



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

MODELADO BIM DE UNA TERMINAL EN EL AEROPUERTO ADOLFO SUÁREZ MADRID- BARAJAS

Alumno: Jesús Manuel Peña Pinilla

Tutor: Prof. D. Fco. Javier Gallego Álvarez
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Julio, 2022



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Don FRANCISCO JAVIER GALLEGÓ ÁLVAREZ , tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: MODELADO BIM DE UNA TERMINAL EN EL AEROPUERTO ADOLFO SUÁREZ MADRID-BARAJAS, que presenta JESÚS MANUEL PEÑA PINILLA, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, JULIO de 2022

El alumno:

JESÚS MANUEL PEÑA PINILLA

El tutor:

FRANCISCO JAVIER GALLEGÓ ÁLVAREZ

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO	8
2.1 Agentes.....	8
2.2 Antecedentes y condicionantes de partida	8
2.3 Localización	9
2.4 Equipamiento urbano	11
2.5 Normativa urbanística e información catastral	11
2.6 Topografía y estudio del terreno.....	14
2.7 Descripción general del edificio y uso característico.....	14
2.8 Programa de necesidades.....	15
2.9 Programa de necesidades frente a futuras situaciones de alerta sanitaria	16
2.10 Cumplimiento de normativas	17
3. MODELADO.....	17
3.1 Metodología general.....	17
3.2 Descripción general del proceso	18
3.3 Configuración del entorno de trabajo.....	19
3.3.1 Plantilla	19
3.3.2 Unidades del proyecto.....	19
3.3.3 Niveles	20
3.3.4 Rejillas	20
3.3.5 Georreferenciación.....	21
3.4 Modelado estructural.....	23
3.4.1 Cimentación	23
3.4.1.1 Zapatas aisladas	23
3.4.1.2 Vigas de atado.....	24
3.4.1.3 Losas de cimentación	24
3.4.2 Pilares y vigas	26
3.4.3 Solera	33
3.4.4 Forjado.....	34
3.4.5 Estructura cubierta	35
3.5 Modelado arquitectónico	40
3.5.1 Cerramientos exteriores	40
3.5.2 Cubierta	42
3.5.3 Escaleras y barandillas	44
3.5.4 Ascensores	47
3.5.5 Estancias	48

3.5.5.1	Núcleos de aseos	48
3.5.5.2	Planta baja	50
A.	Vestíbulo principal	50
a)	Oficinas de aerolíneas	50
b)	Mostradores de facturación de equipaje	52
c)	Zona de tratamiento de equipaje	52
d)	Control de acceso.....	55
B.	Zona de transición a la planta superior.....	56
a)	Sala de reuniones.....	56
b)	Sala de seguridad y aduanas	58
C.	Vestíbulo inferior de llegadas	59
3.5.5.3	Planta superior	59
A.	Vestíbulo de salidas	60
B.	Vestíbulo de llegadas	60
C.	Zonas de espera	61
D.	Torres y puentes de embarque	62
3.5.6	Iluminación.....	62
3.5.7	Entorno	67
3.5.7.1	Superficie topográfica.....	67
3.5.7.2	Componentes de emplazamiento	67
3.5.8	Habitaciones	69
3.6	Identificación de elementos	71
3.7	Estructuración en fases constructivas	72
3.8	Colorimetría	73
4.	DOCUMENTACIÓN DERIVADA DEL MODELO	75
4.1	Tablas de planificación.....	75
4.2	Presupuesto.....	77
4.3	Planos	78
4.4	Visualización del modelo	78
4.4.1	Exportación a IFC	78
4.4.2	Visualización y medición en BIM Vision	79
4.4.3	Visualización en Autodesk Viewer.....	80
4.4.4	Renders	80
4.4.5	Paseo virtual	91
4.4.6	Entregables.....	92
5.	CONCLUSIÓN	92

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEJO I - Tablas de planificación	97
ANEJO II - Presupuesto	111
ANEJO III - Planos	132

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción está viviendo una importante evolución gracias a la tecnología BIM, cuyas siglas corresponden a “Building Information Modeling”. Se trata de una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de proyectos de construcción. Con ella se consigue una centralización de todos los datos del proyecto en un modelo de información digital.

Este avance va más allá de lo que a diseño se refiere ya que permite la gestión del edificio durante todo su ciclo de vida, desde su planificación, construcción e incluso su demolición.

Esto es lo que lo hace tan revolucionario, ya que el modelo BIM permite recoger información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D), tal y como se puede apreciar en la figura 1.

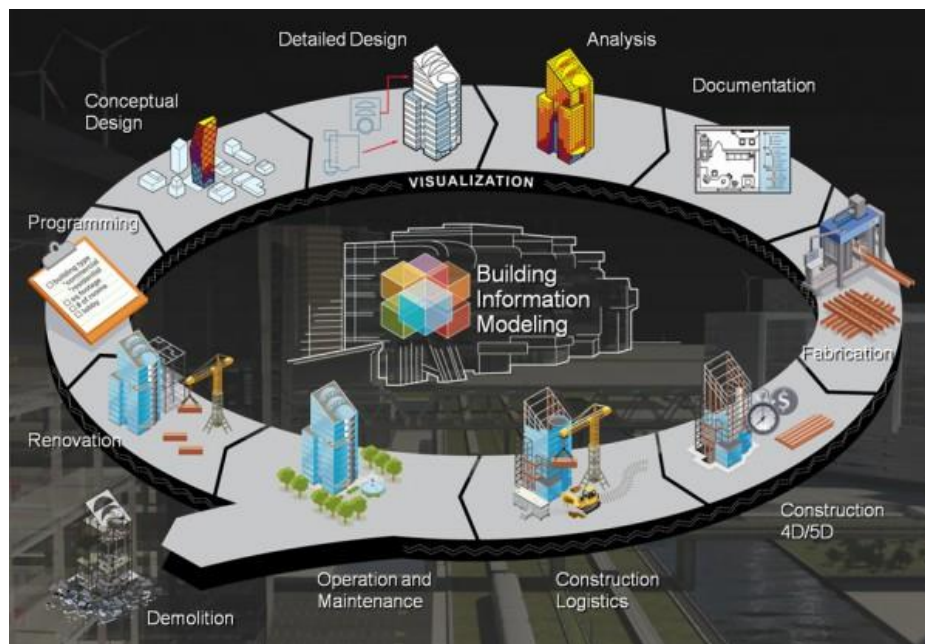


Figura 1. Conjunto de dimensiones que abarca la metodología BIM. Fuente [1]

Todo esto es llevado a cabo a través de diferentes programas informáticos que a día de hoy siguen actualizándose para que la integración entre ellos sea lo más fluida y efectiva posible.

En instalaciones aeroportuarias esta tecnología lleva años funcionando, un ejemplo de ello es el aeropuerto de Estambul. Se trata de un megaproyecto compuesto por una terminal de 1,3 millones de metros cuadrados, un estacionamiento de 700.000 metros cuadrados, seis pistas de aterrizaje, una torre de control de 90 metros de altura en forma de tulipán, hoteles, hospitales y centros de convenciones; en total una superficie de 76 millones de metros cuadrados.

La tecnología BIM ha sido empleada muy activamente en este gran proyecto. El director del mismo afirma que ha sido crucial para unificar las diferentes partes que lo componen, al permitir integrar todas las disciplinas en un solo entorno virtual. Fuente [2].

En España también tenemos casos de aeropuertos en los que se ha implementado esta metodología. Es el caso de los aeropuertos Josep Tarradellas Barcelona-El Prat, Adolfo Suárez Madrid-Barajas y el Aeropuerto Internacional de Son Sant Joan de Palma de Mallorca, en los cuales mediante metodología BIM se ha llevado a cabo escaneos y el levantado de modelos 3D, siendo el principal objetivo el de conocer el estado de los edificios y así mejorar su gestión, mantenimiento y sostenibilidad. Fuente [3].

En este trabajo se ha llevado a cabo el desarrollo de un modelo BIM de una nueva terminal en el Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas empleando Revit 2022, con el objetivo de obtener información y documentación del mismo, aprovechando los flujos de trabajo que ofrece la metodología BIM.

El objetivo de la construcción de esta nueva terminal es el de dar soporte a la terminal T4 y permitir la entrada de nuevas compañías de aerolíneas, mejorando de esta manera la línea de servicios del aeropuerto.

Además, para el diseño del edificio, se han tenido en cuenta las necesidades que pueden demandar posibles próximas situaciones de alerta sanitaria en este tipo de edificaciones, al tratarse de lugares con un gran tránsito de personas procedentes de diversos lugares del mundo, lo que puede suponer un foco importante en este tipo de circunstancias.

Los objetivos del presente trabajo han sido el diseñar el edificio siguiendo los requerimientos expuestos, sin abordar el cálculo de la estructura e instalaciones; el levantado de un modelo BIM del mismo y la generación de información y documentación. En este último se engloba la generación de tablas de planificación, conteniendo información de los diferentes elementos del modelo; la obtención de mediciones para la generación de un presupuesto y la exportación de documentación gráfica, como son planos de vistas 3D, plantas, secciones, alzados y detalles, además de renders y un paseo virtual.

2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

2.1 Agentes

De manera figurada, al tratarse de un trabajo académico realizado como trabajo fin de grado, el promotor del proyecto es la entidad pública empresarial ENAIRE, actual propietaria del aeropuerto, que es dependiente del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

El proyectista en este caso, es el propio alumno.

2.2 Antecedentes y condicionantes de partida

Actualmente el Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas cuenta con cinco terminales (T1, T2, T3, T4 y T4S) distribuidas como se observa e la figura 2.



Figura 2. Distribución de las distintas terminales. Fuente [4]

Debido a la alta concurrencia de la terminal T4, se quiere aumentar los servicios del aeropuerto añadiendo una nueva terminal para dar apoyo a esta y además, permitir la entrada en el aeropuerto de nuevas compañías de vuelos. Ésta se debe situar en un terreno cercano a la T4 para no tener que intervenir en la realización de nuevos accesos o realizar obras de gran envergadura para conectar ambos edificios.

La terminal debe contar con 2 puentes de embarque para vuelos de llegada y 4 para salidas. A su vez debe tener la superficie suficiente en sus espacios interiores para poder albergar la cantidad de personas que esto conlleva y permitir un uso fluido de los servicios.

También se debe tener en cuenta en el diseño que los espacios y sus características deben tener un impacto favorable en situaciones de alerta sanitaria.

2.3 Localización

El terreno seleccionado para la implantación del proyecto se encuentra en la Comunidad Autónoma de Madrid, concretamente dentro del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas que posee su punto de referencia en las coordenadas 40° 28' 20" de latitud Norte y 03° 33' 39" de longitud Oeste, a una altitud de 609,6 metros respecto al nivel del mar en Alicante. Dista 13 km de la ciudad de Madrid, ubicándose al Noreste de ella y ocupando una superficie 15.625.646 m².

La parcela seleccionada para construir la nueva terminal consta de una superficie total de 47.826 m² y se encuentra contigua a la Terminal T4. Para su elección se han tenido en cuenta varios factores:

-En primer lugar, la geometría y por ende su superficie, ya que la planta de la parcela es de forma rectangular, lo que facilita el diseño de la terminal, ya que esta requiere de una superficie alargada, para poder albergar los puentes y torres de embarque necesarios.

-En segundo lugar, la accesibilidad. Como se puede observar en la figura 3, las principales vías de acceso son la M-12 y la M-13, las cuales comunican con la red de carreteras del propio aeropuerto. Dentro de esta red, la ruta que lleva a la entrada de la nueva terminal es simplemente una prolongación de la que pasa por la T4, lo que

resulta una gran ventaja al tener una buena comunicación entre las mismas. Además, la T4 posee comunicación por metro a través de la línea 8.

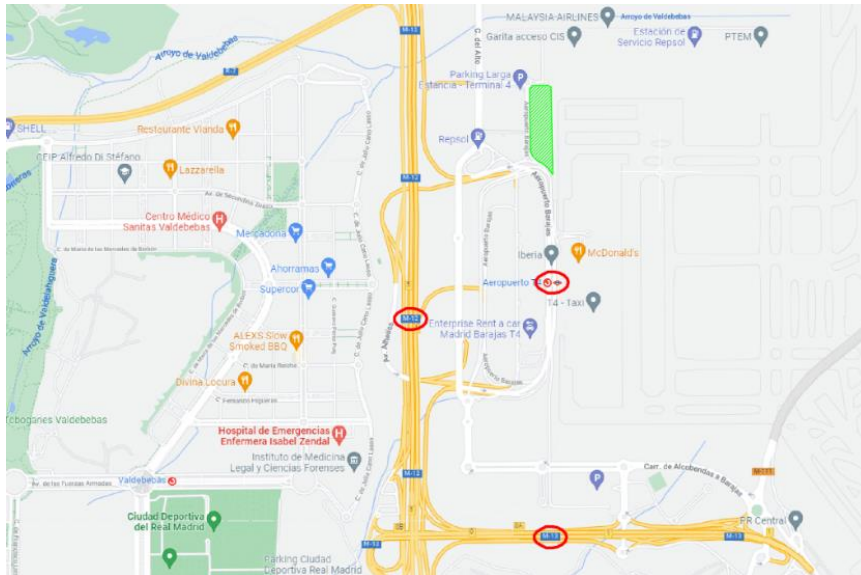


Figura 3. Plano de accesos y servicios En color verde se aprecia la parcela seleccionada. Fuente [5]

-Otro factor importante es el de los servicios. En este caso el de aparcamiento, ya que la parcela se encuentra justo enfrente del parking de larga estancia de la Terminal T4. Cumpliendo así con un servicio básico e imprescindible para la terminal.

En la figura 4 se puede apreciar el terreno donde será construida la nueva terminal, en color verde, la Terminal T4, en rojo, y en color azul el parking de larga estancia.



Figura 4. Vista aérea de la terminal T4, el parking de larga estancia y el terreno seleccionado.
Fuente [5]

2.4 Equipamiento urbano

Todas las terminales se encuentran conectadas por bus lanzadera excepto la T4 y T4S que poseen un tren subterráneo que pasa por debajo de las pistas para conectarlas.

Se encuentran a su vez bien conexas con la ciudad de Madrid y alrededores mediante buses urbanos y líneas de metro, contando incluso con estaciones de bus y taxi. Por lo tanto, estas conexiones, excepto el tren subterráneo, serán también aprovechables para la nueva terminal, y que se encontrará dentro del mismo recinto.

2.5 Normativa urbanística e información catastral

De acuerdo con el Plan General de Ordenación Urbana de Madrid la ordenación de las nuevas edificaciones en la zona de estudio, siendo un terreno con la clasificación de Sistemas Generales, debe atenderse a los parámetros urbanísticos que se muestran en la figura 5.

	Plan General de Ordenación Urbana de Madrid	Proyecto
Frente mínimo de parcela	150 m	362,5 m
Altura máxima a cumbrera	25 m	15,49 m
Ocupación máxima de la parcela	90%	56,85%
Altura mínima planta	3 m	4,40 m
Número máximo de plantas	1 sótano + 3 plantas	2 plantas
Separación mínima a linderos	5 m	>5m

Figura 5. Comparación del Plan General de Ordenación Urbanística de Madrid con los requerimientos del proyecto. Fuente [6]

Una vez comparadas las condiciones urbanísticas municipales con las características del proyecto, podemos observar que el proyecto no se opone a ninguna limitación de obligado cumplimiento, por lo que urbanísticamente es válida su construcción.

Según la Sede Electrónica del Catastro (consultada el 2 de febrero de 2022) la referencia catastral de la parcela es 17308K3VK5813B0001PJ. Esta recoge el suelo destinado al Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, con una superficie total de 15.625.646 m² y está clasificada como “Características especiales”, como se muestra en la figura 5.

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE	
Referencia catastral	17308K3VK5813B0001PJ  
Localización	CR AEROPUERTO Suelo RESTO DE SUELO NO OCUPADO 28042 MADRID (MADRID)
Clase	Características especiales
Uso principal	RDL 1/04 8.2.d

PARCELA CATASTRAL	
	Localización
	CR AEROPUERTO MADRID (MADRID)
	Superficie gráfica
	15.625.646 m ²

Figura 6. Información catastral de la parcela. Fuente [7]

En las figuras 6 y 7 se puede observar, delimitado por líneas azules, el terreno seleccionado, el cual se encuentra dentro de la parcela del aeropuerto.

