser extremas, las demandas de calefacción y refrigeración variarán en función de las condiciones climatológicas en ese año, y por tanto, los consumos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede apreciar para los casos más desfavorables en cuanto a verano (15 de julio) e invierno (21 de enero) que:

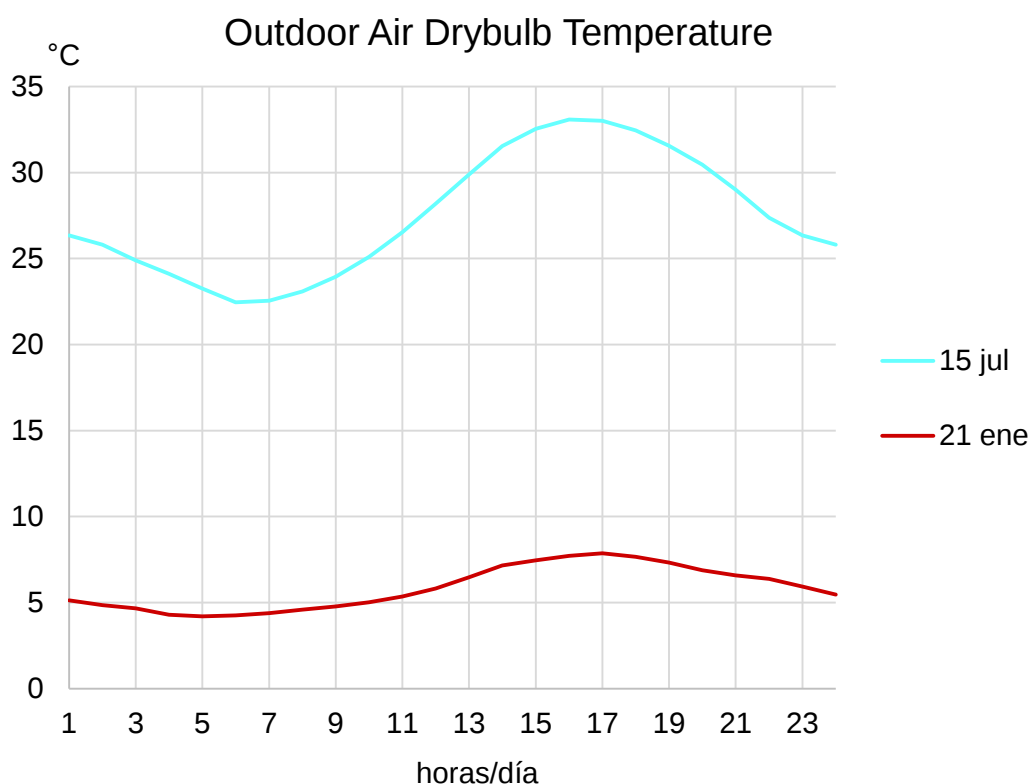


Gráfico 5.1. Temperatura de bulbo seco para los días más desfavorables en Jaén.

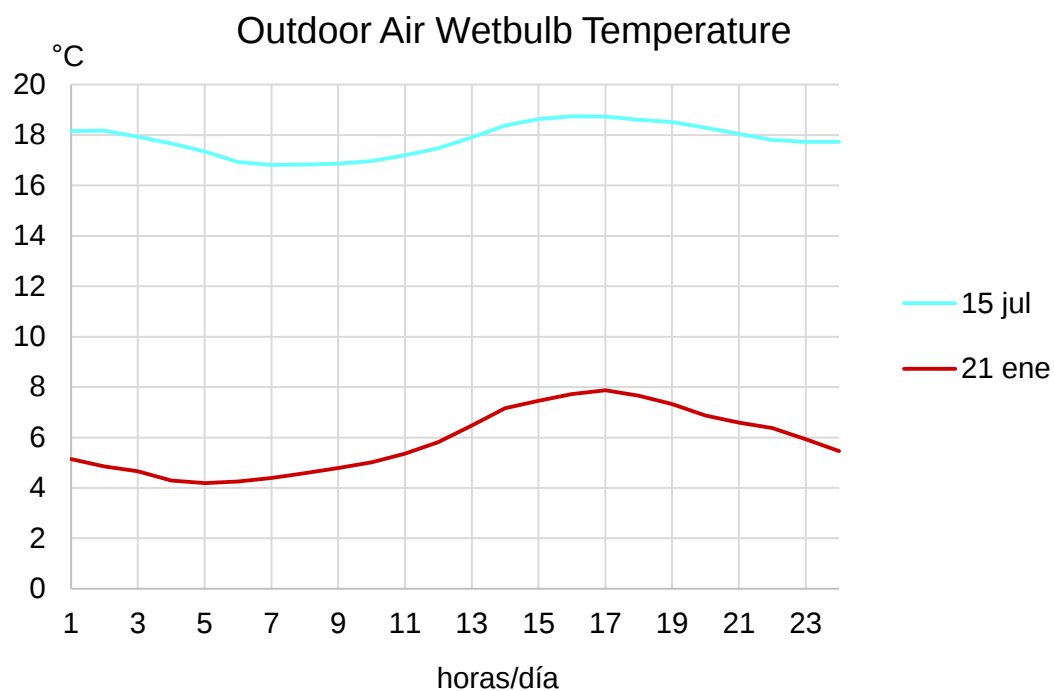


Gráfico 5.2. Temperatura de bulbo húmedo para los días más desfavorables en Jaén.

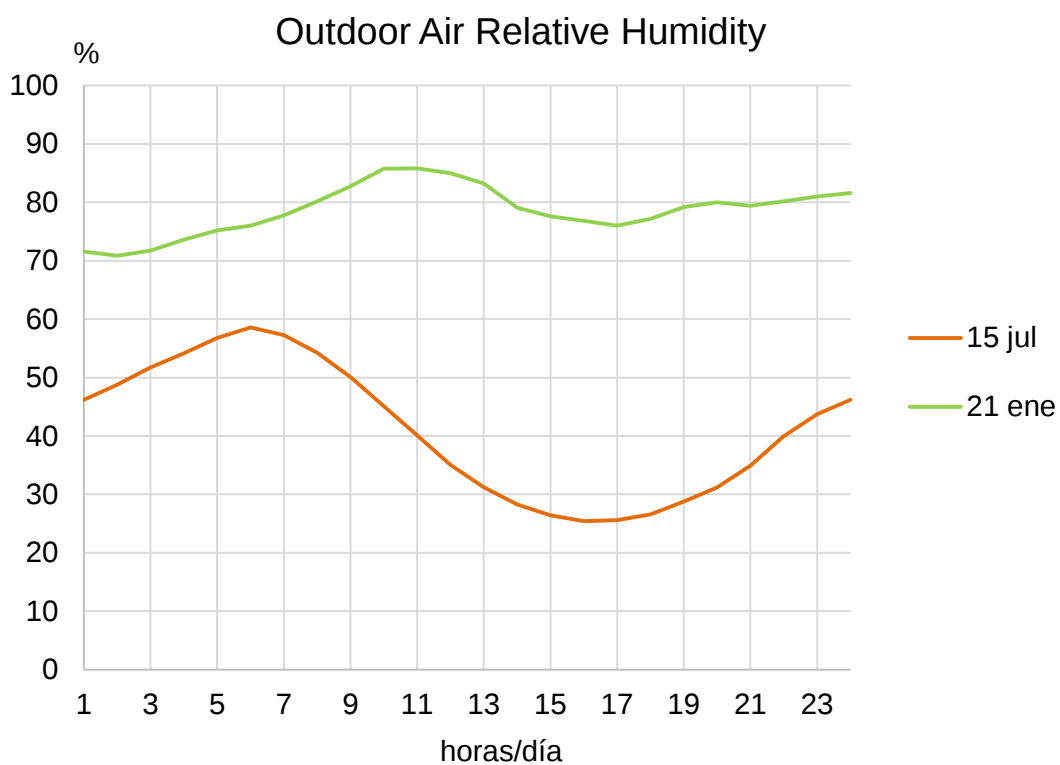


Gráfico 5.3. Humedad relativa para los días más desfavorables en Jaén.

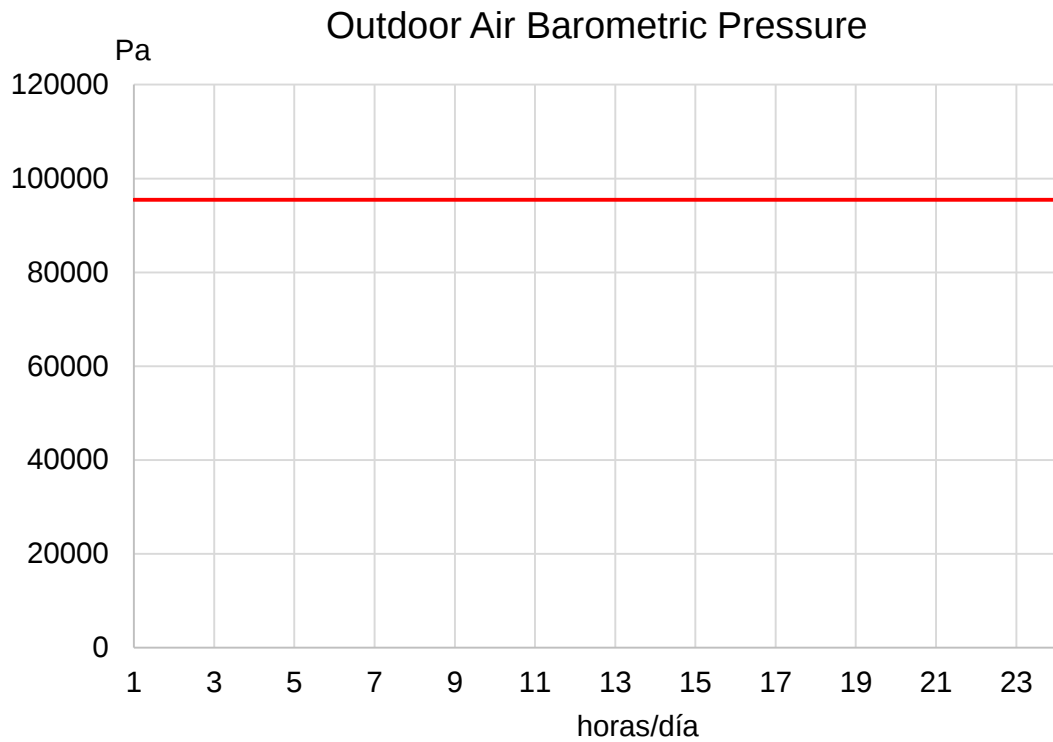


Gráfico 5.4. Presión atmosférica a lo largo del año.

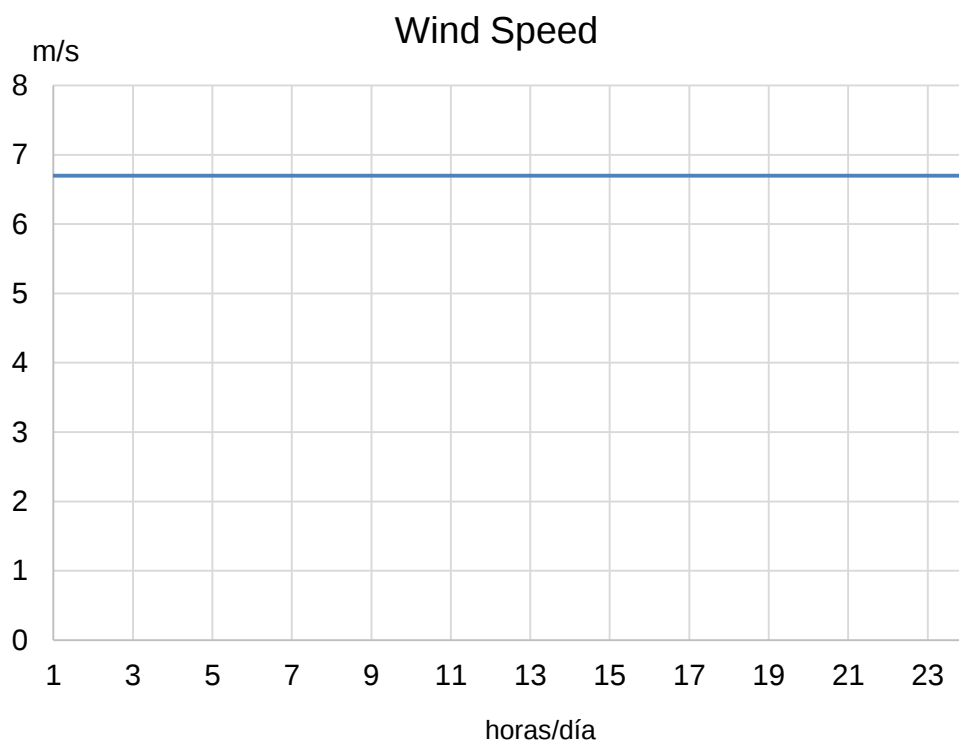


Gráfico 5.5. Velocidad media del viento a lo largo del año.

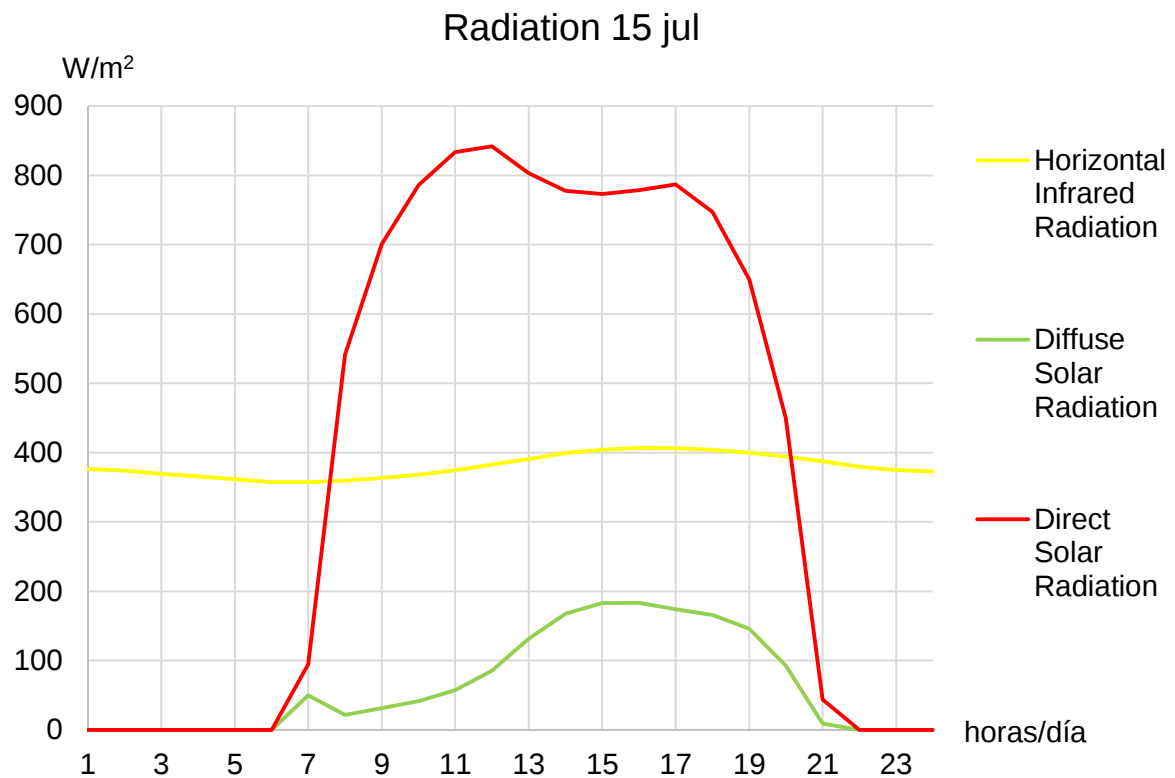


Gráfico 5.6. Radiación 15 de julio en Jaén.

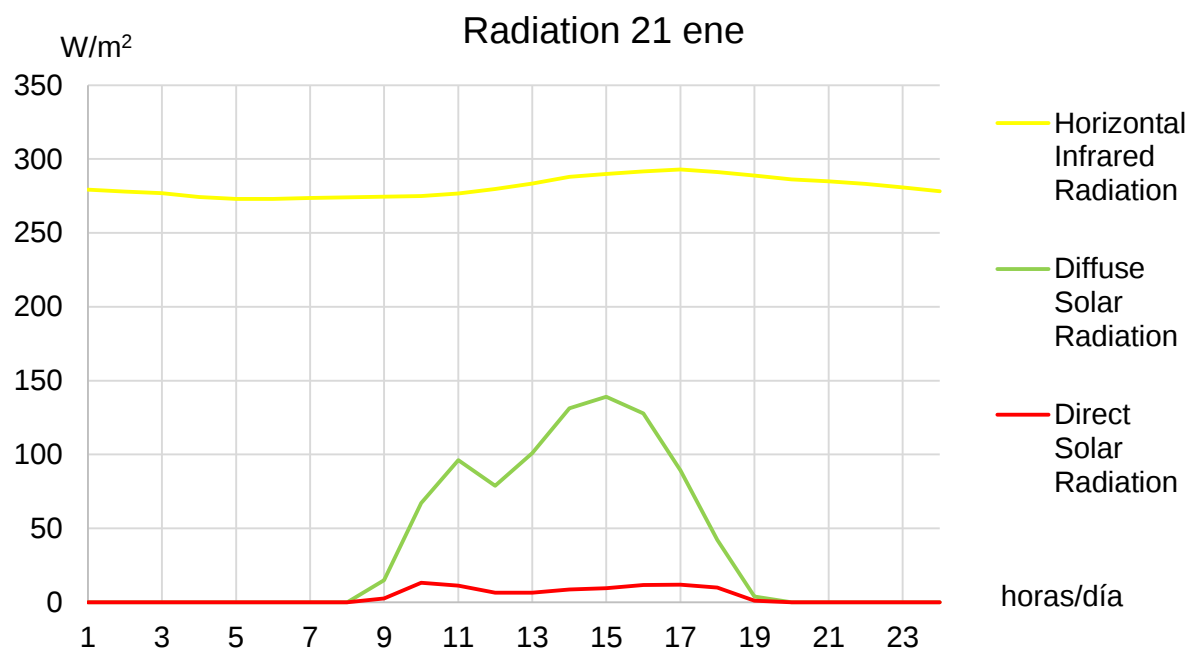


Gráfico 5.7. Radiación 21 de enero en Jaén.

Como se puede observar, la temperatura de bulbo seco alcanza para el 15 de julio un valor máximo de entre 30-35°C en el rango de mayor radiación solar, mientras que en la madrugada alcanza un valor mínimo de entre 20-25°C; en cuanto al 21 de enero, se alcanza un máximo de entre 5-10°C en el periodo de mayor radiación del sol, mientras que se llega a un valor ligeramente inferior a 5°C en la madrugada.

En cuanto a la temperatura de bulbo húmedo, para el 15 de julio, en los periodos de mayor radiación solar se obtiene un valor máximo de entre 18-20°C, mientras que en los tramos de madrugada se alcanza un valor mínimo de entre 16-18°C; el 21 de enero, se obtiene igualmente en oscilaciones máximas un valor de 8°C y en oscilaciones mínimas un valor de 4°C.

Haciendo referencia a la humedad relativa, se aprecia cómo el 15 de julio se alcanza hasta un 60%, con un valor mínimo de entre 20-30%; asimismo, el 21 de enero, se llega a un valor máximo del 80-90% y un mínimo del 70%.

Por último, en cuanto a la radiación, se observa cómo el 15 de julio la radiación solar directa alcanza un máximo de entre 800-900 W/m², mientras que el 21 de enero adquiere hasta 20 W/m²; igualmente, el 15 de julio la radiación solar difusa llega a obtener hasta 200 W/m², y el 21 de enero llega a los 150 W/m².

5.2. Carga térmica de diseño

La máxima carga de calor con la que se ha dimensionado el sistema de climatización, se ha simulado a partir de unos horarios de diseño, tomándose para ello el 15 de julio, considerado el día más desfavorable del año según los datos climatológicos en cuanto a refrigeración. Así, se ha obtenido:

	kW
Planta Baja	80,18
Primera Planta	88,22
Segunda Planta	106,29
Sala de vigilancia	6,78
TOTAL	281,47

Tabla 5.1. Carga de refrigeración diseñada.

Si se compara el resultado obtenido con las unidades exteriores proyectadas, se observa que éstas son capaces de satisfacer una demanda nominal de 427,40 kW; por lo que si se obtiene una carga de refrigeración de 281,46 kW, la instalación de climatización está sobredimensionada un 51,85%.

En cuanto a la carga térmica de diseño en calefacción, siempre resultará menor debido a que las cargas internas de ocupación, iluminación y equipos que se tienen favorecen a la misma. Por tanto, el sistema también estará sobredimensionado debido a que las baterías de calor son de mayor potencia que las de frío en las bombas de calor instaladas.

5.3. Cargas térmicas internas

El siguiente gráfico muestra las ganancias de calor internas debidas a la ocupación, luces y equipos a través de cada zona del edificio en función del mes del año, atendiendo a los valores y horarios de las mismas introducidos. Es decir:

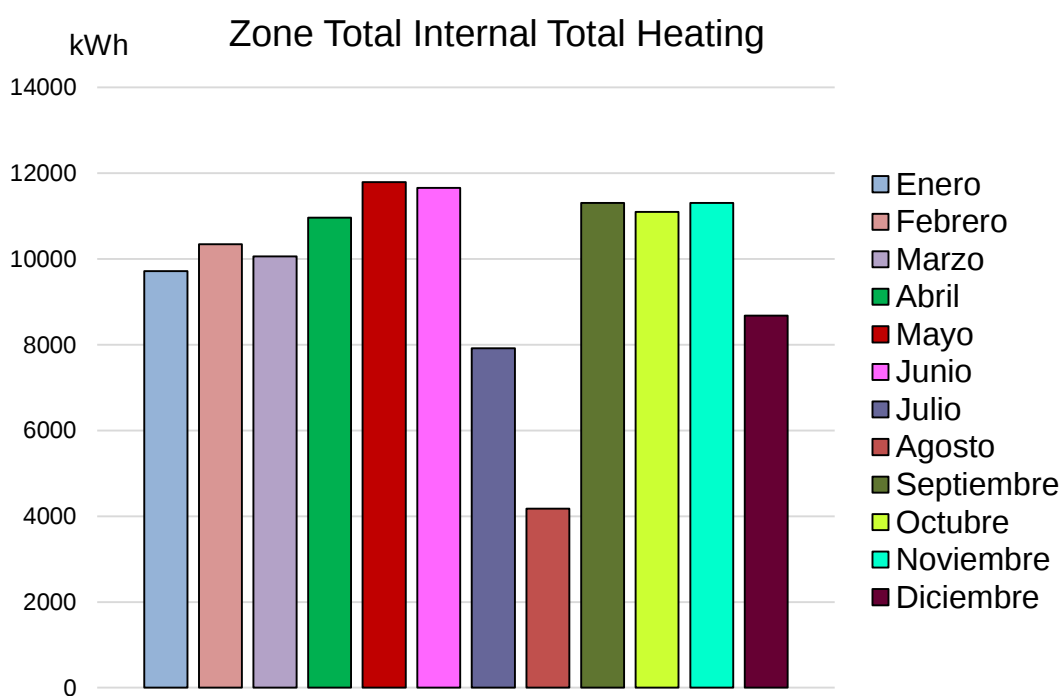


Gráfico 5.8. Ganancias de calor internas mensuales del edificio.

	kWh
Enero	9.712,21
Febrero	10.345,46
Marzo	10.058,08
Abril	10.960,90
Mayo	11.787,42
Junio	11.652,64
Julio	7.914,35
Agosto	4.178,30
Septiembre	11.306,77
Octubre	11.095,68
Noviembre	11.306,77
Diciembre	8.674,60

Tabla 5.2. Ganancias de calor internas mensuales del edificio.

