



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Proyecto de rehabilitación/ transformación industrial del
mercado de San Miguel de Madrid en complejo integrado
botánico

Autora: Sara Ruiz Asurmendi

Director: Carlos González Bravo

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título:
Proyecto de rehabilitación/ transformación industrial del mercado
de San Miguel de Madrid en complejo integrado botánico
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2021 – 2022 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido
presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Sara Ruiz Asurmendi

Fecha: 24/ 08 / 2022



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Carlos González Bravo

Fecha: 24/ 08 / 2022





GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Proyecto de rehabilitación/ transformación industrial del
mercado de San Miguel de Madrid en complejo integrado
botánico

Autora: Sara Ruiz Asurmendi

Director: Carlos González Bravo

Madrid

Agradecimientos:

A todos los que han estado estos años.

PROYECTO DE REHABILITACIÓN/ TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL DEL MERCADO DE SAN MIGUEL DE MADRID EN COMPLEJO INTEGRADO BOTÁNICO

Autora: Ruiz Asurmendi, Sara.

Director: González Bravo, Carlos.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

En este proyecto se estudia un edificio singular en el centro de la ciudad de Madrid, con la finalidad de convertirlo en jardín botánico que sirva como referente para investigaciones posteriores. El documento cuenta con simulaciones en EDSL Tas y diversos planos.

Palabras clave: “Mercado de San Miguel”, “EDSL Tas”, “jardín botánico”.

1. Introducción

Este proyecto trata de estudiar un edificio singular, con el fin de ser reacondicionado en un emplazamiento botánico integrado. El fin del reacondicionamiento es establecer las condiciones necesarias para que ciertos tipos de flora puedan crecer en un ambiente urbano expuesto a contaminantes.

2. Definición del proyecto

El proyecto consiste en un estudio del estado actual del edificio escogido. Este proyecto se divide en un estudio y modelado climático, y un estudio básico estructural. Además se propone la idea de reforma, junto con su estudio climático y estructural, además de propuestas de fontanería y saneamiento. Para sostener la idea inicial, el proyecto cuenta con una exposición de qué tipos de flora conviene introducir, y qué contaminantes aquejan la zona.

3. Descripción del programa

Las herramientas utilizadas para este proyecto son AutoCad y EDSL Tas.

Con AutoCad se han realizado planos del edificio actual, así como de la propuesta reacondicionada, y del sistema de saneamiento y fontanería, siendo este último una propuesta pendiente de mayor evolución y estudio.

Por otro lado, EDSL Tas es el programa utilizado para estudiar no solo el estado actual, e ir modelando mediante iterativas simulaciones el comportamiento del edificio, si no también el modelo del reacondicionado. Con este modelo se ha podido estudiar el comportamiento del edificio, frente a la temperatura exterior anual.

PROYECTO DE RECONSTRUCCIÓN DEL SECTOR DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE COLOMBIA

EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PLANTA BAJA

DISTRIBUCIÓN ACTUAL

03

FECHA: 01/01/2010

INGENIERO: JUAN CARLOS GARCÍA

BOLETA: 1/100

7

4. Resultados

Los resultados obtenidos mediante la simulación en EDSL Tas son adecuados y fiables para los parámetros aportados. Los resultados se ajustan a las dimensiones del edificio y a las exigencias de habitabilidad. Surge una problemática en cuanto al consumo energético, ya que la potencia requerida para la calefacción y humidificación del espacio es demasiado alta.

Respecto a la comprobación estructural, los pilares de fundición gris tienen suficiente resistencia y aguantan los cambios en la cubierta sugeridos. Debido a su antigüedad, estos pilares están sobredimensionados, lo cual hace de esta una estructura imperturbable a una posible variación de carga.

5. Conclusiones

Tras los análisis realizados en el software de simulación de acondicionamiento climático se puede concluir que los resultados obtenidos indican la viabilidad de las propuestas planteadas, así como el cumplimiento de los objetivos por los que el edificio puede ser empleado como elemento de paso y purificación del aire en el interior de la ciudad consolidada, dando así paso a una línea de investigación en sostenibilidad y acondicionamiento climático urbano en el futuro.

INDUSTRIAL REHABILITATION/ TRANSFORMATION PROJECT OF THE SAN MIGUEL MARKET OF MADRID INTO AN INTEGRATED BOTANICAL COMPLEX

Author: Ruiz Asurmendi, Sara.

Supervisor: González Bravo, Carlos..

Collaborating Entity: ICAI

ABSTRACT

In this project, a singular building in the center of the city of Madrid is studied with the aim of turning it into a botanical garden that serves as a reference for subsequent researches. The document has simulations in EDSL Tas and several blueprints.

Keywords: “Mercado de San Miguel”, “EDSL Tas”, “botanical garden”.

1. Introduction

This project tries to study a singular building, in order to be reconditioned in an integrated botanical location. The purpose of reconditioning is to establish the necessary conditions so that certain types of flora can grow in an urban environment exposed to pollutants.

2. Definition of the project

The project consists of a study of the current state of the chosen building. This study is divided into a climate study and modelling, and a basic structural study. In addition, the idea of reform is proposed, along with its climatic and structural study, as well as proposals for plumbing and sanitation. To support the initial idea, the project has an exhibition of what types of flora should be introduced, and what pollutants afflict the area.

3. Description of the programs

The programs used for this project are AutoCad and EDSL Tas.

With AutoCad, blueprints have been elaborated for the current building, as well as for the reconditioned project, including the sanitation and plumbing system, the latter being a proposal pending further development and study.

On the other hand, EDSL Tas is the program used to study not only the current state, and model the performance of the building through iterative simulations, but also the

Through the use of the CTE and the NTE, it has been possible to verify the structural compliance of the building, as well as the dimensioning of certain elements of it.



4. Results

The results obtained through the simulation in EDSL Tas are adequate and reliable for the parameters provided. The results are adjusted to the dimensions of the building and the requirements of habitability. A problem arises in terms of energy consumption, since the power required for space heating and humidification is too high.

Regarding the structural verification, the gray cast iron pillars have sufficient resistance and withstand the suggested changes in the roof. Due to their antiquity, these pillars are oversized, which makes this a structure imperturbable to a possible load variation.

5. Conclusions

After the analysis carried out in the climate conditioning simulation software, it can be concluded that the results obtained indicate the viability of the suggested proposals, as well as the fulfilment of the objectives for which the building can be used as an element of thoroughfare and purification of the air inside the consolidated city, thus giving way to a line of research on sustainability and urban climate conditioning in the future.

ÍNDICE

1.	Concepción del proyecto	17
1.1	Introducción	17
1.2	Estado del arte.....	18
2.	Introducción al Mercado de San Miguel	20
2.1	Introducción al Mercado	20
2.2	Reseña histórica	20
2.3	Construcción del mercado de San Miguel y descripción.....	22
3.	Calidad del aire ambiental en Madrid	26
3.1	Legislación respecto a los contaminantes	26
-	Plan A	27
-	Plan Azul +	27
3.2	Listado de contaminantes.....	27
-	Óxidos de Nitrógeno. NO _x	28
-	PM ₁₀ y PM _{2,5}	29
-	Ozono troposférico O ₃	31
-	Otros contaminantes	32
4.	Premisa inicial: efecto de la vegetación en contaminantes	34
4.1	Definiciones	34
4.2	Acumuladores y polución	35
4.3	Propuestas de vegetación	37
5.	Un centro de referencia	39
6.	Estado actual del mercado de San Miguel	41
6.1	Normativa urbanística.....	41
6.2	Distribución actual.....	44
6.2.1	Superficie útil	44
6.2.2	Aforo.....	45

6.2.3	Planos del estado actual.....	45
6.3	Modelado actual en EDSL TAS	53
6.3.1	Modelo 3D.....	53
6.3.2	Ensayo de luminosidad.....	57
6.3.3	Desarrollo de la simulación	66
6.3.4	Resultados gráficos de la simulación	73
6.3.5	Conclusiones tras la simulación del estado actual.....	82
7.	Propuesta de reacondicionamiento.....	84
7.1	Planos de la redistribución reacondicionada.....	86
7.2	Material de la cubierta	92
7.2.1.	Tipos de cubiertas para invernaderos	92
7.2.2.	Características del EFTE.....	93
7.2.3	Precedentes botánicos del EFTE	95
7.3	Modelado reacondicionado en EDSL TAS.....	97
7.3.1	Modelo 3D.....	97
7.3.2	Ensayo de luminosidad.....	102
7.3.3	Desarrollo de la simulación	111
7.3.4	Resultados gráficos de la simulación: Temperatura y humedad	118
	Temperaturas	121
	Conclusiones en Temperatura Resultante.....	136
	Humedad.....	139
	Conclusiones en Humedad	144
7.3.5	Resultados gráficos de la simulación: Calor y consumo	146
	Carga sensible.....	146
	Cargas máximas de calentamiento y enfriamiento	149
	Consumo mes a mes	150
	Consumo anual	151

Conclusiones en calor y consumo	152
7.4 Propuesta de maquinaria	153
Control y supervisión domótica.....	155
7.5 Estructura	156
Máxima solicitud en el estado actual.....	160
Comprobación a pandeo.....	162
Máxima solicitud en el estado reacondicionado	164
Comprobación a pandeo el estado reacondicionado	166
7.6 Elementos puntuales del reacondicionado	168
– Asientos	168
– Columnas	168
– Hidropónico	169
– Jardín vertical.....	170
8. Planificación adicional: saneamiento y fontanería.....	172
9. Estudio económico básico	179
10. Conclusiones y trabajos futuros.....	183
LISTA DE IMÁGENES	186
LISTA DE FIGURAS	188
LISTA DE PLANOS	189
LISTA DE INFORMES	190
LISTA DE TABLAS	190
LISTA DE SIMULACIONES.....	191
LISTA DE GRÁFICAS.....	192
BIBLIOGRAFÍA	196
ANEXO 1	206
TABLAS DE PROPORCION RADIANTE Y COEFICIENTES RADIANTES.	206
TABLAS DE IRRADIANCIA EN INSTALACIONES.....	207

ANEXO 2	208
TABLAS DE PESO PROPIO	208
TABLAS DE VALORES DE LAS SOBRECARGAS DE USO	209
COEFICIENTES DE PANDEO	210
ANEXO 3	211
TABLAS DE DIÁMETROS PARA CALCULAR TUBERÍAS SEGÚN LA NORMA TECNOLÓGICA DE LA EDIFICACIÓN	211
ANEXO 4: PLANOS	212

1. Concepción del proyecto

1.1 Introducción

El trabajo se sitúa en una rehabilitación del mercado de San Miguel de Madrid. Este proyecto se enfoca en el nuevo uso que se le daría a la estructura del mercado, para usarlo como jardín botánico, con la tecnología que esto implica, es decir, modificaciones estructurales, de climatización y riego. La intención sería utilizarlo como área de conservación y cuidados de flora, exponiéndolas así a los viandantes y acercando dicho ecosistema al público.

El paso siguiente, y claramente relevante en este tipo de intervenciones en edificios construidos podría ser la simultaneidad de los usos establecidos en los espacios de trabajo junto con la integración de los jardines botánicos de carácter vertical o puntual en el interior de las zonas y áreas destinadas al público.

El nuevo uso del mercado de San Miguel estaría inspirado por el mercado del Born de Barcelona, el cual por sus dimensiones y su estructura con amplio recorrido histórico, fue la primera opción que se consideró para este trabajo. Este Mercado, tras una renovación en 2002 cuenta con un yacimiento arqueológico medieval, de alto interés cultural, ya que presentan la evolución que sufrió la ciudad y son claro ejemplo del trazado urbano de la época. También está influido por el invernadero de plantas tropicales de la estación de Atocha de Madrid, el cual estaba diseñado para ser un centro de educación ambiental y conservación. Ambas estructuras, que son ejemplos significativos de arquitectura del hierro, tanto estética como constructivamente, son ejemplos de la visión del proyecto de este trabajo a gran escala.

El objetivo de este trabajo se materializa en el ejemplo del Palacio de Cristal de Arganzuela, el cual se edificó a principios del siglo XX con el propósito de ser un establo de ganado que abasteciese al matadero de Arganzuela, situado a escasos metros. En el alzado frontal del edificio, en el remate que une las dos aguas de la cubierta, se puede ver la escultura de un vacuno que hace memoria del uso inicial que tuvo este edificio. Fue restaurado en 1992, rehabilitado para usarse como invernadero, con cuatro áreas climatizadas de forma distinta y enfocadas a recrear ecosistemas desérticos y tropicales.

Estos son ejemplos de estructuras de hierro cuya estructura cuenta con antigüedad y han pasado por una rehabilitación con fines botánicos. Existen numerosos ejemplos a lo largo del mundo, que demuestran cómo este tipo de estructuras son aptas para estos fines.

El mercado de San Miguel, por su forjado en el techado descubierto, y el cerramiento acristalado de los laterales, es susceptible a esta transformación/ rehabilitación. La transformación integral de este espacio en un nuevo uso supone el escenario ideal para plantear una integración de la naturaleza y su cuidado en el corazón del barrio de los Austrias de Madrid, que per sé, adolece de este tipo áreas verdes. Por otro lado, plantea la posibilidad de un estudio teórico de la integración de la arquitectura industrial y sus avances tecnológicos en el campo de la climatización de espacios, adaptaciones estructurales y construcción industrial en el patrimonio histórico artístico de la ciudad. Podría, de hecho, suponer una referencia y línea de investigación de cara a su posible aplicación en otros núcleos históricos urbanos, como el mercado de Santiago de Compostela, o en ciudades como Valladolid, Toledo, Salamanca, etc.

1.2 Estado del arte

El proyecto de rehabilitación supone un avance en el filtrado y purificación del aire en el centro de la ciudad, ya que se trata de un área de alta densidad urbana, aunque peatonal y que se encuentra cerca de las calles con más contaminación del país. El centro de Madrid lleva un tiempo siendo una zona aquejada por problemas de contaminación, ya sea por los gases del tráfico diario, como de las calefacciones. Pese a que el barrio de los Austrias posee ya muchas calles de carácter peatonal, al problema de la contaminación debemos añadir las características del tejido urbano de calles estrechas, huecos de ventanas estrechos, etc. que impiden en determinadas épocas del año, un paso saneado del aire.

A nivel de cifras, el 46,9 % de las emisiones contaminantes en el centro vienen de la afluencia de tráfico, y el 18,1 % de sistemas de climatización no industrial, es decir calefacciones y ventiladores de domicilios, comercios e instituciones. Los datos arrojados por el “Estudio para la cuantificación de la contribución de fuentes a los niveles de calidad del aire en el municipio de Madrid” elaborado por la UPM nos presentan cifras aún más significativas, a nivel de suelo, el 75 % de los gases contaminantes provienen del tráfico.

Está demostrado que la vegetación urbana mejora las condiciones climáticas de la ciudad, ya que sirven como reguladoras y refrigeradoras, es por ello, que, muchos países animan

a los usuarios propietarios de terrazas y azoteas o cubiertas planas a instalarlas, que además de mejorar la calidad del aire mediante la emisión de oxígeno, mejoran las condiciones higrotérmicas del propio edificio.

Entre los contaminantes que se encuentran en Madrid, los más destacables por su efecto perjudicial en la salud son el dióxido de nitrógeno, partículas en suspensión y ozono troposférico, a los que hay que añadir hidrocarburos, dióxido de carbono y óxidos de azufre. La mayor parte de estos contaminantes está producida por el tráfico, y ante ellos la mejor forma de combatirlos sería tomando medidas restrictivas con la circulación y las emisiones permitidas en vehículos. En el caso del Mercado de San Miguel, este problema ambiental se pretende enfocar mediante la implementación de un pequeño pulmón en el centro de la ciudad, que sea una contribución a un espacio verde para depurar el ambiente de todos los compuestos nocivos que sean abarcables. Dicha depuración pasaría por el aprovechamiento del aire climatización a su paso por el edificio de manera que al salir de este contaría con la reducción de contaminantes y aportación de oxígeno en al exterior e inmediaciones.

Por otro lado, una estadística de EAE Bussiness School arroja el dato de en el año 2021 el consumo en productos de lujo y hostelería se redujo en un 68 % aproximadamente, lo cual respalda las crecientes tendencias de consumidores en la selección de productos, tendiendo a opciones más económica y sostenibles. La oferta del Mercado de San Miguel es atractiva por su alta calidad y su exclusividad, lo cual podría dar pie a hubiera que reacondicionar el edificio ya que si los hábitos de consumo siguen esta tendencia, este espacio podría caer en desuso.

2. Introducción al Mercado de San Miguel

2.1 Introducción al Mercado

El Mercado de San Miguel se trata de uno de los centros gastronómicos más importantes de la actualidad española, siendo este uno de los centros más visitados de Madrid, con más de 10 millones de visitantes anualmente. En cuanto a recomendaciones turísticas, se encuentra entre los más alabados ya sea por su propuesta gastronómica, como por su arquitectura, y su entorno.

Se localiza en la Plaza de San Miguel, la cual da nombre al emplazamiento. En el centro del casco antiguo de Madrid, está a pocos minutos de la Plaza de la Villa y de la plaza Mayor, cerca del Teatro Real y del Palacio Real; lo cual hace de este un enclave de tránsito por el que circulan tanto turistas, como vecinos del barrio.

A principios de 2022 el mercado contaba con 28 negocios activos, y 33 locales, ofreciendo un servicio gourmet de tapas regionales y productos de lujo. Por otro lado, cuenta con el respaldo de varias compañías de tours turísticos que se encargan de informar y acercar potenciales consumidores a este local.



Imagen 3: Mercado de San Miguel (Sarralde, 2022)

2.2 Reseña histórica

El uso comercial de la plaza de San Miguel se remonta a la Edad Media, cuando esta plaza se utilizaba como mercado de compra-venta de productos artesanales en la entonces plaza de San Miguel de los Octoes. En el siglo XIII el solar estaba ocupado por una

parroquia, y a su alrededor se encontraban los distintos puestos comerciales. Tras un incendio en 1790, la parroquia sufrió graves desperfectos, que no pudieron ser reparados. Tras varias rehabilitaciones, Juan de Villanueva, el arquitecto del Gabinete de Historia Natural del Museo del Prado, recomendó su demolición.

El 28 de noviembre de 1809, durante el mandato de José I Bonaparte, se derribó lo que quedaba de la parroquia, generando un solar abierto al público el cual se utilizó como plaza pública para mercado de productos perecederos. Además se le añade el terreno procedente de la demolición de dos manzanas de casas.

Durante el siglo XIX se promulgaron nuevas políticas cuya consecuencia sería un aumento de la salubridad e higiene de los espacios públicos, ya que existía un grave problema de infecciones en los mercados. Cabe añadir que la situación de la plaza del mercado en aquel entonces no solo contaba con condiciones higiénicas deficientes, además, era un obstáculo del tráfico rodado y peatonal del centro de la urbe, ya que se acumulaban puestos comerciales en la propia plaza y en las calles aledañas. Esto fue un gran atractivo para comerciantes extranjeros, que se amontonaron hasta dar con una situación insostenible. Según Sonia Fernández, conservadora del museo de Historia de Madrid: *“Debía de ser tal su densidad que entorpecían las calles de acceso y pronto hay bandos municipales para intentar regular la instalación y las condiciones de venta”* (Abad Liñán, 2020a).

Es por ello por lo que en 1835 el arquitecto Joaquín Henri propuso un proyecto para contener la actividad de la plaza. Este proyecto solo se materializó con unas portadas que ocultaban los puestos, generando una visión más estética del emplazamiento de cara a los transeúntes.

Ante esta proliferación de comercio, el ayuntamiento decidió construir mercados cubiertos de estructura de hierro. En la década de 1870 se agrupaban los siguientes: los mercados de los Mostenses (construido en 1875), la Cebada (1875), Chamberí (1876) y la Paz (1882).

Cabe mencionar que, hasta el día de hoy, el mercado de San Miguel es el único construido con hierro forjado que ha llegado hasta nuestros días, desapareciendo los anteriormente mencionados, de los que se conserva poca información oficial.



Imagen 4: Antiguo mercado en la plaza de los Mostenses (Abad Liñán. 2020h)

Las construcciones ferro vítreas eran por aquel entonces el gran exponente de la innovación arquitectónica, siendo respuesta a la revolución industrial, pero cuando se aplicó para el Mercado de San Miguel este tipo de construcción había perdido su componente novedoso.

Este tipo de arquitectura ofrecía soluciones de cara a la sanidad y funcionabilidad. Gracias a su estructura se alberga un espacio abierto con alta luminosidad teniendo en cuenta su ornamentación, que es uno de los factores que más llaman la atención.

2.3 Construcción del mercado de San Miguel y descripción

En 1911 se encarga el proyecto definitivo a Alfonso Dubé y Díez, dando comienzo las obras en el año 1913. El edificio se construyó por fases, para no interrumpir la actividad comercial. La primera mitad del edificio se construye en 1914, y la cubierta se levanta en 1915.

La inauguración del edificio es el 13 de mayo de 1916, concebido como un lugar abierto. El Mercado ha sido testigo de algunos grandes acontecimientos de la historia española, como la Guerra Civil. Durante el conflicto, el Mercado estuvo cerrado, pero se mantuvo intacto.

En 1951 se volvió a abrir vendiendo productos que procedían, en gran parte, de los alrededores de Madrid. (*Mercado de San Miguel Durante La Guerra Civil Española*, 2020).



Imagen 5: Mercado de San Miguel durante la Guerra Civil Española

(Mercado de San Miguel Durante La Guerra Civil Española, 2020)

Posteriormente fue acristalado por los laterales, en 1968, durante unas obras de restauración. Como se puede observar en la siguiente foto, la cubrición del exterior era más que necesaria, dado que se utilizaban paños para evitar la entrada de aire y suciedad del ambiente.



Imagen 6: Mercado de San Miguel 1951

Es posible obtener los planos originales de cómo se concibió este espacio, pensado para albergar un número de puestos bastante superior al actual y con una distribución distinta.

Este edificio se ha visto inmerso en una serie de reformas para adecuarse a las necesidades requeridas.

El edificio de planta trapezoidal, con una de sus esquinas achaflanadas, cuenta con dos pisos principales. Una planta baja, y un semisótano, que ocupa aproximadamente la mitad de la planta de la fachada sur del solar. Además incluye una entreplanta sobre los módulos en los que se divide el bajo, donde se localizan espacios de protección contra incendios y climatización, que aprovechan la altura que proporciona la cubierta.

La planta baja se encuentra compartimentada en 12 puestos, o manzanas, sobre los que se sitúan los puestos de venta. Entre estos puestos se genera el comercio del local, el cual está en constante cambio y permanente afluencia. Cada puesto emula las antiguas disposiciones en “cajones” que tenía el mercado en su antigüedad. Cada puesto está claramente enmarcado entre varias columnas, las cuales definen perfectamente el perímetro de cada puesto, dando aspecto de orden y solidez.

La techumbre está formada por una cubierta a dos o a cuatro aguas, dividida de forma modular para adaptarse cada una a las formas de cada puesto de venta. Un aspecto reseñable es que el conjunto de la cubierta tiene dos niveles, lo cual facilita la ventilación y la luminosidad del emplazamiento. La cubrición es con teja plana sobre doble tablero de ladrillo hueco sencillo, que queda visto en el interior.



Imagen 7: Cubierta del Mercado de San Miguel. (Freire Antuña, 2021)

La planta sótano está destinada a un uso de almacenaje de material y bienes, así como cuarto de basuras y aseos, a estos últimos se puede acceder con total libertad. De este último espacio es del que más información se desconoce.

También es destacable la crestería que adorna todo el perímetro de la cubierta, y sirve como elemento decorativo y claramente identificativo de la construcción.

El cuerpo de la fachada sur está realizado en fábrica de ladrillo acabado con revoco liso alternando con entrepaños imitación de ladrillo cara vista. El resto de las fachadas está formado por pórticos de columnas de fundición, con un cerramiento paralelo de paneles de vidrio soportados mediante una estructura de tubo de acero estructural, apoyando el conjunto sobre un zócalo de ladrillo a cara vista.

La estructura de la cubierta está constituida por formas de acero que se apoyan sobre las ya mencionadas columnas de fundición.



Imagen 8: Cubierta y entreplanta (Lastras, 2009)

3. Calidad del aire ambiental en Madrid

La calidad del aire en Madrid es un factor clave para la realización de este proyecto, dado que la rehabilitación del mercado en un complejo botánico da lugar a un pulmón en el centro de la ciudad que servirá como filtro de contaminantes.

Es por ello por lo que para la ejecución del proyecto es necesario delimitar los contaminantes principales y el plan de ataque al respecto, para elegir las especies vegetales apropiadas para un entorno urbano contaminado atmosféricamente.

3.1 Legislación respecto a los contaminantes

En los años 90 la UE desarrolló un plan para mejorar la calidad del aire de las ciudades europeas. La Directiva 96/62/CE (llamada Directiva madre), establecía los contaminantes a medir, los sistemas para realizar estas medidas y la obligación de designar autoridades responsables de asegurar la calidad del aire y de informar al público. (Ecologistas en Acción de Madrid, 2022).

El 18 de octubre de 2002 se añadía la obligatoriedad de las Comunidades Autónomas de gestionar la calidad del aire de sus territorios, a excepción de la Comunidad de Madrid, que lo gestionaría el ayuntamiento de la capital debido a que ya disponía de un sistema de medición de contaminantes efectivo y ya implementado.

En mayo de 2008 entró en vigor una nueva Directiva europea, la 2008/50/CE, que “por motivos de claridad, simplificación y eficacia administrativa”, revisó, refundió y fusionó las cinco directivas anteriores relativas a la calidad del aire. (Ecologistas en Acción de Madrid, 2022). Esto supuso una grave regresión en la protección de la población ante contaminantes como las PM_{10} puesto que esta directiva fijaba unos márgenes muy superiores a los límites recomendables por la legislación europea y la OMS.

Actualmente los textos legales más relevantes para la calidad del aire en el Estado español son: la Directiva europea 2008/50; la Ley 34/2007, de Calidad del Aire. Además la OMS ha actualizado sus Guías de calidad de aire, que tenían más de 15 años de antigüedad y quedaban obsoletas ante los nuevos cambios sociales y culturales así como las investigaciones sobre el impacto de contaminantes atmosféricos en la salud.

Tanto la Comunidad de Madrid como el Ayuntamiento de Madrid han diseñado sus propios planes de acción ante esta situación.

- Plan A

Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático. Este plan diseñado por el ayuntamiento de Madrid en 2017 propone diferentes ideas para frenar la creciente emisión de partículas nocivas, en especial las PM_{2.5}, PM₁₀, y el dióxido de nitrógeno NO₂; siendo este último de mayor relevancia al ser mayormente generado por la combustión de combustibles fósiles. En el documento expuesto por el ayuntamiento no solo se estudian emisores primarios, como la industria o el transporte urbano; si no que se tienen en cuenta factores secundarios no emisivos. Este plan A será abordado en el siguiente apartado.

- Plan Azul +

Está abordado por la Comunidad de Madrid en el periodo de 2013-2020 y es la continuación del plan A. Aborda los anteriores objetivos de forma más restrictiva, fijando unos objetivos a futuro mucho más severos.

3.2 Listado de contaminantes

En la ciudad de Madrid se da la presencia de los siguientes contaminantes, que no solo propician graves enfermedades cardiorrespiratorias sino que además, recientes estudios demuestran que son la causa de muertes prematuras. Existe la imperiosa necesidad de reducir las emisiones, puesto que esta reducción podría afectar en un decremento de la temperatura global en 2°C.

Las siguientes figuras, obtenidas de la Revisión de la Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Comunidad de Madrid, generada por la Consejería de Medioambiente, arrojan unos datos sobre el año 2020 que están basados en los datos históricos previos, y ajustadas a la realidad, buscan el impacto en la ciudad de contaminantes tras la implementación del Plan Azul +.

- Óxidos de Nitrógeno. NO_x

Los óxidos de nitrógeno, concretamente el dióxido de nitrógeno NO_2 es el principal contaminante atmosférico que existe en el centro de la urbe. Su foco de emisión principal son los vehículos a motor, sobre todo los automóviles diésel; el resto de emisiones provienen de actividad industrial y calefacciones en su mayoría.

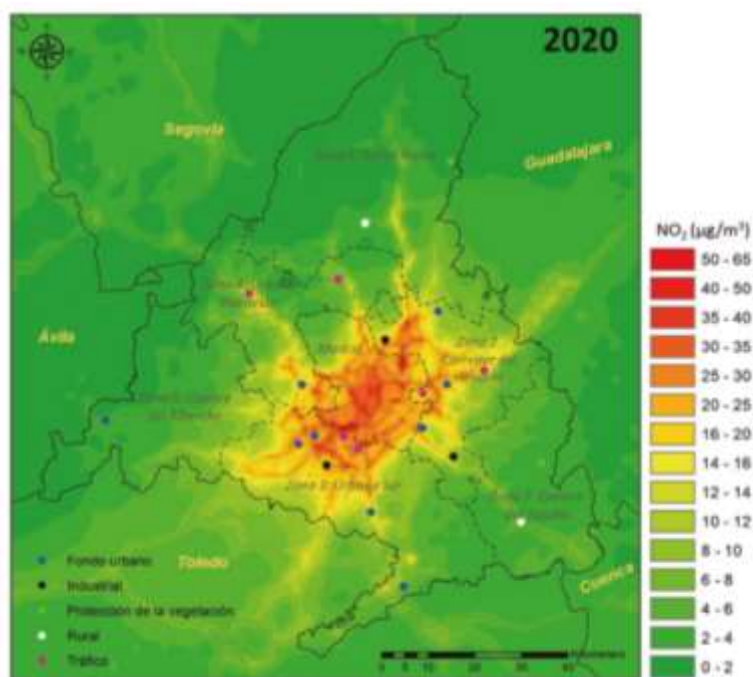


Figura 1: Concentración media anual de NO_2 pronosticada para 2020
(CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, 2019)

Como se puede observar en la imagen superior (Figura 1: Concentración media anual de NO_2 pronosticada para 2020 (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, 2019)) la densidad de NO_2 es especialmente notable en el centro de la ciudad, y sigue el cauce de las autovías salientes de la capital. Es alarmante la situación de la zona centro dado que la media anual de NO_2 no debe exceder de los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Teniendo en cuenta la extensión de la comunidad de Madrid y la cantidad de paraje natural existente en las lindes con otras provincia, la media anual es de $9.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Existe un descenso generalizado de las emisiones de óxidos de nitrógeno en la ciudad de Madrid, pero aún y todo, las contribuciones del Paseo de la Castellana, la M30 y la M40 siguen siendo las principales vías de expansión.

Se utiliza otra medida, también significativa para los dióxidos de nitrógeno que es el percentil horario 99,8 de NO_2 . Se utiliza para medir la evolución de los picos de concentración, con la variación pronosticada para el 19º valor más alto, como establece el Real Decreto 102/2011.

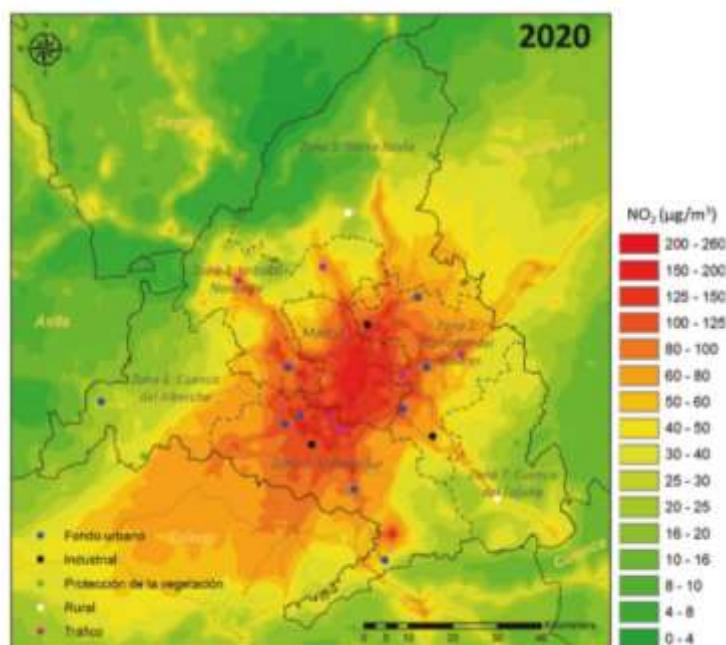


Figura 2: Percentil horario 99,8 de concentración de NO_2 pronosticada para 2020 (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, 2019)

Esta gráfica, (Figura 2), con los datos aportados por la Consejería de Medioambiente, indican una reducción notable en cuanto al pico máximo permitido. Los valores de concentración son altos y el centro de Madrid acumula la mayor parte de contaminantes fósiles. La dispersión hacia el suroeste está propiciada por la dirección del viento, provocada por la presencia de la Sierra del Guadarrama. Es decir, que no solo influye en la vida de los madrileños, si no de los habitantes de las provincias colindantes.

- PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$

PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ son los nombres que adquieren los contaminantes atmosféricos denominados como partículas en suspensión, cada una nombrada así en función del tamaño de las mismas, siendo las $\text{PM}_{2,5}$ por su tamaño inferior a 2.5 micras, y las grandes, PM_{10} por ser inferiores a 10 micras. Según el INE: “son de los contaminantes del aire más importantes en términos de peligrosidad para la salud humana, pues pueden ser inhaladas y penetrar en el sistema respiratorio causando importantes daños”. (INE -

Instituto Nacional de Estadística, 2021). Estas últimas no son tan perjudiciales para el organismo, ya que las 2.5 pueden acceder directamente al torrente sanguíneo, pero es cierto que cada vez se presta más atención ya que cuando aumentan las crisis asmáticas, hay evidencias de una alta concentración de PM₁₀ en el aire de la Comunidad de Madrid.

En lo que respecta al centro de la ciudad, las PM₁₀ han experimentado un descenso progresivo debido al descenso de las emisiones del tráfico rodado. Análogamente como con el dióxido de nitrógeno, los niveles de más concentración se dan en las autovías de más afluencia, y en la M30, M40, y M50.

En relación a valores numéricos, la ciudad de Madrid se pronosticó para 2020 una media anual de 13,6 µg/m³, con un valor límite de 30 µg/m³ establecido por la normativa europea en 2020; lo cual es señal de buena calidad en ese aspecto.

Para realizar un estudio de las PM₁₀ se utiliza el percentil diario 90,4. Este valor mide el valor límite diario de 50 µg/m³, el cual solo puede ser superado 35 veces en un año civil. Es decir, que la 36ª vez que se supera este valor, constituye el percentil 90,4. Los máximos de concentración en la de Madrid centro siguen el patrón espacial marcado por el tráfico rodado, con valor promedio del percentil 90,4 situado en 33,8 µg/m³ en el año 2020. Es importante señalar que, en el resto de las zonas, donde el sector del tráfico tiene menos peso, los niveles de concentración más altos están muy influenciados por la topografía. Así, esos niveles máximos se localizan en las principales depresiones y valles de los ríos que recorren la región. (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, 2019).

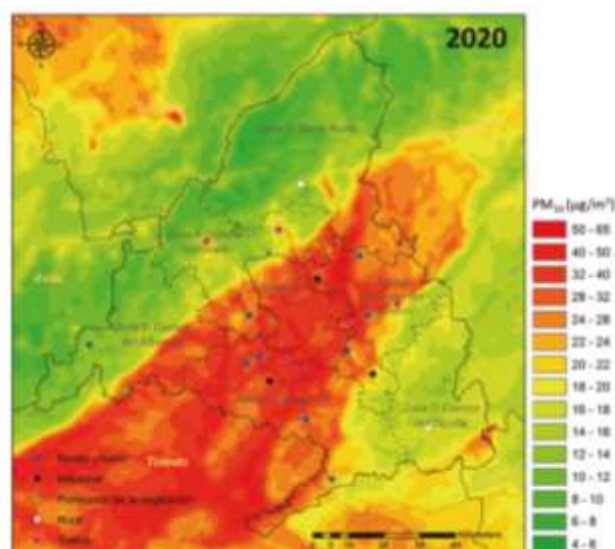


Figura 3: Percentil diario 90,4 de concentración de PM₁₀ pronosticado para 2020 (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, 2019)

Respecto a las PM_{2,5} estas han experimentado un descenso similar al de las PM₁₀, y su patrón de evolución también es muy parecido, ya que su fuente de emisión principal es también el tráfico rodado para 2020 se pronostica una concentración de 11,8 µg/m³ en la ciudad de Madrid.

Los efectos de las PM_{2,5} en la salud provocan enfermedades respiratorias y cardiovasculares, además de potenciar las alergias y el asma en la población infantil. Por el tamaño de estas, son totalmente respirables, y generalmente son metales pesados o compuestos orgánicos. Además de acumulan en el organismo.

No aplica comentar mucho más de la evolución de estas partículas ya que guarda muchas similitudes con las PM₁₀. Por otro lado, España siempre ha presentado niveles altos de partículas, cuya concentración se incrementa esporádicamente de forma natural por las intrusiones de polvo africano. Por ello, la legislación actual establece un procedimiento por el cual se permite descontar a efectos de cumplimiento de los valores legislados, el aporte de PM₁₀ debido a fuentes naturales. (INE - Instituto Nacional de Estadística, 2021).

- Ozono troposférico O₃

Se localiza en la troposfera, y se forma en reacciones químicas en presencia de luz solar, a partir de contaminantes emitidos por automóviles, centrales térmicas, refinerías... Es

por ello que su mayor concentración se da en los meses de verano, cuando las condiciones son propicias: poco viento, altas temperaturas, y muchas horas de luz.

Un dato a resaltar, es que el ozono troposférico suele concentrarse menos en zonas urbanas, ya que reacciona con otros contaminantes. Por ejemplo, el NO reacciona con el O₃, dando lugar a dióxido de nitrógeno, NO₂. Es de vital importancia ya que en el caso concreto del NO₂ en Madrid, el tráfico rodado contribuye con aproximadamente el 70% del NO₂ que respira un ciudadano.

Para establecer un alcance numérico, en Madrid centro se superó el valor máximo de concentración de O₃ en la zona de Retiro en 2020 18 días; siendo este máximo de 120 µg/m³, siendo la zona centro de las menos afectadas por el ozono troposférico, por la razón expuesta en el párrafo anterior.

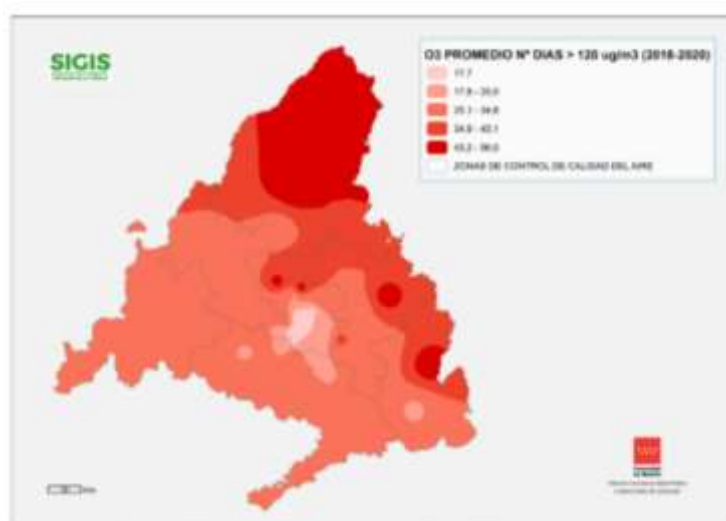


Figura 4: Número de veces que se superó el umbral octohorario de O₃ en la comunidad de Madrid en 2020 (Dirección General de Salud Pública, 2020)

- Otros contaminantes

Cabe mencionar la presencia de óxidos de azufre, dióxido de carbono y monóxido de carbono, así como la presencia de metales pesados e hidrocarburos (COVs, compuestos orgánicos volátiles) como el benceno, el metano y el tolueno. Estos últimos contribuyen al efecto del smog fotoquímico al reaccionar con el ozono troposférico.

Su presencia es significativa en la ciudad de Madrid, pero no son los principales focos de preocupación.

En cuanto al monóxido de carbono, CO, sus efectos sobre la salud son altamente perjudiciales pues este se adhiere a las moléculas de hemoglobina del torrente sanguíneo y provoca que la cantidad de oxígeno que reciben los tejidos sea reducida. Esto puede dar lugar a colapsos, pérdida de la conciencia y problemas cardíacos. (*Carbon Monoxide*, 2021)

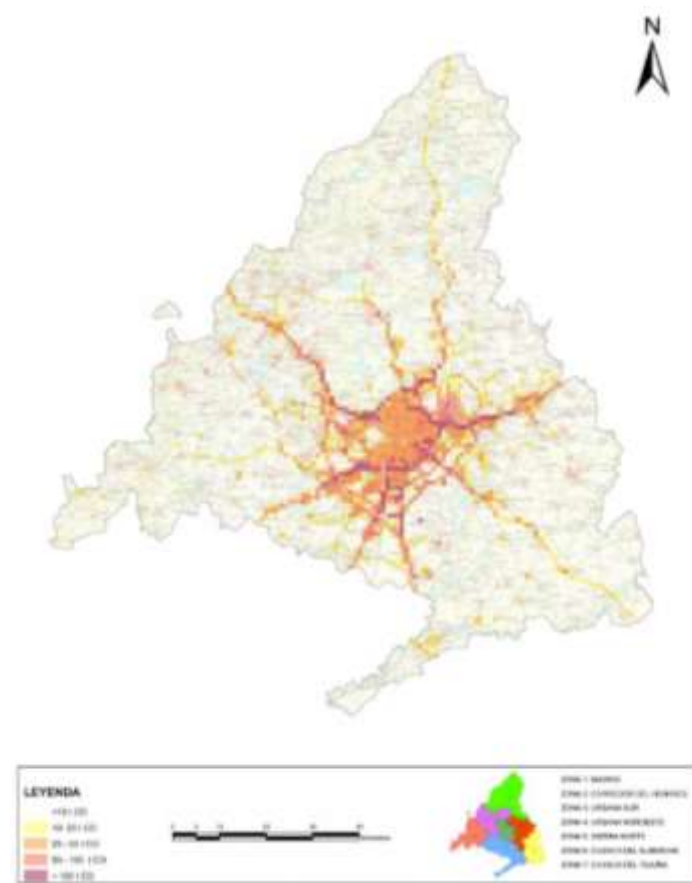


Figura 5: Monóxido de carbono en la Comunidad de Madrid en 2020

4. Premisa inicial: efecto de la vegetación en contaminantes

Para la ejecución de este proyecto se debe tener en cuenta cómo afectaría la incorporación de un complejo botánico en el centro de la ciudad de Madrid, debido a sus niveles de contaminación.

Siguiendo los *Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas*, en un primer lugar, con la incorporación de un centro vegetal en el centro, se buscaría garantizar un aumento de la salubridad y bienestar del centro de la ciudad. Además encontrar un centro de innovación, y sostenibilidad, el cual puede servir como lugar de estudio sobre la evolución de la zona céntrica, e incluso servir como referente para proyectos a posteriori de cambio climático y evolución de contaminantes. (Gamez, 2022).

En relación a esta última propuesta, cabe destacar que la ciudad de Madrid es la comunidad autónoma que más apuesta por la investigación y desarrollo, realizando en 2020 un gasto de 4.200 millones de euros. (*REGIONAL | Madrid I+D*, 2022).

4.1 Definiciones

Es por lo anteriormente expuesto en el apartado 3.2 Listado de contaminantes; que la flora que sea incorporada en el centro botánico debe tener las siguientes características (Negri & Hinchman, 1996):

- Acumuladores: plantas que toleran altos niveles de metales tóxicos, que se acumulan en las capas superiores de tejido vegetal.
- Hiperacumuladores: acumuladores que concentran toxinas a niveles superiores al 100% o incluso más que otras plantas en terrenos similares. Es decir, que son plantas con la capacidad de sobrevivir en circunstancias de alta concentración de contaminantes.
- Fitorremediación: conjunto de tecnologías que usan las plantas para reducir, acumular, o eliminar contaminantes ya sea de la tierra, agua, o aire; provenientes de la actividad humana.
- Indicadores: plantas que cuando se exponen a ciertos compuestos cambian su apariencia. Sirven para detectar depósitos minerales generalmente, aunque también sirven para detectar cambios ambientales.

- Excluidores: plantas que restringen la cantidad de metal tóxico que se transfiere al medioambiente por vía aérea.

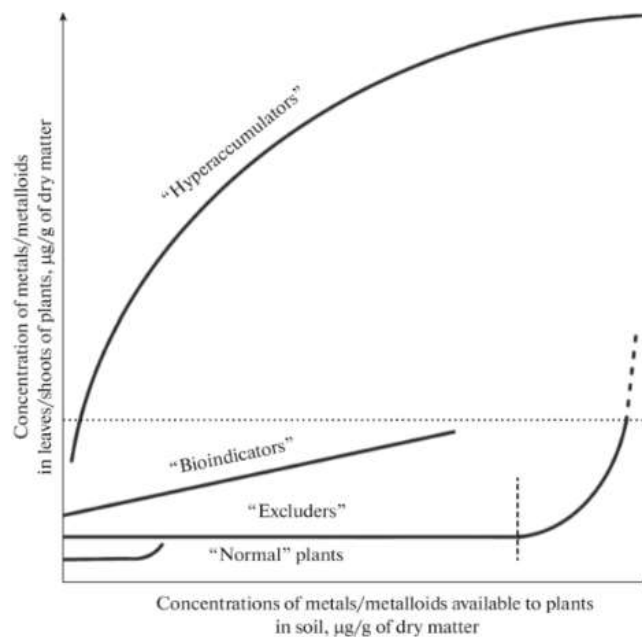


Figura 6: Concentración de metales en plantas según el tipo de reacción que tiene en presencia de contaminantes (Siromlya, 2022)

El complejo botánico debe tener en cuenta el contexto ambiental en el que se encuentra la ciudad, para incorporar hiperacumuladores y vegetación indicadora, lo cual puede servir como no solo centro de visitas peatonal, si no centro de investigación y seguimiento activo de la evolución de la ciudad.

4.2 Acumuladores y polución

La sugerencia de plantación principal es eliminar cuanta más polución posible del centro de la ciudad, prestando especial atención a los tres principales focos de contaminación ambiental, aplicando técnicas de fitorremediación. Así se consiguen cultivos microorganicos que por ejemplo, absorben hidrocarburos aromáticos policíclicos, como el fenantreno, antraceno y pireno; como en el caso de los bosques caducifolios. (Wei, X. et al. 2017).

El dióxido de nitrógeno es tóxico para las plantas en concentraciones a corto plazo de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Reduce el crecimiento de las plantas. Cuando también están presentes el dióxido de azufre y el ozono, los efectos sobre la vegetación son peores. (Nitrogen Dioxide, 2021)

Como tal existen pocos estudios concluyentes acerca de la actividad de las plantas para reducir las cantidades de NO₂ en el ambiente abierto. Desde los años 90 ha sido objeto de estudio intensivo; y se ha demostrado que las plantas eliminan el NO₂ a través de los estomas, junto con el CO₂.

Un ejemplo de absorción directa y bastante específico es el del estudio publicado en 1985 por K. Okano y T. Totsuka: “ABSORPTION OF NITROGEN DIOXIDE BY SUNFLOWER PLANTS GROWN AT VARIOUS LEVELS OF NITRATE”, prueba la capacidad de los girasoles (*Helianthus annuus*), de limpiar el aire contaminado de NO₂. El estudio estuvo realizado en las condiciones de 25°C, y un 70% de humedad relativa; medido dependiendo de la cantidad de dióxido de nitrógeno al que estaban expuestas. Es decir, a determinados niveles de concentración, no afectaba al crecimiento propio de las plantas si no que servía como fertilizante. (Okano & Totsuka, 1985).

Otro estudio significativo en cuanto al NO₂ observa tres tipos de especies, y su crecimiento ante la exposición prolongada a este contaminante en diferentes casos. En lo que concierne a las conclusiones del estudio, se observó que las especies *Spathiphyllum wallisii* “Verdi”, *Dracaena fragrans* “Golden Coast” y *Zamioculcas zamiifolia* eliminan altas concentraciones de NO₂ en un entorno urbano contaminado en interiores. Extender su efectividad a exteriores es mucho más complicado puesto que su capacidad de limpieza es limitada. Afirma que la eliminación pasiva de dióxido de nitrógeno en las ciudades no debe pasarse por alto dada la disponibilidad amplia e inmediata en todo el mundo. (Gubb, 2022).

En cuanto a las PM₁₀ y PM_{2,5} la dispersión y deposición de partículas se ve fuertemente influenciada por el cambio de estaciones y del viento. Respecto a la vegetación, esta misma no puede evitar absorber las partículas como se espera en los compuestos ya desarrollados, puesto que es la propia vegetación una de los principales emisores de partículas, ya sea por la descomposición o por el polen. Las plantas como tal solo alcanzan a purificar PM_{0,1}; es decir tamaños muy pequeños. Para asegurar la correcta depuración de las ciudades procede instalar follaje de hoja perenne con baja emisión de polen. Algunos ejemplos que procede instalar en un complejo botánico para desarrollar su estudio y posible integración en el ambiente urbano serían coníferas

Por último, el ozono troposférico es el causante de daño foliar en las plantas, y ahora se reconoce como el contaminante del aire rural más importante que afecta la salud humana, la vegetación o el material que es susceptible a la oxidación. Como tal, una gran acumulación de plantas no haría nada para evitar su alta concentración y deposición en el centro de la ciudad; ya que el O₃ reacciona dando lugar a NO₂.

Por esto las plantas recomendables para instalar en el complejo serían las que cumplan las siguientes características: que tengan altas capacidades de absorción de NO₂, bajas emisiones de partículas, y alta capacidad y tolerancia a la presencia de hidrocarburos; plantas hiperacumuladoras e indicadoras.

Si bien los estudios consultados, y los mencionados no afirman que el efecto de las plantas en urbes contaminadas sea rotundamente efectivo, puesto que la problemática tiene una causa de alta magnitud, sirven para aliviar la problemática.

4.3 Propuestas de vegetación

Como ejemplos de las diferentes plantas que cumplen con las características expuestas en el apartado anterior:

- *Helianthus spp.* Girasoles anuales. Señalados por el departamento de agricultura de EEUU como absorbentes de contaminantes radiactivos de aguas subterráneas.
- *Spathiphyllum wallisii*. Lirios de la paz. Absorben bencenos y formaldehidos.
- *Ficus benjamina*. Higuera llorona. Absorben formaldehidos, tolueno y xileno.
- *Dracaena marginata*. Dracaena de hoja fina. Absorbe polución por plomo. Esto hace que sea tóxica tanto para humanos como para animales.
- *Acorus calamus var. Angustatus*. Cálamo. Absorbe metano.
- *Bougainvillea buttiana*. Baganvilla. Absorbe xileno.
- *Hibiscus rosa-sinensis*. Cayena, rosa de China. Absorbe naftaleno y fenantreno.
- *Hedera spp.* Hiedra común. Absorbe partículas en suspensión.
- *Lolium perenne*. Ray Grass inglés. Absorbe hidrocarburos procedentes del petróleo.
- *Pinus sylvestris*. Pino del norte. Es capaz de atrapar entre sus hojas punzantes partículas en suspensión.
- *Gazania rigens*. Trailing Gazania. Absorbe hidrocarburos volátiles.
- *Rhododendron indicum*. Especie nativa japonesa, absorbe tolueno.

- *Phoenix roebelenii*. Palmera datilera enana. Hiperacumula benceno, cadmio, formaldehído y plomo.
- *Gerbera jamesonii*. Gerbera. Hiperacumuladores de formaldehído, benceno, tricloroetileno y subproductos.
- *Mirabilis jalapa*. Don diego de noche. Alta tolerancia a ambientes con altas concentraciones en plomo.
- *Raphis Excelsa*. Palmera de bambú.

(Wei, X. et al. 2017), (Carusetta, 2020)

En conclusión, existe gran variedad de plantas que se adaptan a los requisitos ambientales expuestos para mejorar la calidad del aire.

5. Un centro de referencia

La transformación del Mercado de San Miguel en un complejo botánico no busca solo dar un uso diferente e innovador al edificio. Se busca que sea un centro de aprendizaje y formación, de investigación e innovación.

Para marcar la diferencia con otros centros, este es de paso abierto al público, de forma que no solo se puede estudiar la evolución de la vegetación en presencia de contaminantes, si no que se puede estudiar la evolución de la propia ciudad con la introducción de especies acumuladoras e indicadoras.

Con esta iniciativa se pretende acercar al público de a pie a la naturaleza de forma que muchas de las especies anteriormente mencionadas (4.3 Propuestas de vegetación), pueden ser fácilmente adquiridas y mantenidas en los hogares; donde su efecto es mucho más notable, sobre todo en el caso de los tres primeros ejemplos.

Este proyecto se desarrolla en consonancia con el creciente interés en la naturaleza, el cual ha aumentado en un 16% desde 2016. (WWF, 2021). A este fenómeno se le ha denominado el eco-despertar, que tiene especial repercusión en redes sociales, donde cada año se da más importancia a los problemas ambientales. Según un informe de Twitter Insights para WWF: “Cada vez son más las personas, comunidades y empresas que deciden vivir y gestionarse con estándares más altos cuando se trata de respetar el planeta. A medida que la gente mira detenidamente los costos ambientales de la vida cotidiana, deciden tomar el control y encontrar soluciones innovadoras para crear más cultura sostenible”. (WWF, 2021).

Además se desarrolla a la par que el Gobierno español decide hacer cambios en pro del medioambiente, como previamente se ha mencionado en el punto 3.1.

A parte de su interés científico, este es un edificio emblemático de la ciudad con visitantes de todo el mundo atraídos por su fachada histórica y el barrio en el que se localiza. Se trata por ello de un proyecto estético que busca la atracción y admiración de sus visitantes. Como referencia, el palacio de cristal de Arganzuela es un excelente ejemplo a seguir de cómo puede ser un edificio histórico ferro vítreo adaptado en un complejo botánico.



Imagen 9: (Invernadero del Palacio de Cristal de Arganzuela, 2022)

6. Estado actual del mercado de San Miguel

6.1 Normativa urbanística

El edificio se encuentra catalogado en el *Plan General de Ordenación Urbana de Madrid* en el "nivel 1", grado "singular", siéndole de aplicación las normas de protección establecidas en el mismo y, con carácter subsidiario, las correspondientes a la Norma Zonal 1, grado 5°.

El grado 5°: Se aplica a parcelas ocupadas por edificios que constituyen una singularidad en la trama urbana, bien por sus valores histórico-artísticos, por sus características constructivas, de catálogo, o su uso.

Singular: En el que se incluyen aquellos edificios que pueden considerarse, en todo o en parte, como elementos relevantes en la historia del arte y la arquitectura española o madrileña, o constituyen un hito dentro de la trama urbana de la ciudad.

Son de obligado cumplimiento los siguientes preceptos:

- *“Las obras exteriores quedan condicionadas a la aprobación de un proyecto común para todos los elementos del conjunto. Igual condición regirá para las obras que supongan la modificación de las envolventes.*
- *No se permiten las sustituciones indiscriminadas de edificios, sino que éstas deben hacerse con arreglo a un proyecto de carácter general, que mantenga las constantes arquitectónicas que han motivado su inclusión dentro de esta protección y que, en cualquier caso, debe guardar las proporciones del conjunto y mantener su armonía”.*

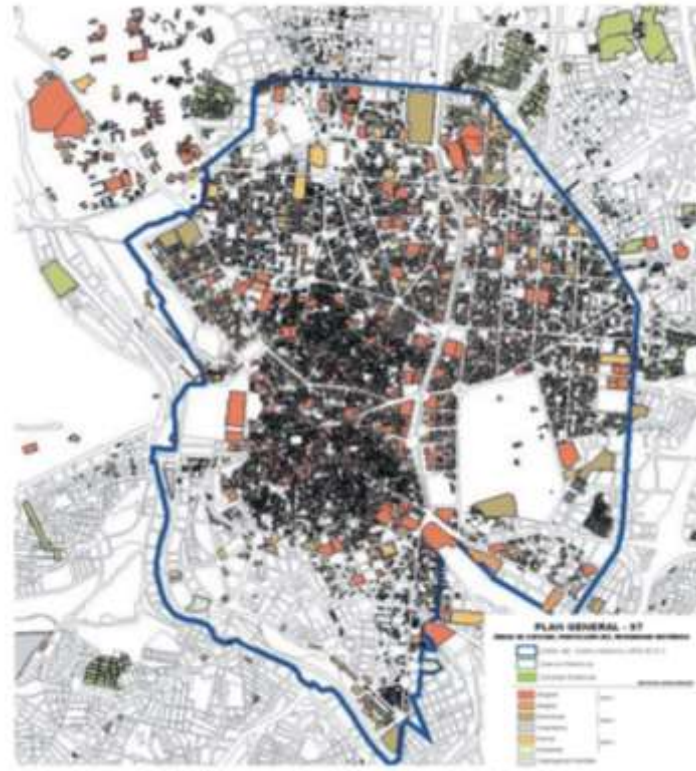


Figura 7: Regulación de Condiciones de Edificación. 1997

Todo ello limita las posibles modificaciones del edificio.

Está clasificado como *Equipamiento Social Intensivo* Figura 7.

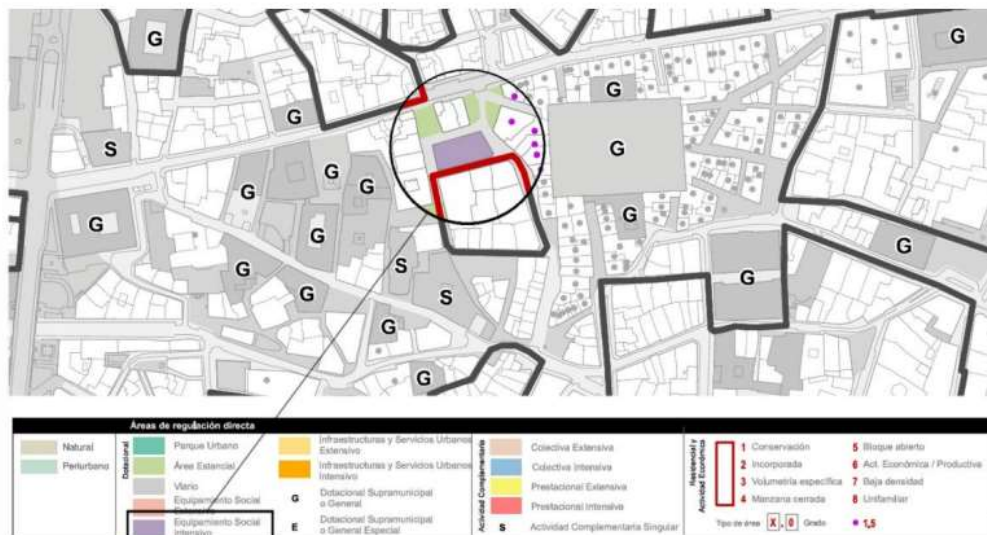


Figura 8: Parcelas de la zona 1 de Madrid. Plan general 1997.

En rojo las de carácter singular (Dirección General de Revisión del Plan General, 2012)

En el resto de figuras del epígrafe se puede observar las diferentes clasificaciones que se han podido obtener del planeamiento urbanístico de la comunidad de Madrid. (Comunidad de Madrid, 2021).



Figura 9: Uso general, servicios urbanos. PGOU 1997.

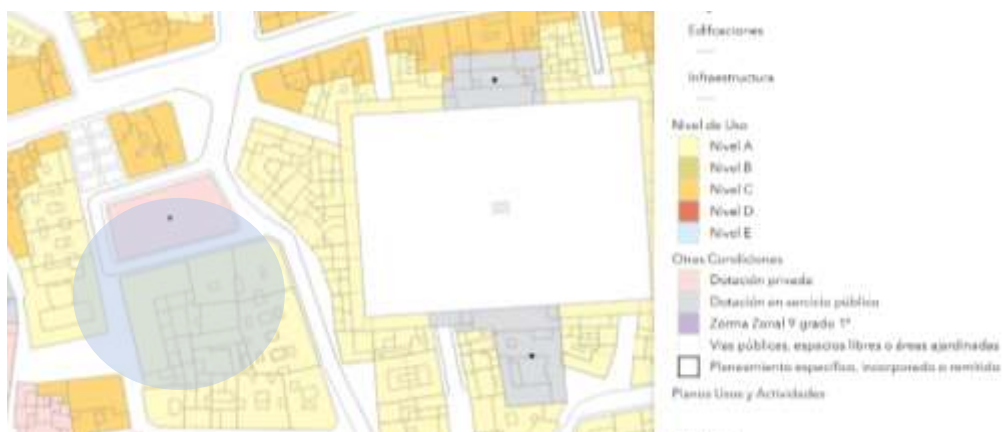


Figura 10: Nivel de uso. Dotación privada. PGOU 1997



Figura 11: Elemento de restauración obligatoria. PGOU 1997



Figura 12: Condiciones de edificación. Grado 5. PGOU 1997

6.2 Distribución actual

Los siguientes datos están obtenidos de la reforma realizada en 2008 por el estudio de arquitectura Tolos Estudio De Arquitectura, S. L.

A cargo del arquitecto Juan Manuel Alarcón García.

Esta reforma impulsó el establecimiento cambiando elementos de los cerramientos verticales laterales, y realizando una redistribución del espacio. Gracias a esta labor, el negocio consiguió un crecimiento económico significativo que fue notable en 2009.

6.2.1 Superficie útil

- Planta semisótano:

La superficie total es de 435,50 m²; distribuidos en un puesto de venta, instalaciones de control y seguridad, cuadro de contadores de electricidad; un cuarto de caldera y maquinaria de plataforma elevadora. Además dos cuartos de aseo para hombres y mujeres, dos aseos y vestuario para personal, cuarto de limpieza segmentado; y zona de distribución y circulación.

- Planta baja:

Cuenta con puestos de venta, zona de circulación y control, en total son 1108,16 m².

- *Entreplanta:*

La superficie total es de 89,79m². Cuenta con dos equipamientos de climatización y control, un laboratorio de análisis sensorial y un cuarto de maquinaria para la plataforma elevadora.

6.2.2 Aforo

Para el aforo se cuenta con la normativa establecida de aplicación. La cual establece los siguientes valores:

- Zonas de uso público: (1 persona/2 m²).
- Zonas de servicio: (1 persona /20 m²).
- Almacenes: (1 persona /40 m²).

En función de cada segmentación del espacio, previamente mencionada los siguientes aforos son los admisibles en cada planta:

- *Planta semisótano:* 60 personas.
- *Planta baja:* 340 personas.
- *Entreplanta:* 20 personas.
- *Ocupación total:* 420 personas.