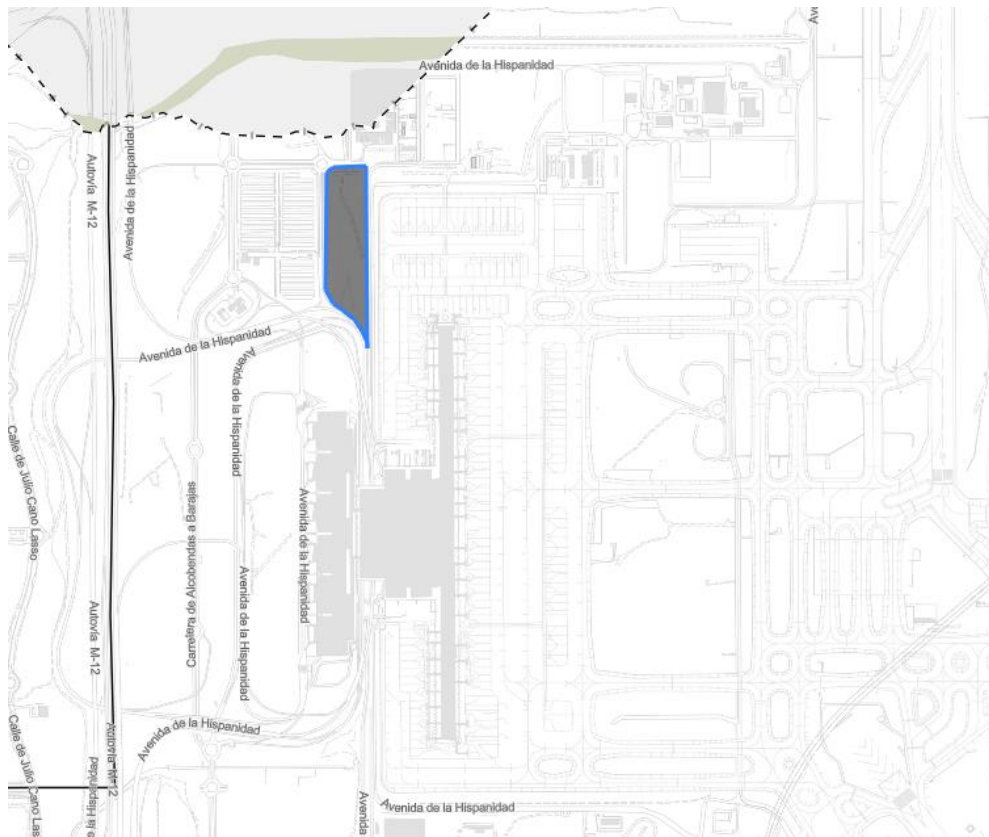


Figura 7. Planimetría de la parcela y su entorno obtenida del Geoportal de la Comunidad de Madrid. Fuente [8]

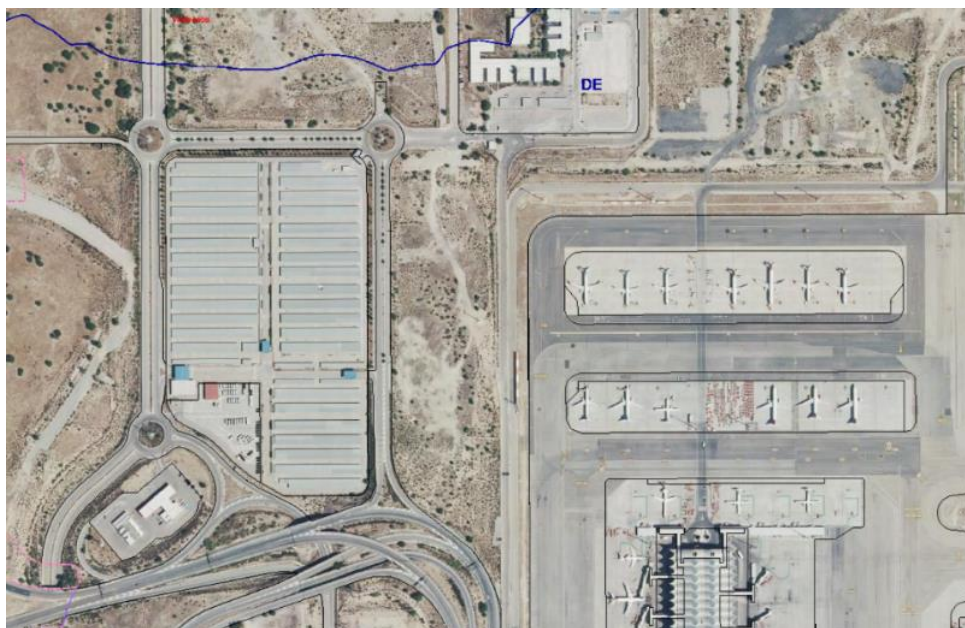


Figura 8. Vista aérea del terreno seleccionado. Fuente [5]

2.6 Topografía y estudio del terreno

El terreno seleccionado se encuentra a una cota de 609,6 metros y presenta una superficie llana, por lo que no habrá que realizar grandes labores de movimientos de tierras previas a la construcción.

Para obtener información sobre el terreno y el entorno en el que se sitúa el aeropuerto se ha acudido al Apartado 3 (Análisis del entorno) del Plan Director del Aeropuerto de Madrid-Barajas realizado por Aena y Fsam.

Se encuentra dentro del dominio geomorfológico de la Depresión del Tajo, zona definida por vertientes y vegas. Concretamente, la zona de estudio se encuentra en una de las vegas de mayor amplitud, la del Jarama. Entrando en detalle, el valle del Jarama muestra un perfil asimétrico, con la margen izquierda muy abrupta y la derecha muy suave.

Desde el punto de vista estratigráfico toda la zona está constituida por sedimentos del Mioceno (Terciario), tapizados en mayor o menor medida por sedimentos recientes del Cuaternario. El espesor visible de la miocena es menor de 200 m, y afloramientos más completos se observan en la margen izquierda del Jarama.

Geotécnicamente, se trata de suelos con capacidad portante media. El nivel freático es relativamente profundo en las zonas más alejadas del curso del Jarama y la permeabilidad es media o baja en líneas generales, debido a la importante cantidad de arcillas y a la mala clasificación granulométrica de los materiales que lo componen, por lo que es frecuente la aparición de mantos o bolsas de agua colgadas. Fuente [9].

2.7 Descripción general del edificio y uso característico

El edificio que se va a construir va a ser una nueva terminal para dar servicio al Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas. Será destinada a vuelos comerciales de carácter nacional e internacional, comprendiendo estos el transporte de pasajeros y su equipaje. No acogerá vuelos exclusivos de mercancías.

En ella se realizarán tanto vuelos de salida como de llegada, por lo que contará con puentes de embarques preparados para ambos casos.

Se tratará de un edificio con una superficie en planta de 27.213,75 m², que constará de dos plantas entre las cuales se distribuirán los diferentes servicios que una terminal de esta envergadura debe ofrecer.

Todo ello estará soportado por una estructura de hormigón armado sobre una cimentación también de hormigón armado, compuesta por zapatas aisladas, losas de cimentación y zunchos.

El cerramiento principal de la terminal estará formado por muros cortina, y se cerrará con una cubierta tipo sándwich soportada por una estructura metálica.

2.8 Programa de necesidades

Como bien se ha comentado la terminal debe dar servicio para vuelos de salida y llegada, por lo tanto, deberá contar con puentes de embarque para ambos casos, habiéndose decidido que los requerimientos mínimos son 4 puentes destinados a salidas y 2 para llegadas.

En cuanto a la geometría, debido a las dimensiones de la parcela, la planta del edificio deberá presentar una forma rectangular, no superando los 380 metros de largo por unos 80 m de ancho.

Dentro de estas dimensiones, el edificio se debe de estructurar para comprender en él las estancias necesarias para que se puedan llevar a cabo los servicios que ofrece este tipo de edificación, teniendo en cuenta que se prevé un tráfico de alrededor de 50.000 personas al día.

Entre estas estancias necesarias, se deben encontrar: oficinas para las aerolíneas, en las que los viajeros puedan realizar las gestiones pertinentes en cuanto a sus vuelos; zonas de facturación y de tratamiento de equipajes, núcleos de aseos adaptados, distribuidos a lo largo de las estancias principales; una zona de control de

acceso, sala de reuniones, sala de seguridad y aduanas, zonas espera, zona de recogida de equipajes y torres de acceso a pista, una por puente de embarque.

Todas estas estancias deben estar distribuidas en dos plantas, siendo la planta baja destinada a lo que se refiere a gestiones previas al embarque o posteriores a la llegada, y la superior, para todo lo que abarca el acceso a las aeronaves.

2.9 Programa de necesidades frente a futuras situaciones de alerta sanitaria

Como se ha podido ver durante la pandemia de la Covid-19, en una situación de alerta sanitaria, los lugares cerrados o con poca ventilación aumentan considerablemente la transmisión. Puesto que los aeropuertos son espacios con un constante tránsito de gente proveniente de diferentes partes del mundo, se han considerado unos requerimientos en el diseño de la terminal para reducir el impacto que puede tener la actividad en este tipo de edificaciones sobre el número de contagios.

Las necesidades previstas han sido las siguientes:

- Limitar las zonas de salida y de llegadas de tal manera que los recorridos de los pasajeros que llegan a la terminal nunca se encuentren dentro de ella con los de los que se disponen a salir.

- Vestíbulos amplios y diáfanos, evitando pasillos o distribuidores en los que se puedan producir aglomeraciones.

- Ventilación natural entre las dos plantas. Esta se conseguirá gracias a que el forjado de la segunda planta no cubrirá totalmente la superficie de la planta baja, quedando ambas comunicadas por una especie de balcón y permitiendo el flujo de aire entre ellas.

2.10 Cumplimiento de normativas

El diseño y la construcción de la nueva terminal se va a llevar a cabo cumpliendo la normativa vigente del CTE y del Código Estructural. Éste último, habiendo entrado en vigor el 10 de noviembre del 2021, quedando derogadas las Instrucciones EHE-08 y EAE, aunque se ha permitido su uso durante un año para las estructuras de hormigón para edificios y durante tres años para las estructuras de hormigón para obras de ingeniería civil. Fuentes [10] y [11].

También se va tener en cuenta el cumplimiento de las normativas establecidas por el Código de Legislación Aeroportuaria, las Normas Técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público, la Normativa de Condiciones Básicas de Accesibilidad y No Discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad y la Normativa de Seguridad de Utilización y Accesibilidad Fuentes [12], [13], [14] y [15].

3. MODELADO

3.1 Metodología general

Para llevar a cabo el modelado BIM de la terminal y la explotación de dicho modelo, se han empleado varios programas informáticos. Los cuales son los siguientes:

- Autodesk Revit 2022: software BIM de diseño paramétrico, actualmente desarrollado por la compañía Autodesk, el cual permite el levantamiento de un modelo y la gestión de la información del mismo.
- Presto 2022: programa de control y gestión de costes. Permite realizar presupuestos, mediciones y certificaciones de proyectos de edificación y obra civil. Pertenece a la compañía RIB Spain.
- Cost-it: plugin desarrollado por RIB Spain que permite la integración entre Revit y Presto.
- BIM Vision: visualizador gratuito de modelos IFC, que permite visualizar modelos procedentes de sistemas CAD.
- Autodesk Viewer: visualizador gratuito de Autodesk que permite compartir vistas de los diseños y colaborar de forma remota.

Estos programas son bastante potentes y requieren de un equipo con unas características adecuadas para poder correrlos fluidamente. El equipo con el que se ha realizado este trabajo ha sido un Portátil MSI GS75 Stealth 95D con las siguientes características:

- Procesador: Intel Core i7 9ª Generación
- Memoria RAM: 16 GB
- Tarjeta gráfica: NVIDIA GEFORCE GTX 1660 Ti
- Sistema operativo: Windows 10

3.2 Descripción general del proceso

A continuación, se describe la metodología seguida para el levantamiento del modelo de la terminal en Revit 2022.

Se ha procedido con una previa configuración del entorno de trabajo, englobando ésta, la definición de unidades y elementos de referencia (niveles y rejillas). Posteriormente se han realizado el modelado estructural y el arquitectónico, ambos en un mismo archivo.

Cabe resaltar que el proceso de diseño y el de modelado se han llevado a cabo de manera simultánea.

El modelado se ha llevado a cabo empleando varios niveles de desarrollo, llamados LOD (Level of Development) los cuales determinan la cantidad de información que tiene el modelo BIM.

Se ha comenzado por un nivel LOD 100, modelando los elementos de carácter genérico, pasando posteriormente por un modelado en LOD 200 en el que se empieza a añadir información no gráfica y a definir geometrías; y culminando por un nivel LOD 300 en el cuál se definen de forma precisa las propiedades y la geometría de los elementos modelados.

En la figura 9 se pueden ver los diferentes niveles de desarrollo acompañados de un ejemplo gráfico. Se puede apreciar como conforme se sube de nivel va aumentando la información que contiene el elemento, pasando de un LOD 100 en el

que se consta solamente de información gráfica, a un LOD 600 en el incluso que se tiene información del reciclado de los materiales que conforman el elemento.



Figura 9. Niveles de desarrollo (LOD). Fuente [16]

3.3 Configuración del entorno de trabajo

3.3.1 Plantilla

Se ha utilizado la “Plantilla arquitectónica” por defecto de Revit en la que vienen preestablecidos niveles, diferentes tipos de vista, familias y materiales, que nos han servido de punto de partida a la hora de desarrollar el modelado.

3.3.2 Unidades del proyecto

Se han empleado unidades del Sistema Internacional, pudiendo observarse la configuración completa en la figura 10

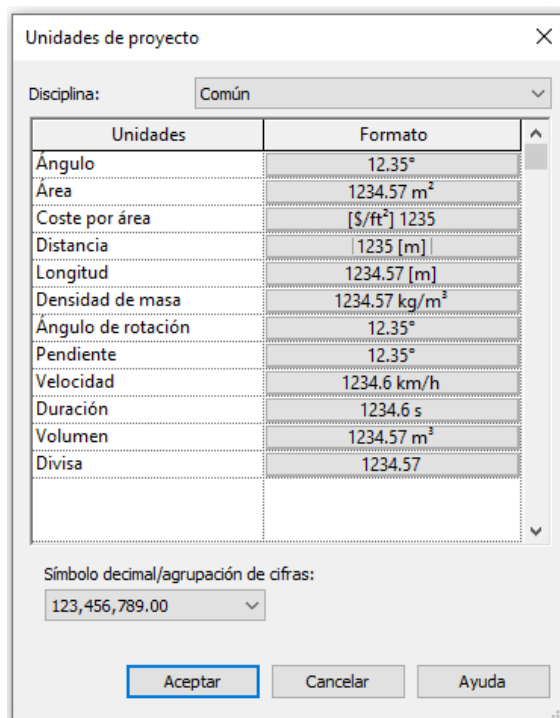


Figura 10. Cuadro de unidades del proyecto dentro de Revit.

3.3.3 Niveles

Son planos de referencia horizontales que nos definen las cotas principales de nuestro proyecto. En nuestro caso, como se puede apreciar en la figura 11 los niveles que se han creado son:

- Cimentación: cota de la cara superior de los elementos de cimentación, 2,00m.
- Planta baja: cota de nivel de suelo acabado de la Planta Baja, 0,00 m.
- Planta superior: cota de nivel de suelo acabado de la Planta Superior, 5,00m.
- Apoyo inf. Cubierta: cota de la parte con menor elevación de la cubierta, 9.40 m.

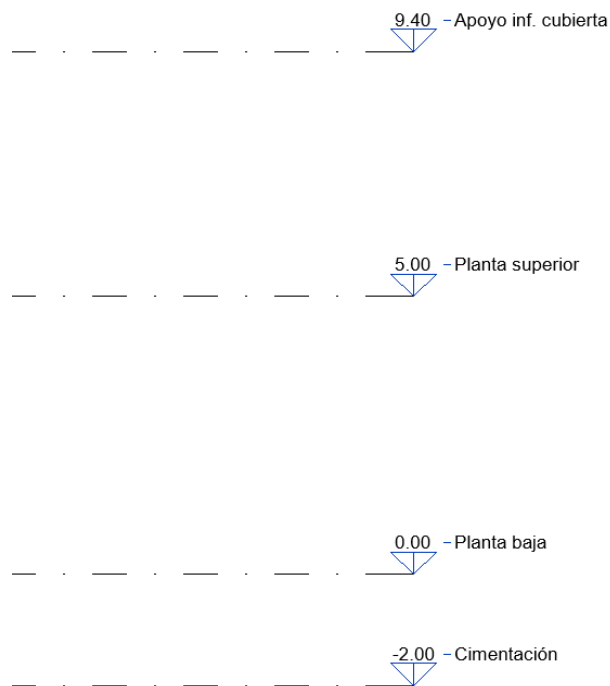


Figura 11. Niveles del proyecto, con etiqueta de nombre y cota correspondiente.