Como se puede observar, los meses de mayo y junio son los que poseen los picos más altos, ya que están influenciadas por las altas temperaturas que hay en el ambiente, en conjunto con el calor desprendido por el personal, las luces y equipos; en cuanto a julio, se obtiene una menor carga debido a que su horario está limitado a uso de mañanas, y en agosto por la no utilización en su totalidad. Finalmente, los meses con menor carga de calor resultan ser enero y diciembre debido al efecto de las bajas temperaturas en el exterior.

5.4. Ganancias y pérdidas de calor a través de las ventanas

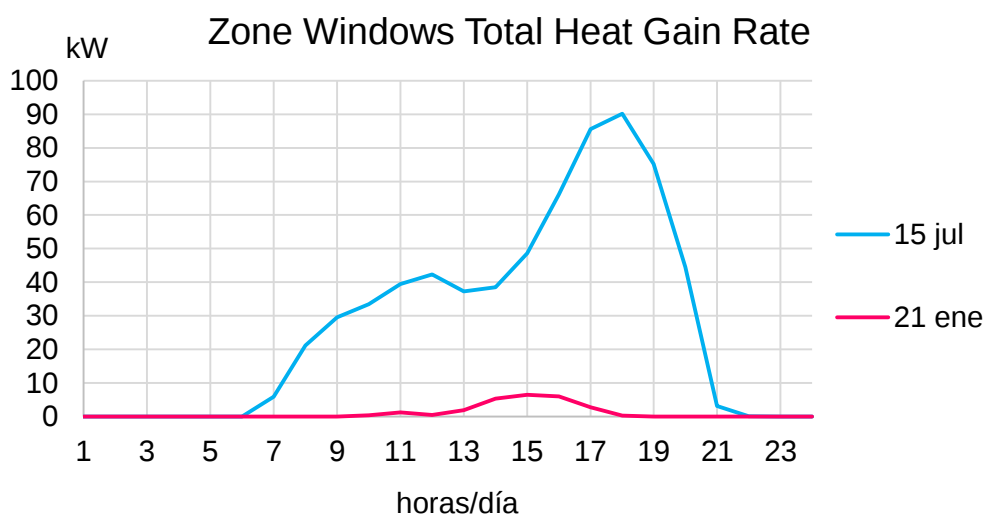


Gráfico 5.9. Ganancias de calor a través de las ventanas en el edificio.

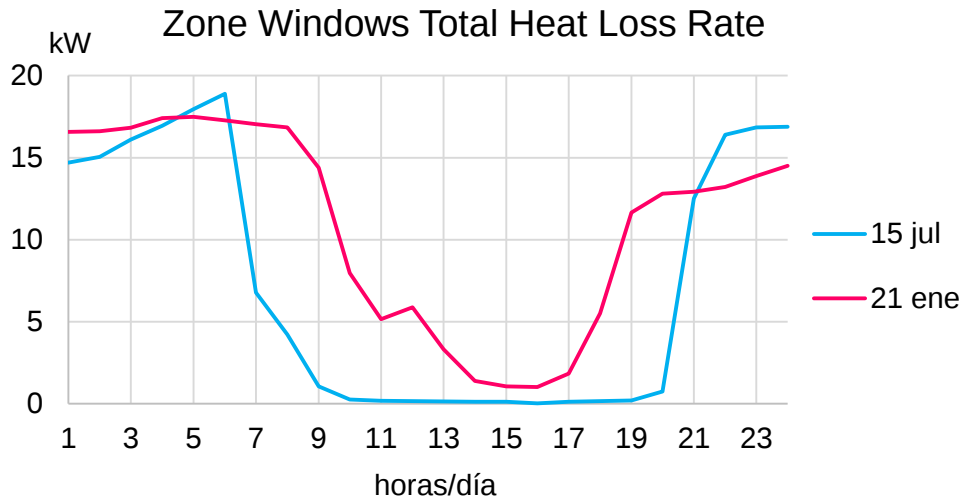


Gráfico 5.10. Pérdidas de calor a través de las ventanas en el edificio.

Como se puede observar, las ganancias de calor debidas a los ventanales son mucho más elevadas en el periodo de verano que de invierno, siendo ambas curvas ascendentes de manera progresiva conforme inciden los rayos solares considerando la temperatura existente en el exterior, y teniendo en cuenta la temperatura en el interior del habitáculo en función del uso. Se aprecia una especial notoriedad en el primer periodo mencionado en la franja horaria cuya radiancia solar es máxima, llegando a los 90 kW; mientras que en este segundo, no alcanza los 10 kW.

En cuanto a las pérdidas de calor, se ha obtenido que en verano existen unas pérdidas de hasta 19 kW en los rangos horarios donde la radiación solar es mínima, sin estar en funcionamiento el edificio, y llegando a ser prácticamente nula en el resto de horas; mientras, en el periodo de invierno sigue la misma tendencia que la curva anterior, prolongándose el rango de pérdidas y siendo mínimas (hasta 1 kW) cuando mayor radiación solar hay.

5.5. Balances de calor a través de las superficies

El calor transmitido a cada zona desde las superficies correspondientes en condiciones de verano e invierno para todo el edificio, se muestra en la siguiente gráfica:

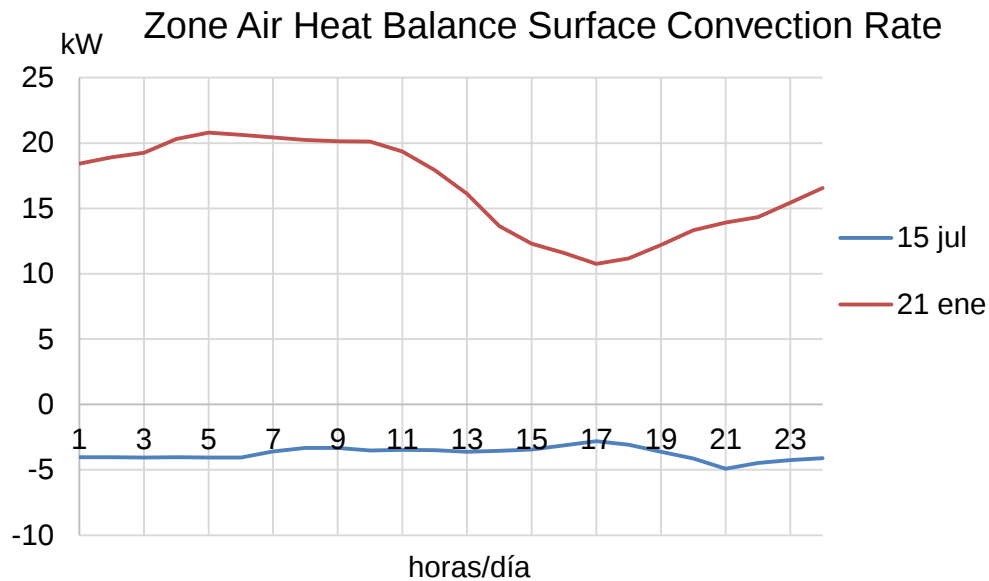


Gráfico 5.11. Convección de calor a través de las superficies del edificio.

Como se puede apreciar, se ha obtenido que el 15 de julio sufre unas ligeras pérdidas durante todo el día debido a que en el interior, la temperatura es superior al exterior; posiblemente esto es así porque, aunque se tenga en cuenta el funcionamiento del sistema de climatización, se realizan los cálculos considerando todo el conjunto del edificio, es decir, zonas climatizadas y no climatizadas, por lo que el efecto de las cargas internas eleva dicha temperatura dentro de las zonas. Por el contrario, el 21 de enero al producirse ganancias de calor, la temperatura en el interior es menor que en el exterior, por los motivos inversos a los mencionados para el caso anterior. Estos cálculos dependen exclusivamente de la diferencia de temperaturas exterior e interior, y de las características de los materiales que componen la envolvente.

5.6. Balances de calor sobre la zona más desfavorable en verano e invierno

Para destacar alguna zona en concreto, se van a mostrar los balances de calor debido a la convección por las cargas internas, por las superficies, por las interzonas y por el aire exterior, tanto en verano como en invierno. Dicha zona es el Seminario 6, debido a que es la que más expuesta al sol se encuentra, además de poseer ventanas, una mayor superficie, mayores cargas y está climatizada. De manera que:

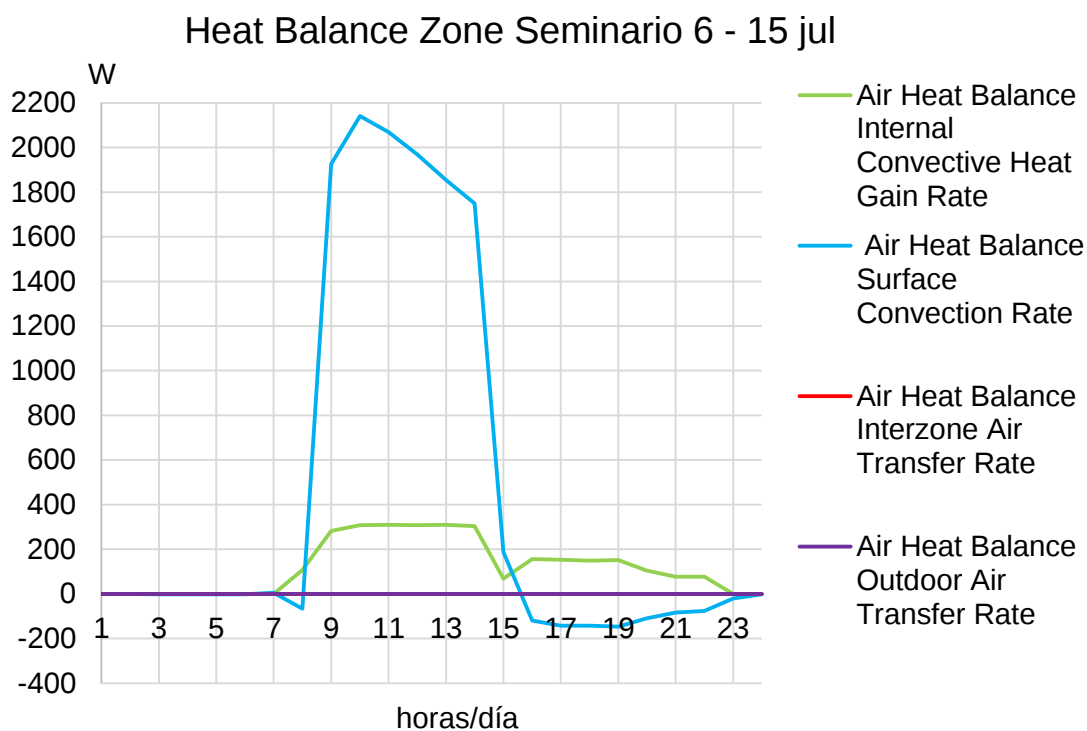


Gráfico 5.12. Balances de calor en Seminario 6, 15 de julio.

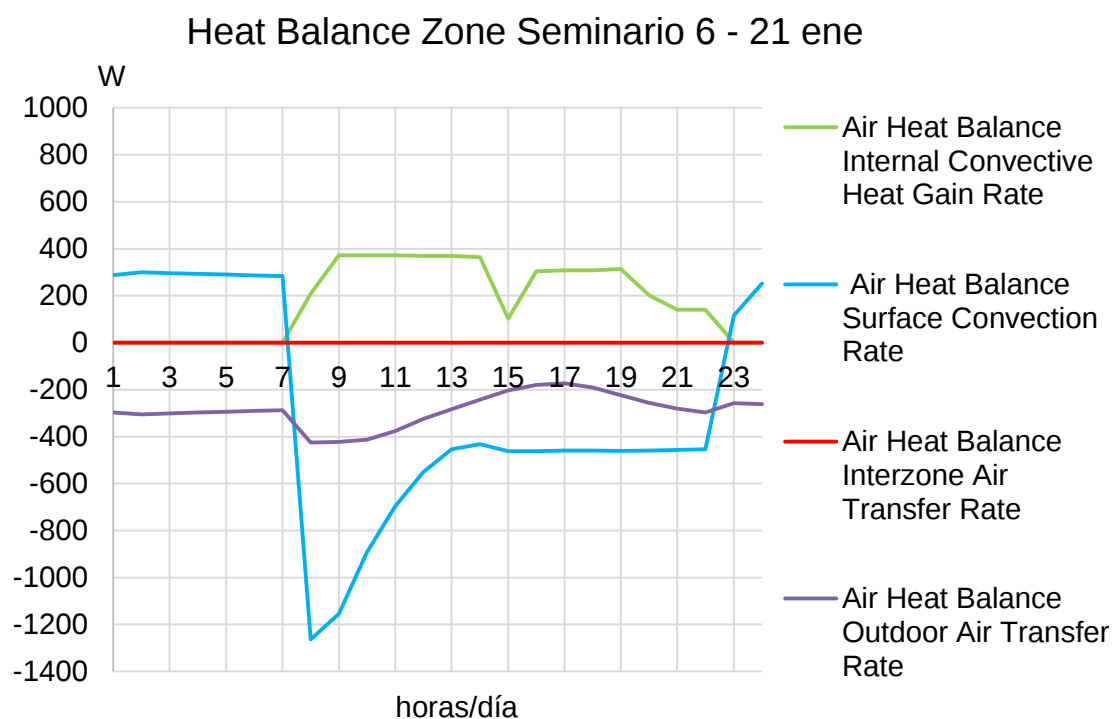


Gráfico 5.13. Balances de calor en Seminario 6, 21 de enero.

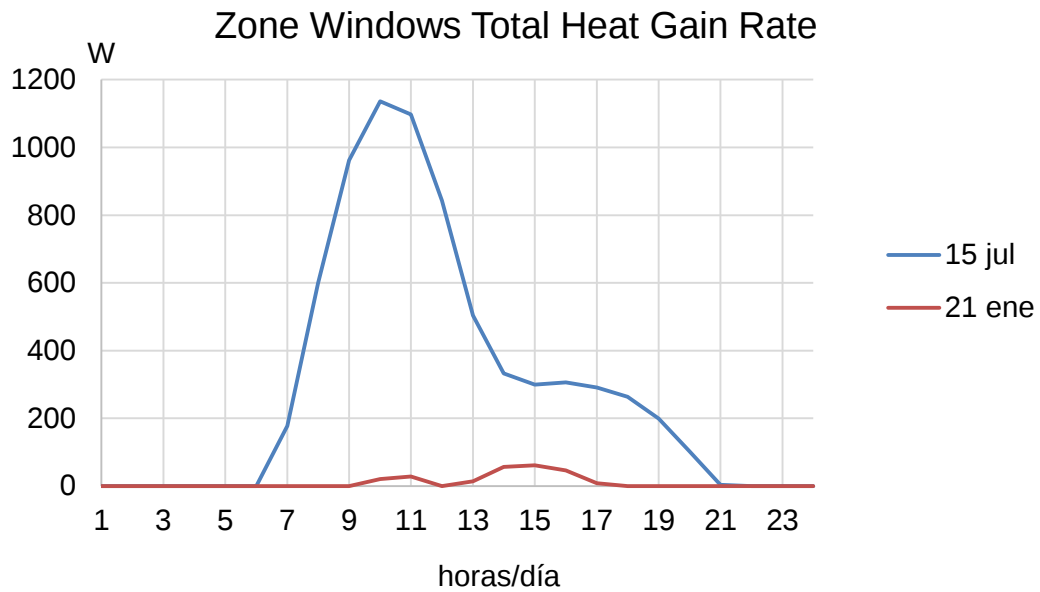


Gráfico 5.14. Ganancias de calor en Seminario 6.

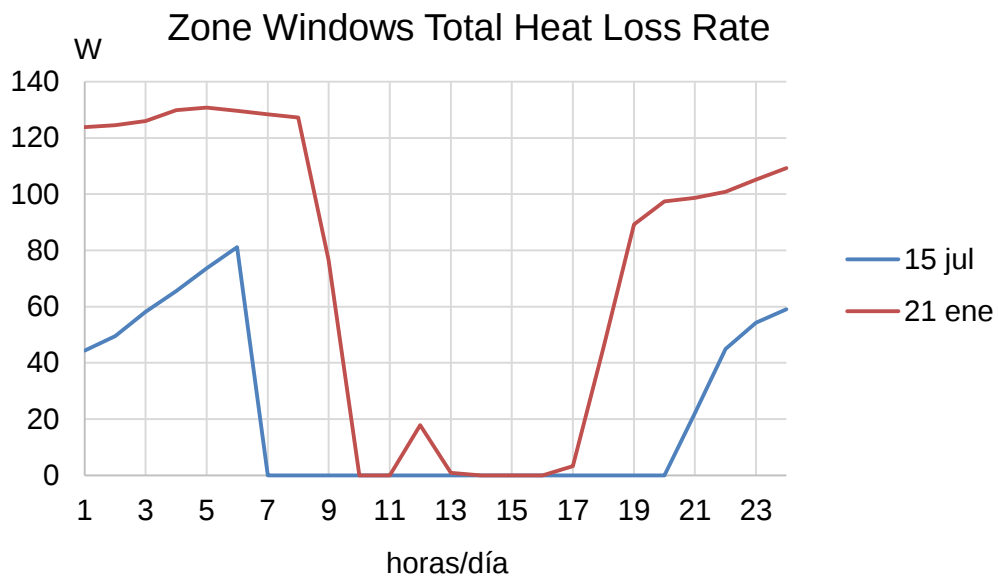


Gráfico 5.15. Pérdidas de calor en Seminario 6.

En cuanto al día 15 de julio, el calor transferido al aire de la zona por las superficies y por las cargas internas alcanzan los 2.200 W y los 300 W, respectivamente; ambas son de signo positivo ya que implican un aporte de calor sobre esta, siendo la primera así debido a que en el interior hay menor temperatura que en el exterior gracias al funcionamiento del sistema de climatización. El aporte de calor a través de las ventanas llega a 1.100 W, mientras que la pérdida va variando en función de la hora del día, adquiriéndose

un valor de 80 W hasta que entra en funcionamiento el equipo climatizador, llegando a ser nula, y volviendo a aumentar hasta los 60 W.

Referido al 21 de enero, el calor transferido al aire de la zona por las cargas internas llega hasta los 400 W; por las superficies, la convección es negativa debido a que existen unas pérdidas de calor por la diferencia de temperaturas, teniendo su pico máximo en los 1.200 W; la convección dada por el aire exterior es debido a las infiltraciones que se han considerado para desfavorecer a la carga de calefacción, y así estar en proporción con las cargas internas añadidas. El aporte de calor a través de las ventanas es escaso, mientras que la pérdida va variando en función de la hora del día al igual que el caso anterior, adquiriéndose hasta un valor de 130 W.

5.7. Temperatura y humedad relativa del aire en determinadas zonas

Las siguientes figuras muestran para unas zonas específicas del edificio la temperatura y humedad del aire a lo largo del año gracias al funcionamiento del sistema de climatización, y en concreto, por el control del termostato ante las posibles cargas que condicionan el estado de confort en dicha zona. Es decir:

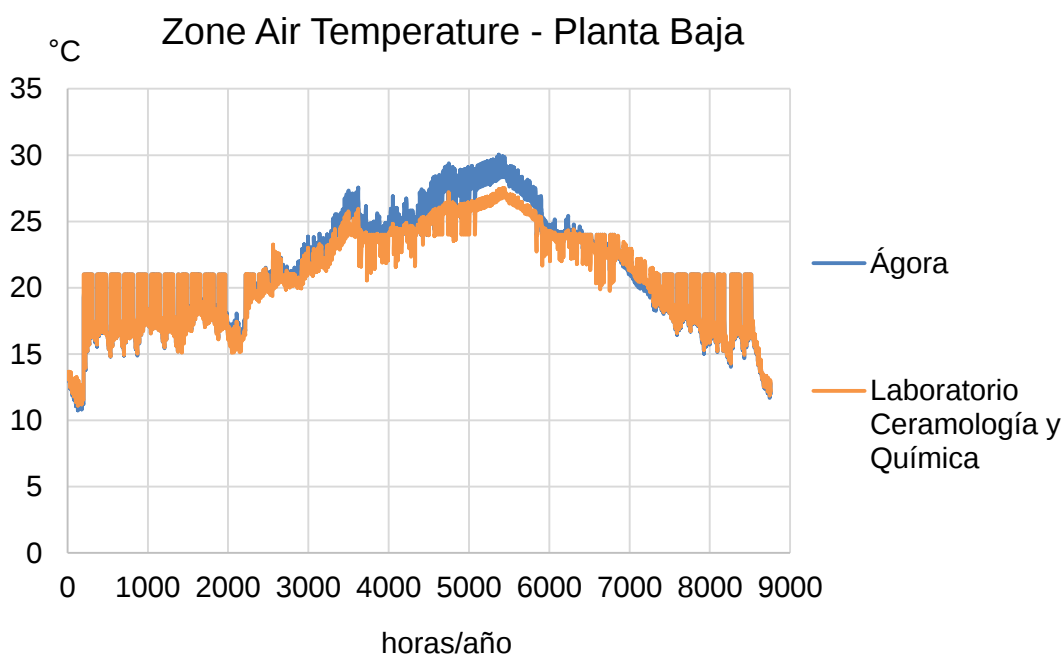


Gráfico 5.16. Temperatura del aire a lo largo del año en Planta Baja.

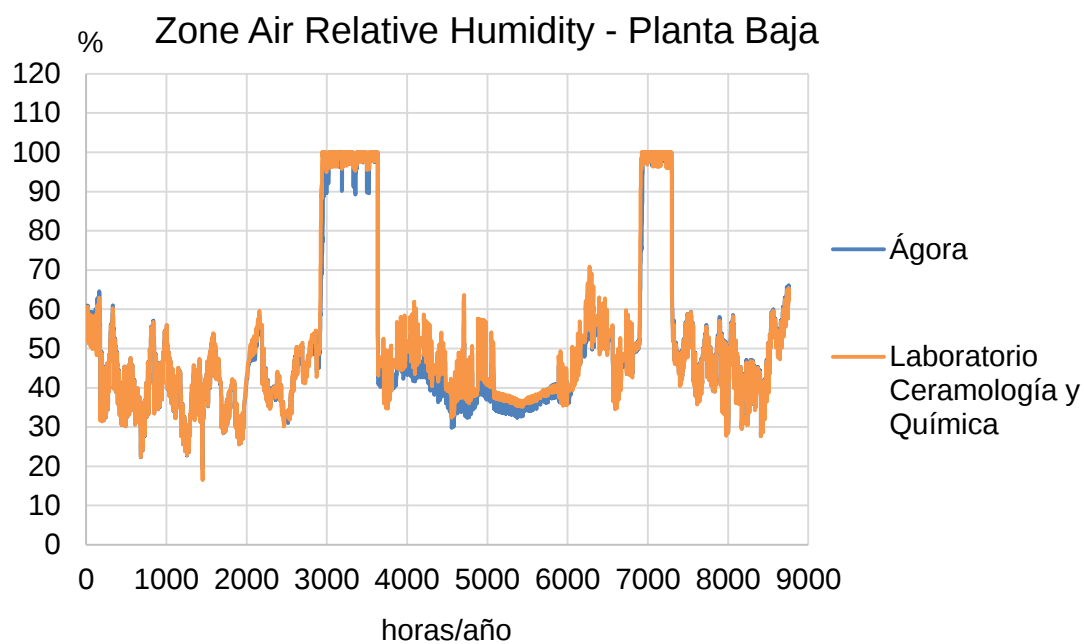


Gráfico 5.17. Humedad relativa del aire a lo largo del año en Planta Baja.