6.2.3 Planos del estado actual

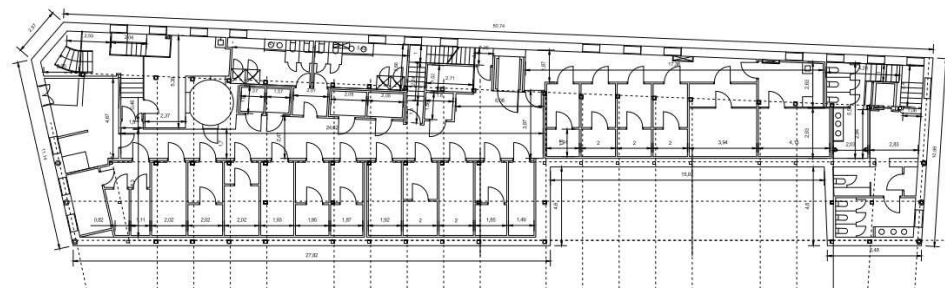
En los siguientes planos se presentan las diferentes vistas del edificio en su estado actual tras la reforma de 2008.



PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL	
INGENIERA INDUSTRIAL	UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI
SARA RUIZ ASURMENDI	
SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID	
PLANO N° 01	SITUACION
FECHA	MADRID, FEBRERO 2022
ESCALA	1/100

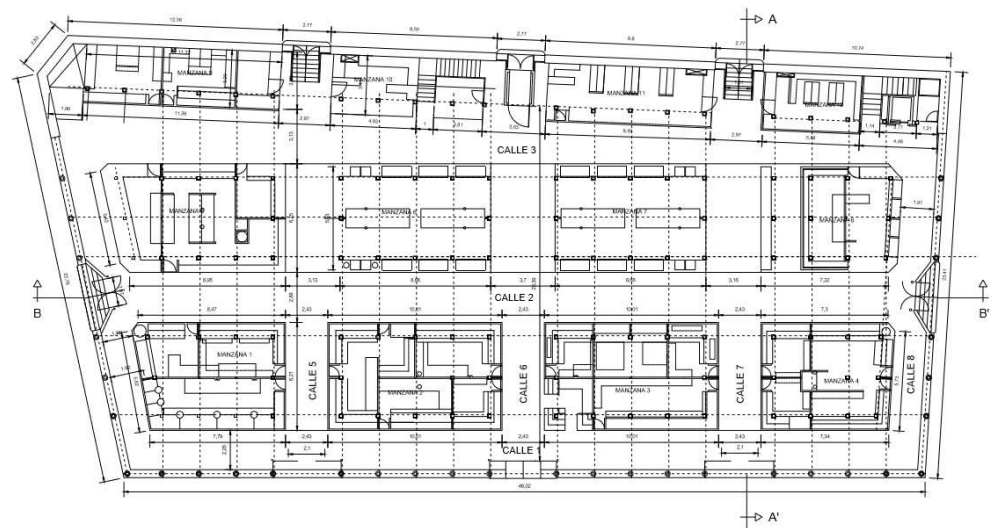
TRABAJO DE FIN DE GRADO

Plano 1: Localización actual



TRABAJO DE FIN DE GRADO	PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL		
	INGENIERIA INDUSTRIAL		UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI
	SARA RUIZ ASURMENDI		
	SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID		
	PLANO N.º 02	PLANTA SEMISÓTANO DISTRIBUCION ACTUAL	
	FECHA	MADRID, FEBRERO 2022	ESCALA: 1/100

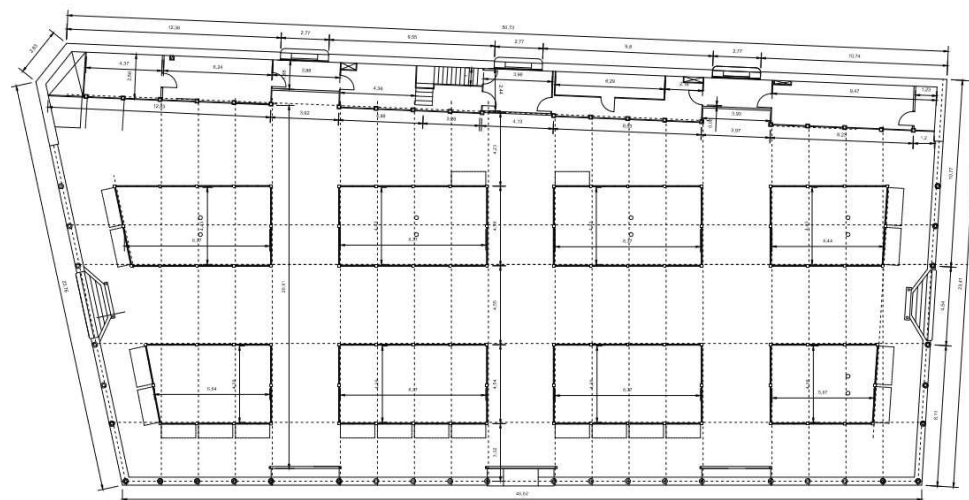
Plano 2: Semisótano actual



PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL	
INGENIERA INDUSTRIAL	UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI
SARA RUIZ ASURMENDI	
SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID	
PLANO N°	PLANTA BAJA DISTRIBUCION ACTUAL
03	
FECHA:	MADRID, FEBRERO 2022
ESCALA:	1/100

TRABAJO DE FIN DE GRADO

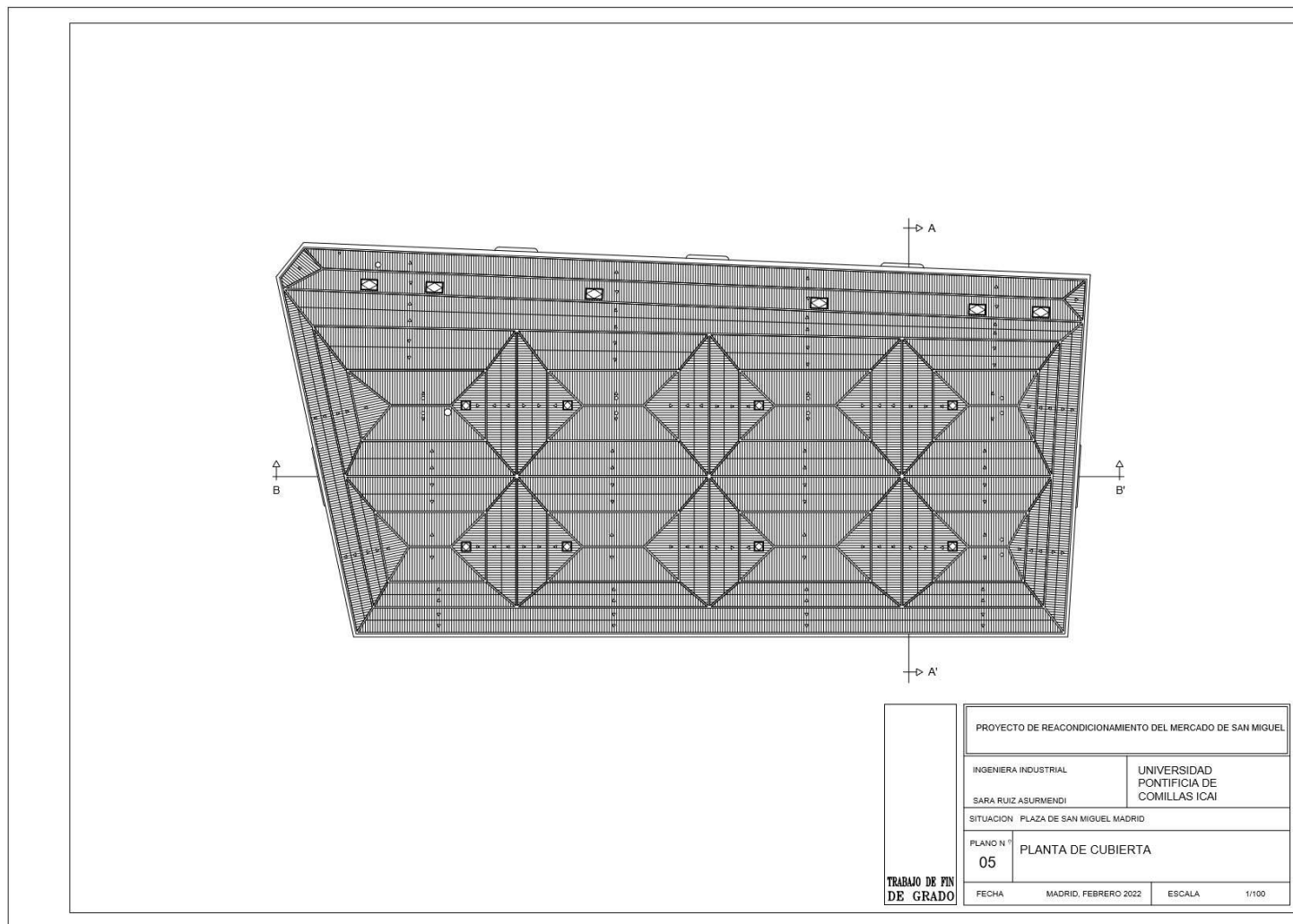
Plano 3: Planta baja actual



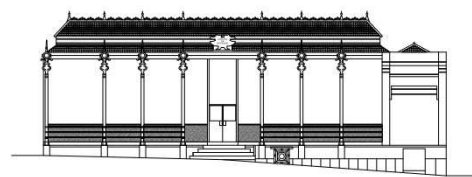
PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL		
INGENIERIA INDUSTRIAL	UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI	
SARA RUIZ ASURMENDI		
SITUACION	PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID	
PLANO N°	PLANTA ENTREPLANTA Y ALTILLOS	
04	DISTRIBUCION ACTUAL	
FECHA	MADRID, FEBRERO 2022	ESCALA 1/100

TRABAJO DE FIN DE GRADO

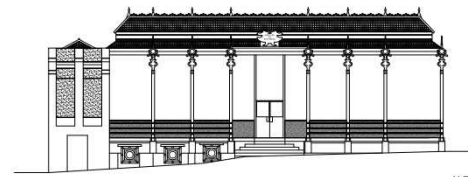
Plano 4: Altillo actual



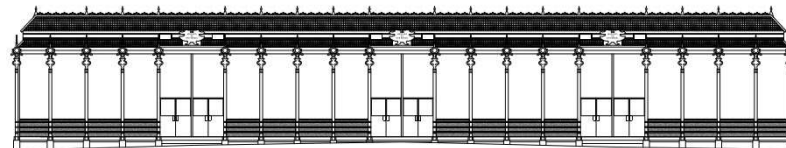
Plano 5: Cubierta actual



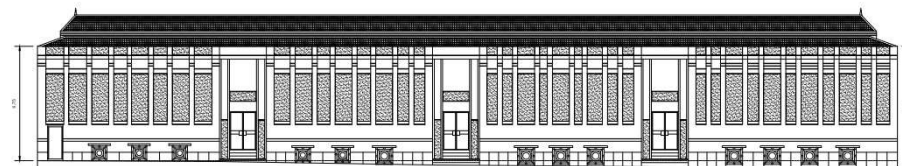
ALZADO OESTE



ALZADO ESTE



ALZADO SUR

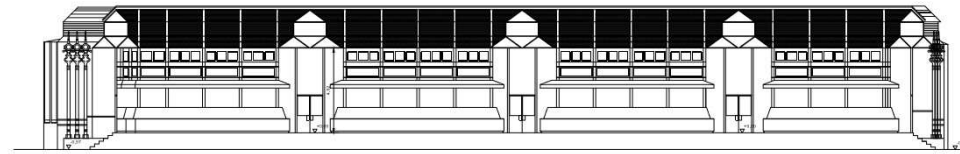


ALZADO NORTE

TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL	
INGENIERIA INDUSTRIAL	UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI
SARA RUIZ ASURMENDI	
SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID	
PLANO N°	ALZADOS ESTADO ACTUAL
06	
FECHA	MADRID, FEBRERO 2022
ESCALA	1/100

Plano 6: Alzados actuales



SECCION B-B'



SECCION A-A'

TRABAJO DE FIN DE GRADO	PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL		
	INGENIERIA INDUSTRIAL		UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI
	SARA RUIZ ASURMENDI		
	SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID		
	PLANO N° 07	SECCIONES ESTADO ACTUAL	
	FECHA	MADRID, FEBRERO 2022	ESCALA 1/100

Plano 7: Secciones actuales

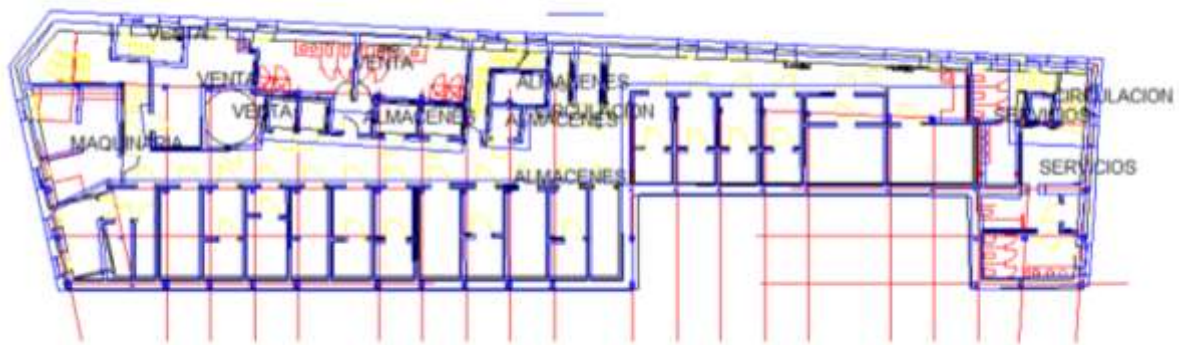
6.3 Modelado actual en EDSL TAS

6.3.1 Modelo 3D

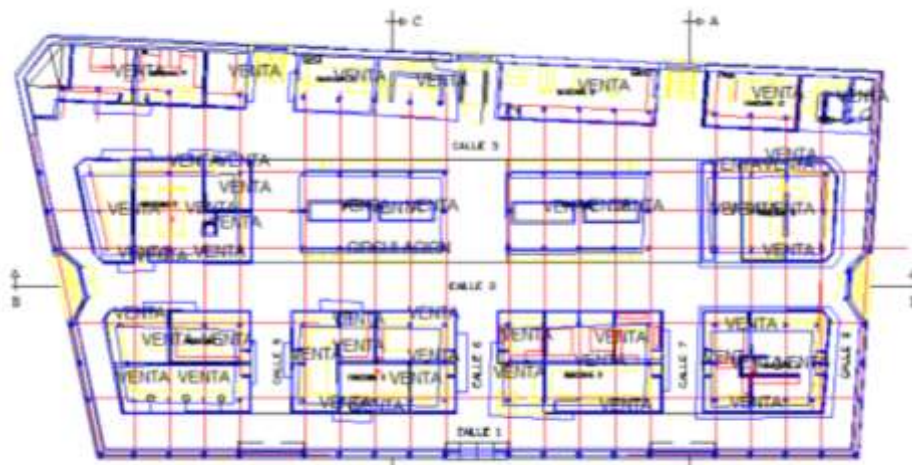
Para este proyecto es necesario conocer la distribución actual del espacio y modelarlo en 3D para poder calcular mediante métodos numéricos el gradiente de temperaturas a lo largo de un año, detectando las zonas cálidas y frías del edificio.

Es por ello que se ha utilizado el programa EDSL TAS, que no requiere de mucha precisión de modelado, pues los detalles no son la clave del cálculo. Este programa está formulado para soportar geometría euclidiana. Esto implica que las formas muy complejas e intrincadas no las soporta el propio programa, así como paredes muy finas o muy cortas.

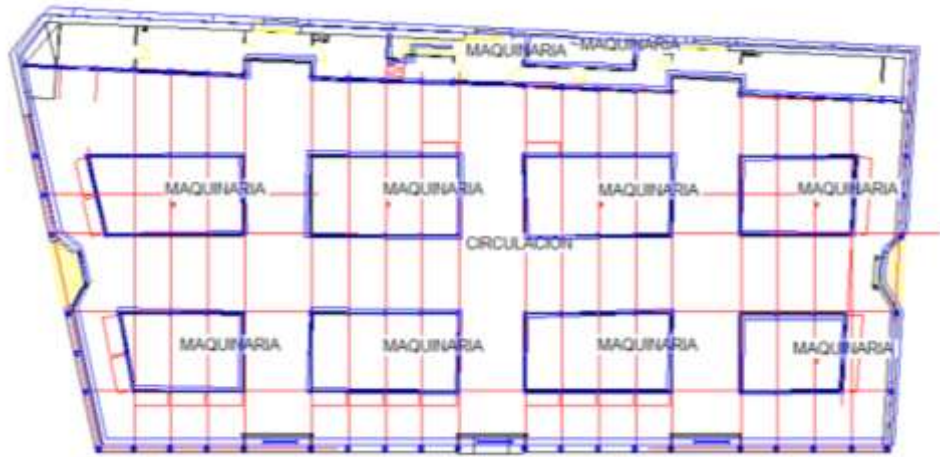
Para el diseño del modelo se utilizaron los planos del estado actual previamente dibujados y a modo de plantilla se diseñó el modelo 3D del proyecto.



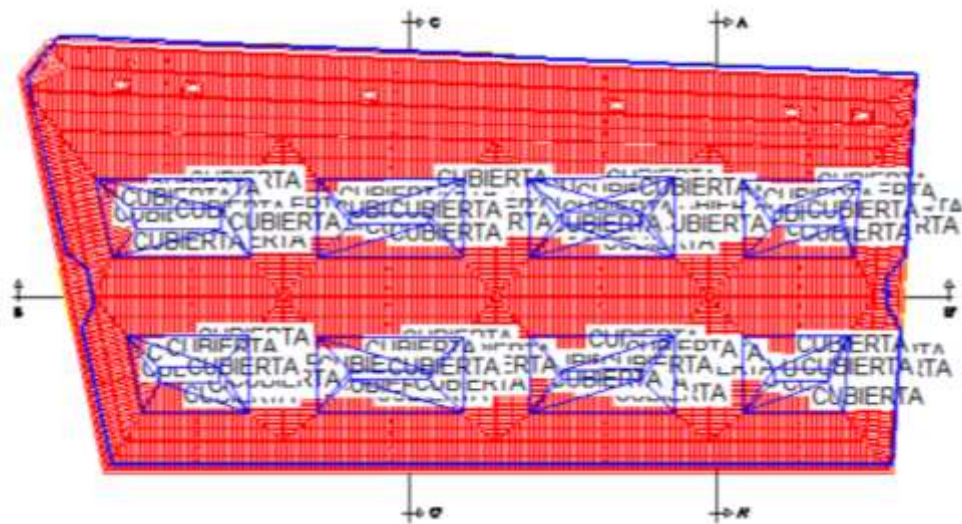
Plano 9: Semisótano. Superposición del modelado con el plano.



Plano 8: Planta baja. Superposición del modelado con el plano.



Plano 10: Altillos. Superposición del modelado con el plano.



Plano 11: Cubierta. Superposición del modelado con el plano.

Debido a los ya mencionados prerequisites geométricos, muchos detalles del modelo original debieron ser obviados para que el cálculo del estado actual del proyecto tuviera lugar y pudiera ser abarcable.

Cabe destacar la complejidad que supuso generar la cubierta del edificio, puesto que la edición de cubiertas con inclinación requiere de un conocimiento avanzado del funcionamiento del programa.

Muchos de los detalles de la cubierta tuvieron que ser obviados para poder compilar el programa, ya que no soportaba ni la carga de detalle, ni los cambios de inclinación. Es por ello que parte de la cubierta superior tiene cambios respecto a la original. Entre ellos se encuentra la elevación perimetral de la cubierta, con una elevación de 4,92 metros

desde el suelo del mercado, que progresivamente avanza hasta su punto más alto, del cual se desconoce la cota.

Utilizando los planos, se ha supuesto una altura de cubierta de 3 metros de altura desde su comienzo a 4,92 metros desde el suelo, atendiendo a la proporcionalidad de los planos. Los cambios realizados en la distribución de las alturas de la cubierta están pensados como una aproximación a la realidad, para simular las dimensiones reales del espacio hueco.

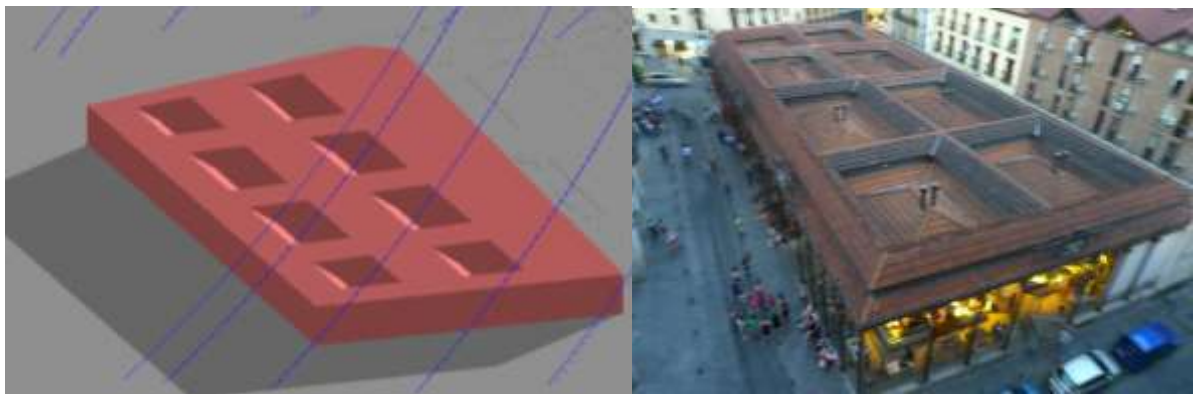


Imagen 10: Comparación del modelo con el estado actual.

El programa dispone de un elemento de renderizado gracias al cual se puede ver la estructura de una forma más compacta y tal cual los cálculos se realizan. Las siguientes imágenes están ejecutadas para el día 1 de enero en las coordenadas reales del mercado.

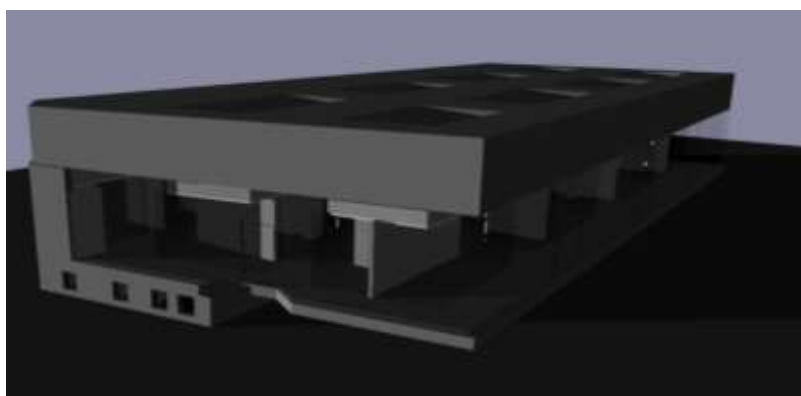


Imagen 11: Renderizado del mercado actual a las 9 horas y 00 minutos. Ángulo azimutal 123,7 ° y elevación de 2,7°

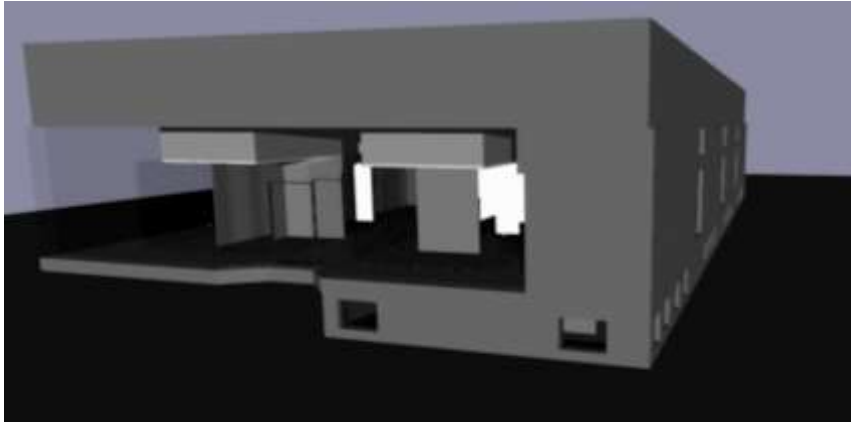


Imagen 12: Renderizado del mercado actual a las 17 horas y 31 minutos. Ángulo azimutal 235,45° y elevación de 3,7°

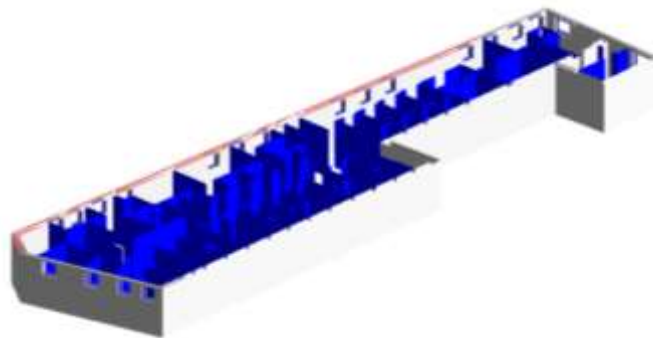


Imagen 13: Modelo 3D del semisótano

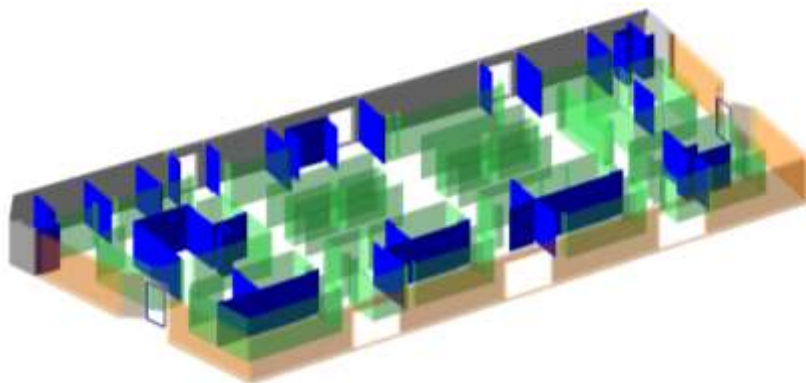


Imagen 14: Modelo 3D de la planta baja

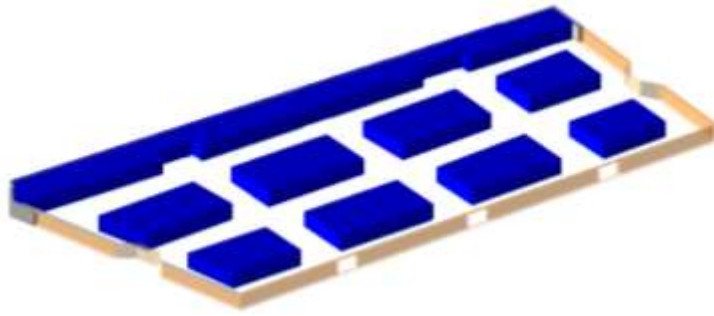


Imagen 15: Modelo 3D de los altillos

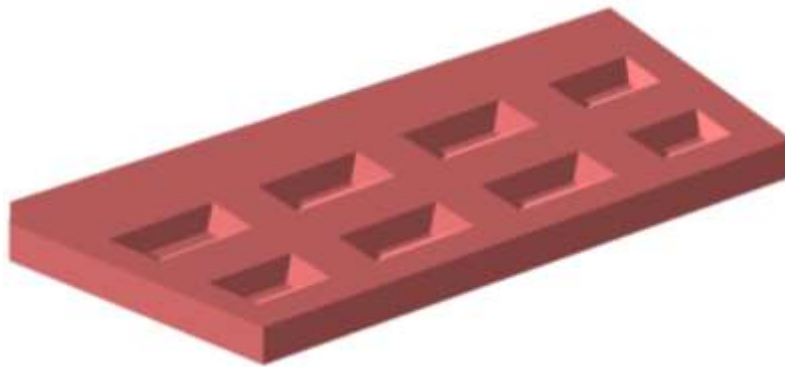


Imagen 16: Modelo 3D de la cubierta

6.3.2 Ensayo de luminosidad

Previo al estudio térmico, se necesita realizar una simulación de la distribución de la incidencia de luz, para detectar qué zonas son más iluminadas y cuales menos. A la hora de la simulación térmica, estos datos influyen relativamente poco, pero son necesarios para continuar el proceso.

Elementos constructivos	Posición	Reflectancia	Transmitancia
Techo de altillos	Ambos lados	0.3	0.0
Suelo expuesto	Ambos lados	0.3	0.0
Muro cortina grueso	Ambos lados	0.1	0.9
Muro cortina fino	Ambos lados	0.1	0.9
Suelo en contacto con el exterior	Ambos lados	0.2	0.0
Techo interno	Lado del techo	0.8	0.0
Techo interno	Lado del suelo	0.3	0.0
Suelo interno	Lado del techo	0.8	0.0
Suelo interno	Lado del suelo	0.3	0.0
Paredes gruesas	Ambos lados	0.5	0.0
Paredes a altura media	Ambos lados	0.3	0.7
Cubierta	Exterior	0.3	0.0
Cubierta	Interior	0.8	0.0
Muro enterrado	Exterior	0.3	0.0
Muro enterrado	Interior	0.5	0.0
Elevación	Exterior	0.5	0.0
Elevación	Interior	0.1	0.0

Tabla 1: Reflectancias y transmitancias de elementos constructivos del estado actual

Para esto se deben especificar datos de reflectancia y transmitancia de las superficies del edificio, siendo el valor de transmitancia nulo para los elementos no transparentes. En los elementos transparentes se ha elegido un valor de 0,9 de transmitancia, 0,1 de reflectancia. En los materiales opacos, la reflectancia oscila entre 0,1 y 0,5, debido a su función. Con esta aproximación se pueden tener en cuenta las cavidades de los muros, así como la reflectancia propia del muro. Cabe destacar que el modelado del programa no permite establecer muros a media altura, por ello gracias a estas propiedades estos muros a media altura (barras de puestos de venta, mesas...) se pueden aproximar por muros con alta transmitancia.

En función de los niveles de lux (pues el programa da los resultados en lux o en valor porcentual del factor de luz diurna) es posible saber qué impacto directo tiene la luz solar en las diferentes zonas del mercado y cómo se distribuye la luz.

	LUX	DESCRIPTION
	50,000	British summer sunshine
	5,000	Overcast sky
	500	Well-lit office
	300	Minimum for easy reading
	50	Passageway/outside working area
	15	Good main road lighting
	10	Sunset
	5	Typical side road lighting
	2	Minimum security risk lighting

Tabla 2: Niveles de lúmenes contextualizados (Granger, 2018)

Los resultados mostrados por la simulación oscilan entre 2 lux, que sería una situación de baja luz, y casi imposible de darse en la ciudad con la luz de las farolas y el tráfico; y 5.000 lux que correspondería a la luz solar de un día nublado.

El programa proporciona la posibilidad de elegir entre dos tipos de cielos estandarizados, el cielo CIE, descrito en ISO-1546449 y se utiliza predominantemente en Europa; y el

cielo IESNA, definido por la *Illuminating Engineering Society of North America* y se utiliza principalmente para ASHRAE.

Para cada uno de estos modelos se puede elegir un tipo de cielo: nublado, claro, uniforme, e intermedio. Esto afecta a los resultados de la simulación ya que la diferencia entre estos tipos de cielo está formulada de una forma diferente.



Imagen 17: Tipos de cielo aportados por EDSL TAS

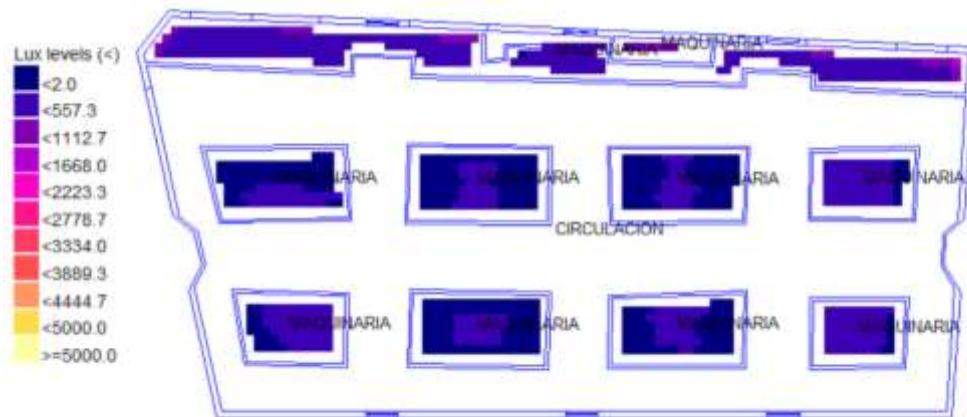
Para este proyecto se usará el cielo CIE Overcast, es decir, el estándar Europeo nublado.

Los valores más bajos de lux se representan en los cálculos numéricos con colores oscuros. En los resultados, se puede apreciar cómo casi todas las zonas están a 500 lux aproximadamente, y aunque aparentan poca luminosidad, es la luminosidad de una bombilla estándar. Esto implica que es insuficiente la luminosidad para un día nublado. Cabe añadir que la diferencia entre lux y lúmenes es que un lux equivale a lux a lm/m^2 .

Los resultados de esta simulación de luminosidad son los siguientes:



Simulación 1: Distribución de luminosidad en la planta baja



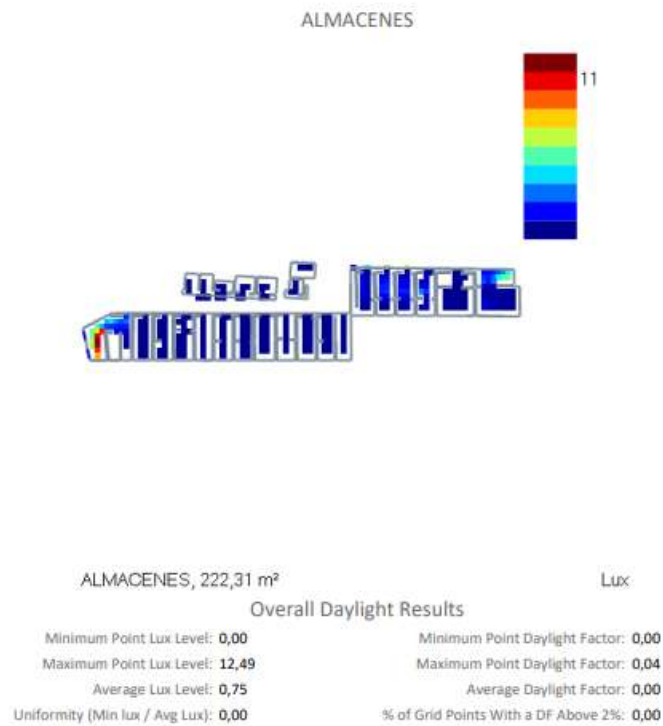
Simulación 2: Distribución de luminosidad en los altillos



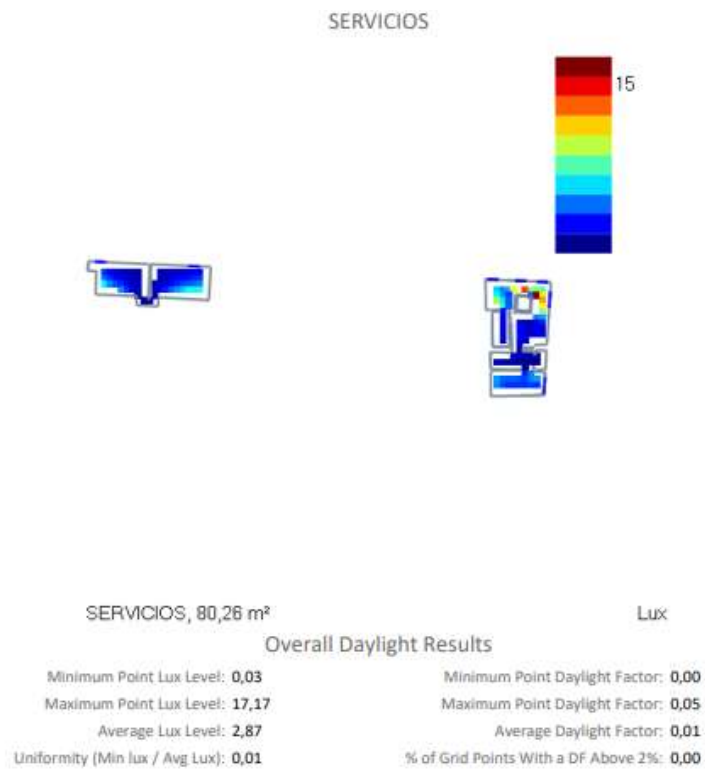
Simulación 3: Distribución de luminosidad en el semisótano

Como se puede observar tanto la zona de los altillos y la zona del semisótano están poco expuestas a la luz. Los altillos están poco expuestos ya que al haber maquinaria no convienen excesivos cambios ambientales, y es por ello que están en cuartos cerrados. El semisótano tiene unas pocas ventanas que dan a la calle en las fachadas oeste, norte y este. Debido a sus dimensiones la penetración de luz natural es baja.

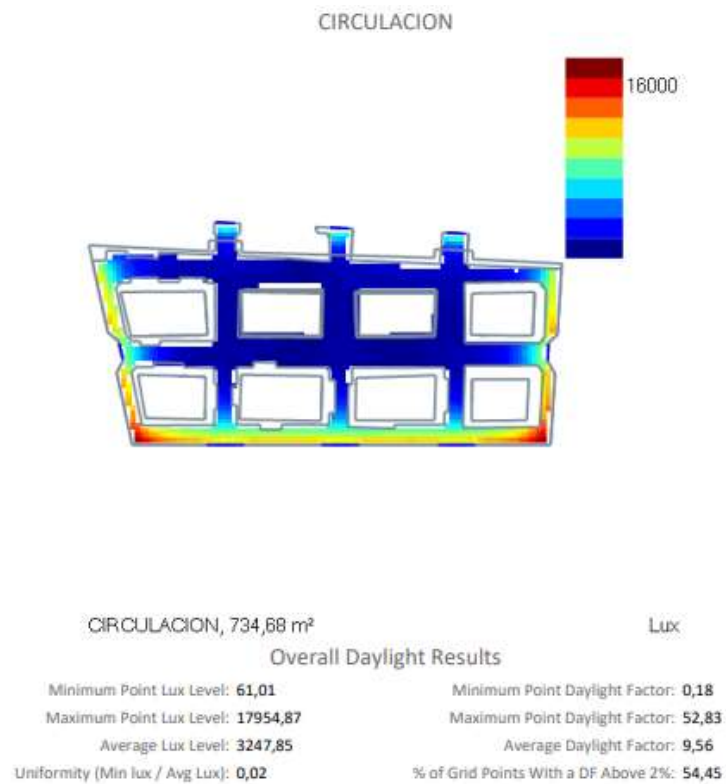
Este es el informe de TAS para los luxes por zonas, el cual facilita la visualización de la luminosidad en el rango marcado:



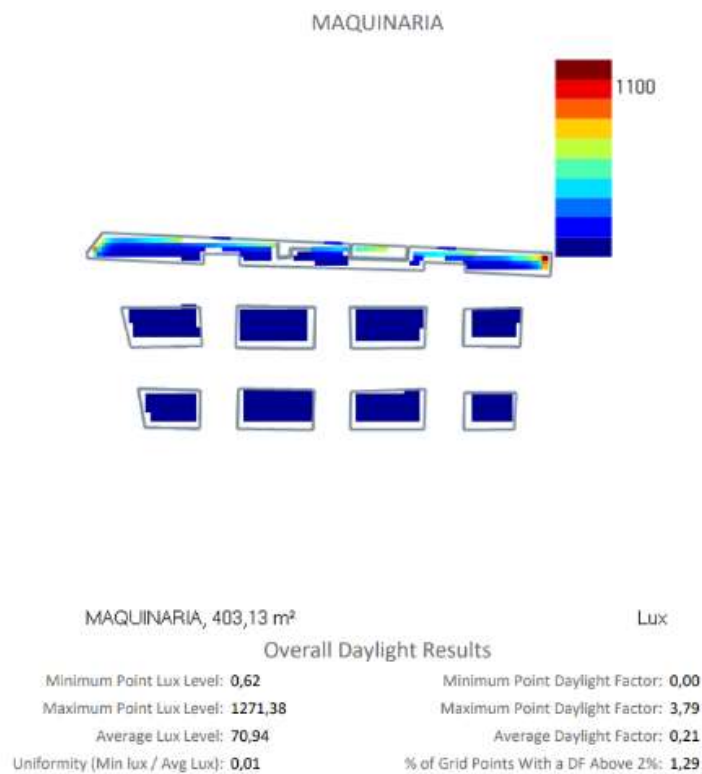
Informe 1: Iluminación de almacenes



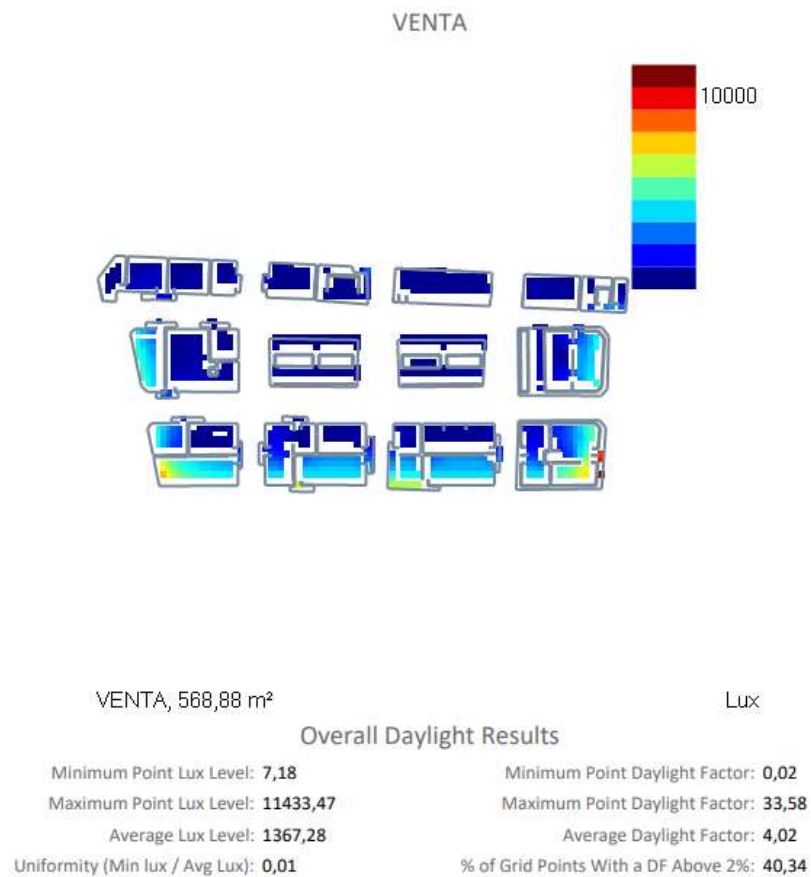
Informe 2: Iluminación de servicios



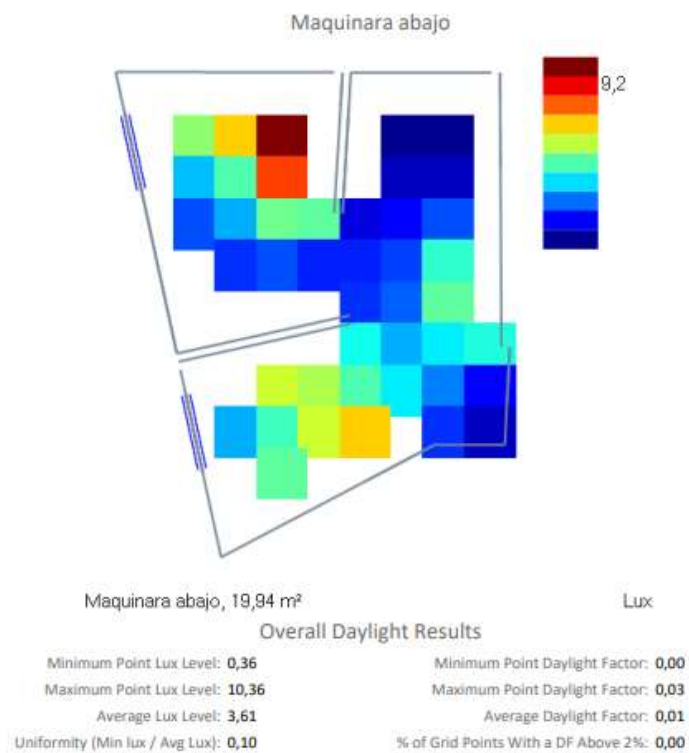
Informe 3: Iluminación de zonas de circulación (pasillos) de la planta baja



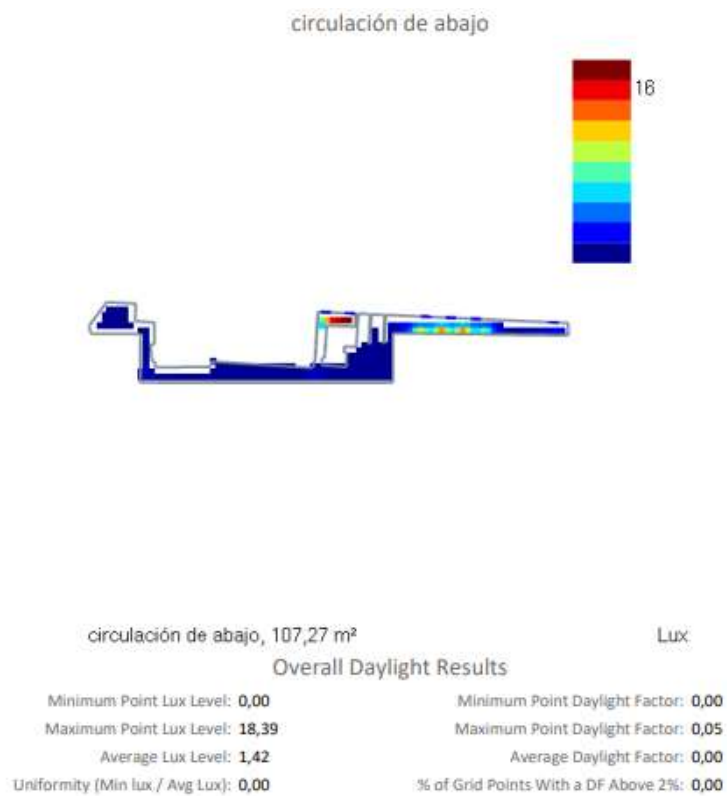
Informe 4: Iluminación de entreplanta



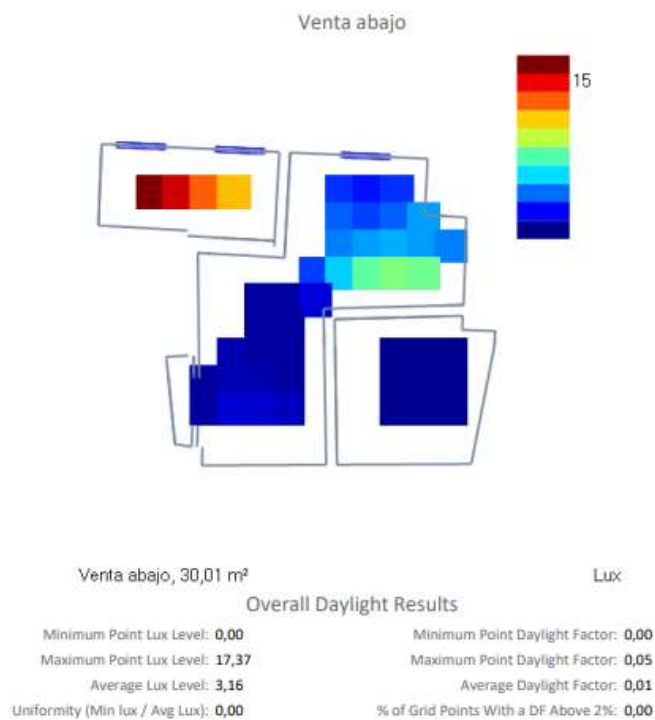
Informe 5: Iluminación de los puestos de venta de la planta baja



Informe 6: Iluminación del cuarto de la plataforma elevadora del semisótano



Informe 7: Iluminación de las zonas de circulación (pasillos) del semisótano



Informe 8: Iluminación del puesto de venta del semisótano

Como se puede observar el programa no genera datos del área de circulación de aire de la entreplanta, así como de la cubierta. Esto se debe a que parte de la entreplanta está no acotada, no tiene suelo ni techo, y la cubierta recibe el 100% de la luz solar incidente.

6.3.3 Desarrollo de la simulación

Para exportar el archivo al módulo de construcción del programa, se debe seleccionar un paso para el rango de días en el que se va a ejecutar la simulación a lo largo de un año. Este paso por defecto es de 15 días. Para conseguir una mejor lectura de los resultados, el paso se ha reducido a 5 días.

TAS es un modelador de simulación dinámica y, como tal, modela la masa térmica de un edificio. Los resultados de la primera hora de una simulación deben tener en cuenta la energía almacenada durante las horas anteriores. Requiere de un preacondicionamiento. Por ello se elige una reflectancia solar del suelo de 0.5, por ser esta pavimento.

Elementos constructivos	Posición	Reflectancia	Transmitancia
Pavimento	Lado exterior	0.5	0.0

Tabla 3: Reflectancia y transmitancia del pavimento

Además, se pide la altura media de los elementos circundantes. Estos edificios son de entre 5 pisos y 6; contando los áticos. Para los cálculos se estimarán 18 metros de altura. También se pide incluir la zonificación, es decir si se encuentra en un medio rural, urbano o un pequeño poblado. Se ha elegido ciudad. También se tiene en cuenta el contaminante externo. Respecto al contaminante, por defecto es CO₂ con la imposibilidad de cambiarlo por NO₂, O₃... Se pide en ppmv; el valor de Madrid centro es de 410ppmv, lo cual es un valor inaceptable para la salud, pero no anormal.

También se requiere un coeficiente de presión debida al viento. Debido al intrincado planeamiento del casco histórico, que no tiene altas ráfagas de viento, y que esta herramienta está destinada para cuando el viento es un factor determinante. Es por ello que no se añadirá al preacondicionamiento.

Para las condiciones meteorológicas, encontrar un archivo de Madrid es complicado, puesto que únicamente puede leer archivos .TWD (extensión propia de TAS) y .epw (EnergyPlus Weather Data). En un principio se optó por utilizar el registro de Sacramento,

California; porque de todos los registros aportados por el programa, este es el que más se parece a Madrid. En la simulación final, se encuentran los archivos de Madrid de 1989 en extensión .epw; obtenidos en Energyplus. (EnergyPlus, 1989). La página web de Aemet ofrece un histórico mucho más actualizado, pero la lectura y conversión de archivos es demasiado compleja para quienes no están habituados a ese tipo de programación.

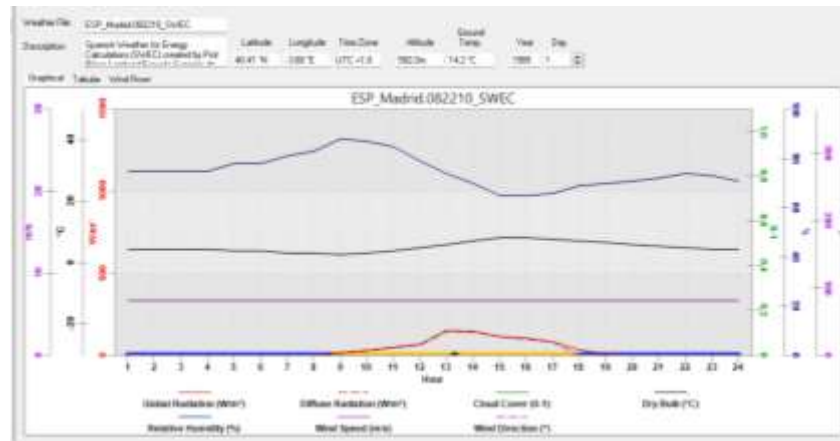


Figura 13: Histórico de temperaturas de Madrid en 1989 proporcionado por Energyplus

Tras esto el programa pide las características de los elementos añadidos en el modelado 3D, como el muro externo, o el tipo de suelo. TAS dispone de un catálogo de materiales prediseñado, lo cual facilita el trabajo de selección de los mismos.

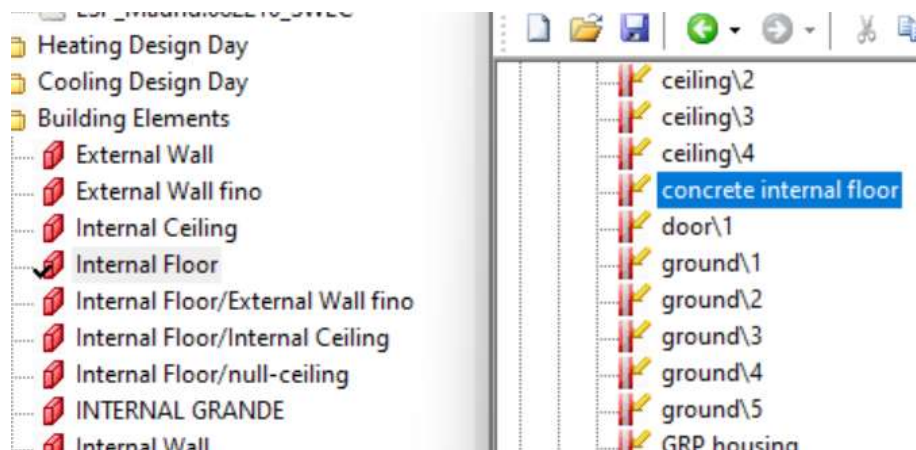


Imagen 18: Materiales y elementos de construcción

Por ejemplo, los datos para el suelo de la planta baja son los de un piso con un suelo falso por encima, y los del techo interior son los que asumen un espacio vacío por encima, lo cual se ajusta al techo que existe en los altillos. Cabe añadir que para los cerramientos laterales se ha elegido un OPTIFLOAT™ CLEAR; ya que sus características son similares a las que se podría encontrar en el vidrio del edificio. Es un vidrio de alta

seguridad, por lo que en cuanto a resistencia, supera al original, el cual se ha roto unas cuantas veces.

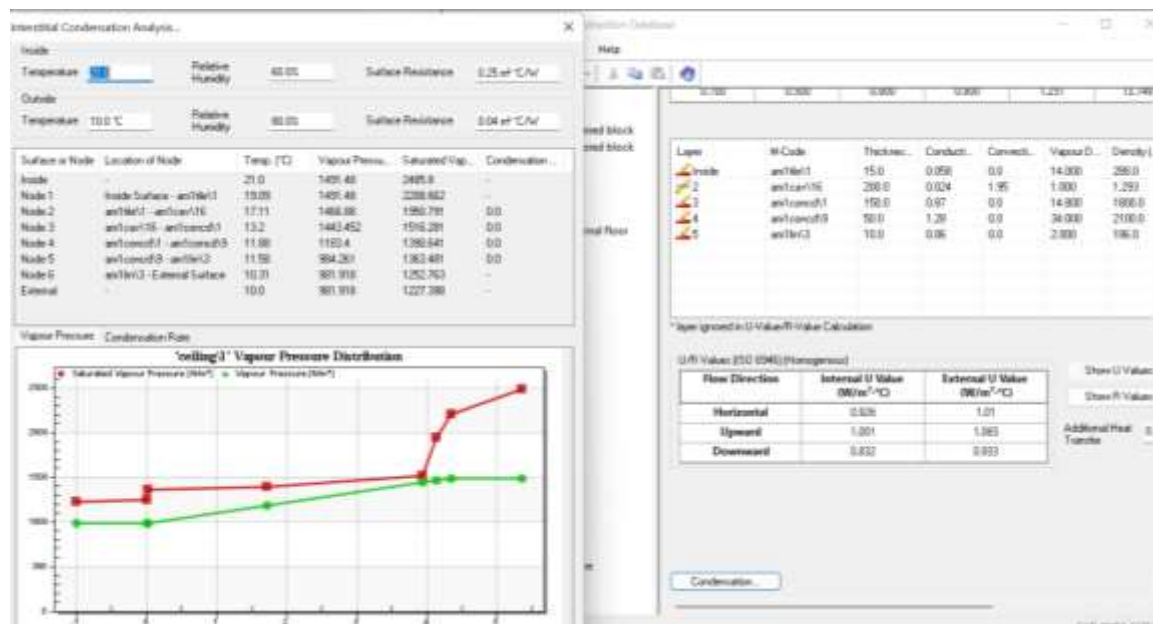


Imagen 19: Datos proporcionados por TAS para el tipo de techo interior elegido

Para esta simulación se utilizan los datos constructivos básicos del programa, ya que al ser un edificio del que se tiene poca información acerca de sus materiales, el catálogo básico es más que suficiente.

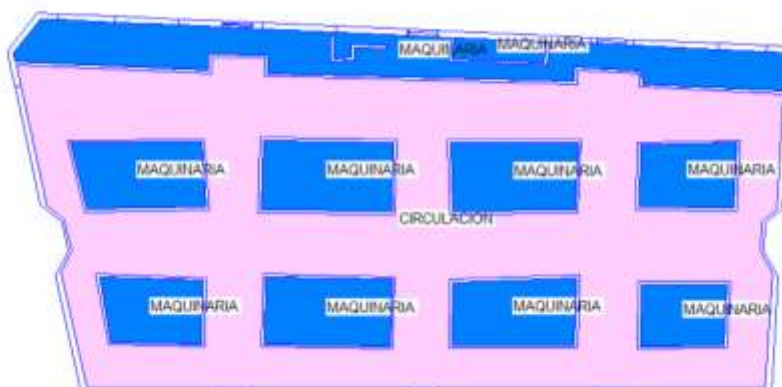
El programa requiere de una compartimentación en zonas, las cuales sobre la planta del edificio son seleccionadas y así, se consigue determinar unas condiciones de contorno para cada emplazamiento. Estas condiciones son térmicas, horarias y tienen en cuenta a qué función está destinado el espacio.

En los puestos de venta se han modelado para cumplir un horario de climatización propio de un lugar con mucho movimiento con un horario de 10 de la mañana a las 12 de la noche, el horario del mercado actualmente. Las zonas de los puestos de venta, por ejemplo, se pueden ver en Plano 12: Compartimentación en zonas. Planta baja.



Plano 12: Compartimentación en zonas. Planta baja

También existe una opción de climatización de escaleras, baños y pasillos. En este caso, y por el carácter abierto del edificio, los pasillos y zonas de circulación tienen las mismas condiciones que los puestos de venta, mientras que las de los servicios son más laxas.



Plano 13: Compartimentación en zonas. Altillos



Plano 14: Compartimentación en zonas. Semisótano

Para el desarrollo de las condiciones internas, se han seleccionado cuatro tipos:

- Zona con HVAC, 24 horas: aplicada a almacenes y maquinaria.
- Sistema HVAC básico: aplicado a zonas de circulación y venta.
- Espacio de la cubierta: aplicado a la cubierta.
- Utilidades: aplicado a servicios.

HVAC es el acrónimo de H(heating, calefacción), V (Ventilating, ventilación) AC (air conditioned, aire acondicionado).

El modelado de los sistemas de control tiene en total 8 variables, que son:

- *Infiltration*: Representa los cambios de aire en ACH, que representa las fugas inevitables de aire en la zona.
- *Ventilation*: Representa la cantidad de aire fresco en ACH que entra en la zona a través de la ventilación mecánica.
- *Lighting Gain*: Representa la cantidad de energía térmica que ingresa al espacio debido a la iluminación artificial. (W/m^2).
- *Occupancy Sensible Gain*: Modela el calor sensible transferido a una zona como resultado del metabolismo de los ocupantes. EDSL Tas establece como valor estándar 75 W/m^2 generados por persona.
- *Occupancy Latent Gain*: Modela el calor latente transferido a una zona como resultado del metabolismo de los ocupantes, específicamente, el hecho de que agregan humedad al espacio por exhalación. EDSL Tas establece como valor estándar 55 W/m^2 generados por persona. Es un valor bastante voluble debido a que depende de la edad y actividad física de los ocupantes.
- *Equipment Sensible Gain*: Representa la irradiancia de calor sensible a una zona como resultado del equipo.
- *Equipment Latent Gain*: Representa la irradiancia de calor sensible en una zona como resultado del equipo que agrega humedad al aire.
- *Pollutant Generation*: Generación de polución en el edificio, el valor predeterminado es de 350ppmv de CO_2 .

ACH: Cambios de aire por hora o tasa de cambio de aire es una medida del volumen de aire agregado o eliminado de un espacio dividido por el volumen del espacio.

EDSL TAS proporciona tablas de datos de proporción radiante, emisores de calefacción refrigeración, compensación de capacidad y la programación de un termostato digital.

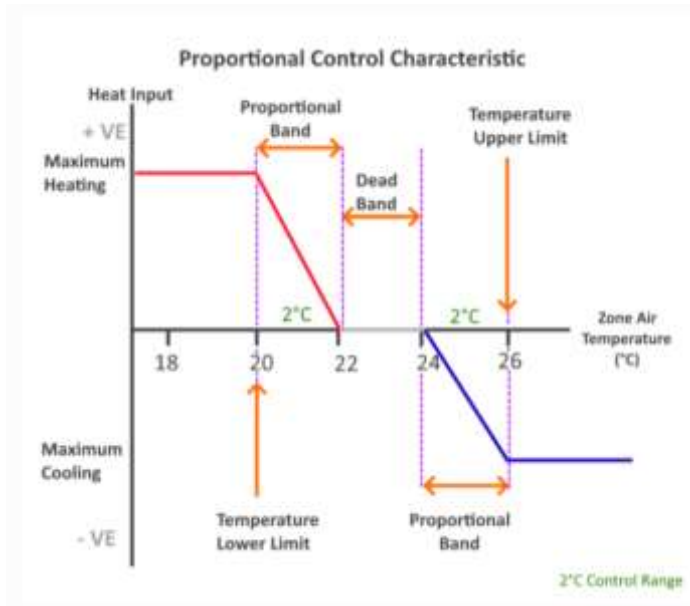


Figura 14: Funcionamiento del termostato mediante el modelado de un control proporcional

Gracias a las tablas de datos proporcionadas por EDSL TAS (ANEXO 1 TABLAS DE PROPORCION RADIANTE Y COEFICIENTES RADIANTES), se ha podido determinar que el suelo radiante del edificio tiene una proporción radiante de 0.5 y un coeficiente radiante de 0.26; estos datos están utilizados para las condiciones de Utilidades y el Sistema HVAC básico. Para el aire acondicionado, ambos factores son 0.0.