3.3.4 Rejillas

Son planos de referencia perpendiculares u ortogonales a la vista en la que se crean. A diferencia de los niveles, las rejillas se pueden crear en cualquier vista, ya sea esta de sección, alzado o planta y pueden ser horizontales o inclinadas, incluso pueden ser líneas multisegmento y arcos.

En la figura 12 se observa la distribución de rejillas empleada en este proyecto. Se han utilizado como referencia para realizar el levantado de los pilares, comprendiendo las intersecciones entre ellas el lugar donde se construirá cada pilar.

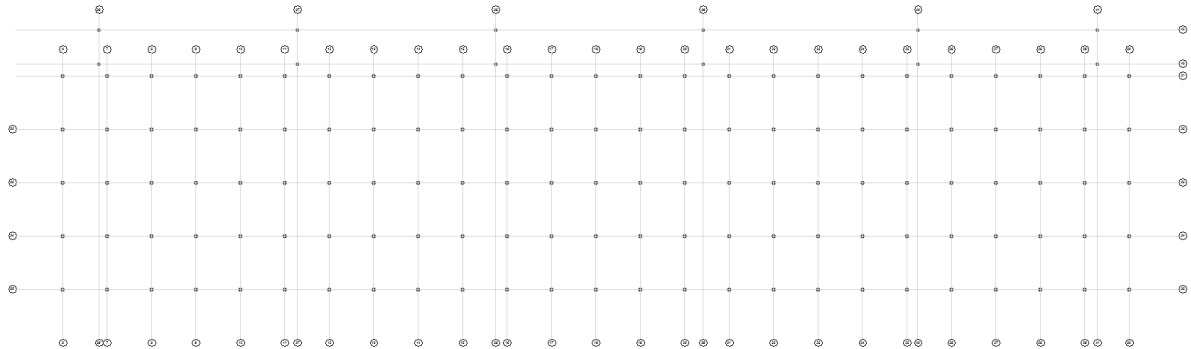


Figura 12. Disposición de rejillas.

3.3.5 Georreferenciación

Es necesario tener georreferenciado correctamente el modelo, para así conocer las coordenadas reales de cada uno de los puntos que lo componen. El procedimiento utilizado ha consistido en la descarga del archivo “.dxf” que contiene la parcela georreferenciada desde la Sede Electrónica del Catastro y se ha vinculado al modelo. Una vez dentro del modelo se han adquirido las coordenadas del archivo vinculado y se ha establecido el punto de reconocimiento del proyecto, el cual, debe ser un punto de coordenadas absolutas conocidas, para que sirva de referencia con respecto al plano de la parcela importado. Se ha seleccionado un punto que se supone conocido, situado en el interior del edificio, junto a la esquina noreste, cuyas coordenadas absolutas son N 4483418,00 y E 449693,98.

En las figuras 13 y 14 se puede ver el proyecto georreferenciado y el punto de reconocimiento con sus coordenadas absolutas.

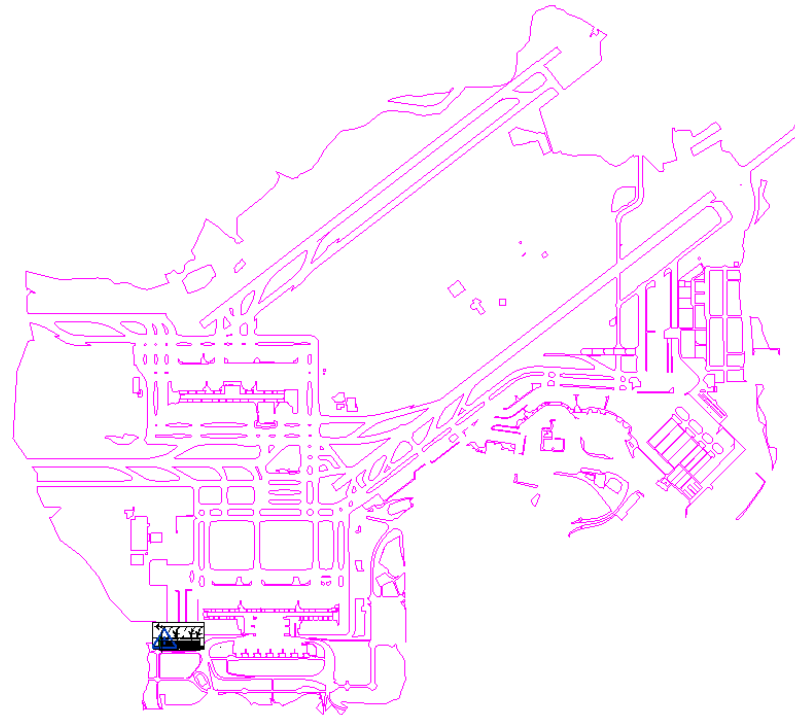


Figura 13. Vista de planta de la parcela con el modelo georreferenciado.

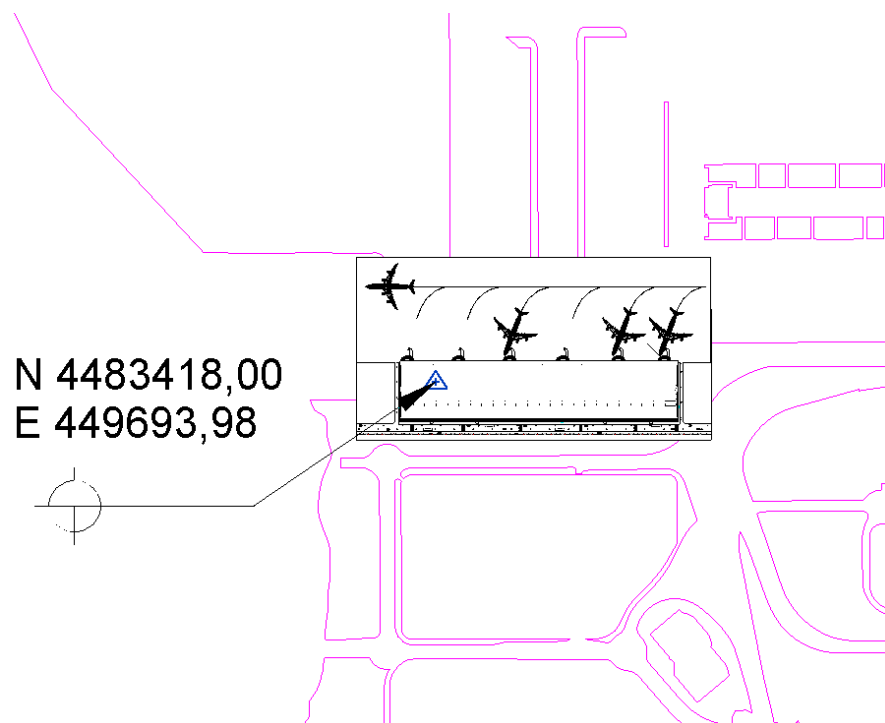


Figura 14.Coordenadas absolutas del punto de reconocimiento.

3.4 Modelado estructural

En primer lugar, se ha procedido con el modelado estructural, que compone la estructura del edificio. Este proceso se ha realizado en varias partes, diferenciando entre los diferentes elementos que la componen, tal y como se describe en los apartados siguientes.

3.4.1 Cimentación

Se ha optado por varios tipos de cimentaciones en función del papel que desempeña cada elemento estructuralmente.

3.4.1.1 Zapatas aisladas

Es la solución adoptada para la mayor parte de la superficie. Se emplearán dos tipos distintos.

En el perímetro que conforma las fachadas este y oeste, se plantean zapatas de hormigón armado moldeadas in situ de 3400 x 5000 x 1000 mm, debido a que recogen tanto el esfuerzo transmitido por los pilares como el transmitido por la estructura que sustenta el muro cortina.

En los perímetros de las caras norte y sur y en la superficie interior se optará por zapatas iguales características, pero con unas dimensiones de 3200 x 3000 x 1000 mm, debido a que en ambas caras la distancia de separación entre las vigas de cimentación va a ser menor, ya que no hay elementos que las limiten, como pasa en las fachadas este y oeste, en las que estarán las zapatas de los pórticos de acceso a pista.

Bajo los pilares situados en los accesos a las pistas para los operarios se considerarán unas zapatas de hormigón armado de 1500 x 1800 x 1000 mm, ya que recibirán también cargas del muro cortina.

Por último, en los puentes de embarque las zapatas empleadas serán de hormigón armado de 2400 x 2400 x 1000 mm, dimensiones que se suponen

suficientes para transmitir las cargas que transferirá el pilar que sustenta el final del puente de embarque.

Las zapatas se han modelado con la familia “Zapata-Rectangular” empleando los tipos “3400 x 5000 x 1000 mm”, “3200 x 3000 x 1000 mm”, “1500 x 1800 x 1000 mm” y “2400 x 2400 x 1000 mm” respectivamente, los cuales se pueden observar en la figura 15.

3.4.1.2 Vigas de atado

Se arriostrarán las zapatas mediante vigas de atado para garantizar la estabilidad frente a sismos y reducir las deformaciones de la estructura, ya que el cerramiento de la terminal será de muro cortina de paneles de vidrio, el cual es un material muy frágil que no admite deformaciones.

Como solución general se han propuesto vigas de hormigón armado moldeadas in situ de 400 x 600 mm, armadas con 5Ø12 mm en la cara inferior y 4Ø12 mm en la cara opuesta.

Además, a lo largo de todo el perímetro del muro cortina se emplearán vigas de hormigón armado con una sección de 600 x 1000 mm, armadas con 5Ø12 mm en ambas caras, para soportar la estructura que contiene los paneles de vidrio y evitar deformaciones no deseadas.

En la figura 15 se pueden apreciar ambos tipos de vigas en el modelo, correspondientes a los tipos “400 x 600 mm” y “600 x 1000 mm” pertenecientes a la familia “Hormigón-Viga rectangular”.

3.4.1.3 Losas de cimentación

Se utilizarán como cimentación para las torres de embarque y para los módulos de ascensores losas de cimentación de 1000 mm de canto, modeladas con la familia “Losa de cimentación 1000 mm”, debido a que son áreas en las que se concentrarán

varios elementos estructurales y en las que no sería lo más práctico una cimentación planteada por zapatas aisladas.

En las figuras 15 y 16 se pueden apreciar el modelado de la esquina noreste del edificio y una zona en la cara oeste en la que confluyen todas las soluciones mencionadas, observándose de color rojo las zapatas y losas de cimentación y en verde las vigas de atado.

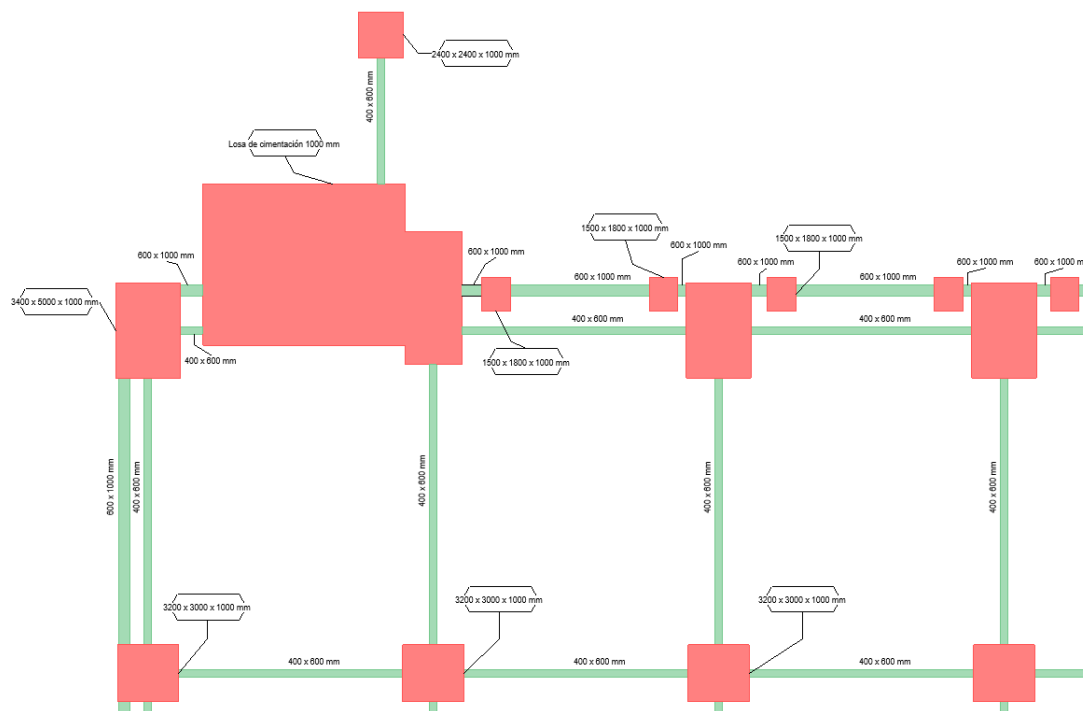


Figura 15. Vista de planta de la cimentación en la zona de la losa 1.

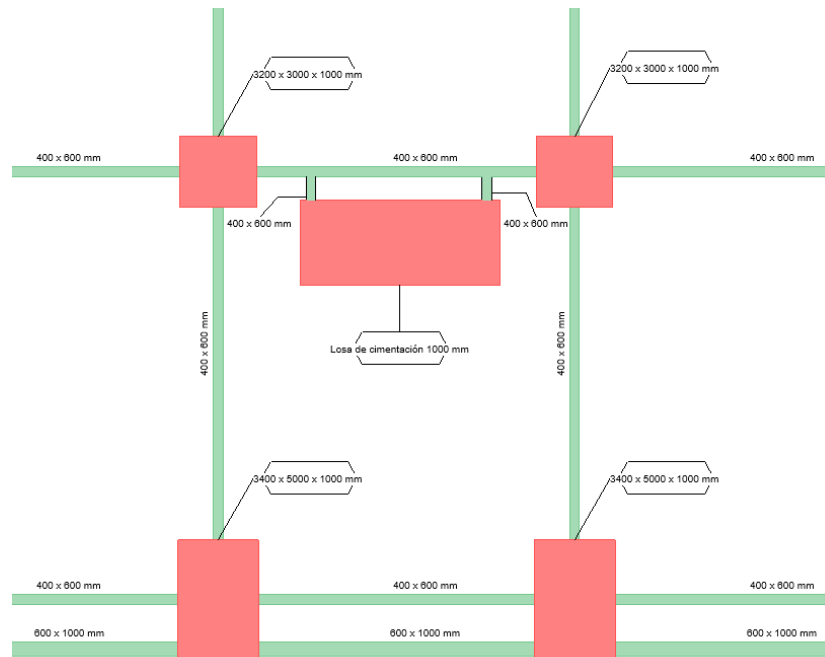


Figura 16. Vista de planta de la cimentación de uno de los núcleos de ascensores.

3.4.2 Pilares y vigas

En el edificio principal, se optará por pilares cilíndricos de hormigón armado de 1200 mm de diámetro, debido a que, por su funcionalidad, el edificio requiere de grandes espacios diáfanos y por lo tanto los vanos van a tener longitudes importantes; siendo estos de 15 m transversalmente y 18 m longitudinalmente, como se aprecia en la figura 17. Se han modelado sobre las intersecciones de las rejillas con la familia “Hormigón-Redondo-Pilar 1200 mm”.

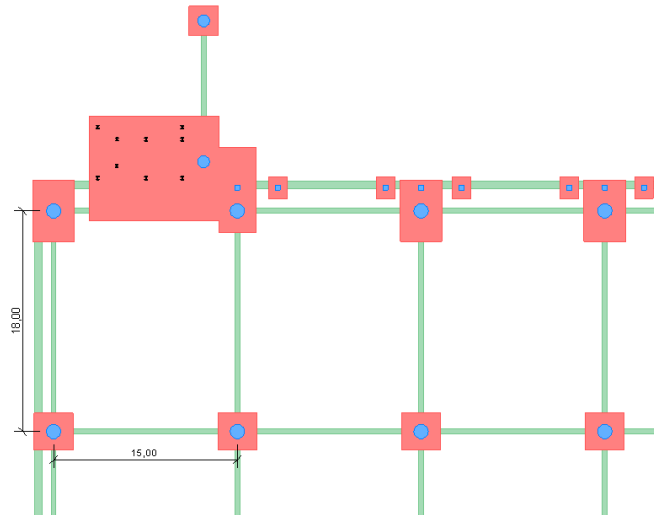


Figura 17. Detalle acotado de una de las crujías y sus pilares.