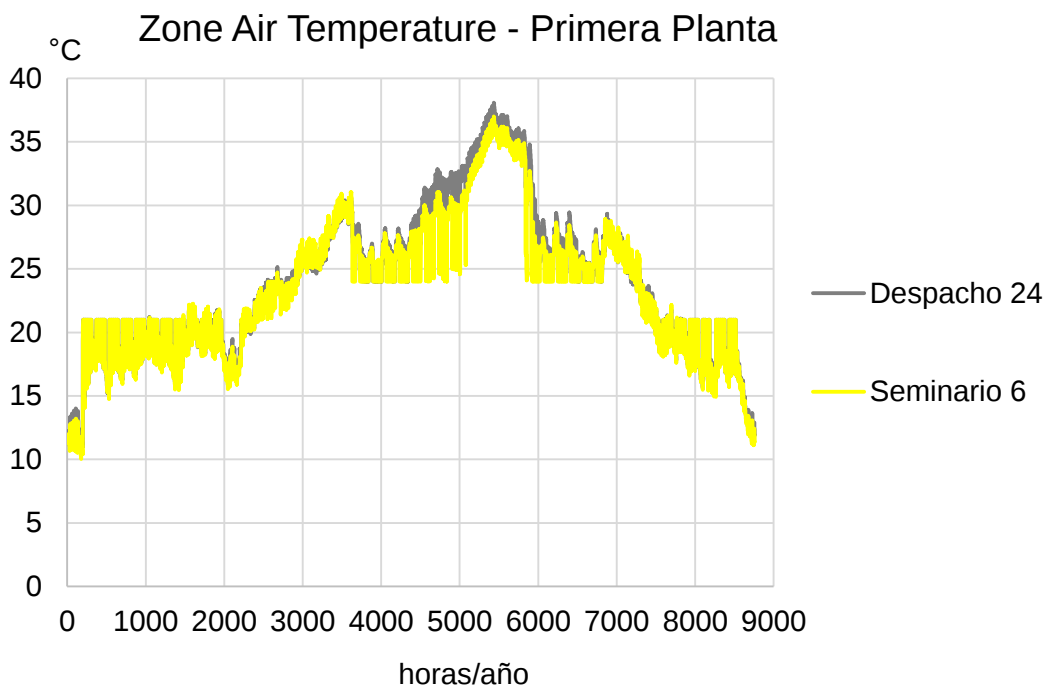


Gráfico 5.18. Temperatura del aire a lo largo del año en Primera Planta.

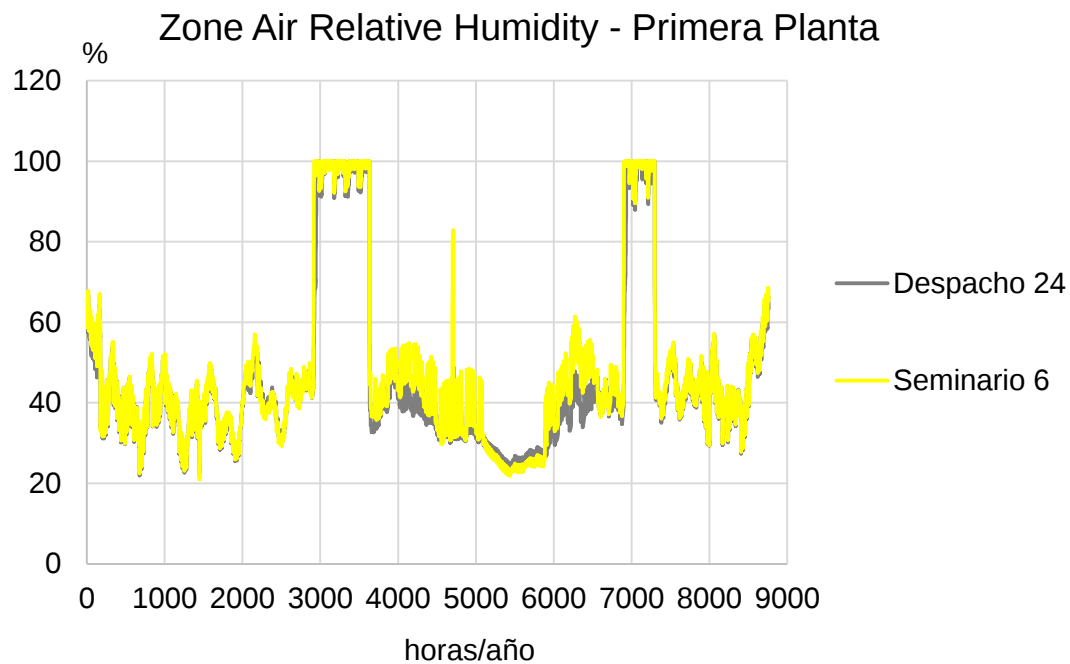


Gráfico 5.19. Humedad relativa del aire a lo largo del año en Primera Planta.

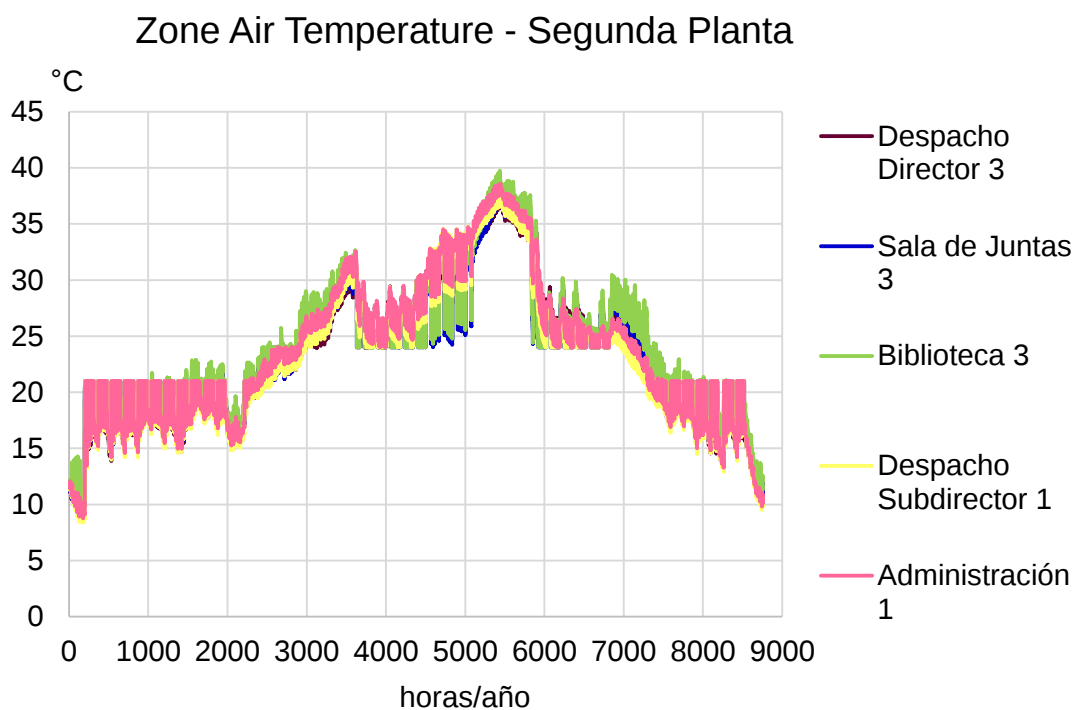


Gráfico 5.20. Temperatura del aire a lo largo del año en Segunda Planta.

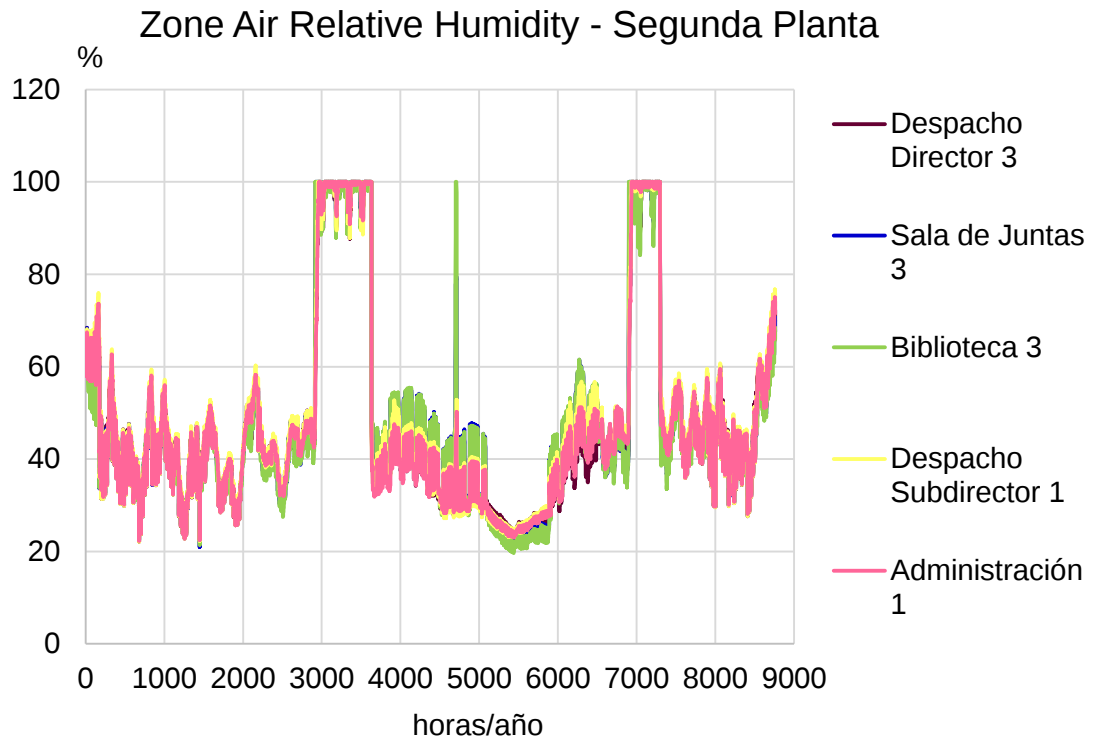


Gráfico 5.21. Humedad relativa del aire a lo largo del año en Segunda Planta.

Observando las curvas de las temperaturas, se concluye que esta empieza entre 15 y 10°C debido al primer periodo de vacaciones en el mes de enero, y alcanza en el resto de días los 21°C establecidos por el termostato. Seguidamente, en los meses de abril y mayo, comienza a oscilar debido a que el sistema de climatización no requiere un gran funcionamiento ya que se mantiene la temperatura en estado de confort entre los 20 y 26°C. En los meses de junio y julio, se mantiene una temperatura de 24°C, viéndose afectada en el mes de agosto (periodo de no funcionamiento del edificio). De nuevo, en septiembre, se establecen los 24°C, mientras que en octubre ocurre como los meses de abril y mayo. Finalmente, en noviembre y diciembre, se mantiene a 21°C hasta llegar al periodo vacacional, donde disminuye hasta los 10°C.

Se aprecia cómo en el mes de agosto, las zonas de la segunda planta son más desfavorables que las de la planta baja y primera planta, debido a que están más expuestas a la radiación solar.

Por otro lado, la humedad relativa del aire tiene más oscilaciones a lo largo del año, concentrándose principalmente entre los 40-60%, optimándose para verano un 50% y para invierno entre un 50-60%; por lo que en invierno no cumpliría. Además, se desajusta en los meses de primavera y otoño alcanzando un valor casi del 100%. Por tanto, la humedad no está del todo controlada por el termostato.

5.8. Demanda térmica de calefacción y refrigeración

Atendiendo al calor y frío suministrados por el sistema de climatización en cada zona, considerando cada mes, la demanda térmica resulta:

	Heating (kWh)	Cooling (kWh)
Enero	13.741,15	17,41
Febrero	10.581,94	41,74
Marzo	5.850,27	284,87
Abril	1.021,59	1.813,11
Mayo	0	484,47
Junio	0,12	14.000,91
Julio	0	8.825,69
Agosto	0	0
Septiembre	0,02	12.945,13
Octubre	22,94	3.041,66
Noviembre	7.029,87	4,14
Diciembre	9.615,51	9,98
TOTAL	47.863,41	41.469,11

Tabla 5.3. Demanda de calefacción y refrigeración.

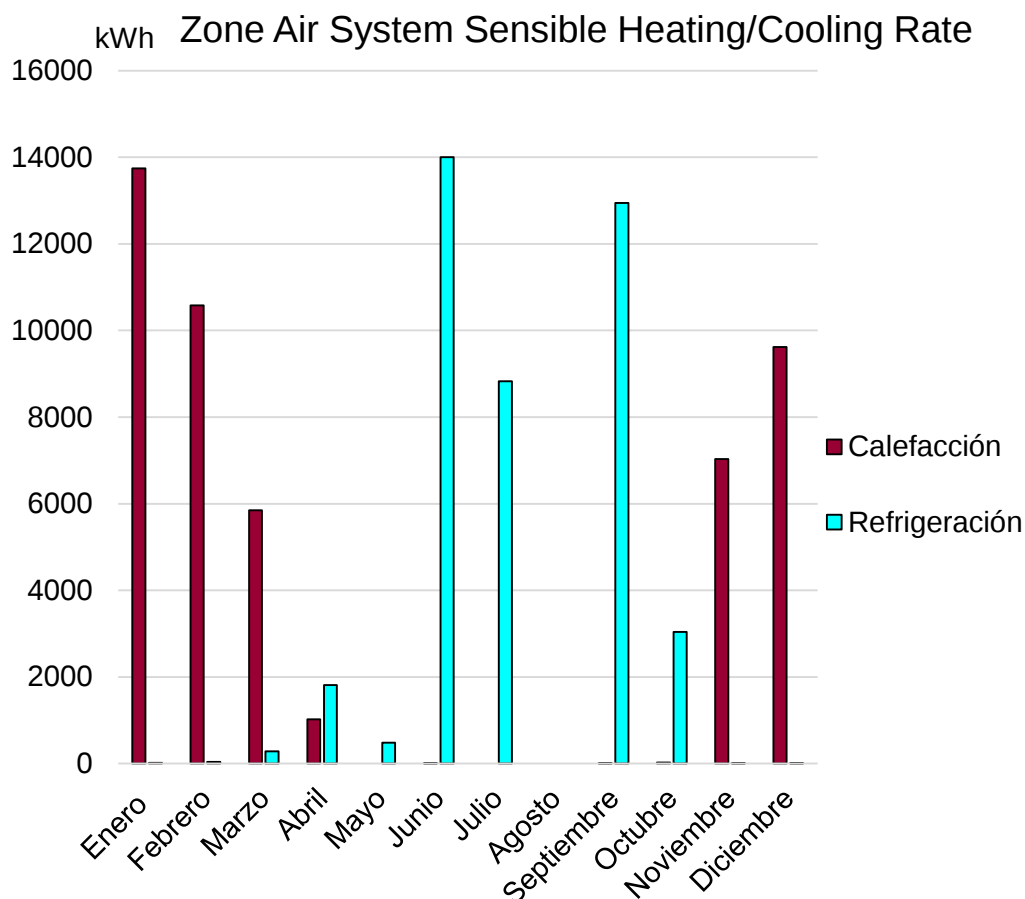


Gráfico 5.22. Demanda de calefacción y refrigeración.

Como se puede observar, el sistema de climatización proporciona un total de **47.863,41 kWh/año** térmicos de calor cuando este funciona en modo calefacción; estos periodos se encuentran en los meses de enero, febrero, marzo, ligeramente abril, noviembre y diciembre. Cuando funciona en modo refrigeración, el sistema proporciona un total de **41.469,11 kWh/año** térmicos de frío, encontrándose en los meses de junio, julio, y ligeramente en marzo, abril, mayo y octubre; además se puede apreciar los pequeños aportes que este ofrece en los meses de invierno, considerándose despreciables. Dichos efectos pueden ser debidos a algún cálculo interno que el propio programa estime oportuno en cuanto a los balances de calor y temperaturas requeridas se refiere. Como última mención, debido a que el sistema se ha tomado como no encendido en el mes de mayo, se aprecia un pequeño porcentaje de error de aporte de refrigeración.

5.9. Consumos eléctricos del edificio

Atendiendo a los consumos de todas las zonas por equipos y luces internas y del sistema de climatización, se obtiene:

Total Building	kWh
Enero	5.591,45
Febrero	5.452,06
Marzo	5.679,77
Abril	5.809,95
Mayo	6.121,38
Junio	5.986,60
Julio	4.558,01
Agosto	4.178,30
Septiembre	5.898,28
Octubre	5.944,74
Noviembre	5.898,28
Diciembre	5.326,49

Tabla 5.4. Consumo eléctrico de luces, equipos, y otros al mes.

Total HVAC	kWh
Enero	8.944,64
Febrero	8.117,97
Marzo	4.765,54
Abril	2.349,79
Mayo	0
Junio	8.842,92
Julio	5.005,28
Agosto	0
Septiembre	8.630,60
Octubre	1.908,04
Noviembre	5.885,03
Diciembre	6.997,68

Tabla 5.5. Consumo eléctrico del sistema de climatización al mes.

Por último, el programa ofrece un informe completo con todos los cálculos de forma detallada. En concreto, el consumo eléctrico total del edificio en cada parte se remonta a:

	Electricity [kWh]
Heating	29.935,91
Cooling	20.926,81
Interior Lighting	15.539,28
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	50.906,02
Exterior Equipment	0
Fans	10.614,18
Pumps	0
Heat Rejection	0
Humidification	0
Heat Recovery	0
Water Systems	0
Refrigeration	0
Generators	0
Total End Uses	127.922,21

Tabla 5.6. Consumos finales del edificio.

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
Air to Air Heat Recovery for Cooling	5.312,49	9,13
Air to Air Heat Recovery for Heating	52.854,11	90,87
Total On-Site Thermal Sources	58.166,6	100

Tabla 5.7. Aprovechamiento de calor de los recuperadores.

Sabiendo que la superficie condicionada y la no condicionada sobre la total, son:

	Area [m ²]
Total Building Area	4.529,25
Net Conditioned Building Area	2.312,97
Unconditioned Building Area	2.216,28

Tabla 5.8. Áreas del edificio.

Así, el consumo eléctrico de calefacción y refrigeración es de **29.935,91 kWh/año** y **20.926,81 kWh/año**, respectivamente; son consumos razonables, ya que hay más meses de invierno que de verano, aunque el archivo meteorológico, como ya se ha mencionado anteriormente, contiene un clima bastante caluroso.

En cuanto al resto del edificio, el consumo de luces es de **15.539,28 kWh/año**, y el de equipos es de **50.906,02 kWh/año**.

El edificio en total, tiene un consumo de **127.922,21 kWh/año**, que con respecto al dato de consumo real más reciente de **154.084,01 kWh/año**, proporcionado por la Unidad Técnica de la Universidad de Jaén, se obtiene una validación del modelo del **83,02%**.

En comparación con los estudios ya efectuados mencionados en el **Capítulo 1**, estos resultados disciernen, al igual que los anteriores, que también varían considerablemente entre sí. Todo ello se debe a que no hay distinciones de consumos eléctricos en las medidas reales, sino que solo se obtiene un total sobre el edificio, e incluso únicamente un total sobre todo el Campus Universitario.

5.10. Indicadores energéticos

Los valores de energía primaria y emisiones de CO₂, son los indicadores energéticos más importantes de evaluar en una edificación a la hora de realizar una auditoria energética. Puesto que *EnergyPlus* es un programa estadounidense, los factores de conversión que utiliza varían con los empleados en España. Es por ello que, a partir de la energía final obtenida, siguiendo la normativa descrita en el **Capítulo 2**, se obtiene:

Energía primaria renovable (kWh)	Energía primaria no renovable (kWh)	Energía primaria total (kWh)
50.657,20	256.739,88	307.397,07

Tabla 5.9. *Energía primaria del edificio.*

Emisión de kg de CO ₂	45.668,23
----------------------------------	-----------

Tabla 5.10. *Emisiones de CO₂ del edificio.*

Es decir, se calcula una energía primaria total de **307.397,07 kWh/año**, y una emisión de dióxido de carbono de **45.668,23 kg/año**.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Finalizada la simulación que hace posible realizar y evaluar la auditoría energética planteada en este trabajo del edificio Centros de Investigación, C6 de la Universidad de Jaén, se concluye que:

- El modelo simulado cumple con una validación del 83,02% con respecto al consumo eléctrico anual real obtenido a través de la Unidad Técnica de la Universidad.
- La demanda térmica de calefacción es superior a la de refrigeración, ya que dicho edificio se encuentra en funcionamiento mayormente en periodos de invierno; por lo que este resultado es lógico.
- En cuanto a la diferencia de demanda entre invierno y verano, se deberá principalmente al archivo meteorológico introducido, en concreto, a las temperaturas y humedades del aire ambiente recogidas; en este caso, vista la gran demanda que se requiere, ha habido meses con necesidades de refrigeración, además de tener que considerar también las cargas internas oportunas.
- De manera proporcional, en el consumo eléctrico ocurre lo mismo.
- En general, en cuanto a las cantidades de consumo eléctrico se refiere, los sistemas de climatización constituyen la principal fuente de consumo debido a las grandes dimensiones y necesidades del edificio. Seguidamente, los equipos instalados son los que más requieren de electricidad debido a la tipología del edificio en cuestión; el consumo de luces podría haber sido más elevado si no se hubiera considerado la gran iluminación natural a través de las ventanas que este posee.
- Referenciando al **Obj.1** descrito anteriormente, se ha podido completar satisfactoriamente. Cabe mencionar que *EnergyPlus* es un programa que requiere muchas horas de trabajo y mucho esfuerzo; por lo que es necesario dedicar mucho más al aprendizaje del mismo con otros ejemplos.
- Referenciando al **Obj.2** descrito anteriormente, ha resultado ser beneficioso. La gran complejidad que tiene la geometría del objeto de estudio para implantarla de forma manual era muy elaborada, puesto que se tenía que introducir punto a punto en *EnergyPlus*; por lo que *Genera3D* permite introducirla de manera gráfica y más rápida, permitiendo unir las

distintas plantas que contiene y generando directamente el archivo que el software de simulación necesita.

- Referenciando al **Obj.3** descrito anteriormente, se ha cumplido para poder describir las necesidades internas que este requería, siendo muy necesario establecer, al menos, unos rangos y unos límites pautados por las normativas vigentes, atendiendo al uso y funcionamiento del mismo; aunque luego fuesen ajustándose según los resultados de simulación.
- Referenciando al **Obj.4** descrito anteriormente, es la prioridad del programa simulador. El sistema de climatización guiado por el termostato de la unidad, funciona considerando los balances de calor realizados, y a partir de estos, condicionando las distintas zonas a la temperatura de confort que se ha querido establecer en ambos modos de climatización según necesidades, de acuerdo al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Referenciando al **Obj.5** descrito anteriormente, se ha evaluado comparando con un único dato real aportado por la Unidad Técnica de la Universidad, por lo que no se pueden realizar mayores observaciones; únicamente analizar la coherencia de valores obtenidos en la simulación.
- Referenciando al **Obj.6** descrito anteriormente, se ha tenido que evaluar realizando una conversión en cuanto a los factores nacionales normalizados. No obstante, no se ha empleado mucho trabajo en su obtención, pudiendo así realizar un diagnóstico energético más completo.