El termostato está regulado entre 18°C y 24°C para las zonas de Utilidades y el Sistema HVAC básico. Para la Zona con HVAC, 24 horas se ha establecido un termostato de entre 18 y 20 grados, teniendo en cuenta que si son salas de maquinaria y almacenes conviene tener una temperatura más estable y controlada. También se ha establecido ese rango para la zona de la cubierta (interior), puesto que comparte el mismo aire con la entre planta y la planta baja. Respecto a los almacenes, se desconoce si actualmente disponen de cámara frigorífica o algún tipo de enfriamiento forzado por debajo de los 5°C, pero al ser en ese caso una zona adiabática, se obviará para la simulación, ya que no afectaría al resto del edificio.

Respecto a las condiciones internas:

- Zona con HVAC, 24 horas. almacenes y maquinaria.

Gain	Value
Infiltration	1.0 ach
Ventilation	3.0 ach
Lighting Gain	12.0 W/m ²
Occupancy Sensible Gain	10.0 W/m ²
Occupancy Latent Gain	5.0 W/m ²
Equipment Sensible Gain	20.0 W/m ²
Equipment Latent Gain	0.0 W/m ²
Pollutant Generation	0.01 I(CO ₂)/hr/m ²

- Sistema HVAC básico: zonas de circulación y venta.

Gain	Value
Infiltration	1.0 ach
Ventilation	3.0 ach
Lighting Gain	15.0 W/m ²
Occupancy Sensible Gain	120.0 W/m ²
Occupancy Latent Gain	5.0 W/m ²
Equipment Sensible Gain	15.0 W/m ²
Equipment Latent Gain	0.0 W/m ²
Pollutant Generation	0.01 I(CO ₂)/hr/m ²

- Espacio de la cubierta: cubierta.

Gain	Value
Infiltration	0.5 ach
Ventilation	0.0 ach
Lighting Gain	0.0 W/m ²
Occupancy Sensible Gain	0.0 W/m ²
Occupancy Latent Gain	0.0 W/m ²
Equipment Sensible Gain	0.0 W/m ²
Equipment Latent Gain	0.0 W/m ²
Pollutant Generation	0.0 I(CO ₂)/hr/m ²

- Utilidades: servicios.

Gain	Value
Infiltration	0.0 ach
Ventilation	0.0 ach
Lighting Gain	12.0 W/m ²
Occupancy Sensible Gain	5.0 W/m ²
Occupancy Latent Gain	0.0 W/m ²
Equipment Sensible Gain	0.0 W/m ²
Equipment Latent Gain	0.0 W/m ²
Pollutant Generation	0.05 I(CO ₂)/hr/m ²

6.3.4 Resultados gráficos de la simulación

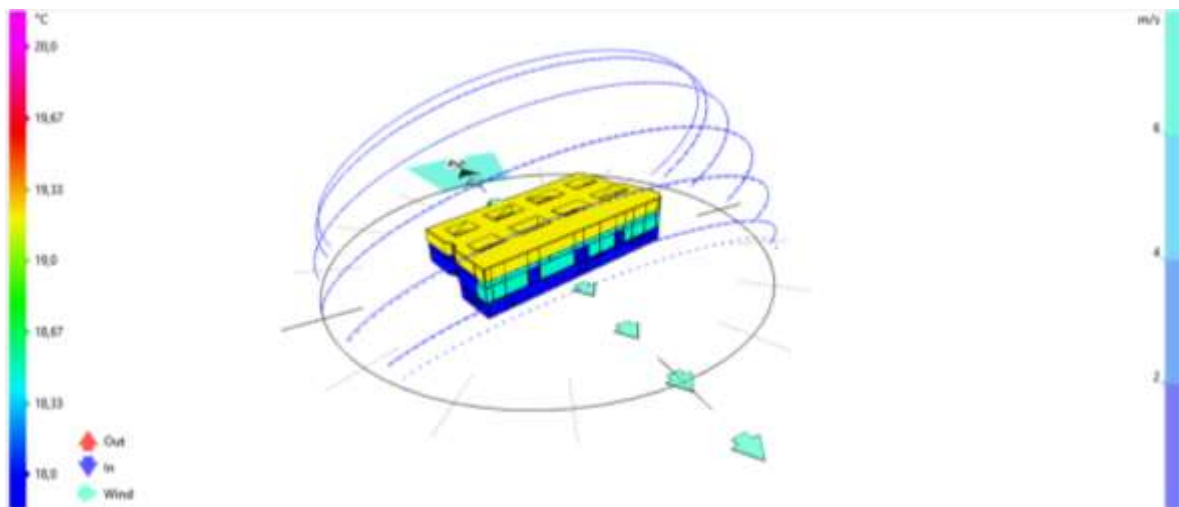
Una vez realizada la simulación anual, se obtienen unos resultados diarios del comportamiento del edificio para diferentes variables.

Por defecto proporciona la *Dry Bulb Temperature*, temperatura seca del aire que prescinde de la radiación calorífica de los objetos que rodean ese ambiente y de los efectos de la humedad relativa y de la velocidad del aire.

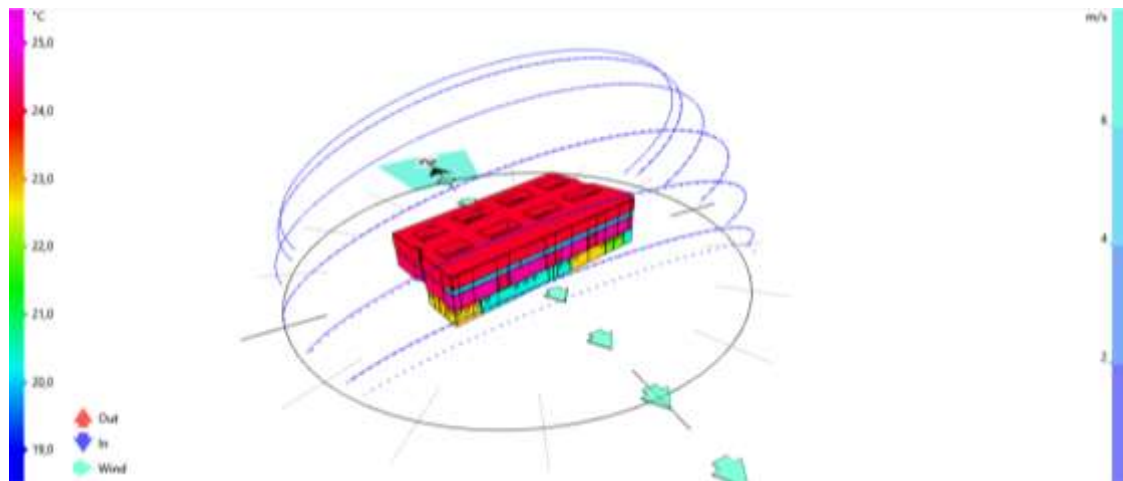
También el ratio de humedad, o el de polución, así como la ventilación y la infiltración, la presión relativa por zonas (la cual tiene una variación ínfima), o la ganancia del movimiento de aire.

Las siguientes imágenes están tomadas para días aleatorios del año, todos a la una del mediodía.

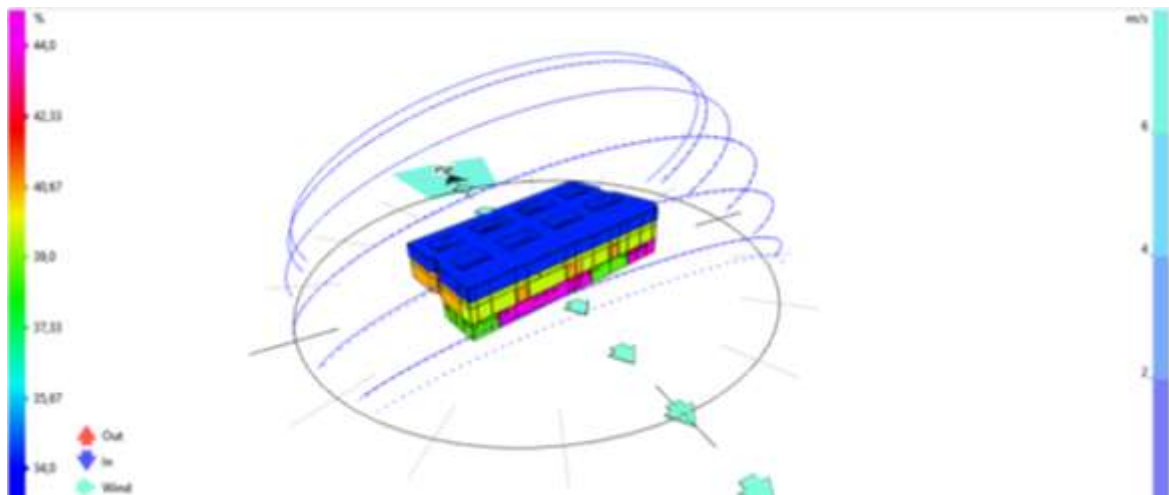
El objetivo de estas imágenes es mostrar la visualización de la distribución de variables obtenidas en el ensayo, puesto que proporcionan mucha información sin la necesidad de interpretar tablas y gráficas.



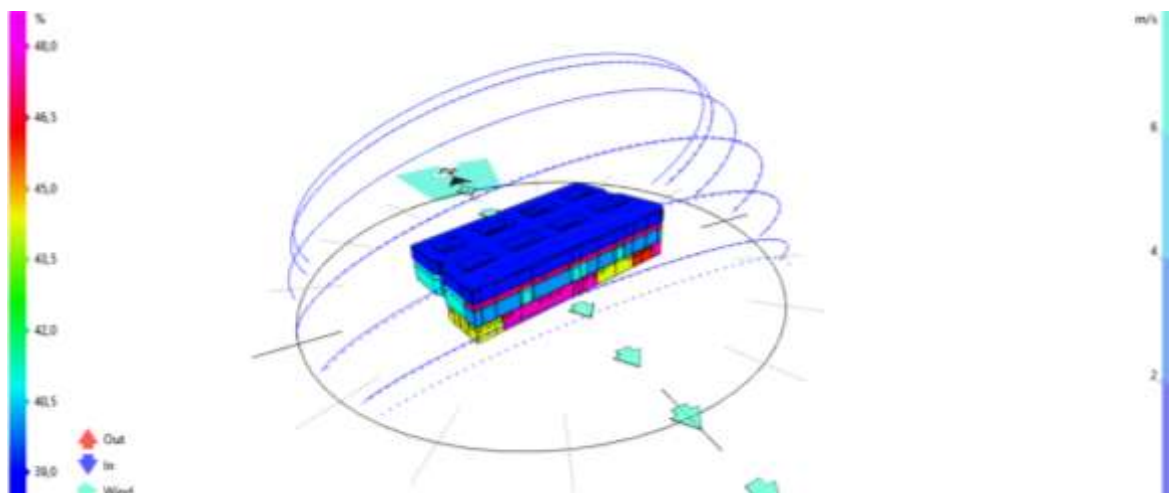
Simulación 4: Temperatura seca del aire a 1 de enero



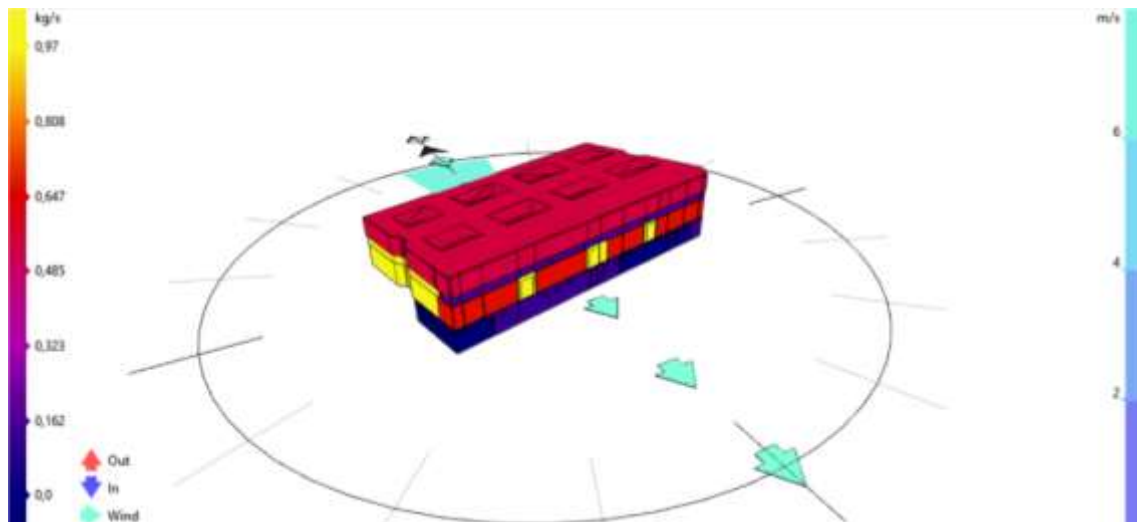
Simulación 5: Temperatura seca del aire a 11 de agosto



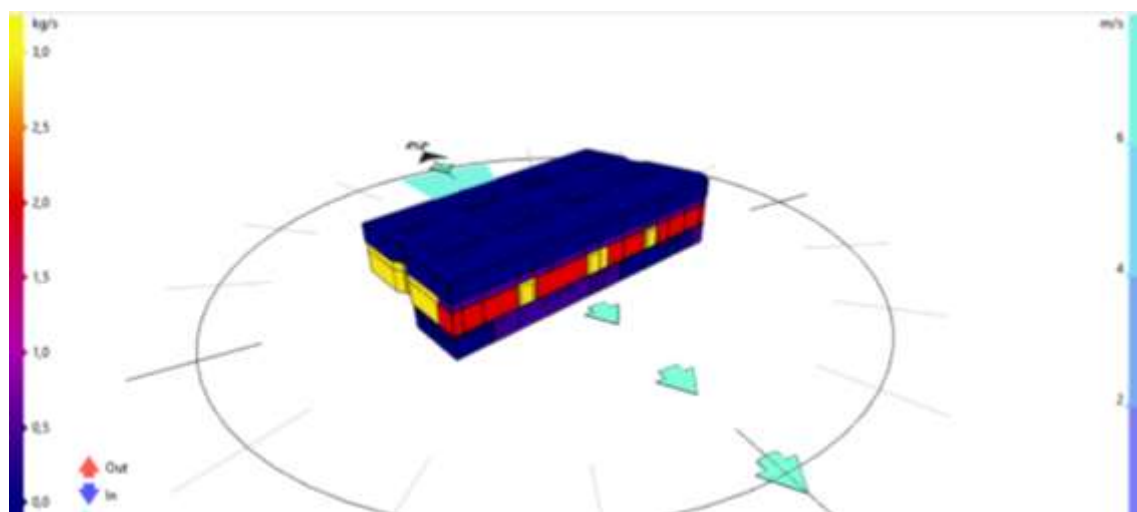
Simulación 6: Humedad relativa a 1 de abril



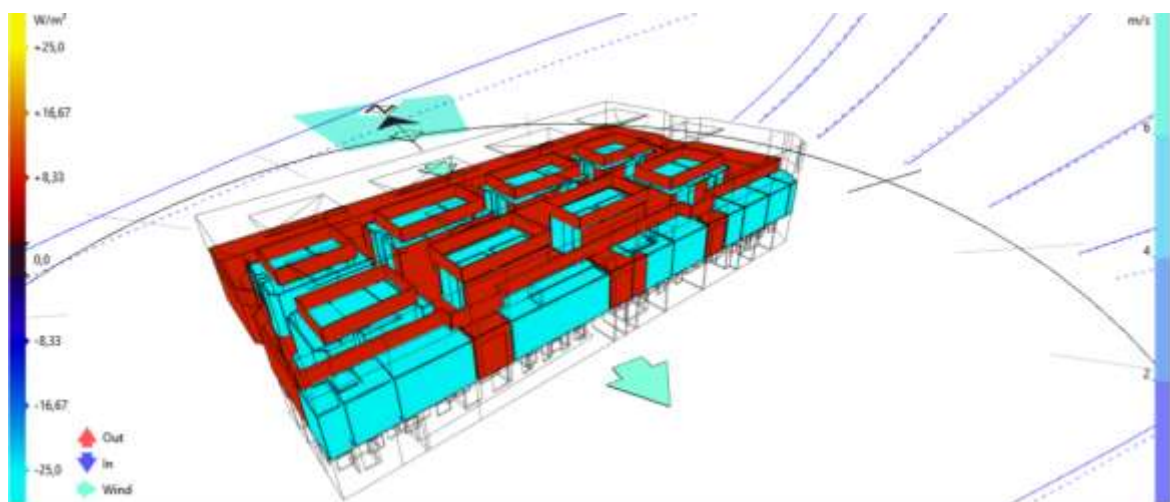
Simulación 7: Humedad relativa a 7 de junio



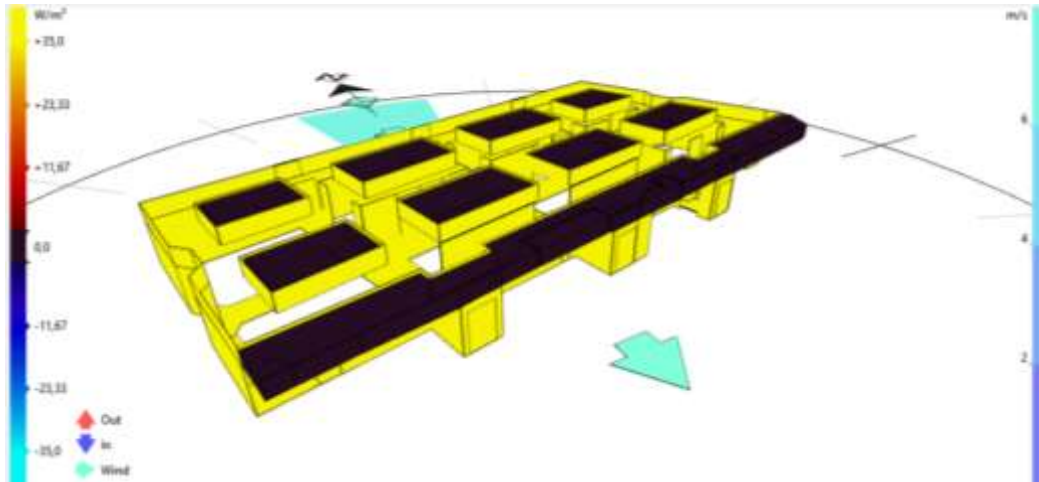
Simulación 8: Infiltración a 3 de julio



Simulación 9: Ventilación a 7 de marzo



Simulación 10: Movimiento de aire a 7 de junio las superficies de circulación de aire abierto y puestos de venta



Simulación 11: Movimiento del aire a 7 de junio en los espacios de maquinaria de la entreplanta

Además se obtienen unas tablas de datos, de las cuales se pueden elegir las siguientes categorías:

- Las temperaturas y cargas térmicas.
- Humedad.
- Balances energéticos.
- Temperatura radiante y resultante.

El dato importante en esta fase del proyecto es la temperatura resultante ya que es un parámetro que engloba tanto la temperatura radiante, como la seca y la velocidad del aire. Al ser similar a la sensación térmica, es un valor apto para estudiar el bienestar humano en el mercado. El programa proporciona gráficas de alta calidad de las cuales obtener y visualizar los valores, pero los mezcla con muchas otras variables. Exportándolas a Excel se han obtenido los siguientes resultados.



Gráfica 1: Temperaturas resultantes en el almacén por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima se da a 22,19 °C y la mínima a 16,06°C.

Este rango de temperaturas tan acotado está causado por la imposición de un termostato digital que simula la necesidad de mantener una temperatura controlada y con pocos cambios.



Gráfica 2: Temperaturas resultantes en los pasillos del semisótano por horas a lo largo del año

La temperatura máxima se da a 23,79 °C y la mínima a 15,51°C.

Este rango de temperaturas está influenciado por dos factores: el componente adiabático de las paredes del semisótano, que están casi enterradas, salvo por los respiraderos y la

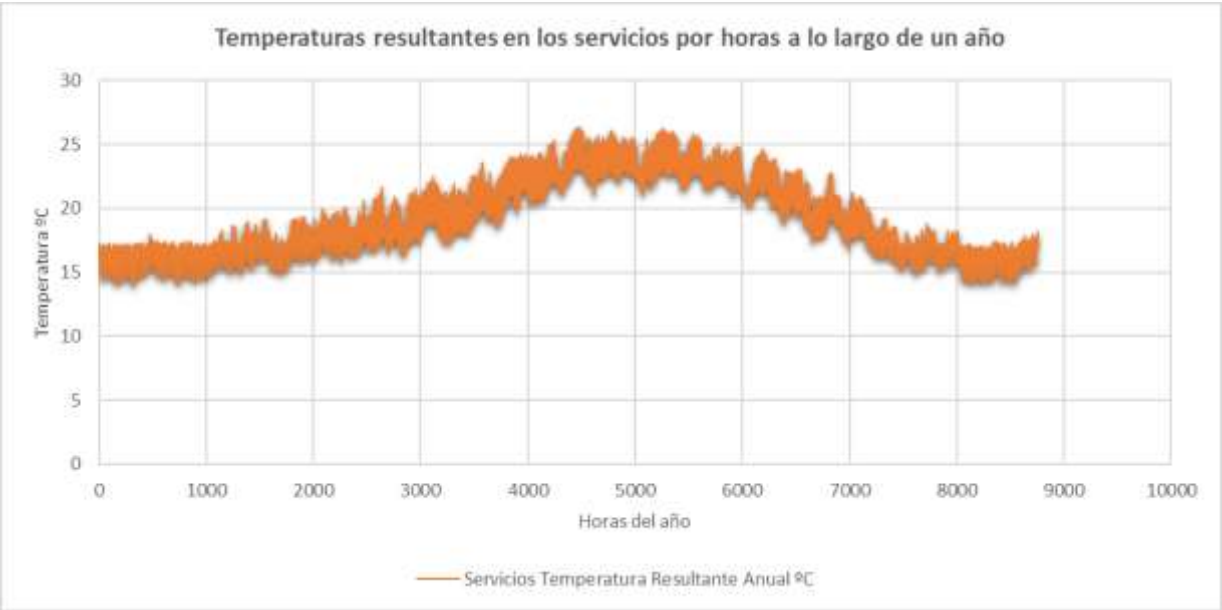
entrada del montacargas, y está operando a un rango de temperaturas menos exigente que el del almacén.



Gráfica 3: Temperaturas resultantes de la sala del montacargas por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima se da a 23,05 °C y la mínima a 15,7°C.

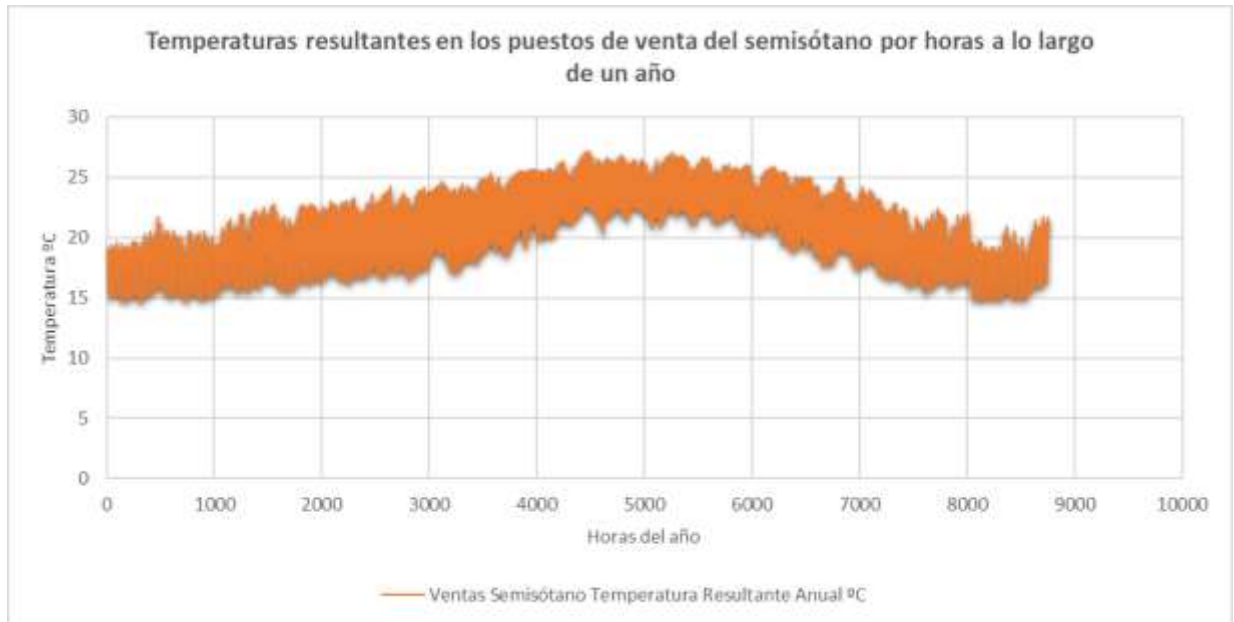
La poca variación en esta gráfica se debe al mismo motivo que la zona destinada al almacenaje. Las salas de maquinaria necesitan un nivel de control de temperatura superior a de zonas de tránsito.



Gráfica 4: Temperaturas resultantes de los servicios por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima se da a 26,31 °C y la mínima a 13,91°C.

Los servicios tienen las mismas condiciones que los pasillos y áreas de circulación del semisótano.



Gráfica 5: Temperaturas resultantes de los puestos de venta del semisótano por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima se da a 27,16 °C y la mínima a 14,53°C.



Gráfica 6: Temperaturas resultantes de la zona de venta por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima se da a 27,34 °C y la mínima a 11,28°C.

El alto rango de temperaturas que abarca esta zona, así como las posteriores está influenciado por el acristalamiento del muro del edificio. Para realizar la hipotética climatización de este espacio (pues no se poseen datos), se ha optado por uno de los rangos de temperatura anteriormente expuestos, muy común en los centros de venta al público. Este edificio cuenta con la singularidad de que está abierto al público, hay un gran impacto de fluencia térmica, y 3 de sus cuatro paredes acristaladas. Es por ello que sin un fuerte control, la temperatura en el interior podría ser 34°C de máxima en ciertos puntos del desarrollo, como se obtuvo en los primeros ensayos.



Gráfica 7: Temperaturas resultantes de la zona de circulación del público y del aire entrante por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima se da a 27,65 °C y la mínima a 11,27°C.

Este espacio es no solo la zona de circulación del público, es toda la zona por la que circula el aire entrante al edificio por las ventanas laterales y puertas. Al ser una zona que comparte el mismo aire, EDSL TAS interpreta el rango de temperaturas desde la zona donde terminan los altillos (4,92 metros) hasta la cota del suelo 0m.



Gráfica 8: Temperaturas resultantes de la maquinaria y controles de los alttilos por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima se da a 22,38 °C y la mínima a 17,81°C.

Comparte las mismas condiciones de control que las de la maquinaria del semisótano, el montacargas; pero debido a la influencia de estar en la planta superior y no estar soterrado, su distribución tiene altas similitudes con todas las zonas expuestas al aire exterior.



Gráfica 9: Temperaturas resultantes de la cubierta por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima se da a 25,95 °C y la mínima a 16,88°C.

Esto se debe a la decisión de que para poder refrigerar la zona inferior del edificio sin comprometer el rango de temperaturas, la zona superior debería contar con la suficiente

potencia para poder refrescar el ambiente. Cuando se dice cubierta es el espacio de circulación de aire bajo el ladrillo, no se trata de la cubierta expuesta al sol.

6.3.5 Conclusiones tras la simulación del estado actual

Con la simulación del estado actual del mercado se han podido estudiar una serie de características muy relevantes a tener en cuenta en el trabajo de reacondicionamiento del mercado.

En primer lugar, se sabe qué gradiente de luminosidad tiene cada zona del mercado, y los actuales impedimentos que pueden causar problemas a la hora de tener una buena incisión de luz en el interior del recinto. Además, es importante recordar que la zona de mantenimiento de los altillos está totalmente tapada y solo cuenta con iluminación artificial, o la poca que pueda entrar gracias a las ventanas translúcidas que tienen sus paredes.

La estructura está apoyada en los pilares que se muestran en los planos del estado actual, y estos, además de ser objetos clave del mercado, con inamovibles, el reacondicionado debe constar de una redistribución del espacio.

Se sabe las limitaciones que aporta el programa EDSL TAS a la hora de modelar, y que no requiere de gran precisión geométrica, lo más importante de este programa es una correcta y pausada elección de los elementos de control y de los materiales que se vayan a utilizar. Es una computación de alto rendimiento.

Durante los ensayos del modelo final del estado actual se ha observado cómo este es un edificio que requiere de un control de calefacción y aire acondicionado cuidadoso, las paredes acristaladas (el *Área de Gobierno de Desarrollo Urbano* y *Área Delegada de Vivienda* no proporciona los materiales reales) son un foco de entrada de calor, junto con todas las puertas de acceso.

La principal ventaja ha sido el estudio geométrico del edificio en profundidad, así como el impacto que recibe ante la radiación solar y el uso de AutoCad y EDSL TAS.

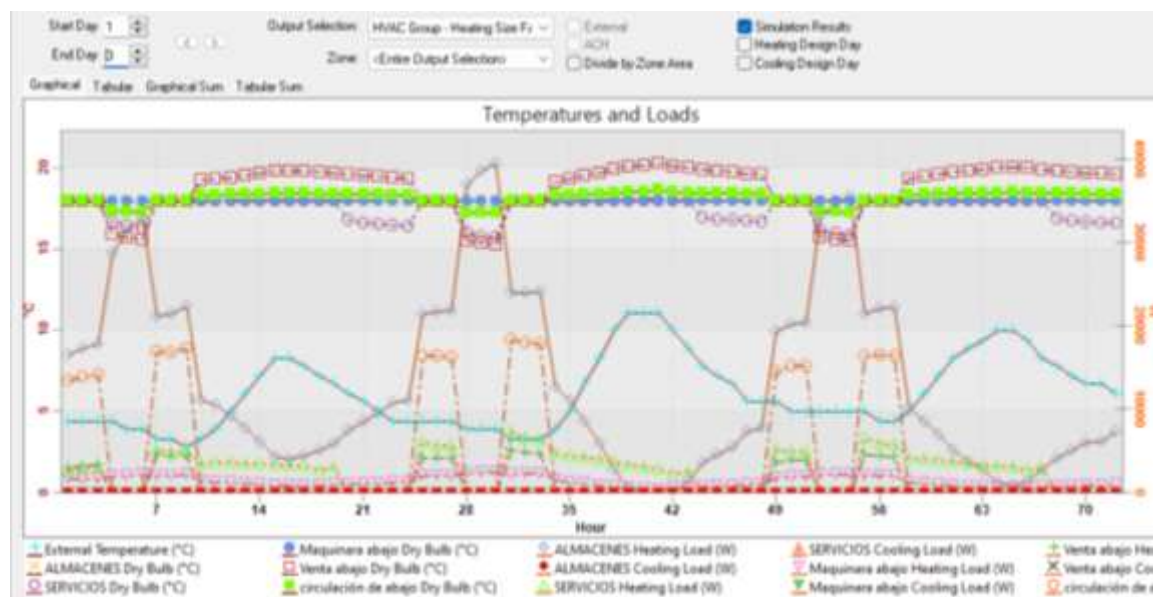
El principal problema del ensayo anterior es el desconocimiento de los valores reales de los termostatos y la distribución real del espacio, puesto que los planos datan de 2008; que son los más actuales que proporciona el *Área de Gobierno de Desarrollo Urbano* y *Área Delegada de Vivienda*. Las simulaciones anteriores están realizadas desde la visión

de cómo un recinto abierto a la calle y con una transmitancia alta se comportaría, con el desconocimiento de los materiales reales, pero con aproximaciones de estos bastante aceptables.

Estas simulaciones son un estudio previo para saber cómo se distribuye el calor en todo el edificio, para saber dónde están los focos principales de incisión de luz y para estudiar el comportamiento de la estructura ante la temperatura seleccionada con las coordenadas y la orientación real. No son un estudio del comportamiento real del edificio, a causa de la falta de información. Aunque como aproximación es aceptable.

EDSL TAS proporciona un gran número de resultados, como la humedad relativa, o los flujos de calor, que en este ensayo no aplica mostrar debido a que no es el proyecto final.

Se ha considerado como dato relevante a mostrar la temperatura resultante, ya que ofrece una visión global y zonificada de la distribución de temperaturas. Al ser este paso previo una aproximación al estado real, estos valores sirven de punto de partida para la propuesta de reacondicionamiento.



Gráfica 10: Resultados aportados por EDSL TAS. HVAC de temperaturas y cargas térmicas de los primeros tres días del año

Como se puede observar, el programa proporciona una alta cantidad de resultados, que serán abordados en la propuesta de reacondicionamiento.

7. Propuesta de reacondicionamiento

El reacondicionamiento del espacio supone un cambio en la distribución del espacio interior del mercado, conservando los detalles estructurales originales, pues como ya se ha mencionado, no se debe tocar ningún elemento al ser este un edificio singular catalogado de grado 5º por el Plan General de Ordenación Urbana de Madrid, como se indica en el apartado 6.1 Normativa urbanística.

Es por ello que el entramado de columnas interior, que además es el soporte estructural, y la cubierta, sufrirán los mínimos cambios.

Planta baja:

- Se conservará la disposición en manzanas original con un nuevo propósito cada una, además de añadir, bancos, un puesto de control, un puesto de información y compartimentación del terreno cultivable.
- Manzana 1: Pasará de dividirse en un triple puesto de frutería y salazones a un jardín organizado entorno a una pequeña fuente.
- Manzana 2: Pasará de dividirse en cinco puestos de caza y charcutería a un espacio cerrado acristalado con un clima controlado. Está destinado a la investigación.
- Manzana 3: Pasará de dividirse en cuatro puestos de bienes variados a un espacio cerrado acristalado con un cultivo hidropónico y plantas colgantes. Está destinado a la investigación y al disfrute de los visitantes.
- Manzana 4: Pasará de dividirse en un triple puesto de dulces a un espacio cerrado destinado a la investigación.
- Manzana 5: Pasará de dividirse en un doble puesto de marisquería y cervecería a un pequeño espacio ajardinado con varios asientos de descanso.
- Manzana 6: Pasará de ser una atracción de degustación a un centro ajardinado de perímetro circular.
- Manzana 7: Pasará de ser una atracción de degustación a un centro ajardinado de perímetro circular.
- Manzana 8: Pasará de dividirse en un doble puesto de cafetería y preparados a un pequeño espacio ajardinado.
- Manzana 9: Pasará de dividirse en un doble puesto de productos exóticos a un jardín vertical destinado a la investigación y al disfrute de los visitantes. Se presta

especial atención al chaflán que adherido al perímetro trapezoidal sirve como entrada de carga y descarga hacia el semisótano. Es por ello que no es necesario cambiarlo.

- Manzana 10: Pasará de dividirse en un doble puesto de productos de lujo a un puesto de información acerca del propósito y objetivos del edificio. Se espera fomentar la concienciación en el público.
- Manzana 11: Pasará de dividirse en una vinoteca a un jardín vertical destinado a la investigación y al disfrute de los visitantes.
- Manzana 12: Pasará de dividirse en una librería gastronómica a un centro de control para el centro. Su función es velar por la seguridad del equipamiento así como monitorizar los cambios ambientales.

El suelo de la planta se levantará 0,5 metros (además de los 0,5 metros ya existentes) para permitir la instalación de un sistema de tuberías y el aporte de sustrato para las manzanas de la 1ª a la 8ª. Esto tiene la finalidad de evitar una excavación en el terreno, debido a que complicaría el proyecto, y el carácter singular del edificio no lo permitiría.

Attilo:

Su función permanecerá casi inalterada. Soportará la calefacción, el saneamiento de aguas de la cubierta, la climatización, así como el actual cuarto de contadores y las instalaciones de control y seguridad.

Semisótano:

La distribución espacial sufrirá grandes cambios. Como la planta baja ya no constituye un espacio dividido por diferentes puestos cada uno perteneciente a una empresa diferente, el espacio de almacenaje se puede optimizar y aprovechar dotándolo de otras funciones.

- El espacio de almacenaje original de la cara oeste se dividirá en dos laboratorios, una sala de reuniones, y un cuarto de oficinas.
- El espacio de instalaciones original permanecerá a grandes rasgos inalterado, ya que contiene una plataforma elevadora - montacargas, así como el cuarto de esta maquinaria, y trasladarlo sería ineficiente.
- El puesto de venta del semisótano pasará a ser parte del almacenaje del recinto.

- Los servicios del personal y los del público permanecerán inalterados.
- El espacio de almacenaje original de la cara este se dividirá en almacenaje, cuarto de limpieza y un espacio de descanso.

Cubierta:

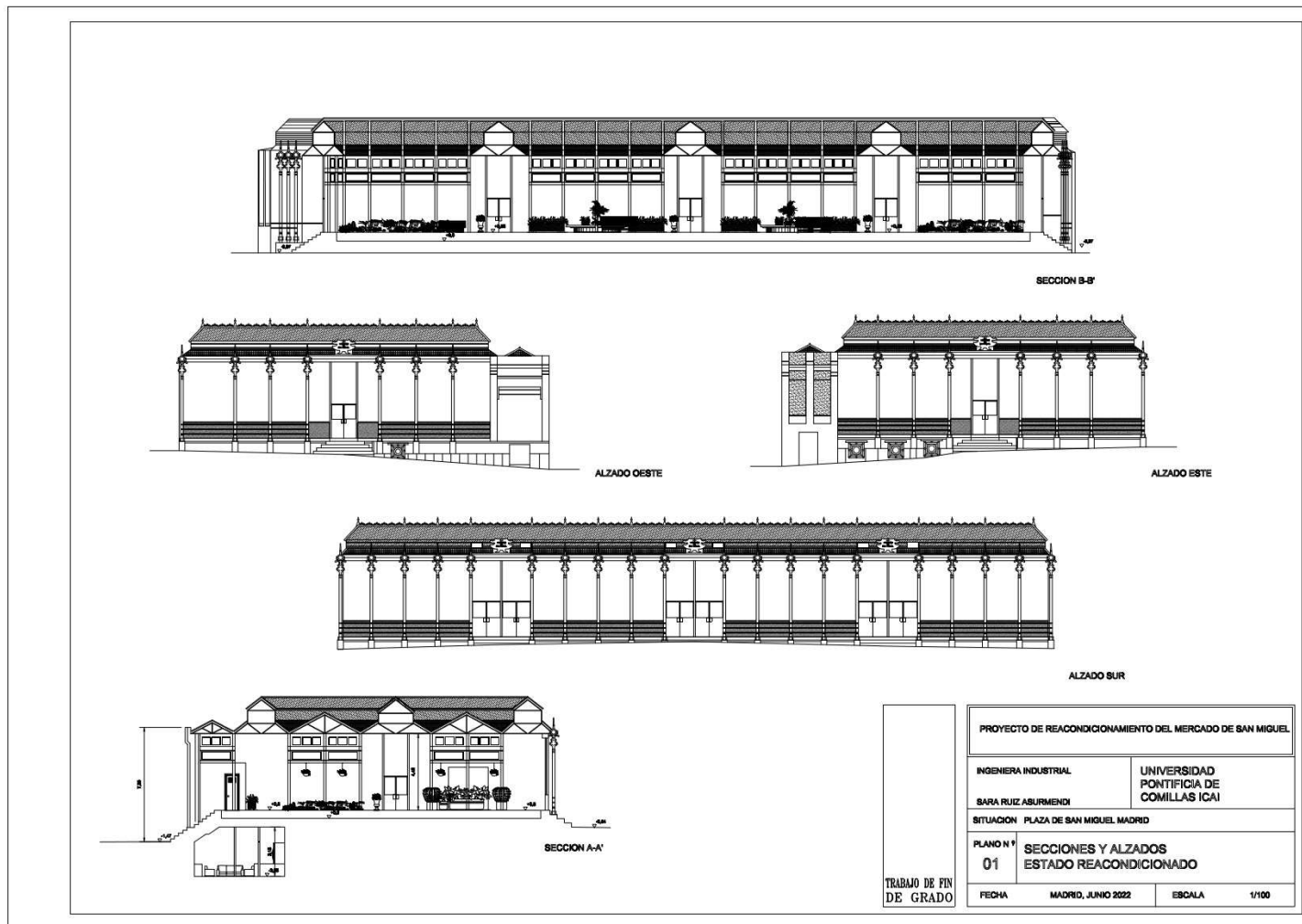
Las alteraciones de la cubierta suponen el reemplazamiento de la teja plana sobre doble tablero de ladrillo por un material polimérico nuevo que se discute en el apartado 7.2 Material de la cubierta.

El cambio solo se da en las zonas internas del mercado, no se modificará la zona perimetral ni las zonas de menor altura que cubren el altillo. Esto tiene una función de sombreado y estética. Es preferible que la maquinaria del altillo esté poco expuesta al sol, por lo que las tejas que se encuentran directamente sobre las zonas clave permanecerán intactas. Para conservar la homogeneidad del edificio, y que sea visualmente cohesionado, el resto del perímetro conservará su teja original.

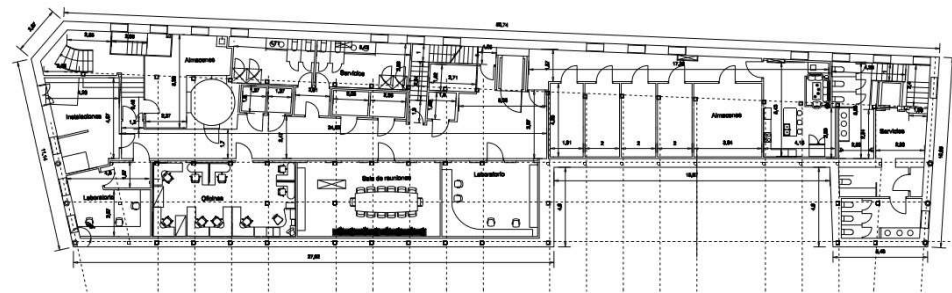
7.1 Planos de la redistribución reacondicionada

Los siguientes planos son una distribución espacial del propósito y objetivo que se pretende alcanzar con el reacondicionamiento del Mercado de San Miguel en un jardín botánico integrado.

Si bien hay detalles funcionales y estéticos que no son abarcables en la planta, y serán desarrollados en próximos apartados, como 7.6 Elementos puntuales del reacondicionado.

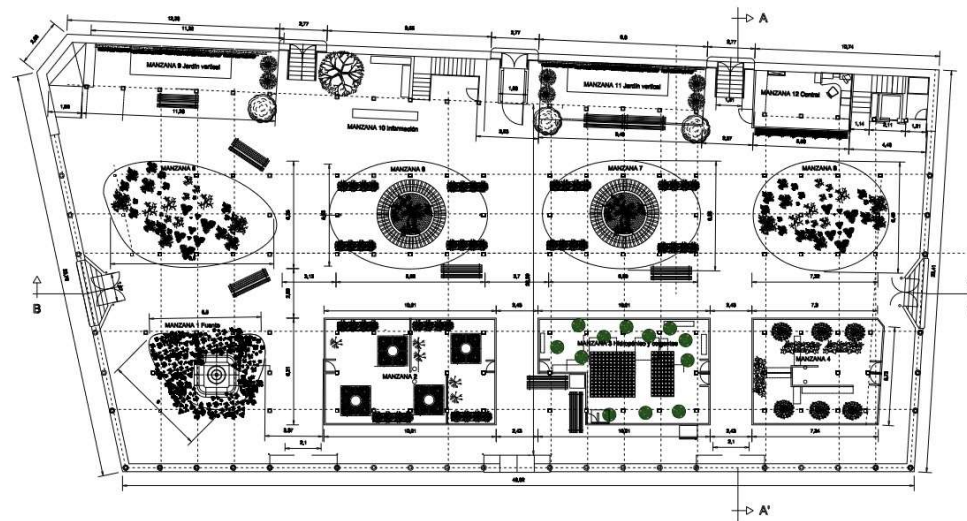


Plano 15: Secciones y alzados reacondicionado



TRABAJO DE FIN DE GRADO	PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL		
	INGENIERA INDUSTRIAL		UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI
	BARA RUIZ ASURMENDI		
	SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID		
	PLANO N° 02	PLANTA SEMISÓTANO DISTRIBUCION REACONDICIONADA	
	FECHA	MADRID, JUNIO 2022	ESCALA 1/100

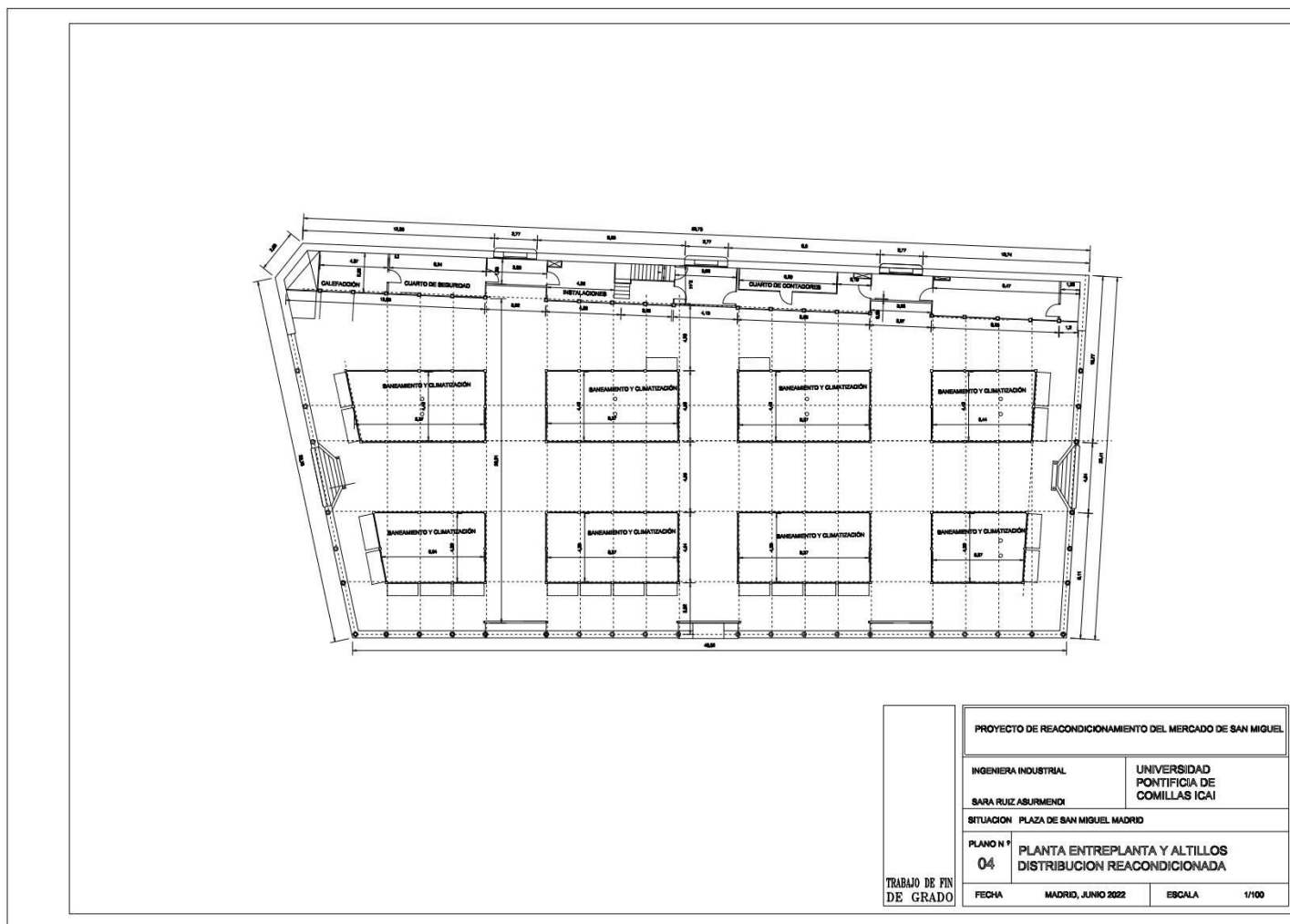
Plano 16: Semisótano reacondicionado



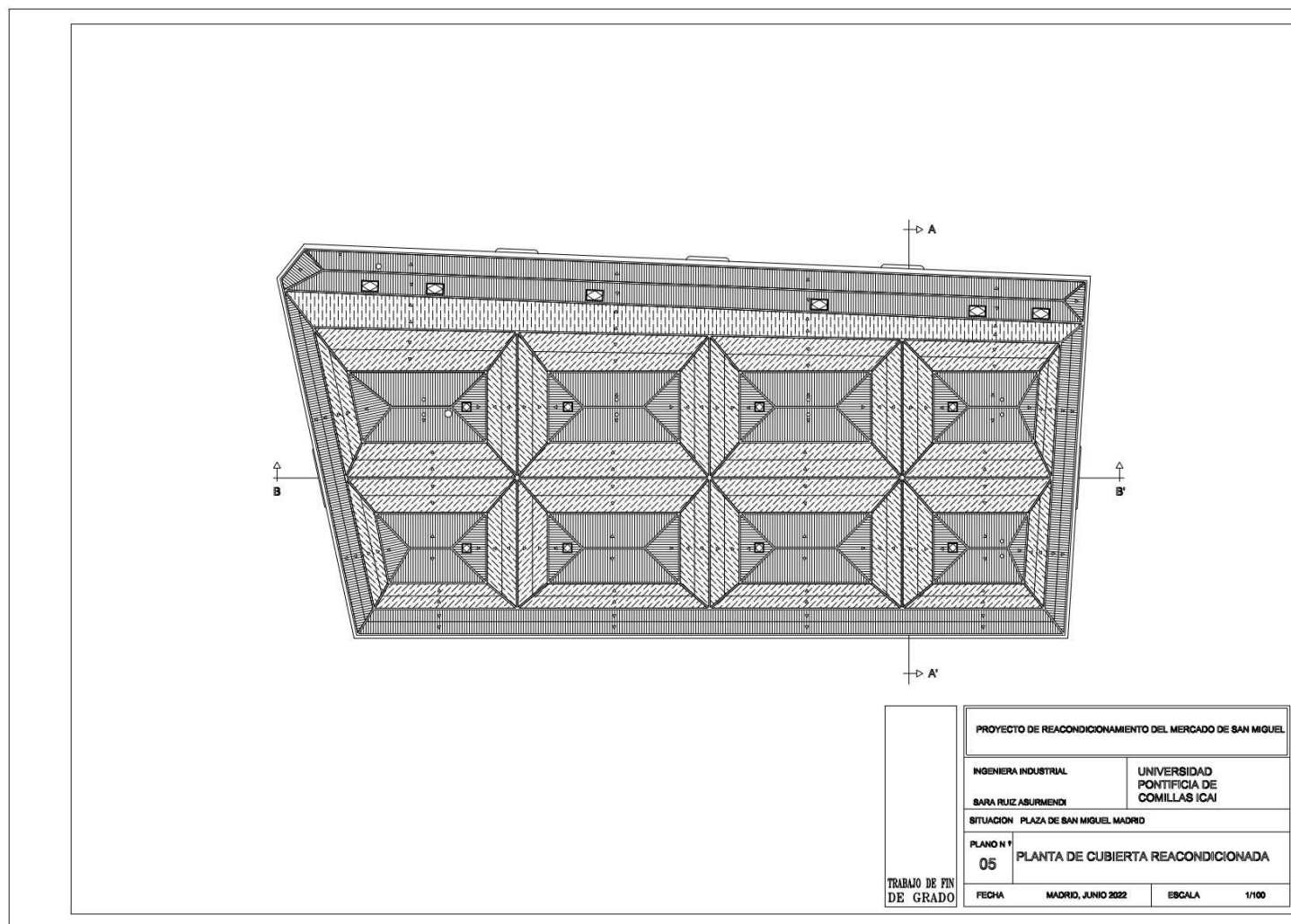
PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL		
INGENIERA INDUSTRIAL	UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI	
SARA RUIZ ASURMENDI		
SITUACION	PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID	
PLANO N°	PLANTA BAJA DISTRIBUCION REACONDICIONADA	
03		
FECHA	MADRID, JUNIO 2022	ESCALA 1/100

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Plano 17: Planta baja reacondicionada



Plano 18: Altillos reacondicionados



Plano 19: Cubierta reacondicionada

7.2 Material de la cubierta

7.2.1. Tipos de cubiertas para invernaderos

Para la nueva cubierta, que reemplazarán las tejas existentes en las zonas descritas en el comienzo del apartado, se elegirá un material translúcido que tenga alta resistencia y durabilidad. Es decir, que tenga excelentes propiedades mecánicas y ópticas.

Los materiales para la cubierta deben reducir la infiltración de aire atmosférico, y absorber la radiación de onda larga, lo cual provoca un aumento de la temperatura interior con respecto a la exterior. Es decir, efecto invernadero.

De un material de cubierta se debe esperar alta transmitancia de luz solar, durabilidad de sus propiedades y mínima transmitancia de la radiación de onda larga.

Los materiales rígidos actualmente más utilizados con fines botánicos son:

- Vidrio. Necesita de una estructura sólida y estable para evitar la rotura del material. Presenta alta transmitancia a la radiación solar.
- Polimetacrilato de Metilo. Material ligero con buenas propiedades mecánicas. Tiene alta transmitancia de la radiación solar.
- Policarbonato.
- Poliéster. Alta resistencia mecánica, y mejora la difusión de la luz solar. Sufre una rápida degradación por la radiación UV, a no ser que se trate previamente.
- Policloruro de vinilo PVC.

Los materiales flexibles cada vez han ido adquiriendo más presencia en las estructuras agrícolas, ya que son termoplásticos que pueden ser fundidos y moldeados, y debido a su peso son fácilmente manipulables. El principal problema de estos materiales es su fácil degradación ante la radiación UV, que puede romper los enlaces entre las moléculas poliméricas.

Actualmente se aplica la técnica de la coextrusión para fabricar materiales flexibles multicapa, que pueden estar constituidos de diferentes polímeros y cámaras de aire.

Los materiales más comunes en esta clasificación son:

- Policloruro de vinilo (PVC). Este material se puede emplear de forma flexible mediante aditivos, es de baja densidad. Su resistencia a la cizalladura es muy baja, por lo que requiere de estructuras que no dañen la película y eviten desplazamientos.
- Copolímero de Etileno y Acetato de Vinilo (EVA). Sintetizado por calentamiento de etileno y AV en presencia de peróxidos. Presenta muchos problemas de forma, ya que es excesivamente plástico para una cubrición, y tiene gran adherencia al polvo. Por ello se suelen utilizar como doble techo.
- Polietileno. Es el polímero más utilizado por sus excelentes propiedades. Como cubierta, necesita aditivos para conseguir estas propiedades, como absorbentes de radiación UV o estabilizantes. En la industria agrícola se usa el de baja densidad.

(López Hernández, n.d.)

De estos materiales flexibles, hay uno que ha destacado estos últimos años por sus propiedades inmejorables. El etileno tetrafluoroetileno (ETFE).

7.2.2. Características del EFTE

El EFTE es un material con excelentes propiedades químicas, ópticas, químicas y eléctricas. Su principal ingrediente es la fluorita, que está combinada con sulfato de hidrógeno y triclorometano. Fue desarrollado por DuPont, una empresa estadounidense de productos químicos. Hasta 2017 era la empresa química más grande del mundo a nivel de ventas.

En los años 70 se empezó a comercializar para usos industriales, sobre todo en la industria aeronáutica. En 1974 se utilizó como cubrición de invernaderos alemanes, y se observaron sus altas capacidades para conservar sus propiedades con el paso del tiempo.

El primer edificio que usó EFTE en su estructura fue el Burgers Zoo en Arnhem, Holanda, en 1982. Actualmente las planchas originales se conservan en perfecto estado.

La película de EFTE es antiadherente, debido a su coeficiente de fricción, lo cual facilita la limpieza de su superficie. Es un material con una resistencia a tracción de 42MPa aproximadamente, lo cual hace que sea un material idóneo para usarse en cubriciones. Aguanta bien las perforaduras, y se puede estirar. En el caso de rotura, se puede arreglar mediante soldadura por calor, a modo de parche. Además existen proveedores de cintas EFTE que pegan las roturas, solucionando los incidentes temporalmente. Tiene un rango de temperatura de trabajo de entre $-185\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. El paso del tiempo en los lugares de instalación, así como pruebas de fotoenvejecimiento acelerado de polímeros en unidades SEPAP, demuestran su resistencia a la radiación UV. Al ser un material polimérico flexible, fabricado por inyección, se pueden incorporar cámaras de aire entre las láminas.

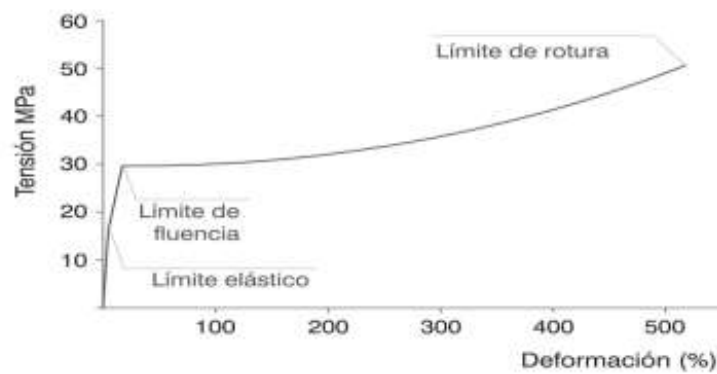


Figura 15: Gráfica tensión-deformación de láminas de ETFE (HINCAPIÉ LÓPEZ, 2021)

7.2.3 Precedentes botánicos del EFTE

En cuanto a edificios botánicos que hayan empleado este material, el más notable es el Eden Project, que dispuesto en varias cúpulas contiguas, cada una alberga un tipo de ecosistema distinto. La cubierta de este espacio está realizada con paneles de EFTE con aire inyectado. Cada panel es de perímetro hexagonal, que revisten una estructura de acero tubular.



Imagen 20: Bioma tropical. (Eden Project, n.d.)

El Jardín Botánico de Padua es el segundo ejemplo más notorio a nivel global del empleo del EFTE con este propósito. Cuenta de dos edificios principales. Uno data de mediados del siglo XVI, que se ha preservado hasta hoy en día aunque ha sufrido algún que otro cambio debido a las obras de ampliación del siglo XVIII. El otro edificio principal se construyó en 2014, se llamó Jardín de la Biodiversidad. Este edificio, compuesto por cinco puestos de invernaderos, tiene un impacto ambiental muy bajo gracias a su sistema de placas solares y la recogida de agua de lluvias con un pozo artesiano. Está ejecutado con unos pilares HEA280 que soportan unas vigas HEA140. Sobre estas últimas van atornillados unas planchas de EFTE de 100 metros de longitud. Está ejecutado de tal manera que se genera una cubierta continua.



Imagen 21: Cubierta de EFTE en el Jardín Botánico de Padua (Vimercati, n.d.)

En Madrid se encuentra un ejemplo significativo del uso del EFTE para usos botánicos, Desert City, localizado en San Sebastián de los Reyes. Es un invernadero especializado, el cual cuenta con una doble capa de EFTE en la cubierta a dos aguas, sujeta por cables tensados. Estas capas poliméricas están hinchadas mediante aire continuo.

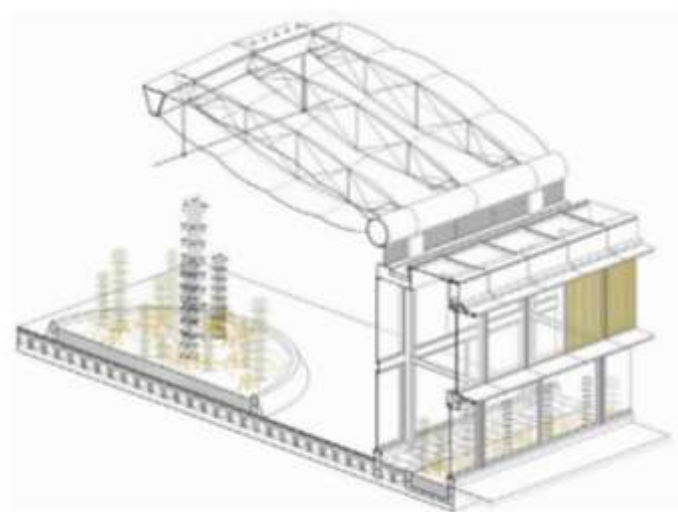


Imagen 22: Vista axonométrica de la cubierta. Desert City. (García-Germán, 2017)

Además se ha utilizado en otros edificios de España como el Edificio MediaTIC de Barcelona, el estadio Reale Arena de San Sebastián, el Centro Comercial Isla Azul de Madrid y el Estadio de San Mamés de Bilbao.

Es por las excelentes propiedades y precedentes, que se considera el EFTE el mejor material para reemplazar parte de la cubierta del Mercado de San Miguel con el objetivo de convertirlo en un jardín botánico integrado.