Según el apartado 42.3.5 del Código Estructural la cuantía geométrica mínima para el armado de los pilares es de 4 ‰.

$$A_c = \frac{\pi \cdot 120^2}{4} = 11309,73 \text{ cm}^2$$

$$A_s = A_c \cdot \frac{4}{1000} = 11309,73 \cdot \frac{4}{1000} = 45,239 \text{ cm}^2$$

Optando por barras de 25 mm:

$$A = \frac{\pi \cdot 2,5^2}{4} = 4,909 \text{ cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{ barras} = \frac{45,239}{4,909} = 9,22 \rightarrow \mathbf{10\phi 25 \text{ mm}}$$

Se ha propuesto por lo tanto armar los pilares con 10 barras de 25 mm.

En las zonas de acceso a pista de los operarios, situadas en la planta baja se colocarán pilares rectangulares de hormigón armado de 400 x 400 mm armados con 6Ø12 mm, modelados con la familia “Hormigón-Rectangular-Pilar 400x400 mm”, que soportarán unas vigas también de hormigón armado de 400 x 550 mm levantadas en el modelo con la familia “Hormigón-Viga rectangular 400 x 550 mm”, las cuales se

encargarán de recoger el peso de la estructura del muro cortina, que en estas áreas solo ejercerá de cerramiento en la planta superior. El cálculo del armado de estas vigas se ha realizado al igual que el de los pilares. En este caso, según el apartado 42.3.5 del Código Estructural la cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción es del 2,8 ‰, para aceros con un límite de fluencia de 500 N/mm².

Por lo que se ha optado por 5Ø12 mm en la cara inferior (tracción) y 3Ø12 mm en la cara superior, cumpliendo así con la recomendación marcada en el Código Estructural, en la que se aconseja disponer una armadura mínima en la cara de compresión igual al 30% de la consignada.

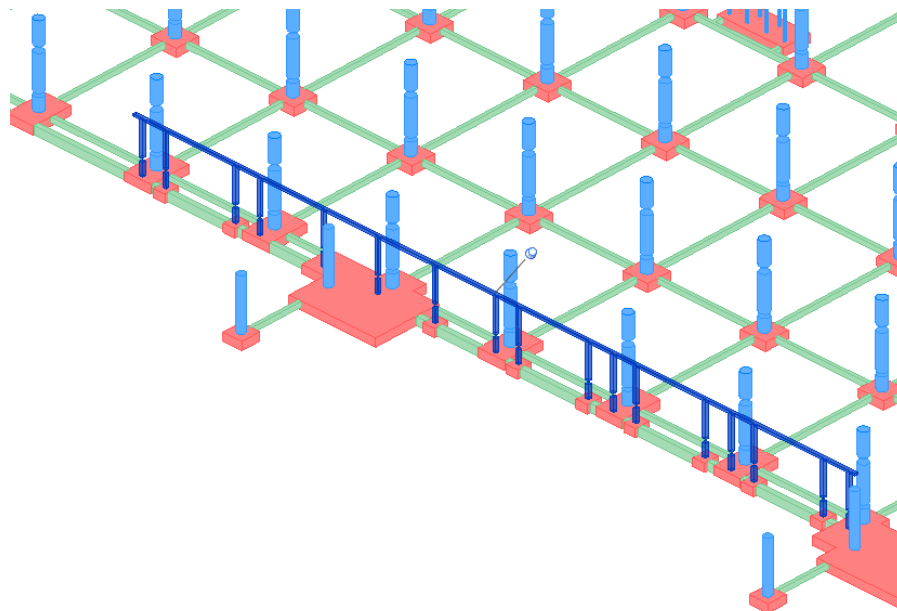


Figura 18. Vista 3D de los pilares y vigas de la zona de acceso a pista, resaltados en azul oscuro.

En los puentes de embarque la estructura será compuesta por dos pilares de hormigón armado de 1000 mm de diámetro, armados con 8Ø25 mm, que han sido modelados con la familia “Hormigón-Redondo-Pilar 1000 mm” como se puede apreciar en la figura 19.

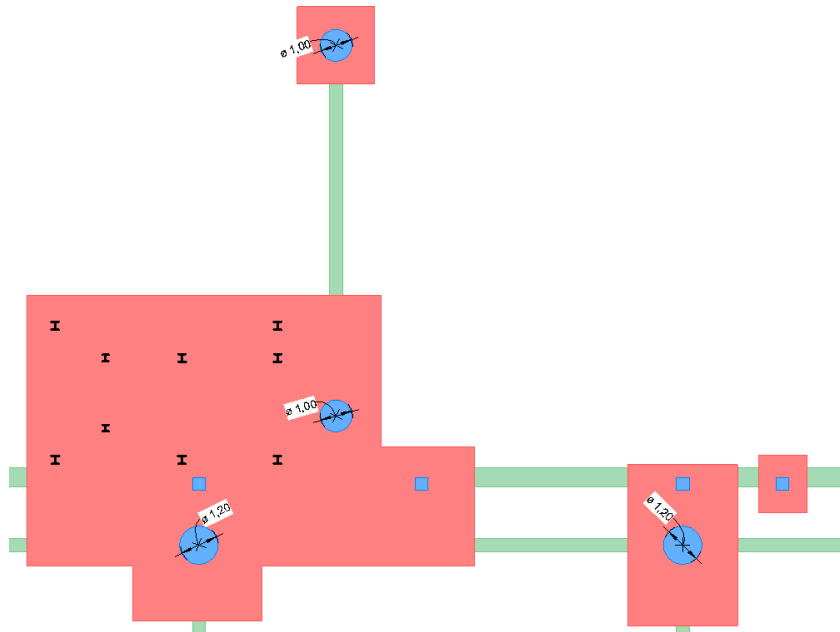


Figura 19. Pilares de los pilares del puente de embarque nº 2, junto con el resto de la estructura que los rodea.

En cambio, en las torres de embarque la solución adoptada será la utilización de perfiles de acero laminados. Creándose una estructura para el forjado, la escalera y la cubierta, compuesta por pilares de acero S275 JR de perfil HEB 240 distribuidos como se puede apreciar en la figura 20.

Siete pilares HEB 240 conformarán la estructura principal, seis en el perímetro y uno en el interior. Además, de dos pilares HEB 200 que ayudándose a este último se colocarán para la instalación de la estructura del ascensor. Ya que se considera que el tipo de ascensor que se va a colocar tiene la maquinaria en la parte superior, y puesto que es una zona compleja y se desconoce las necesidades del fabricante se dejan planteados junto con su correspondiente cimentación, para que una vez decidida la instalación no haya que intervenir en los elementos ya construidos.

Se pueden apreciar en la figura 20, modelados con la familia “Pilar HEB” y los tipos “HE240B” y “HE200B” respectivamente.

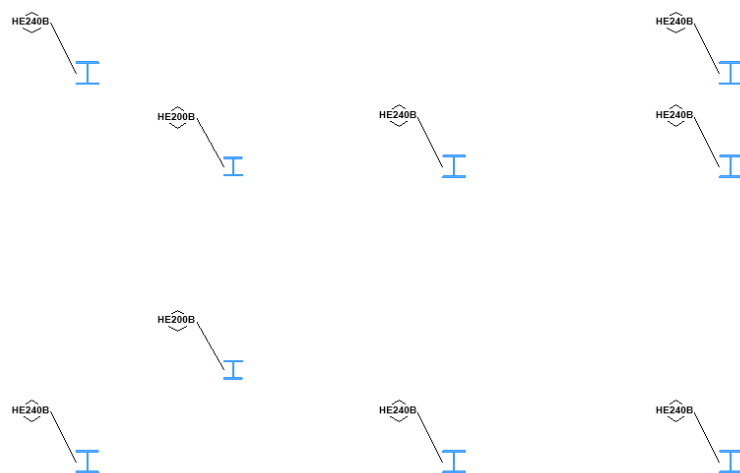


Figura 20. Disposición en planta de los pilares de las torres de embarque.

Para completar la estructura, se unirán los pilares con vigas formadas por perfiles de acero S275 JR laminados IPN 200, modelados con la familia “IPN-Secciones en I con alas cónicas IPN 200”, en dos niveles, para el forjado situado a la altura de la planta superior, y para la cubierta de la torre y la estructura del ascensor. Se puede apreciar cómo queda la estructura final en las figuras 21 y 22, diferenciándose por colorimetría entre pilares (azul) y vigas (verde).

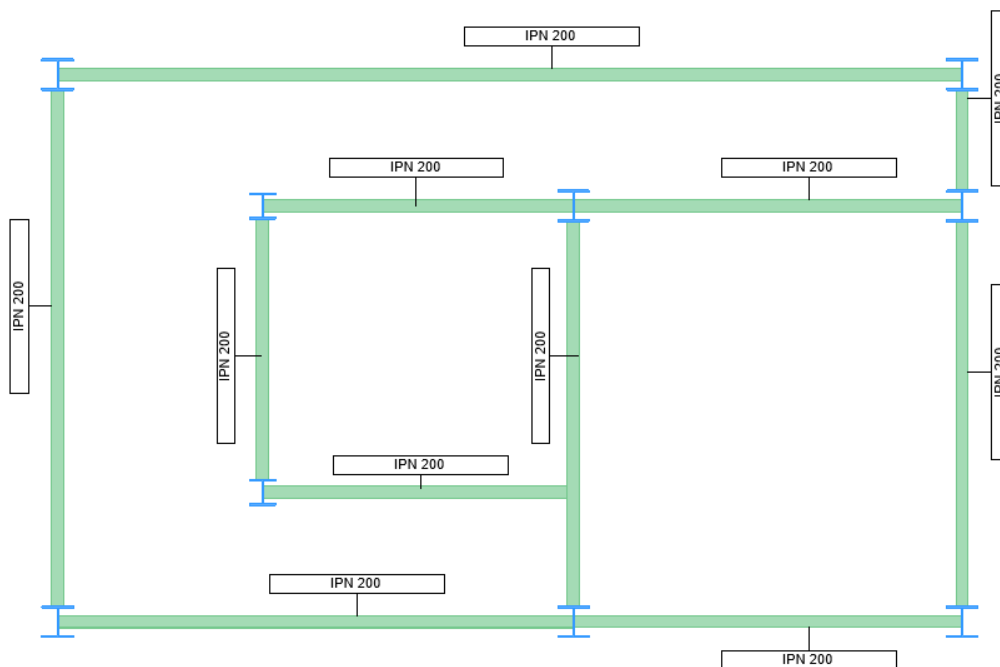


Figura 21. Plano de planta de la estructura de las torres de embarque.

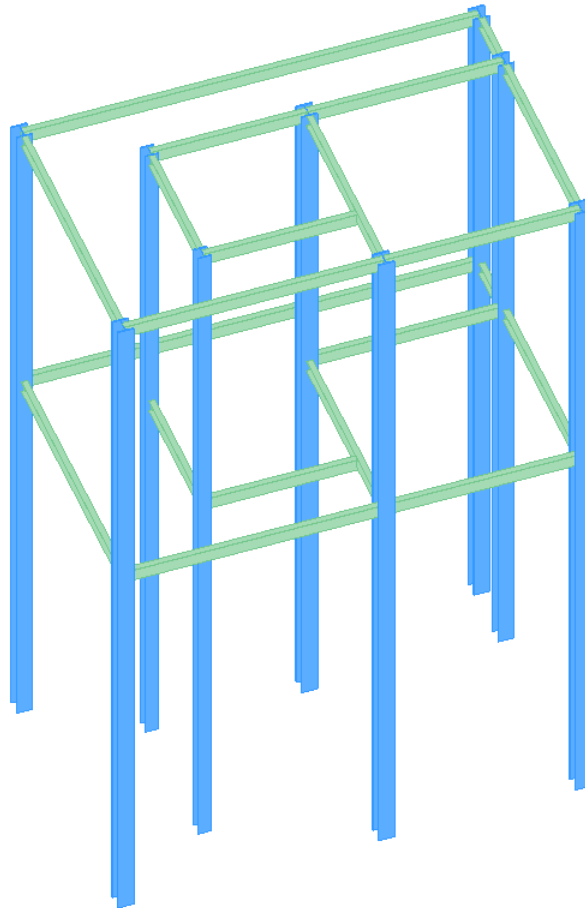


Figura 22. Vista 3D de la estructura de las torres de embarque.

Por otra parte, también se ha previsto una estructura metálica para albergar los núcleos de ascensores que se situarán en los vestíbulos. Esta estará formada por pilares de acero laminado HEB 200 y vigas de acero laminado de perfil IPN 180, ambos de acero S275 JR, estas últimas modeladas con la familia “IPN-Secciones en I con alas cónicas IPN 180”. Todo esto para recibir la maquinaria del equipo, que se situará en la parte superior de la estructura. Las cargas se transmiten al terreno mediante una losa de cimentación de hormigón armado de 100 cm.

Cabe destacar que no se podrá arriostrar por el lateral derecho de cada uno de los ascensores, ya que el grupo de tracción se encuentra en este lado, y de esta manera imposibilitaríamos el correcto funcionamiento del mismo. Se puede apreciar este detalle con más claridad junto con la estructura al completo en la figura 23.

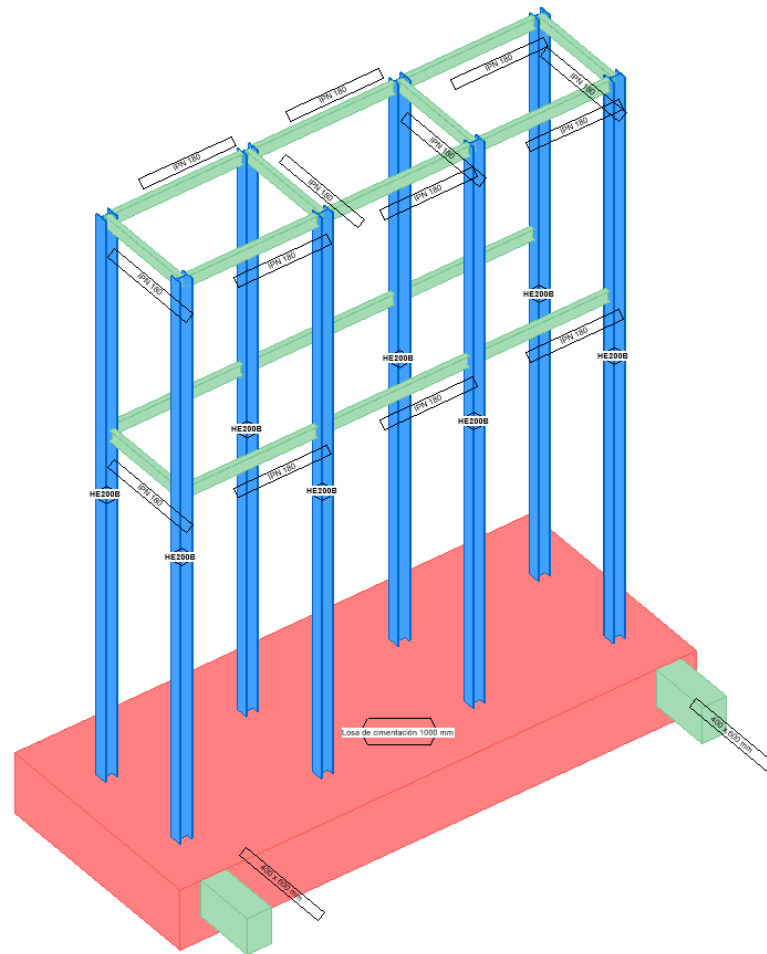


Figura 23. Vista 3D de la estructura de los núcleos de ascensores.

En las figuras 24 y 25 se pueden ver cómo queda el modelado de la estructura con los elementos especificados hasta ahora, pilares y cimentación.