CAPÍTULO 7. REFERENCIAS

Según las reglas establecidas por la norma ISO 690:2010(E), las referencias de los documentos utilizados para este proyecto son las siguientes:

- [1] Alvarez, E & Ortiz, I. (2015). Notas sobre la eficiencia energética en España. *Información comercial Española, ICE: revista de economía*, 886, 71-82.
- [2] ASHRAE. Thermal Environmental Conditions human Ocupancy [en línea] [fecha de consulta: 17 febrero 2018]. Disponible en https://www.techstreet.com/ashrae/standards/ashrae-55-2010?gateway_code=ashrae&product_id=1741646
- [3] Asociación española de climatización y refrigeración. (2013). Disponible en <https://www.atecyr.org/>
- [4] Bigladder software. *Unmet hours*. [en línea] [fecha de consulta: 17 febrero 2018]. Disponible en <https://bigladdersoftware.com/projects/unmet-hours/>
- [5] Carrier. *Manual Aire Acondicionado Carrier*. [en línea] [fecha de consulta: 21 febrero 2018]. Disponible en <http://www.carrier.es/>
- [6] Código técnico de la edificación en su Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía. (2013). Disponible en: <https://www.codigotecnico.org>
- [7] Departamento de energía de los estados unidos; Manual de usuario EnergyPlus 7.0. (2013). Disponible en: <https://www.eere.energy.gov>
- [8] Energía y Sociedad. *Las claves del sector energético*. [en línea] [fecha de consulta: 26 febrero 2018]. Disponible en <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/1-1-que-es-la-eficiencia-energetica/>

- [9] EnergyPlus. (2018). *Engineering Reference*. [en línea] [fecha de consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/nrel_custom/pdfs/pdfs_v8.9.0/EngineeringReference.pdf

- [10] EnergyPlus. (2018). *Getting Started*. [en línea] [fecha de consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/nrel_custom/pdfs/pdfs_v8.9.0/GettingStarted.pdf

- [11] EnergyPlus. (2018). *Input Output Reference*. [en línea] [fecha de consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/nrel_custom/pdfs/pdfs_v8.9.0/InputOutputReference.pdf

- [12] Gómez, A, Cruz, G & Cobo-Reyes, A. Edificio de Centros de Investigación en el Campus Universitario de “Las Lagunillas”. Universidad de Jaén, Jaén, 2007.

- [13] Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. (2013). [en línea] [fecha de consulta: 16 marzo 2018]. Disponible en <https://www.idae.es>

- [14] Linares, P. (2009). Eficiencia energética y medio ambiente. *Información comercial Española, ICE: Revista de economía*, 547, 75-92.

- [15] Monserrat, S. Eficiencia energética en edificios residenciales y metodología para su calificación energética. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2012.

- [16] Moratilla, B, Linares, J, Cantizano, A & Cledera, M. (2010). *Eficiencia energética: tecnología y políticas de apoyo*. Madrid: Asociación de ingenieros de ACAI: Univerddidad Pontífica Comillas.

- [17] Moreno, R & Montes, M. (2004). La eficiencia energética en la industria española y las energías renovables. *Economía industrial*, 357, 141-164.
- [18] Reglamento instalaciones térmicas en los edificios (RITE). (2013). [en línea] [fecha de consulta: 19 19 marzo 2018]. Disponible en <http://www.mincotur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>
- [19] VPCLIMA Universidad Politécnica de Valencia UPV (2016, 6 de abril). 5_CAD_Genera3D / 6_CAD_CLIMA. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=ggjcuwH-e1s&feature=youtu.be>
- [20] VPCLIMA Universidad Politécnica de Valencia UPV (2016, 6 de abril). 6_EjemploCAD_GENERA_3D. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=cSlkwM-l5Ok&feature=youtu.be>

CAPÍTULO 8. ANEXOS

Anexo I. Observaciones sobre los software empleados

Genera3D:

Como ya se ha mencionado en la memoria, este programa facilita al usuario la introducción de la geometría de manera gráfica, permitiendo una correcta interpretación numérica del programa de simulación.

Entre las principales dificultades encontradas, es que se trata de un edificio geométricamente complejo, es decir, donde la superficie de los forjados de techos comparte posiblemente con varias superficies de los forjados de suelos vecinos de la planta superior, lo que hacía que existiesen zonas con huecos que se debían rellenar posteriormente mediante *EnergyPlus*.

Además, la lectura de coordenadas cartesianas de algunos de esos forjados resultaba ser engorrosa para el programa, lo que supuso un ajuste manual de las mismas para que dichos fallos quedasen resueltos.

También, si se considera un plano que contenga dimensiones en las que se llega a la unidad del milímetro (posibilidad cuando se va siguiendo el trazado del plano original en *AutoCAD*, quitando el grosor de los muros y dejando únicamente la superficie útil del espacio, como exige *Genera3D*), cada espacio que comparta un punto con las mismas coordenadas que su espacio vecino, las puede interpretar de forma diferente. Es decir, no medirán lo mismo variándose en la unidad del centímetro o milímetro, por lo que habría que ajustarlo igualmente en *EnergyPlus* para que este no detecte errores.

Como se indica en el manual, *Genera3D* interpreta únicamente los cerramientos exteriores, interiores y ventanas exteriores. Esto significa, que aquellos huecos como son las puertas y ventanas interiores se deberán introducir de forma manual desde el programa que realiza la simulación.

También, este programa contiene en sus carpetas un archivo de plantilla con extensión *“.idf”* modificable sobre el que se basa como modelo, para

introducir el edificio deseado. Asimismo, se tiene que tener en cuenta el eje de coordenadas que se emplea en *AutoCAD* a la hora de trazar el edificio, ya que por defecto *Genera3D* lo interpreta con coordenadas absolutas, lo que significaría que se tendría que trazar posicionando el origen referenciándose en el eje Universal si no se quiere modificar.

Como último detalle destacable, no es posible introducir espacios a diferentes alturas en una misma planta, ya que se va indicando la cota de la altura relativa de cada una, colocándose con respecto a su inmediata planta inferior. Igualmente, las ventanas hay que introducirlas considerando sus alturas con respecto a la planta a la que pertenecen.

EnergyPlus:

Respecto a las dificultades surgidas, es evidente que, al ser un programa totalmente alfanumérico, es complicado llegar a entenderlo en su totalidad, debido a la gran cantidad de datos de entrada (inputs) tan técnicos que requiere.

Hay que prestar especial atención a la pestaña de SimulationControl y las posibles salidas (outputs), por lo que se debe de saber interpretar el tipo de simulación que se desea, y conocer la gran cantidad de variables que este ofrece tras la realización de una primera simulación.

Además, los sistemas térmicos poseen un cierto grado de dificultad a la hora de introducirlos, no solo porque existen muchas variedades que van desde sistemas de climatización, hasta el uso de placas solares, calderas, etc. para el abastecimiento de ACS (en este caso, no hay constancia de la existencia de un sistema para este último), sino porque este programa está preparado para diseñar a partir de una serie de plantillas aportadas con la descarga del mismo. Si se desea realizar una modificación, hay que indagar en la programación y saber cómo ajustar dichos cambios, teniendo en cuenta que, aunque no presente ningún tipo de error, el programa no pueda interpretarlos correctamente y no se conozcan los motivos. En definitiva, es mejor vía de solución escoger un sistema equivalente al que se quiere simular.

Por otro lado, es común que aparezcan una gran cantidad de Warmings, advertencias que se pueden obviar; Severe Errors, los cuales se debería de considerar su corrección; y por último, Fatal Errors, que provocan que el programa deje de simular.

Pueden surgir muchos de ellos y muy diferentes, y no se saben las razones a simple vista, por lo que es recomendable asistir a la página web que se ha descrito en el **Capítulo 7**, denominada BigLadder, donde a través de su foro “Unmet-Hours” se realizarán las preguntas pertinentes, y con ayuda de los usuarios, desde expertos a principiantes, se tratará de encontrar la solución al problema; no solo de *EnergyPlus*, también de otros muchos programas energéticos existentes.

Anexo II. Datos de entrada específicos empleados en EnergyPlus

Las siguientes imágenes muestran los parámetros de simulación empleados:

Class List		Comments from IDF
Simulation Parameters		
[0001] Version		
[0001] SimulationControl		
[0001] Building		
[.....] ShadowCalculation		
[0001] SurfaceConvectionAlgorithm:Inside		
[0001] SurfaceConvectionAlgorithm:Outside		
[0001] HeatBalanceAlgorithm		
[.....] HeatBalanceSettings:ConductionFiniteDifference		
[0001] ZoneAirHeatBalanceAlgorithm		
[.....] ZoneAirContaminantBalance		
[.....] ZoneAirMassFlowConservation		
[.....] ZoneCapacitanceMultiplier:ResearchSpecial		
[0001] Timestep		
[.....] ConvergenceLimits		
[.....] HVACSystemRootFindingAlgorithm		
		Explanation of Object and
		Object Description: Note
		and Sizing:Plant objects.
		Sizing object will not caus
		fields set to No, the corre
		Note also, if you want to
		run or an error will result.
Field	Units	Obj1
Do Zone Sizing Calculation		Yes
Do System Sizing Calculation		Yes
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 8.1. Simulation Control.

Class List		Comments from IDF
Simulation Parameters		
[0001] Version		
[0001] SimulationControl		
[0001] Building		
[.....] ShadowCalculation		
[0001] SurfaceConvectionAlgorithm:Inside		
[0001] SurfaceConvectionAlgorithm:Outside		
[0001] HeatBalanceAlgorithm		
[.....] HeatBalanceSettings:ConductionFiniteDifference		
[0001] ZoneAirHeatBalanceAlgorithm		
[.....] ZoneAirContaminantBalance		
[.....] ZoneAirMassFlowConservation		
[.....] ZoneCapacitanceMultiplier:ResearchSpecial		
[0001] Timestep		
[.....] ConvergenceLimits		
[.....] HVACSystemRootFindingAlgorithm		
		Explanation of Object and
		Object Description: Descr
		of the building. There are
		this object and some entri
		Site:HeightVariation objec
		Field Description:
		ID: A1
Field	Units	Obj1
Name		UJaC6
North Axis	deg	40
Terrain		Suburbs
Loads Convergence Tolerance Value		0.04
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	0.4
Solar Distribution		FullExterior
Maximum Number of Warmup Days		25
Minimum Number of Warmup Days		6

Figura 8.2. Building.

Class List		Comments from IDF
Location and Climate		
[0001] Site:Location		
[.....] Site:VariableLocation		
[.....] SizingPeriod:DesignDay		
[0001] SizingPeriod:WeatherFileDays		
[.....] SizingPeriod:WeatherFileConditionType		
[0001] RunPeriod		
[.....] RunPeriod:CustomRange		
[0002] RunPeriodControl:SpecialDays		
[.....] RunPeriodControl:DaylightSavingTime		
[.....] WeatherProperty:SkyTemperature		
[.....] Site:WeatherStation		
[.....] Site:HeightVariation		
[0001] Site:GroundTemperature:BuildingSurface		
[.....] Site:GroundTemperature:FCfactorMethod		
[.....] Site:GroundTemperature:Shallow		
[.....] Site:GroundTemperature:Deep		

Field	Units	Obj1
Name		Diserio
Begin Month		1
Begin Day of Month		1
End Month		12
End Day of Month		31
Day of Week for Start Day		Monday
Use Weather File Daylight Saving Period		Yes
Use Weather File Rain and Snow Indicators		Yes

Figura 8.3. Design Period.

Class List		Comments from IDF
Location and Climate		
[0001] Site:Location		
[.....] Site:VariableLocation		
[.....] SizingPeriod:DesignDay		
[0001] SizingPeriod:WeatherFileDays		
[.....] SizingPeriod:WeatherFileConditionType		
[0001] RunPeriod		
[.....] RunPeriod:CustomRange		
[0002] RunPeriodControl:SpecialDays		
[.....] RunPeriodControl:DaylightSavingTime		
[.....] WeatherProperty:SkyTemperature		
[.....] Site:WeatherStation		
[.....] Site:HeightVariation		
[0001] Site:GroundTemperature:BuildingSurface		
[.....] Site:GroundTemperature:FCfactorMethod		
[.....] Site:GroundTemperature:Shallow		
[.....] Site:GroundTemperature:Deep		

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		UseWeatherFile
Use Weather File Holidays and Special Days		Yes
Use Weather File Daylight Saving Period		Yes
Apply Weekend Holiday Rule		Yes
Use Weather File Rain Indicators		Yes
Use Weather File Snow Indicators		Yes
Number of Times Runperiod to be Repeated		1
Increment Day of Week on repeat		Yes
Start Year		

Figura 8.4. Run Period.

Las siguientes figuras muestran los horarios finalmente considerados con el ajuste a la proporcionalidad de cargas:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
Name		Lab_OCU	Sub_OCU	Festive	Lab_LUJ	Sub_LUJ	MLab_OCU	MSab_OCU	MLab_LUJ	MSab_LUJ
Schedule Type Link Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Hour 1	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 2	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 3	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 4	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 5	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 6	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 7	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 8	values	0.3	0	0	0.1815	0	0.2	0	0.076	0
Hour 9	values	0.6	0	0	0.171	0	0.4	0	0.1615	0
Hour 10	values	0.6	0	0	0.171	0	0.4	0	0.133	0
Hour 11	values	0.6	0	0	0.171	0	0.4	0	0.133	0
Hour 12	values	0.6	0	0	0.152	0	0.4	0	0.133	0
Hour 13	values	0.6	0	0	0.152	0	0.4	0	0.133	0
Hour 14	values	0.6	0	0	0.152	0	0.4	0	0.133	0
Hour 15	values	0.15	0	0	0.0895	0	0.1	0	0.019	0
Hour 16	values	0.5	0	0	0.0895	0	0.3	0	0.019	0
Hour 17	values	0.5	0	0	0.114	0	0.3	0	0.076	0
Hour 18	values	0.5	0	0	0.114	0	0.3	0	0.076	0
Hour 19	values	0.5	0	0	0.151	0	0.3	0	0.133	0
Hour 20	values	0.3	0	0	0.152	0	0.3	0	0.133	0

Field	Units	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18
Name		MMLab_OCU	MMLab_LUJ	Lab_EQ	Sub_EQ	MLab_EQ	MSab_EQ	NADA	VRF_REF	VRF_CAL
Schedule Type Link Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Any Number	Temperature	Temperature
Hour 1	values	0	0	0	0	0	0	0	24	21
Hour 2	values	0	0	0	0	0	0	0	24	21
Hour 3	values	0	0	0	0	0	0	0	24	21
Hour 4	values	0	0	0	0	0	0	0	24	21
Hour 5	values	0	0	0	0	0	0	0	24	21
Hour 6	values	0	0	0	0	0	0	0	24	21
Hour 7	values	0	0	0	0	0	0	0	24	21
Hour 8	values	0.1	0.038	0.04	0	0.0225	0	0	24	21
Hour 9	values	0.1	0.038	0.04	0	0.0225	0	0	24	21
Hour 10	values	0.1	0.038	0.04	0	0.0225	0	0	24	21
Hour 11	values	0.1	0.038	0.04	0	0.0225	0	0	24	21
Hour 12	values	0.1	0.038	0.04	0	0.0225	0	0	24	21
Hour 13	values	0	0	0.04	0	0.0225	0	0	24	21
Hour 14	values	0	0	0.02	0	0.0075	0	0	24	21
Hour 15	values	0	0	0.02	0	0.0075	0	0	24	21
Hour 16	values	0	0	0.04	0	0.0225	0	0	24	21
Hour 17	values	0.1	0.038	0.04	0	0.0225	0	0	24	21
Hour 18	values	0.1	0.038	0.04	0	0.0225	0	0	24	21
Hour 19	values	0	0	0.04	0	0.0225	0	0	24	21
Hour 20	values	0	0	0.04	0	0.0225	0	0	24	21

Field	Units	Obj19	Obj20	Obj21	Obj22	Obj23	Obj24	Obj25	Obj26	Obj27
Name		VRF_Air_Lab	VRF_Air_Sub	VRF_Air_Fei	V_Lab_OCU	V_Lab_LUJ	V_MLab_OCU	V_MLab_LUJ	V_MMLab_OCU	V_MMLab_LUJ
Schedule Type Link Name		Any Number	Any Number	Any Number	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Hour 1	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 2	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 3	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 4	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 5	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 6	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 7	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 8	values	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 9	values	1	0	0	0.7	0.057	0.4	0.038	0.1	0.019
Hour 10	values	1	0	0	0.7	0.057	0.4	0.038	0.1	0.019
Hour 11	values	1	0	0	0.7	0.057	0.4	0.038	0.1	0.019
Hour 12	values	1	0	0	0.7	0.057	0.4	0.038	0.1	0.019
Hour 13	values	1	0	0	0.7	0.057	0.4	0.038	0.1	0.019
Hour 14	values	1	0	0	0.7	0.057	0.4	0.038	0.1	0.019
Hour 15	values	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 16	values	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 17	values	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 18	values	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 19	values	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 20	values	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Field	Units	Obj28	Obj29	Obj30	Obj31	Obj32	Obj33	Obj34	Obj35	Obj36
Name		V_Lab_EQ	V_MLab_EQ	V_VRF_Air_Lab	OCU_DesignPower	LUJ_DesignPower	MLab_OCU_Design	MLab_LUJ_Design	MMLab_OCU_Design	MMLab_LUJ_Design
Schedule Type Link Name		Fraction	Fraction	Any Number	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Hour 1	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 2	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 3	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 4	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 5	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 6	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 7	values	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hour 8	values	0	0	0	0.4	0.8	0.3	0.4	0.1	0.15
Hour 9	values	0.015	0.01	1	0.7	0.7	0.5	0.8	0.1	0.15
Hour 10	values	0.015	0.01	1	0.7	0.7	0.5	0.7	0.1	0.15
Hour 11	values	0.015	0.01	1	0.7	0.7	0.5	0.7	0.1	0.15
Hour 12	values	0.015	0.01	1	0.7	0.7	0.5	0.7	0.1	0.15
Hour 13	values	0.015	0.01	1	0.7	0.7	0.5	0.7	0	0
Hour 14	values	0.015	0.01	1	0.7	0.7	0.5	0.7	0	0
Hour 15	values	0	0	0	0.2	0.45	0.1	0.1	0	0
Hour 16	values	0	0	0	0.45	0.45	0.1	0.1	0	0
Hour 17	values	0	0	0	0.7	0.6	0.3	0.4	0.1	0.15
Hour 18	values	0	0	0	0.7	0.6	0.3	0.4	0.1	0.15
Hour 19	values	0	0	0	0.7	0.7	0.3	0.7	0	0
Hour 20	values	0	0	0	0.7	0.7	0.3	0.7	0	0

Obj27	Obj28	Obj29
Lab_EQ_DesignSur	MLab_EQ_DesignS	DesignWinInt
Fraction	Fraction	Fraction
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0.7	0.15	0
0.7	0.45	0
0.7	0.45	0
0.7	0.45	0
0.7	0.45	0
0.7	0.45	0
0.7	0.15	0
0.3	0.15	0
0.4	0.45	0
0.7	0.45	0
0.7	0.45	0
0.7	0.45	0
0.7	0.45	0

Figuras 8.5. Horarios diarios de ocupación, alumbrado, equipos y sistema de climatización.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		N_OCC_WEEK	M_OCC_WEEK	MM_OCC_WEEK	VACACIONES	N_OCC_WEEK	M_OCC_WEEK	MM_OCC_WEEK	N_OCC_WEEK	M_OCC_WEEK	APAGADO
Sunday Schedule Day Name		Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos
Monday Schedule Day Name		Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Festivos	Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Lab_OCC	MLab_OCC	NADA
Tuesday Schedule Day Name		Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Festivos	Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Lab_OCC	MLab_OCC	NADA
Wednesday Schedule Day Name		Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Festivos	Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Lab_OCC	MLab_OCC	NADA
Thursday Schedule Day Name		Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Festivos	Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Lab_OCC	MLab_OCC	NADA
Friday Schedule Day Name		Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Festivos	Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Lab_OCC	MLab_OCC	NADA
Saturday Schedule Day Name		Sab_OCC	MSab_OCC	Festivos	Festivos	Sab_OCC	MSab_OCC	Festivos	Lab_OCC	MSab_OCC	NADA
Holiday Schedule Day Name		Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos
SummerDesignDay Schedule Day Name		OCU_DesignSur	MLab_OCC_Design	MM_Lab_OCC_Design	Festivos	OCU_DesignSur	MLab_OCC_Design	MM_Lab_OCC_Design	Lab_OCC_Design	MLab_OCC_Design	NADA
WinterDesignDay Schedule Day Name		DesignWinInt	DesignWinInt	DesignWinInt	Festivos	DesignWinInt	DesignWinInt	DesignWinInt	DesignWinInt	DesignWinInt	Festivos
CustomDay1 Schedule Day Name		Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Festivos	Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Lab_OCC	MLab_OCC	NADA
CustomDay2 Schedule Day Name		Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Festivos	Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Lab_OCC	MLab_OCC	NADA

Field	Units	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18	Obj19	Obj20
Name		REF_Sched	CAL_Sched	VRF_Avi	V_M_OCC_WEEK	V_M_OCC_WEEK	V_MM_OCC_WEEK	V_N_OCC_WEEK	V_M_OCC_WEEK	V_MM_OCC_WEEK	V_N_OCC_WEEK
Sunday Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Fes	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos
Monday Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Lab	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC
Tuesday Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Lab	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC
Wednesday Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Lab	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC
Thursday Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Lab	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC
Friday Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Lab	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC
Saturday Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Fes	Sab_OCC	MSab_OCC	Festivos	Sab_OCC	MSab_OCC	Festivos	Sab_OCC
SummerDesignDay Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Lab	Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Lab_OCC	MLab_OCC	MM_Lab_OCC	Lab_OCC
WinterDesignDay Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Lab	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos	Festivos
CustomDay1 Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Lab	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC
CustomDay2 Schedule Day Name		VRF_REF	VRF_CAL	VRF_Avi_Lab	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC	V_MLab_OCC	V_MMLab_OCC	V_Lab_OCC

Obj21	Obj22
V_M_OCC_WEEK	V_VRF_Avi
Festivos	V_VRF_Avi_Fes
V_MLab_EQ	V_VRF_Avi_Lab
V_MLab_EQ	V_VRF_Avi_Lab
V_MLab_EQ	V_VRF_Avi_Lab
V_MLab_EQ	V_VRF_Avi_Lab
V_MLab_EQ	V_VRF_Avi_Lab
MSab_EQ	V_VRF_Avi_Sab
Festivos	V_VRF_Avi_Fes
MLab_EQ	V_VRF_Avi_Lab
Festivos	V_VRF_Avi_Lab
V_MLab_EQ	V_VRF_Avi_Lab
V_MLab_EQ	V_VRF_Avi_Lab

Figuras 8.6. Horarios semanales de ocupación, alumbrado, equipos y sistema de climatización.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Name		N_OCCU	M_OCCU	MM_OCCU	N_ILU	M_ILU	MM_ILU	N_EQ	M_EQ
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Schedule/Week Name 1		VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES
Start Month 1		1	1	1	1	1	1	1	1
Start Day 1		1	1	1	1	1	1	1	1
End Month 1		1	1	1	1	1	1	1	1
End Day 1		7	7	7	7	7	7	7	7
Schedule/Week Name 2		N_OCCU_WEEK	M_OCCU_WEEK	MM_OCCU_WEEK	N_ILU_WEEK	M_ILU_WEEK	MM_ILU_WEEK	N_EQ_WEEK	M_EQ_WEEK
Start Month 2		1	1	1	1	1	1	1	1
Start Day 2		8	8	8	8	8	8	8	8
End Month 2		2	2	2	2	2	2	2	2
End Day 2		27	27	27	27	27	27	27	27
Schedule/Week Name 3		VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES
Start Month 3		3	3	3	3	3	3	3	3
Start Day 3		24	24	24	24	24	24	24	24
End Month 3		4	4	4	4	4	4	4	4
End Day 3		1	1	1	1	1	1	1	1
Schedule/Week Name 4		N_OCCU_WEEK	M_OCCU_WEEK	MM_OCCU_WEEK	N_ILU_WEEK	M_ILU_WEEK	MM_ILU_WEEK	N_EQ_WEEK	M_EQ_WEEK
Start Month 4		4	4	4	4	4	4	4	4
Start Day 4		2	2	2	2	2	2	2	2
End Month 4		4	4	4	4	4	4	4	4
End Day 4		30	30	30	30	30	30	30	30

Obj1	Obj10	Obj11	Obj12
CLIMA_F_Sched	CLIMA_C_Sched	CLIMA_Sched	Clima_Air
Temperature	Temperature	Temperature	Any Number
RFF_Sched	CAL_Sched	CAL_Sched	ANUCLADO
1	1	1	1
1	1	1	1
12	12	5	1
21	21	31	7
		RFF_Sched	WHF_Air
		5	1
		5	2
		30	27
		CAL_Sched	ANUCLADO
		10	3
		1	24
		12	4
		31	1
			WHF_Air
			4
			2
			4
			30

Figuras 8.7. Horarios anuales de ocupación, alumbrado, equipos y sistema de climatización.

Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Always On	Always Off	INFIL-SCH	HVACTemplate-Air	HVACTemplate-Air	HVACTemplate-Air
Fraction	Fraction	Fraction	HVACTemplate-Air	HVACTemplate-Air	HVACTemplate-Air
Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 3/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00	Unit: 24:00
1	0	1	4	0	1
		Through: 10/31			
		For: AllDays			
		Unit: 24:00			
		0			
		Through: 12/31			
		For: AllDays			
		Unit: 24:00			
		1			

Figura 8.8. Horarios de encendido, apagado y control del termostato.

Field	Units	Obj1
Name		ACTIVITY_OCCU
Schedule Type Limits Name		Any Number
Hourly Value	varies	104,76

Figura 8.9. Horario de actividad metabólica.

Field	Units	0b1	0b2	0b3	0b4	0b5	0b6	0b7	0b8	0b9
Name		CARGA_1_OCU	CARGA_4_OCU	CARGA_2_OCU	2_CARGA_1_OCU	CARGA_21_OCU	CARGA_11_OCU	2_CARGA_11_OCU	CARGA_7_OCU	2_CARGA_7_OCU
Zone or ZoneList Name		OCU_Altosoles	OCU_Antesoles	OCU_BajasAves	P1_E14	P1_E34	P2_E58	P3_E36	P1_E4	P1_E3
Number of People Schedule Name		M_OCU	M_OCU	M_OCU	N_OCU	M_OCU	M_OCU	M_OCU	M_OCU	N_OCU
Number of People Calculation Method		People	People	People	People	People	People	People	People	People
Number of People		1	4	2	1	21	11	11	7	7
People per Zone Floor Area	person/m2									
Zone Floor Area per Person	m2/person	46	1	2						
Fraction Radiant		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU
Carbon Dioxide Generation Rate	cd/m2	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Single Factor List Name										
Work Efficiency Schedule Name										
Cooling Insulation Calculation Method		CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc
Cooling Insulation Calculation Method Schedule Name										

Field	Units	0b10	0b11	0b12	0b13	0b14	0b15	0b16	0b17	0b18
Name		CARGA_6_OCU	CARGA_10_OCU	CARGA_3_OCU	3_CARGA_1_OCU	CARGA_10_OCU	2_CARGA_2_OCU	3_CARGA_2_OCU	4_CARGA_2_OCU	5_CARGA_2_OCU
Zone or ZoneList Name		P1_E42	P1_E35	P1_E36	OCU_Despachos	OCU_SeminariosSal	P3_E13	P3_E17	P3_E21	P3_E29
Number of People Schedule Name		N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU
Number of People Calculation Method		People	People	People	People	People	People	People	People	People
Number of People		6	10	2	1	10	2	2	2	2
People per Zone Floor Area	person/m2									
Zone Floor Area per Person	m2/person									
Fraction Radiant		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU
Carbon Dioxide Generation Rate	cd/m2	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Single Factor List Name										
Work Efficiency Schedule Name										
Cooling Insulation Calculation Method		CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc
Cooling Insulation Calculation Method Schedule Name										

Field	Units	0b19	0b20	0b21	0b22	0b23	0b24	0b25	0b26	0b27
Name		6_CARGA_2_OCU	7_CARGA_2_OCU	2_CARGA_3_OCU	3_CARGA_3_OCU	4_CARGA_3_OCU	CARGA_20_OCU	CARGA_10_OCU	3_CARGA_7_OCU	2_CARGA_30_OCU
Zone or ZoneList Name		P3_E31	P3_E34	P3_E36	P3_E29	P3_E32	P3_E27	P1_E21	P1_E26	P3_E38
Number of People Schedule Name		N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU
Number of People Calculation Method		People	People	People	People	People	People	People	People	People
Number of People		2	2	3	3	3	20	10	7	20
People per Zone Floor Area	person/m2									
Zone Floor Area per Person	m2/person									
Fraction Radiant		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU
Carbon Dioxide Generation Rate	cd/m2	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Single Factor List Name										
Work Efficiency Schedule Name										
Cooling Insulation Calculation Method		CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc
Cooling Insulation Calculation Method Schedule Name										

0b28	0b29	0b30	0b31
2_CARGA_10_OCU	4_CARGA_7_OCU	3_CARGA_20_OCU	5_CARGA_7_OCU
P1_E41	P1_E23	P3_E39	P5_E2
N_OCU	N_OCU	N_OCU	N_OCU
People	People	People	People
10	7	20	7
0.3	0.3	0.3	0.3
autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU	ACTIVITY_OCU
0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382
No	No	No	No
ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc	CoolingInsulationSc

Figuras 8.10. Carga de ocupación.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		30_CARGA_ILU	30_CARGA_ILU_2	630_CARGA_ILU	640_CARGA_ILU	36_CARGA_ILU	36_CARGA_ILU_2	52_CARGA_ILU	670_CARGA_ILU	76_CARGA_ILU	1408_CARGA_ILU
Zone or ZoneList Name		ILU_Almacen/Alm	ILU_Salas maquinas	ILU_Laboratorio Ceb	ILU_Agroa/Laborat	ILU_Accesorio	ILU_Acceso	ILU_Vestibulo T_2	ILU_Seminarios/5	ILU_Banco/Ingen	ILU_Vestibulo par
Schedule Name		N_ILU	MM_ILU	N_ILU	N_ILU	Always On	N_ILU	M_ILU	N_ILU	N_ILU	N_ILU
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	90	90	630	580	36	36	52	670	76	1408
Watts per Zone Floor Area	W/m2										
Watts per Person	W/person										
Return Air Fraction		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fraction Radiant		0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Fraction Visible		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Fraction Radiant/Visible		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
End Use Subcategory											
Return Air Fraction Calculated from Plenary Temperature											

Field	Units	Obj11	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18	Obj19	Obj20
Name		430_CARGA_ILU	216_CARGA_ILU	168_CARGA_ILU	280_CARGA_ILU	49_CARGA_ILU	49_CARGA_ILU_2	280_CARGA_ILU	192_CARGA_ILU	1184_CARGA_ILU	144_CARGA_ILU
Zone or ZoneList Name		ILU_Laboratorio Pri	ILU_Paillero	ILU_Despachos	ILU_Despachos Di	ILU_Casillas	ILU_Archivos	ILU_Zonas escalas	ILU_Vestibulos	PT_E1	PT_E14
Schedule Name		N_ILU	N_ILU	N_ILU	N_ILU	MM_ILU	N_ILU	M_ILU	M_ILU	N_ILU	N_ILU
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	430	216	168	280	49	49	280	192	1184	144
Watts per Zone Floor Area	W/m2										
Watts per Person	W/person										
Return Air Fraction		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fraction Radiant		0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Fraction Visible		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Fraction Radiant/Visible		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
End Use Subcategory											

Obj21	Obj22	Obj23	Obj24	Obj25	Obj26	Obj27	Obj28
147_CARGA_ILU	233_CARGA_ILU	110_CARGA_ILU	1260_CARGA_ILU	147_CARGA_ILU_2	294_CARGA_ILU	73_CARGA_ILU	1708_CARGA_ILU
PT_E17	PT_E18	ILU_Almacenes 1_2	PT_E35	PT_E39	PT_E43	P5_E1	ILU_Paillero princps
MM_ILU	MM_ILU	N_ILU	N_ILU	MM_ILU	MM_ILU	M_ILU	N_ILU
LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
147	233	110	1260	147	294	73	1708
0	0	0	0	0	0	0	0
0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0	0	0	0	0	0	0	0

Figuras 8.11. Carga de iluminación.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
Name		600_CARGA_EQ	1500_CARGA_EQ	250_CARGA_EQ	150_CARGA_EQ_2	440_CARGA_EQ	450_CARGA_EQ	1000_CARGA_EQ	2_1000_CARGA_EQ	950_CARGA_EQ
Zone or ZoneList Name		EQ_Almacen/Alm	EQ_Laboratorio	EQ_Convenc	EQ_Despachos	EQ_Vestibulo/Bof	EQ_Seminarios/Sal	EQ_Ahorreaciones	EQ_Riboteco	EQ_Sala vigilancia
Schedule Name		N_EQ	N_EQ	N_EQ	N_EQ	M_EQ	N_EQ	N_EQ	N_EQ	N_EQ
Design Level Calculation Method		EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel	EquipmentLevel
Design Level	W	600	1500	250	150	440	450	1000	1000	950
Watts per Zone Floor Area	W/m2									
Watts per Person	W/person									
Fraction Latent		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fraction Radiant		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Fraction Latent		0	0	0	0	0	0	0	0	0

Obj10	Obj11
2475_CARGA_EQ	150_CARGA_EQ
EQ_Salas maquinas	EQ_Salas maquinas
Always On	Always On
EquipmentLevel	EquipmentLevel ▾
2475	150
0	0
0.3	0.3
0	0

Figuras 8.12. Carga de equipamiento.

Anexo III. Características de los sistemas de climatización instalados

Cada sistema VRF sirve a las siguientes zonas:

SISTEMA 1

- Tratamiento del aire exterior de ventilación del sector 1 (vestíbulo y zonas generales de circulación de plantas baja, primera y segunda).
- Tratamiento del aire exterior de ventilación del sector 2. CAAI.
- Tratamiento del resto de cargas del sector 2. CAAI.

SISTEMA 2

- Tratamiento del aire exterior de ventilación del sector 3. CI-1.
- Tratamiento del resto de cargas del sector 3. CI-1.

SISTEMA 3

- Tratamiento del aire exterior de ventilación del sector 4. CI-2.
- Tratamiento del resto de cargas del sector 4. CI-2.

SISTEMA 4

- Tratamiento del aire exterior de ventilación del sector 7. Sala de vigilancia.
- Tratamiento del resto de cargas del sector 7. Sala de vigilancia.

(En este caso, el tratamiento del aire exterior se realiza a través de las propias unidades de techo, ya que por el caudal de ventilación necesario es antieconómico colocar una unidad de conductos independiente).

- Unidades exteriores:

MMY-MAP0801-HT8 U.E. SMMS 2 tubos R-410a 8HP (Inverter)

Ud. Exterior VRF dos tubos, frío y bomba de calor simultáneos serie SMMS de la marca TOSHIBA con refrigerante R-410a, de las siguientes características:

Marca: TOSHIBA

Modelo: MMY-MAP0801HT8 (8 HP)

- 2 x Compresores rotativos DC Inverter de 2,3 kW cada uno.
- Control de capacidad desde el 10% al 100% con capacidad simultánea de un 135% con respecto a la capacidad instalada en unidades interiores.
- Condiciones: 35°C bulbo seco en exterior, y 19°C bulbo húmedo en interior.

Capacidad Frigorífica: 22,4 kW

Consumo: 5,67 kW

EER = 3,95

- Condiciones: 20°C bulbo seco en el interior, y 7°C bulbo húmedo en exterior.

Capacidad Calorífica: 25 kW

Consumo: 5,88 kW

COP = 4,25

- Tensión eléctrica: 3-380+N+T

- Nivel sonoro: 57 db (A)

- 1 x Ventilador DC Inverter (9.900 m³/h)

- Máximo número de ud. Interiores = 13

- Dimensiones:

Alto: 1800 mm

Ancho: 990 mm

Profundo: 750 mm

Peso: 258 kg

MMY-MAP4801-HT8 U.E. SMMS 2 tubos R-410a 48HP (Inverter)

Ud. Exterior VRF dos tubos, frío y bomba de calor simultáneos serie SMMS de la marca TOSHIBA con refrigerante R-410a, de las siguientes características:

Marca: TOSHIBA

Modelo: MMY-MAP4601HT8 (46 HP)

Combinación de cuatro UE (MMY-):

4 x -AP1201 (12HP)

- 8 x Compresores rotativos DC Inverter de:

8 x 4,2 kW

- Control de capacidad desde el 10% al 100% con capacidad simultánea de un 135% con respecto a la capacidad instalada en unidades interiores.

- Condiciones: 35°C bulbo seco en exterior, y 19°C bulbo húmedo en interior.

Capacidad Frigorífica: 135 kW

Consumo: 49,67 kW

EER = 2,72

- Condiciones: 20°C bulbo seco en el interior, y 7°C bulbo húmedo en exterior.

Capacidad Calorífica: 150 kW

Consumo: 41,8 kW

COP = 3,59

- Tensión eléctrica: 3-380+N+T

- Nivel sonoro: 65 db (A)

- 1 x Ventilador DC Inverter (9.900 m³/h)

- Máximo número de ud. Interiores = 48

- Dimensiones:

Alto: 1800 mm

Ancho: 3960 mm

Profundo: 750 mm

Peso: 1032 kg

- Unidades interiores:

MMUAP0121MH, (1HP) - 2,8 KW

Ud. Interior VRF inverter, bomba de calor. Serie SMMS.

Tipo cassette de 4 vías de 60x60, marca TOSHIBA de las siguientes características:

Válvula de expansión electrónica para regulación del flujo de refrigerante con control PID (proporcionalintegral-diferencial).

Sensor de presión para regulación del flujo y equilibrado del sistema.

Variación automática y manual de la dirección del flujo de aire.

Control de temperatura individual por microprocesador.

Capacidad nominal:

Capacidad frigorífica: 3.600 W

Capacidad calorífica: 4.000 W

Refrigerante de trabajo: R-410a

Dimensiones:

Alto: 268 mm

Ancho: 575 mm

Profundo: 575 mm

Peso: 17 kg
Tensión eléctrica: 1-220+T
Conexión de líneas:
Gas: 3/8"
Líquido: 1/4"
Consumo eléctrico: 0,038 kW
Panel:
Dimensiones panel:
Alto: 27 mm
Ancho: 700 mm
Profundo: 700 mm
Peso panel: 3 kg

MMUAP0151MH (1,7HP) - 4,5 kW

Ud. Interior VRF inverter, bomba de calor. Serie SMMS.

Tipo cassette de 4 vías de 60x60, marca TOSHIBA de las siguientes características:

Válvula de expansión electrónica para regulación del flujo de refrigerante con control PID (proporcional-integral-diferencial).

Sensor de presión para regulación del flujo y equilibrado del sistema.

Variación automática y manual de la dirección del flujo de aire.

Control de temperatura individual por microprocesador.

Capacidad nominal:

Capacidad frigorífica: 4.500 W

Capacidad calorífica: 5.000 W

Refrigerante de trabajo: R-410a

Dimensiones:

Alto: 268 mm

Ancho: 575 mm

Profundo: 575 mm

Peso: 17 kg

Tensión eléctrica: 1-220+T

Conexión de líneas:

Gas: 1/2"

Líquido: 1/4"

Consumo eléctrico: 0,041 kW

Panel:

Dimensiones panel:

Alto: 27 mm

Ancho: 700 mm

Profundo: 700 mm

Peso panel: 3 kg

MMUAP0181MH (2HP) - 5,6 kW

Ud. Interior VRF inverter, bomba de calor. Serie SMMS.

Tipo cassette de 4 vías de 60x60, marca TOSHIBA de las siguientes características:

Válvula de expansión electrónica para regulación del flujo de refrigerante con control PID (proporcionalintegral-diferencial).

Sensor de presión para regulación del flujo y equilibrado del sistema.

Variación automática y manual de la dirección del flujo de aire.

Control de temperatura individual por microprocesador.

Capacidad nominal:

Capacidad frigorífica: 5.600 W

Capacidad calorífica: 6.300 W

Refrigerante de trabajo: R-410a

Dimensiones:

Alto: 268 mm

Ancho: 575 mm

Profundo: 575 mm

Peso: 17 kg

Tensión eléctrica: 1-220+T

Conexión de líneas:

Gas: 1/2"

Líquido: 1/4"

Consumo eléctrico: 0,052 kW

Panel:

Dimensiones panel:

Alto: 27 mm

Ancho: 700 mm

Profundo: 700 mm

Peso panel: 3 kg

MMKAP0072H (0,8HP) - 2,2 kW

Ud. Interior VRF inverter, bomba de calor. Serie SMMS.

Tipo PARED, marca TOSHIBA de las siguientes características:

Válvula de expansión electrónica para regulación del flujo de refrigerante con control PID (proporcionalintegral-diferencial)

Sensor de presión para regulación del flujo y equilibrado del sistema.

Variación automática y manual de la dirección del flujo de aire.

Control de temperatura individual por microprocesador.

Capacidad nominal:

Capacidad frigorífica: 2.200 W

Capacidad calorífica: 2.500 W

Refrigerante de trabajo: R-410a

Dimensiones:

Alto: 275 mm

Ancho: 790 mm

Profundo: 208 mm

Peso: 11 kg

Nivel sonoro (A/M/B): 35/32/29 db(A)

Tensión eléctrica: 1-220+T

Conexión de líneas:

Gas: 3/8"

Líquido: 1/4"

Caudal de aire (A/M/B): 480/420/360 (m³/h)

Consumo eléctrico: 0,017 kW

MMDAP0481HFE (5HP) – 14 kW

Ud. Interior VRF inverter, bomba de calor. Serie SMMS.

Tipo 100% AIRE EXTERIOR, marca TOSHIBA de las siguientes características:

Válvula de expansión electrónica para regulación del flujo de refrigerante con control PID (proporcionalintegral-diferencial).

Sensor de presión para regulación del flujo y equilibrado del sistema.

Variación automática y manual de la dirección del flujo de aire.

Control de temperatura individual por microprocesador.

Capacidad nominal:

Capacidad frigorífica: 14.000 W

Capacidad calorífica: 8.900 W

Refrigerante de trabajo: R-410a

Dimensiones:

Alto: 492 mm

Ancho: 892 mm

Profundo: 1262 mm

Peso: 93 kg

Nivel sonoro (A/M/B): 41/43/45 db(A)

Tensión eléctrica: 1-220+T

Conexión de líneas:

Gas: 5/8"

Líquido: 3/8"

Caudal de aire (A/M/B): 756/1188 (m³/h)

Consumo eléctrico: 0,28/0,34 kW

Presión estática:

Nominal: 210 Pa / Máxima: 215 Pa

MMDAP0721HFE (8HP) - 22,4 kW

Ud. Interior VRF inverter, bomba de calor. Serie SMMS.

Tipo 100% AIRE EXTERIOR, marca TOSHIBA de las siguientes características:

Válvula de expansión electrónica para regulación del flujo de refrigerante con control PID (proporcionalintegral-diferencial).

Sensor de presión para regulación del flujo y equilibrado del sistema.

Variación automática y manual de la dirección del flujo de aire.

Control de temperatura individual por microprocesador.

Capacidad nominal:

Capacidad frigorífica: 22.400 W

Capacidad calorífica: 13.900 W

Refrigerante de trabajo: R-410a

Dimensiones:

Alto: 492 mm

Ancho: 1392 mm

Profundo: 1262 mm

Peso: 144 kg

Nivel sonoro (A/M/B): 44/45/46 db(A)

Tensión eléctrica: 1-220+T

Conexión de líneas:

Gas: 7/8"

Líquido: 1/2"

Caudal de aire (A/M/B): 1176/1848 (m³/h)

Consumo eléctrico: 0,45/0,55 kW

Presión estática:

Nominal: 165 Pa / Máxima: 210 Pa

MMDAP0961HFE (10HP) - 28,0 kW

Ud. Interior VRF inverter, bomba de calor. Serie SMMS.

Tipo 100% AIRE EXTERIOR, marca TOSHIBA de las siguientes características:

Válvula de expansión electrónica para regulación del flujo de refrigerante con control PID (proporcionalintegral-diferencial).

Sensor de presión para regulación del flujo y equilibrado del sistema.

Variación automática y manual de la dirección del flujo de aire.

Control de temperatura individual por microprocesador.