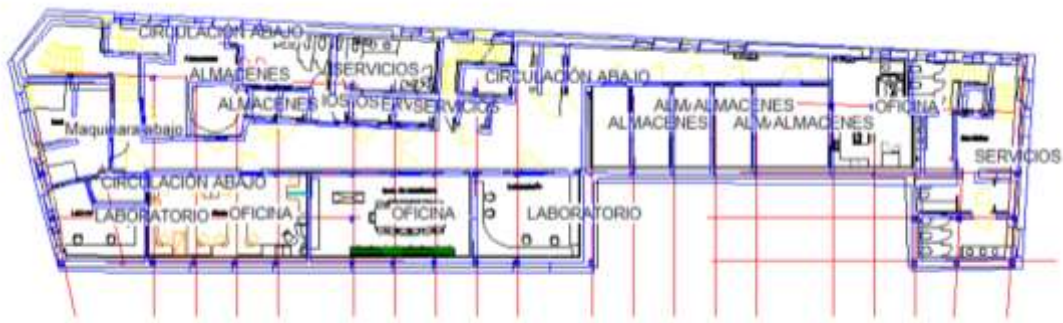
7.3 Modelado reacondicionado en EDSL TAS

7.3.1 Modelo 3D

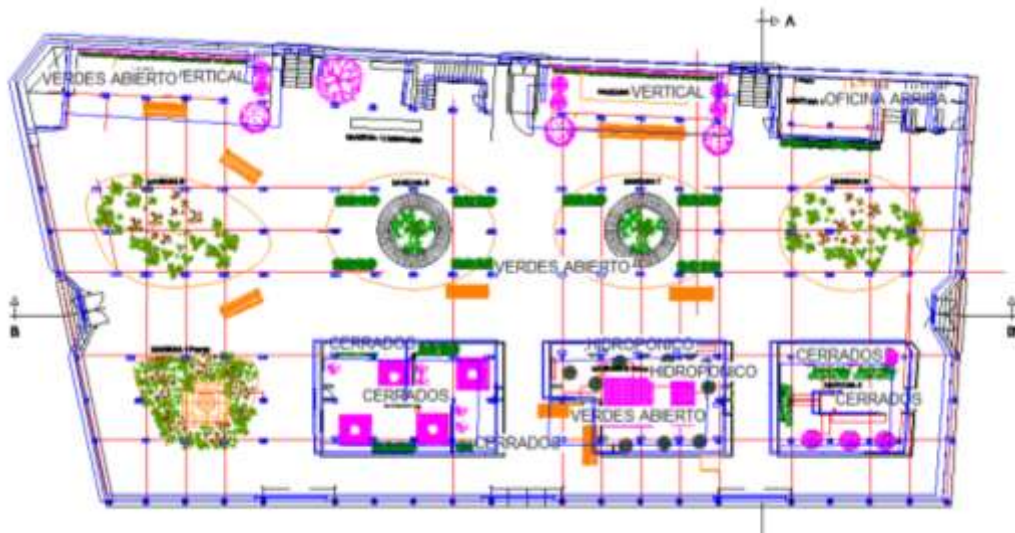
En las siguientes imágenes se presenta la superposición de los planos del reacondicionado con los planos modelados en EDSL TAS.

Como se mencionó en el apartado 6.3.1, debido a la geometría del propio programa y al rango de tolerancias de trabajo que presenta, muchas paredes se tuvieron que obviar.

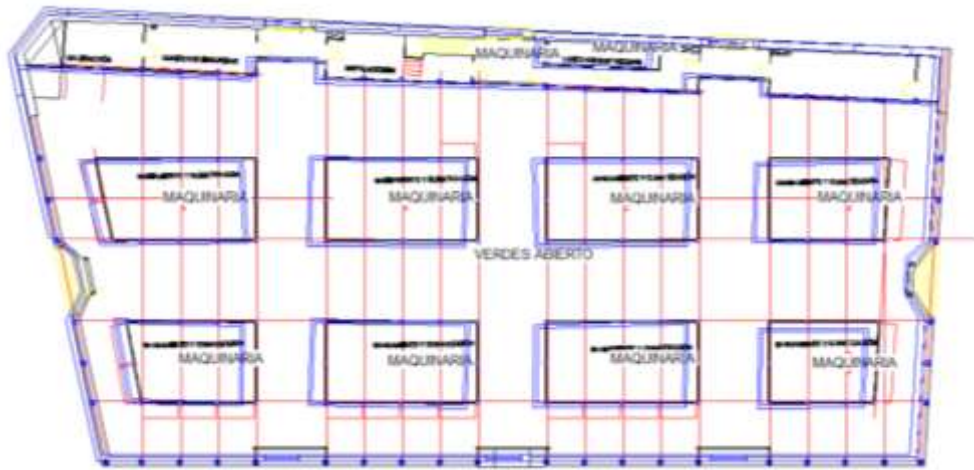
El aspecto más reseñable es que las columnas que forman los pilares de apoyo de la estructura, en la planta baja, para ser modeladas tuvieron que ser sobredimensionadas, así EDSL TAS puede tener en cuenta la existencia de estos bloqueos de circulación del aire.



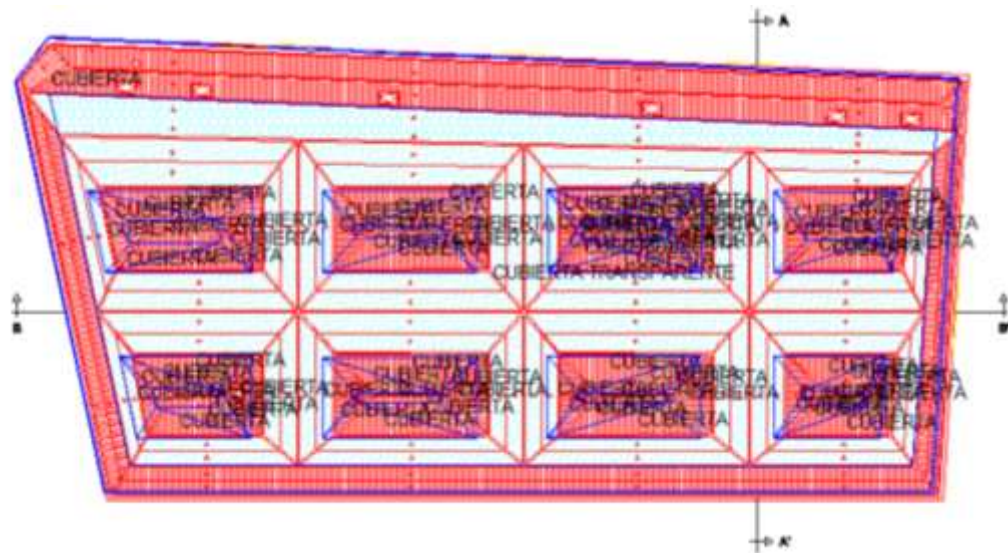
Plano 20: Semisótano reacondicionado. Superposición del modelado con el plano.



Plano 21: Planta baja reacondicionada. Superposición del modelado con el plano.



Plano 22: Altillos reacondicionados. Superposición del modelado con el plano.



Plano 23: Cubierta reacondicionada. Superposición del modelado con el plano.

Es necesario recordar que además de las restricciones dimensionales, EDSL TAS presenta dificultades para operar con superficies inclinadas complejas, por lo que representar verídicamente la cubierta es una tarea compleja.

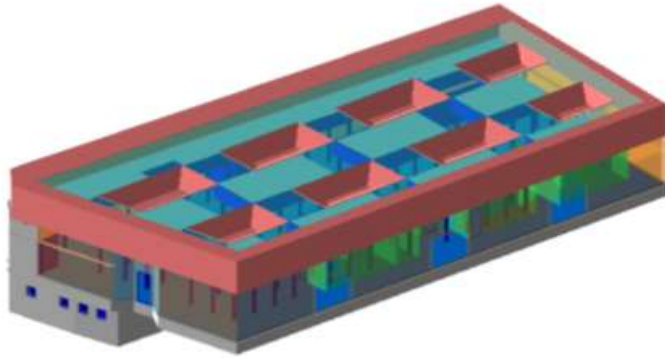


Imagen 23: Modelo 3D del reacondicionado.

Análogamente, como con el estudio del estado actual, se presentan las luces y sombras del edificio en función de la posición del sol, esta vez para dos días diferentes del año, mediante la herramienta de renderizado.

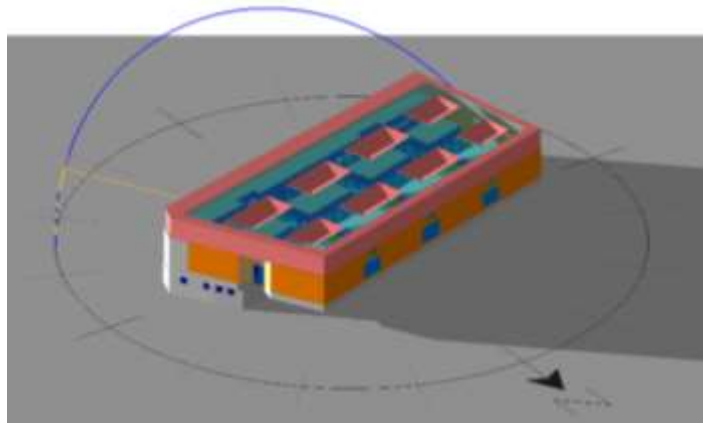


Imagen 24: Sombras del reacondicionado. Día 1 a las 10 horas y 0 minutos. Ángulo acimutal 134,3° y elevación 11,6°

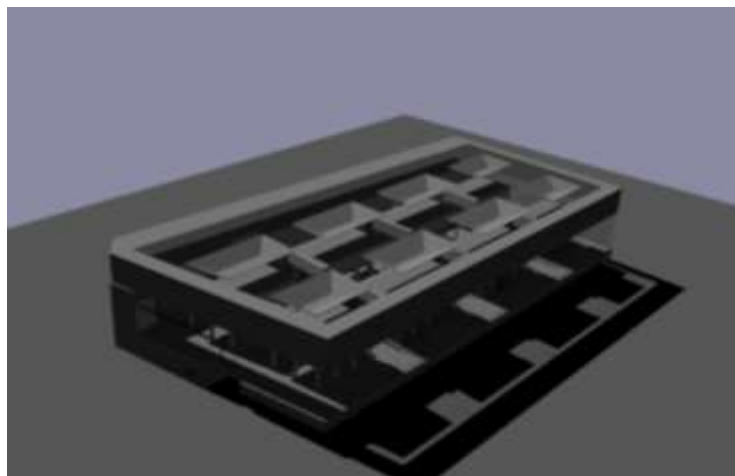


Imagen 25: Renderizado del reacondicionado. Día 1 a las 10 horas y 0 minutos. Ángulo azimutal 134,3° y elevación 11,6°

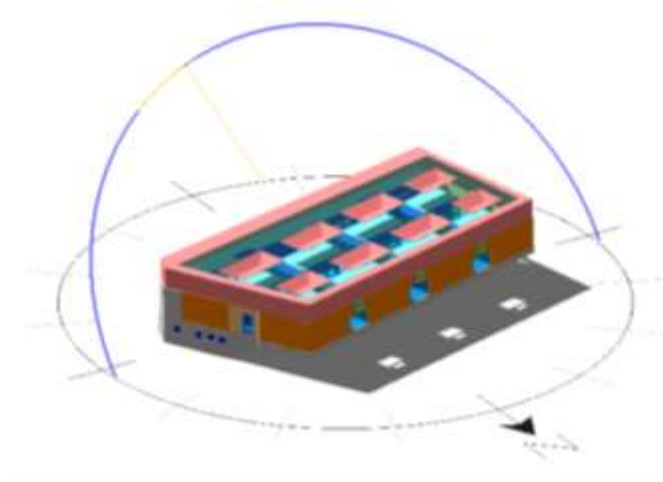


Imagen 26: Sombras del reacondicionado. Día 256 a las 12 horas y 0 minutos. Ángulo acimutal 151,9° y elevación 50°

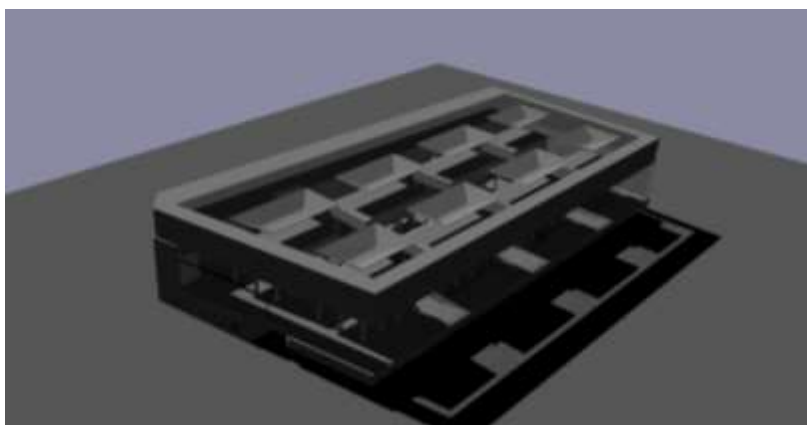


Imagen 27: Renderizado del reacondicionado. Día 256 a las 12 horas y 0 minutos. Ángulo azimutal 151,9° y elevación 50°

Además se presentan cada una de las plantas que constituyen el espacio del edificio reacondicionado en 3D.

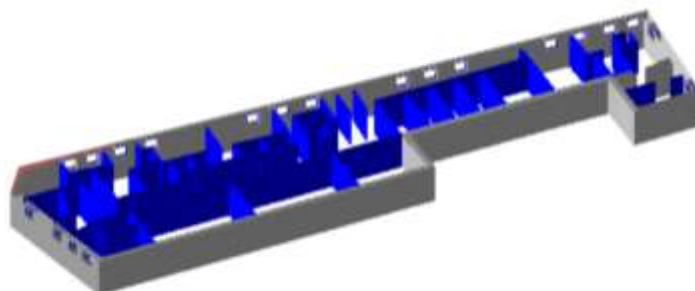


Imagen 28: Modelo 3D del semisótano reacondicionado



Imagen 29: Modelo 3D de la elevación reacondicionada

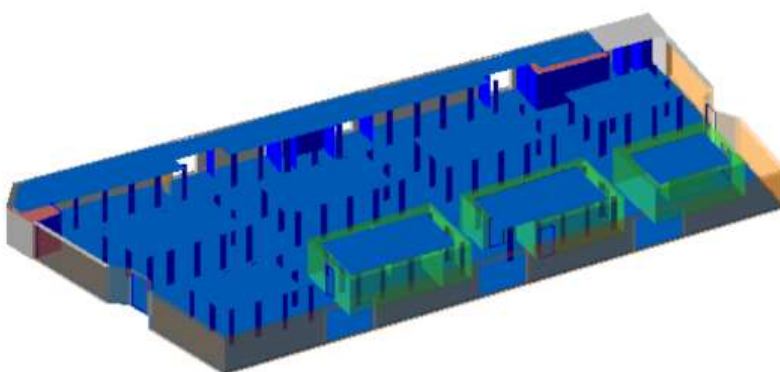


Imagen 30: Modelo 3D de la planta baja reacondicionada

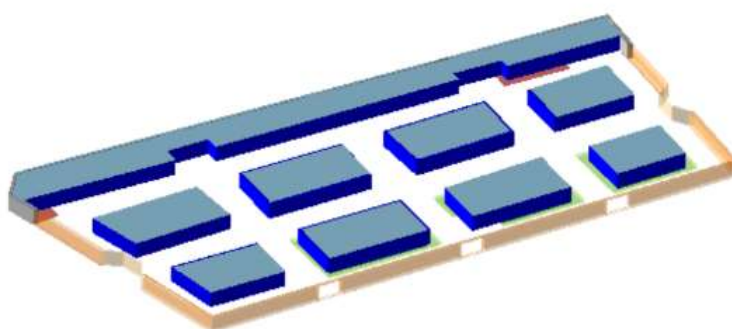


Imagen 31: Modelo 3D de los attillos reacondicionados

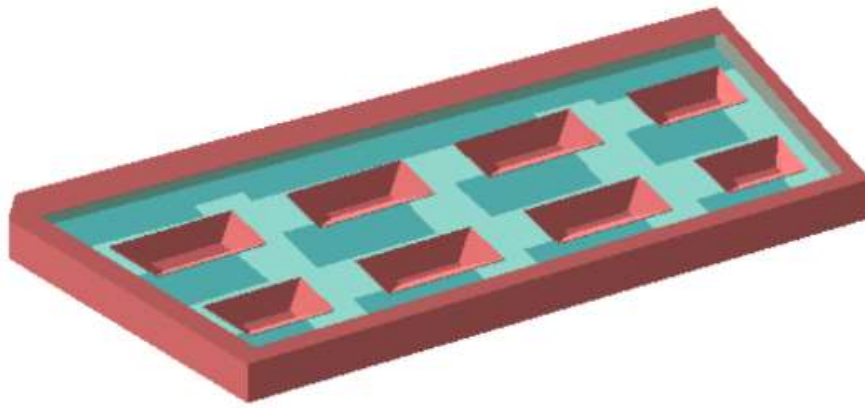


Imagen 32: Modelo 3D de la cubierta reacondicionada

7.3.2 Ensayo de luminosidad

Tal y como se procedió con el estudio de luminosidad del edificio actual, en este caso se realizaron los ensayos previos a la simulación para obtener los gradientes de temperatura en los espacios del complejo botánico.

Las transmitancias y reflectancias son obtenidas del archivo de EDSL TAS para elementos comunes no categorizados de los que se desconocen datos.

Elementos constructivos	Posición	Reflectancia	Transmitancia
Techo de altillos	Ambos lados	0.3	0.0
Suelo expuesto	Ambos lados	0.3	0.0
Muro cortina grueso	Ambos lados	0.1	0.9
Muro cortina fino	Ambos lados	0.1	0.9
Suelo en contacto con el exterior	Ambos lados	0.2	0.0
Techo interno	Lado del techo	0.8	0.0
Techo interno	Lado del suelo	0.3	0.0
Suelo interno	Lado del techo	0.8	0.0

Suelo interno	Lado del suelo	0.3	0.0
Paredes gruesas	Ambos lados	0.5	0.0
Paredes transparentes de 3 manzanas	Ambos lados	0.05	0.95
Cubierta	Exterior	0.3	0.0
Cubierta	Interior	0.8	0.0
Muro enterrado	Exterior	0.3	0.0
Muro enterrado	Interior	0.5	0.0
Elevación	Exterior	0.5	0.0
Elevación	Interior	0.1	0.0
Cubierta EFTE	Ambos lados	0.099	0.901

Tabla 4: Reflectancia y transmitancia de elementos constructivos del reacondicionado

Para la transmitancia del EFTE se consultó un estudio realizado sobre el comportamiento óptico del EFTE ante diferentes épocas del año y a distintas inclinaciones. El experimento tiene datos acerca del comportamiento del EFTE sobre una superficie vertical, horizontal, o inclinada a 45° en un entorno urbano. Esto en la práctica aporta información que ayuda a comprender el comportamiento de la cubierta real, ya que el modelo hace simplificaciones con las inclinaciones de la misma.

	Horizontal			45°		Vertical	
	T0	T3	T6	T3	T6	T3	T6
τ_e	0.901	0.85	0.832	0.846	0.842	0.859	0.861
τ_{e_UV}	0.802	0.703	0.672	0.702	0.692	0.74	0.738

	Horizontal			45°		Vertical	
	T0	T3	T6	T3	T6	T3	T6
ρ_e	0.087	0.070	0.068	0.073	0.068	0.076	0.069
ρ_{e_UV}	0.173	0.122	0.111	0.124	0.109	0.137	0.123

Tabla 5: Reflectancia y transmitancia del EFTE para la radiación solar y UV, en diferentes posiciones y en el momento inicial de la instalación (T0), a los tres meses de uso (T3) y a los seis meses (T6) (G. Maininia et al., 2013)

Las siguientes imágenes aportan el gradiente de temperaturas explicado en el apartado 6.3.2, con las condiciones CIE Overcast, en el rango de 2 lux y 5000 lux. Como se puede observar, el rango de luminosidad para un día nublado es bastante alto en la planta baja. El semisótano tiene un aporte de luz ínfimo, debido a que las ventanas de esta planta son más bien respiraderos destinados a la ventilación.



Simulación 12: Distribución de luminosidad en el semisótano reacondicionado

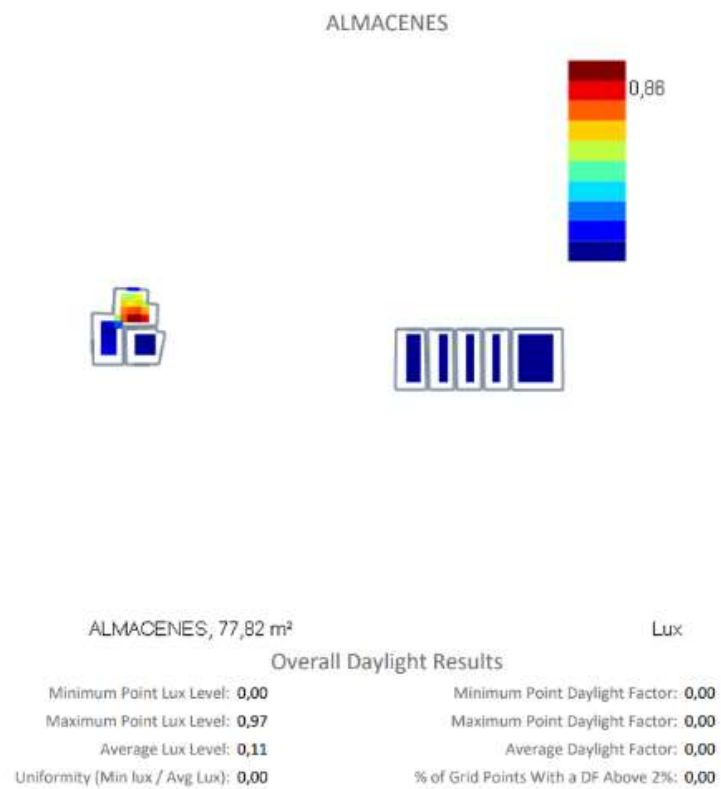


Simulación 13: Distribución de luminosidad en la planta baja reacondicionada

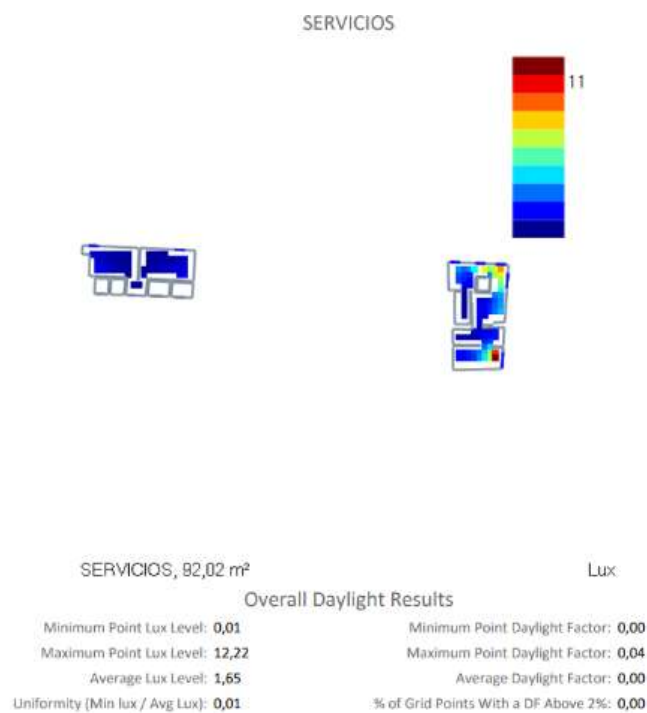


Simulación 14: Distribución de luminosidad en los altillos reacondicionados

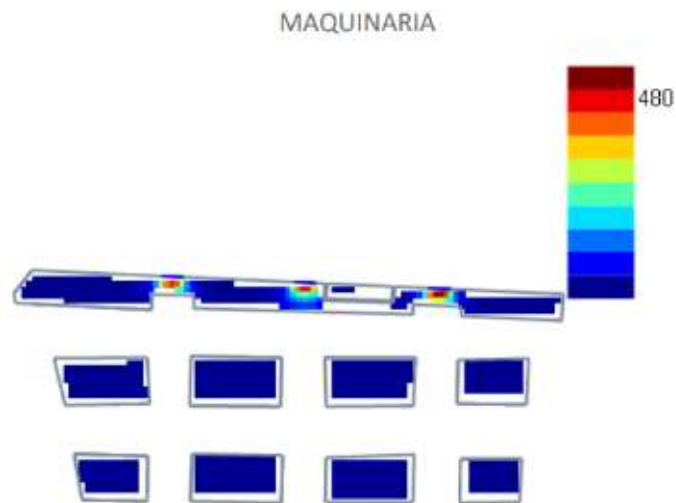
Atendiendo a la zonificación anteriormente presentada, en el apartado 7.3.1, los informes de luminosidad presentados por el programa son los siguientes.



Informe 9: Iluminación de los almacenes reacondicionados

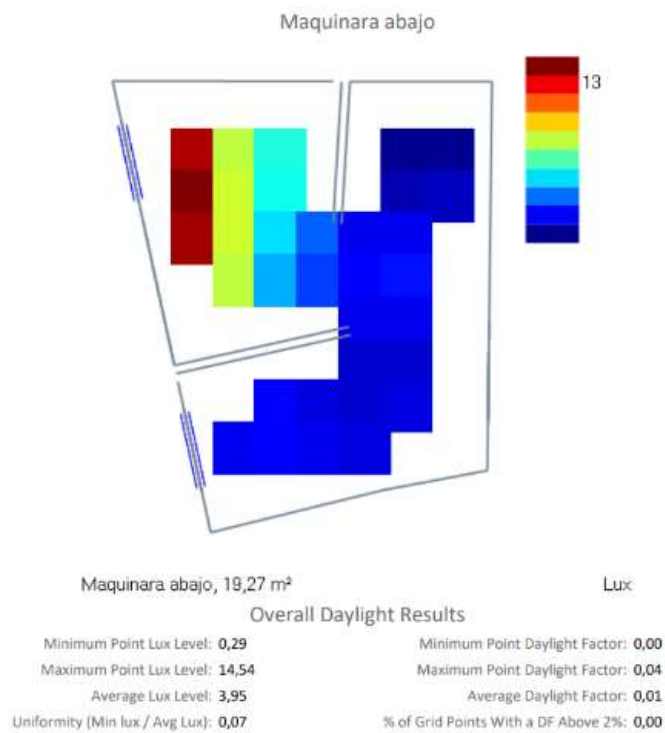


Informe 10: Informe de los servicios reacondicionados

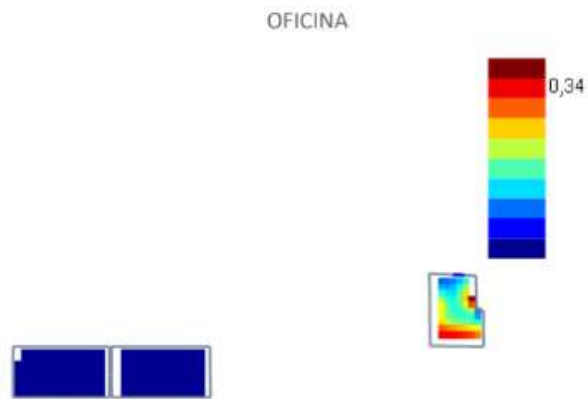


MAQUINARIA, 404,76 m²		Lux
Overall Daylight Results		
Minimum Point Lux Level: 0,00	Minimum Point Daylight Factor: 0,00	
Maximum Point Lux Level: 540,23	Maximum Point Daylight Factor: 1,59	
Average Lux Level: 13,16	Average Daylight Factor: 0,04	
Uniformity (Min lux / Avg Lux): 0,00	% of Grid Points With a DF Above 2%: 0,00	

Informe 11: Informe de la maquinaria en los altillos reacondicionada

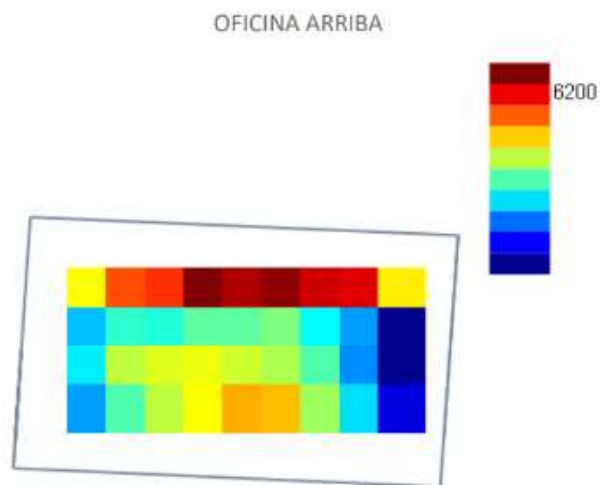


Informe 12: Informe del espacio del montacargas en el semisótano reacondicionado



OFICINA, 97,48 m²		Lux	
Overall Daylight Results			
Minimum Point Lux Level:	0,00	Minimum Point Daylight Factor:	0,00
Maximum Point Lux Level:	0,38	Maximum Point Daylight Factor:	0,00
Average Lux Level:	0,04	Average Daylight Factor:	0,00
Uniformity (Min lux / Avg Lux):	0,00	% of Grid Points With a DF Above 2%:	0,00

Informe 13: Iluminación del espacio de oficinas en el semisótano



OFICINA ARRIBA, 17,82 m²		Lux	
Overall Daylight Results			
Minimum Point Lux Level:	3885,40	Minimum Point Daylight Factor:	11,41
Maximum Point Lux Level:	6538,22	Maximum Point Daylight Factor:	19,21
Average Lux Level:	5280,63	Average Daylight Factor:	15,51
Uniformity (Min lux / Avg Lux):	0,74	% of Grid Points With a DF Above 2%:	100,00

Informe 14: Iluminación del espacio de control/ oficina de la planta baja



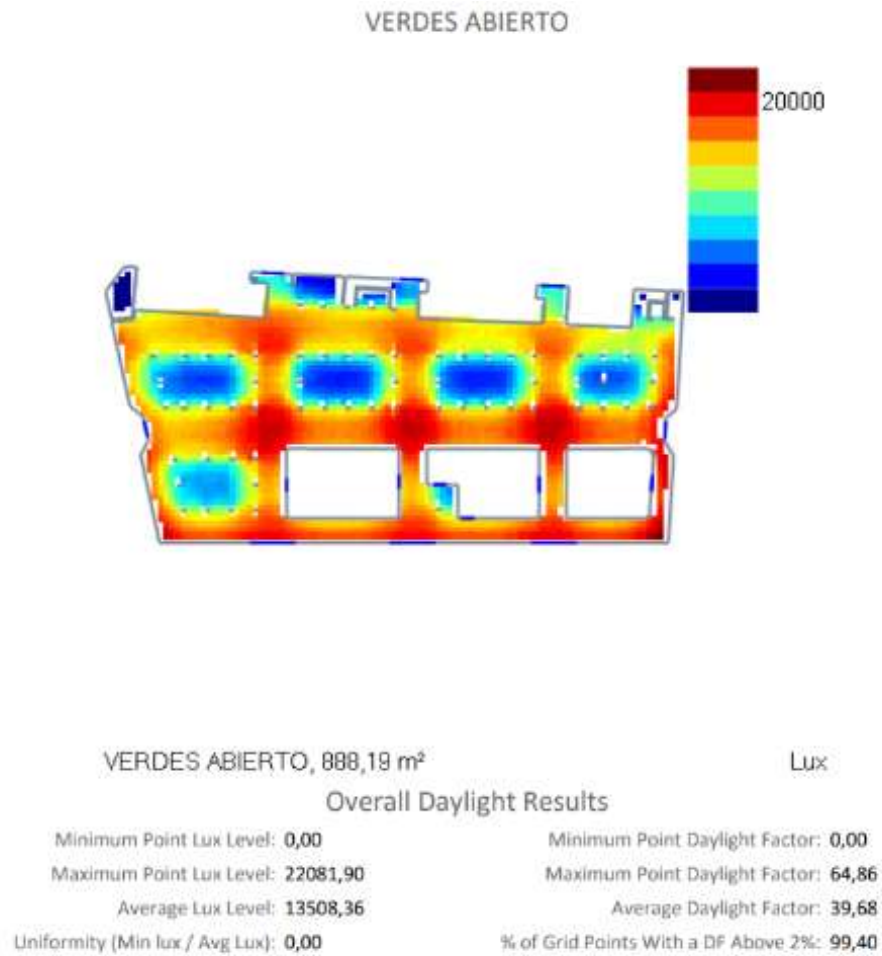
CIRCULACIÓN ABAJO, 128,97 m²		Lux
Overall Daylight Results		
Minimum Point Lux Level:	0,00	Minimum Point Daylight Factor: 0,00
Maximum Point Lux Level:	20,79	Maximum Point Daylight Factor: 0,06
Average Lux Level:	1,15	Average Daylight Factor: 0,00
Uniformity (Min lux / Avg Lux):	0,00	% of Grid Points With a DF Above 2%: 0,00

Informe 15: Iluminación de los espacios de circulación, pasillos del semisótano

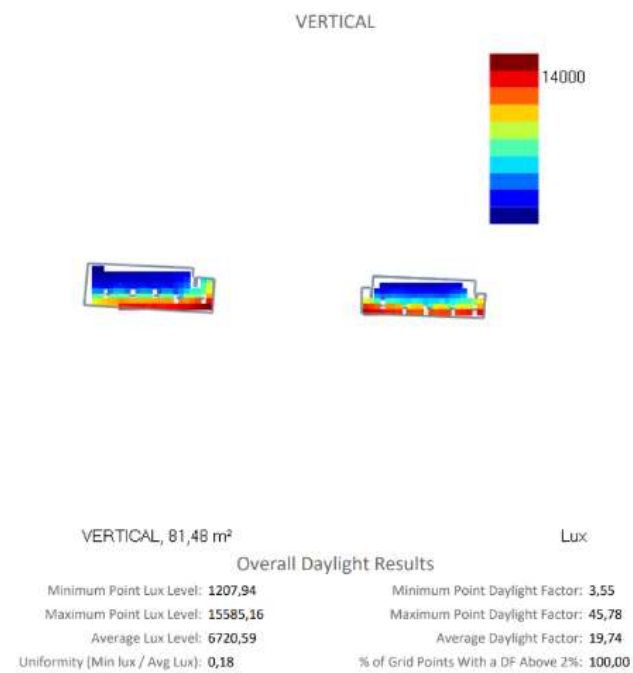


LABORATORIO, 38,87 m²		Lux
Overall Daylight Results		
Minimum Point Lux Level:	0,00	Minimum Point Daylight Factor: 0,00
Maximum Point Lux Level:	8,82	Maximum Point Daylight Factor: 0,03
Average Lux Level:	0,88	Average Daylight Factor: 0,00
Uniformity (Min lux / Avg Lux):	0,00	% of Grid Points With a DF Above 2%: 0,00

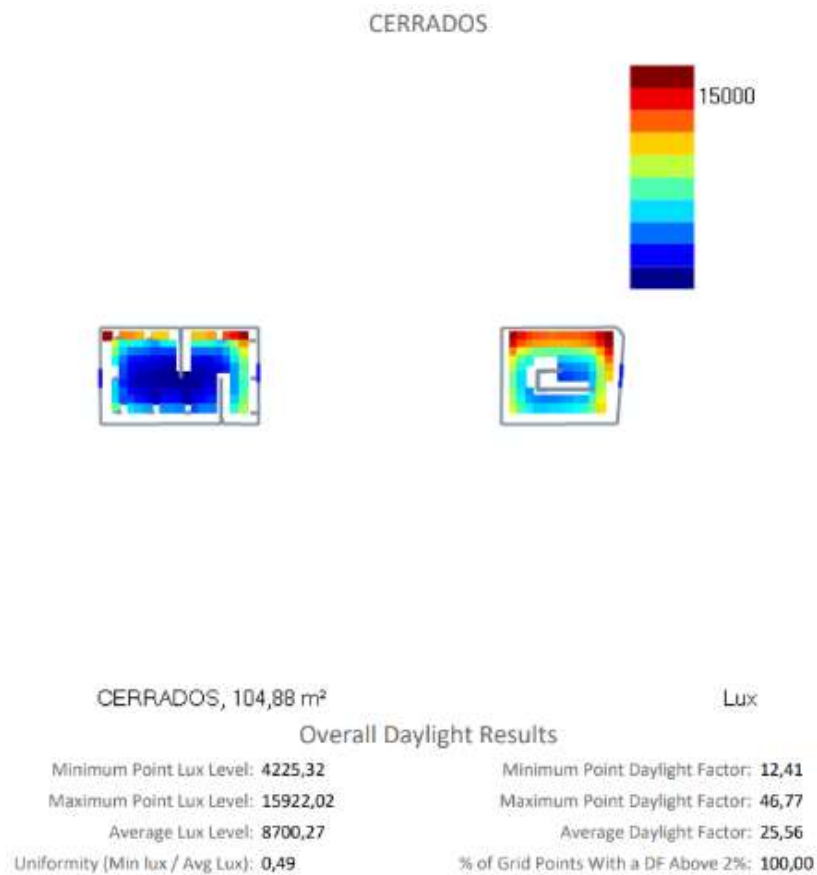
Informe 16: Iluminación de los dos laboratorios del semisótano



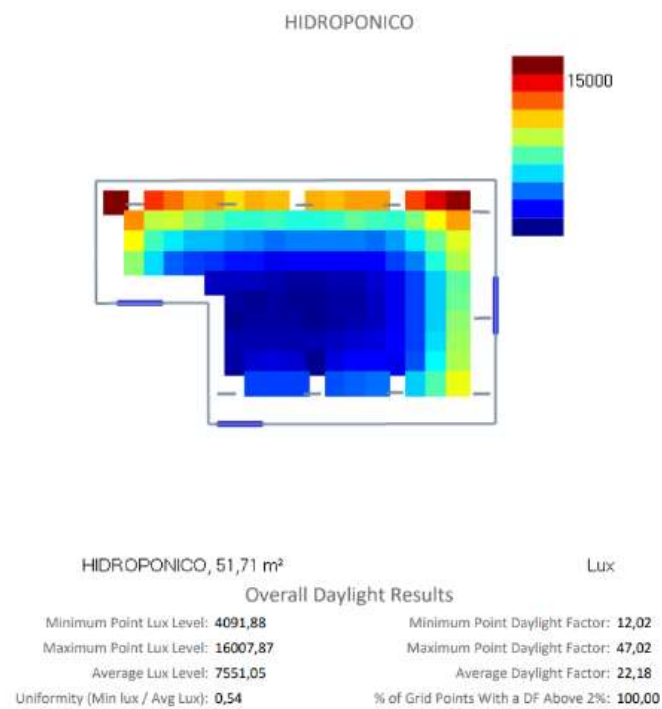
Informe 17: Iluminación de los espacios verdes y abiertos de la planta baja



Informe 18: Iluminación de las dos zonas del jardín vertical de la planta baja



Informe 19: Iluminación de los dos espacios cerrados de la planta baja



Informe 20: Iluminación del hidropónico en la planta baja

Es necesario recordar que se trata de iluminación natural, y no artificial, la cual se vuelca en forma de potencia calorífica en la simulación.

7.3.3 Desarrollo de la simulación

EDSL TAS requiere de un preacondicionamiento, el cual es igual que en estado actual. 18 metros de altura media de los edificios circundantes, localizado en ciudad, con una reflectancia de 0.5 de pavimento y 410 ppmv de CO₂ de polución externa.

El archivo histórico de temperaturas es el archivo de Madrid de 1989 en formato .epw utilizado previamente en el estudio actual.

Para las condiciones internas del recinto se han propuesto 7 zonas climáticas diferentes, muchas de ellas con muchas similitudes y variaciones en la humedad, temperatura de control y en el calor por metro cuadrado transferido a una zona por medio de los ocupantes.

Estas condiciones tienen 8 variables a definir en horarios diferentes, además de la especificación del tipo de sistema de calentamiento y refrigeración, así como el rango de temperaturas del termostato. Esto viene desarrollado en el apartado 6.3.3

Las siete zonas de climatización son las siguientes:

- *Oficinas*: aplicada a oficinas, laboratorios, y al puesto de control de la planta baja.
- *Maquinarias*: aplicada a almacenes, maquinaria de altillos y maquinaria del semisótano.
- *Techo/ cubierta*: aplicada a la cubierta, y la zona de la cubierta de EFTE.
- *Espacios verdes no acotados*: aplicado a los espacios verdes no acotados, jardín vertical y zonas de tránsito/ circulación.
- *Servicios*: aplicada a servicios y zonas de tránsito/ circulación del semisótano.
- *Espacios verdes cerrados*: aplicada a espácios verdes cerrados
- *Hidropónico*: aplicada a la zona de hidropónicos.

Es importante tener clara la diferencia entre las zonas de climatización y las zonas de distribución del espacio. Las primeras ajustan las características climáticas impuestas, son

siete, mientras que las segundas sirven para diferenciar el uso de cada espacio, y son quince.

Se dispone de la simulación de un termostato digital para adaptar las condiciones internas a las deseadas. Para cada zona estas con las condiciones impuestas, sujetas a cambios manuales por el personal de control si se produjese un cambio brusco o inesperado de la temperatura externa.

	Upper limit	Lower limit	Humidity Upper Limit	Humidity Lower Limit
Oficinas	24°	18°	60%	40%
Servicios	24°	18°	70%	30%
Maquinarias	22°	18°	50%	40%
Techo/Cubierta	22°	18°	70%	65%
Espacios verdes no delimitados	24°	18°	70%	65%
Espacios cerrados	30°	20°	70%	65%
Hidropónico	30°	25°	90%	80%

Tabla 6: Condiciones del termostato de cada zona climatizada

Los porcentajes de humedad relativa están elegidos en función de las especificaciones recomendadas para invernaderos.

Las ocho variables de cada una de las zonas, que regulan la infiltración, ventilación, cantidad de personas en la estancia, o cantidad de maquinaria en funcionamiento entre otras están escogidas con más cautela que en el estudio inicial del estado actual del mercado.

Como recomienda la ASHRAE es preferible tener el siguiente número de cambios de aire por hora:

Location Type	Suggested Outdoor Air Ventilation Rate (air changes per hour)
 Homes	0.35–1
 Hotel Rooms	1–2
 Offices	2–3
 Retail Shops	2–3
 Schools (except lecture halls)	5–6
 Sports Facilities	4–8
 Restaurants	6–8

Tabla 7: Ventilación por hora recomendada por la ASHRAE (Robertson, 2022)

La programación del sistema de climatización interior está ideado para la circulación libre del aire entre la planta baja, altillos y cubierta; por lo que presenta dos sistemas HVAC:

HVAC 1: destinado a planta baja, altillos y cubierta.

HVAC 2: destinado al semisótano.

El cálculo de los valores de las variables se explica y desarrolla en el apéndice 5.A2 de la *Environmental design CIBSE Guide A* (The Chartered Institution of Building Services Engineers London, 2017). Se detallan los valores que deben tomar los siguientes valores, y en base a esto y los valores sugeridos por EDSL TAS cada zona está climatizada conforme a las siguientes variables:

- Oficinas

Gain	Value
 Infiltration	0.0 ach
 Ventilation	3.0 ach
 Lighting Gain	15.0 W/m ²
 Occupancy Sensible Gain	90.0 W/m ²
 Occupancy Latent Gain	5.0 W/m ²
 Equipment Sensible Gain	10.0 W/m ²
 Equipment Latent Gain	0.0 W/m ²
 Pollutant Generation	0.01 I(CO ₂)/hr/m ²

- Maquinarias y almacenes:

Gain	Value
Infiltration	0.5 ach
Ventilation	1.0 ach
Lighting Gain	12.0 W/m ²
Occupancy Sensible Gain	10.0 W/m ²
Occupancy Latent Gain	5.0 W/m ²
Equipment Sensible Gain	20.0 W/m ²
Equipment Latent Gain	0.0 W/m ²
Pollutant Generation	0.01 I(CO ₂)/hr/m ²

- Servicios

Gain	Value
Infiltration	0.0 ach
Ventilation	3.0 ach
Lighting Gain	12.0 W/m ²
Occupancy Sensible Gain	5.0 W/m ²
Occupancy Latent Gain	0.0 W/m ²
Equipment Sensible Gain	0.0 W/m ²
Equipment Latent Gain	0.0 W/m ²
Pollutant Generation	0.05 I(CO ₂)/hr/m ²

- Techo/ cubierta

Gain	Value
Infiltration	0.5 ach
Ventilation	5.0 ach
Lighting Gain	11.5 W/m ²
Occupancy Sensible Gain	0.0 W/m ²
Occupancy Latent Gain	0.0 W/m ²
Equipment Sensible Gain	0.0 W/m ²
Equipment Latent Gain	0.2 W/m ²
Pollutant Generation	0.0 I(CO ₂)/hr/m ²

- Espacios verdes no acotados

Gain	Value
Infiltration	0.5 ach
Ventilation	10.0 ach
Lighting Gain	11.5 W/m ²
Occupancy Sensible Gain	4.0 W/m ²
Occupancy Latent Gain	2.0 W/m ²
Equipment Sensible Gain	0.0 W/m ²
Equipment Latent Gain	0.0 W/m ²
Pollutant Generation	0.0 I(CO ₂)/hr/m ²

- Espacios verdes cerrados

Gain	Value
Infiltration	0.5 ach
Ventilation	1.0 ach
Lighting Gain	11.5 W/m ²
Occupancy Sensible Gain	4.0 W/m ²
Occupancy Latent Gain	2.0 W/m ²
Equipment Sensible Gain	0.0 W/m ²
Equipment Latent Gain	0.0 W/m ²
Pollutant Generation	0.0 I(CO ₂)/hr/m ²

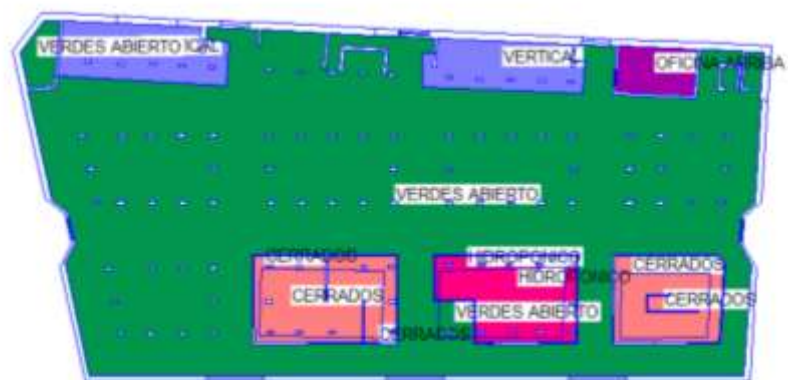
- Hidropónico

Gain	Value
Infiltration	1.0 ach
Ventilation	1.0 ach
Lighting Gain	10.0 W/m ²
Occupancy Sensible Gain	10.0 W/m ²
Occupancy Latent Gain	20.0 W/m ²
Equipment Sensible Gain	0.0 W/m ²
Equipment Latent Gain	0.0 W/m ²
Pollutant Generation	0.0 I(CO ₂)/hr/m ²

Como previamente se menciona, estas zonas aclimatadas corresponden a quince zonas, como se pueden observar en los siguientes planos:



Plano 24: Compartmentación en zonas reacondicionadas. Semisótano.



Plano 25: Compartimentación en zonas reacondicionadas. Planta baja.



Plano 26: Compartimentación en zonas reacondicionadas. Altillos.



Plano 27: Compartimentación en zonas reacondicionadas. Cubierta.

Respecto a los elementos constructivos, cada uno está modelado con un material diferente. Al no saber el material exacto ni todas las capas de materiales que pueden conformar un elemento constructivo, se ha utilizado la base de datos ASHRAE 2016, la cual proporciona diferentes materiales en base a su desempeño en un clima determinado. La base de datos genera aproximaciones muy fiables y se utiliza en toda clase de proyectos ya que cuenta con la aprobación de ANSI.

El propio directorio de ASHRAE proporciona la zona climática en la que se encuentra Madrid, y proporciona la zona 4B para el medidor de Torrejón y 3B para la zona de Madrid Barajas.

Los elementos constructivos están escogidos para la zona 3B.



Imagen 33: Zonas climáticas ASHRAE (ASHRAE & ANSI, 2021)

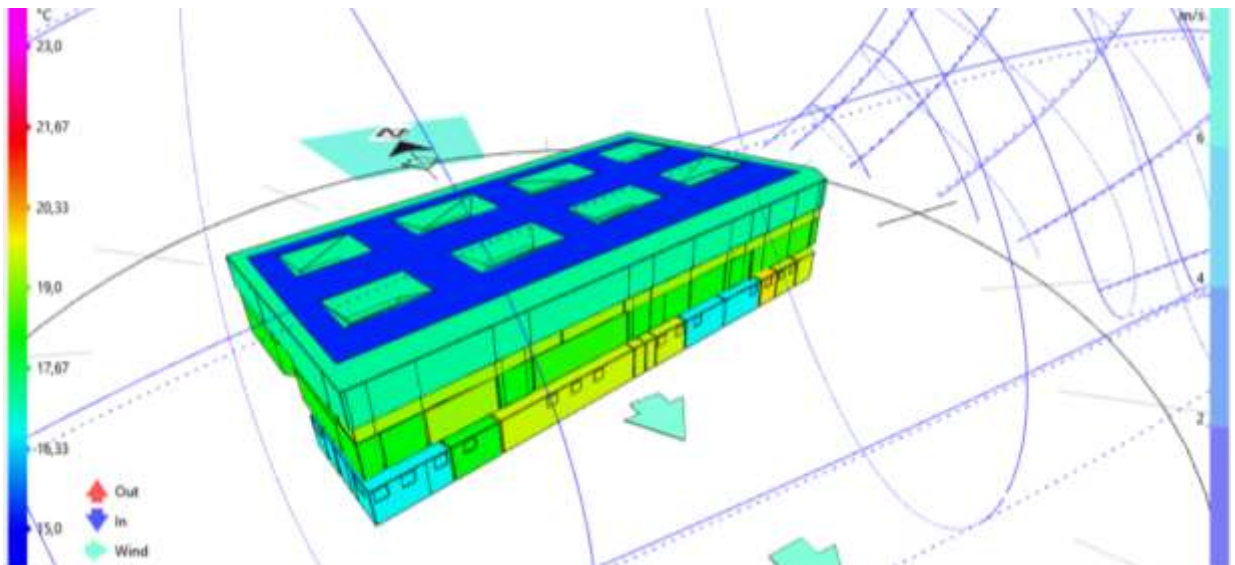
Además estos elementos están prediseñados y cuentan con huecos internos, y las diferentes transmitancias térmicas de cada material. Todas las características caloríficas están prefijadas para facilitar el uso y la rápida elección de materiales.

EDSL TAS se trata de un programa que no tiene en cuenta el comportamiento de las vigas, la dilatación térmica, así como la absorción de calor por las mismas, por lo que no dispone de un directorio de vigas al que referirse para el cálculo. Este programa calcula la distribución de calor volumétrico mediante las condiciones impuestas en cada zona.

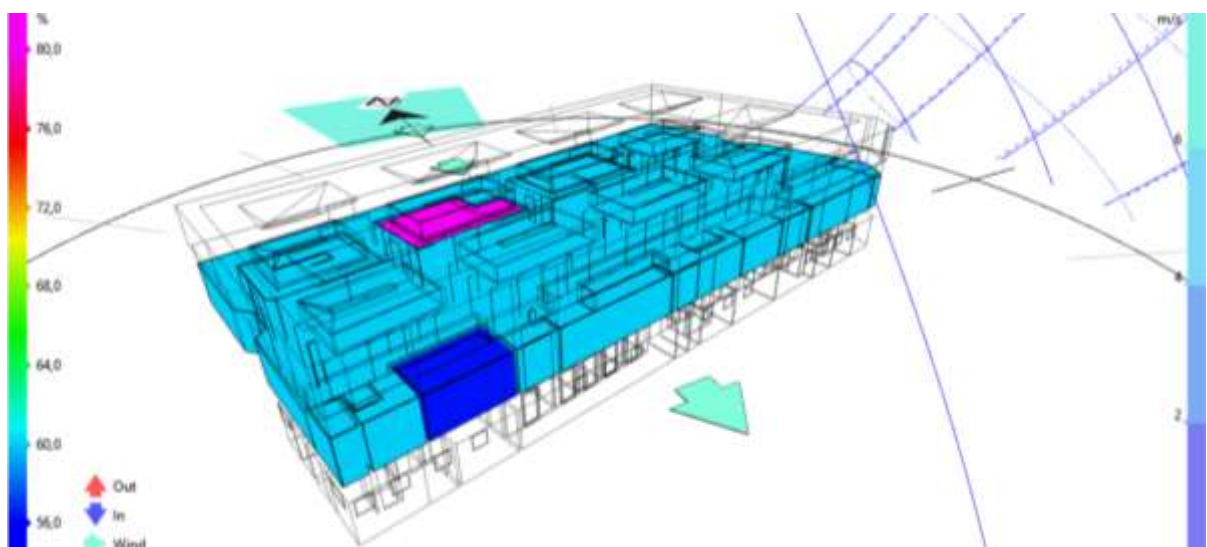
7.3.4 Resultados gráficos de la simulación: Temperatura y humedad

Una vez realizada la simulación anual, se obtienen unos resultados diarios del comportamiento del jardín botánico para diferentes variables tal y como se procedió en el anterior ensayo.

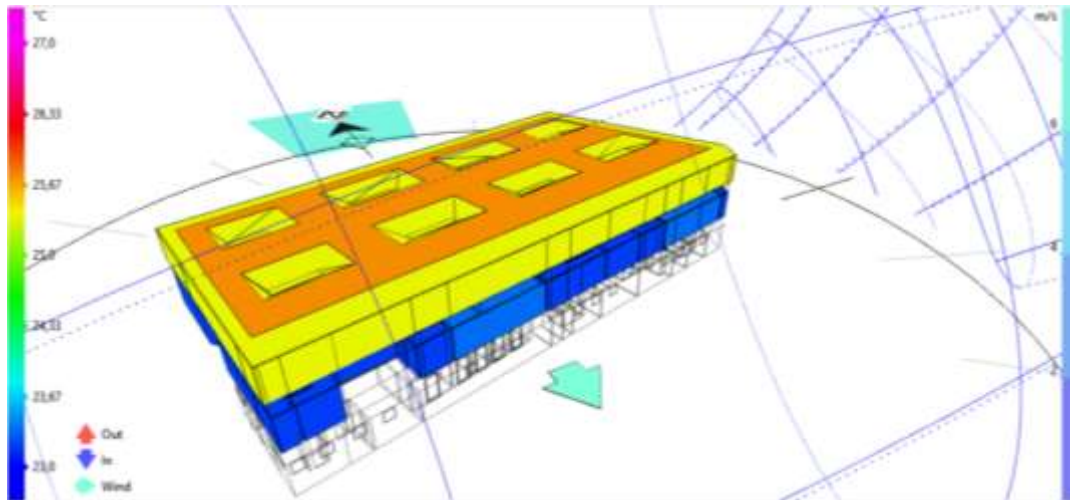
Tras varios ensayos y ajustes de las condiciones impuestas se obtuvieron imágenes como las siguientes:



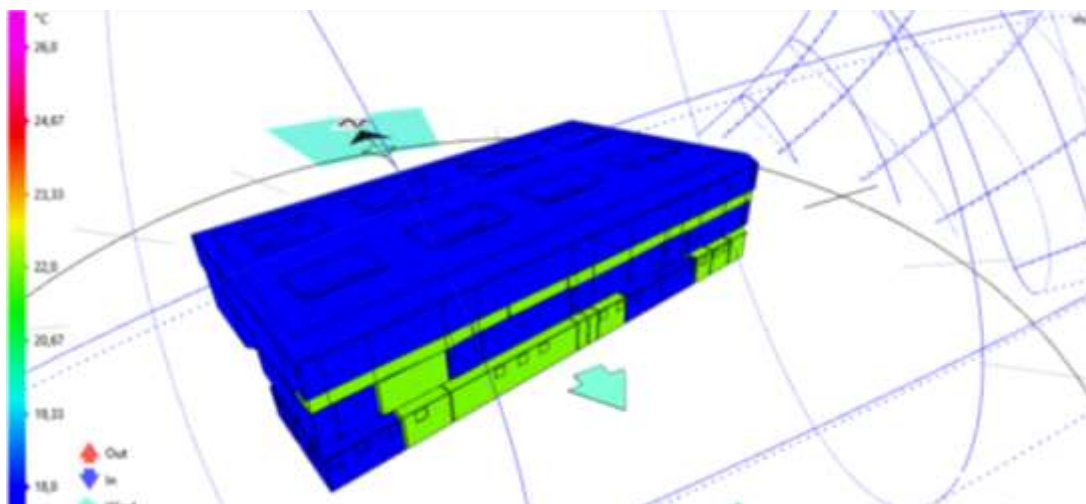
Simulación 15: Temperatura Radiante Media a día 13 de enero a las 20hs



Simulación 16: Humedad relativa en la planta baja a 14 de marzo a las 20 hs



Simulación 17: Temperatura resultante del grupo HVAC 2 a 20 de julio a las 20 hs



Simulación 18: Temperatura del aire seco a 25 de diciembre a las 20hs

Estas imágenes solo sirven como visualización rápida de los datos obtenidos mediante los cálculos del programa, lo cual facilita mucho la imposición de las condiciones internas de cada espacio; además de ser una herramienta de visualización de la capacidad computacional de EDSL TAS.

Respecto a la visualización gráfica de resultados, el estudio se centrará en la humedad relativa y la temperatura resultante. Se aportan variables como la infiltración, la cual es relativamente baja e incontrolable, o la ventilación, que siendo forzada está cuantificada,

pero ambas variables no tienen en cuenta las numerosas vías de entrada y salida que facilita la entrada del aire exterior, puesto que depende de la afluencia de visitantes.

Con el control de la humedad relativa, se puede comprobar rigurosamente si se cumplen las especificaciones planteadas en Tabla 6: Condiciones del termostato de cada zona climatizada. Respecto a la temperatura, se mantiene la elección de estudiar la temperatura resultante, debido a que el programa arroja también la temperatura del ambiente seco, pero esta no tiene en cuenta la humedad del ambiente.

Temperaturas

- Almacenes

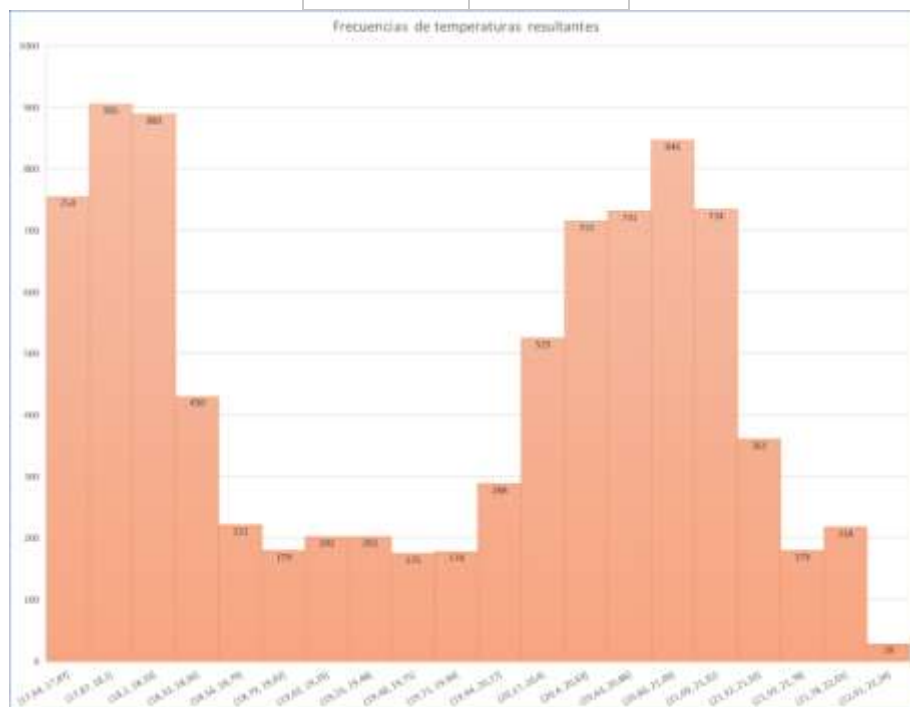


Gráfica 11: Temperaturas resultantes en el almacén por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 22,07°C y la menor de 17,64°C.

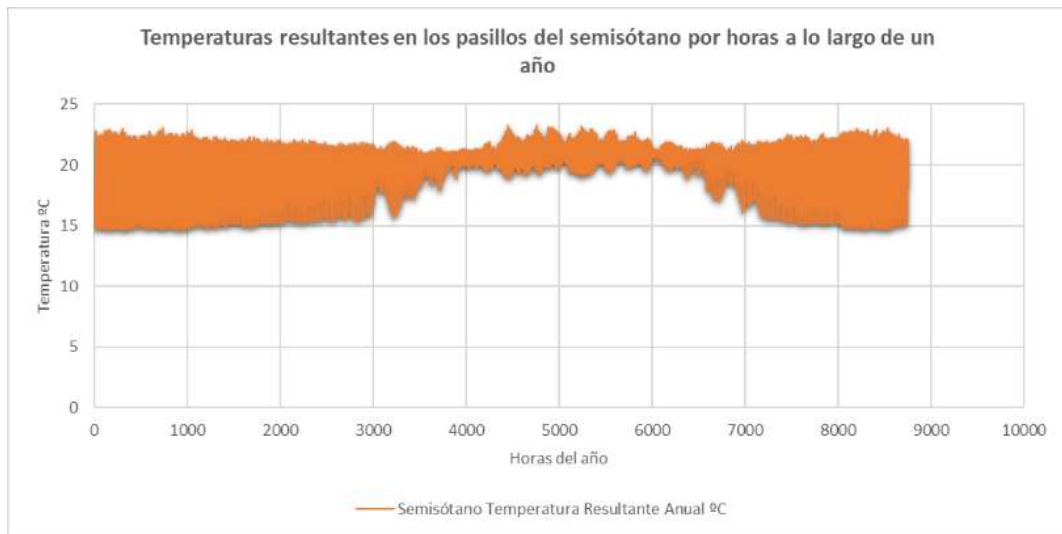
Teniendo en cuenta que estos valores son atípicos, pero se encuentran en un rango aceptable, se han decidido calcular los cuartiles de esta distribución de temperaturas:

Q1	18,24 °C
Q2	20,15 °C
Q3	20,92 °C



Gráfica 12: Frecuencias de temperaturas resultantes en los almacenes

- *Pasillos del semisótano*

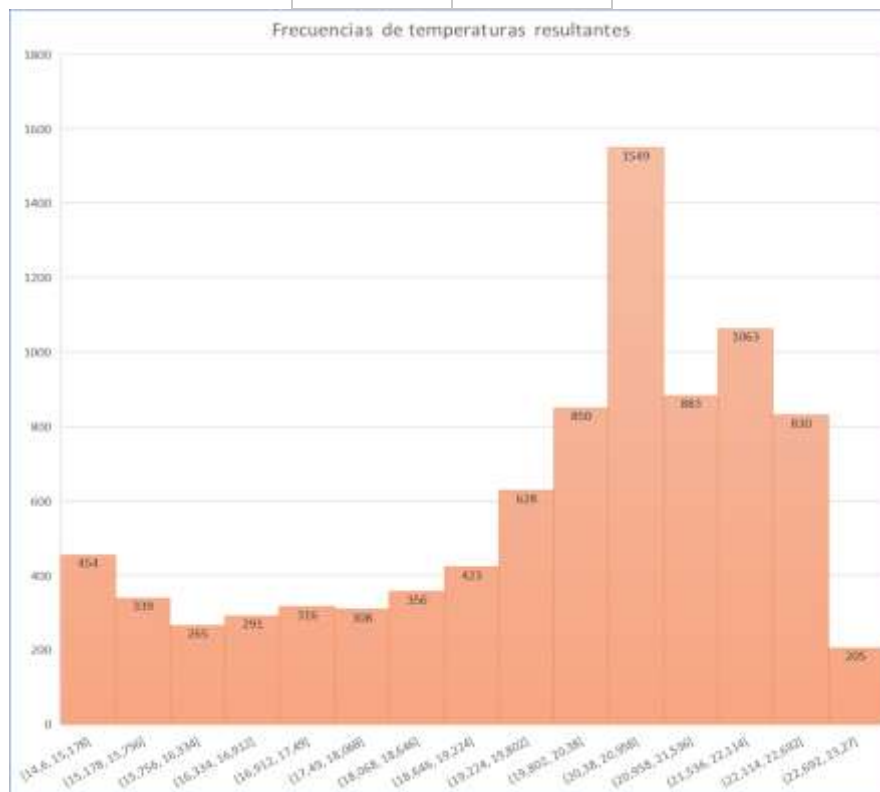


Gráfica 13: Temperaturas resultantes en el pasillo del semisótano por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 23,27°C y la menor de 14,60°C.