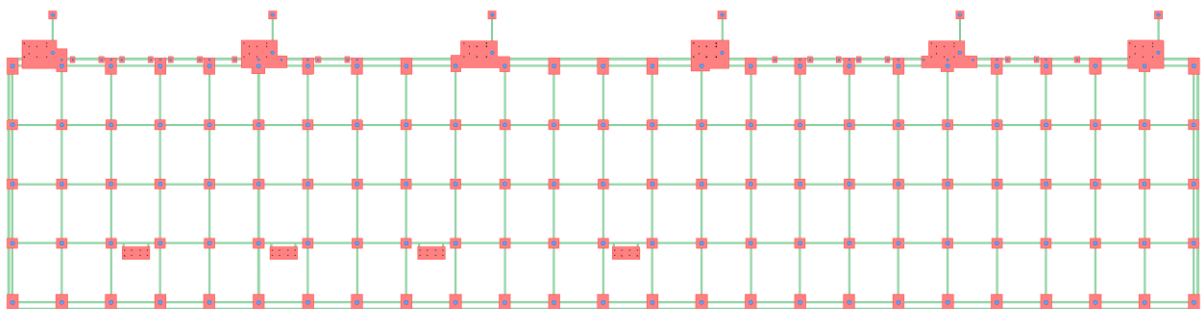


Figura 24. Plano de planta de la estructura. En rojo, losas y zapatas; en verde, vigas de atado; y en azul, pilares.

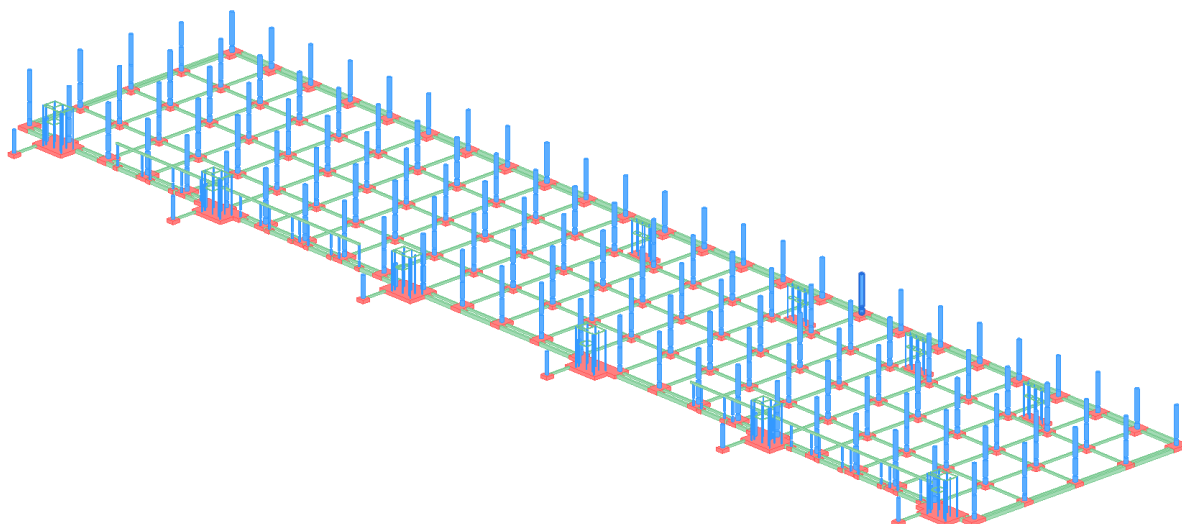


Figura 25. Vista 3D de la estructura. En rojo, losas y zapatas; en verde, vigas de atado; y en azul, pilares.

3.4.3 Solera

En la planta baja se dispondrá una solera de hormigón armado de 30 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIA y mallazo electrosoldado ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080. En la figura 26 se muestra el modelado de la solera, el cual se ha realizado con la familia “Solera hormigón 30 cm”.

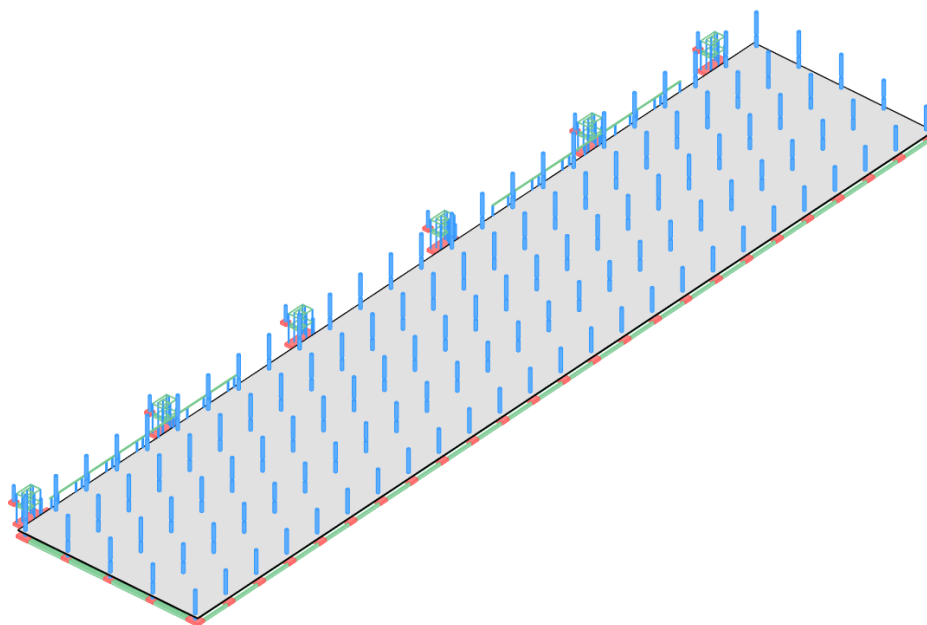


Figura 26. Vista 3D de la solera de la planta baja junto al resto de la estructura.

3.4.4 Forjado

Para toda la planta primera, incluyendo puentes de embarque y torres de embarque, se optará por un forjado reticular de casetón perdido de hormigón armado moldeado in situ con un canto total de 60 cm, 20 cm de capa de compresión y 40 de profundidad de casetón, con 16 cm de ancho de nervio, cumpliendo con la normativa establecida en el Código Estructural. Empleándose hormigón de consistencia fluida y tamaño de árido 20mm (HA-25/F/20/IIa) y acero UNE-EN 10080 B 500 S.

En la figura 27 se ilustra el modelado del forjado mediante la familia “Forjado Reticular H. Armado”, que como puede apreciarse contará con un hueco de 30 x 15 metros en el vestíbulo de salidas y otro de 29 x 16,40 m en el de llegadas, en los que se situarán los núcleos de escaleras mecánicas. Además, no cubrirá completamente la planta baja, sino que crea una especie de balcón comunicándola con la planta superior. De este modo se favorecerá la circulación de aire dentro del edificio, siendo esta una de las medidas adoptadas como mejora para futuras situaciones de alerta sanitaria, en las cuales se requiere de espacios con buena ventilación y en los que el aire se encuentre en continua circulación.

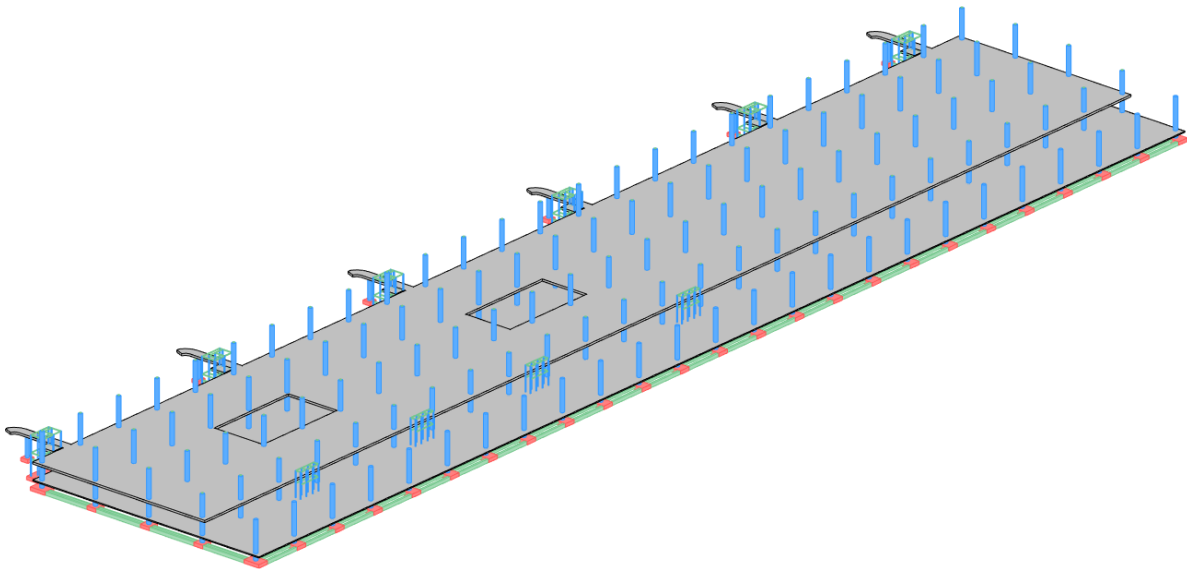


Figura 27. Vista 3D del forjado de la planta superior junto al resto de la estructura.

3.4.5 Estructura cubierta

La cubierta se ha diseñado con una forma curva, formada por dos tramos convexos, por ello se ha planteado una estructura formada por pórticos distribuidos transversalmente y arriostrados longitudinalmente. En ambos casos se optará por vigas boyd de acero laminado, ya que empleando perfiles estándares deberíamos escoger series muy altas y por ende sus pesos serían muy elevados. Además, este tipo de viga tiene una estética agradable, lo que supone un punto positivo ya que se trata de un entramado que va a quedar visto.

Recordamos que no se ha realizado cálculo estructural, ya que no es el objetivo de este proyecto, pero se ha tratado de diseñar una estructura lo más asemejada a la realidad posible.

Para los pórticos se emplearán perfiles de acero IPE 500, ampliándose su altura hasta los 800 mm y con cortes circulares de 300 mm de diámetro cada 520 mm como se aprecia en las figuras 28, 29 y 30.

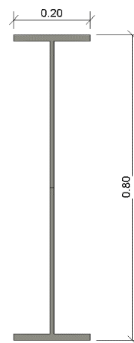


Figura 28. Sección de la viga BOYD compuesta por el perfil IPE 500.

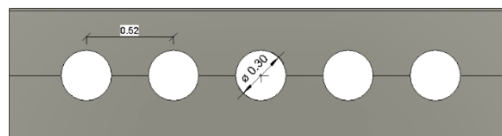


Figura 29. Alzado con los huecos de la viga acotados.

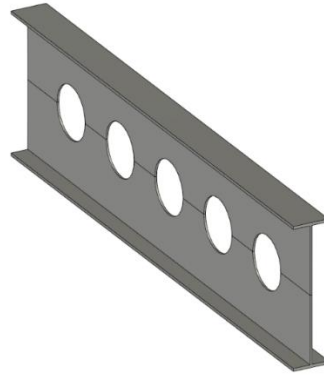


Figura 30. Vista 3D de la viga BOYD formada por el perfil IPE 500.

Mientras que para las vigas que arriostran se utilizarán perfiles IPE 400 ampliados hasta una altura de 500 mm y con cortes circulares de 520 mm de diámetro cada 320 mm, los cuales se pueden ver en las figuras 31, 32 y 33.

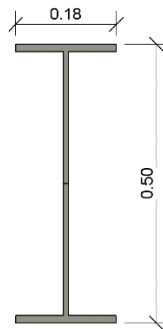


Figura 31. Sección de la viga BOYD compuesta por el perfil IPE 400.

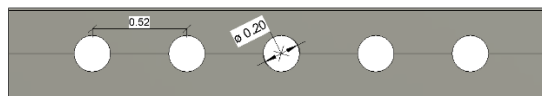


Figura 32. Alzado con los huecos de la viga acotados.

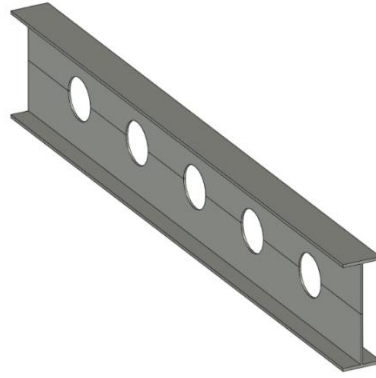


Figura 33. Vista 3D de la viga BOYD formada por el perfil IPE 400.

Para ambos tipos de vigas se ha tenido que modificar las dimensiones de la familia aumentando la longitud del alma y el diámetro de los huecos en ambos casos.

Las familias empleadas en el modelado han sido respectivamente “Perfil celular BOYD IPE 500 (800mm D300)” y “Perfil celular BOYD IPE 400 (500mm D200)”

En la figura 34 se puede apreciar el modelado completo de la estructura de la cubierta.

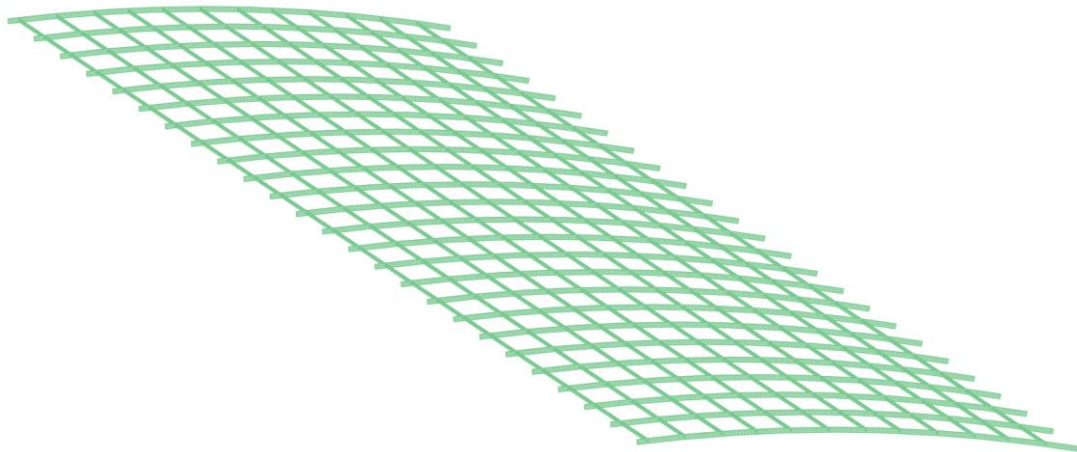


Figura 34. Estructura de la cubierta.

Los pórticos se formarán sobre los pilares de hormigón armado y en cada vano encontraremos cuatro vigas arriostrando, cada una situada a $\frac{1}{4}$ de la longitud del vano,

como se puede ver en el alzado de la figura 35, en el que se observa un pórtico completo con sus arriostramientos.



Figura 35. Vista de alzado de uno de los pórticos de la estructura de la cubierta.

Los apoyos de la estructura de la cubierta sobre los pilares se solucionarán mediante apoyos elastoméricos. Esta decisión se ha tomado para no transmitir momento a los pilares y que de esta manera solo trabajen a compresión. Se ha tomado como referencia otro tipo de construcciones de obra civil como son los puentes, en los que esta es una solución usada muy frecuentemente, podemos ver un ejemplo en la figura 36.



Figura 36. Detalle de los apoyos elastoméricos de un puente.

Este tipo de apoyos consisten en una lámina o bloque de neopreno contenido entre dos placas de acero, las cuales se anclan a los dos elementos estructurales que conforman la unión estructural.

Cabe recalcar que en la mayoría de los casos son piezas hechas a medida para cada proyecto. En nuestro caso se han diseñado cuatro tipos distintos, formados por dos planchas de 400 x 400 mm y 30 mm de espesor y un núcleo de neopreno de alta

densidad, variando únicamente en ellos la inclinación de la placa de anclaje superior y por ende el perfil del núcleo de neopreno.

Para el modelado se ha creado cuatro familias distintas: “Apoyo elastomérico rectangular 1”, “Apoyo elastomérico rectangular 2”, “Apoyo elastomérico rectangular 3” y “Apoyo elastomérico rectangular 4”. En las figuras 37,38,39 y 40 se pueden observar en detalle.

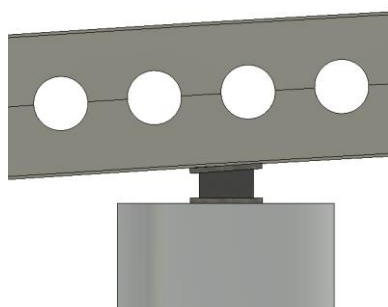


Figura 37. Apoyo elastomérico 1.

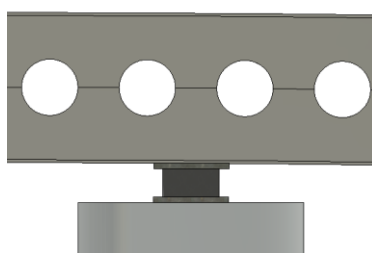


Figura 38. Apoyo elastomérico 2.