Capacidad nominal:

Capacidad frigorífica: 28.000 W

Capacidad calorífica: 17.400 W

Refrigerante de trabajo: R-410a

Dimensiones:

Alto: 492 mm

Ancho: 1392 mm

Profundo: 1262 mm

Peso: 144 kg

Nivel sonoro (A/M/B): 44/45/46 db(A)

Tensión eléctrica: 1-220+T

Conexión de líneas:

Gas: 7/8"

Líquido: 1/2"

Caudal de aire (A/M/B): 1470/2310 (m³/h)

Consumo eléctrico: 0,52/0,65 kW

Presión estática:

Nominal: 190 Pa / Máxima: 180 Pa

Anexo IV. Plano de emplazamiento del edificio

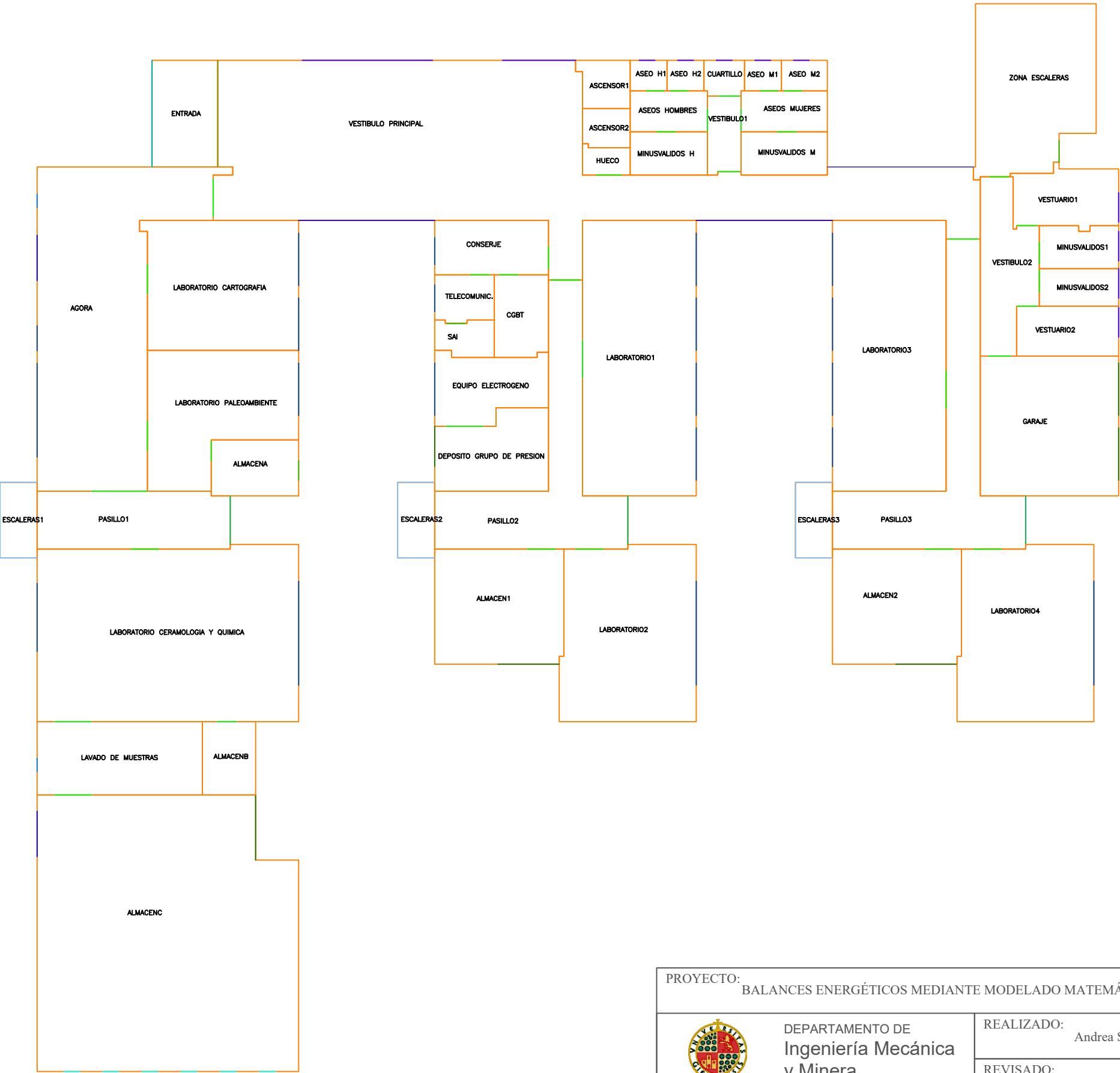


A-2	LABORATORIOS DOCENTES Y SERVICIOS DE INVESTIGACIÓN
A-3	EDIFICIO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
A-4	AULADOR CESAREO RODRIGUEZ AGUILERA
B-1	RECTORADO
B-2	BIBLIOTECA
B-3	CIENCIAS EXPERIMENTALES Y DE LA SALUD
B-4	AULADOR FLORES DE LENIUS
B-5	AULADOR COELLO DE PORTUGAL Y QUESADA
C-1	DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE CENTROS
C-2	BACHILLER PEREZ DE MOYA
C-3	AULADOR JUAN DE MARTA CARRAZO
D-1	EDIFICIO ZABALETA
D-2	HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
D-3	CIENCIAS SOCIALES Y JURIDICAS

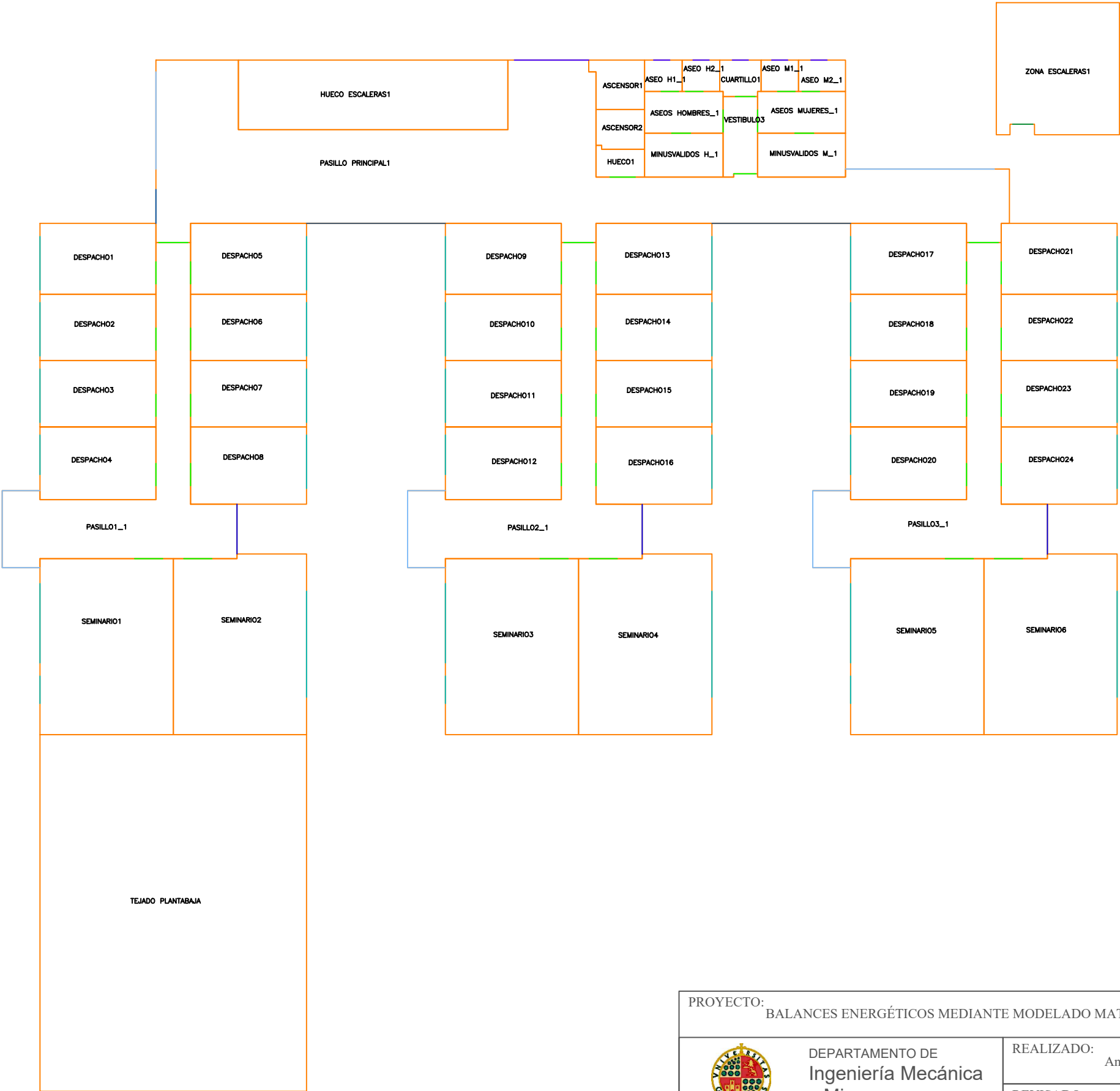
ARSENIO COBO-REYES GIL

1-10-2018

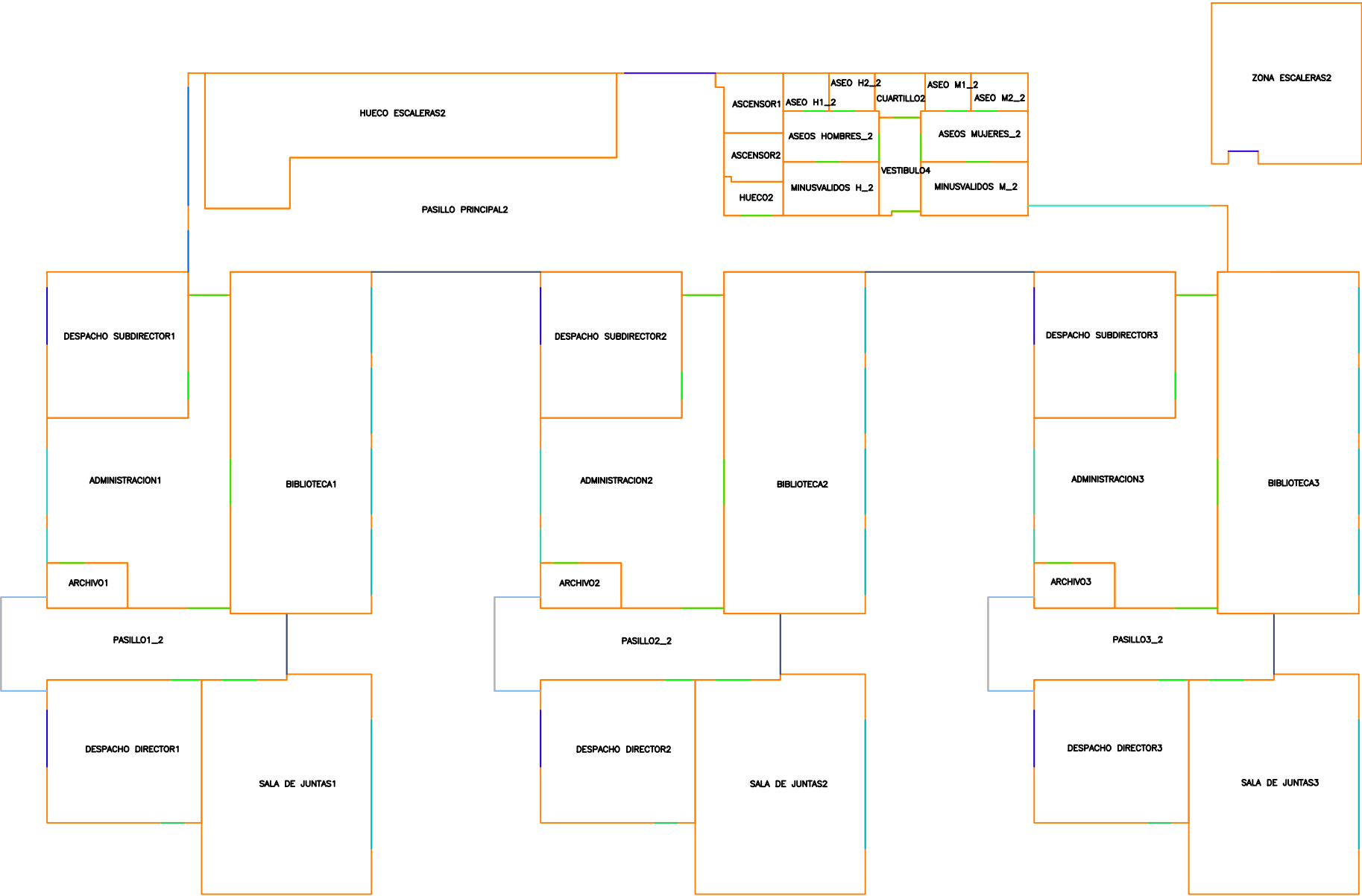
Anexo V. Planos de distribución del edificio



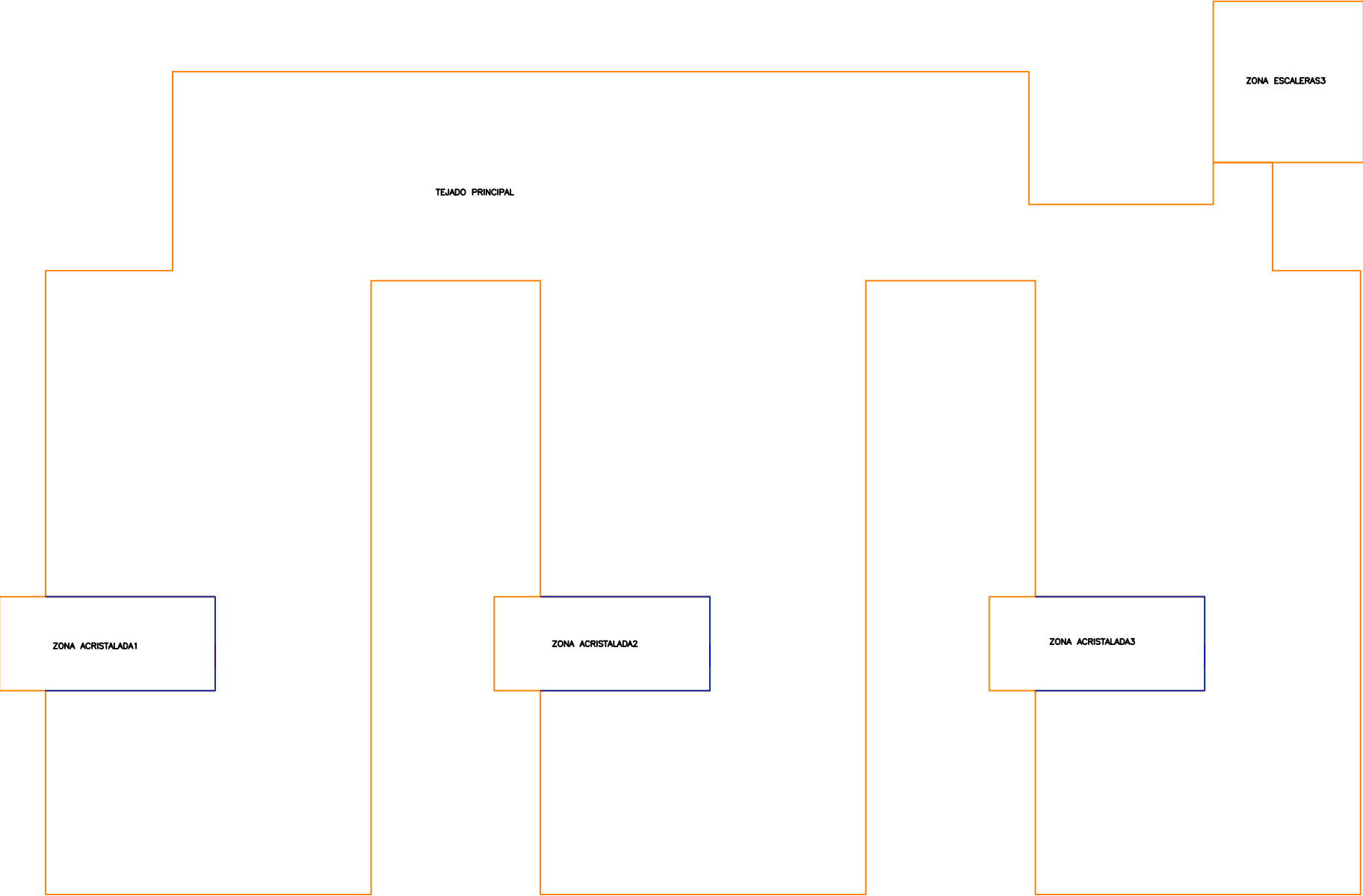
PROYECTO: BALANCES ENERGÉTICOS MEDIANTE MODELADO MATEMÁTICO DEL EDIFICIO C6 DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN				
 DEPARTAMENTO DE Ingeniería Mecánica y Minera Universidad de Jaén	REALIZADO: Andrea Sánchez Robles	Fecha: Sep-18	Firma:	
	REVISADO: Fernando A. Cruz Peragón	Fecha:	Firma:	
TÍTULO/SUBTÍTULO: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA BAJA		Tipo de documento: Plano Genera3D	Escala: 1:200	Nº identif.: 1



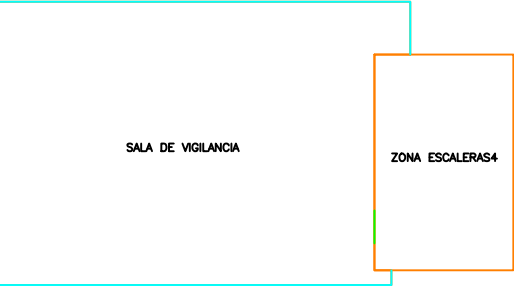
PROYECTO: BALANCES ENERGÉTICOS MEDIANTE MODELADO MATEMÁTICO DEL EDIFICIO C6 DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN				
 DEPARTAMENTO DE Ingeniería Mecánica y Minera Universidad de Jaén	REALIZADO: Andrea Sánchez Robles	Fecha: Sep-18	Firma:	
	REVISADO: Fernando A. Cruz Peragón	Fecha:	Firma:	
TÍTULO/SUBTÍTULO: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PRIMERA PLANTA		Tipo de documento: Plano Genera3D	Escala: 1:200	Nº identif.: 2



PROYECTO: BALANCES ENERGÉTICOS MEDIANTE MODELADO MATEMÁTICO DEL EDIFICIO C6 DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN				
 DEPARTAMENTO DE Ingeniería Mecánica y Minera Universidad de Jaén	REALIZADO:	Andrea Sánchez Robles	Fecha: Sep-18	Firma:
	REVISADO:	Fernando A. Cruz Peragón	Fecha:	Firma:
TÍTULO/SUBTÍTULO:		Tipo de documento:	Escala:	Nº identif.:
PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE SEGUNDA PLANTA		Plano Genera3D	1:200	3



PROYECTO: BALANCES ENERGÉTICOS MEDIANTE MODELADO MATEMÁTICO DEL EDIFICIO C6 DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN				
 DEPARTAMENTO DE Ingeniería Mecánica y Minera Universidad de Jaén	REALIZADO:	Andrea Sánchez Robles	Fecha:	Sep-18
	REVISADO:	Fernando A. Cruz Peragón	Fecha:	
TÍTULO/SUBTÍTULO:		Tipo de documento:	Escala:	Nº identif.:
PLANO DE TEJADO		Plano Genera3D	1:200	4



PROYECTO: BALANCES ENERGÉTICOS MEDIANTE MODELADO MATEMÁTICO DEL EDIFICIO C6 DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN				
 DEPARTAMENTO DE Ingeniería Mecánica y Minera Universidad de Jaén	REALIZADO: Andrea Sánchez Robles		Fecha: Sep-18	Firma:
	REVISADO: Fernando A. Cruz Peragón		Fecha:	Firma:
TÍTULO/SUBTÍTULO: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE TORRE DE VIGILANCIA		Tipo de documento: Plano Genera3D	Escala: 1:200	Nº identif.: 5



PROYECTO DE:		EDIFICIO DE CENTROS DE INVESTIGACION EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE " LAS LAGUNILLAS"	
LOCALIDAD: -- JAEN --			
PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAEN			
ESCALA	1 : 100	PLANO Nº: 02	
DIBUJADO	J.GARRIDO		
SUSTITUYE A			
SUSTITUIDO POR			
Nº EXPEDIENTE	06 / 20		
FECHA	JUNIO-07		

PLANO DE:

PLANTA BAJA
DISTRIBUCION

NOTA:

GOMEZ • CRUZ • COBO
ARQUITECTOS
www.gomezcruzcobo.com

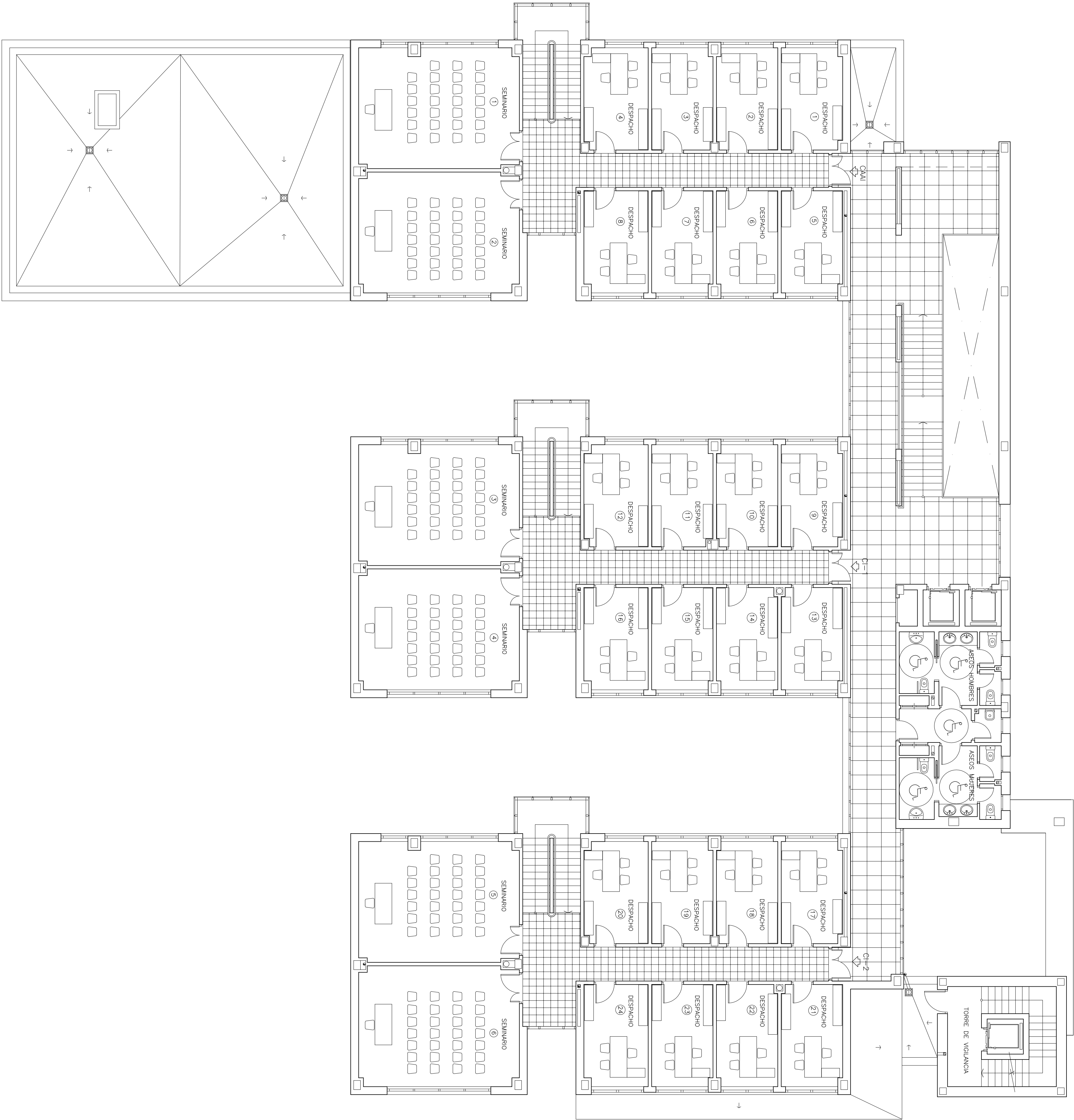
AUTORES DEL PROYECTO:

ANGEL GOMEZ RUBIO

GREGORIO CRUZ MARTINEZ

ARSENIO COBO-REYES GIL



PLANTA PRIMERA
DISTRIBUCION

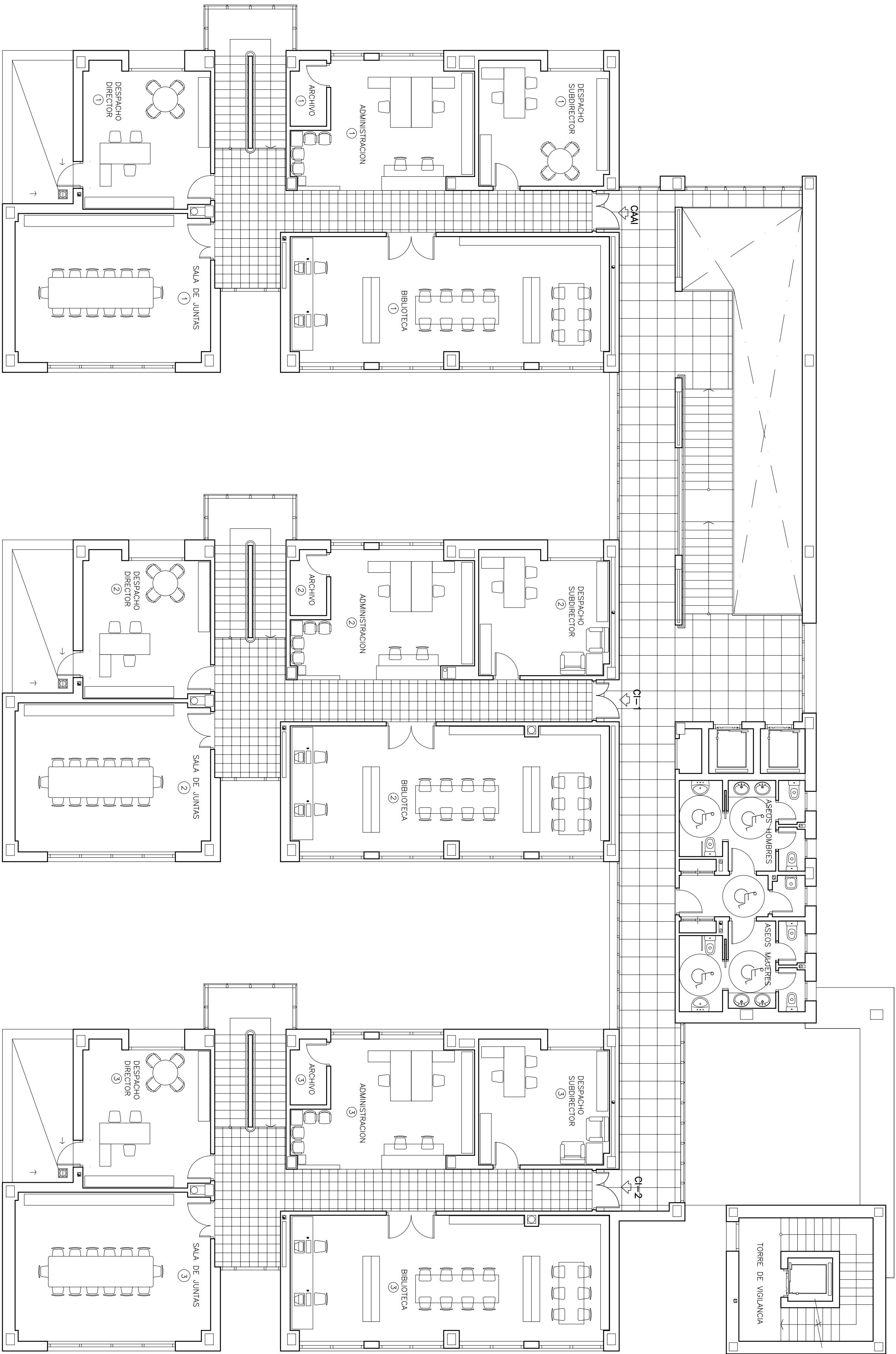
PROYECTO DE:			
EDIFICIO DE CENTROS DE INVESTIGACION EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE " LAS LAGUNILLAS "			
LOCALIDAD: – JAEN –			
PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAEN			
ESCALA	1 : 100		
DIBUJADO	J.GARRIDO		
SUSTITUYE A		PLANO Nº:	
SUSTITUIDO POR			
Nº EXPEDIENTE	06 / 20	03	
FECHA	JUNIO-07		

NOTA:

GOMEZ • CRUZ • COBO
ARQUITECTOS
www.gomezcruzcobocoba.com

AUTORES DEL PROYECTO:
ANGEL GOMEZ RUBIO
GREGORIO CRUZ MARTINEZ
ARSENIO COBO-REYES GIL



PROYECTO DE:
**EDIFICIO DE CENTROS DE INVESTIGACION
EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE
" LAS LAGUNILLAS "**

LOCALIDAD: **- JAEN -**

PROMOTOR: **UNIVERSIDAD DE JAEN**

ESCALA	1 : 100	PLANO Nº:
DIBUADO	J.GARRIDO	
SUSTITUYE A		
SUSTITUIDO POR		
Nº EXPEDIENTE	06 / 20	
FECHA	JUNIO-07	04

PLANO DE:

PLANTA SEGUNDA
DISTRIBUCION

NOTA:

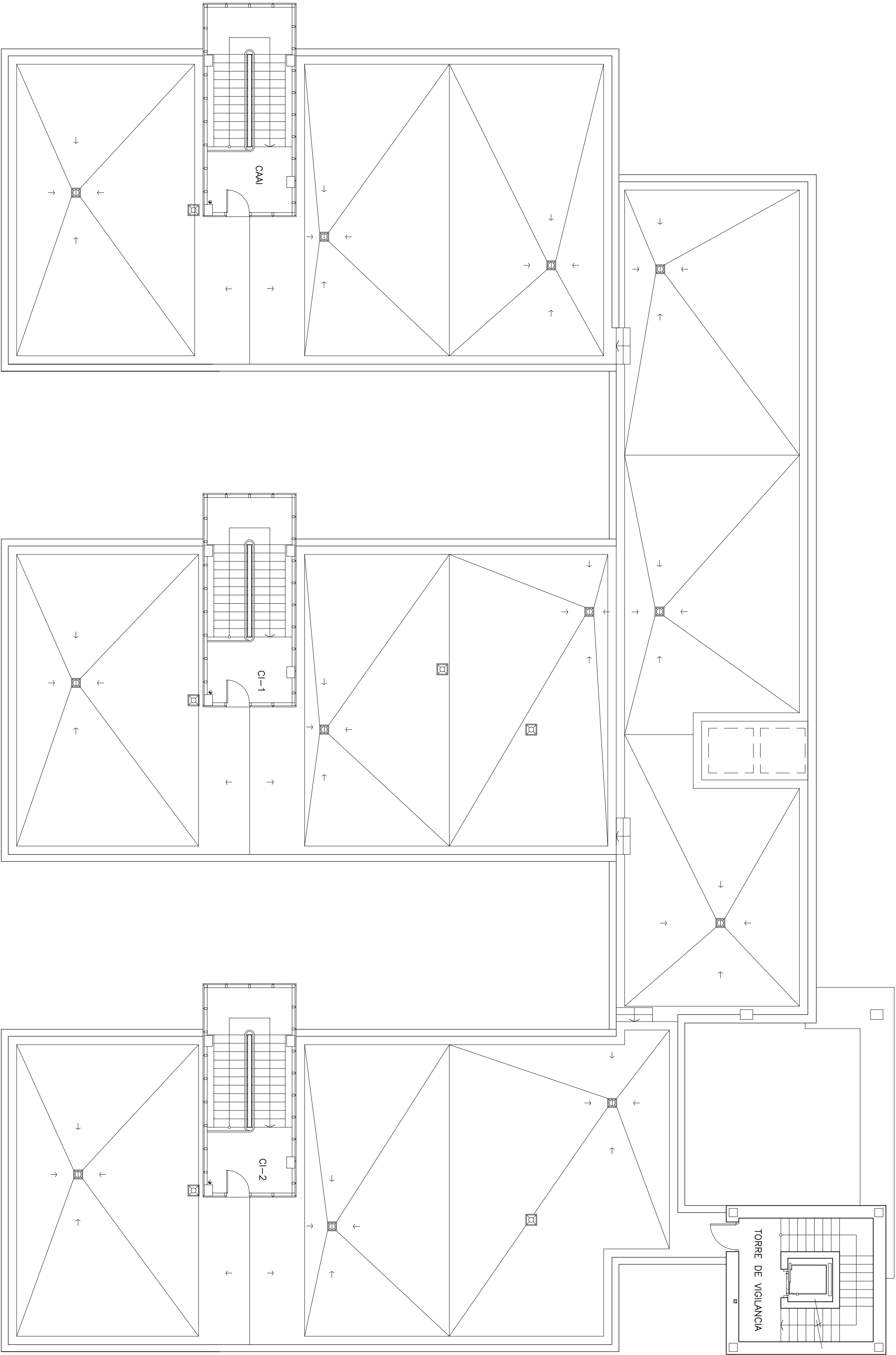
GOMEZ• CRUZ• COBO
ARQUITECTOS
www.gomezcruzcobdo.com

AUTORES DEL PROYECTO:

ANGEL GOMEZ RUBIO

GREGORIO CRUZ MARTINEZ

ARSENIO COBO—REYES GIL



PROYECTO DE:
EDIFICIO DE CENTROS DE INVESTIGACION
EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE
" LAS LAGUNILLAS "

LOCALIDAD: -- JAEN --

PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAEN

ESCALA	1 : 100	PLANO N°:
DIBUADO	J GARRIDO	
SUSTITUTE A		
SUSTITUIDO POR		
N° EXPEDIENTE	06 / 20	05
FECHA	JUNIO-07	

PLANO DE:

PLANTA TERCERA DISTRIBUCION

NOTA:

GOMEZ • CRUZ • COBO
ARQUITECTOS
www.gomezcruzcobbo.com

AUTORES DEL PROYECTO:

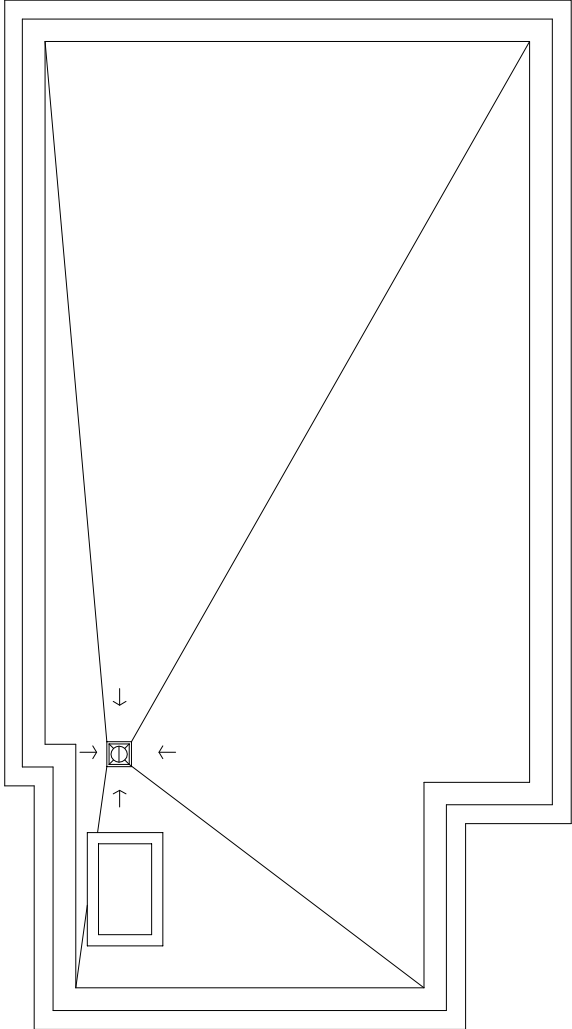
ANGEL GOMEZ RUBIO

GREGORIO CRUZ MARTINEZ

ARSENIO COBO—REYES GIL

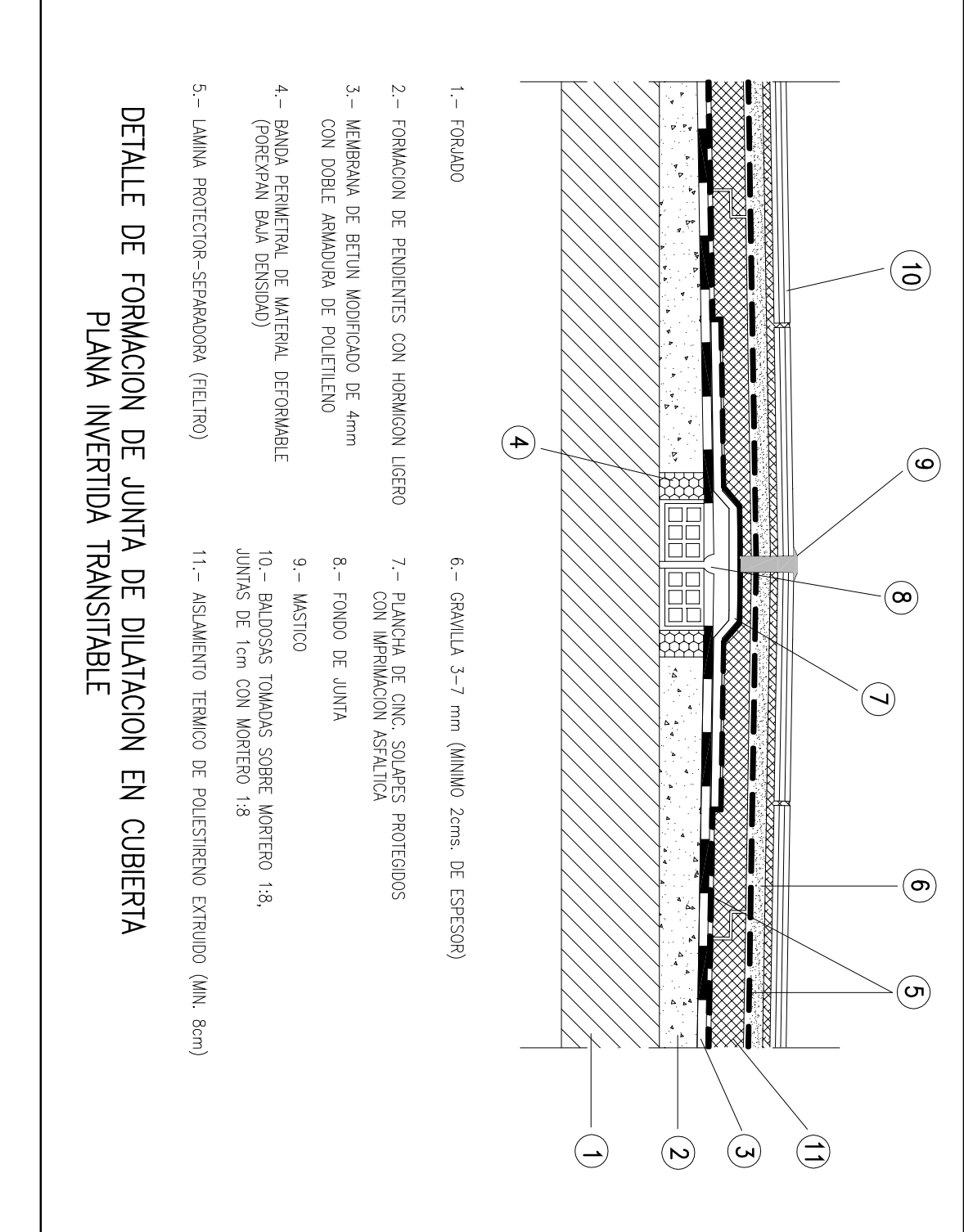
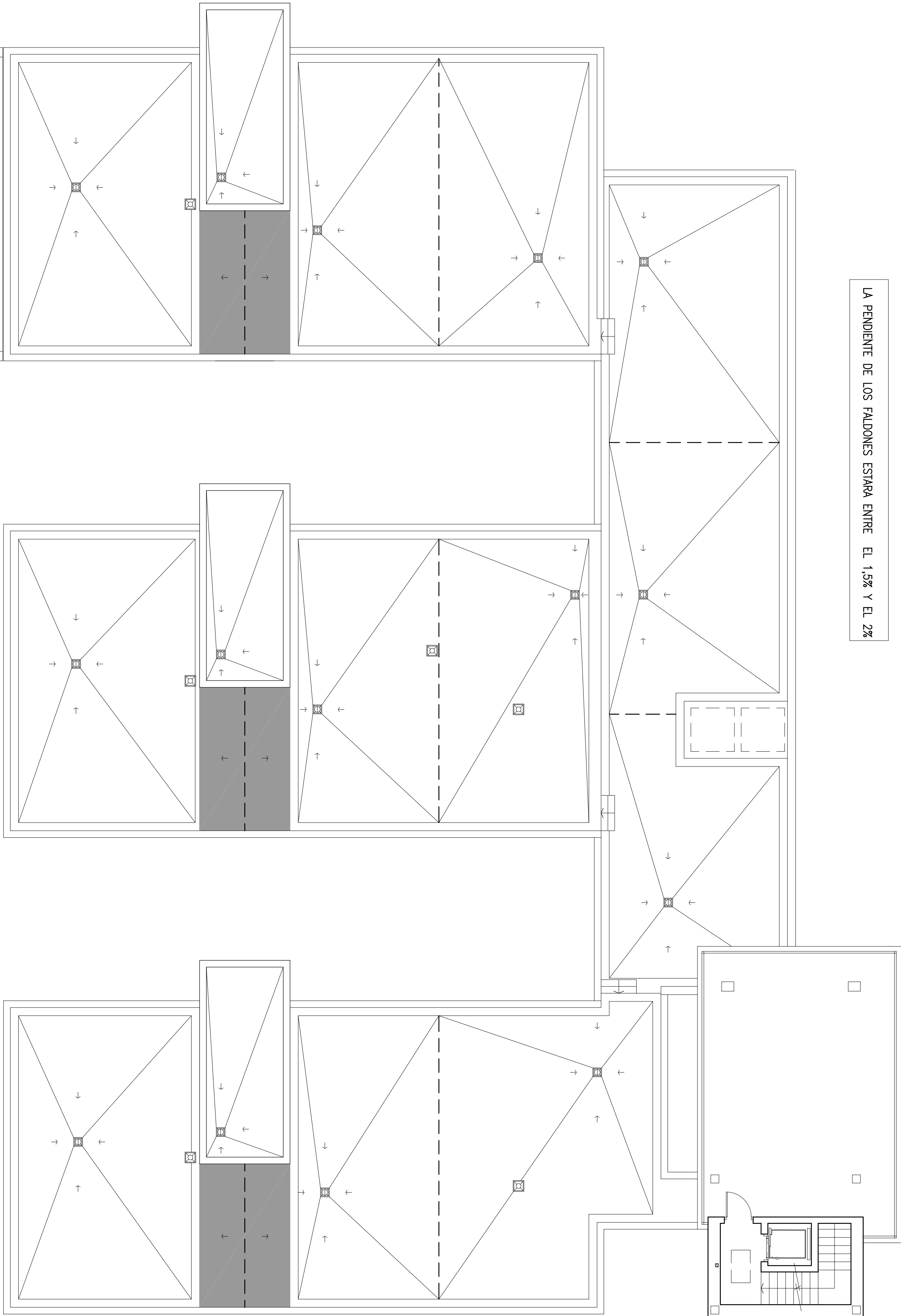
LA PENDIENTE DE LOS FALDONES ESTARÁ ENTRE EL 1,5% Y EL 2%

TORRE DE VIGILANCIA



COLOCACION DE LA IMPERMEABILIZACION:

- CADA HILERA SOLAPARA SOBRE LA ANTERIOR 8cms. COMO MINIMO
- EN ENCUENTROS CON PARAMENTOS VERTICALES, LA ENTREGA POR ENCIMA DE LA PROTECCION DE LA CUBIERTA NO DEBE SER MENOR DE 15cms.
- EN ENCUENTROS DE UN FALDON CON UN SUMIDERO O DESAGÜE, LA CAPA SUPERIOR DE LA IMPERMEABILIZACION DEBE SOLAPAR 10cms. SOBRE LA PARTE SUPERIOR DEL SUMIDERO
- EL CONTROL DE LA EJECUCION DE LA CUBIERTA SE HARÁ CONFORME AL CAPITULO V DE LA NBE. Q8-90



DETALLE DE FORMACION DE JUNTA DE DILATACION EN CUBIERTA PLANA INVERTIDA NO TRANSISTABLE

- 1.- FORJADO
- 2.- FORMACION DE PENDIENTES CON HORMIGON LIGERO
- 3.- MEMBRANA DE BETUN MODIFICADO DE 4mm CON DOBLE ARMADURA DE PÓLILETENO
- 4.- BANDA PERIMETRAL DE MATERIAL DEFORMABLE (PREVERAN BAJA DENSIDAD)
- 5.- LAMINA PROTECTOR-SEPARADORA (FILTRO)
- 6.- GRASA 16-32 (MINIMO 5cms.)
- 7.- PLANCHA DE CINC SOLAPES PROTEGIDOS CON IMPERMEACION ASPALTICA
- 8.- FONDO DE JUNTA
- 9.- MASTICO
- 10.- ASALMENTO TECNICO DE PÓLILETENO EXTRUIDO (MIN 8cm)

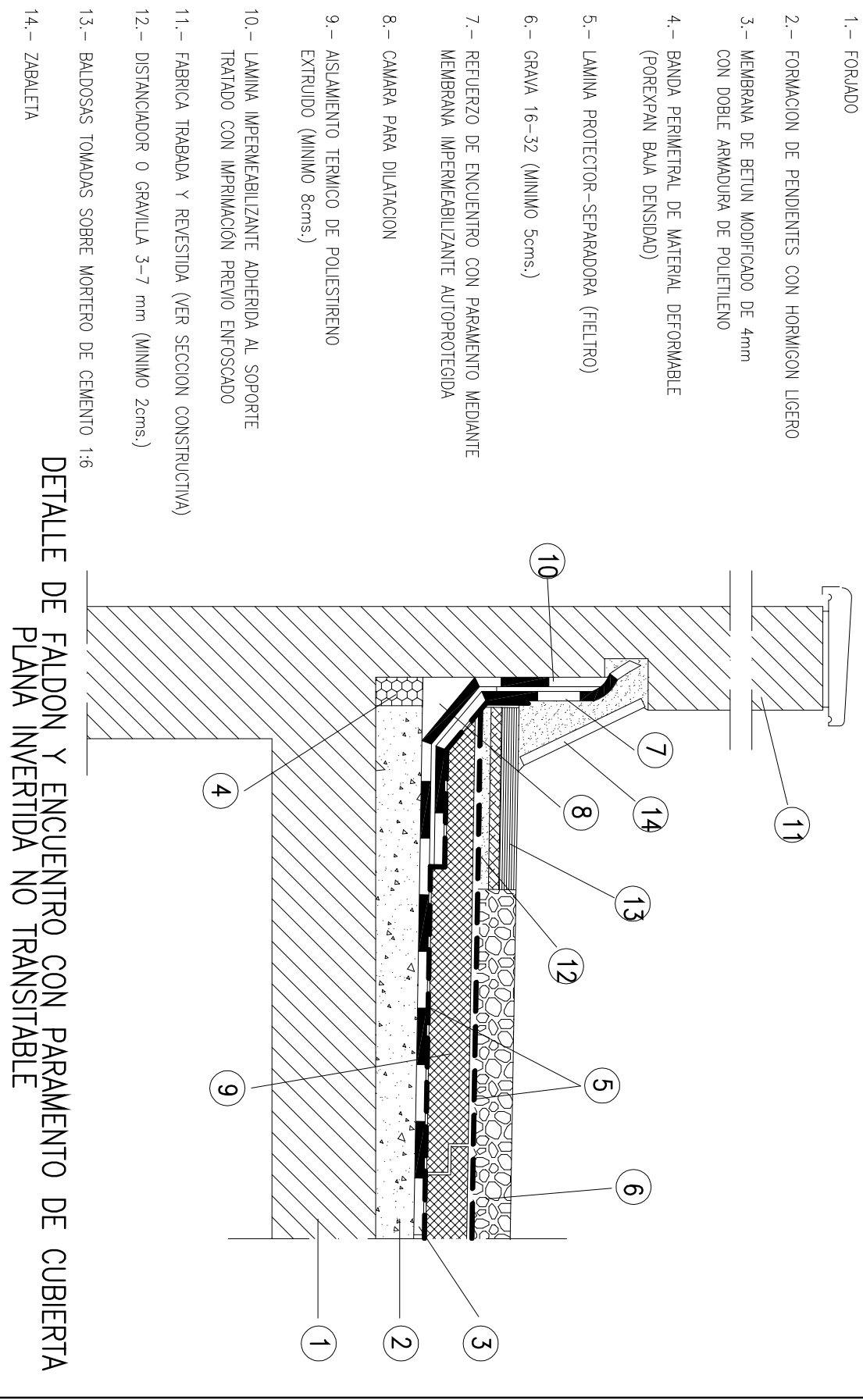
DETALLE DE FORMACION DE JUNTA DE DILATACION EN CUBIERTA PLANA INVERTIDA TRANSISTABLE