Cuartiles de esta distribución de temperaturas en los pasillos del semisótano:

Q1	18,46 °C
Q2	20,49 °C
Q3	21,47 °C



Gráfica 14: Frecuencias de temperaturas resultantes en los pasillos del semisótano

- Montacargas – Maquinaria del semisótano

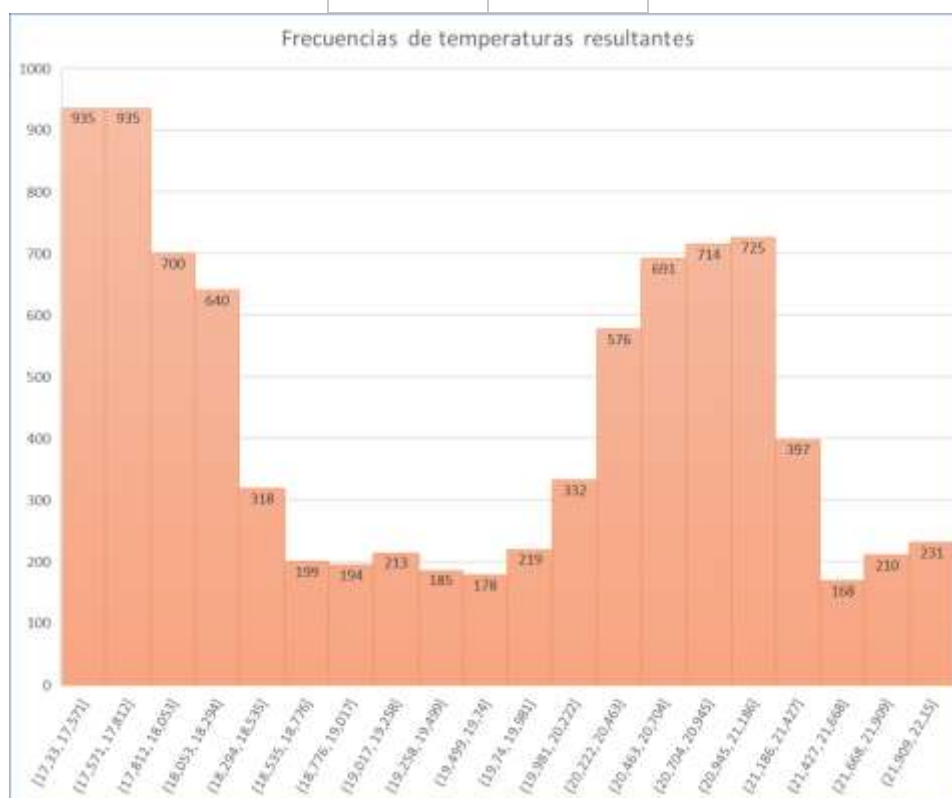


Gráfica 15: Temperaturas resultantes en el montacargas del semisótano por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 22,15°C y la menor de 17,33°C.

Cuartiles de esta distribución de temperaturas en la zona del montacargas:

Q1	17,92 °C
Q2	19,58 °C
Q3	20,79 °C



Gráfica 16: Frecuencias de temperaturas resultantes en el montacargas del semisótano

- *Servicios en el semisótano*

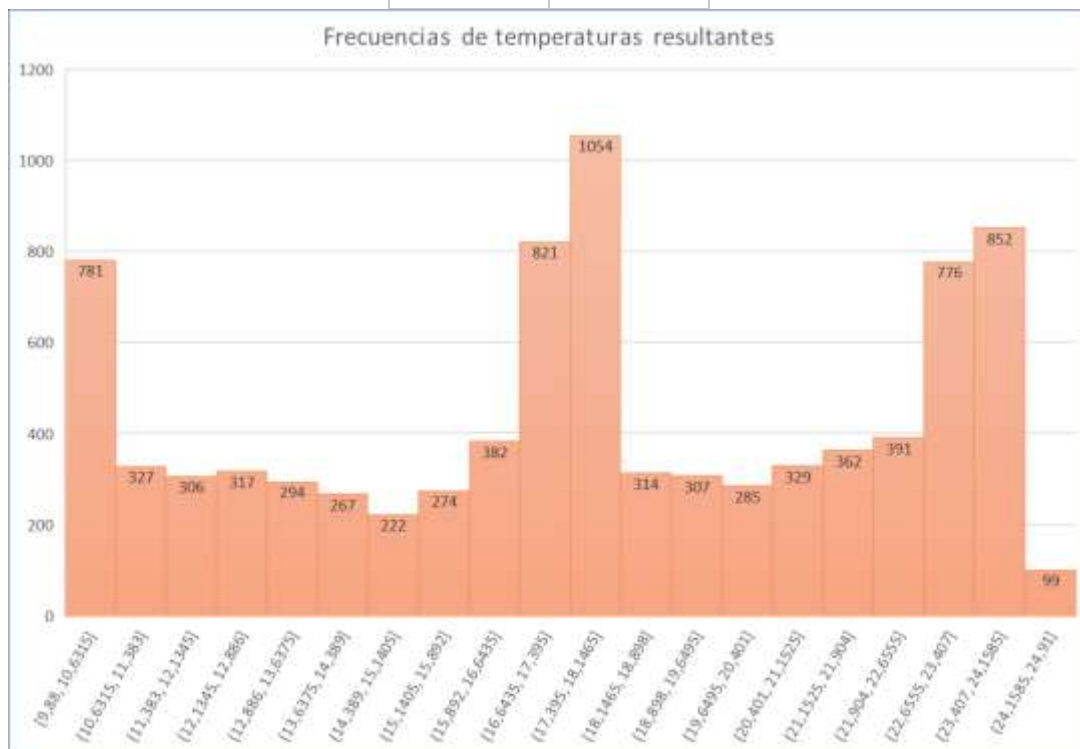


Gráfica 17: Temperaturas resultantes en los servicios del semisótano por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 24,91°C y la menor de 9,88°C.

Cuartiles de esta distribución de temperaturas en los servicios del semisótano:

Q1	14,07 °C
Q2	17,57 °C
Q3	21,78 °C



Gráfica 18: Frecuencias de temperaturas resultantes en los servicios del semisótano

- *Laboratorios*



Gráfica 19: Temperaturas resultantes en laboratorios del semisótano por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 25,68°C y la menor de 13,40°C.

Teniendo en cuenta que estos valores son atípicos, pero se encuentran en un rango aceptable, se han decidido calcular los cuartiles de esta distribución de temperaturas:

Q1	16,23 °C
Q2	20,185 °C
Q3	21,16 °C



Gráfica 20: Frecuencias de temperaturas resultantes en los laboratorios del semisótano

- *Hidropónicos*

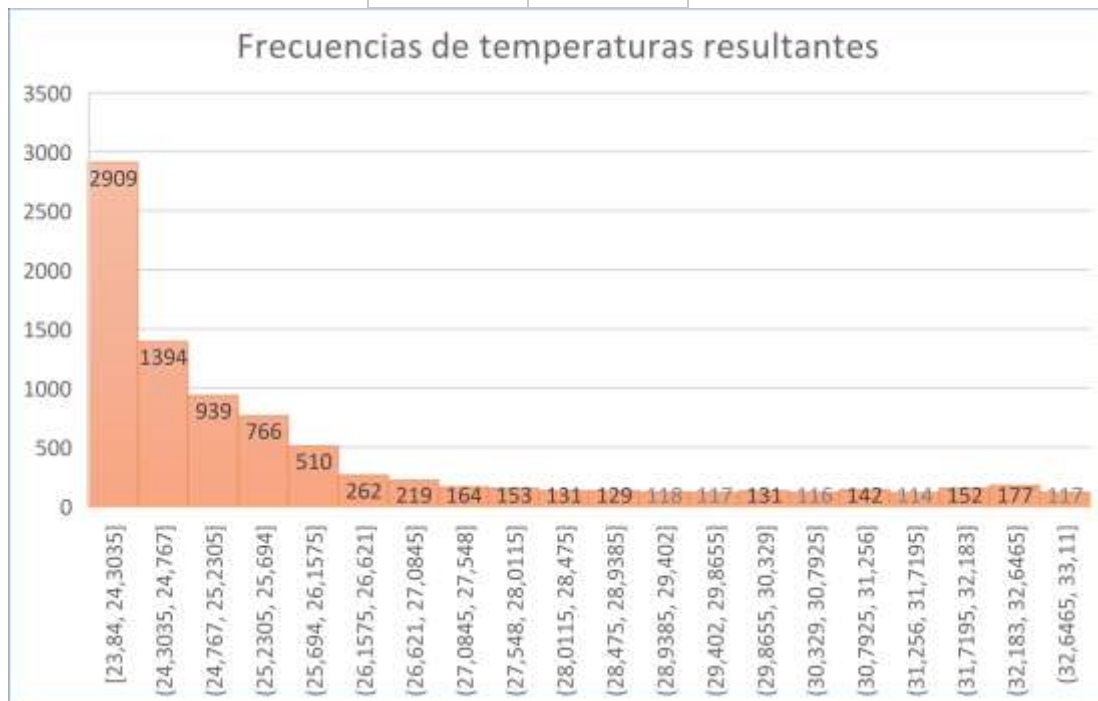


Gráfica 21: Temperaturas resultantes en el recinto hidropónico por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 33,03°C y la menor de 20,86°C.

Teniendo en cuenta que estos valores son atípicos, pero se encuentran en un rango aceptable, se han decidido calcular los cuartiles de esta distribución de temperaturas:

Q1	24,16 °C
Q2	24,8 °C
Q3	26,23 °C



Gráfica 22: Frecuencias de temperaturas resultantes en el recinto hidropónico

- *Cubierta original conservada*



Gráfica 23: Temperaturas resultantes en el interior de la cubierta por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 28,48°C y la menor de 17,20°C.

Cuartiles de esta distribución de temperaturas en la cubierta conservada:

Q1	17,84 °C
Q2	19,4 °C
Q3	24,29 °C



Gráfica 24: Frecuencias de temperaturas resultantes en el interior de la cubierta

- *Cubierta transparente EFTE*



Gráfica 25: Temperaturas resultantes en el interior de la cubierta transparente de EFTE por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 30,62°C y la menor de 15,81°C.

Teniendo en cuenta que estos valores son atípicos, pero se encuentran en un rango aceptable, se han decidido calcular los cuartiles de esta distribución de temperaturas:

Q1	17,11 °C
Q2	19,14 °C
Q3	24,06 °C



Gráfica 26: Frecuencias de temperaturas resultantes en el interior de la cubierta transparente de EFTE

- *Áreas de circulación de aire en los altillos*

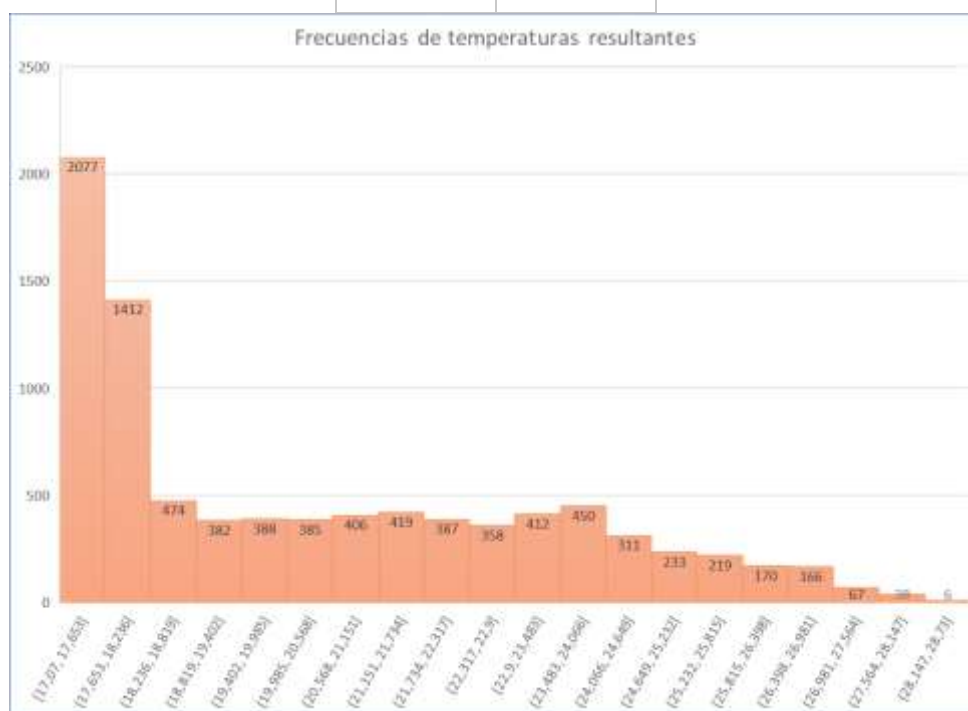


Gráfica 27: Temperaturas resultantes en áreas de circulación de aire en los altillos por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 28,73°C y la menor de 17,07°C.

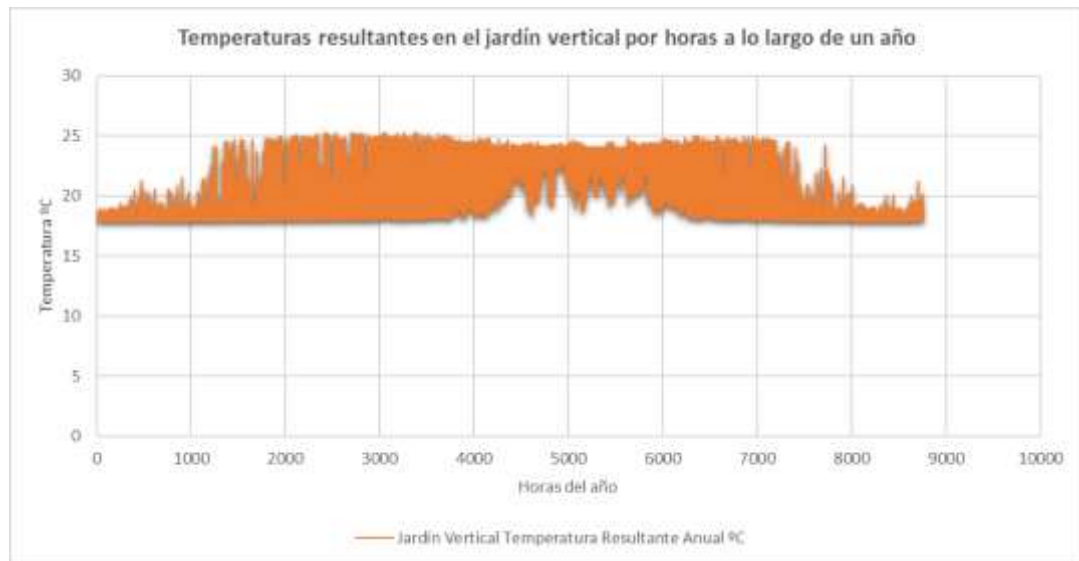
Teniendo en cuenta que estos valores son atípicos, pero se encuentran en un rango aceptable, se han decidido calcular los cuartiles de esta distribución de temperaturas:

Q1	17,69 °C
Q2	19,45 °C
Q3	22,71 °C



Gráfica 28: Frecuencias de temperaturas resultantes en áreas de circulación de aire en los altillos

- *Jardín vertical*

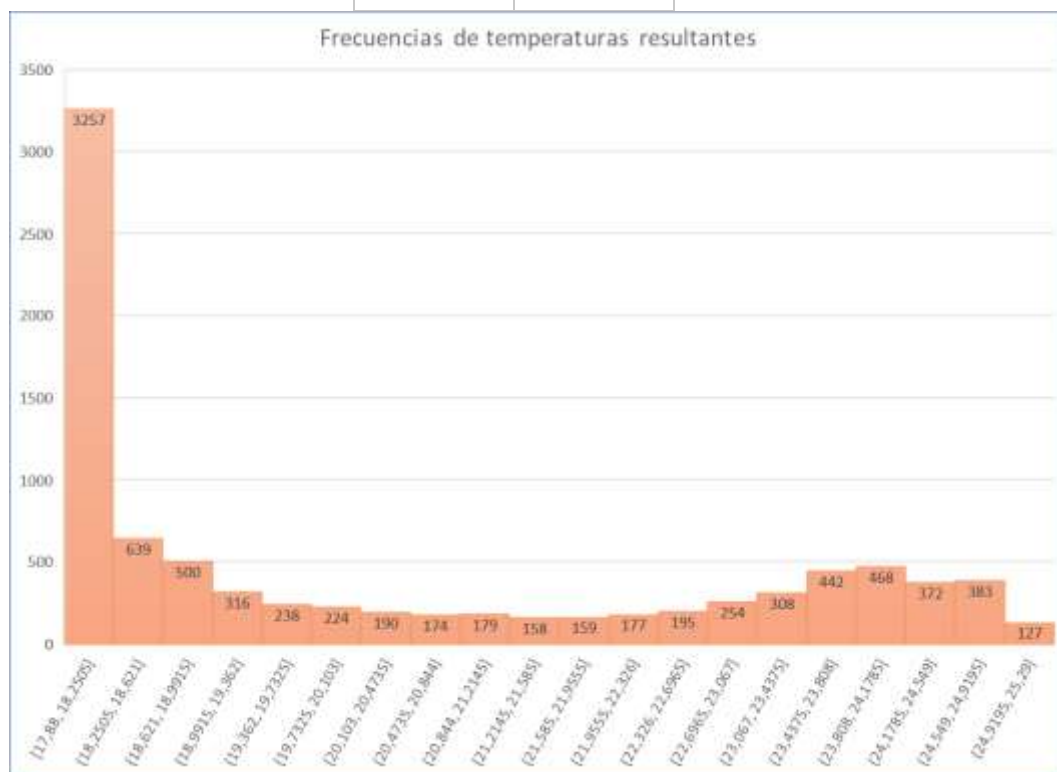


Gráfica 29: Temperaturas resultantes en el jardín vertical por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 25,29°C y la menor de 17,88°C.

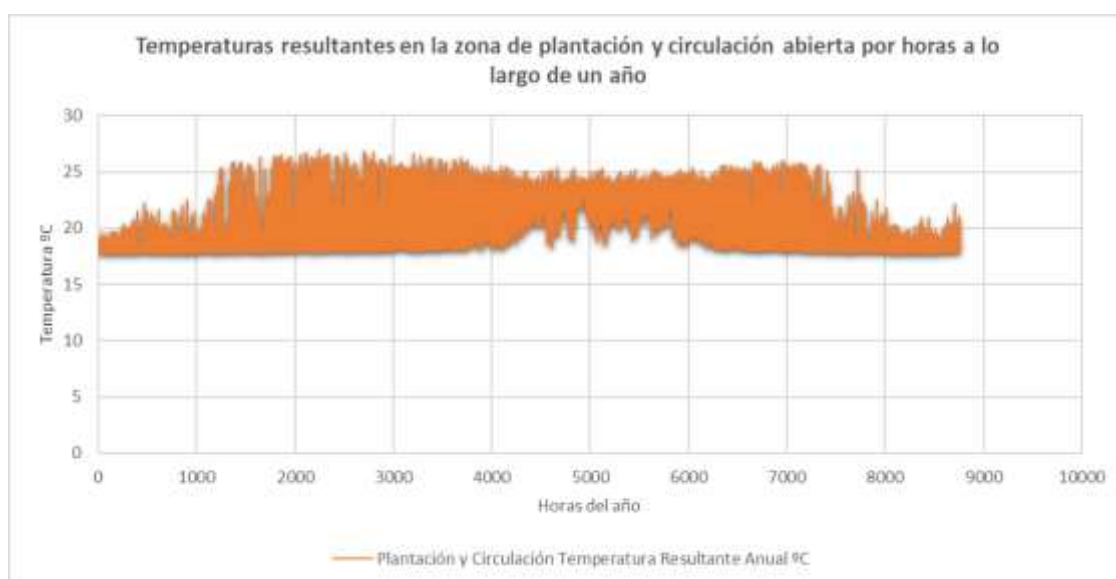
Cuartiles de esta distribución de temperaturas en el jardín vertical:

Q1	18,02 °C
Q2	18,98 °C
Q3	22,942 °C



Gráfica 30: Frecuencias de temperaturas resultantes en el jardín vertical

- *Espacios verdes no delimitados*



Gráfica 31: Temperaturas resultantes en espacios verdes no delimitados por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 27°C y la menor de 17,69°C.

Cuartiles de esta distribución de temperaturas en los espacios verdes no delimitados:

Q1	17,97 °C
Q2	19,28 °C
Q3	22,55 °C



Gráfica 32: Frecuencias de temperaturas resultantes en espacios verdes no delimitados

- *Espacios cerrados: Manzanas 2 y 4*



Gráfica 33: Temperaturas resultantes en espacios verdes cerrados por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 33,06°C y la menor de 23,21°C.

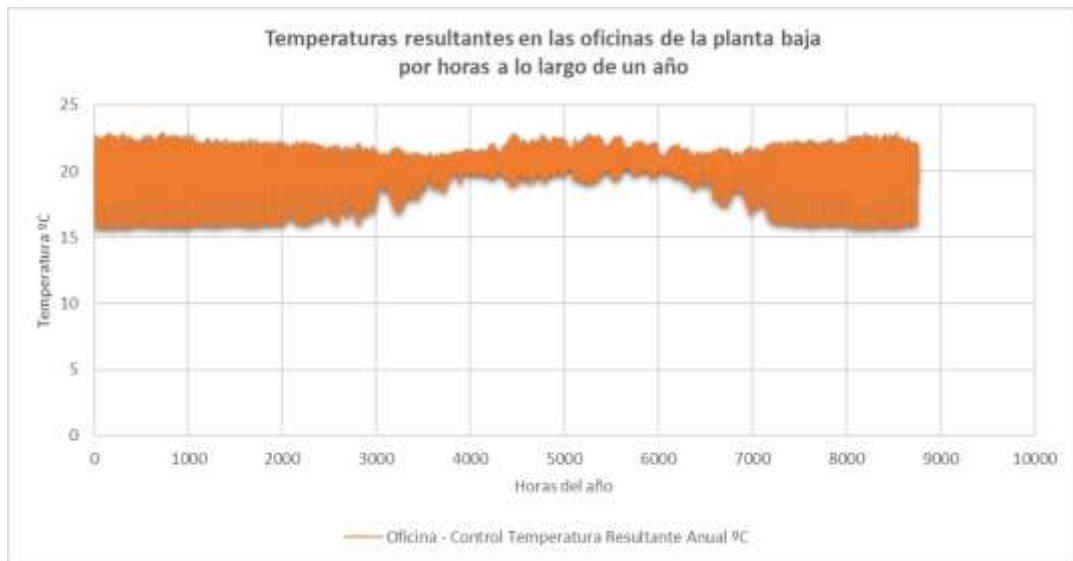
Cuartiles de esta distribución de temperaturas en los espacios cerrados, manzanas 2 y 4:

Q1	23,54 °C
Q2	24,14 °C
Q3	25,86 °C



Gráfica 34: Frecuencias de temperaturas resultantes en espacios verdes cerrados

- Oficina – puesto de control en la planta baja

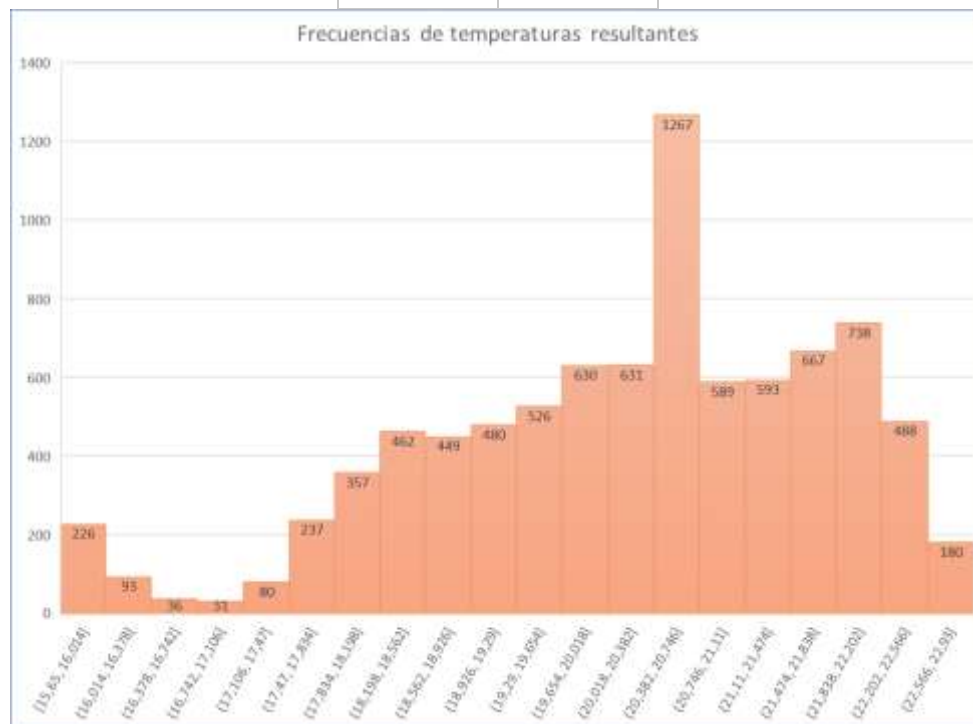


Gráfica 35: Temperaturas resultantes en la oficina- puesto de control en la planta baja por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 22,93°C y la menor de 15,65°C.

Cuartiles de esta distribución de temperaturas en la oficina – puesto de control:

Q1	19,11 °C
Q2	20,48 °C
Q3	21,4 °C



Gráfica 36: Frecuencias de temperaturas resultantes en la oficina- puesto de control en la planta baja

- Oficinas en el semisótano

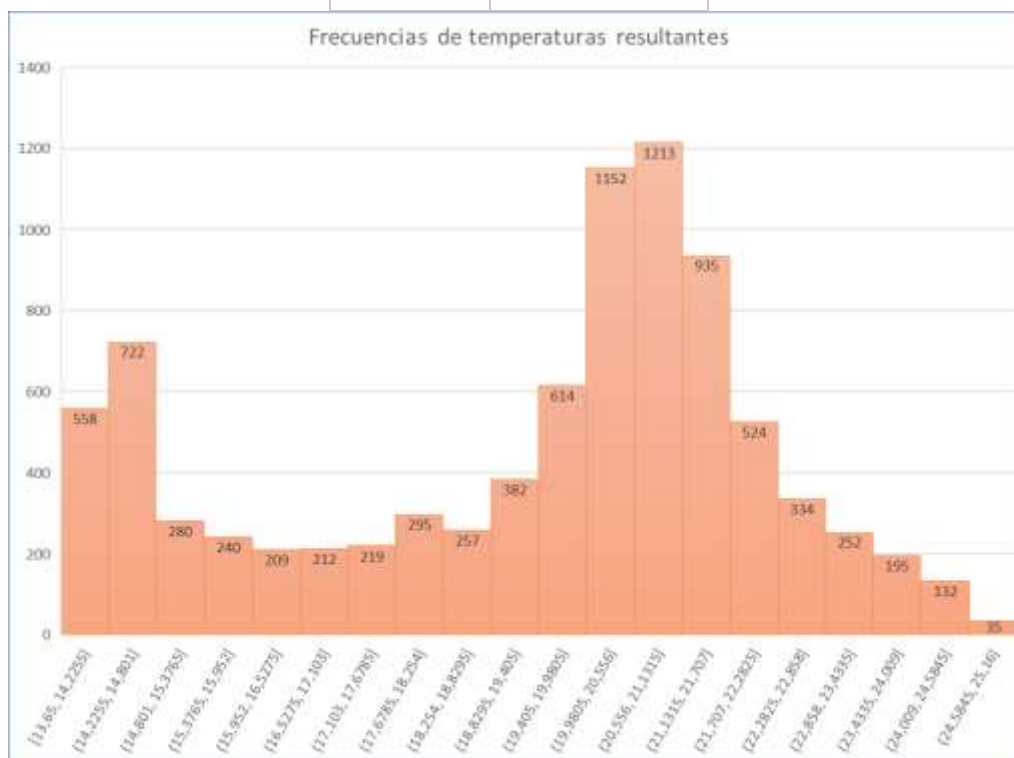


Gráfica 37: Temperaturas resultantes en las oficinas del semisótano por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 25,16°C y la menor de 13,65°C.

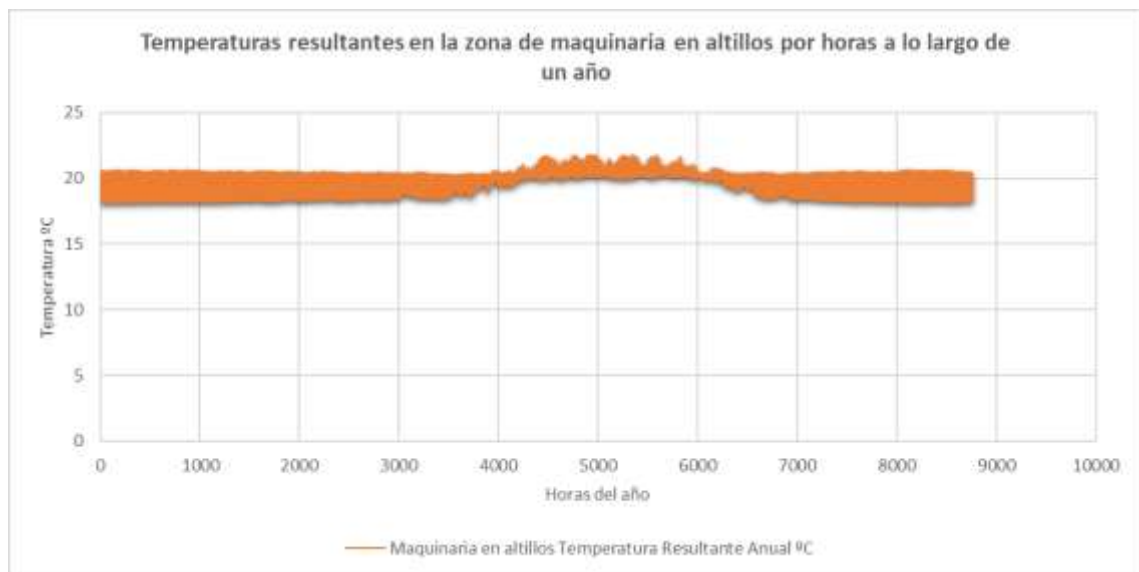
Cuartiles de esta distribución de temperaturas en las oficinas del semisótano:

Q1	17,0075 °C
Q2	20,22 °C
Q3	21,27 °C



Gráfica 38: Frecuencias de temperaturas resultantes en las oficinas del semisótano

- *Maquinaria en los altillos*

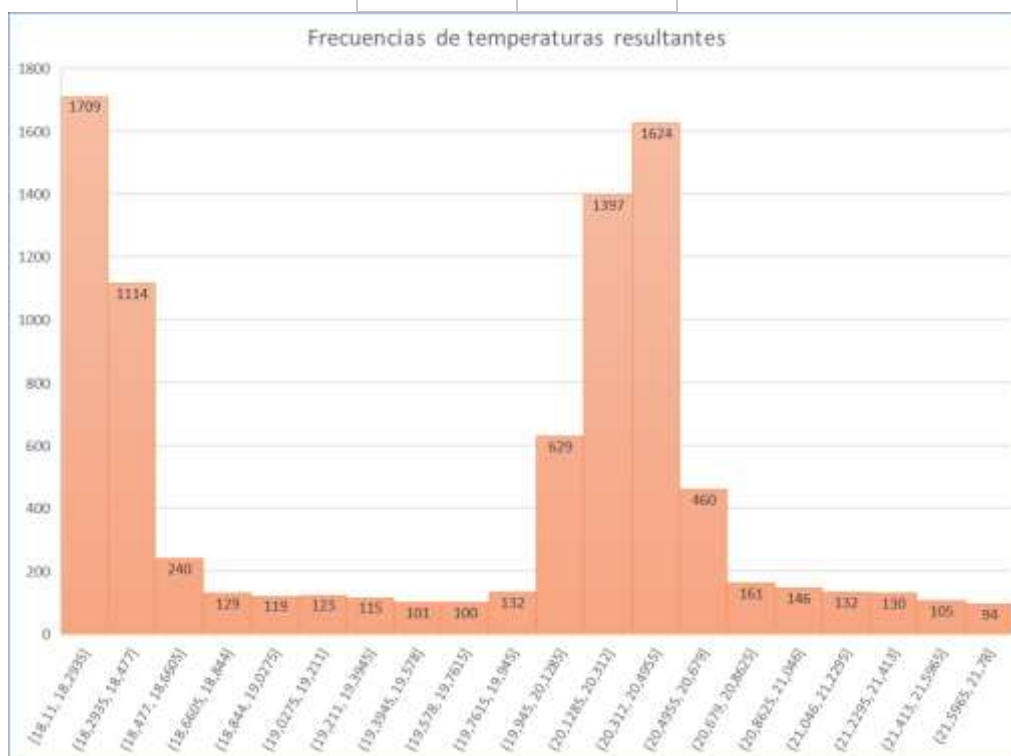


Gráfica 39: Temperaturas resultantes en la maquinaria de los altillos por horas a lo largo de un año

La temperatura máxima que alcanza es de 21,78°C y la menor de 18,11°C.

Cuartiles de esta distribución de temperaturas en la maquinaria de los altillos:

Q1	18,36 °C
Q2	20,105 °C
Q3	20,38 °C



Gráfica 40: Frecuencias de temperaturas resultantes en la maquinaria de los altillos

Conclusiones en Temperatura Resultante

- Almacenes

La temperatura de los almacenes se mantiene entre los 17°C y 21°C todo el año, en un rango de temperaturas relativamente constante. Con estas temperaturas, la conservación de elementos de mantenimiento vegetal, o de recursos propios de un jardín botánico es adecuada. Si se deseara ubicar un área para habilitar una cámara frigorífica, la mejor zona sería la zona indicada en la siguiente imagen, ya que es el espacio de almacenaje que se mantiene más fresco a lo largo del año.

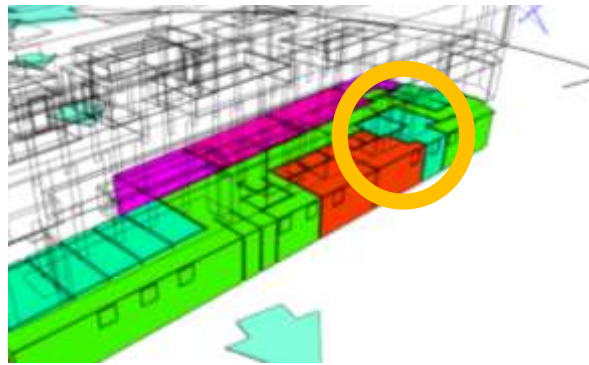


Imagen 34: Zona de almacenaje más fresca a lo largo del año

- Zona de circulación inferior - pasillo del semisótano

Presenta una desviación típica de 2,23°C lo cual es un valor excelente para la poca relevancia que presenta esta zona del edificio. Predomina un rango de temperaturas de entre 18,46°C a 21,47°C lo cual es aceptable.

- Zona de maquinaria semisótano – montacargas

Con un rango de temperaturas inferior al previo, de 17,92°C a 20,79°C y una desviación típica de 1,48°C; se considera que el funcionamiento de la maquinaria del montacargas no sufrirá problemas de temperatura, ya que se mantienen unos valores aceptables y relativamente constantes.

- Zona servicios semisótano

Esta zona presenta altas variaciones de temperatura a lo largo del año, manteniéndose entre un rango de los 10°C a 24°C. Esta variación se debe a que los servicios no son una zona que deba estar climatizada las 24 horas del día, por lo que en el conteo horario, las

horas de cierre se tienen en cuenta. Pese a esto, estas temperaturas caben dentro de lo esperable y se ajustan al cómo son los servicios no climatizados.

- *Zona laboratorio y oficinas semisótano*

Esta zona presenta el mismo problema que los servicios. En la simulación se ha impuesto una climatización solo en el horario de apertura. Es por ello que las temperaturas oscilan entre los 25°C de máxima (valor aceptable) y los 13°C de mínima (valor inaceptable para horas laborales pero asumible si son horas de cierre). Teniendo en cuenta que el termostato está forzado a trabajar entre los 24°C y 18°C, las oscilaciones de valores mínimos corresponden a valores nocturnos.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo recomienda una temperatura de 23°C a 27°C en verano y 17°C a 24°C en invierno, por lo que entraría según el termostato digital en unos valores seguros.

Por otro lado, el RITE, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, establece estos rangos entre 25°C a 23°C, y 23°C a 21°C respectivamente. (QUIRON, 2018)

Como se suele recomendar evitar el uso de la calefacción lo máximo posible para evitar la emisión indebida de contaminantes, se ha atendido al criterio del INSHT.

- *Zona cubierta EFTE y cubierta conservada*

A pesar de recorrer un amplio rango de temperaturas, generalizando de 30°C a 17°C, la mayor parte de las horas, la cubierta se encuentra en un rango de entre 17°C y 24°C, más que aceptable para la climatización del espacio botánico. Además, se debe tener en cuenta que se trata del área que absorbe más radiación solar de todo el edificio.

- *Espacios verdes no acotados – plantación y jardín vertical*

El rango de temperaturas en el que se mueven estas áreas es aceptable teniendo en cuenta la infiltración de las paredes y la pérdida calorífica que genera la apertura de las puertas de acceso.

Presentan un rango apto para el crecimiento de la plantación.

- *Espacios verdes cerrados – manzanas 2 y 4*

Cumplen el requisito impuesto por el termostato digital. Además la mayor parte de las horas se opera en el rango de 23°C a 25°C; siendo hasta los 33°C una subida puntual esperable, ya que se espera de estas estancias ese comportamiento.

- *Hidropónico*

Este recinto es el punto más caliente de todo el recinto interior, a pesar de operar la mayor parte del tiempo en 23°C. Debido a las condiciones internas de la plantación, es bastante complicado aislar esta zona con la cantidad de infiltración que tiene, y mantener un rango de temperaturas muy alto. Para conseguir aumentar la temperatura, habría que emplear un material transparente para los muros de este espacio que tuviera menor transmitancia calorífica.

- *Áreas de circulación de aire en los altillos*

Se ajustan correctamente a los requisitos y se mantienen en un rango de temperaturas apto para el crecimiento de una plantación.

- *Oficina – puesto de control en la planta baja*

Se mueve en el rango de 19°C y 21°C, por lo que es adecuado según el criterio de INSHT. Al no ser un área climatizada las 24 horas, puesto que está operativa solo en las horas de apertura, presenta valores atípicos de 15°C por ejemplo, que se dan solo en horas nocturnas.

- *Maquinaria en los altillos*

Con un valor máximo de 21,78°C y un mínimo de 18,11°C se encuentra en un rango de funcionamiento aceptable de la maquinaria.

En conclusión todas las áreas presentan un desempeño aceptable o excelente, adaptándose a los requerimientos impuestos y favoreciendo el crecimiento óptimo de vegetación.

Humedad

Respecto a la humedad se procede a estudiar el comportamiento de las áreas que están aclimatadas en el HVAC 2, es decir, aquellas que van a estar en contacto directo con la plantación. En un principio se asumió que la variación de humedad en las áreas del semisótano (HVAC 1) debido a su soterramiento y a que tiene una capa de 1 metro de distancia vertical con respecto a la planta baja no se veía afectada por las condiciones de las plantas superiores, pero presenta grandes cambios a lo largo del año, inasumibles teniendo en cuenta que el rango de trabajo estipulado para poder trabajar en buenas condiciones está enmarcado entre un 30% y 70% de humedad, siendo un 50% el máximo recomendado. Es por ello que en la Tabla 6 se fuerzan las condiciones de los espacios del semisótano.

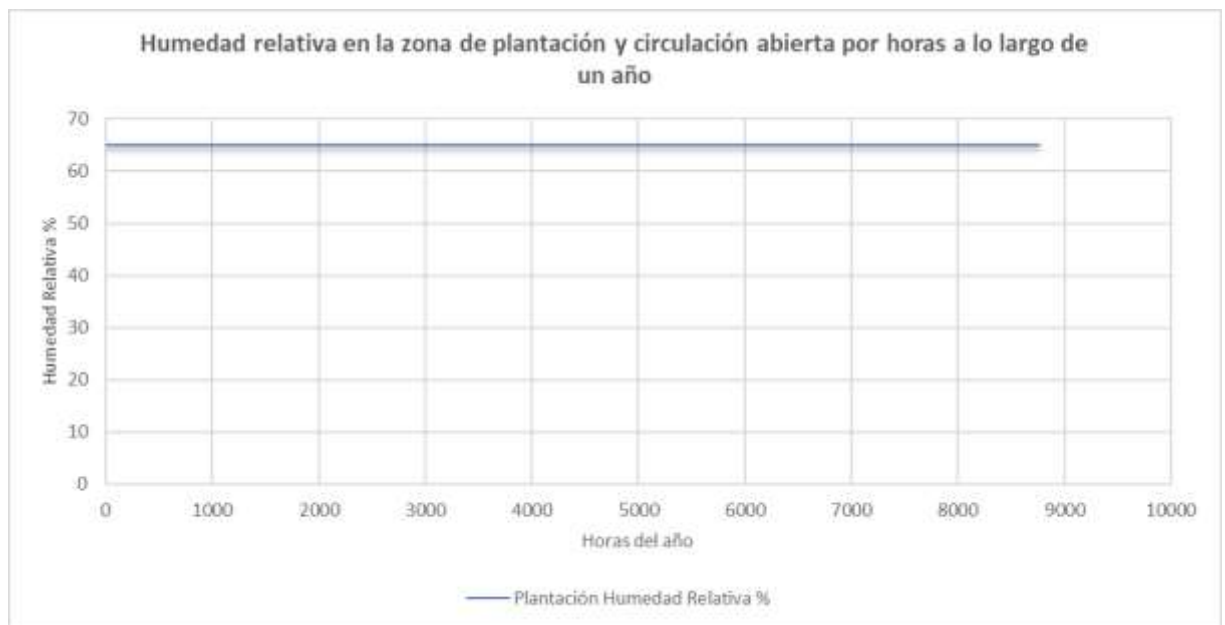
Respecto al HVAC 2:

- *Áreas de circulación de aire en los altillos*



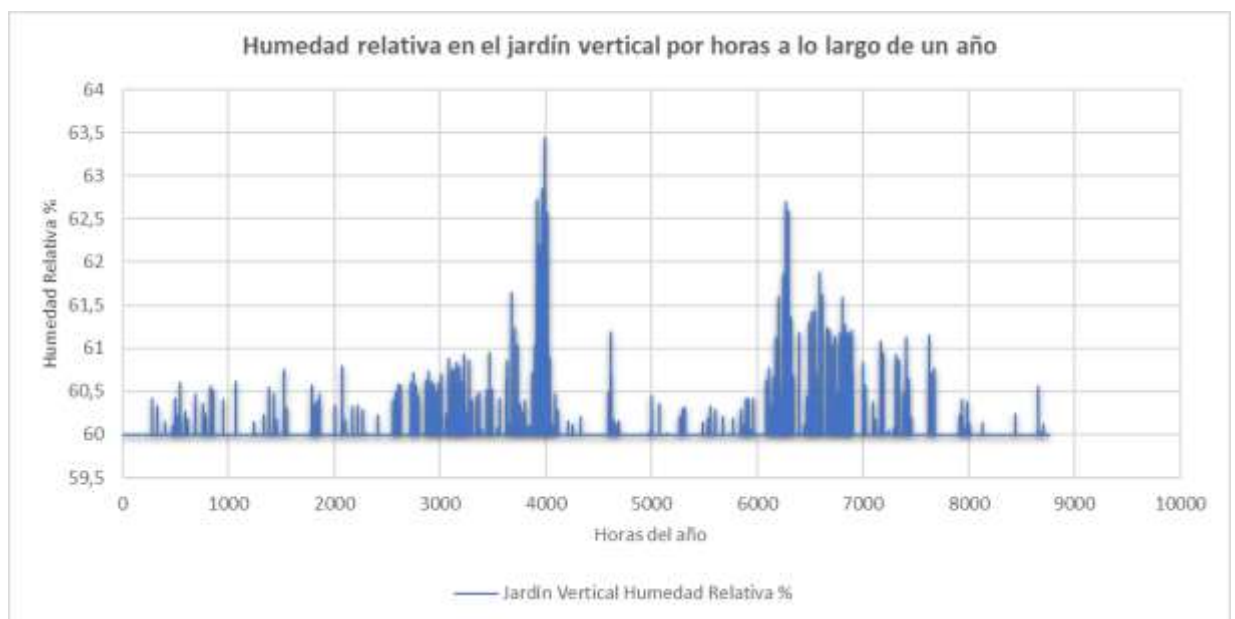
Gráfica 41: Humedad relativa en la zona de circulación de los altillos por horas a lo largo de un año

- *Espacios verdes no delimitados*



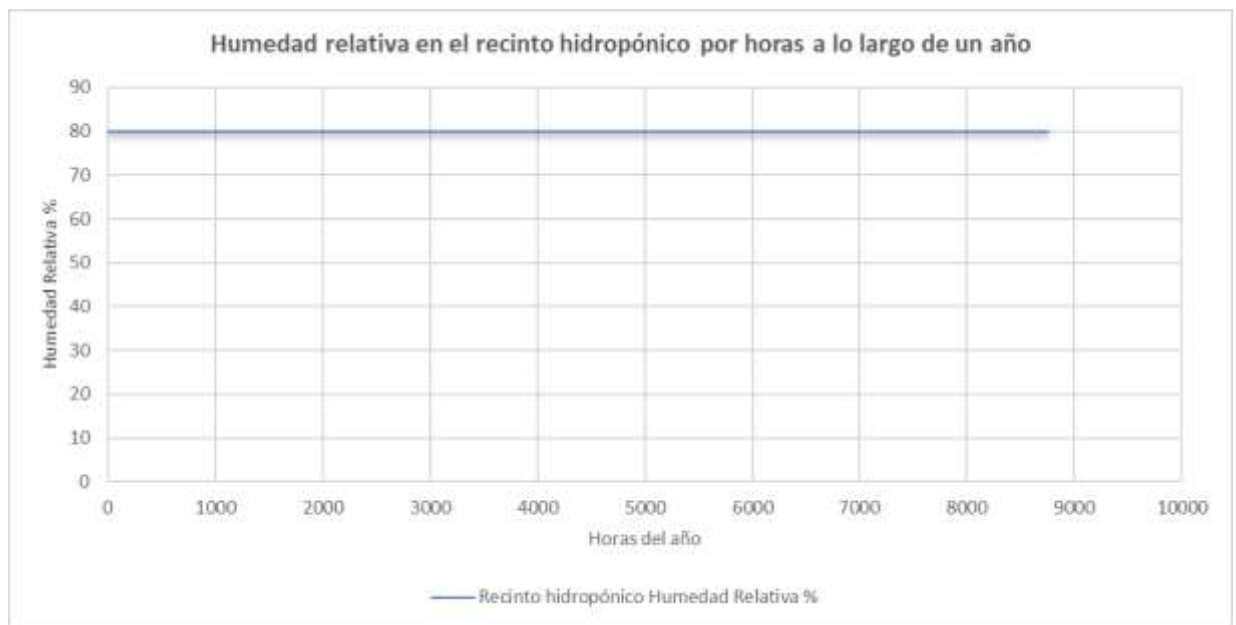
Gráfica 42: Humedad relativa en la zona de espacios verdes no delimitados por horas a lo largo de un año

- *Jardín vertical*



Gráfica 43: Humedad relativa en el jardín vertical por horas a lo largo de un año

- *Hidropónico*



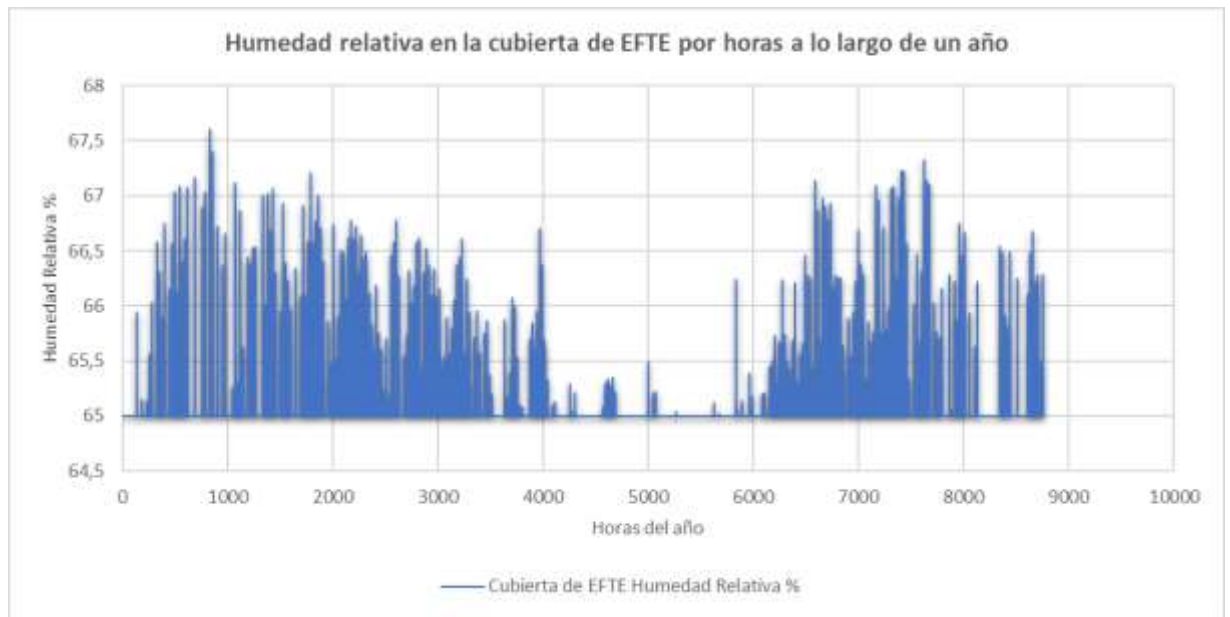
Gráfica 44: Humedad relativa en el recinto hidropónico por horas a lo largo de un año

- *Cubierta*



Gráfica 45: Humedad relativa en la cubierta conservada por horas a lo largo de un año

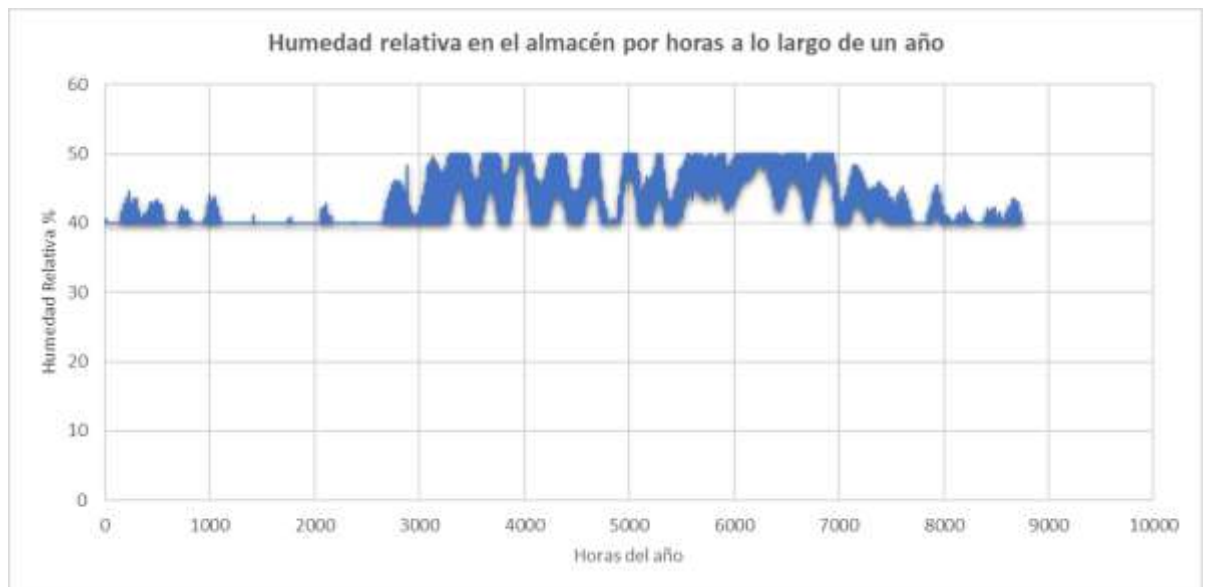
- *Cubierta de EFTE*



Gráfica 46: Humedad relativa en la cubierta de EFTE por horas a lo largo de un año

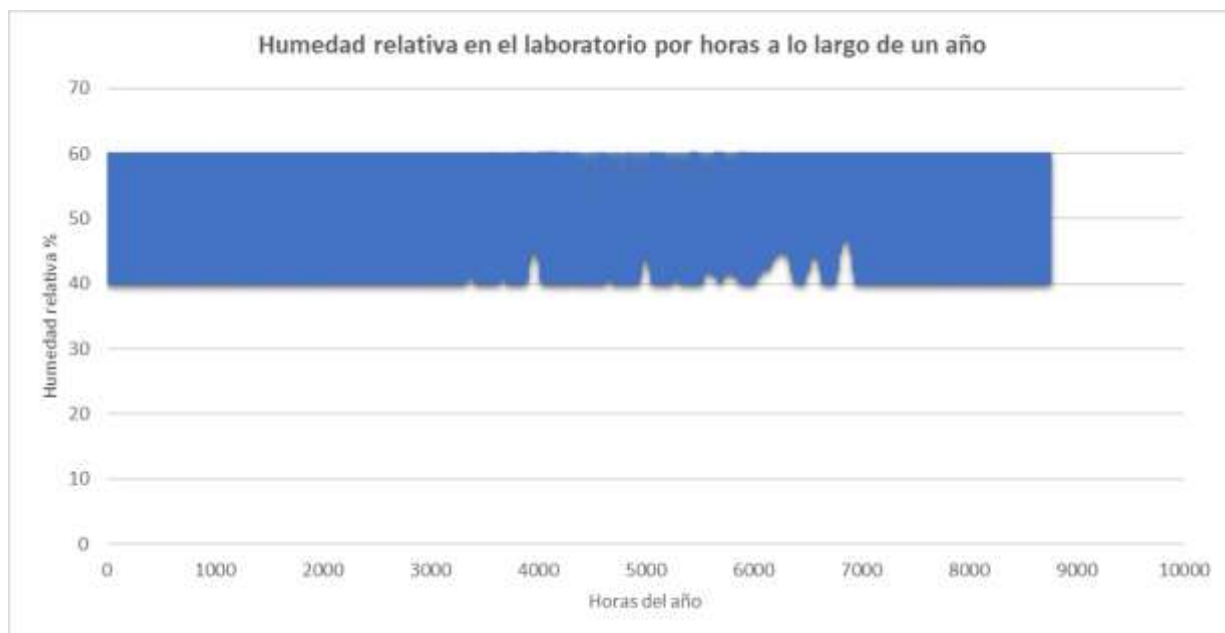
Las siguientes gráficas ilustran algunos de los comportamientos de la zona del semisótano con las condiciones de humedad forzada. Estas gráficas no proceden al estudio botánico. Se muestran por su carácter singular:

- *Almacenes*



Gráfica 47: Humedad relativa en los almacenes por horas a lo largo de un año

- *Laboratorios*



Gráfica 48: Humedad relativa en los laboratorios por horas a lo largo de un año

Tabla de humedad relativa (%) máxima por zonas a lo largo del año.

Nombre de zona	Máximo	Día	Hora
ALMACENES	50,00	179	6
SERVICIOS	70,00	311	9
MAQUINARIA	50,00	281	21
MONTACARGAS	50,00	143	23
OFICINA	60,00	50	1
OFICINA – CONTROL PLANTA BAJA	60,00	2	24
PASILLO ABAJO	60,00	15	24
LABORATORIO	60,00	26	22
ESPACIOS CERRADOS	70,00	176	23
HIDROPONICO	80,00	96	13
CUBIERTA	65,62	167	4
CIRCULACION ALTILLOS	65,06	167	4
CUBIERTA EFTE	67,58	35	14
ESPACIOS VERDES NO DELIMITADOS	65,00	167	5
JARDÍN VERTICAL	63,31	167	5

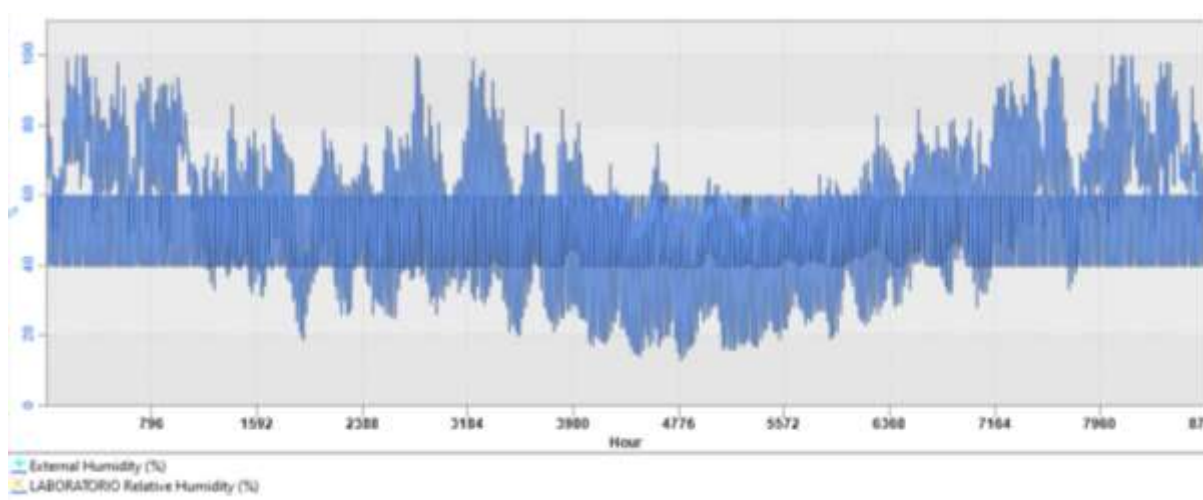
Tabla 8: Humedad relativa máxima anual por zonas

Conclusiones en Humedad

Respecto a la evolución de la humedad, de forma anual las áreas de la HVAC 2 se comportan de forma esperada y se mantienen en los límites establecidos en la Tabla 6. Las zonas de plantación tienen un rango superior al 60% de humedad en muchos casos, lo cual es idóneo para favorecer el crecimiento natural del jardín botánico.

Las zonas del semisótano oscilan entre en 40% y un 60% de humedad relativa, y no precisan de un control tan severo como en las zonas del HVAC 2. Esta imposición está realizada para cumplir los estándares del INSHT y el RITE. En comparación con la humedad relativa exterior, estas zonas están altamente forzadas, generalmente esto no es de aplicación necesaria, pero es preferible cumplir la normativa.

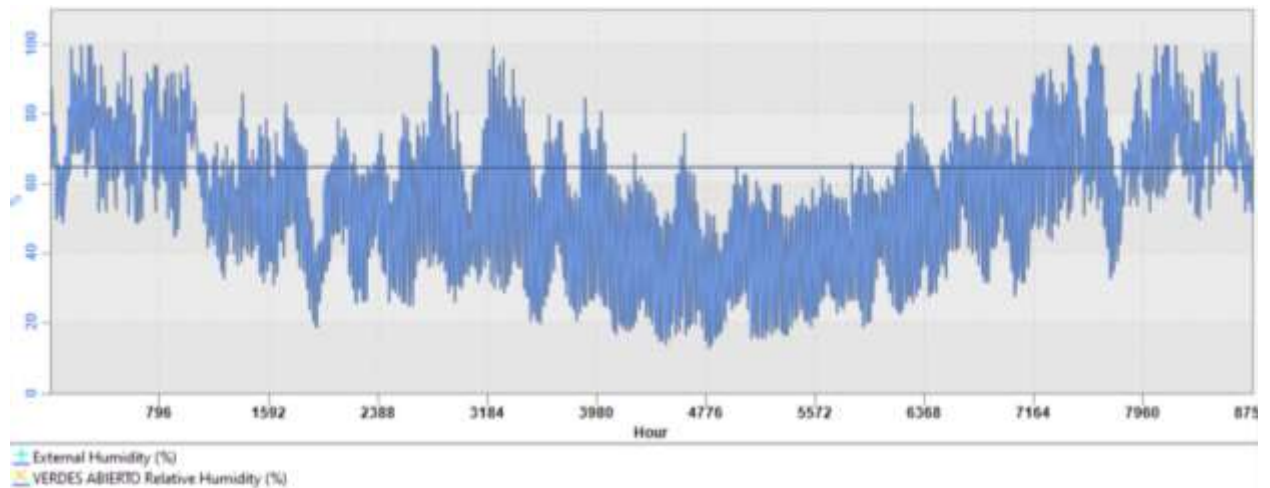
En la siguiente gráfica se puede observar la diferencia de humedad exterior respecto a cómo se mantiene en el rango en el interior del laboratorio/ oficinas (tienen las mismas condiciones internas).



Gráfica 49: Comparación anual de la humedad relativa exterior con la del laboratorio semisótano

En la Tabla 8 se observa cómo hay zonas que llegan a humedades relativamente altas, como los servicios o los espacios cerrados: manzanas 2 y 4. Esto se debe a que los servicios son un área de poca exigencias, ya que no tienen necesidades especiales. Respecto a los espacios cerrados, la humedad alta es un requerimiento necesario para tener una zona de alta humedad y alta temperatura.