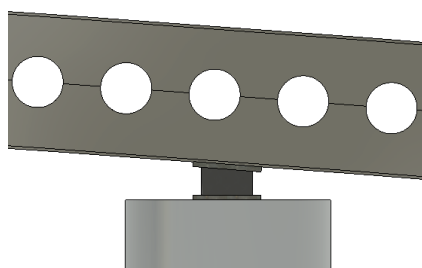


Figura 39. Apoyo elastomérico 3.

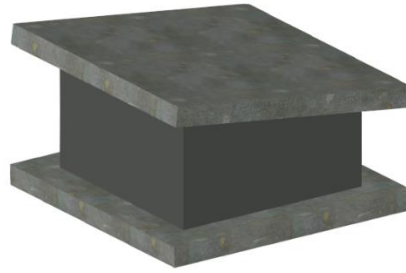


Figura 40. Vista 3D del apoyo elastomérico 4.

3.5 Modelado arquitectónico

La segunda parte del modelado contempla todo lo que se refiere a la arquitectura del edificio, creándose los espacios y elementos que dan forma y utilidad a este.

3.5.1 Cerramientos exteriores

Para generar el cerramiento principal del edificio y de las torres y puentes de embarque se empleará un muro cortina de paneles de vidrio, tal y como se puede apreciar en la figura 41.

El cerramiento principal estará formado por una estructura formada por montantes de aluminio rectangulares de 5 x 20 cm, que confinan unos paneles de vidrio de 300 x 200 cm.

Mientras que para los puentes y las torres de embarque se utilizarán paneles de vidrio de 200 x 100 cm soportados por montantes de aluminio rectangulares de 5 x 10 cm.

Se han modelado respectivamente con las familias “Muro cortina 300 x 200 cm” y “Muro cortina 200 x 100 cm” elevándose estos desde el suelo hasta sus cubiertas correspondientes.

El papel que jugará la estructura de montantes es crucial, ya que es la que recibe los paneles, y debido a que el vidrio es un material muy frágil, cualquier deformación podría ocasionar la rotura de estos.

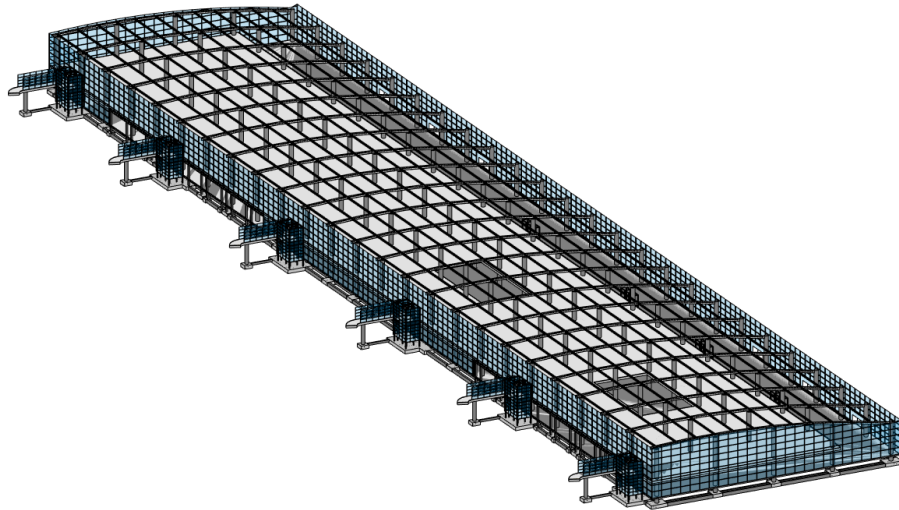


Figura 41. Vista 3D de la estructura completa con los cerramientos de muro cortina.

Como se observa en la figura 42, en la fachada de la pista, se levantará a nivel de planta baja un cerramiento bloques de hormigón con trasdosado cerámico de 31 cm de grosor total, para alojar las puertas automáticas plegables que comunican las salas de tratamiento de equipaje con la pista.

Para el modelado del muro se ha empleado la familia “Bloque hormigón enfos. trasd. cerámico - 31 cm”, mientras que para las puertas se han empleado dos familias diferentes, “Puerta autom. garaje plegable G-1000 4m” y “Puerta autom. garaje plegable G-1000 8m”, siendo como su propio nombre indica, la primera de 4 m de longitud y la segunda de 8 m, ambas con una altura de 3,20 m.

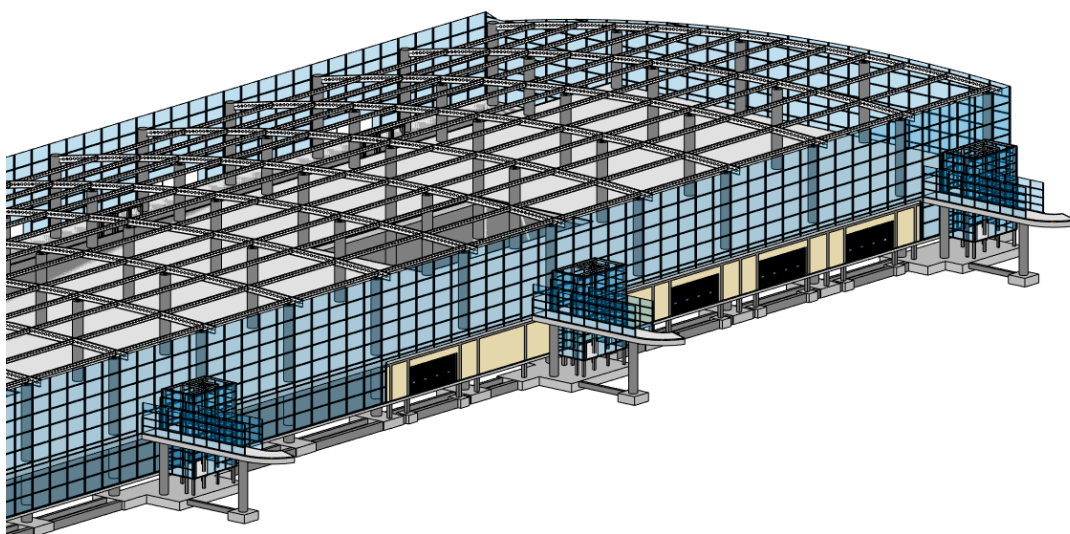


Figura 42. Cerramiento y puertas automáticas en la zona de tratamiento de equipajes.

3.5.2 Cubierta

Se ha diseñado una cubierta con una forma curva e irregular. Se tratará de una cubierta no transitable y sin lucernarios, ya que al ser más del 90% de los cerramientos exteriores de vidrio, no habrá necesidad de introducir más luz. Todo esto se ha tenido en cuenta a la hora de escoger el tipo de cubierta y los materiales que la componen.

Se ha optado por una cubierta con paneles Sándwich, ya que estos ofrecen múltiples ventajas, como son:

- Tienen un gran poder aislante térmico.
- Permiten crear formas curvas.
- Son de fácil instalación y además su mantenimiento también es bastante sencillo.
- Gran durabilidad y resistencia frente agentes externos.
- Bajo impacto ambiental, sus materiales se pueden reutilizar.

El paquete estará formado por una primera piel de chapa de acero galvanizado, un núcleo de poliuretano de 30 cm y una segunda piel compuesta por bandejas engatilladas Eurodesign de zinc.

Este tipo de bandejas permiten la creación de formas arquitectónicas singulares, gracias a su maleabilidad y a la posibilidad de fabricarse en grandes longitudes. En las figuras 43 y 44 se pueden apreciar el paquete estándar, y las bandejas en sus diferentes materiales, las cuales son un producto innovador desarrollado por la empresa Europerfil. Fuente [17].



Figura 43. Detalle de las chapas engatilladas Eurodesign. Fuente [17]



Figura 44. Diferentes materiales que proporciona el fabricante. Fuente [17]

La elección del zinc como componente principal de estas bandejas se ha basado en las características que nos ofrece dicho material, ya que es resistente a la corrosión y a las inclemencias climatológicas más extremas, como granizo, lluvias torrenciales, nieve o rayos UV. Es sumamente flexible, lo que nos permite llevar a cabo la forma curva de la cubierta. Con una correcta instalación, dará un servicio de alta durabilidad y casi exento de mantenimiento. Además, respeta completamente el medio ambiente ya que es 100% reciclable.

En la figura 45 se puede apreciar la cubierta modelada, para la que se ha empleado un tipo de la familia de “Cubierta básica”, en el que se han definido las capas que la componen y que ha sido designado con el nombre “Cubierta tipo sándwich con revestimiento de zinc (32 cm)”.

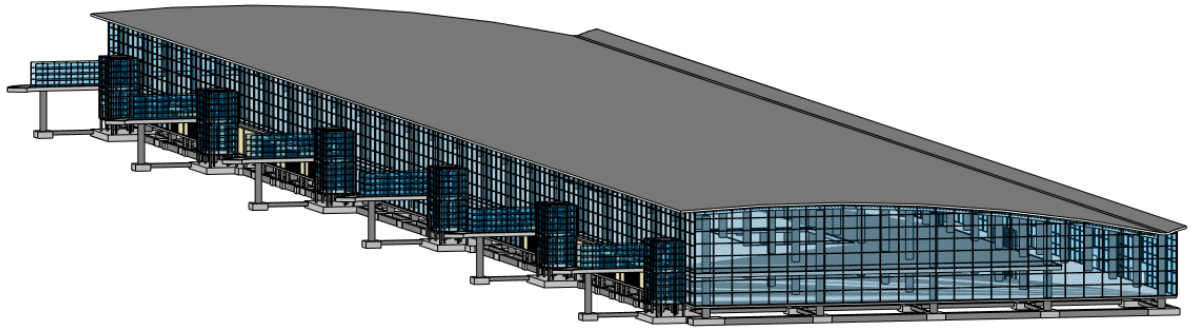


Figura 45.Cubierta principal.

Conforme se observa en la figura 46, los puentes y torres de embarque se cerrarán con una cubierta de panel sándwich de 13 cm, formada por una chapa de acero, un núcleo de poliuretano y un revestimiento con chapa engatillada de zinc, quedando estos modelados siguiendo el mismo proceso que para la cubierta principal, pero en este caso con la familia “Cubierta panel sándwich revest. zinc (13 cm)”.

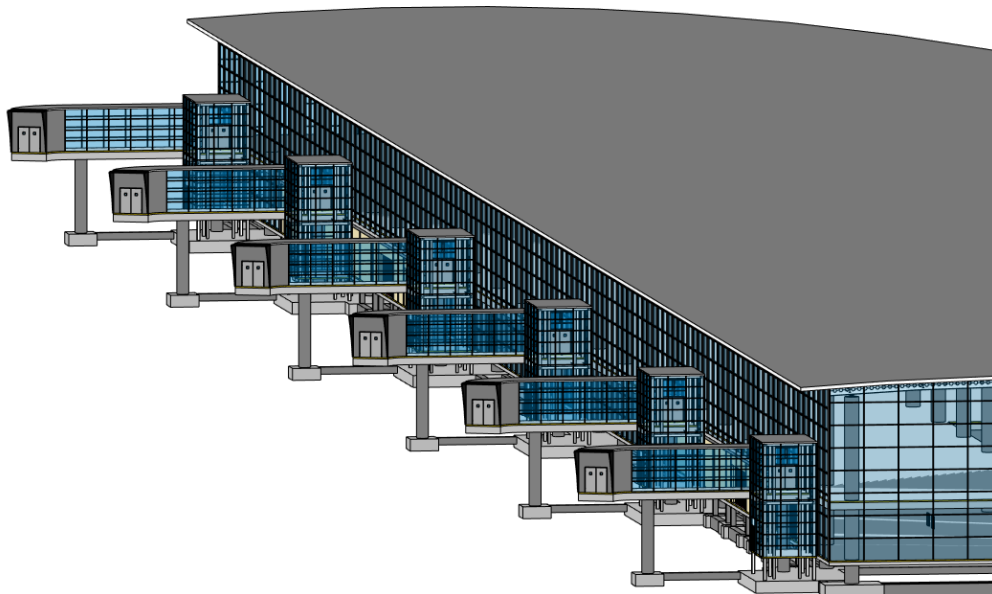


Figura 46.Cerramientos de los puentes y torres de embarque.

3.5.3 Escaleras y barandillas

Para realizar la conexión entre los dos niveles se implantarán escaleras mecánicas y de hormigón armado.

Estas primeras se emplearán para conectar la Planta Baja con la Planta Superior, haciéndolo desde el vestíbulo de transición de salidas y desde el vestíbulo de llegadas, situándose en ambos casos en los huecos creados en el forjado.

En este caso las medidas son las proporcionadas por el fabricante, siendo el ancho de huella de 100 cm, la profundidad de esta de 30,5 cm y la contrahuella de 16,54 cm. La familia con las que se ha modelado ha sido “Escalera eléctrica 5 m Height”.

Como estas se sitúan en los huecos del forjado, es necesario cercar el espacio restante con barandillas. Se emplearán para ello barandillas formadas por paneles de vidrio y pasamanos de madera de sección circular de 40 mm de diámetro. La altura de esta es de 95 cm cumpliendo así con el mínimo estipulado por el CTE de 90 cm. De igual manera el pasamanos se encentra a 90 cm del nivel del suelo.

En la figura 47 queda representado el modelado de uno de los núcleos de escaleras mecánicas, concretamente el del vestíbulo de llegadas.

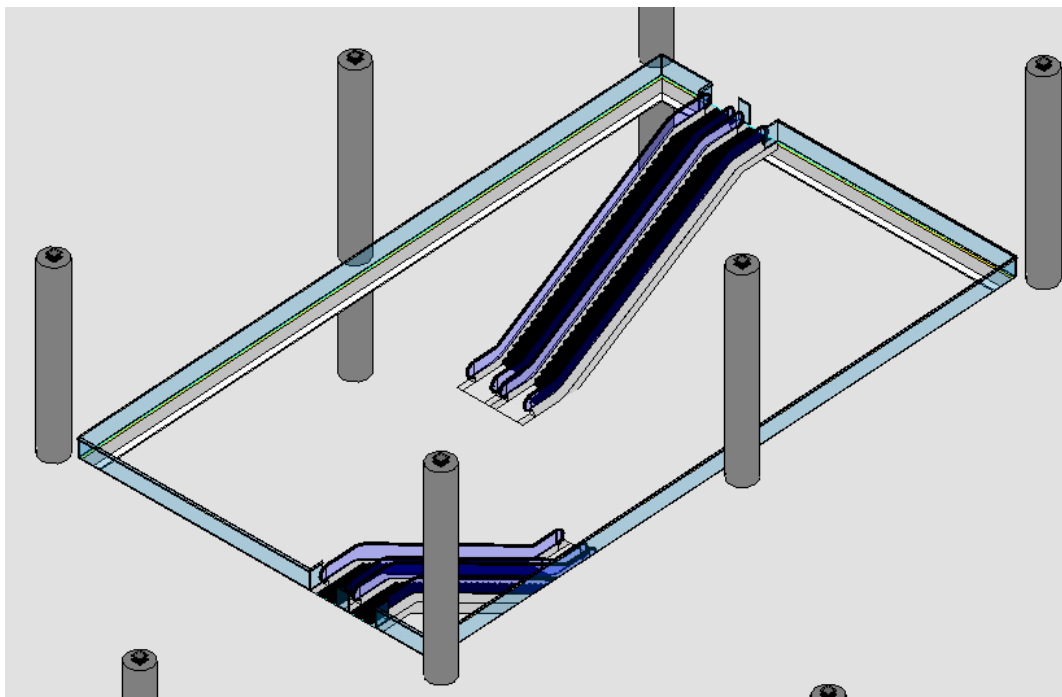


Figura 47. Módulo de escaleras mecánicas.

En el caso de las escaleras de hormigón armado, estas se situarán en las torres de embarque, salvando la misma altura que las mecánicas, 5 m. Según el CTE cada tramo no puede salvar más de 3,20 m, por ello se podría realizar en dos tramos, pero

debido a la geometría de la torre será necesario realizarlo en tres tramos con dos descansillos, quedando esta con forma de “U”.

Por normativa al ser zonas que pueden ser concurridas por niños, no se aceptan escalones sin tabica, debiendo estar esta comprendida entre 13 y 18,5 cm. En el caso de la huella esta debe de ser de mínimo 28 cm de profundidad y 100 cm de ancho, ya que no serán escaleras de un uso general, sino para personal, técnicos o casos excepcionales en los que se tenga que bajar a pie de pista, como pueden ser evacuaciones.