- 1.- FORJADO
- 2.- FORMACION DE PENDIENTES CON HORMIGON LIGERO
- 3.- MEMBRANA DE BETUN MODIFICADO DE 4mm CON DOBLE ARMADURA DE PÓLILETENO
- 4.- BANDA PERIMETRAL DE MATERIAL DEFORMABLE (PREVERAN BAJA DENSIDAD)
- 5.- LAMINA PROTECTOR-SEPARADORA (FILTRO)
- 6.- GRASULA 3-7 mm (MINIMO 2cms. DE ESPESOR)
- 7.- PLANCHA DE CINC SOLAPES PROTEGIDOS CON IMPERMEACION ASPALTICA
- 8.- FONDO DE JUNTA
- 9.- MASTICO
- 10.- BALDOSAS TOMADAS SOBRE MORTERO 1:8
- 11.- ASALMENTO TECNICO DE PÓLILETENO EXTRUIDO (MIN. 8cm)

DETALLE DE ENCUENTRO CON SUMIDERO DE CUBIERTA INVERTIDA NO TRANSISTABLE

- 1.- FORJADO
- 2.- FORMACION DE PENDIENTES CON HORMIGON LIGERO
- 3.- MEMBRANA DE BETUN MODIFICADO DE 4mm CON DOBLE ARMADURA DE PÓLILETENO
- 4.- ASALMENTO TECNICO DE PÓLILETENO EXTRUIDO (MINIMO 8cms.)
- 5.- LAMINA PROTECTOR-SEPARADORA (FILTRO)
- 6.- GRASA 16-32 (MINIMO 5cms.)
- 7.- MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE AGUERRIDA
- 8.- CAJOLETA SIFONICA CON PARAGRANULAS
- 9.- MASTICO
- 10.- BALDOSAS TOMADAS SOBRE MORTERO 1:8
- 11.- ASALMENTO TECNICO DE PÓLILETENO EXTRUIDO (MIN. 8cm)

LEYENDA	
SIMBOLOS	ESPECIFICACIONES
---	JUNTA DE DILATACION
■	CUBIERTA PLANA INVERTIDA TRANSISTABLE
□	CUBIERTA PLANA INVERTIDA NO TRANSISTABLE



DETALLE DE FALDON Y ENCUENTRO CON PARAMENTO DE CUBIERTA PLANA INVERTIDA NO TRANSISTABLE

PLANTA DE CUBIERTA Y DETALLES

NOTA:

GOMEZ • CRUZ • COBO
ARQUITECTOS
www.gomezcruzcobo.com

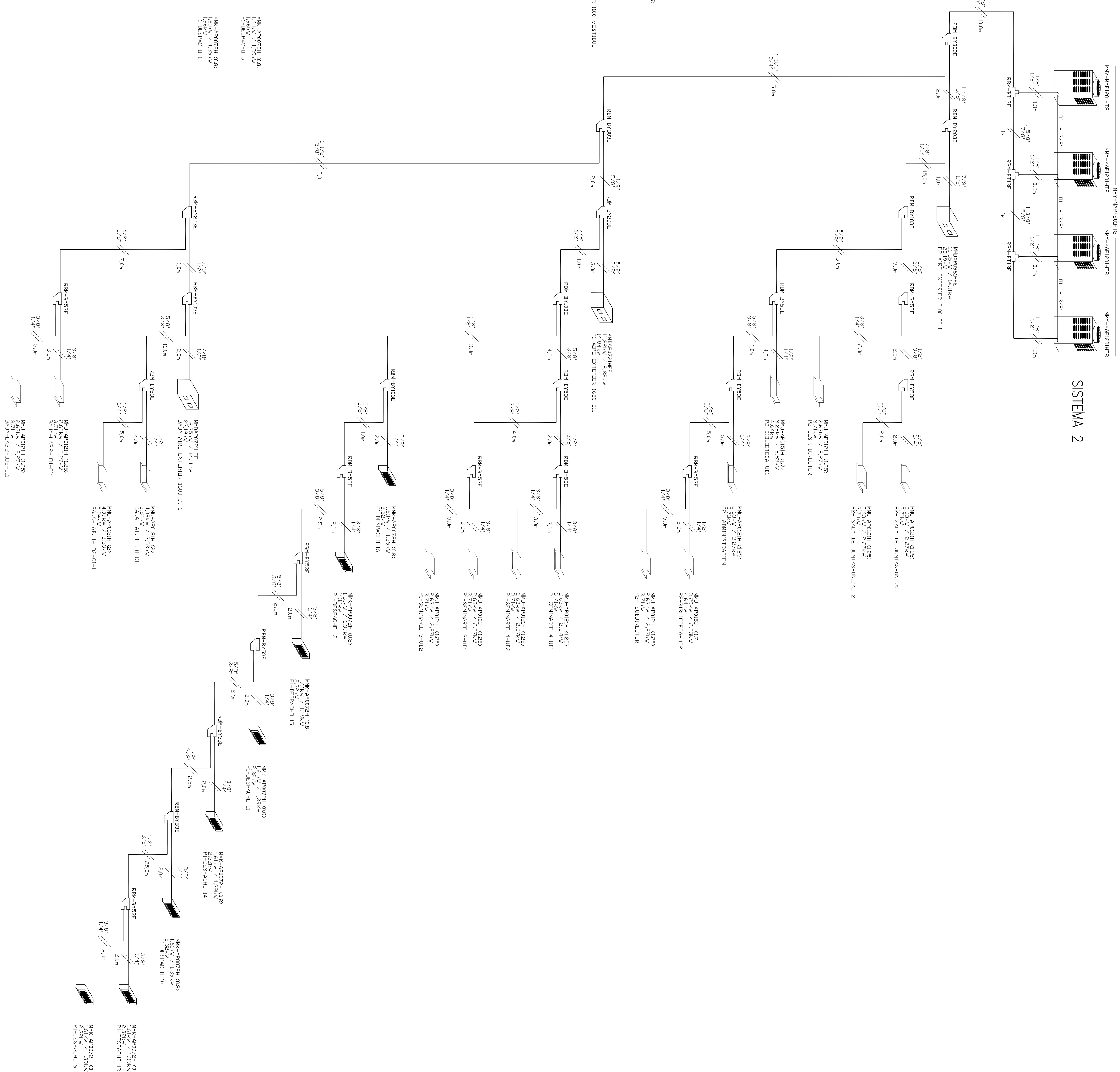
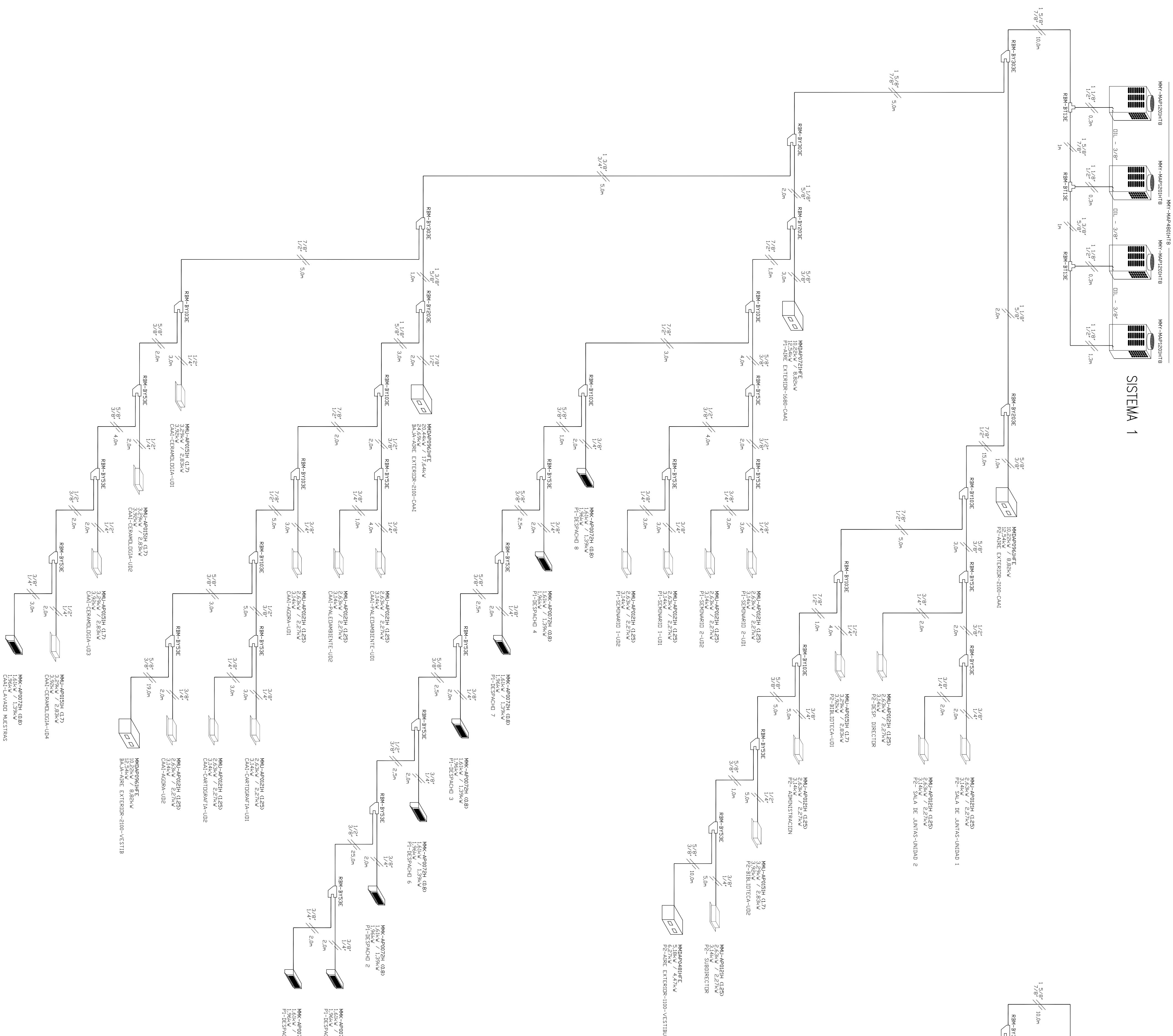
AUTORES DEL PROYECTO:
ANGEL GOMEZ RUBIO
GREGORIO CRUZ MARTINEZ
ARSENIO COBO-REYES GIL

PROYECTO DE:
EDIFICIO DE CENTROS DE INVESTIGACION EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE " LAS LAQUILLAS "

PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAEN

ESCALA	1 : 100	PLANO N.º:
DIBUJADO	J.GARRIDO	
SUSTITUYE A		
SUSTITUIDO POR		
N.º EXPEDIENTE	06 / 20	06
FECHA	JUNIO-07	

Anexo VI. Planos de climatización del edificio



PROYECTO DE:		EDIFICIO DE CENTROS DE INVESTIGACION EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE " LAS LAQUILLAS"	
LOCALIDAD: – JAEN –			
PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAEN			
ESCALA	1 : 100	PLANO Nº:	
DIBUJADO	J.GARRIDO		
SUSTITUIVE A			
Nº EXPEDIENTE POR			
FECHA	06 / 20 JUNIO-07	IC8	

SISTEMAS VRF
SISTEMAS 1 Y 2

NOTA

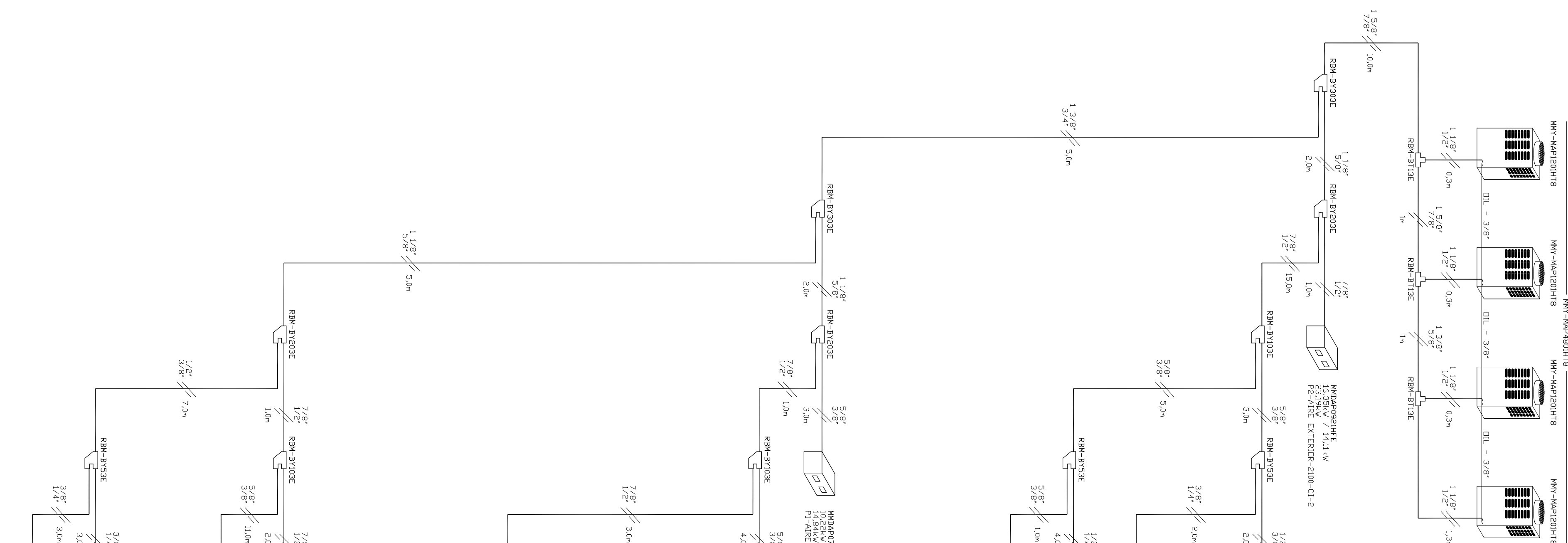
GOMEN. ORJUN. COO
ARQUITECTOS
www.gomezcrucobdo.com

AUTORES DEL PROYECTO:

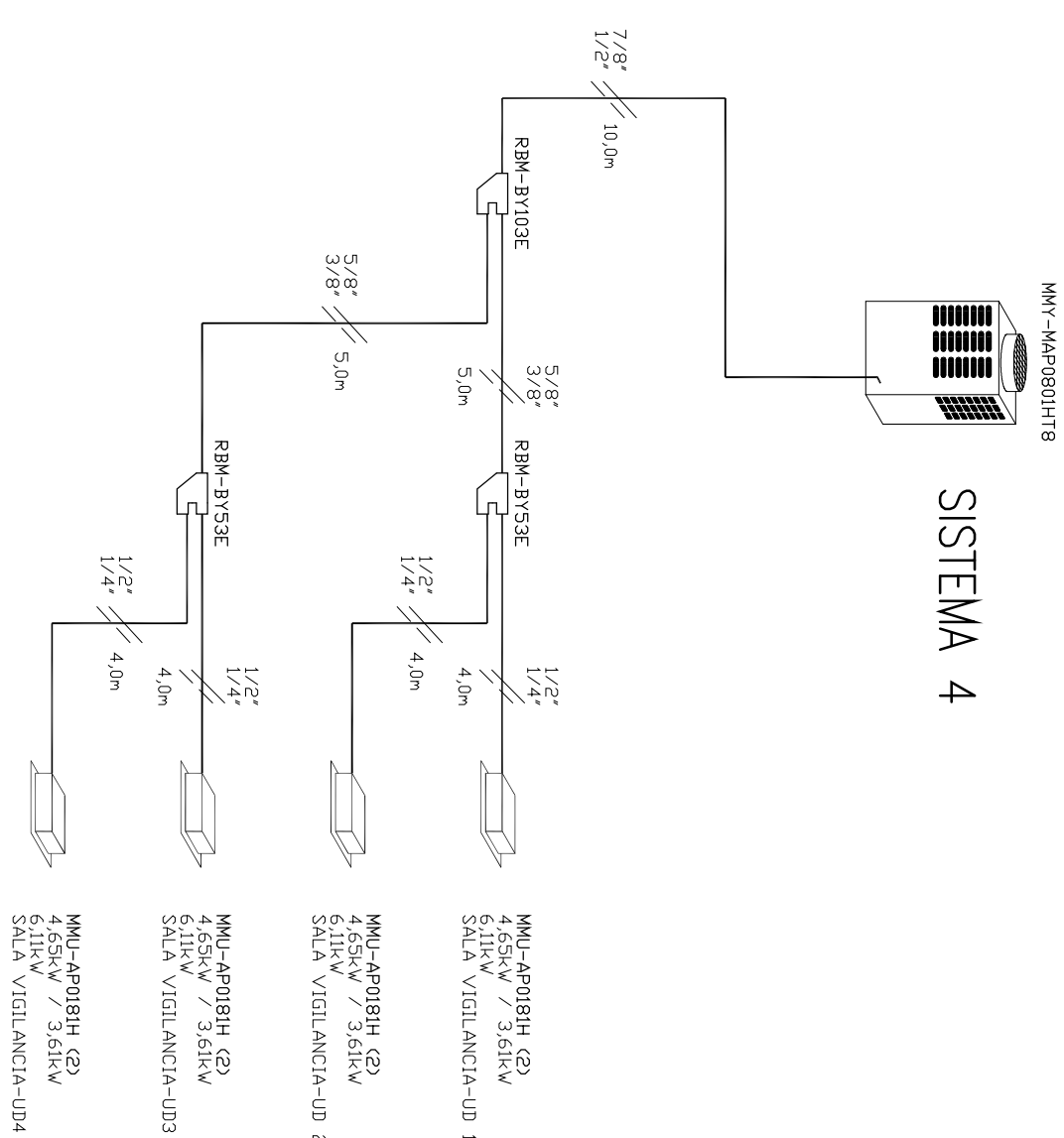
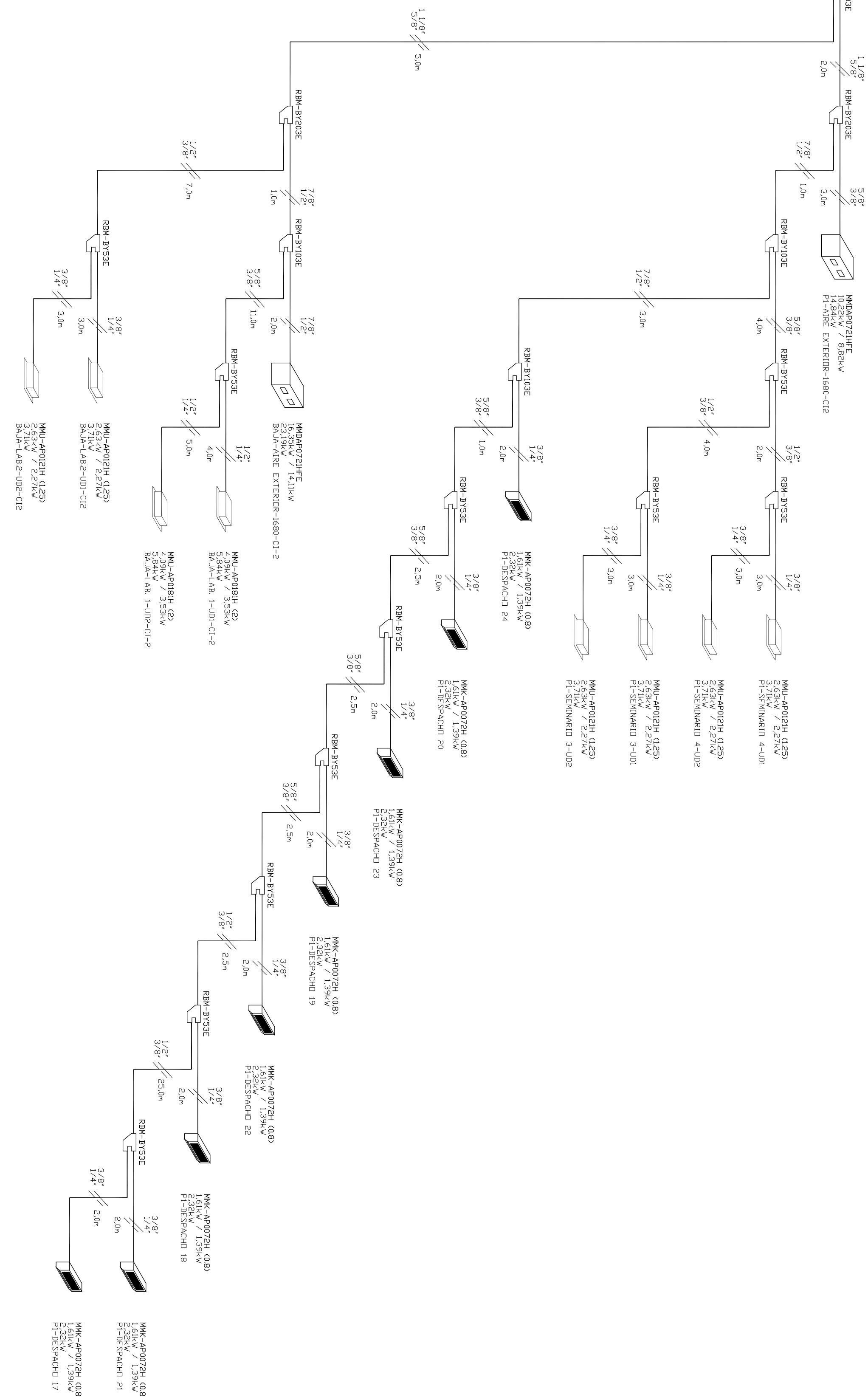
ANGEL GOMEZ RUBIO

GREGORIO CRUZ MARTINEZ

ARSENIO COBO-REYES GIL



SISTEMA 3



SISTEMA 4

PROYECTO DE: EDIFICIO DE CENTROS DE INVESTIGACION EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE " LAS LAGUNILLAS "		LOCALIDAD: — JAEN — PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAEN	
ESCALA	1 : 100		PLANO Nº : IC9
DEJUALDO	M. AGETUNO		
SUSTITUTVE A			
SUSTITUTDO POR			
Nº EXPEDIENTE	06 / 20		
FECHA	JUNIO-07		

SISTEMAS 3 Y 4 SISTEMAS VRF

NOTA:

GOMEN • CRUZ • COBO
ARQUITECTOS
www.gomezcruzcobo.com

AUTORES DEL PROYECTO:

ANGEL GOMEZ RUBIO

GREGORIO CRUZ MARTINEZ

ARSENIO COBO-REYES GIL

John Smith