El espacio de mayor importancia es el espacio verde no acotado, es decir, donde se centra la mayor parte de plantación. En comparación a la humedad relativa exterior, se mantiene en un valor constante del 65%. Ello implica el uso de una alta potencia calorífica para conseguir mantener estos valores.



Gráfica 50: Comparación anual de la humedad relativa exterior con la de los espacios verdes no delimitados - plantación

Muchos de las zonas a estudiar presentan una humedad relativa constante, como en el caso anterior, la cubierta, o el espacio hidropónico. En el espacio hidropónico, al ser un espacio cerrado, puede mantener el máximo las 24 horas. En cambio, en los otros dos espacios, debido a las infiltraciones y a que son mucho más susceptibles a los cambios externos, no consiguen superar el valor mínimo fijado por el termostato. En cualquier caso, si se precisase una variación de humedad ejecutada por vía manual, una variación del $\pm 5\%$ relativo sería suficiente para ser significativo para la plantación, siendo además despreciable para el resto de zonas.

7.3.5 Resultados gráficos de la simulación: Calor y consumo

Como tal, el programa no proporciona el calor interzonal transferido, si no la potencia interzonal transferida. Es decir, los resultados se expresan en potencia calorífica.

Entre todos los parámetros de potencia calorífica, los dos más reseñables son las cargas sensibles, y las cargas máximas de calentamiento y enfriamiento (*Peak Heating and Cooling Loads*).

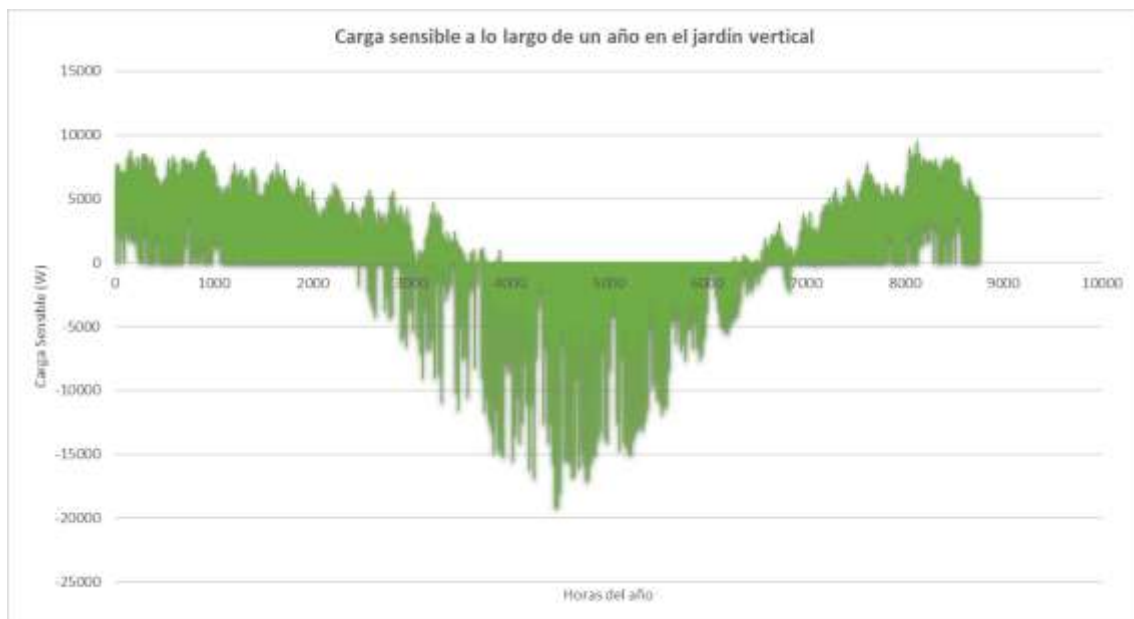
Una carga sensible es la potencia total entrante en un edificio, contando con la parte radiante y convectiva. En este programa, si es positiva, representa una carga de calentamiento, si es negativa, representa una carga de enfriamiento. No tiene en cuenta los cambios de humedad, pues estos cambios de estado pertenecen a la carga latente.

Las cargas máximas de calentamiento y enfriamiento son básicamente la demanda total de calefacción y refrigeración de la zona a estudiar.

Carga sensible

Para la carga sensible solo se estudiarán las zonas del HVAC 2, es decir que se obviará el semisótano debido al soterramiento.

- Jardín vertical



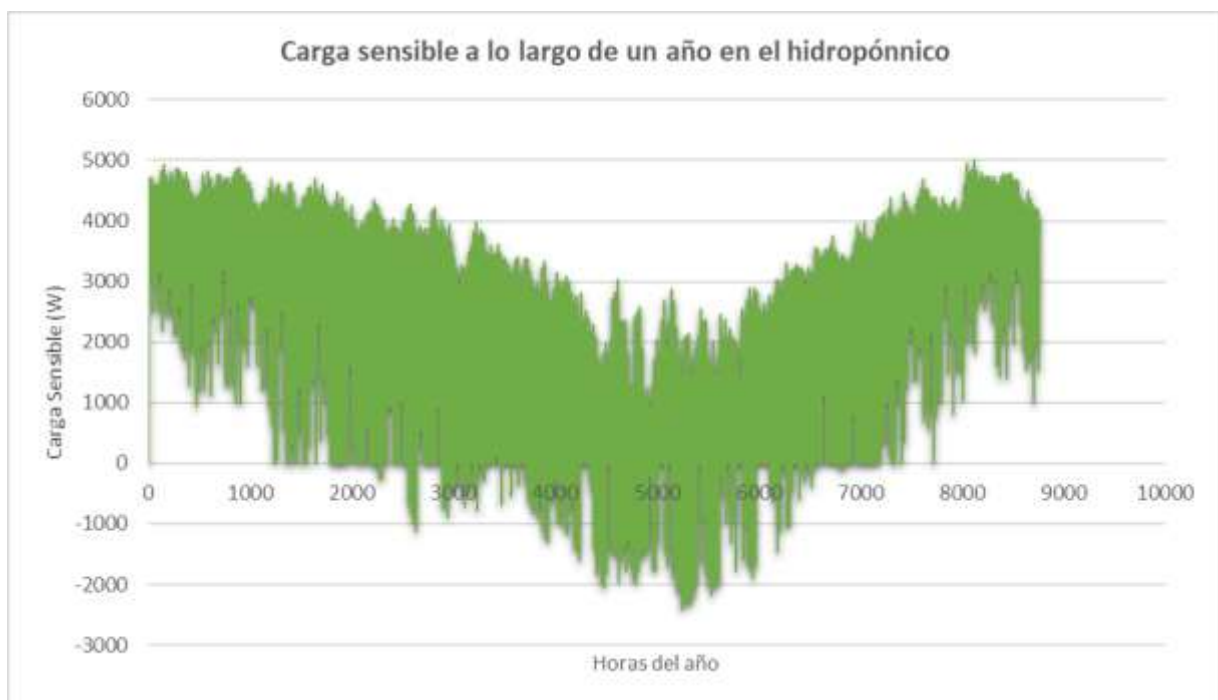
Gráfica 51: Carga sensible en el jardín vertical

- *Espacios verdes no delimitados*



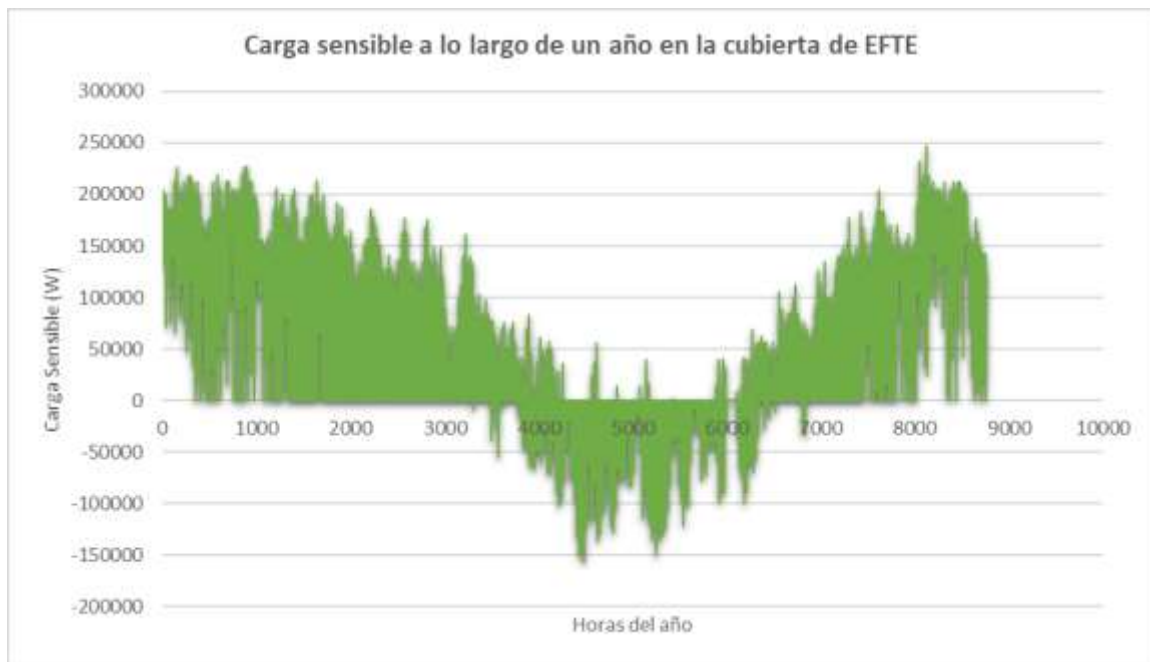
Gráfica 52: Carga sensible en los espacios verdes no acotados

- *Hidropónico*



Gráfica 53: Carga sensible en el recinto hidropónico

- *Cubierta de EFTE*



Gráfica 54: Carga sensible en la cubierta de EFTE

- *Cubierta*



Gráfica 55: Carga sensible en la cubierta conservada

- *Áreas de circulación de aire en los altillos*



Gráfica 56: Carga sensible en las áreas de circulación de aire en los altillos

Cargas máximas de calentamiento y enfriamiento

- *Carga máxima de calentamiento*

#	Zona	Carga máxima de calentamiento kW	Carga máxima por ud. de área W/m ²	Día	Hora	Temperatura del aire seco °C	Temperatura resultante °C
1	ALMACENES	3,23	41,57	339	9	18,00	17,84
2	SERVICIOS	10,17	110,55	7	11	18,00	15,70
3	MAQUINARIA	5,88	14,52	339	9	18,00	18,16
4	MONTACARGAS	1,09	56,35	339	9	18,00	17,45
5	OFICINA	6,08	62,37	339	9	15,00	13,75
6	OFICINA – CONTROL PLANTA BAJA	0,56	31,51	339	10	15,00	15,70
7	PASILLO ABAJO	6,79	52,66	339	9	15,00	14,81
8	LABORATORIO	2,82	72,54	339	9	15,00	13,47
9	ESPACIOS CERRADOS	5,75	54,80	1	11	25,00	23,63
10	HIDROPONICO	5,01	96,91	339	8	26,00	23,90
11	CUBIERTA	58,62	104,70	339	8	18,00	17,20
12	CIRCULACION ALTILLOS	45,88	65,18	339	9	18,00	17,27
13	CUBIERTA EFTE	246,42	389,47	339	9	18,00	16,08
14	ESPACIOS VERDES NO DELIMITADOS	128,66	144,86	339	9	18,00	17,81
15	JARDÍN VERTICAL	9,46	116,05	339	9	18,00	17,94

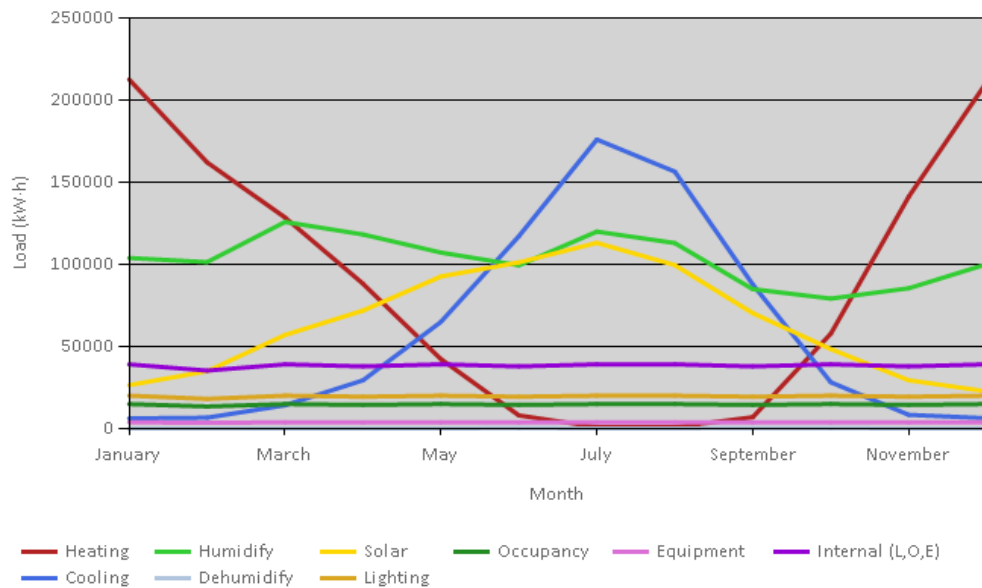
Tabla 9: Cargas máximas de calentamiento

- Carga máxima de enfriamiento

#	Zona	Carga máxima de calentamiento kW	Carga máxima por ud. de área W/m ²	Día	Hora	Temperatura del aire seco °C	Temperatura resultante °C
1	ALMACENES	5,97	76,76	219	16	22,00	19,96
2	SERVICIOS	6,24	67,83	187	16	24,00	22,64
3	MAQUINARIA	28,10	69,42	187	16	22,00	19,88
4	MONTACARGAS	1,74	90,12	187	16	22,00	19,91
5	OFICINA	19,48	199,82	187	16	22,00	18,79
6	OFICINA – CONTROL PLANTA BAJA	3,29	184,37	187	16	22,00	18,90
7	PASILLO ABAJO	23,70	183,80	187	16	22,00	18,93
8	LABORATORIO	8,22	211,43	187	17	22,00	19,01
9	ESPACIOS CERRADOS	4,03	38,45	219	14	30,00	32,81
10	HIDROPONICO	2,42	46,71	219	14	30,00	33,06
11	CUBIERTA	122,12	218,10	284	14	24,00	27,53
12	CIRCULACION ALTILLOS	168,22	239,00	219	14	24,00	20,42
13	CUBIERTA EFTE	157,05	248,22	187	16	24,00	27,55
14	ESPACIOS VERDES NO DELIMITADOS	399,06	449,29	187	14	24,00	20,19
15	JARDÍN VERTICAL	18,98	232,95	187	18	24,00	21,36

Tabla 10: Carga máxima de enfriamiento

Consumo mes a mes



Gráfica 57: Consumo mes a mes

Consumo anual

Load (kW·h)								
Zona	Calefacción	Enfriamiento	Humedad	Secado	Luz solar	Luz artificial	Ocupación	Maquinaria
ALMACENES	4550,5	7451,1	1021,1	112,7	18,7	3408,6	2840,5	5680,9
ESPACIOS CERRADOS	19581,7	886,4	10527,3	3,0	17972,0	4402,2	1531,2	0,0
CIRCULACION ALTILLOS	79344,5	131604,3	179013,7	0,0	140694,4	29543,1	25689,6	0,0
PASILLO ABAJO	1301,8	40998,4	2538,4	343,4	131,2	7061,1	42366,8	4707,4
CUBIERTA	102182,3	101076,2	304030,8	0,0	211335,2	56407,9	0,0	0,0
CUBIERTA EFTE	576512,5	48791,6	185277,3	0,0	63610,9	63739,5	0,0	0,0
HIDROPONICO	20042,1	562,0	22844,5	0,0	9849,6	1887,5	1887,5	0,0
LABORATORIO	1162,7	11623,4	722,4	114,6	27,9	2128,2	12769,2	1418,8
MONTACARGAS	1646,9	1887,8	233,2	32,3	27,9	844,0	703,3	1406,6
MAQUINARIA	7793,1	61579,0	1254,6	1366,1	141,4	17728,7	14773,9	29547,8
OFICINA	1898,4	31178,7	1927,9	280,6	19,2	5336,8	32020,7	3557,9
OFICINA – CONTROL PLANTA BAJA	67,4	6021,6	353,9	39,7	0,0	975,5	5853,0	650,3
SERVICIOS	6314,3	2419,3	24,1	0,0	143,8	4030,5	1679,4	0,0
ESPACIOS VERDES NO DELIMITADOS	224037,2	252349,9	491683,8	0,0	315724,4	37281,8	32419,0	0,0
JARDÍN VERTICAL	16656,6	5894,6	40040,7	0,0	10384,9	3420,0	2973,9	0,0
Total:	1063092	704324	1241494	2292	770082	238195	177508	46970

Tabla 11: Consumo anual por zonas

Conclusiones en calor y consumo

Esperablemente las áreas del HVAC 2 son las que tienen más demanda energética a lo largo del año.

Tanto el espacio hidropónico como la zona de cubiertas tienen mayor demanda que el resto de zonas, esto se debe a las exigentes condiciones de operación de la zona hidropónica y del contacto directo con la radiación solar y los cambios ambientales externos que experimenta la cubierta. Es más acusado en la cubierta de EFTE.

El único dato que es acusadamente ineficiente es el del calentamiento de los espacios verdes no delimitados, así como el enfriamiento de la cubierta de EFTE. Estos datos están zonificados, es decir, que realmente pertenecen al mismo espacio abierto, al mismo equipo de climatización. El salto térmico entre el exterior y el interior del jardín botánico es notable a lo largo del año, por ello el alto valor de la potencia sensible.

Respecto a la distribución del consumo, el sistema de humidificación del aire es el que más potencia consume a lo largo del año.

No se trata de un complejo eficiente energéticamente hablando, debido al alto consumo que tiene. Sería mejorable con la instalación de placas solares (que es imposible dado el carácter singular del edificio), y mejorando los cerramientos del edificio. Cabe recordar que estos resultados parten de una elección de materiales constructivos que no se ajustan a los reales, y que quizás por ello, la demanda calorífica sea mayor. También es importante recordar que los espacios verdes están climatizados las 24 horas, y ello implica un gasto energético importante.

En conclusión, aunque exista un alto consumo, son valores esperables para un recinto de estas dimensiones y este propósito.

7.4 Propuesta de maquinaria

Respecto a la maquinaria utilizada para poder climatizar todo el espacio botánico, se ha optado por un sistema HVAC de tipo VRF (*variable refrigerant flow*, flujo refrigerante variable). Debido a que para sistemas cerrados como es este, en el cual se tiene un control completo de las condiciones internas, los dos mejores sistemas de climatización son VRF y VAV (*variable air volume*, volumen de aire variable). Entre estos dos, se ha elegido el VRF debido a que el VAV puede degenerar en la deshumidificación del entorno.

Los sistemas VRF usan refrigerante tanto para el sistema de calefacción como para el sistema de aire acondicionado / refrigeración. Al ser un sistema de gran escala, está ideado para grandes volúmenes a climatizar, como centros comerciales, estadios, o cultivos. Con los nuevos adelantos en tuberías y canalización, se está adaptando más al ámbito residencial.

Además, los sistemas VRF permiten la personalización de varias condiciones climáticas en el mismo sistema. Esto implica que con un mismo equipo, se puede emplear un rango de condiciones distinto es diferentes áreas de un mismo edificio. Son sistemas altamente eficientes.

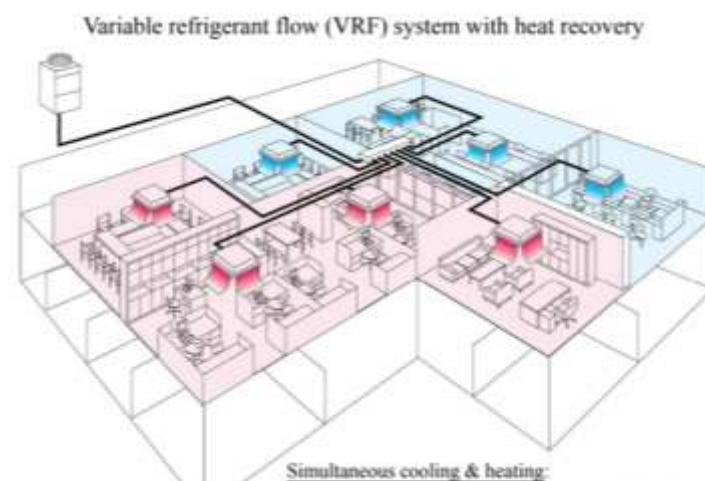


Imagen 35: Sistema VRF en una planta. (Hui, 2017)

El funcionamiento de los sistemas VRF es relativamente complejo. Utilizan bombas de calor para proporcionar refrigeración y calefacción sin la necesidad de emplear conductos de aire. La unidad exterior del sistema está formada por compresores con ventiladores de velocidad variable. Cuando una unidad interior, cada una de las zonas a climatizar, necesita un aporte de calor, la unidad exterior se encarga de entregar la cantidad de líquido

refrigerante a cada una de las unidades interiores. Este refrigerante fluye a través de una serie de tuberías de evaporación.

La ventaja de este sistema es que se evita el uso de bombas y calentadores de agua, lo cual simplifica la instalación y puesta a punto.

Los elementos principales de un sistema HVAC de flujo refrigerante variable son:

- Una unidad exterior con uno o más compresores de diferente velocidad.
- Un sistema de tuberías para el refrigerante.
- Una fuente de aire exterior y agua.
- Un sistema de control automatizado.
- Varias unidades interiores con un dispositivo de movimiento de aire.

En estas últimas se encuentran los dispositivos de pared, de techo tipo cassette, de techo mediante conductos, o sistemas ocultos de suelo.

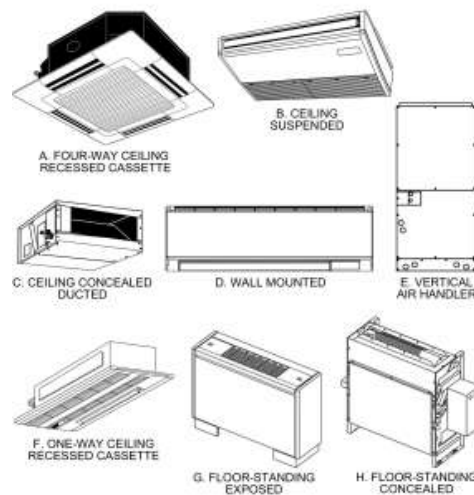


Imagen 36: Tipos de unidades interiores (ASHRAE Handbook P.316, 2016)

En el documento *ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment* se especifican todas las características que un sistema VRF debe tener.

EDSL TAS dispone de la herramienta *Systems* con la que se puede modelar un sistema HVAC de flujo refrigerante variable con ventilación natural o mecánica.

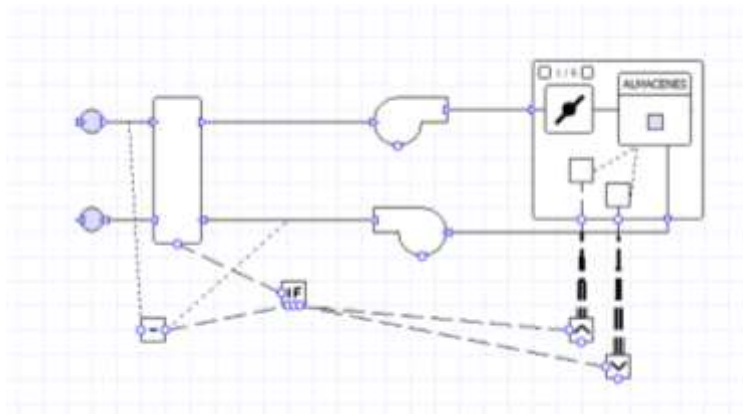


Imagen 37: Modelo en Systems del sistema VFR para los almacenes

El modelado en este programa no aplica a este desarrollo y se podría contemplar en un futuro proyecto. *Systems* es un programa que no solo proporciona la distribución y elección de la maquinaria, también su dimensionamiento.

La localización del equipo de climatización se encontraría tanto en la zona de maquinaria de la entreplanta – altillos; como en uno de los muchos espacios de almacenaje del semisótano.

Además de este sistema, también se contaría con un sistema de humidificación y ventilación mecánica.

Control y supervisión domótica

Para la actividad proyectada es necesaria la instalación de un sistema de control y supervisión domótica para el local. Será oportuno instalar una central de control que gestione automáticamente los distintos sensores, controles, relés... con el fin de que el local conserve las condiciones óptimas para su uso y seguridad.

Entre otros sería necesario un módulo de supervisión integral con módulo telefónico con transceptor, kit de instalación, cable bus, tubo PVC, cajas de paso y registro, baterías, sirena interior, detectores de presencia en estancias y particiones, y sondas de agua en zonificaciones. Además de sensores de temperatura ambiental en zonas, sensores de regulación de humedad ambiente, detectores de humos, activación de válvulas de corte de agua, relés de corte: marcha/paro para maquinaria climatización y ventilación.

Toda esta instalación de control será objeto de otro estudio aparte.

7.5 Estructura

La estructura del mercado de San Miguel está formada por columnas de hierro fundido, que principalmente soportan la cubierta, y además delimitan el espacio interior. La planificación del espacio es propia del siglo XIX, cuando surgió el auge de construcción de mercados en el casco histórico de Madrid como método de saneamiento e higiene de los espacios públicos.

Este tipo de construcciones tenía varias características reseñables, entre ellas, el uso de materiales ferro vítreos, y una planta bastante sencilla que propiciase la afluencia continua y ordenada de los visitantes. Además se organizaba la nave en vanos, los cuales facilitaban la iluminación y ventilación del espacio. El soporte de la cubierta estaba conformado por cerchas triangulares, en este caso de varias alturas para generar así las superficies inclinadas que caracterizan la cubierta.

Lo más importante del estudio de la estructura como tal, son las columnas de hierro fundido, que en la época se realizaban de forma personalizada y por encargo a través de un catálogo. No existía una serie de modelos establecidos como hoy en día sujetos a normativa. Es por ello que se daban dos tipos de columnas: fundidas en una pieza única, o ensamblando distintas partes para conseguir el capitel, fuste y basa deseados.

Debido a su antigüedad, los perfiles estructurales empleados en las columnas de esta construcción se encuentran fuera de la norma. Respecto a la entreplanta – altillos, en la reforma de 2008 se hizo una intervención con acero laminado o tubo de acero estructural, respetando los elementos originales. Es por ello que los datos geométricos del fuste de las columnas están obtenidos mediante el plano original del mercado, tomando las medidas correspondientes en el plano de secciones y plantas.

Mediante una inspección visual se observa que el mercado cuenta con dos tipos de columnas, cada una de geometría y localización diferente. Una es de sección circular y se localiza en el perímetro exterior del edificio, la otra es de sección cuadrada y se localiza en la parte interior del edificio.



Imagen 38: Columnas de sección cuadrada *Imagen 39: Columnas de sección circular*
(El Mercado De San Miguel - Picture Gallery 7, 2007) *(EL MODERNISMO EN MADRID, 2016)*

	Columnas exteriores	Columnas interiores
Longitud	5, 89 m	5,89 m
Sección	Circular hueca	Cuadrada hueca
Perímetro	471,23 mm	600 mm
Espesor	25 mm	25 mm
Lado	-	150 mm
Diámetro	150 mm	-

Tabla 12: Columnas del mercado de San Miguel

Para proseguir con el estudio, se debe poner en conocimiento que el dato de que las columnas son huecas se ha obtenido de dos fuentes distintas.

En primer lugar, del arquitecto técnico jefe de la reforma de 2008 del Mercado de San Miguel se puede observar que cada uno de los pilares es hueco. (Page, n.d.). En los documentos aportados por el AGDU, los cuales han servido como base inicial para la elaboración de este proyecto, también se observa el mismo detalle.

Además, se sabe que en los proyectos de urbanismo, los fustes elaborados por fundición solían ser de sección anular. Gracias a las investigaciones realizadas para la elaboración del documento *Antiguos entramados de fundición* se sabe que: “Los de diámetro inferior a 10 cm solían ser macizos. Por dificultades de fabricación, y por razones técnicas, económicas y de puesta en obra, a partir de ese diámetro se fundían huecos.

a) El desigual enfriamiento superficial e interior fomentaba la aparición de grietas y rechupes.

b) El pandeo y la uniformidad de tensiones se traducían en que, a igualdad de material, los huecos proporcionaban una resistencia cuatro veces mayor que los macizos.

c) Los huecos necesitaban menos material y por consiguiente son más económicos.

d) El peso de los macizos dificultaba la puesta en obra con los medios disponibles.”

(Lozano Apolo & Lozano Martínez-Luengas, 1996)

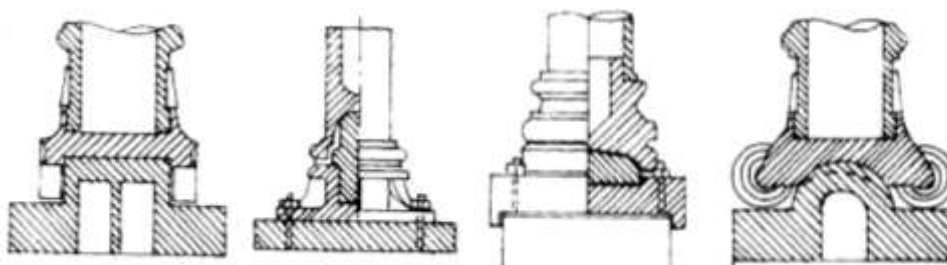
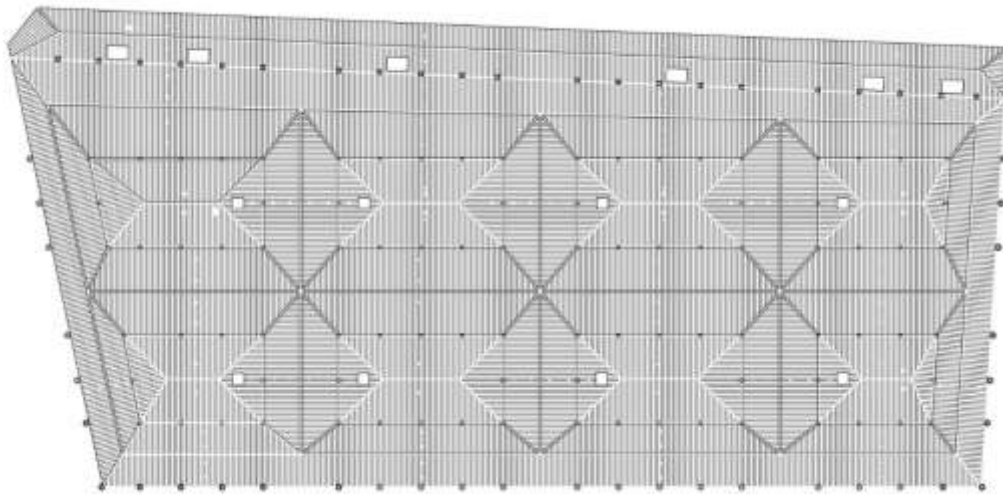


Imagen 40: Ilustración de basas y fustes de hierro forjado. (Lozano Apolo & Lozano Martínez-Luengas, 1996)

En la Imagen 40 se puede observar cómo estos elementos eran huecos.

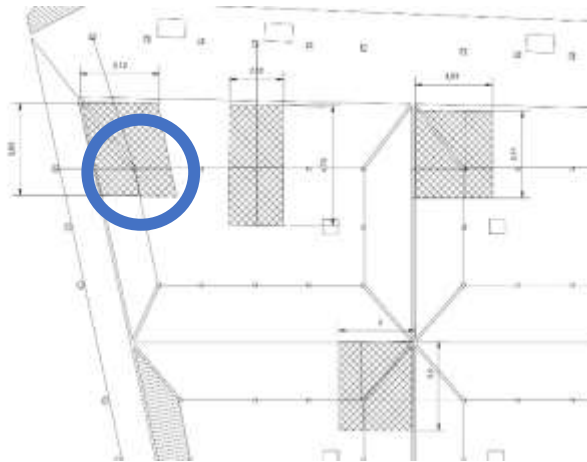
Para comenzar los estudios, se necesitará elegir qué columna es la que más carga soporta. Tanto en el planteamiento actual, como en el reformado, la zona de entreplantas permanece inalterada con pocos, o leves cambios en su carga máxima, y respecto a la cubierta, esta sí sufre grandes alteraciones por el cambio de la original a EFTE.



Plano 28: Superposición de las columnas con la cubierta.

En la elección de la columna para comprobar la sollicitación de la estructura, se ha elegido una columna de sección cuadrada, ya que estas son las que más carga soportan (si se asume que la carga de la cubierta en el proyecto actual está distribuida de forma uniforme) en función del área que de influencia máxima.

Este área de influencia máxima es aproximadamente de $11,32\text{m}^2$.



Plano 29: Columna elegida para el dimensionamiento

Máxima sollicitación en el estado actual

Para calcular la acción axil a tracción y a compresión en primer lugar se consideran las cargas permanentes, variables y accidentales.

Para ello se estudiará mediante la combinación de acciones.

La cubierta es de teja plana sobre doble tablero de ladrillo hueco sencillo, que queda visto en el interior. Su estructura está constituida por formas de acero que se apoyan sobre las columnas de fundición.

Se asume un peso propio del forjado de $2,0 \text{ kN/m}^2$, ya que según el *Documento básico SE-AE Acciones en la Edificación. Prontuario de pesos y coeficientes de rozamiento interno*, se indica dicho valor para los forjados de chapa grecada con capa de hormigón; grueso total $< 0,12 \text{ m}$. Para el acabado de la cubierta, se trata de faldones de chapa, tablero o paneles ligeros, lo cual corresponde a un peso propio de 1 kN/m^2 . Por último, cabría añadir el peso de la teja plana, que corresponde a teja plana (sin enlistonado) ligeras ($2,4 \text{ kg/pieza}$) $0,3 \text{ kN/m}^2$.

Forjado	2 kN/m^2
Ladrillo	1 kN/m^2
Teja	$0,3 \text{ kN/m}^2$
Total en cargas permanentes	$3,3 \text{ kN/m}^2$

Tabla 13: Cargas permanentes actuales

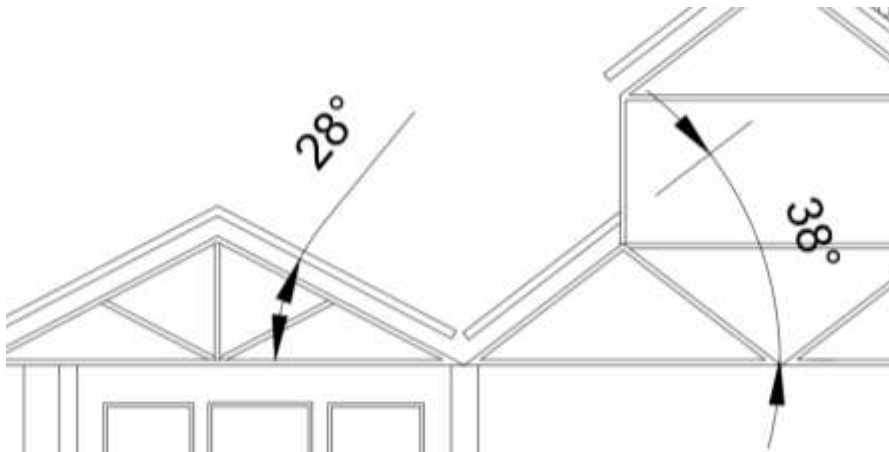
La sobrecarga de uso, tiene una particularidad, puesto que al tratarse de una zona comercial, se podría interpretar que es de 5 kN/m^2 . Al ser una cubierta con inclinaciones, y respetando el anexo del Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación: “Se puede adoptar un área tributaria inferior a la total de la cubierta, no menor que 10 m^2 y situada en la parte más desfavorable de la misma, siempre que la solución adoptada figure en el plan de mantenimiento del edificio”, se empleará el valor indicado de 1 kN/m^2 .

Respecto a la acción del viento, esta se considerará despreciable debido a las leves racha de viento que hay en el centro de Madrid. Aunque se podría adoptar la normativa y

emplear el siguiente valor: $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$. Siendo q_b la presión dinámica del viento empleando $0,5 \text{ kN/m}^2$ en todo el territorio español. C_e es el coeficiente de exposición, siendo para *Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura*: 1,2. Para el cálculo del c_p habría que mirar la distribución de presiones con los datos del viento, y calcular la esbeltez en el plano paralelo al edificio. Como se indica en un anexo: “En edificios con cubierta plana la acción del viento sobre la misma, generalmente de succión, opera habitualmente del lado de la seguridad, y se puede despreciar”. Es decir, que se acepta la hipótesis de despreciar la acción del viento.

Respecto a la nieve, se considera: “El peso específico de la nieve acumulada es muy variable, pudiendo adoptarse $1,2 \text{ kN/m}^3$ para la recién caída, $2,0 \text{ kN/m}^3$ para la prensada o empapada, y $4,0 \text{ kN/m}^3$ para la mezclada con granizo”. En el prontuario se indica que el peso propio que se suele emplear para dimensionar en Madrid es de $0,6 \text{ kN/m}^2$.

Se debe tener en consideración que realmente la cubierta del mercado no es plana, y tiene unas limahoyas que se deben tener en cuenta, aunque la altura de estas depresiones sea inferior a 1m.



Plano 30: Ángulos de las limahoyas de la cubierta. Vista en sección.

Como se indica en el SE-AE: “En un faldón que limita inferiormente con una limahoya, lo que supone un impedimento al deslizamiento de la nieve, se distinguen dos casos: b) si está inclinado en sentido contrario, y la semisuma de las inclinaciones, β , es mayor de 30° , el coeficiente de forma de ambos será de 2,0; en otro caso será $\mu = 1 + \beta/30^\circ$ en una anchura de 2m”. Al ser la semisuma de 33° , se debe tener en cuenta un factor de forma de 2.

Es por ello que la nieve se podría calcular como:

Sobrecarga de la nieve: 0,6 kN/ m²; Factor de forma: 2;

Factor de exposición: 1; Carga de nieve: 1,2 kN/ m²

Obtenida de la expresión $q_{vm} = 2 * 1 * 0,6 * \cos(33^\circ)$

Carga de nieve en verdadera magnitud: 1,0064 kN/ m².

La combinación de acciones se realizará mediante la expresión a una situación persistente o transitoria:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Q,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

En la cual se consideran simultáneamente: las acciones permanentes, incluido el pretensado (en este caso nulo), y el resto de acciones variables, empleando el criterio de la seguridad.

Se aplica para el caso de la nieve el coeficiente de simultaneidad de 0,5 y los coeficientes parciales de seguridad para las acciones permanentes 1,35 y variables 1,5:

$$Carga\ mayorada = 3,3 * 1,35 + 1 * 1,5 + 1 * 1,5 * 0,5$$

Es por ello que se obtiene una carga mayorada de: 6,705 kN/ m²

Axil a compresión solicitado: 6,705 kN/ m² * 11,32m² = **75,9 kN**

Comprobación a pandeo

Por otro lado se debe estudiar las características de los propios pilares, para comprobar si la sollicitación actual aguanta estas condiciones.

Área de la sección de las columnas rectangulares huecas: 125 cm².

$$Inercia\ de\ una\ sección\ cuadrada\ hueca: \frac{15 \cdot 15^3}{12} - \frac{10 \cdot 10^3}{12} = 3385,416 cm^4$$

Para calcular la carga crítica a pandeo en primer lugar se necesita saber la longitud a pandeo, la cual es la longitud real (5,89 m) corregida con el coeficiente de pandeo para una estructura biempotrada (0,5).

El módulo de Young que se emplea es el de la fundición gris, ya que: “La fundición es una aleación hierro-carbono (entre 3- 6%) que encierra otros elementos como el magnesio y silicio para las fundiciones ordinarias y adiciones para las especiales. Estas aportaciones son las que dan origen a las distintas clases de fundiciones. De todas ellas es la gris la que constituye la gran mayoría de las columnas y demás componentes estructurales empleados en construcción”. (Lozano Apolo & Lozano Martínez-Luengas, 1996).

Es por ello que el módulo de elasticidad empleado es: 21×10^6 psi (144 GPa).

$$N_{crítica} = \frac{\pi^2 * E * I}{(L_k)^2} = 4391,835258 \text{ kN}$$

Para el cálculo de la esbeltez reducida, λ , se necesita el área de la sección transversal, así como la resistencia de cálculo de la fundición, es decir, f_{yd} .

$f_{yd}=f_y/\gamma$; siendo estos valores 70 N/mm² entre el coeficiente de seguridad de la fundición, y pudiéndose emplear el valor 1,05 para este coeficiente.

$$\lambda = \sqrt{\left(\frac{A * f_y}{N_{crítica}}\right)} = 0.43$$

Por último se debe calcular el coeficiente de imperfección χ , para el cual se proponen estos valores en función de la sección transversal para perfiles normalizados. No se contempla el empleo de fundición, ya que se trata de la normativa del acero. Así que empleando el valor máximo y mínimo de los señalados y comprobando si aguanta a pandeo, concluye el cálculo.

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71

$$N_{bdr \text{ máximo}} = A * \chi_{\text{máximo}} * f_{yd} = 808,333 \text{ kN}$$

$$N_{bdr \text{ mínimo}} = A * \chi_{\text{mínimo}} * f_{yd} = 650,0 \text{ kN}$$

Como ambos valores son mayores que los 75,9kN solicitados, la estructura cumple.

Este cálculo está realizado para el mayor valor del módulo de Young de la fundición gris según la ASTM A48 para clase 60. Para estudiar el peor de los casos, con la misma carga de solicitada, se emplea el de clase 20, con un módulo de Young de 10×10^6 psi (69 GPa).

Para esta comprobación los valores fluctúan ínfimamente, siendo $\lambda = 0,55990486$; con una Nbdm mínima de **591,667 kN**. Es por ello que el tipo de fundición en este caso no es un factor demasiado relevante, pero necesario de comprobar.

Máxima sollicitación en el estado reacondicionado

Para el cálculo de la máxima sollicitación en el estado reacondicionado el proceso es similar al anterior. Los mayores cambios son que la carga de la cubierta ahora está repartida de forma heterogénea, y que la altura de los pilares pasa a ser de 0,5m menos debido a la elevación del suelo.

	Columnas exteriores	Columnas interiores
Longitud	5,39 m	5,39 m
Sección	Circular hueca	Cuadrada hueca
Perímetro	471,23 mm	600 mm
Espesor	25 mm	25 mm
Lado	-	150 mm
Diámetro	150 mm	-

Tabla 14: Nuevas características de las columnas del jardín botánico

Cabe añadir que actualmente el asentamiento de las columnas de fundición es directamente sobre el suelo, y está recalzado con unos dados de hormigón. Sobre estos se disponen unas estructuras en forma de L pegadas con resina epoxy para distribuir la carga a los muros de ladrillo periféricos. Todo está hormigonado.

La elevación del suelo 0,5 metros responde a la necesidad del espacio interior de albergar la nueva vegetación, que servirán para rellenar los huecos indicados en los planos de sustrato.

Se plantea realizar una elevación con viguetas y bovedillas, debido a que son buenos aislantes térmicos, abaratan costes, y debido a sus dimensiones, se conseguiría la elevación de una forma muy sencilla. Encima se incluiría una malla de acero y una capa de compresión. Todo ello asegurando una perfecta impermeabilización para evitar filtraciones de agua tanto en la elevación, como en los huecos que se usan para el aporte de sustrato.

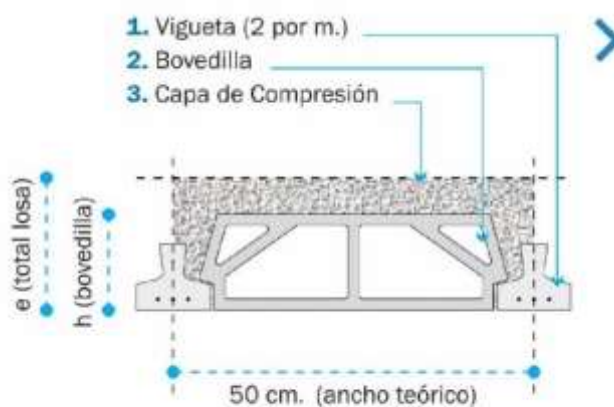


Imagen 41: Ejemplo de elevación de la planta. (Tensolite, 2020)

Para este estudio, el área de influencia está dividida en dos partes, la zona EFTE y la zona de cubierta original conservada. Como se puede observar en el Plano 19: Cubierta reacondicionada, la zona perimetral y la parte superior de los conductos de maquinaria, desagüe, climatización y domótica está cubierta por la cubierta original conservada.

Al no tener una distribución de cargas uniforme en la cubierta, debido al reemplazo de la loseta y el ladrillo con EFTE, se asumirá que el acabado de la cubierta se distribuye 1:2, siendo la mitad el original, y la otra mitad de EFTE, en el área a estudiar del cálculo anterior: $11,32\text{m}^2$.

Forjado	2 kN/m²
Ladrillo	1 kN/m²
Teja	0,3 kN/m²
EFTE	0,03 kN/ m²
Total en cargas permanentes	2,665 kN/m²

Tabla 15: Cargas permanentes en el reacondicionado

El peso propio del forjado se puede volver a considerar 2kN/m². Y el del resto de las cargas permanentes corresponde a: $2 + 0,5 \cdot (1,3) + 0,5 \cdot 0,03$ 2kN/m².

Respecto a la sobrecarga de uso, se adopta el valor de 1kN/m², así como 1kN/m² de peso propio de la nieve, debido a los cálculos previamente realizados.

Realizando la combinación de acciones en situación persistente o transitoria, aplicando los coeficientes previamente escogidos:

$$\begin{aligned} \text{Axil solicitado} &= 2 \cdot 1,35 \cdot 11,32 + 1,3 \cdot 1,35 \cdot 5,66 + 0,03 \cdot 1,35 \cdot \\ &5,66 + 1 \cdot 1,5 \cdot 11,32 + 1 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 11,32 = \mathbf{66,19653 \text{ kN}} \end{aligned}$$

El axil solicitado es mucho menor que el previo, esperablemente, ya que el EFTE es un material muy ligero y su aporte al axil de compresión total es mínimo. La comprobación a pandeo no sería necesaria hacerla en lo que concierne a la carga, pero debido al acortamiento de las columnas, se debe hacer.

Comprobación a pandeo el estado reacondicionado

Utilizando el mismo procedimiento previo, para los pilares rectangulares, y el módulo de Young de la fundición de clase 20 (69GPa):

$$N_{crítica} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(L_k)^2} = 3174,266 \text{ kN}$$

La esbeltez reducida toma el siguiente valor:

$$\lambda = \sqrt{\left(\frac{A \cdot f_y}{N_{crítica}} \right)} = 0.512$$

Para obtener el coeficiente de imperfección, como no se contemplan en el código técnico la fundición, ni la geometría de la columna, se toma el valor máximo y mínimo para comprobar si cumple.

$$N_{bdr \text{ máximo}} = A * \chi_{\text{máximo}} * f_{yd} = \mathbf{791,66kN}$$

$$N_{bdr \text{ mínimo}} = A * \chi_{\text{mínimo}} * f_{yd} = \mathbf{591,66kN}$$

Efectivamente cumple, ya que el axil a pandeo es mucho mayor que el axil solicitado, como era de esperar debido a las características del EFTE, que hacen de esta una cubierta ligera y apta para este uso.

Como se puede observar, las columnas presentan una rigidez considerable, y debido a los parámetros mecánicos y geométricos de estas, el axil crítico es notablemente superior al solicitado. En este caso no hay grandes problemáticas respecto a la carga añadida, ya que tras el cambio en la cubierta, esta carga se reduce respecto a la inicialmente estudiada. El reparto de cargas en la estructura pasa a no ser uniforme, lo cual podría generar roturas debidas a la flexión. Con las anteriores comprobaciones se puede observar que estos pilares están sobredimensionados, lo cual no es de gran preocupación.

7.6 Elementos puntuales del reacondicionado

– Asientos

En los planos del espacio del reacondicionado se usan en AutoCad unos bloques de asientos que difieren de la visión real del proyecto, aunque la disposición de estos es la correcta.

Idea tomada de las publicaciones de Ehab Alhariri, un arquitecto estadounidense, la idea de los asientos es generar un lugar en el cual exista una fusión del espacio humano y vegetal.

El primer diseño es un asiento de cemento, biapoyado, que contiene un macetero en la parte superior del mismo. Este elemento trata de cohesionar el entorno, eliminando la dualidad persona-vegetación que se genera en el jardín botánico.

Su segundo diseño, mucho más innovador, usa la idea del primero, y dota al asiento de un doble respaldo con un macetero entre medias, generando así dos asientos totalmente independientes.

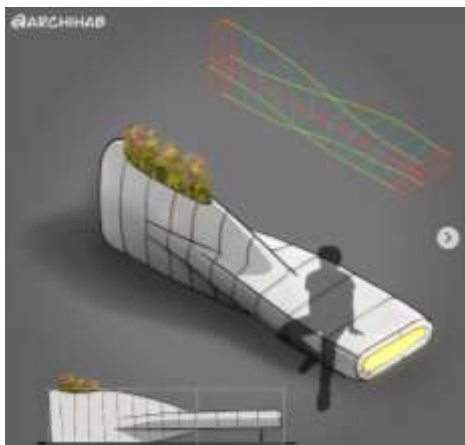


Imagen 42: Asientos. (Alhariri, 2022b)

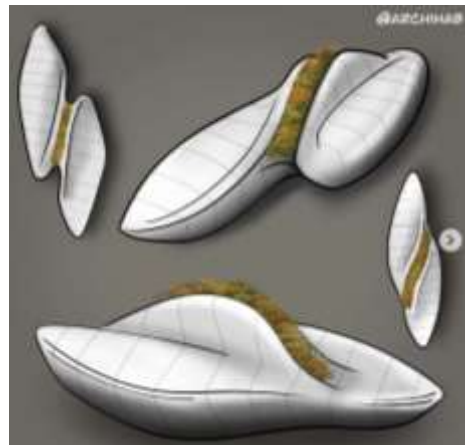


Imagen 43: Asientos (Alhariri, 2022a)

– Columnas

No todas las columnas son susceptibles a la incorporación de este elemento puesto que sus funciones como apoyos estructurales y delimitadoras de las manzanas imposibilitan

esta idea. Las manzanas 1, 5, 8 y 10 poseen columnas que no delimitan el espacio como tal, y que se quedan poco unificadas con el entorno. Es por ello que se propone rodear ciertas columnas de las susodichas manzanas con pabellones de bambú.

La idea, al igual que con los asientos, es generar un ambiente mucho más cohesionado, para evitar así la partición del espacio humano y natural, y poder dar una sensación de integración en el espacio a las columnas de acero, que son disonantes en un espacio verde.

Así incorporando elementos de procedencia claramente natural, y la posibilidad de aportar plantas trepadoras en estos pabellones, el espacio queda totalmente aunado.

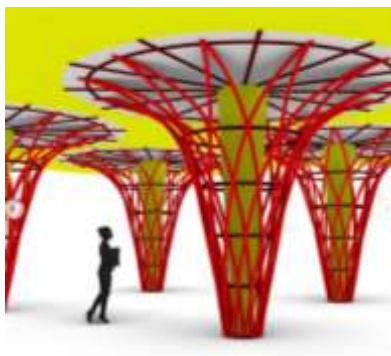


Imagen 44: Pabellones. (Bamboo Parametric Pavilion, 2022)
n.d.)



Imagen 45: Pabellones. (Wanderley,
n.d.)

– Hidropónico

La manzana 3, destinada al cultivo hidropónico consiste en un método de cultivo que se produce sin suelo, sustrato, en el cual la tierra es sustituida por un medio inerte como arcilla, roca o únicamente en agua. Con este método se busca la absorción de nutrientes aportados de forma manual por las raíces del cultivo.

Para este espacio se busca la innovación y el estudio en nuevas técnicas de crecimiento. Una de las mayores ventajas de este tipo de cultivos es el crecimiento forzado con CO₂, el cual se usa para favorecer y acelerar el crecimiento vegetal. Dada la situación ambiental en Madrid, este tipo de recintos son de especial interés.

Existen distintos tipos de crecimiento hidropónico, el más conocido es por sumersión en una solución acuosa, pero además hay métodos mediante spray, en los que con un

atomizador se incluyen los nutrientes en la plantación, o mediante una bruma generada por nutrientes expulsados a frecuencias ultrasónicas.

En este proyecto se busca la innovación, es por ello que hay varios espacios hidropónicos, destinados al estudio en diferentes medios con diferentes plantas de las previamente seleccionadas.



Imagen 46: (Tipos de sistemas hidropónicos para cultivar – Generación Verde, 2017)

– Jardín vertical

Para la consolidación estética y ambiental de este proyecto, se ha optado por incluir dos jardines verticales, aprovechando la fachada sur del edificio. Además de optimizar el espacio y conseguir un estudio completo de una alta variedad de plantas, supondría un referente de jardín vertical en el centro de la urbe junto con el del Caixa Forum del paseo del Prado.

Las partes básicas que componen un jardín vertical son una capa impermeabilizante sobre el muro, sobre esta un sistema de tuberías, en el cual va encajada la estructura soporte del jardín. Esta estructura se suele hacer de acero si es para exteriores o superficies largas, y contrachapado si no está destinada a soportar demasiado peso.

El riego se suele hacer por gravedad, irrigando desde la parte superior, y utilizando el agua sobrante de cada maceta para la inmediatamente inferior, es por ello que estos sistemas tienen una balsa de recogida de aguas bajo la estructura. El riego además está ideado para realimentar el agua de la balsa a la zona superior, mediante una bomba de baja potencia.

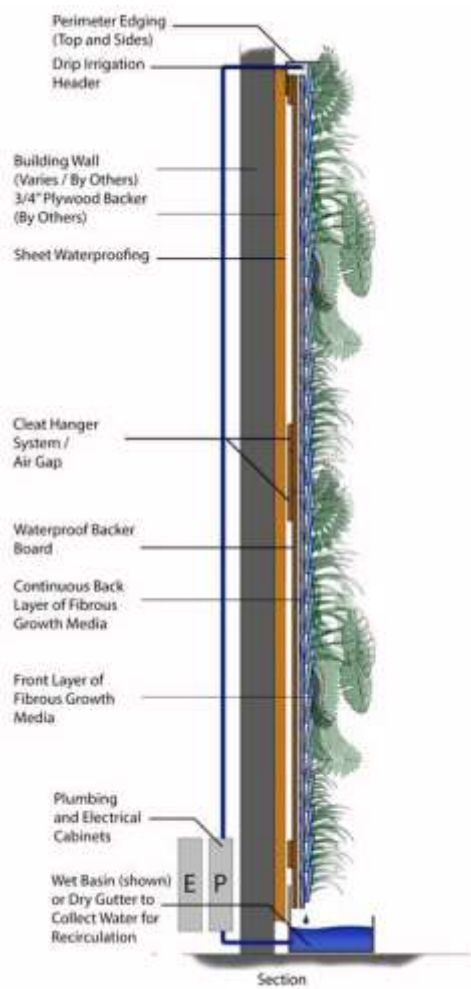


Imagen 47: Elementos de un jardín vertical.

(Qué es un muro verde: definición,
beneficios, diseño y espacio verde, 2022)

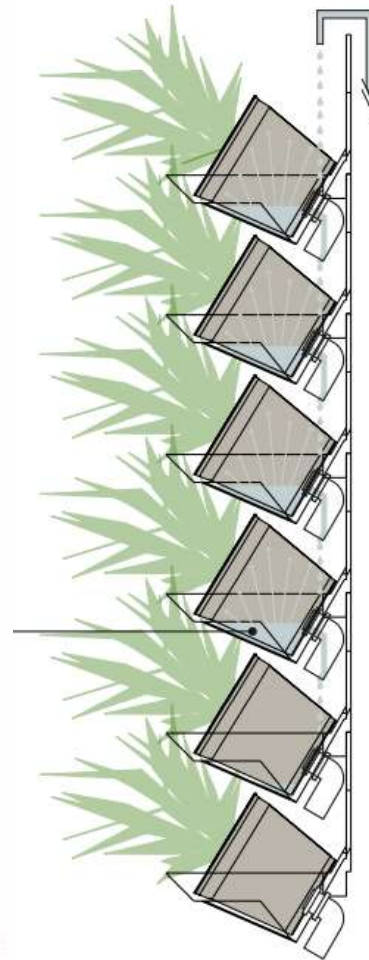


Imagen 48: Jardín vertical. Riego ilustrado

(GSKY, n.d.)

8. Planificación adicional: saneamiento y fontanería

Para del saneamiento y fontanería del proyecto, se han propuesto soluciones conforme al CTE-DB-HS, en el cual se contemplan las normativas básicas a seguir. El proyecto quedaría pendiente de un estudio en más profundidad en este ámbito.

Para el estudio básico del saneamiento, se proponen el uso de colectores enterrados, los cuales operarían entre las manzanas 1 a la 8, un sumidero sifónico de salida vertical, y arquetas de paso. Todo esto está correctamente normalizado y legislado en las normas tecnológicas de la edificación (CTE-DB-HS).

En esta propuesta se plantea el empleo de tuberías de saneamiento de PVC. Para los parterres, la superficie amplia de suelo donde este deba desaguar, como las manzanas 1 o 5, se propone el uso de una capa geotextil en forma de cubrición para los colectores, sobre la cual estaría localizada una capa de tierra.

Los diámetros de las tuberías de saneamiento están escogidas en función del prontuario de conductos de la norma técnica de la edificación. ANEXO 3.

Es por ello que los diámetros de las tuberías de PVC serán de 200mm, 160mm, 110mm, 90mm, con dos puntos de salida al alcantarillado de 250mm de diámetro.

Las siguientes imágenes están obtenidas de la NTE – *Instalaciones de Salubridad – Fontanería*.

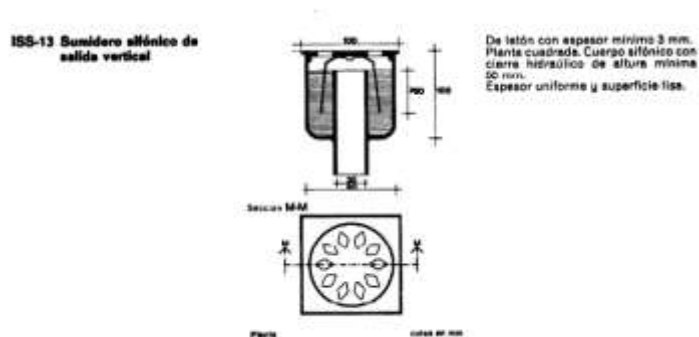


Imagen 49: Sumidero sifónico de salida vertical.NTE

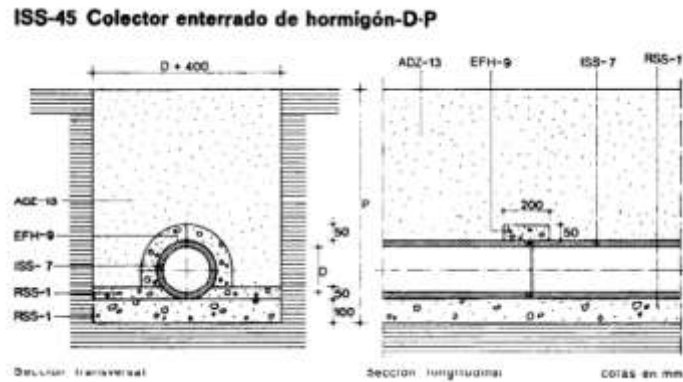


Imagen 50: Colector enterrado en hormigón. NTE

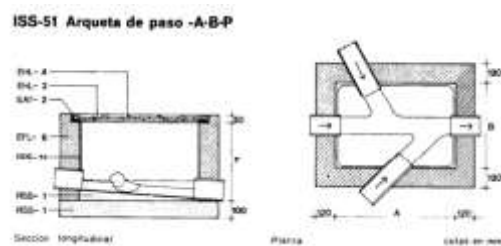


Imagen 51: Arqueta de paso. NTE

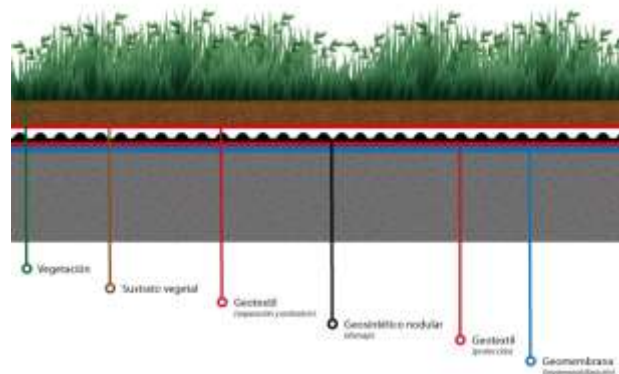


Imagen 52: Funcionamiento de los parterres. (Geosintéticos en techos verdes o cubiertas vegetales, n.d.)

Respecto a la fontanería, esta está planificada de la misma forma, (CTE-DB-HS).

Los conductos de fontanería están pensados para ser de polietileno, desembocando en grifería y tomas de riego controladas o por la central de domótica, en el caso de la planta superior, o por el propio personal en la planta inferior.

Este sistema está pensado para aprovechar al máximo la instalación existente del semisótano, para evitar sobrecostes y obras innecesarias, así como ahorro de material y de cálculos posteriores.

Según las normas técnicas de la edificación, el diseño de la red de riego debe contar con distribuidores, derivaciones, aspersores, y una central de control. En función del caudal de riego el diámetro varía entre los 32 y 110mm, además, la distancia entre aspersores y acometida no debe superar los 200mm. Todo ello desemboca en un estudio intensivo, ya que la irrigación de los aspersores está en función de la temperatura y la humedad del recinto, Resultados gráficos de la simulación: Temperatura y humedad7.3.4.