Teniendo en cuenta estas pautas, se optará por una escalera de 100 cm de ancho de huella, 30 cm de profundidad y 17 cm de contrahuella.

Al ser el tramo de menos de 120 cm de ancho, solo se precisará de barandilla a uno de los lados, siendo esta de 90 cm de altura.

En la figura 48 podemos apreciar el modelado de la escalera en su totalidad junto con la barandilla, realizado mediante la familia “Escalera moldeada in situ”.

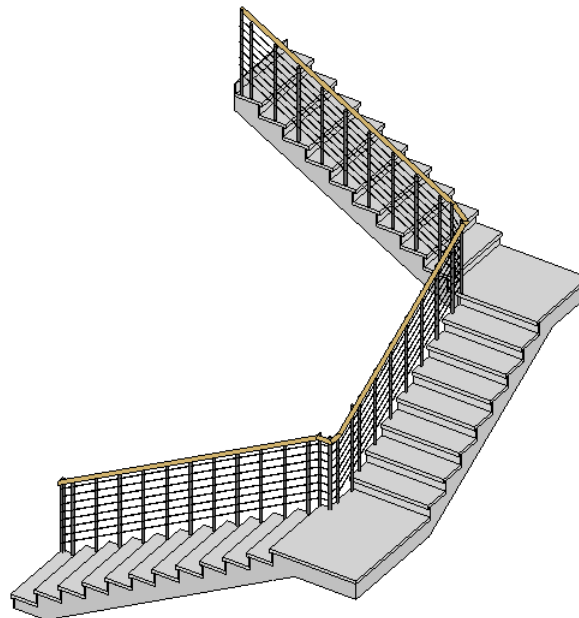


Figura 48. Detalle de la escalera de las torres de embarque.

Además, para cercar la cara del forjado que crea el balcón a la planta inferior se colocará una barandilla de iguales características que la empleada en el núcleo de

escaleras mecánicas, siendo esta de 95 cm de altura con un pasamanos a 90 cm, cumpliendo de esta manera con la normativa estipulada en el CTE.

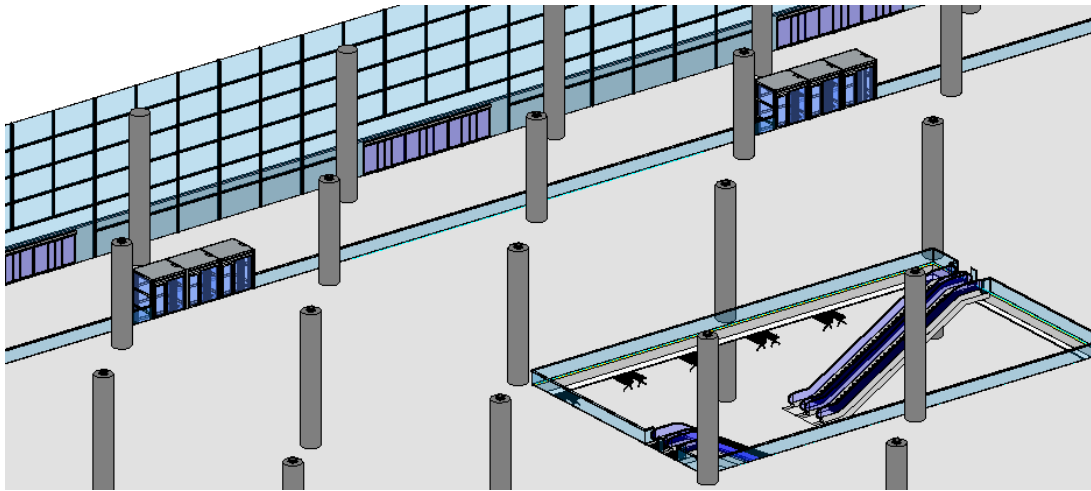


Figura 49. Detalle del balcón de la planta superior junto con el núcleo de escaleras mecánicas y sus correspondientes barandillas.

3.5.4 Ascensores

Como apoyo a las escaleras mecánicas, en los vestíbulos se dispondrán 4 núcleos de 3 ascensores cada uno, dos núcleos por vestíbulo, creando de esta manera una alternativa que mejorará la movilidad de los transeúntes y cubriendo las necesidades de las personas con minusvalía.

Se tratarán de ascensores de dos paradas con un único acceso por planta, como se puede apreciar en la figura 50.

Para realizar el modelado se ha descargado la familia “Ascensor ECOVimecE10 2 Paradas” de la web <https://www.bimobject.com/es> y se ha tenido que modificar la altura para que se pudiesen salvar los 5 metros entre plantas.

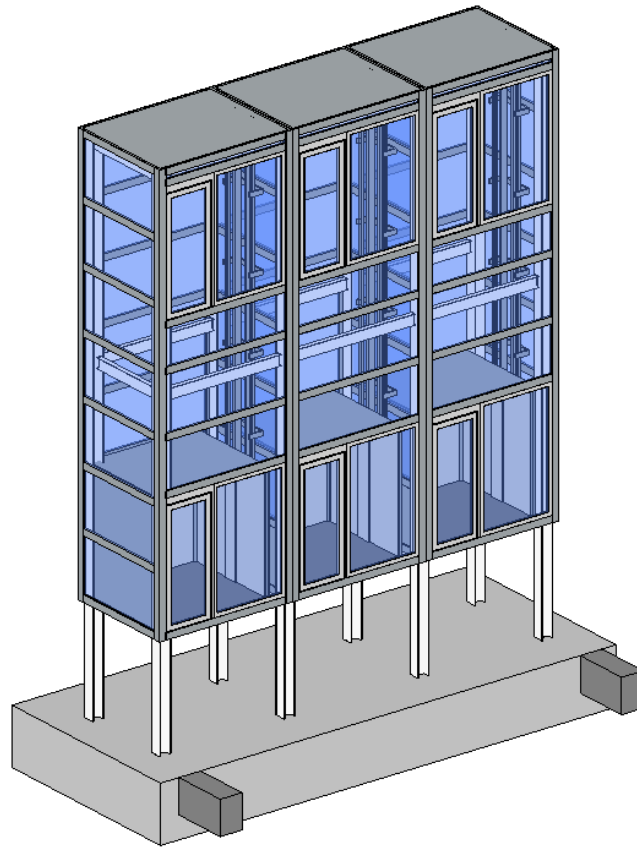


Figura 50. Núcleo de ascensores junto con su estructura y cimentación.

3.5.5 Estancias

El interior de la terminal se encontrará dividido en diversas estancias en función de los servicios que cada una de ellas ofrecerá.

3.5.5.1 Núcleos de aseos

Estarán formados por un aseo masculino y otro femenino, ambos adaptados para minusválidos. Se distribuirán a lo largo de las dos plantas, teniendo en cuenta que no deben quedar muy distantes unos de otros, para que el pasajero siempre tenga un aseo a una distancia relativamente corta.

Como se contempla en las figuras 51 y 52, en las que se muestra como han quedado modelados, serán equipados con 6 inodoros separados por cabinas fenólicas, dos de ellos adaptados con su correspondiente barra de apoyo de 32 mm de diámetro situada a 73 cm de altura cumpliendo así con la normativa SUA; 3 inodoros de pared, en el caso de los aseos masculinos, y 6 lavabos.

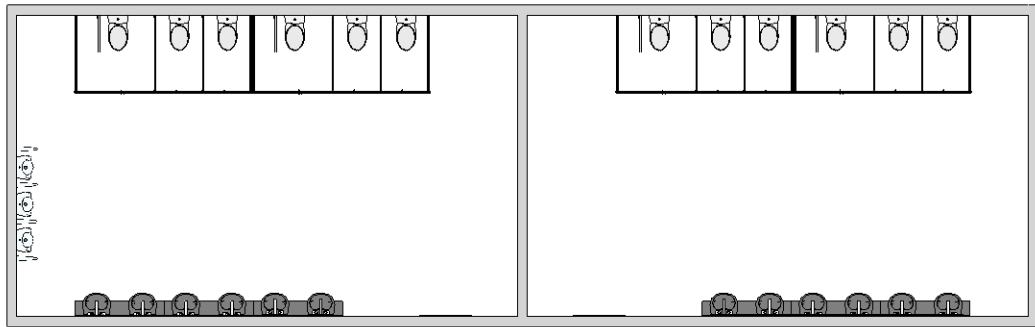


Figura 51. Vista de planta de uno de los núcleos de aseos.

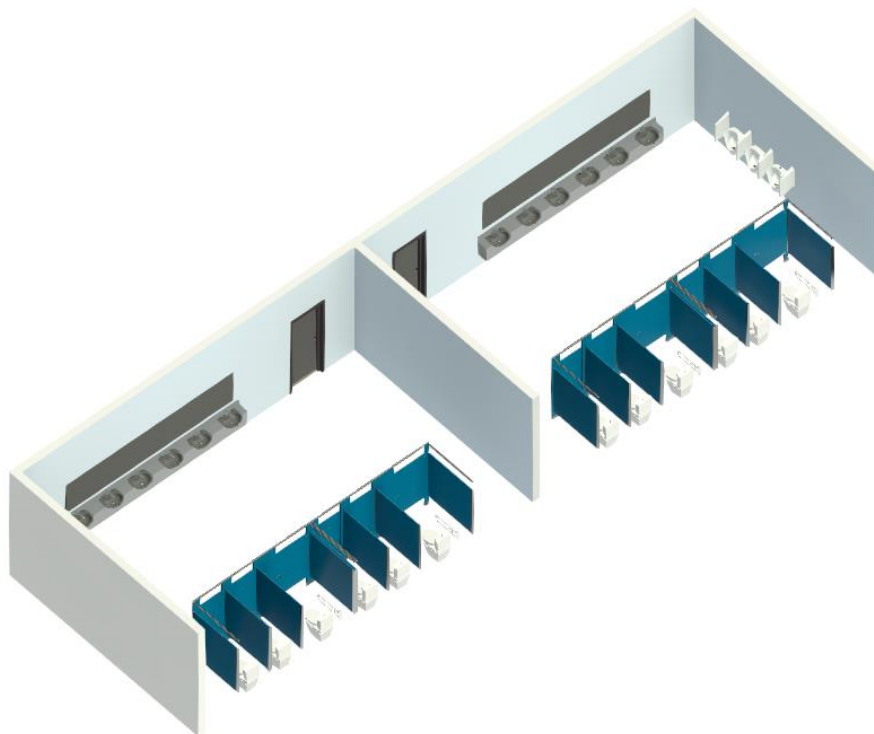


Figura 52. Vista 3D seccionada de uno de los núcleos de aseos.

Los muros que realizarán el cerramiento exterior, que serán de ladrillo hueco doble alicatados por su cara interior y enlucidos y pintados por la exterior, han sido modelados con la familia de muro básico “Muro LHD pintura_alicatado (20 cm)”. Mientras que, para el muro de separación entre ambos baños, que será de ladrillo hueco doble alicatado por ambas caras sea empleado la familia “Muro LHD alicatado a dos caras (20 cm)”.

3.5.5.2 Planta baja

Estará dividida en tres zonas generales: vestíbulo principal, vestíbulo de transición de salidas y vestíbulo de llegadas.

A. Vestíbulo principal

Con una superficie de 9886,81 m² será la primera zona con la que tendrán contacto los pasajeros que entren a la terminal. En ella se realizará cualquier gestión o proceso relacionado con los vuelos de salida. Como se puede observar en la figura 53, dentro de este encontraremos diversas estancias, las cuales se describen a continuación.

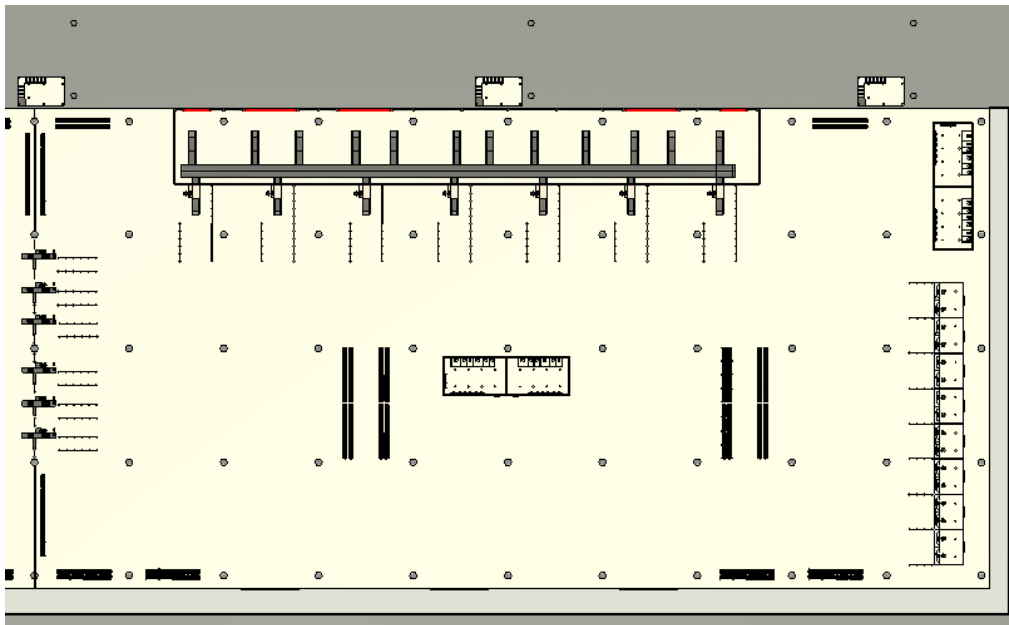


Figura 53. Vista de planta del vestíbulo principal.

a) Oficinas de aerolíneas

Se situarán en el vestíbulo principal, siendo un total de 8 oficinas con 24 m² de planta cada una. Pertenerán a las diferentes aerolíneas y sus funciones principales serán la venta de billetes de vuelos, información, atención al cliente, etc. En las figuras 54, 55 y 56 se puede apreciar cómo se ha modelado.

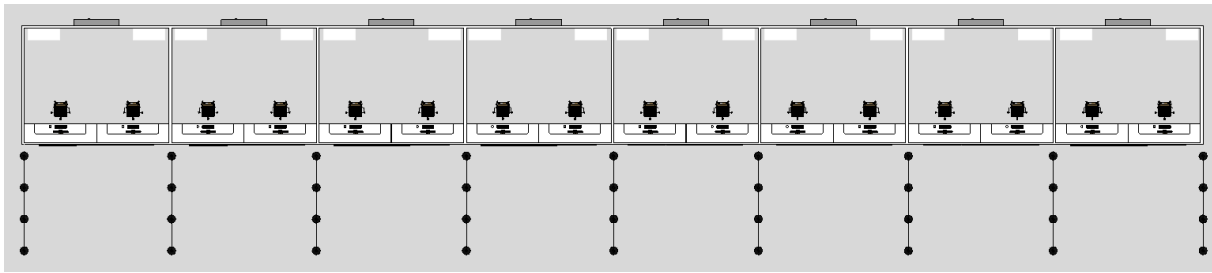


Figura 54. Vista de planta de las oficinas de aerolíneas.

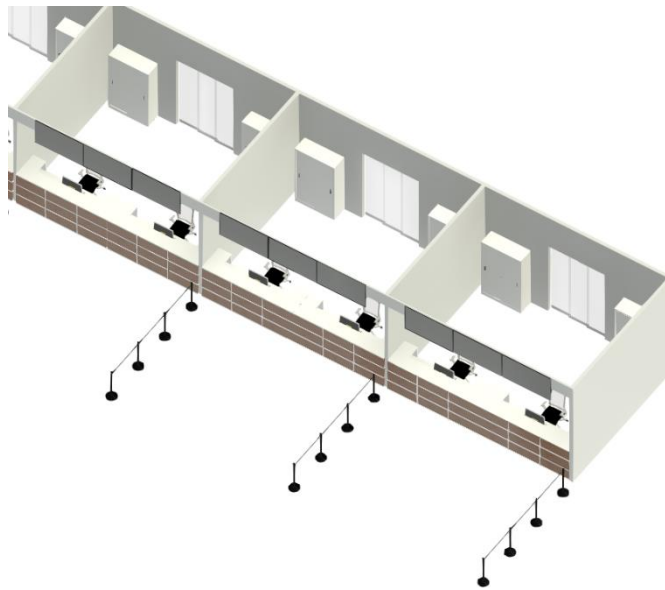


Figura 55. Vista 3D seccionada de las oficinas de aerolíneas.