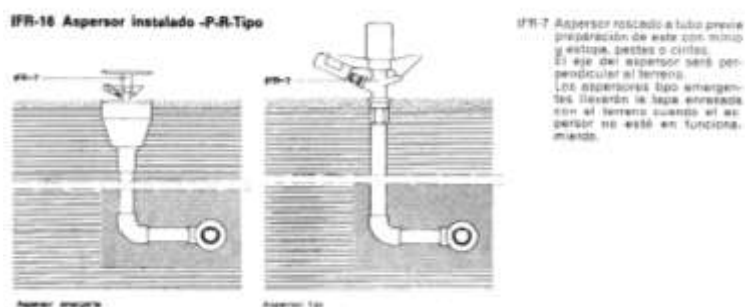
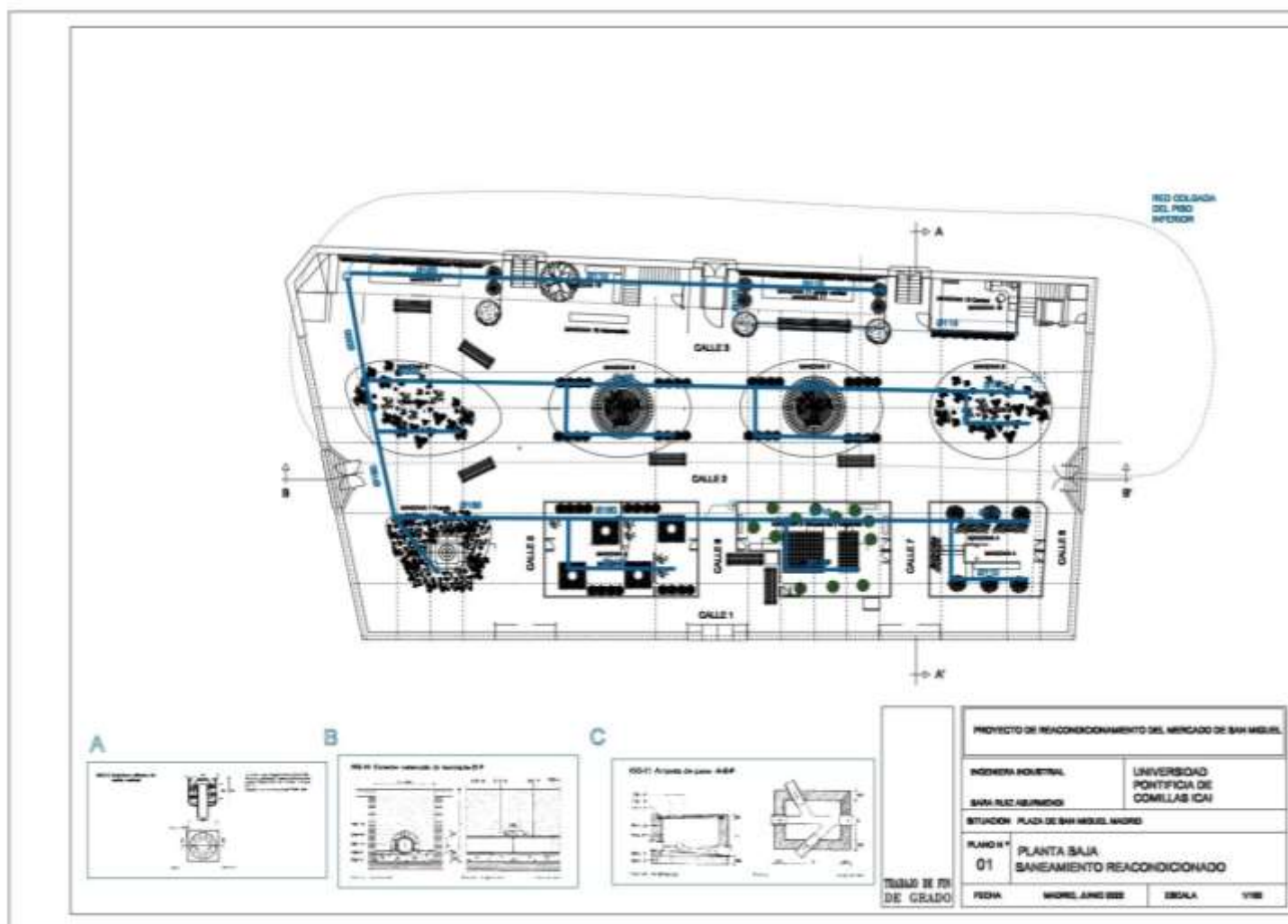
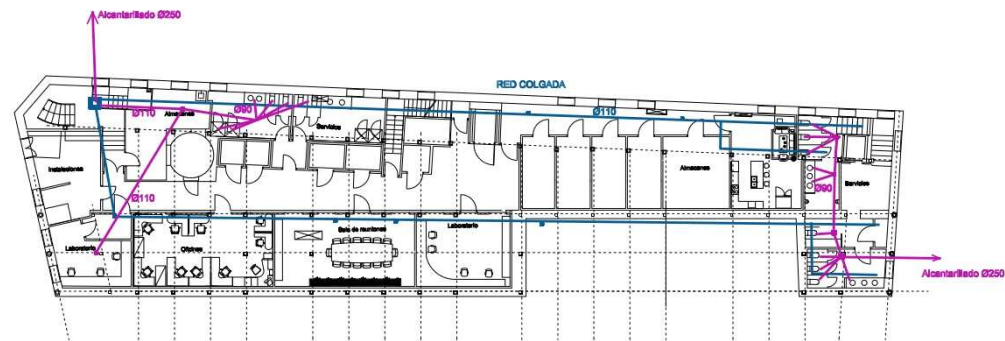


Imagen 53: Propuesta de aspersores según la NTE-IFR

Los siguientes planos pretenden ser un estudio básico, que sirva de referencia inicial.



Plano 31: Propuesta de saneamiento. Planta baja.



TRABAJO DE FIN DE GRADO	PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL		
	INGENIERA INDUSTRIAL	UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI	
	SARA RUIZ ASURMENDI		
	SITUACION	PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID	
	PLANO N°	02 PLANTA SEMISÓTANO SANEAMIENTO REACONDICIONADO	
	FECHA	MADRID, JUNIO 2022	ESCALA 1/100

Plano 32: Propuesta de saneamiento. Semisótano.

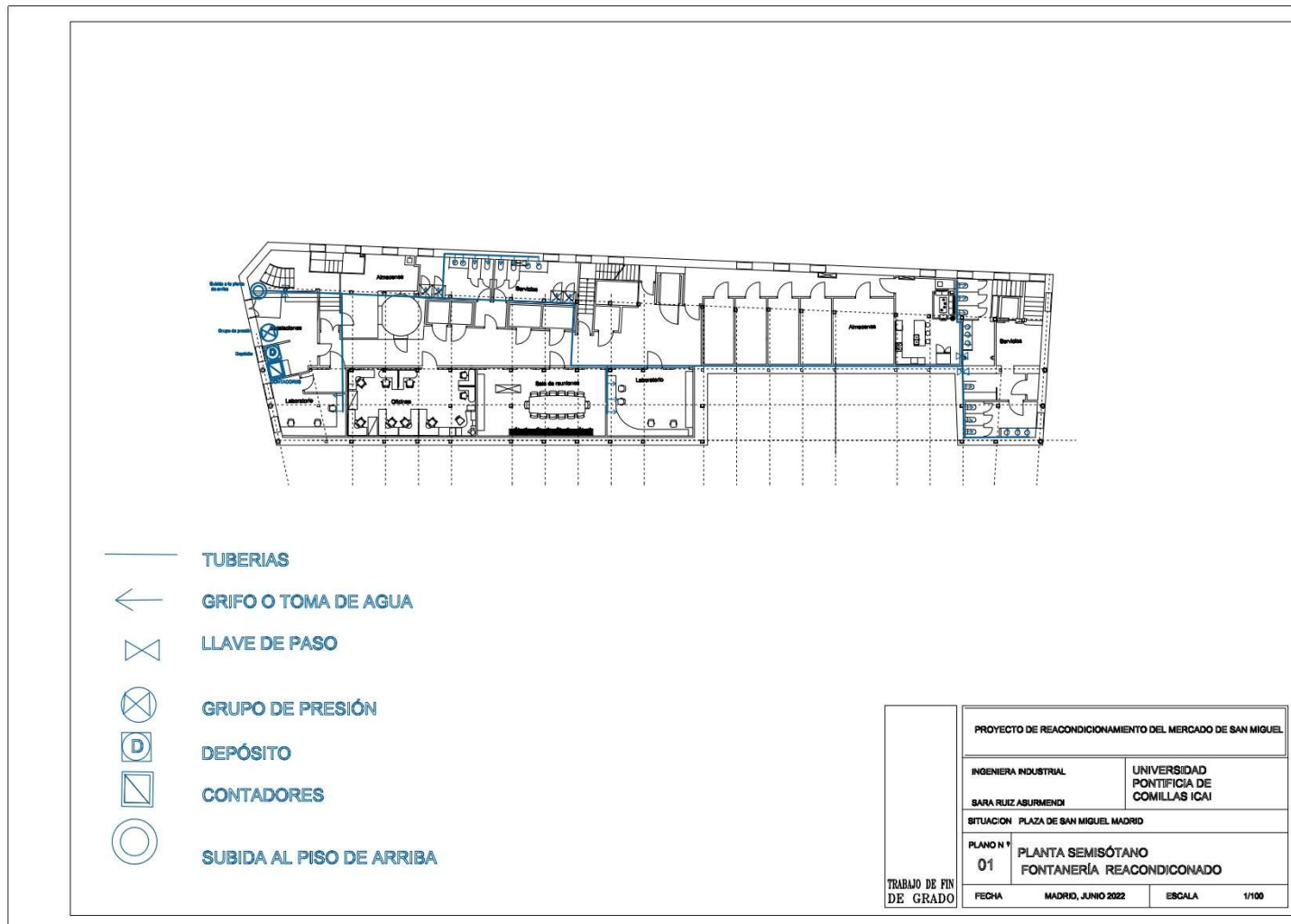


Imagen 54: Propuesta de fontanería. Semisótano

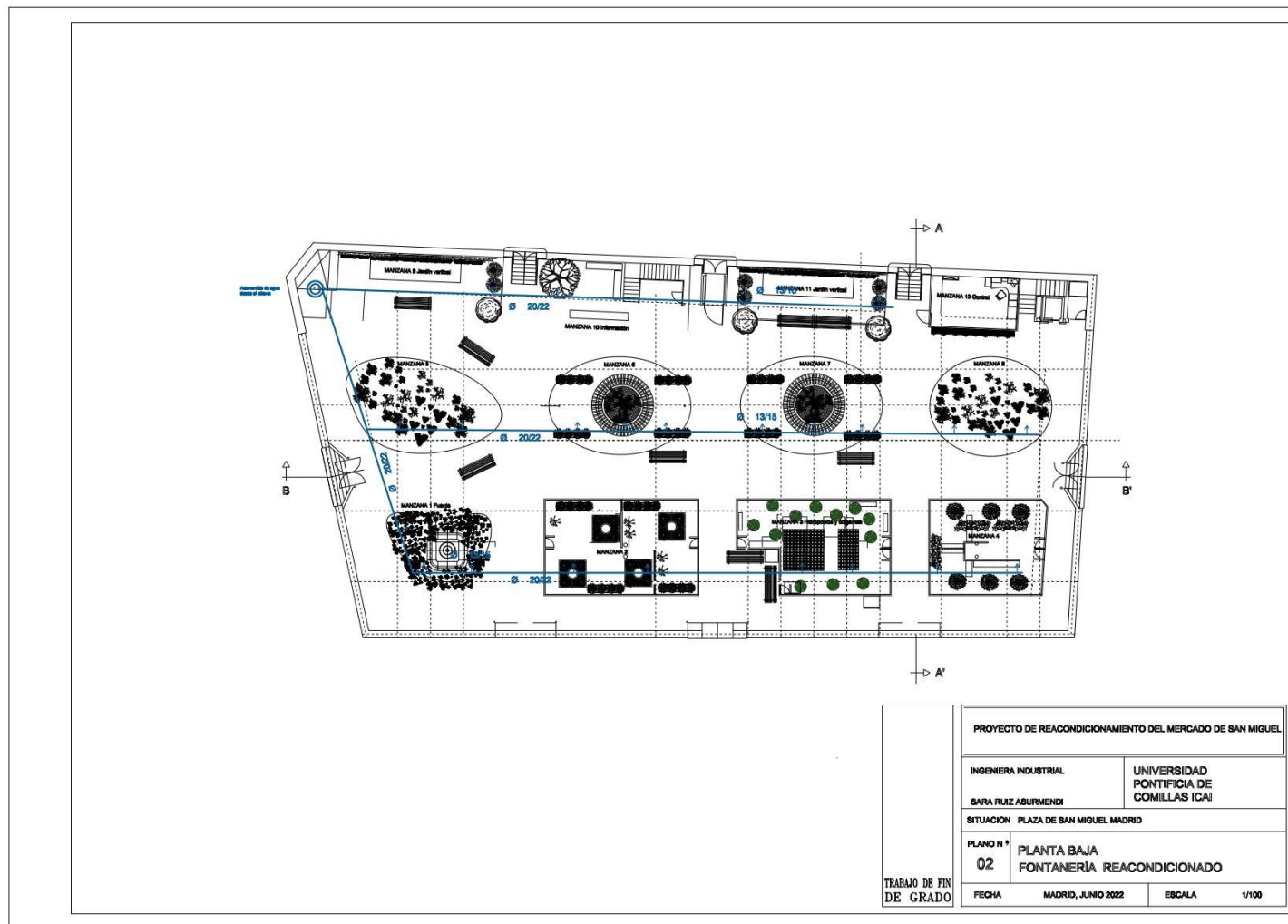


Imagen 55: Propuesta de fontanería. Planta

9. Estudio económico básico

Presupuesto

<i>Código</i>	<i>Ud</i>	<i>CanPres</i>	<i>PrPres</i>	<i>ImpPres</i>
DEMOLICIONES		1,00	16.084,31 €	16.084,31 €
DEMOLICIÓN CUBIERTA TEJA	m2	180,00	27,18 €	4.892,40 €
DEMOLICIÓN FÁBRICA DE LADRILLO MACIZO	m2	125,00	35,15 €	4.393,75 €
DEMOLICION FÁBRICA LADRILLO HUECO	m2	135,00	18,42 €	2.486,70 €
RETIRAR ENCIMERA	m2	25,35	8,12 €	205,84 €
DEMOLICIÓN FALSO TECHO	m2	125,50	6,12 €	768,06 €
DEMOLICIÓN SOLADO BALDOSAS CERÁMICAS	m2	160,00	11,51 €	1.841,60 €
LEVANTAMIENTO INSTALACIÓN FONTANERÍA	ud	1,00	575,62 €	575,62 €
LEVANTAMIENTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA	ud	1,00	425,63 €	425,63 €
LEVANTAMIENTO APARATOS ILUMINACIÓN	ud	25,00	4,10 €	102,50 €
CARGA DE ESCOMBROS	m3	16,50	18,50 €	305,25 €
TRANSPORTE ESCOMBROS VERTEDERO	m3	16,50	5,27 €	86,96 €
TOTAL		1,00	16.084,31 €	16.084,31 €
SANEAMIENTO		1,00	10.552,21 €	10.552,21 €
ACOMETIDA RED SANEAMIENTO	ud	1,00	425,60 €	425,60 €
ARQUETA DE PASO DE LADRILLO	ud	18,00	68,33 €	1.229,94 €
ARQUETA REGISTRO DE LADRILLO	ud	11,00	75,45 €	829,95 €
ARQUETA DE SUMIDERO DE LADRILLO	ud	28,00	123,20 €	3.449,60 €
COLETOR PVC 110	m	55,20	13,54 €	747,41 €
COLECTOR PVC 125	m	42,50	14,79 €	628,58 €
COLECTOR PVC 160	m	18,25	21,74 €	396,76 €
COLECTOR PVC 200	m	14,90	26,50 €	394,85 €
COLECTOR PVC 250	m	6,00	50,32 €	301,92 €
COLECTOR DRENAJE CORRUGADO	m	35,00	16,37 €	572,95 €
COLECTOR RED COLGADA PVC 90	m	45,60	16,40 €	747,84 €
COLECTOR RED COLGADA PVC 110	m	27,90	18,41 €	513,64 €
COLECTOR RED COLGADA PVC 125	m	14,60	21,45 €	313,17 €
TOTAL		1,00	10.552,21 €	10.552,21 €
ALBAÑILERIA Y ESTRUCTURA		1,00	7.637,68 €	7.637,68 €
FÁBRICA LADRILLO PERFORADO	m2	45,68	23,56 €	1.076,22 €
FAB LAD HUE DOBLE	m2	85,95	22,18 €	1.906,37 €
FORJADO TABLERO DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS CON MALLAZO Y CAPA DE COMPRESIÓN	m2	150,65	30,90 €	4.655,09 €
TOTAL		1,00	7.637,68 €	7.637,68 €
IMPERMEABILIZACIÓN		1,00	5.346,10 €	5.346,10 €

IMPERMEABILIZACIÓN BICAPA CON CAPA DE PROTECCIÓN	m2	95,00	36,46 €	3.463,70 €
IMPERMEABILIZACIÓN REMATES VERTICALES	m	67,00	12,20 €	817,40 €
IMPERMEABILIZACIÓN SUMIDEROS	ud	25,00	42,60 €	1.065,00 €
TOTAL		1,00	5.346,10 €	5.346,10 €
CUBIERTA		1,00	3.150,00 €	3.150,00 €
CUBIERTA EFTE	m2	900,00	3,50 €	3.150,00 €
TOTAL		1,00	3.150,00 €	3.150,00 €
PAVIMENTOS		1,00	28.306,25 €	28.306,25 €
PAVIMENTOS BALDOSA CERÁMICA	m2	875,00	32,35 €	28.306,25 €
TOTAL		1,00	28.306,25 €	28.306,25 €
ELECTRICIDAD Y DOMÓTICA		1,00	34.275,32 €	34.275,32 €
LÍNEA GENERAL ALIMENTACIÓN	m	60,00	23,12 €	1.387,20 €
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	m	115,00	15,30 €	1.759,50 €
CUADRO PROTECCIONES	ud	6,00	755,60 €	4.533,60 €
CIRCUITO DE POTENCIA	m	225,00	10,04 €	2.259,00 €
CIRCUITO DE ALUMBRADO	m	425,50	10,83 €	4.608,17 €
CANAleta PVC	m	65,50	20,20 €	1.323,10 €
MECANISMOS (interruptores, enchufes, pulsadores etc).	ud	145,00	53,65 €	7.779,25 €
INSTALACIÓN DOMÓTICA	ud	1,00	10.625,50 €	10.625,50 €
TOTAL		1,00	34.275,32 €	34.275,32 €
FONTANERÍA		0,00	12.517,79 €	12.517,79 €
ARMARIO DE CONTADORES	ud	1,00	173,50 €	173,50 €
DEPÓSITO CILÍNDRICO	ud	3,00	678,60 €	2.035,80 €
GRUPO PRESIÓN Y TRATAMIENTO	ud	2,00	1.425,60 €	2.851,20 €
TUBERÍA POLIETILENO DN 50	m	50,00	3,14 €	157,00 €
TUBERÍA POLIETILENO DN 32	m	135,50	3,91 €	529,81 €
TUBERÍA POLIETILENO DN 40	m	175,00	4,95 €	866,25 €
TUBERÍA POLIETILENO DN 25	m	65,00	15,25 €	991,25 €
LLAVES DE CORTE Y DE PASO	ud	8,00	115,60 €	924,80 €
VÁLVULA DE RETENCIÓN	ud	16,00	15,54 €	248,64 €
DESAGÜE SIFÓNICO	ud	14,00	22,22 €	311,08 €
BOMBA CENTRAL 450W	ud	1,00	288,60 €	288,60 €
BOMBA DOSIFICADORA	ud	1,00	254,23 €	254,23 €
GRIFO Y TOMAS DE RIEGO	ud	60,00	15,00 €	900,00 €
TANQUE ABONADO RED RIEGO	ud	1,00	1.985,63 €	1.985,63 €
TOTAL			12.517,79 €	12.517,79 €
EQUIPAMIENTO		1,00	3.805,79 €	3.805,79 €
CASETA DE OPERARIOS	ud	2,00	449,65 €	899,29 €

ELEMENTOS VARIOS DE VESTUARIO: TAQUILLAS, HORNO, RADIADOR, PERCHAS, BASURERO	ud	-	2.756,50 €	2.756,50 €
BOTIQUÍN	ud	2,00	75,00 €	150,00 €
TOTAL		1,00	3.805,79 €	3.805,79 €
CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN		1,00	167.178,85 €	167.178,85 €
SISTEMA VRF				
UNIDAD INTERIOR CONDUCTOS Pf=16kW	ud	3,00	2.161,04 €	6.483,12 €
UNIDAD INTERIOR CASSETTE 4 VÍAS TECHO Pf = 2,2kW	ud	3,00	1.779,56 €	5.338,68 €
UNIDAD INTERIOR CASSETTE 4 VÍAS TECHO Pf = 2,8kW	ud	6,00	1.832,60 €	10.995,60 €
UNIDAD INTERIOR CASSETTE 4 VÍAS TECHO Pf = 3,6kW	ud	9,00	2.290,96 €	20.618,62 €
UNIDAD INTERIOR CASSETTE 4 VÍAS TECHO Pf = 4,5kW	ud	1,00	3.993,64 €	3.993,64 €
UNIDAD EXTERIOR CONDENSADOR VRF Pf=47,5kW	ud	1,00	19.331,73 €	19.331,73 €
UNIDAD EXTERIOR CONDENSADOR VRF Pf=40kW	ud	1,00	16.194,18 €	16.194,18 €
UNIDAD EXTERIOR CONDENSADOR VRF Pf=15,5kW	ud	1,00	7.027,64 €	7.027,64 €
UNIDAD EXTERIOR CONDENSADOR VRF Pf=12,1kW	ud	1,00	5.078,15 €	5.078,15 €
SISTEMAS AUTÓNOMOS				
BOMBA DE CALOR Pf = 2,55kW	ud	1,00	1.745,49 €	1.745,49 €
SISTEMA DE CONTROL				
CONTROL CENTRALIZADO	ud	1,00	1.229,44 €	1.229,44 €
CABLEADO	m	500,00	4,26 €	2.130,00 €
CUADRO				
CUADRO SECUNDARIO CLIMATIZACIÓN	ud	1,00	996,07 €	996,07 €
CUADRO SECUNDARIO VENTILACIÓN	ud	1,00	996,07 €	996,07 €
SIST. CONDUCCIÓN DE REFRIGERANTE				
CANALIZ. FLUIDO FRIGORÍFICO UDS INTERIOR MEDIDAS VARIAS	m	275,00	27,21 €	7.483,74 €
GAS REFRIGERANTE R-410A	kg	50,00	15,00 €	750,00 €
DERIVACIONES	ud	9,00	133,61 €	1.202,52 €
COLECTOR	ud	4,00	298,62 €	1.194,48 €
SIST. CONDUCCIÓN DE AIRE				
CONDUCTO RECTANGULAR DE LANA VIDRIO	m	340,00	36,04 €	12.252,90 €
DIFUSOR ROTACIONAL 12 ELEMENTOS	ud	7,00	66,18 €	463,26 €
DIFUSOR ROTACIONAL 20 ELEMENTOS	ud	10,00	75,42 €	754,20 €
REJILLA RETORNO REGULABLE	ud	15,00	19,62 €	294,30 €
VENTILACIÓN				
RECUPERADOR AIRE Q 800 m³/h	ud	2,00	3.281,56 €	6.563,12 €
RECUPERADOR AIRE Q16800 m³/h	ud	2,00	4.824,78 €	9.649,56 €
RECUPERADOR AIRE Q3300 m³/h	ud	1,00	7.054,26 €	7.054,26 €

CONDUCTOS				
CONDUCTO CIRCULAR MEDIDAS VARIAS	m	500,00	18,80 €	9.398,90 €
REJILLAS				
REJILLA IMPULSIÓN COND. CIRCULAR	ud	60,00	72,15 €	4.328,87 €
REJILLA EXTERIOR	ud	10,00	129,65 €	1.296,50 €
EXTRACCION ASEOS-VESTUARIOS				
BOCA DE EXTRACCIÓN	ud	10,00	17,88 €	178,80 €
VENTILADOR LINEAL	ud	1,00	203,42 €	203,42 €
EXTRACTOR PARA BAÑO CON DETEC. PRESENCIA	ud	3,00	113,11 €	339,33 €
CONDUCTO CIRCULAR	ud	56,00	24,32 €	1.361,76 €
DETECTOR ELEMENTOS PRESENCIA	ud	6,00	41,75 €	250,50 €
TOTAL		1,00	167.178,85 €	167.178,85 €
PINTURAS		1	4.542,29 €	4.542,29 €
PINTURA PLÁSTICA	m2	415,50	7,35 €	3.053,93 €
PINTURA ESMALTE AL AGUA	m2	125,60	11,85 €	1.488,36 €
		1	4.542,29 €	4.542,29 €
JARDINERIA		1	2.619,58 €	2.619,58 €
FICUS RUBIG	ud	4,00	99,72 €	398,88 €
HIBISCUS ROSA	ud	8,00	44,50 €	356,00 €
PALMERA DATILERA ENANA	ud	6,00	185,60 €	1.113,60 €
OLEA	ud	2,00	45,60 €	91,20 €
BUGANVILLA	ud	4,00	40,00 €	160,00 €
GIRASOLES ANUALES	ud	20,00	5,00 €	100,00 €
MIRABILIS JALAPA	ud	30,00	10,80 €	324,00 €
GERBERA	ud	30,00	2,53 €	75,90 €
		1	2.619,58 €	2.619,58 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN				296.016,17 €
IVA 21%				62.163,40 €
PRESUPUESTO DE CONTRATA				358.179,57 €

El presupuesto final para el proyecto de rehabilitación industrial del mercado de San Miguel en un complejo integrado botánico es de TRESCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL CIENTO SETENTA Y NUEVE euros y CINCUENTA Y SIETE céntimos.

10. Conclusiones y trabajos futuros

El proyecto de reacondicionamiento del Mercado de San Miguel en un complejo botánico integrado, es además de una propuesta ambiciosa y arriesgada, un proyecto de dimensiones notables nunca visto en la zona centro de Madrid.

Bajo la premisa de una mejora en el aire respirable céntrico, además de un estudio exhaustivo de las plantas ya propuestas para monitorizar su desarrollo y su futura incorporación en el día a día de la humanidad, este proyecto busca compensar los efectos contaminantes a los que los ciudadanos se ven expuestos diariamente.

El proyecto como tal es abarcable, y es realizable en un corto periodo de tiempo.

La propuesta del uso de una cubierta de EFTE es además de novedoso en el centro de Madrid, relativamente eficiente, debido al bajo mantenimiento que esta conlleva. Además gracias a su alta resistencia a la rotura, y a las temperaturas, es este un material idóneo.

En el desarrollo de este proyecto se ha gestionado el uso de EDSL Tas como potente herramienta de cálculo de climatización. No solo diseña en 3D los planos de un edificio, y gestiona las condiciones internas del edificio con alta precisión; también posee una amplia base de datos de los cuales obtener los materiales más utilizados en construcción. Es por ello que los resultados presentados por las numerosas simulaciones son fiables. Dos campos a tener en cuenta son la base de datos climática de Madrid, datada de 1989, y la elección de los materiales. El primer campo no está ajustado al incremento actual y paulatino de la temperatura global siendo la diferencia media de temperatura entre 1989 y 2021 de 0,5°C, con diferencias mayores en los periodos de verano e invierno. Por otro lado en ese año fue anómalo debido a las altas precipitaciones. Respecto a los materiales, estos están elegidos conforme el criterio de zonificación de la ASHRAE, y al no ajustarse enteramente a la realidad del proyecto, los resultados pueden tener leves variaciones.

El único problema que se plantea es el alto consumo eléctrico que requiere la maquinaria para conseguir operar anualmente manteniendo las condiciones interiores estables; y los bruscos cambios de temperatura que hay en la capital a lo largo de este periodo generan una alta demanda energética. Esto contextualizado en el mundo actual en el que el precio

de la electricidad es cada vez más elevado, asumir que el jardín botánico puede tener los valores anteriormente expuestos de kWh de consumo sería un gasto considerable, teniendo en cuenta las altas pérdidas de masas de calor que podría haber un día en el que hubiera mucha afluencia de público en el edificio. Los materiales usados para la simulación en EDSL Tas, al no ser los originales, tampoco arrojan resultados fiables en cuanto al consumo.

Este consumo se podría ver reducido en un estudio más exhaustivo de materiales aislantes idóneos para espacios botánicos, tomando como ejemplo todos los anteriores espacios mencionados en este documento, cuyo desempeño no solo es excelente, si no que varios de ellos son pioneros y únicos en el mundo.

Como se especificó en apartados anteriores, la incorporación de energías verdes en el propio edificio, como paneles fotovoltaicos o aerogeneradores, es una actividad irrealizable debido al carácter singular de este edificio. Por este motivo se prohíbe modificar su estructura y su fachada.

Respecto a la estructura, siendo este un edificio singular, esta debe sufrir el mínimo impacto. Con la comprobación y estudio de sus pilares de fundición gris, se observa la alta resistencia de los mismos y su ideal uso con el paso del tiempo. La adaptación del edificio implicaría el cumplimiento de Código Técnico de la Edificación en sus documentos básicos correspondientes.

Si este proyecto, o uno similar se llevasen a cabo, sería necesario realizar un replanteamiento de consumo, ya que aunque un sistema VRF es altamente eficiente, sería necesario invertir en materiales aislantes.

Este proyecto pretende sentar la base para un futuro replanteamiento urbanístico en el centro de la urbe, en el que se prioricen los espacios públicos verdes que puedan ser fruto de investigaciones sobre cómo reducir los contaminantes en las ciudades. Mientras la humanidad se centra en una evolución a un mundo verde y sostenible, espacios como este pueden impulsar esta mentalidad.

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Planta del Mercado de San Miguel actualmente	7
Imagen 2: Edificio en EDSL Tas reacondicionado	7
Imagen 3: Mercado de San Miguel (Sarralde, 2022).....	20
Imagen 4: Antiguo mercado en la plaza de los Mostenses (Abad Liñán, 2020b)	22
Imagen 5: Mercado de San Miguel durante la Guerra Civil Española.....	23
Imagen 6: Mercado de San Miguel 1951.....	23
Imagen 7: Cubierta del Mercado de San Miguel. (Freire Antuña, 2021).....	24
Imagen 8: Cubierta y entreplanta (Lastras, 2009)	25
Imagen 9: (Invernadero del Palacio de Cristal de Arganzuela, 2022).....	40
Imagen 10: Comparación del modelo con el estado actual.	55
Imagen 11: Renderizado del mercado actual a las 9 horas y 00 minutos. Ángulo azimutal 123,7 ° y elevación de 2,7°.....	55
Imagen 12: Renderizado del mercado actual a las 17 horas y 31 minutos. Ángulo azimutal 235,45° y elevación de 3,7°	56
Imagen 13: Modelo 3D del semisótano	56
Imagen 14: Modelo 3D de la planta baja.....	56
Imagen 15: Modelo 3D de los altillos	57
Imagen 16: Modelo 3D de la cubierta	57
Imagen 17: Tipos de cielo aportados por EDSL TAS	60
Imagen 18: Materiales y elementos de construcción.....	67
Imagen 19: Datos proporcionados por TAS para el tipo de techo interior elegido	68
Imagen 20: Bioma tropical. (Eden Project, n.d.).....	95
Imagen 21: Cubierta de EFTE en el Jardín Botánico de Padua (Vimercati, n.d.).....	96
Imagen 22: Vista axonométrica de la cubierta. Desert City. (García-Germán, 2017) ...	96
Imagen 23: Modelo 3D del reacondicionado.	99
Imagen 24: Sombras del reacondicionado. Día 1 a las 10 horas y 0 minutos. Ángulo acimutal 134,3° y elevación 11,6°.....	99
Imagen 25: Renderizado del reacondicionado. Día 1 a las 10 horas y 0 minutos. Ángulo azimutal 134,3° y elevación 11,6°.....	99
Imagen 26: Sombras del reacondicionado. Día 256 a las 12 horas y 0 minutos. Ángulo acimutal 151,9° y elevación 50°.....	100

Imagen 27: Renderizado del reacondicionado. Día 256 a las 12 horas y 0 minutos. Ángulo azimutal 151,9° y elevación 50°.....	100
Imagen 28: Modelo 3D del semisótano reacondicionado	100
Imagen 29: Modelo 3D de la elevación reacondicionada.....	101
Imagen 30: Modelo 3D de la planta baja reacondicionada	101
Imagen 31: Modelo 3D de los altillos reacondicionados	101
Imagen 32: Modelo 3D de la cubierta reacondicionada	102
Imagen 33: Zonas climáticas ASHRAE (ASHRAE & ANSI, 2021).....	117
Imagen 34: Zona de almacenaje más fresca a lo largo del año	136
Imagen 35: Sistema VRF en una planta. (Hui, 2017).....	153
Imagen 36: Tipos de unidades interiores (ASHRAE Handbook P.316, 2016)	154
Imagen 37: Modelo en Systems del sistema VFR para los almacenes.....	155
Imagen 38: Columnas de sección cuadrada	Imagen 39: Columnas de sección circular
	157
Imagen 40: Ilustración de basas y fustes de hierro forjado. (Lozano Apolo & Lozano Martínez-Luengas, 1996).....	158
Imagen 41: Ejemplo de elevación de la planta. (Tensolite, 2020)	165
Imagen 42: Asientos. (Alhariri, 2022b)	Imagen 43: Asientos (Alhariri, 2022a).....
	168
Imagen 44: Pabellones. (Bamboo Parametric Pavilion, 2022)	Imagen 45: Pabellones. (Wanderley, n.d.).....
	169
Imagen 46: (Tipos de sistemas hidropónicos para cultivar – Generación Verde, 2017)	170
Imagen 47: Elementos de un jardín vertical.	Imagen 48: Jardín verdical. Riego ilustrado
	171
Imagen 49: Sumidero sifónico de salida vertical.NTE.....	172
Imagen 50: Colector enterrado en hormigón. NTE	173
Imagen 51: Arqueta de paso. NTE	173
Imagen 52: Funcionamiento de los parterres. (Geosintéticos en techos verdes o cubiertas vegetales, n.d.).....	173
Imagen 53: Propuesta de aspersores según la NTE-IFR	174
Imagen 54: Propuesta de fontanería. Semisótano.....	177

Imagen 55: Propuesta de fontanería. Planta	178
--	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Concentración media anual de NO ₂ pronosticada para 2020 (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, 2019)	28
Figura 2: Percentil horario 99,8 de concentración de NO ₂ pronosticada para 2020 (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, 2019)	29
Figura 3: Percentil diario 90,4 de concentración de PM ₁₀ pronosticado para 2020 (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO, 2019)	31
Figura 4: Número de veces que se superó el umbral octohorario de O ₃ en la comunidad de Madrid en 2020 (Dirección General de Salud Pública, 2020).....	32
Figura 5: Monóxido de carbono en la Comunidad de Madrid en 2020.....	33
Figura 6: Concentración de metales en plantas según el tipo de reacción que tiene en presencia de contaminantes (Siromlya, 2022).....	35
Figura 7: Regulación de Condiciones de Edificación. 1997	42
Figura 8: Parcelas de la zona 1 de Madrid. Plan general 1997.....	42
Figura 9: Uso general, servicios urbanos. PGOU 1997.....	43
Figura 10: Nivel de uso. Dotación privada. PGOU 1997	43
Figura 11: Elemento de restauración obligatoria. PGOU 1997.....	43
Figura 12: Condiciones de edificación. Grado 5. PGOU 1997	44
Figura 13: Histórico de temperaturas de Madrid en 1989 proporcionado por Energyplus	67
Figura 14: Funcionamiento del termostato mediante el modelado de un control proporcional.....	71
Figura 15: Gráfica tensión-deformación de láminas de ETFE (HINCAPIÉ LÓPEZ, 2021)	94

LISTA DE PLANOS

Plano 1: Localización actual.....	46
Plano 2: Semisótano actual.....	47
Plano 3: Planta baja actual.....	48
Plano 4: Altillo actual.....	49
Plano 5: Cubierta actual.....	50
Plano 6: Alzados actuales	51
Plano 7: Secciones actuales	52
Plano 8: Planta baja. Superposición del modelado con el plano.	53
Plano 9: Semisótano. Superposición del modelado con el plano.	53
Plano 10: Altillos. Superposición del modelado con el plano.....	54
Plano 11: Cubierta. Superposición del modelado con el plano.	54
Plano 12: Compartimentación en zonas. Planta baja.....	69
Plano 13: Compartimentación en zonas. Altillos	69
Plano 14: Compartimentación en zonas. Semisótano.....	69
Plano 15: Secciones y alzados reacondicionado.....	87
Plano 16: Semisótano reacondicionado	88
Plano 17: Planta baja reacondicionada	89
Plano 18: Altillos reacondicionados	90
Plano 19: Cubierta reacondicionada	91
Plano 20: Semisótano reacondicionado. Superposición del modelado con el plano.....	97
Plano 21: Planta baja reacondicionada. Superposición del modelado con el plano.....	97
Plano 22: Altillos reacondicionados. Superposición del modelado con el plano.....	98
Plano 23: Cubierta reacondicionada. Superposición del modelado con el plano.....	98
Plano 24: Compartimentación en zonas reacondicionadas. Semisótano.....	115
Plano 25: Compartimentación en zonas reacondicionadas. Planta baja.....	116
Plano 26: Compartimentación en zonas reacondicionadas. Altillos.	116
Plano 27: Compartimentación en zonas reacondicionadas. Cubierta.....	116
Plano 28: Superposición de las columnas con la cubierta.	159
Plano 29: Columna elegida para el dimensionamiento	159
Plano 30: Ángulos de las limahoyas de la cubierta. Vista en sección.	161
Plano 31: Propuesta de saneamiento. Planta baja.....	175

Plano 32: Propuesta de saneamiento. Semisótano.....	176
---	-----

LISTA DE INFORMES

Informe 1: Iluminación de almacenes	62
Informe 2: Iluminación de servicios	62
Informe 3: Iluminación de zonas de circulación (pasillos) de la planta baja	63
Informe 4: Iluminación de entreplanta	63
Informe 5: Iluminación de los puestos de venta de la planta baja	64
Informe 6: Iluminación del cuarto de la plataforma elevadora del semisótano.....	64
Informe 7: Iluminación de las zonas de circulación (pasillos) del semisótano	65
Informe 8: Iluminación del puesto de venta del semisótano	65
Informe 9: Iluminación de los almacenes reacondicionados.....	105
Informe 10: Informe de los servicios reacondicionados.....	105
Informe 11: Informe de la maquinaria en los altillos reacondicionada	106
Informe 12: Informe del espacio del montacargas en el semisótano reacondicionado	106
Informe 13: Iluminación del espacio de oficinas en el semisótano	107
Informe 14: Iluminación del espacio de control/ oficina de la planta baja.....	107
Informe 15: Iluminación de los espacios de circulación, pasillos del semisótano	108
Informe 16: Iluminación de los dos laboratorios del semisótano	108
Informe 17: Iluminación de los espacios verdes y abiertos de la planta baja.....	109
Informe 18: Iluminación de las dos zonas del jardín vertical de la planta baja.....	109
Informe 19: Iluminación de los dos espacios cerrados de la planta baja.....	110
Informe 20: Iluminación del hidropónico en la planta baja.....	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Reflectancias y transmitancias de elementos constructivos del estado actual .	58
Tabla 2: Niveles de lúmenes contextualizados (Granger, 2018)	59
Tabla 3: Reflectancia y transmitancia del pavimento.....	66
Tabla 4: Reflectancia y transmitancia de elementos constructivos del reacondicionado	103

Tabla 5: Reflectancia y transmitancia del EFTE para la radiación solar y UV, en diferentes posiciones y en el momento inicial de la instalación (T0), a los tres meses de uso (T3) y a los seis meses (T6) (G. Maininia et al., 2013)	103
Tabla 6: Condiciones del termostato de cada zona climatizada	112
Tabla 7: Ventilación por hora recomendada por la ASHRAE (Robertson, 2022)	113
Tabla 8: Humedad relativa máxima anual por zonas	143
Tabla 9: Cargas máximas de calentamiento	149
Tabla 10: Carga máxima de enfriamiento	150
Tabla 11: Consumo anual por zonas	151
Tabla 12: Columnas del mercado de San Miguel.....	157
Tabla 13: Cargas permanentes actuales.....	160
Tabla 14: Nuevas características de las columnas del jardín botánico.....	164
Tabla 15: Cargas permanentes en el reacondicionado.....	166

LISTA DE SIMULACIONES

Simulación 1: Distribución de luminosidad en la planta baja	60
Simulación 2: Distribución de luminosidad en los altillos	61
Simulación 3: Distribución de luminosidad en el semisótano.....	61
Simulación 4: Temperatura seca del aire a 1 de enero	73
Simulación 5: Temperatura seca del aire a 11 de agosto.....	74
Simulación 6: Humedad relativa a 1 de abril	74
Simulación 7: Humedad relativa a 7 de junio.....	74
Simulación 8: Infiltración a 3 de julio	75
Simulación 9: Ventilación a 7 de marzo.....	75
Simulación 10: Movimiento de aire a 7 de junio las superficies de circulación de aire abierto y puestos de venta.....	75
Simulación 11: Movimiento del aire a 7 de junio en los espacios de maquinaria de la entreplanta	76
Simulación 12: Distribución de luminosidad en el semisótano reacondicionado	104
Simulación 13: Distribución de luminosidad en la planta baja reacondicionada.....	104
Simulación 14: Distribución de luminosidad en los altillos reacondicionados.....	104

Simulación 15: Temperatura Radiante Media a día 13 de enero a las 20hs	118
Simulación 16: Humedad relativa en la planta baja a 14 de marzo a las 20 hs	118
Simulación 17: Temperatura resultante del grupo HVAC 2 a 20 de julio a las 20 hs..	119
Simulación 18: Temperatura del aire seco a 25 de diciembre a las 20hs	119

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Temperaturas resultantes en el almacén por horas a lo largo de un año	77
Gráfica 2: Temperaturas resultantes en los pasillos del semisótano por horas a lo largo del año	77
Gráfica 3: Temperaturas resultantes de la sala del montacargas por horas a lo largo de un año	78
Gráfica 4: Temperaturas resultantes de los servicios por horas a lo largo de un año.....	78
Gráfica 5: Temperaturas resultantes de los puestos de venta del semisótano por horas a lo largo de un año	79
Gráfica 6: Temperaturas resultantes de la zona de venta por horas a lo largo de un año	79
Gráfica 7: Temperaturas resultantes de la zona de circulación del público y del aire entrante por horas a lo largo de un año.....	80
Gráfica 8: Temperaturas resultantes de la maquinaria y controles de los altillos por horas a lo largo de un año.....	81
Gráfica 9: Temperaturas resultantes de la cubierta por horas a lo largo de un año.....	81
Gráfica 10: Resultados aportados por EDSL TAS. HVAC de temperaturas y cargas térmicas de los primeros tres días del año	83
Gráfica 11: Temperaturas resultantes en el almacén por horas a lo largo de un año ...	121
Gráfica 12: Frecuencias de temperaturas resultantes en los almacenes	121
Gráfica 13: Temperaturas resultantes en el pasillo del semisótano por horas a lo largo de un año	122
Gráfica 14: Frecuencias de temperaturas resultantes en los pasillos del semisótano...	122
Gráfica 15: Temperaturas resultantes en el montacargas del semisótano por horas a lo largo de un año	123
Gráfica 16: Frecuencias de temperaturas resultantes en el montacargas del semisótano	123

Gráfica 17: Temperaturas resultantes en los servicios del semisótano por horas a lo largo de un año.....	124
Gráfica 18: Frecuencias de temperaturas resultantes en los servicios del semisótano .	124
Gráfica 19: Temperaturas resultantes en laboratorios del semisótano por horas a lo largo de un año.....	125
Gráfica 20: Frecuencias de temperaturas resultantes en los laboratorios del semisótano	125
Gráfica 21: Temperaturas resultantes en el recinto hidropónico por horas a lo largo de un año	126
Gráfica 22: Frecuencias de temperaturas resultantes en el recinto hidropónico	126
Gráfica 23: Temperaturas resultantes en el interior de la cubierta por horas a lo largo de un año	127
Gráfica 24: Frecuencias de temperaturas resultantes en el interior de la cubierta	127
Gráfica 25: Temperaturas resultantes en el interior de la cubierta transparente de EFTE por horas a lo largo de un año.....	128
Gráfica 26: Frecuencias de temperaturas resultantes en el interior de la cubierta transparente de EFTE	128
Gráfica 27: Temperaturas resultantes en áreas de circulación de aire en los altillos por horas a lo largo de un año.....	129
Gráfica 28: Frecuencias de temperaturas resultantes en áreas de circulación de aire en los altillos	129
Gráfica 29: Temperaturas resultantes en el jardín vertical por horas a lo largo de un año	130
Gráfica 30: Frecuencias de temperaturas resultantes en el jardín vertical	130
Gráfica 31: Temperaturas resultantes en espacios verdes no delimitados por horas a lo largo de un año	131
Gráfica 32: Frecuencias de temperaturas resultantes en espacios verdes no delimitados	131
Gráfica 33: Temperaturas resultantes en espacios verdes cerrados por horas a lo largo de un año	132
Gráfica 34: Frecuencias de temperaturas resultantes en espacios verdes cerrados	132

Gráfica 35: Temperaturas resultantes en la oficina- puesto de control en la planta baja por horas a lo largo de un año	133
Gráfica 36: Frecuencias de temperaturas resultantes en la oficina- puesto de control en la planta baja.....	133
Gráfica 37: Temperaturas resultantes en las oficinas del semisótano por horas a lo largo de un año.....	134
Gráfica 38: Frecuencias de temperaturas resultantes en las oficinas del semisótano...	134
Gráfica 39: Temperaturas resultantes en la maquinaria de los altillos por horas a lo largo de un año.....	135
Gráfica 40: Frecuencias de temperaturas resultantes en la maquinaria de los altillos .	135
Gráfica 41: Humedad relativa en la zona de circulación de los altillos por horas a lo largo de un año.....	139
Gráfica 42: Humedad relativa en la zona de espacios verdes no delimitados por horas a lo largo de un año	140
Gráfica 43: Humedad relativa en el jardín vertical por horas a lo largo de un año	140
Gráfica 44: Humedad relativa en el recinto hidropónico por horas a lo largo de un año	141
Gráfica 45: Humedad relativa en la cubierta conservada por horas a lo largo de un año	141
Gráfica 46: Humedad relativa en la cubierta de EFTE por horas a lo largo de un año	142
Gráfica 47: Humedad relativa en los almacenes por horas a lo largo de un año.....	142
Gráfica 48: Humedad relativa en los laboratorios por horas a lo largo de un año	143
Gráfica 49: Comparación anual de la humedad relativa exterior con la del laboratorio semisótano	144
Gráfica 50: Comparación anual de la humedad relativa exterior con la de los espacios verdes no delimitados - plantación	145
Gráfica 51: Carga sensible en el jardín vertical.....	146
Gráfica 52: Carga sensible en los espacios verdes no acotados	147
Gráfica 53: Carga sensible en el recinto hidropónico.....	147
Gráfica 54: Carga sensible en la cubierta de EFTE.....	148
Gráfica 55: Carga sensible en la cubierta conservada	148
Gráfica 56: Carga sensible en las áreas de circulación de aire en los altillos.....	149

Gráfica 57: Consumo mes a mes 150

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ABAD LIÑÁN, J. M. (2020, August 11). *Los mercados olvidados que volvieron moderno Madrid*. El País. https://elpais.com/politica/2020/08/10/sepa_usted/1597011914_253069.html
- [2] *Mercado de San Miguel durante la Guerra Civil Española*. (2020, March 31). [Fotografía]. Mercado de San Miguel Durante La Guerra Civil Española. https://www.instagram.com/p/B-Zew4aDgbY/?utm_source=ig_web_copy_link
- [3] Freire Antuña, F. S. (2021, July 2). *Mercado de San Miguel*. Facebook. <https://sw-ke.facebook.com/unsupportedbrowser>
- [4] Sarralde, J. L. (2022, February 18). *Cómo ir de tapas y visitar Mercado San Miguel: horarios*. Viajar a Madrid. <https://guias-viajar.com/madrid/capital/mercado-san-miguel-tapas-gastronomia/>
- [5] Lastras, J. (2009, June 4). *Cubierta del Mercado San Miguel* [Fotografía]. <https://www.flickr.com/photos/jlastras/3596472402/>
- [6] M. (2018, October 24). *La foto de la semana: Mercado de San Miguel 1951 | Editorial - Ediciones La librería*. <https://edicioneslallibreria.com/la-foto-de-la-semana-mercado-de-san-miguel-1951/>. <https://edicioneslallibreria.com/la-foto-de-la-semana-mercado-de-san-miguel-1951/>
- [7] Ecologistas en Acción de Madrid. (2022, January). *La calidad del aire en la ciudad de Madrid durante 2021*. https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2022/01/informe-calidad-aire_madrid-2021.pdf
- [8] CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. (2019, April 8). *Revisión de la Estrategia de Calidad del Aire y*

- Cambio Climático de la Comunidad de Madrid.*
https://Www.Comunidad.Madrid/Transparencia/Sites/Default/Files/Plan/Document/Revision_plan_azul_interactivo.Pdf.
https://www.comunidad.madrid/transparencia/sites/default/files/plan/document/revision_plan_azul_interactivo.pdf
- [9] INE - Instituto Nacional de Estadística. (2021). *INE - PM 10 Y PM2.5*.
https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259944618679&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout¶m1=PYSDetalleFichaIndicador¶m3=1259937499084
- [10] Dirección General de Salud Pública. (2020). *Ozono (O3) troposférico*.
https://Www.Comunidad.Madrid/Sites/Default/Files/Doc/Sanidad/Samb/C_atm_o3.Pdf.
https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/samb/c_atm_o3.pdf
- [11] *REGIONAL | Madrid I+D*. (2022, February 1). Soy de Madrid.
<https://www.soydemadrid.com/noticia-comunidad-de-madrid/madrid-es-la-region-espanola-que-invierte-mas-en-id-58782.aspx>
- [12] Gamez, M. J. (2022, May 24). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [13] Negri, M. C., & Hinchman, R. R. (1996, January). *Plants That Remove Contaminants From the Environment*. Watermark.Silverchair.Com
- [14] Wei, X., Lyu, S., Yu, Y., Wang, Z., Liu, H., Pan, D., & Chen, J. (2017). *Phylloremediation of Air Pollutants: Exploiting the Potential of Plant Leaves and*

- Leaf-Associated Microbes. *Frontiers in plant science*, 8, 1318.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01318>
- [15] Okano, K., & Totsuka, T. (1985). *ABSORPTION OF NITROGEN DIOXIDE BY SUNFLOWER PLANTS GROWN AT VARIOUS LEVELS OF NITRATE*. [https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1469-8137.1986.tb00831.x#:~:text=The%20leaves%20of%20plants%20can,atmosphere%20\(Hill%2C%201971\).](https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1469-8137.1986.tb00831.x#:~:text=The%20leaves%20of%20plants%20can,atmosphere%20(Hill%2C%201971).)
- [16] [Gubb, C. (2022, February 17). *Potted plants can remove the pollutant nitrogen dioxide indoors*. SpringerLink. https://link.springer.com/article/10.1007/s11869-022-01171-6?error=cookies_not_supported&code=a9e12cfc-6afe-49c6-8c9c-13487a365ab1
- [17] *Nitrogen dioxide*. (2021, September 29). Ministry for the Environment. <https://environment.govt.nz/facts-and-science/air/air-pollutants/nitrogen-dioxide-effects-health/#:~:text=Nitrogen%20dioxide%20is%20toxic%20to,dioxide%20can%20cause%20acid%20rain.>
- [18] Fan, S. (2018, November 21). *Field assessment of the effects of land-cover type and pattern on PM10 and PM2.5 concentrations in a microscale environment*. SpringerLink. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-3697-0?error=cookies_not_supported&code=089688cd-72e9-4ea2-bb75-6be46e2115ee
- [19] Cho, R. (2022, February 3). *How Climate Change Will Affect Plants*. State of the Planet. <https://news.climate.columbia.edu/2022/01/27/how-climate-change-will-affect-plants/>

- [20] Carusetta, S. (2020, November 17). *Plants That Absorb Pollutants*. Home Guides | SF Gate. <https://homeguides.sfgate.com/plants-absorb-pollutants-68200.html>
- [21] Hu, X., Wei, X., Ling, J., & Chen, J. (2021). *Cobalt: An Essential Micronutrient for Plant Growth?*. *Frontiers in plant science*, 12, 768523. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.768523>
- [22] Mulay, J. R. M. (2020, August). *Roadside Plants as Bio-indicators of Urban Air Pollution*. <https://doi.org/10.32628/IJSRST1207482>
- [23] Querol, X. (2018). *La calidad del aire en las ciudades*. <http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>
- [24] WWF. (2021). *Informe. Un eco-despertar global: conciencia, compromiso y acciones en*. <https://www.wwf.es/?57160/Un-eco-despertar-global-conciencia-compromiso-y-acciones-en-torno-a-la-naturaleza>.
- [25] *Invernadero del Palacio de Cristal de Arganzuela*. (2022, July 6). Minube. <https://www.minube.com/rincon/invernadero-palacio-de-cristal-de-la-arganzuela-madrid-a193931>
- [26] *Carbon monoxide*. (2021, September 29). Ministry for the Environment. <https://environment.govt.nz/facts-and-science/air/air-pollutants/carbon-monoxide-effects-health/>
- [27] Dirección General de Revisión del Plan General. (2012). *Revisión del plan general - Evaluación del PGOU 1997*. https://www.madrid.es/UnidadWeb/Contenidos/Navegaciones/PGOU/Legislacion/EVALUACION_PG97.pdf

- [28] Comunidad de Madrid. (2021). *Planeamiento - Comunidad de Madrid*. Planeamiento Urbanístico. <http://idem.madrid.org/cartografia/sitcm/html/visor.htm>
- [29] Dirección General de Planeamiento. (2021, June 8). *Compendio-2021 de las Normas Urbanísticas del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1997. (actualizado 08-06-2021) - Portal de transparencia del Ayuntamiento de Madrid*. Normas Urbanísticas del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1997. <https://transparencia.madrid.es/portales/transparencia/es/Transparencia-por-sectores/Urbanismo/Planeamiento-urbanistico/Compendio-2021-de-las-Normas-Urbanisticas-del-Plan-General-de-Ordenacion-Urbana-de-Madrid-de-1997-actualizado-08-06-2021-/?vgnextfmt=default&vgnextoid=8099016e7dddf510VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnnextchannel=eae9508929a56510VgnVCM1000008a4a900aRCRD>
- [30] *Bloques AutoCAD Gratis y Tutoriales*. (2022). DWGAutoCAD. <https://www.dwgautocad.com/>
- [31] *Bloques AutoCAD Gratis, descarga +120k bloques*. (2022). Bibliocad. <https://www.bibliocad.com/>
- [32] *iCADBLOCK - CAD Block free download, DWG models in plan , elevation*. (2022, May 16). iCADBLOCK. <https://icadblock.com/>
- [33] *EnergyPlus*. (1989). Energyplus. <https://energyplus.net/weather>
- [34] Granger, K. (2018, March 28). *Lux Levels Chart*. IP CCTV Forum for IP Video, Network Cameras & CCTV Software. <https://www.use-ip.co.uk/forum/threads/lux-levels-chart.1818/>

- [35] *Aperture Types.* (n.d.). EDSL TAS.
https://www.edsl.net/htmlhelp/Building_Simulator/ApertureTypes1.htm
- [36] *Constructions.* (n.d.). EDSL TAS.
https://www.edsl.net/htmlhelp/Building_Simulator/General8.htm
- [37] *Internal Conditions — Tas Building Simulator 9.5.4 documentation.* (n.d.). EDSL TAS. <https://docs.edsl.net/tbd/CoreConcepts/Internal%20Conditions.html>
- [38] *Tipos de cubiertas para invernaderos.* (2020, June 22). Inveurop.
<https://inveurop.com/es/tipos-de-cubiertas-para-invernaderos/>
- [39] López Hernández, J. C. (n.d.). *Materiales de cubierta para invernaderos, desarrollo de nuevas formulaciones.* Infoagro.
https://infoagro.com/hortalizas/materiales_cubierta_invernaderos2.htm
- [40] García-Germán, J. (2017). *Xerophytic plant greenhouse and garden + I+D programme + ludic-educational programme.*
<https://www.garciagerman.com/desert-city>
- [41] HINCAPIÉ LÓPEZ, J. (2021). *Arquitectura tensada.* UAH.
https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/49649/TFG_Hincapie_Lopez_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [42] Vimercati, S. (n.d.). *Ampliamento Orto Botanico di Padova.* Promozioneacciaio. <https://www.promozioneacciaio.it/cms/it6828-ampliamento-orto-botanico-di-padova.asp#prettyPhoto>
- [43] *Eden Project.* (n.d.). Edenproject. <https://www.edenproject.com/>
- [44] Alhariri, E. (2022a, March 10). *Asientos simples.* Instagram.
<https://www.instagram.com/p/Ca7PB0CPAV8/?hl=es>

- [45] Alhariri, E. (2022b, June 28). *Asientos dobles*. Instagram. <https://www.instagram.com/p/CfWbg9GPy6B/?hl=es>
- [46] *Bamboo Parametric Pavilion*. (2022, June 19). Parametric House. <https://parametrichouse.com/bamboo-parametric-pavilion/>
- [47] Wanderley, V. (n.d.). *I will parametric design anything for you in grasshopper*. Fiverr. <https://www.fiverr.com/victorwanderley/parametric-design-anything-for-you>
- [48] G. Maininia, A., Polia, T., Paolinia, R., Zinzib, M., & Vercesia, L. (2013, September). *Transparent multilayer ETFE panels for building envelope*. ScienceDirect. https://www.researchgate.net/publication/273413298_Transparent_Multilayer_ETFE_Panels_for_Building_Envelope_Thermal_Transmittance_Evaluation_and_Assessment_of_Optical_and_Solar_Performance_Degradation_due_to_Soiling/fulltext/554825560cf26a7bf4dab8f3/Transparent-Multilayer-ETFE-Panels-for-Building-Envelope-Thermal-Transmittance-Evaluation-and-Assessment-of-Optical-and-Solar-Performance-Degradation-due-to-Soiling.pdf
- [49] ASHRAE and ANSI. (2021, October 29). *Climatic Data for Building Design Standards*. ASHRAE.Org. https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/169_2020_a_20211029.pdf
- [50] The Chartered Institution of Building Services Engineers London. (2017, October). *Environmental design CIBSE Guide A*. Appendix 5.A2 - IRGEA.COM. <http://ierga.com/hr/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/CIBSE-Guide-A-Environmental-design.pdf>

- [51] Robertson, P. (2022, March 21). *ASHRAE Recommended Air Changes Per Hour*. Smart Air. <https://smartairfilters.com/en/blog/ashrae-air-changes-per-hour-office-residential/>
- [52] QUIRON. (2018, June 5). *Temperatura en la oficina*. Quirónprevención. [https://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/temperatura-oficina-ideal#:~:text=La%20temperatura%20operativa%20recomendada%20seg%C3%BAn,24%20%C2%BAC%20seg%C3%BAn%20el%20INSHT\).](https://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/temperatura-oficina-ideal#:~:text=La%20temperatura%20operativa%20recomendada%20seg%C3%BAn,24%20%C2%BAC%20seg%C3%BAn%20el%20INSHT).)
- [53] Hui, S. C. M. (2017, October). *Variable refrigerant flow (VRF) systems*. Faculty of Science and Technology. http://ibse.hk/SBS5311/SBS5311_1718_08-VRF.pdf
- [54] *What Is VRF in HVAC?* | *Ferguson.com*. (2022, June). VRF FERGUSON. <https://www.ferguson.com/content/trade-talk/tricks-of-the-trade/what-is-a-vrf-system>
- [55] ASHRAE. (2016). *2016 ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment*. ASHRAE Handbook. <http://arco-hvac.ir/wp-content/uploads/2016/11/ASHRAE-Handbook-2016-HVAC-Systems-and-EquipmentIP.pdf>
- [56] *Tipos de sistemas hidropónicos para cultivar – Generación Verde*. (2017, April 8). generacionverde. <https://generacionverde.com/blog/hidroponia/tipos-de-sistemas-hidroponicos/>
- [57] GSKY. (n.d.). *VERSA WALL* GSKY. <https://gsky.com/wp-content/uploads/2021/09/versa-wall-specs.pdf>
- [58] *Qué es un muro verde: definición, beneficios, diseño y espacio verde*. (2022, April 26). afrazgarden.

- <https://afrazgarden.ir/%D8%AF%DB%8C%D9%88%D8%A7%D8%B1-%D8%B3%D8%A8%D8%B2/>
- [59] *EL MODERNISMO EN MADRID*. (2016, October 14). <http://malloryeverest.blogspot.com/2015/10/>
- [60] *El Mercado De San Miguel - Picture gallery 7*. (2007). Archilovers. <https://www.archilovers.com/projects/140686/el-mercado-de-san-miguel-gallery?1140218>
- [61] Page, C. (n.d.). *Recuperar Madrid- EL ÚLTIMO SUPERVIVIENTE EN MADRID*. Riarte. <https://www.riarte.es/bitstream/handle/20.500.12251/642/BIA%20264%20MAYO-10.%2040-45.%20Mercado%20de%20San%20Miguel.%20El%20%C3%BAltimo%20superviviente%20en%20Madrid..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [62] Lozano Apolo, G., & Lozano Martínez-Luengas, A. (1996). *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Antiguos entramados de fundición*. Sedhc.Es. http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC1_047_1.pdf
- [63] Tensolite. (2020, July 2). *Capas de compresión | Blog | Tensolite*. <https://tensolite.com/blogs/98/capas-compresion>
- [64] Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones en la edificación (SE -AE). 2009
- [65] Código Técnico de la Edificación (CTE) Seguridad estructural Acero (SE-A). 2008
- [66] *Geosintéticos en techos verdes o cubiertas vegetales*. (n.d.). Texdelta. <https://texdelta.com/blog/geosinteticos-en-techos-verdes-o-cubiertas-vegetales/>

- [67] Código Técnico de la Edificación (CTE) Salubridad (DB-HS). 2022
- [68] Normas Tecnológicas de la Edificación NTE – ISS Saneamiento
<https://ingemecanica.com/legisla/objetos/nte/nte-iss.pdf>
- [69] Normas Tecnológicas de la Edificación NTE – IFF Agua Fría
<https://ingemecanica.com/legisla/objetos/nte/nte-iff.pdf>
- [70] Normas Tecnológicas de la Edificación NTE – IFR Riego
<https://ingemecanica.com/legisla/objetos/nte/nte-ifr.pdf>
- [71] EMAESA. (n.d.). *PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN PARA LAS INSTALACIONES DEL NUEVO CENTRO DE TRABAJO EN CORIA DEL RÍO. EXPTE. 223/18.*
 Contrataciondelestado.Es.
<https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/5e7e90b3-e3c2-41a8-80ec-1a08c6691af7/DOC20181003104606PPTP+22318+Anexo+I+Presupuesto.pdf?MOD=AJPERES>

ANEXO 1

TABLAS DE PROPORCION RADIANTE Y COEFICIENTES RADIANTES

Categoría de emisor	Tipo de emisor	Proporción radiante
Calefacción	Calentadores De Aire Caliente, Aire Acondicionado	0.00
	Convectores	0.10
	Natural	0.10
	Tipo de radiador	
	Radiadores	0.20
	Varias columnas	0.30
	dobles y triples	0.30
	Columna doble	0.50
	Una sola columna	0.50
	Sistemas de calentamiento de pisos	0.15
	Calentadores de almacenamiento en bloque	
	Paneles calefactores	
	Muro	0.67
	Techo	0.67
	Sistemas Radiantes de Alta Temperatura	0.90
Enfriamiento	Aire acondicionado	0.00
	Enfriadores de paneles	
	Muro	0.58
	Techo	0.58
	Vigas frías	0.15
Luces	Tungsteno	0.80
	Fluorescente	0.48
ocupantes		0.20
Equipo		0.10

VIEW COEFFICIENTS							
Emitter Category	Emitter Type	Formula	Typical values (per sq. ft.)				
			P_s	P_L	P_{∞}	View Coeff.	
Heating	Warm Air Heaters, Air Radiators, Storage Heaters	6.4-3	1.000	0.500	1.000	-	0.240 ^a
	Wall Panel Heaters	6.4-3	1.000	1.000	1.000	-	0.496
	Ceiling Panel Heaters	6.4-1	1.000	1.000	1.000	-	0.519
	High Temperature Radiant Systems	6.4-2	0.316	1.000	-	-	0.816
	Floor Warming Systems	6.4-1	1.000	0.500	1.000	-	0.260
Cooling	Air Conditioning	-	-	-	-	-	N/A
	Wall Panel Coolers	6.4-3	1.000	1.000	1.000	-	0.496
	Ceiling Panel Coolers, Chilled Beams	6.4-1	1.000	1.000	1.000	-	0.519 ^b
Lights	Tungsten						
	Ceiling lighting	6.4-1	0.360	1.000	1.000	-	0.589
	Task lighting	6.4-4	0.360	0.500	-	1.000	0.182
	Fluorescent						
	Ceiling lighting	6.4-1	0.543	1.000	1.000	-	0.490 ^d
	Task lighting	6.4-4	0.543	0.500	-	1.000	0.175
Occupants		6.4-4	1.000	0.500	-	1.218 ⁽¹⁾	0.227 ^d
Equipment	Equipment distributed over	6.4-4	1.000	1.000	-	1.000	0.372 ^d
	Equipment distributed perimeter of room	6.4-3	1.000	1.000	0.250	(⁽²⁾) -	0.124

TABLAS DE IRRADIANCIA EN INSTALACIONES

Lighting system	Type of control gear	Average installed power in W / m ²
direct general lighting with built-in and built-on luminaires with standard fluorescent lamps	conventional electronic	14.5 11.5
direct general lighting with built-in and built-on luminaires with T5 fluorescent lamps and high efficiency mirror optics	conventional electronic	11.5 8
direct general lighting with built-in and built-on luminaires with compact fluorescent lamps	CFL	15/16
general lighting with built-in and built-on luminaires with indirect lighting via a reflector in the luminaires		15/16
indirect general lighting luminaires fitted with (compact) fluorescent lamps	TL	11.5
limited indirect general lighting luminaires, locally supplemented by workplace luminaires		9.5
limited indirect general n additional local lighting with standing luminaires		15/16
limited indirect general lighting and additional local lighting luminaires in combination with standing luminaires		12.5

Space Definitions	Office Open Plan
People Per 100 Sq Meter	3.5
People Sensible Heat Gain (W/person)	73
People Latent Gain (W/person)	59
People Sensible Heat Gain IP (Btuh/person)	250
People Latent Heat Gain IP (Btuh/person)	200
Lighting Load Density (W/sqMeter)	11.84
Power Load Density (W/sqMeter)	16.1
Electrical Equipment Radiant Percentage	0.3
Carpet (Y/N)	Y

ANEXO 2

TABLAS DE PESO PROPIO

ELEMENTO CONSTRUCTIVO (Carga superficial)		PESO (KN/m ²)
Forjados	Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2,0
	Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3,0
	Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4,0
	Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5,0
	Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5,0

Cubiertas (peso en proyección horizontal)	Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
	Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
	Faldones de teja sobre tableros (baldos) y tabiques palomeros	3,0
	Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
	Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5

Materiales y elementos	Peso kN/m ²
Tablero de madera, 25 mm espesor	0,15
Tablero de rasilla, una hoja	
una hoja sin revestir	0,40
una hoja más tendido de yeso	0,50
Tejas planas (sin enlistonado)	
ligeras (24 kg/pieza)	0,30
corrientes (3,0 kg/pieza)	0,40
pesadas (3,6 kg/pieza)	0,50
Tejas curvas (sin enlistonado)	
ligeras (1,6 kg/pieza)	0,40
corrientes (2,0 kg/pieza)	0,50
pesadas (2,4 kg/pieza)	0,60
Vidriera (incluida la carpintería)	
vidrio normal, 5 mm espesor	0,25
vidrio armado, 6 mm espesor	0,35

TABLAS DE VALORES DE LAS SOBRECARGAS DE USO

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁶⁾	0,4 ⁽⁶⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

(1) Deben descomponerse en dos cargas concentradas de 10 kN separadas entre sí 1,8 m. Alternativamente dichas cargas se podrán sustituir por una sobrecarga uniformemente distribuida en la totalidad de la zona de 3,0 kN/m² para el cálculo de elementos secundarios, como nervios o viguetas, doblemente apoyados, de 2,0 kN/m² para el de losas, forjados reticulados o nervios de forjados continuos, y de 1,0 kN/m² para el de elementos primarios como vigas, ábacos de soportes, soportes o zapatas.

(2) En cubiertas transitables de uso público, el valor es el correspondiente al uso de la zona desde la cual se accede.

(3) Para cubiertas con una inclinación entre 20° y 40°, el valor de q_k se determina por interpolación lineal entre los valores correspondientes a las subcategorías G1 y G2.

(4) El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.

(5) Se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m².

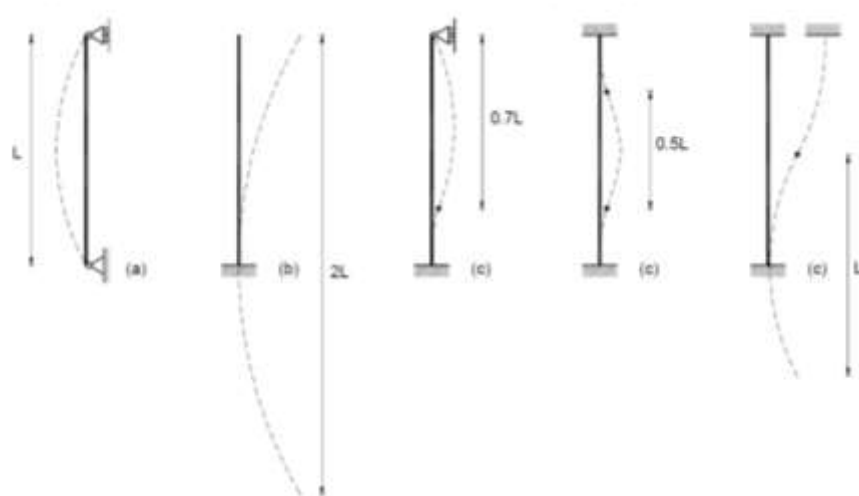
(6) Se puede adoptar un área tributaria inferior a la total de la cubierta, no menor que 10 m² y situada en la parte más desfavorable de la misma, siempre que la solución adoptada figure en el plan de mantenimiento del edificio.

(7) Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,2	SanSebas-	0	0,5
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,7	tián/Donostia	0	0,3
Badajoz	180	1,0	León	820	0,4	Santander	1.000	0,3
Barcelona	0	0,2	Lérida / Lleida	150	1,2	Segovia	10	0,7
Bilbao / Bilbo	0	0,4	Logroño	380	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,6	Soria	0	0,9
Cáceres	440	0,7	Madrid	660	0,7	Tarragona	0	0,4
Cádiz	0	0,6	Málaga	0	0,6	Tenerife	950	0,2
Castellón	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	550	0,9
Ciudad Real	640	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	0	0,5
Córdoba	100	0,6	Orense / Ourense	130	0,2	Valencia/València	690	0,2
Coruña / A Coruña	0	0,4	Oviedo	230	0,4	Valladolid	520	0,4
Cuenca	1.010	0,3	Palencia	740	0,5	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Gerona / Girona	70	1,0	Palma de Mallorca	0	0,4	Zamora	210	0,4
Granada	690	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
		0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla		0,2

COEFICIENTES DE PANDEO



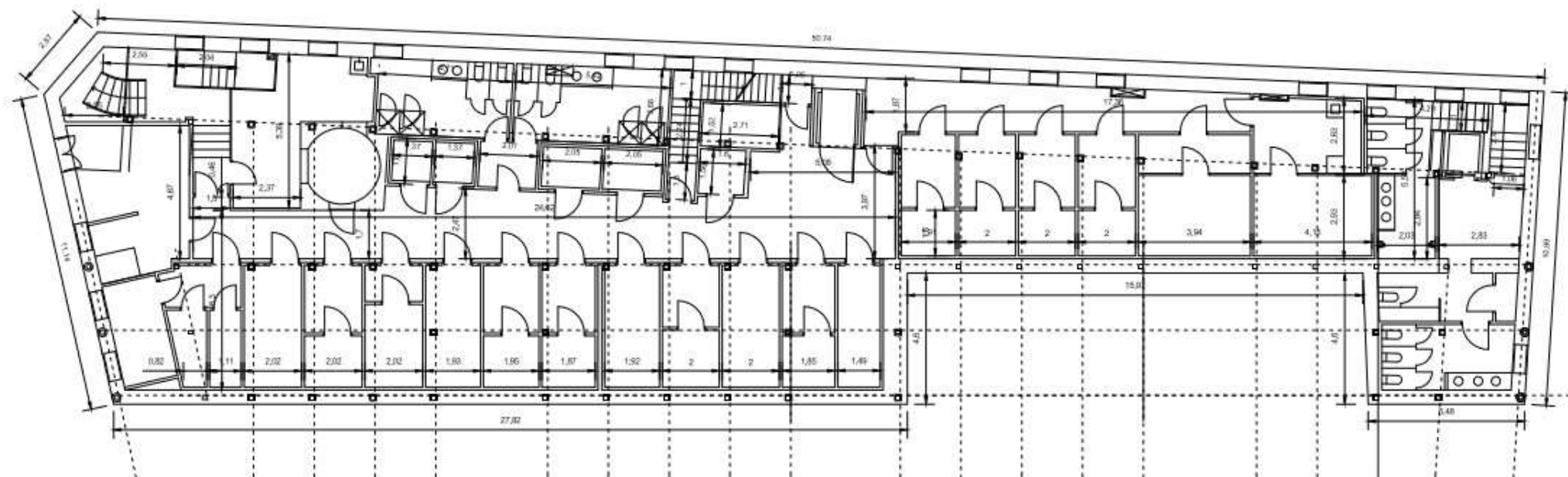
TABLAS DE DIÁMETROS PARA CALCULAR TUBERÍAS SEGÚN LA NORMA TECNOLÓGICA DE LA EDIFICACIÓN

m ² de superficie de cubierta			Zona pluviométrica		inodoros, vertederos y placas turcas		N.º de inodoros, vertederos y placas turcas		D										
Zona X	Zona Y	Zona Z	Pendiente de la tubería en %		N.º de aparatos instalados excepto inodoros, vertederos y placas turcas.		N.º de aparatos instalados excepto inodoros, vertederos y placas turcas.		Diámetro D mm										
1000	665	445	247	80	14	0				300									
900	600	400	284	117	50	0				250									
800	535	355	300	134	67	0				200									
700	465	310	307	140	74	7	0			150									
600	400	265	350	184	117	50	0			100									
500	335	220	397	230	164	97	30	0		80									
400	265	175	425	259	192	125	59	25	9	60									
300	200	135	440	274	207	140	74	40	24	50									
200	135	90	464	297	230	164	97	64	47	40									
150	100	65	474	308	241	174	108	74	58	30									
100	65	45	484	317	250	184	117	84	67	20									
75	50	35	489	322	255	189	122	89	72	10									
50	35	25	493	326	260	193	126	89	76	5									
30	20	15	497	330	264	197	130	97	80	0									
20	15	10	498	331	265	198	131	98	81	0									
10	5	5	499	332	266	199	132	99	82	0									
0	0	0	500	334	267	200	134	100	84	0									
1,5 %	10	22	27	32	37	40	41	42	43	45	46	46	47	48	48	49	49	49	300
	0	7	12	17	22	25	26	27	28	30	31	31	32	33	33	33	34	34	250
		0	1	6	11	14	15	16	17	19	20	20	21	22	22	22	23	23	200
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	150
												0	0	0	0	0	0	0	100
3 %	26	41	46	52	58	61	62	64	65	66	67	68	68	69	70	70	71	71	300
	5	20	25	31	37	40	41	43	44	45	46	47	47	48	49	49	50	50	250
	0	3	8	14	20	23	24	26	27	28	29	30	30	31	32	32	33	33	200
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3	150
											0	0	0	0	1	1	2	2	100
5 %	49	66	73	79	88	89	91	93	94	96	97	97	98	99	99	99	100	100	300
	18	35	42	48	55	58	60	62	63	66	66	66	67	68	69	69	70	70	250
	0	11	18	24	31	34	36	38	39	41	42	42	43	44	45	45	46	46	200
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	4	5	5	6	6	150
										0	0	0	0	0	1	2	2	2	100
7 %	81	101	109	117	125	129	131	133	135	137	138	139	140	140	141	141	143	143	300
	37	57	66	73	81	85	87	89	91	93	94	95	96	96	98	98	99	99	250
	0	20	31	39	47	51	53	55	57	59	60	61	62	62	64	64	66	66	200
	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	150
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
10% a 100 %	285	327	344	370	377	385	389	394	398	402	404	405	407	409	409	412	412	415	300
	160	202	210	235	262	260	264	269	273	277	270	280	280	284	286	287	287	290	250
	58	100	117	133	150	158	162	167	171	175	177	178	180	182	182	184	184	185	200
	0	0	0	0	2	5	6	7	8	10	10	11	11	12	12	14	14	15	150
					0	1	2	3	4	6	6	7	7	8	8	9	9	10	125
>100 %	207	257	277	297	317	327	332	337	342	347	349	351	353	355	357	357	357	360	300
	79	129	149	169	189	199	204	209	214	219	221	223	225	227	227	230	230	234	250
	0	0	0	5	12	15	17	19	20	22	23	23	24	25	25	26	26	28	200
				0	4	7	9	11	12	14	15	15	16	17	17	18	18	20	150
				0	1	3	5	6	8	9	9	10	10	11	11	13	13	15	100
Número de inodoros, vertederos y placas turcas.										Diámetro D mm									
v Diámetro excesivo																			

ANEXO 4: PLANOS

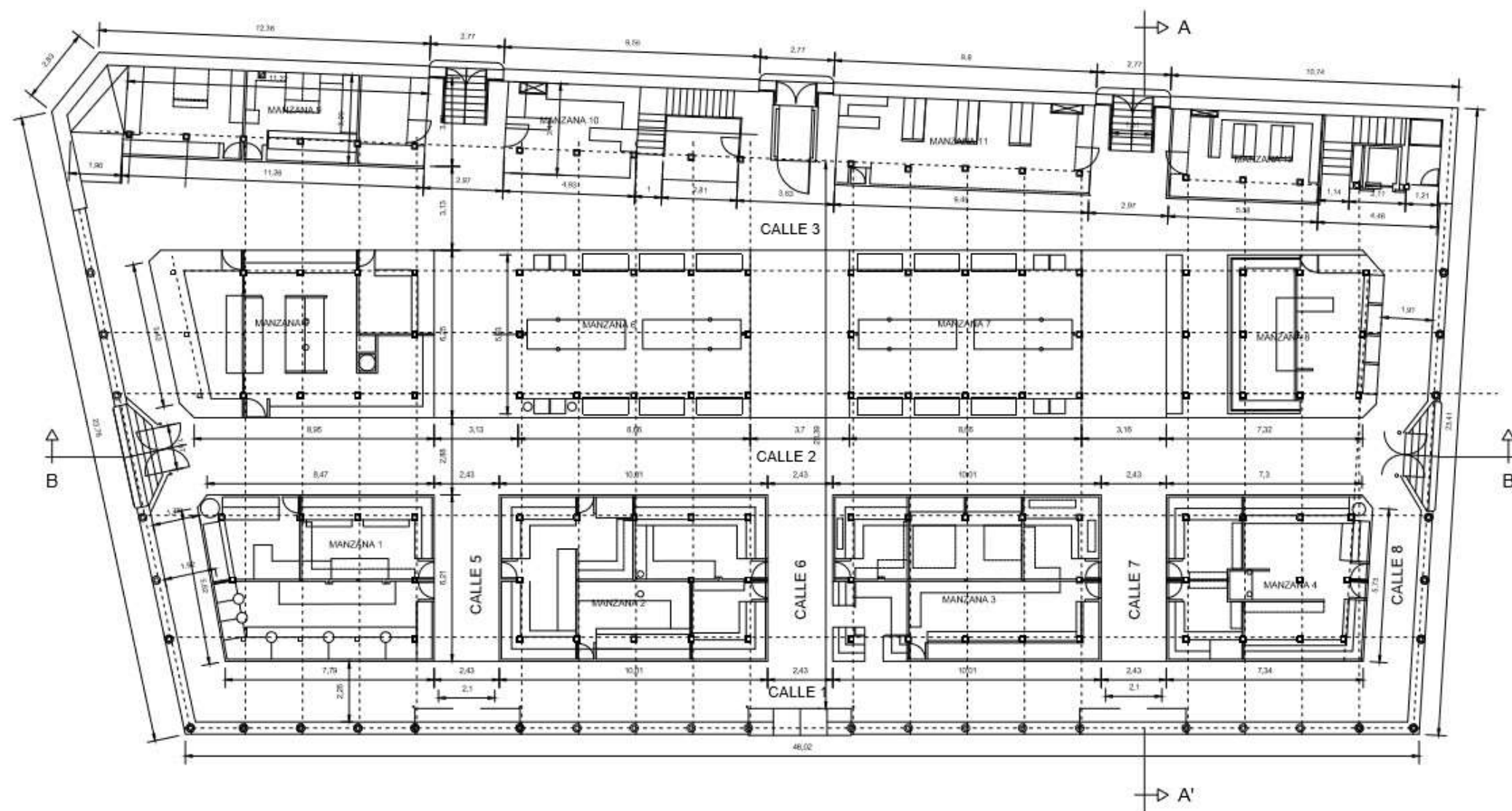


TRABAJO DE FIN DE GRADO	PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL	
	INGENIERA INDUSTRIAL	UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI
	SARA RUIZ ASURMENDI	
	SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID	
	PLANO N° 01	SITUACION
FECHA	MADRID, FEBRERO 2022	ESCALA 1/100



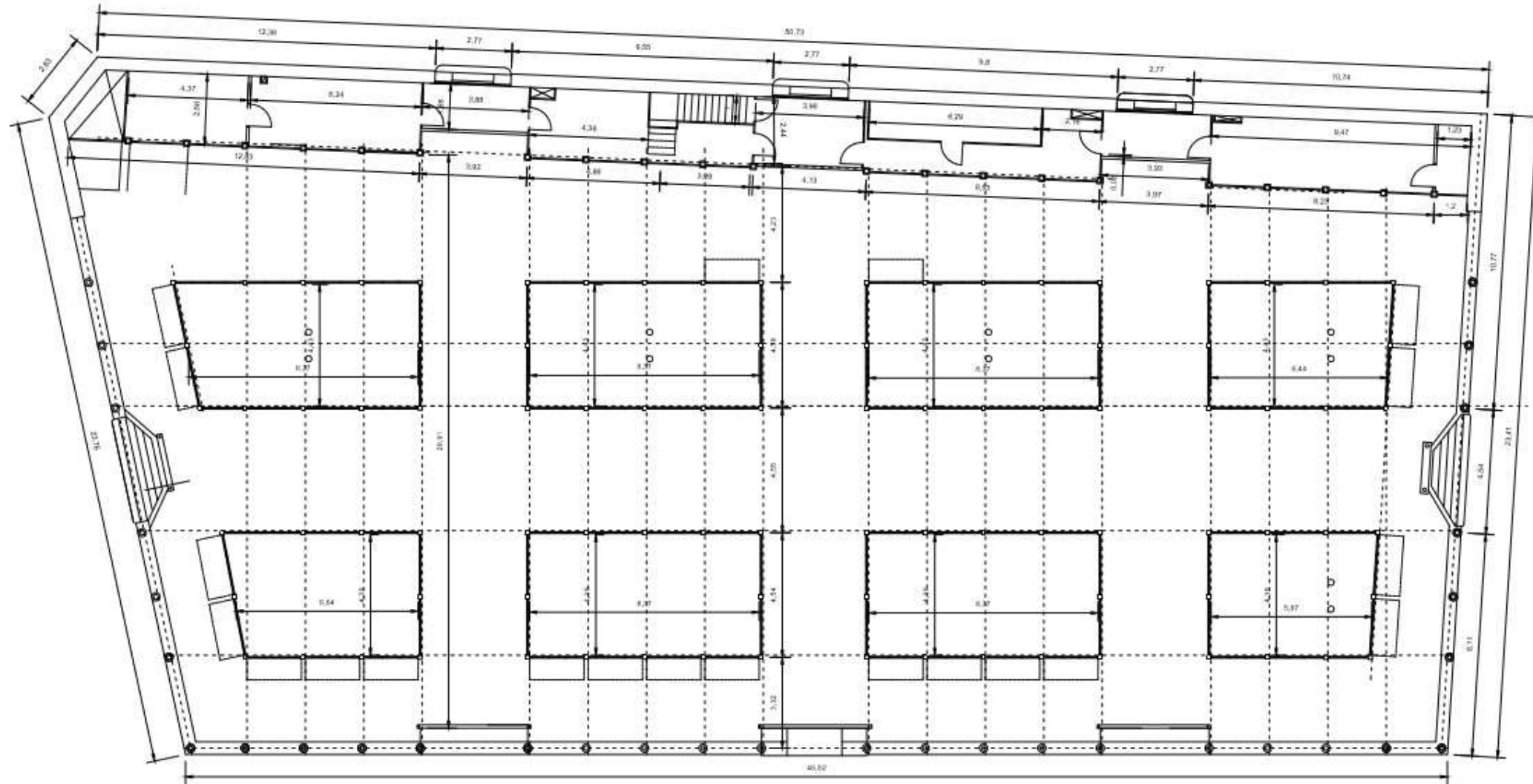
TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL			
INGENIERA INDUSTRIAL		UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI	
SARA RUIZ ASURMENDI			
SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID			
PLANO N.º	PLANTA SEMISÓTANO DISTRIBUCION ACTUAL		
02			
FECHA	MADRID, FEBRERO 2022	ESCALA	1/100



TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL			
INGENIERA INDUSTRIAL		UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI	
SARA RUIZ ASURMENDI			
SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID			
PLANO N.º	PLANTA BAJA DISTRIBUCION ACTUAL		
03			
FECHA	MADRID, FEBRERO 2022	ESCALA	1/100



TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL

INGENIERA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD
PONTIFICIA DE
COMILLAS ICAI

SARA RUIZ ASURMENDI

SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID

PLANO N°

04

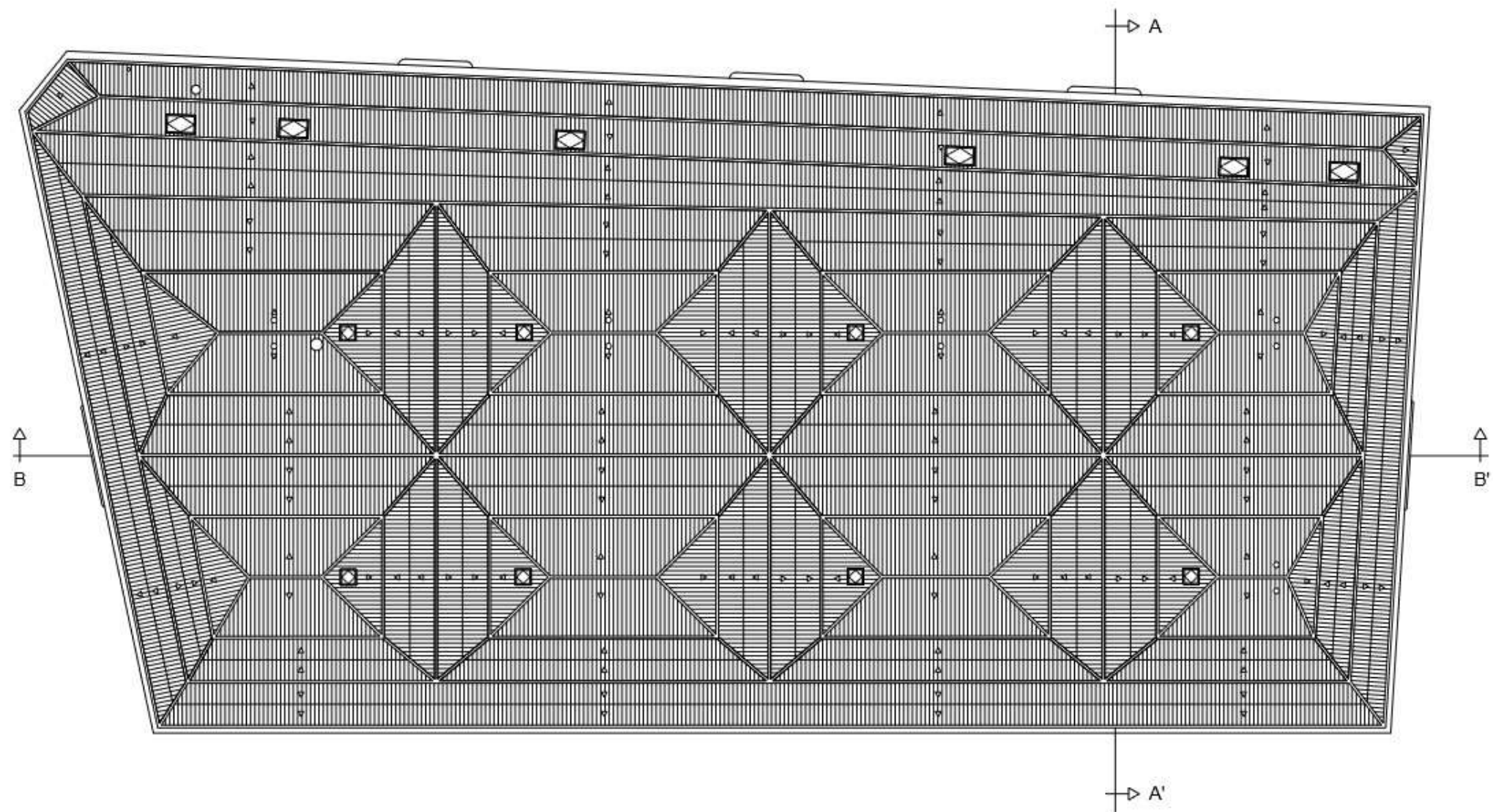
PLANTA ENTREPLANTA Y ALTILLOS
DISTRIBUCION ACTUAL

FECHA

MADRID, FEBRERO 2022

ESCALA

1/100



TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL

INGENIERA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD
PONTIFICIA DE
COMILLAS ICAI

SARA RUIZ ASURMENDI

SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID

PLANO N.º

05

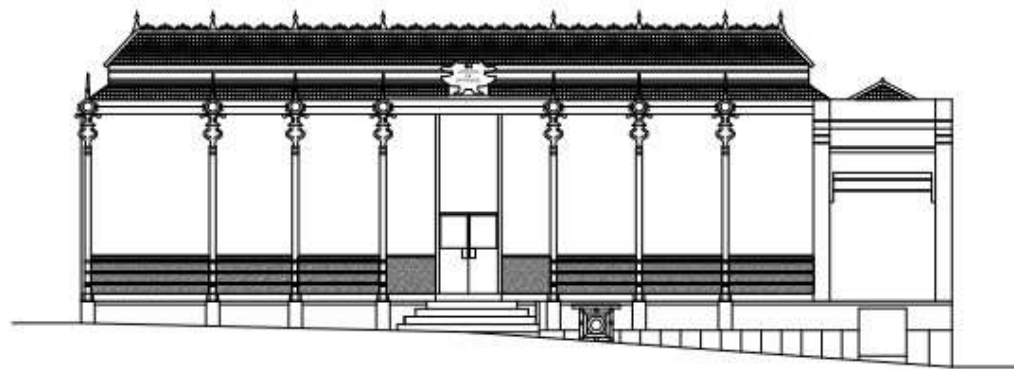
PLANTA DE CUBIERTA

FECHA

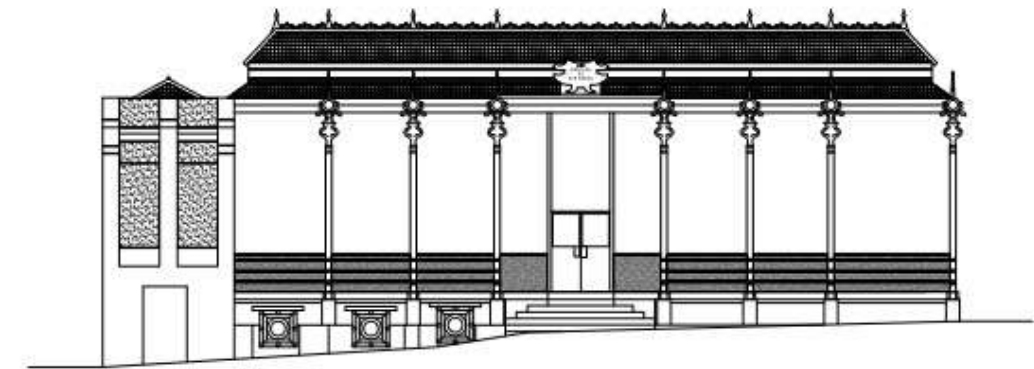
MADRID, FEBRERO 2022

ESCALA

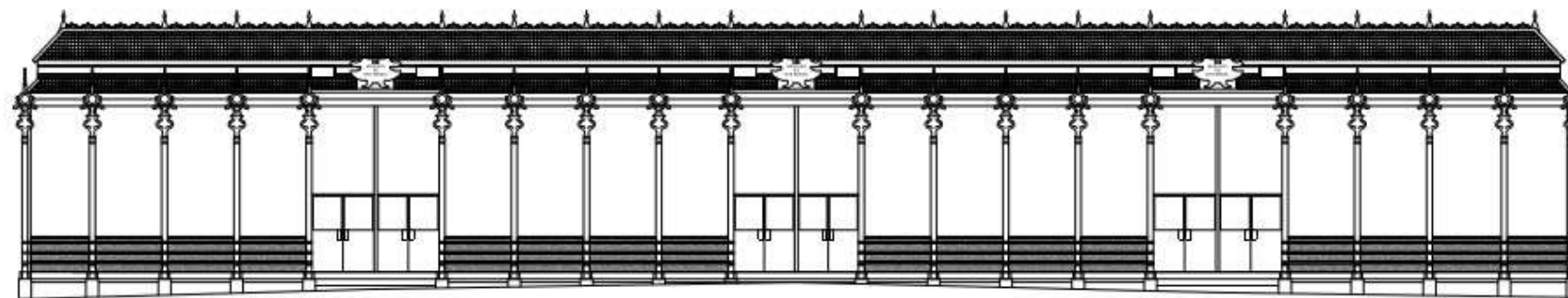
1/100



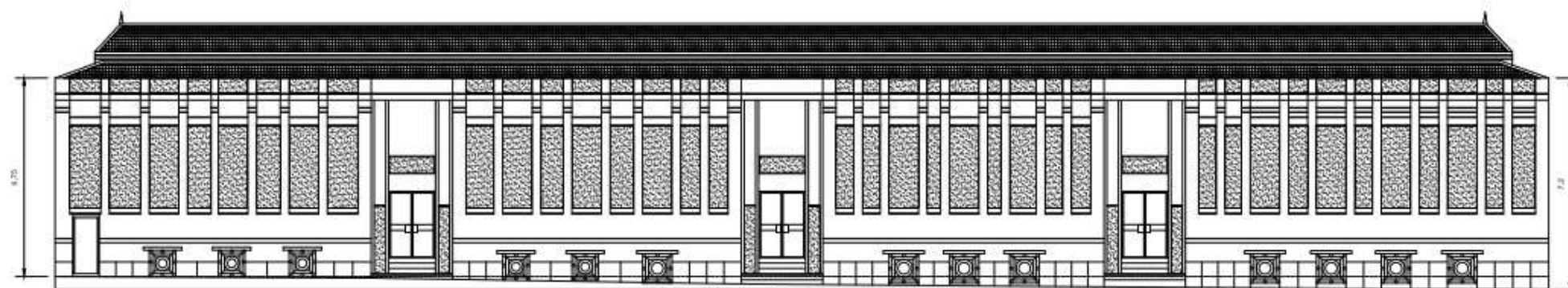
ALZADO OESTE



ALZADO ESTE



ALZADO SUR



ALZADO NORTE

TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL

INGENIERA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD
PONTIFICIA DE
COMILLAS ICAI

SARA RUIZ ASURMENDI

SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID

PLANO N °

06

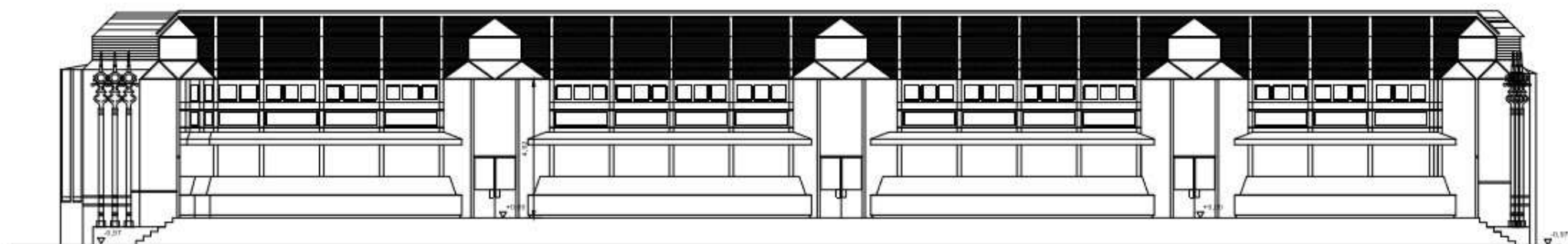
ALZADOS
ESTADO ACTUAL

FECHA

MADRID, FEBRERO 2022

ESCALA

1/100



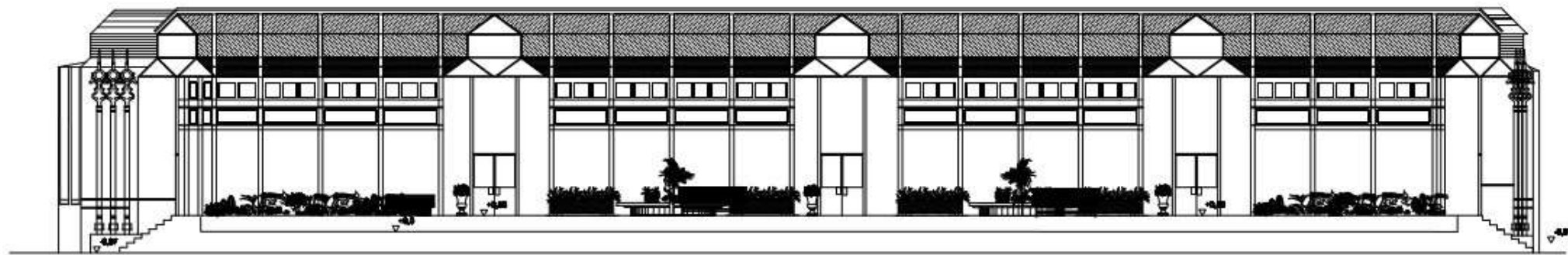
SECCION B-B'



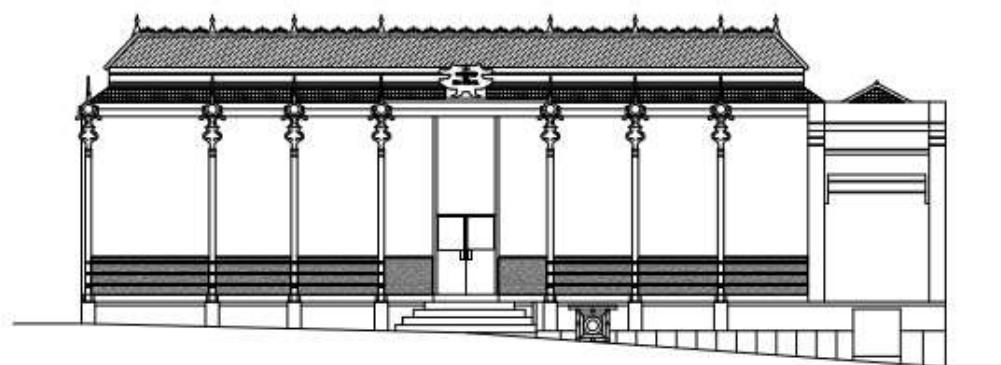
SECCION A-A'

TRABAJO DE FIN
DE GRADO

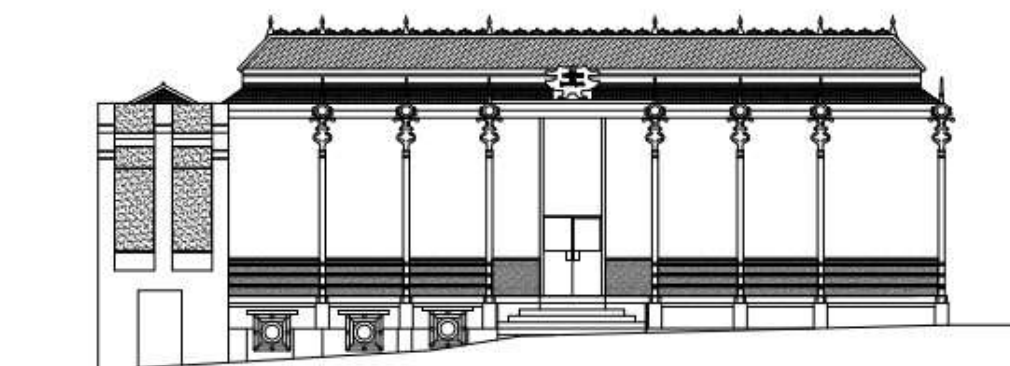
PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL			
INGENIERA INDUSTRIAL		UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI	
SARA RUIZ ASURMENDI			
SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID			
PLANO N.º	SECCIONES ESTADO ACTUAL		
07			
FECHA	MADRID, FEBRERO 2022	ESCALA	1/100



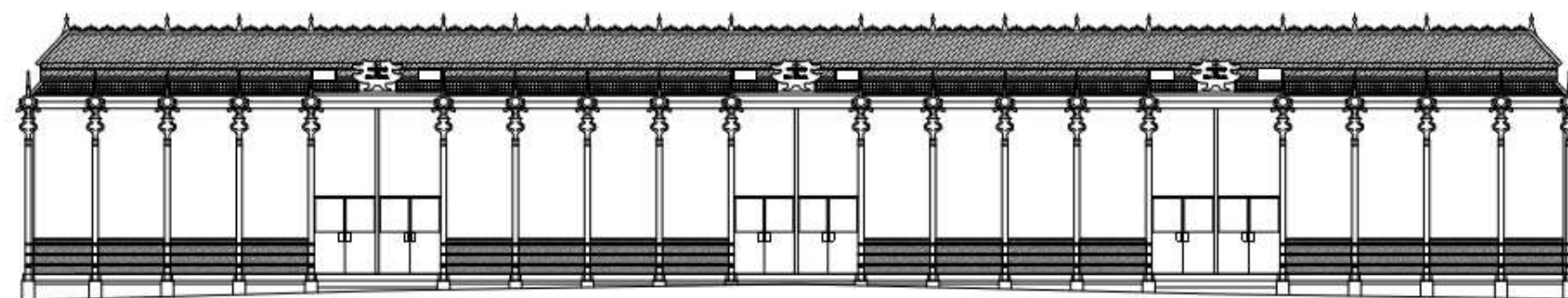
SECCION B-B'



ALZADO OESTE



ALZADO ESTE



ALZADO SUR



SECCION A-A'

TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL

INGENIERA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD
PONTIFICIA DE
COMILLAS ICAI

SARA RUIZ ASURMENDI

SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID

PLANO N°

01

SECCIONES Y ALZADOS
ESTADO REACONDICIONADO

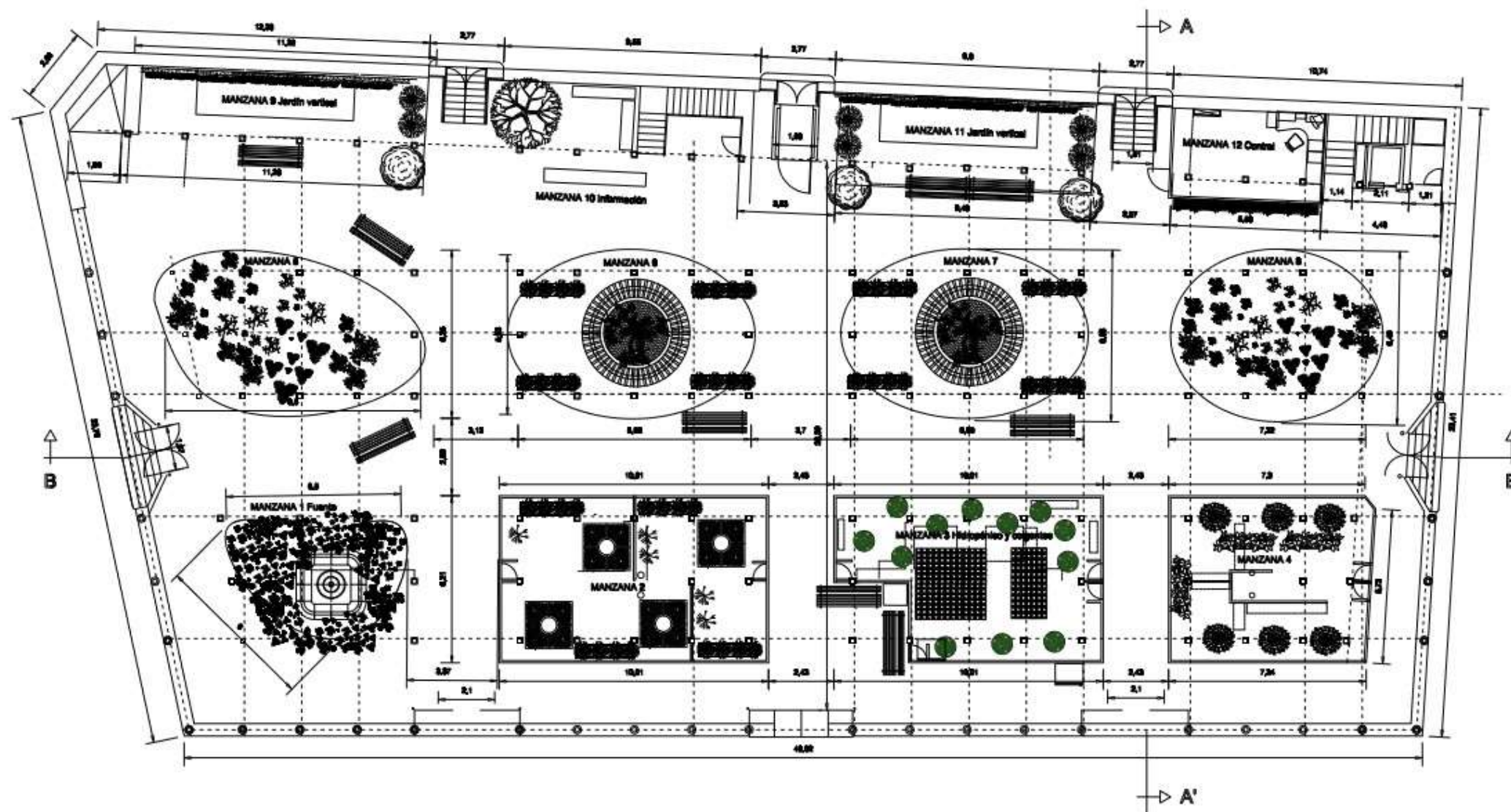
FECHA

MADRID, JUNIO 2022

ESCALA

1/100





TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL

INGENIERA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD
PONTIFICIA DE
COMILLAS ICAI

SARA RUIZ ASURMENDI

SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID

PLANO N°
03

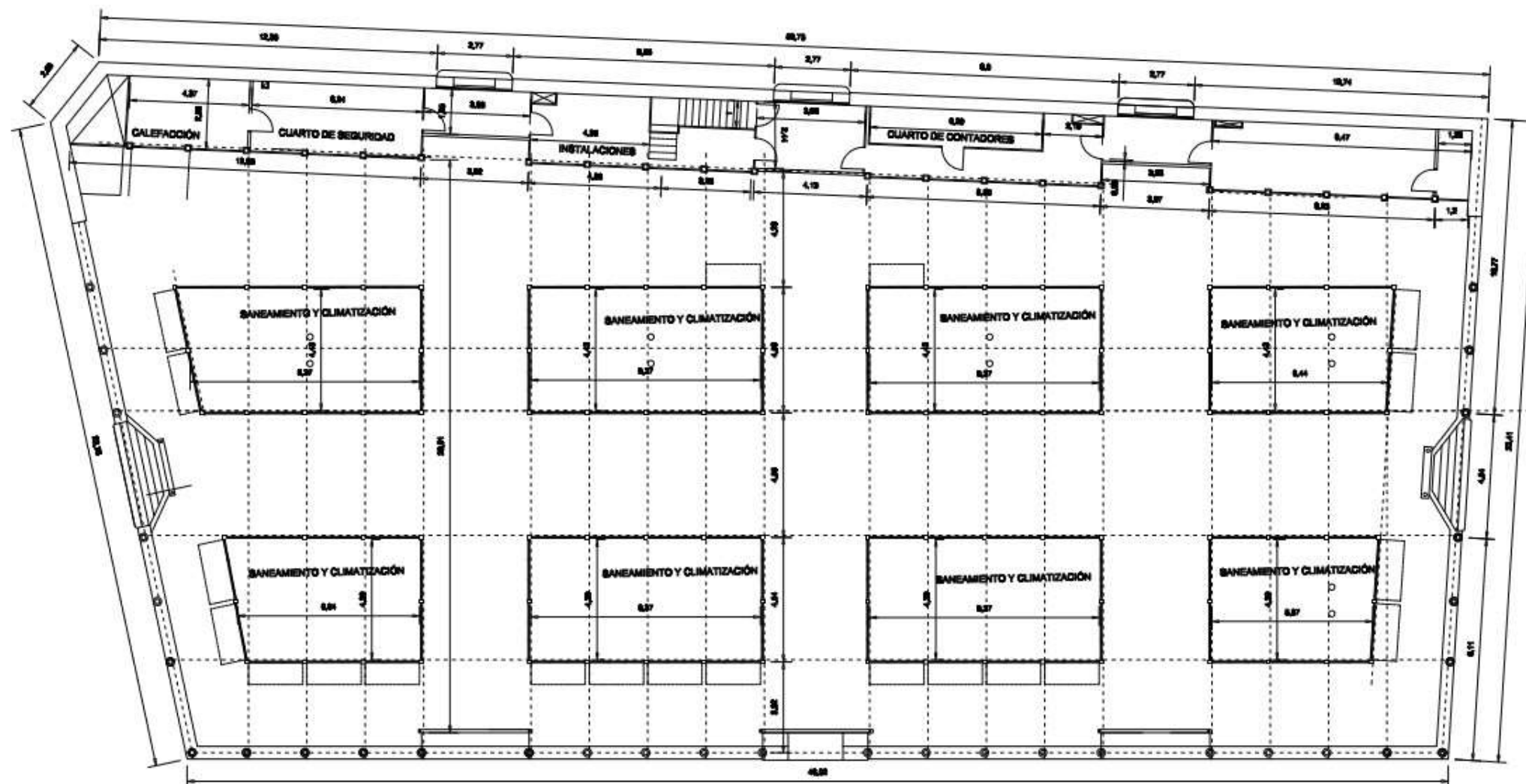
PLANTA BAJA
DISTRIBUCION REACONDICIONADA

FECHA

MADRID, JUNIO 2022

ESCALA

1/100



TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL

INGENIERA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD
PONTIFICIA DE
COMILLAS ICAI

SARA RUIZ ASURMENDI

SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID

PLANO N°

04

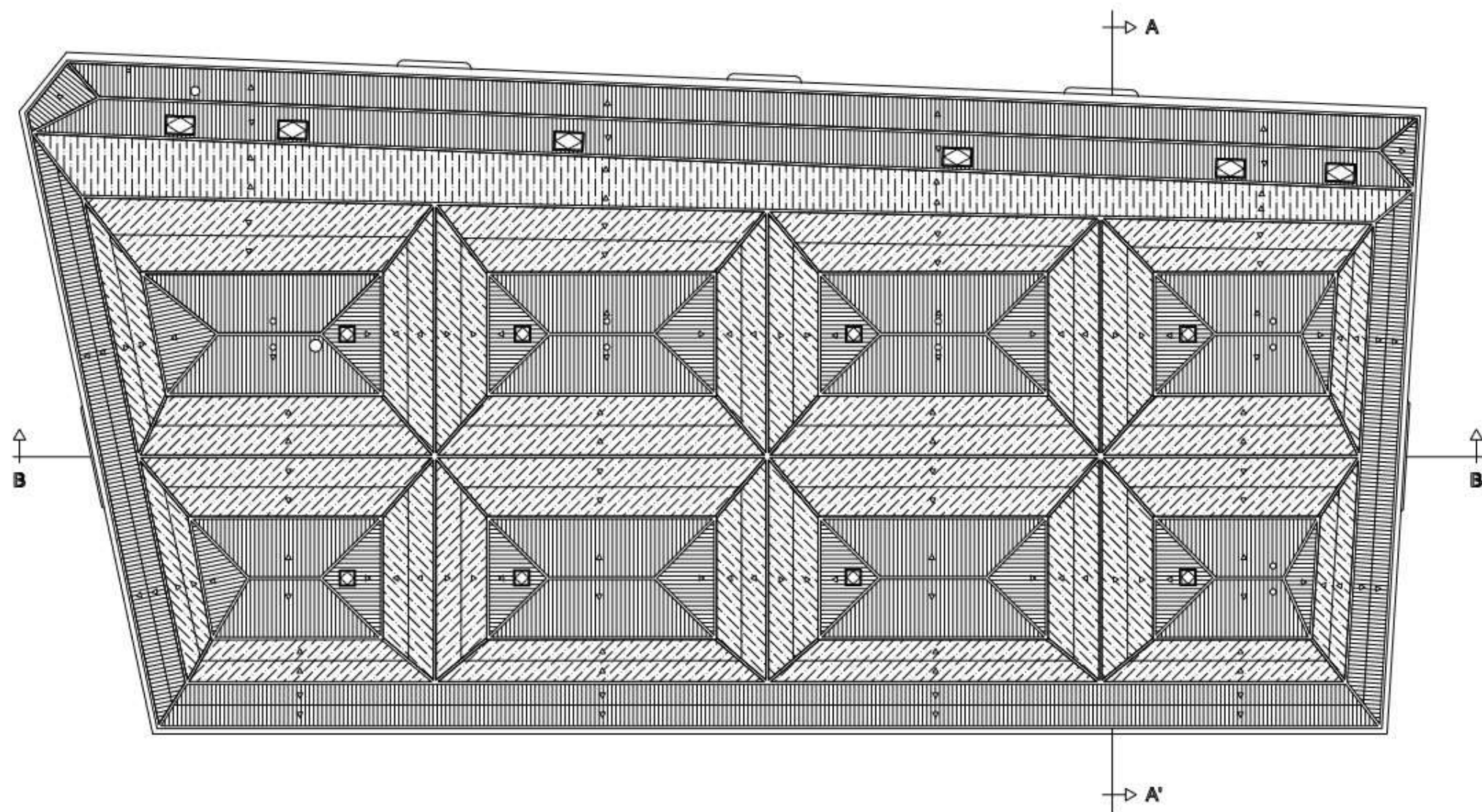
PLANTA ENTREPLANTA Y ALTILLOS
DISTRIBUCION REACONDICIONADA

FECHA

MADRID, JUNIO 2022

ESCALA

1/100



TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL

INGENIERA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD
PONTIFICIA DE
COMILLAS ICAI

SARA RUIZ ASURMENDI

SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID

PLANO N°
05

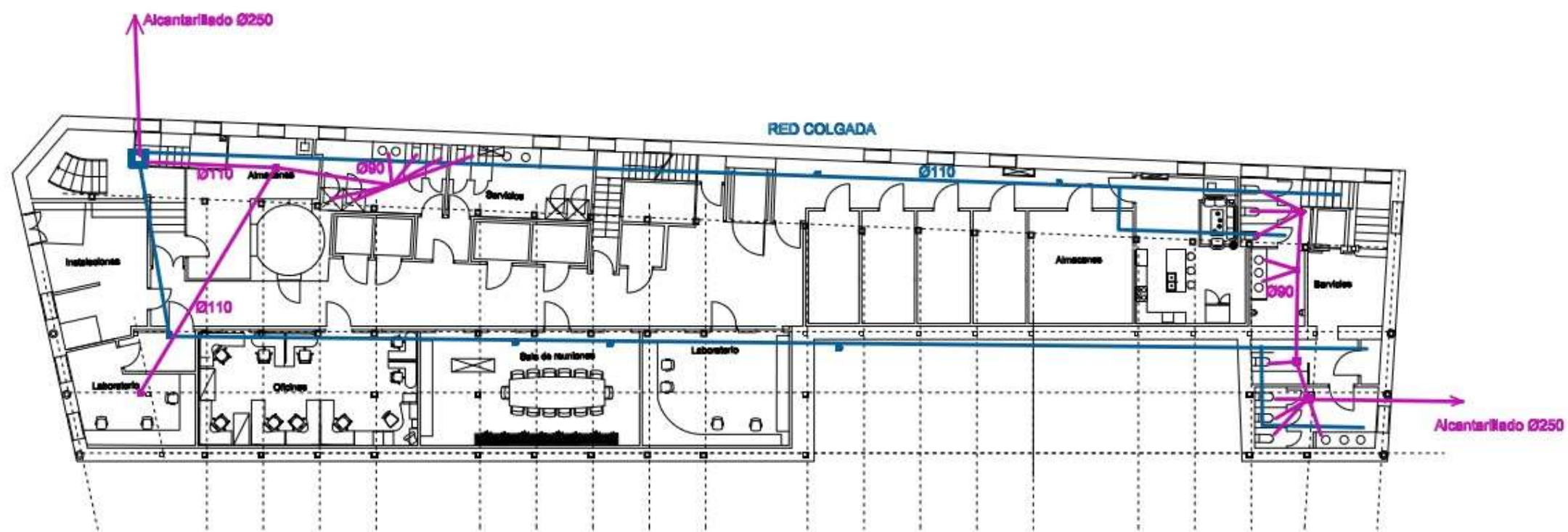
PLANTA DE CUBIERTA REACONDICIONADA

FECHA

MADRID, JUNIO 2022

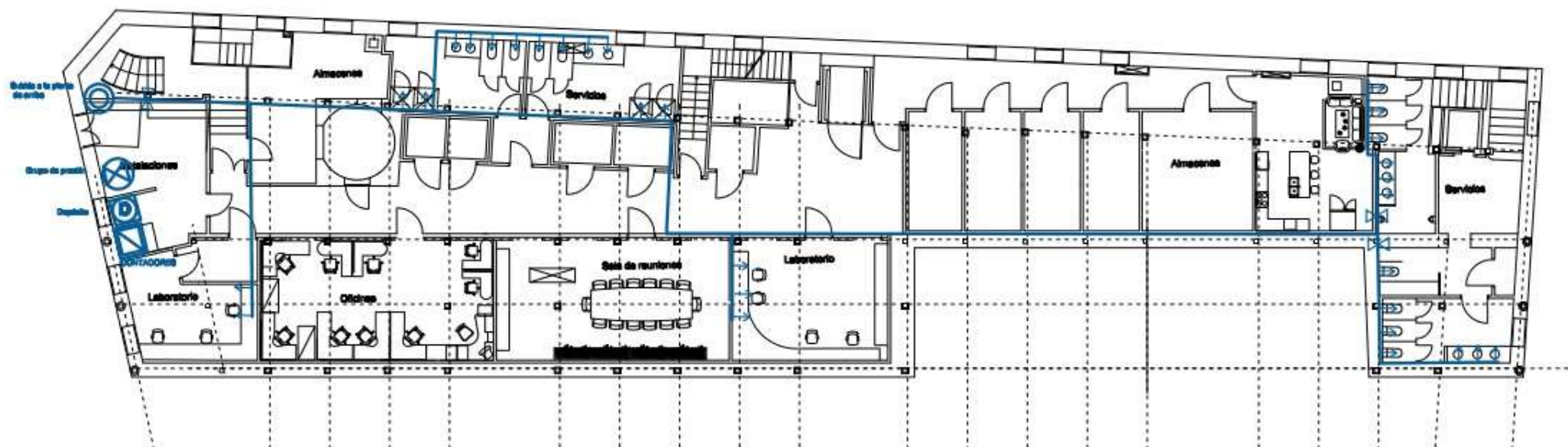
ESCALA

1/100



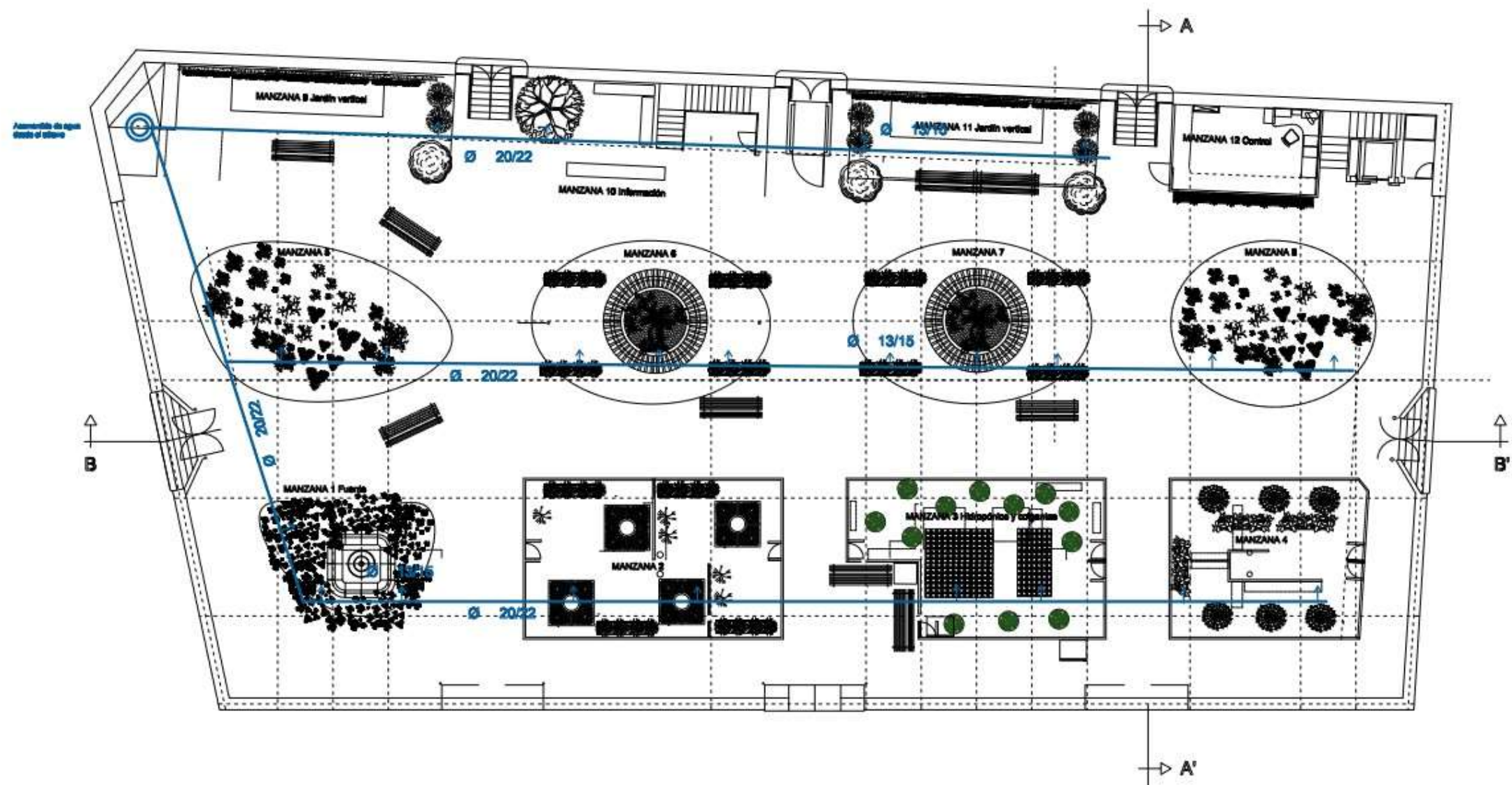
TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL		
INGENIERA INDUSTRIAL	UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI	
SARA RUIZ ASURMENDI		
SITUACION	PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID	
PLANO N.º	PLANTA SEMISÓTANO SANEAMIENTO REACONDICIONADO	
02		
FECHA	MADRID, JUNIO 2022	ESCALA 1/100



TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL		
INGENIERA INDUSTRIAL	UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS ICAI	
SARA RUIZ ASURMENDI		
SITUACION	PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID	
PLANO N °	PLANTA SEMISÓTANO FONTANERÍA REACONDICIONADO	
01		
FECHA	MADRID, JUNIO 2022	ESCALA 1/100



TRABAJO DE FIN
DE GRADO

PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DEL MERCADO DE SAN MIGUEL

INGENIERA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD
PONTIFICIA DE
COMILLAS ICAI

SARA RUIZ ASURMENDI

SITUACION PLAZA DE SAN MIGUEL MADRID

PLANO N°
02

PLANTA BAJA
FONTANERÍA REACONDICIONADO

FECHA

MADRID, JUNIO 2022

ESCALA

1/100