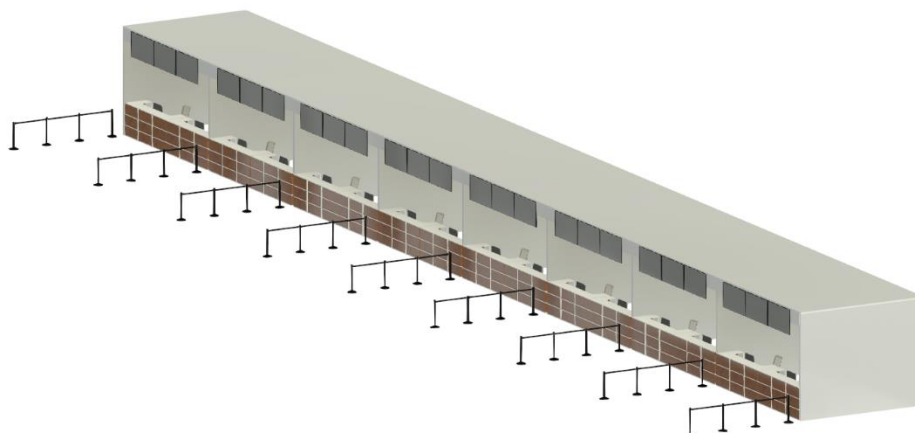


Figura 56. Vista 3D de las oficinas de aerolíneas.

En este caso los cerramientos serán de ladrillo hueco doble enlucido y pintado por ambas caras, levantados con la familia de muro básico “Muro partición LHD (10 cm)”.

b) Mostradores de facturación de equipaje

También estarán situados en el vestíbulo principal, este espacio se destinará a la facturación del equipaje de los pasajeros. Como se puede ver en la figura 57, estará conformado por 7 puestos que incluirán una computadora y una cinta mecánica con escáner de rayos x, con la que se examinarán y transportarán las maletas hacia la zona de tratamiento, los cuales se han modelado con la familia “Cinta Checking” descargada de la web <https://www.bimobject.com/es>.

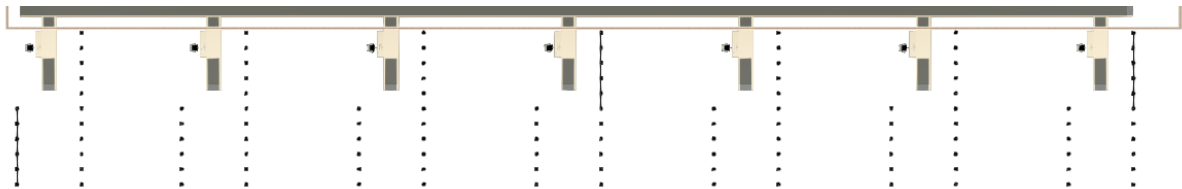


Figura 57. Vista de planta de la zona de facturación de equipaje.

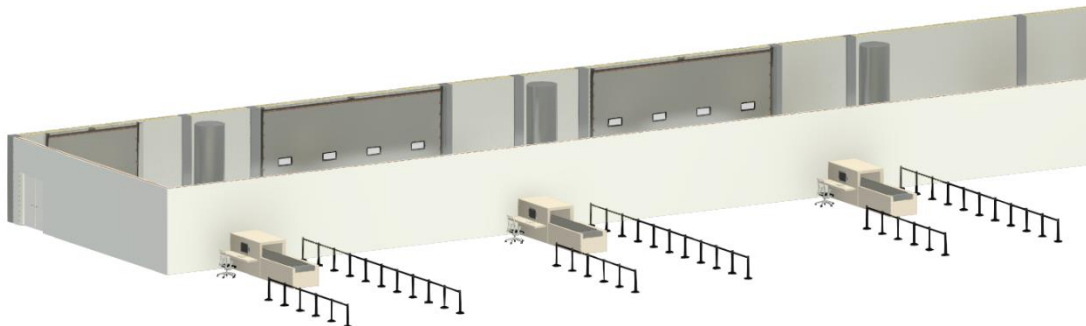


Figura 58. Vista 3D de la zona de facturación de equipaje.

c) Zona de tratamiento de equipaje

Este será el espacio al que pasarán los equipajes desde la zona de facturación, se trata de una zona logística formada por un conjunto de cintas transportadoras cuya función es organizar y agrupar la carga que va a llevar cada avión, para que posteriormente sea cargada en la bodega.

Encontraremos dos zonas de tratamiento, ambas en la planta baja, una para los vuelos de salida de 1063,40 m² y otra para los de llegadas de 1052,46 m². En esta última, los equipajes que lleguen se irán colocando en unas cintas que los sacarán al vestíbulo inferior de llegadas, como se puede apreciar en las figuras 59, 60 y 61.

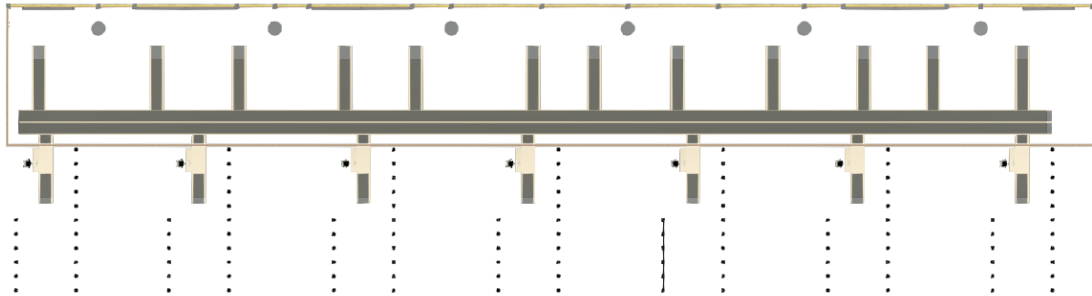


Figura 59. Vista de planta de la zona de tratamiento de equipaje del vestíbulo principal.

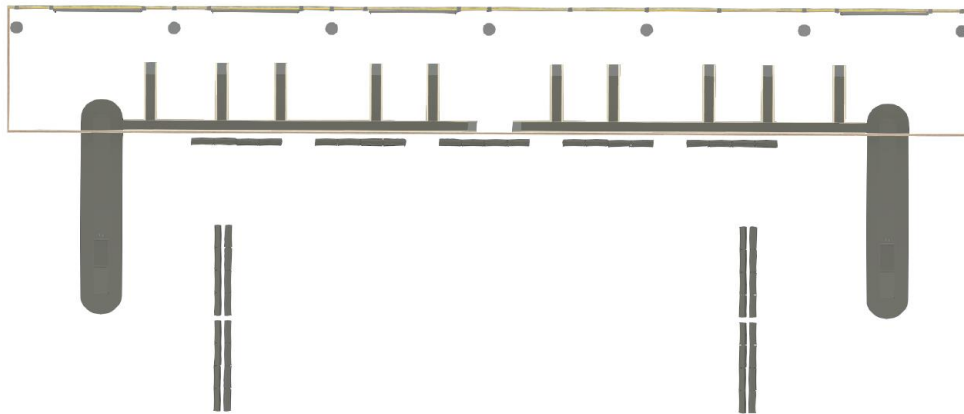


Figura 60. Vista de planta de la zona de tratamiento de equipaje del vestíbulo inferior de llegadas.

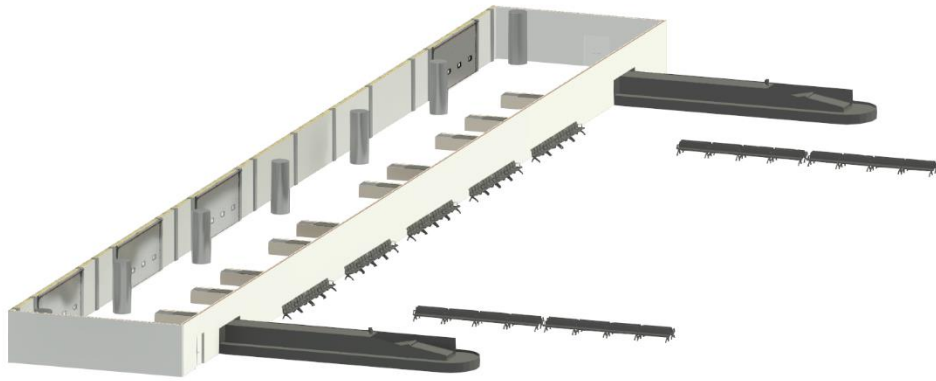


Figura 61. Vista 3D seccionada de la zona de tratamiento de equipaje del vestíbulo inferior de llegadas.

El acceso a pista desde estas salas se realizará a través de 9 puertas automáticas, 5 en la zona de salidas y 4 en la de llegadas, contenidas en muros de bloques de hormigón con trasdosado en su cara interior.

Las divisiones interiores en cambio estarán levantadas con muros de ladrillo hueco doble, enlucidos con yeso y pintados por ambas caras, las cuales se han modelado con la familia de muro básico “Muro particion interior LHD (20 cm)”.

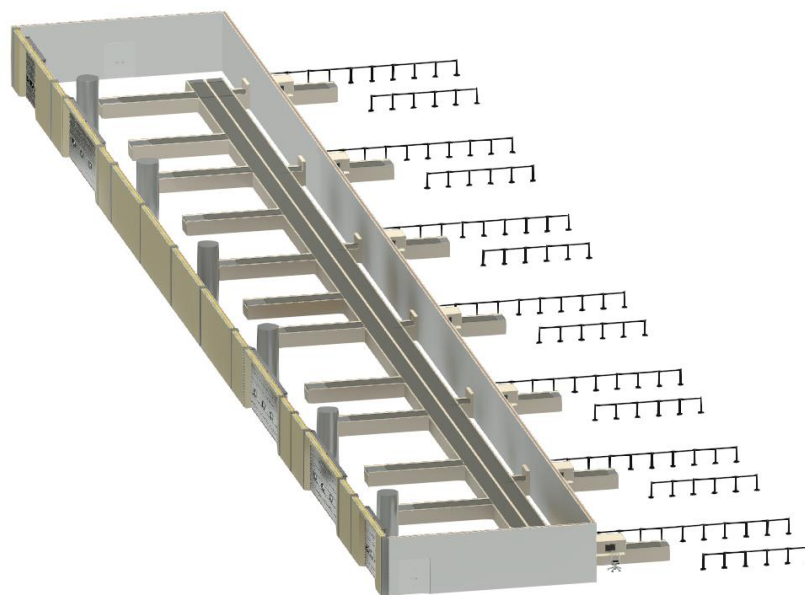


Figura 62. Detalle del cerramiento exterior de la zona de tratamiento de equipaje del vestíbulo principal.



Figura 63. Detalle del cerramiento exterior de la zona de tratamiento de equipaje del vestíbulo inferior de llegadas.

d) Control de acceso

Es el lugar en el que se llevará a cabo el control de acceso a la zona de salidas. En él se realizará un escaneado mediante rayos x del equipaje de mano del pasajero y un control de metales mediante arco de seguridad. El modelado de este bloque se ha realizado a través de la familia “Airport metal detector”, descargada de la web <https://www.cadblocksfree.com/>.

Como se puede observar en la figura 64, para realizar las particiones entre vestíbulos, se levantarán tabiques de ladrillo hueco doble enlucidos y pintados a ambas caras. Estos se han modelado con la familia de muro básico “Muro particion interior LHD (20 cm)”.

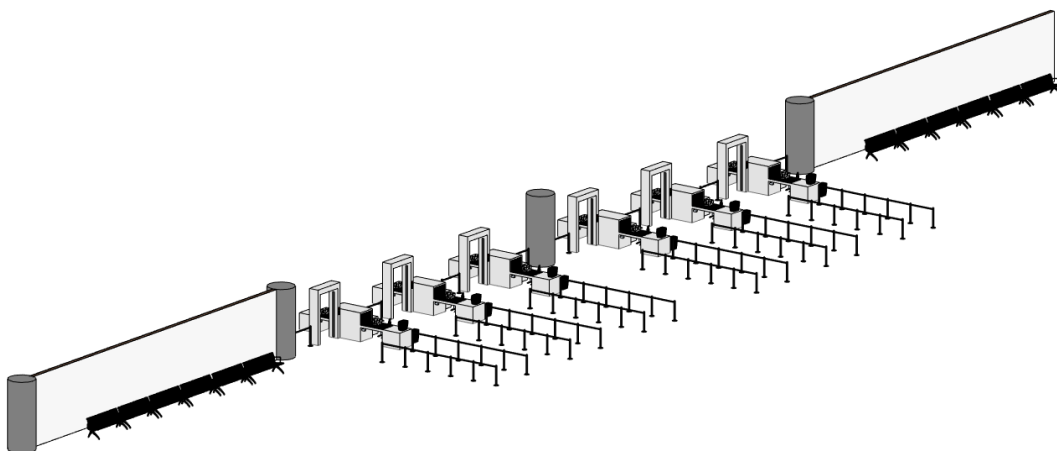


Figura 64. Control de acceso situado en la planta baja.

B. Zona de transición a la planta superior

Esta zona servirá de transición entre la planta baja y la superior. Se accederá a ella una vez pasado el control de acceso. Constará de una superficie total de 6328,93 m², en la que encontraremos las escaleras mecánicas, un núcleo de tres ascensores, dos núcleos de aseos, una sala de reuniones y una sala de control de aduanas y de seguridad.

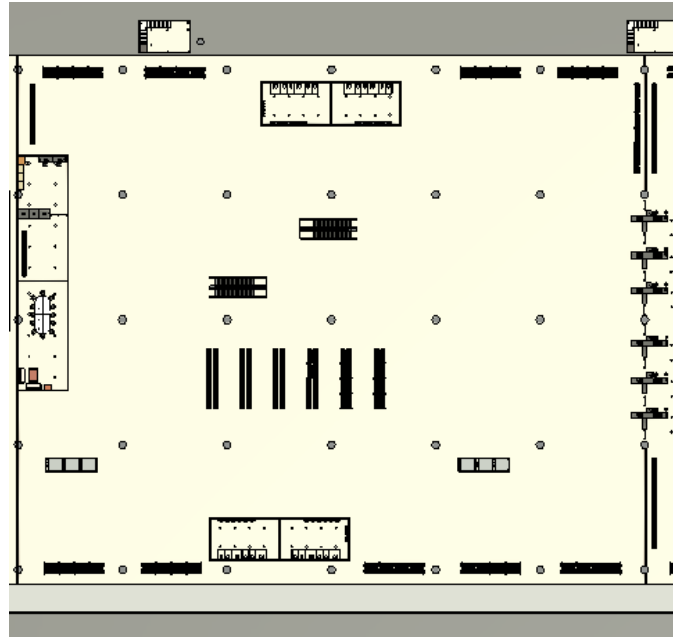


Figura 65. Vista de planta de la zona de transición a la planta superior.

a) Sala de reuniones

Sala que será destinada a reuniones o cualquier otro tipo de uso como pueden ser recepción de gente importante, sala VIP, etc. Tendrá una superficie de 110,65 m² y estará cerrada por tabiques de yeso laminado enlucidos y pintados por ambas caras, que han sido modelados con la familia de muro básico “Tabique yeso laminado (15+46+15)”.

Tal y como se contempla en las figuras 66,67 y 68, para completar el modelado se han insertado diversas familias como mesas, sillas, sofás y una televisión.

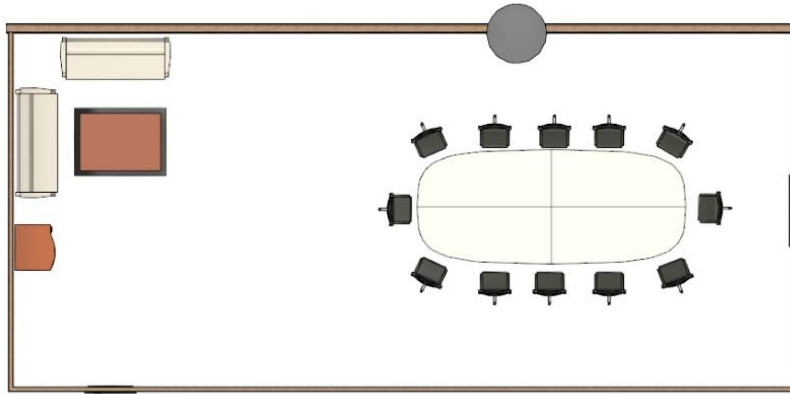


Figura 66. Vista de planta de la sala de reuniones.

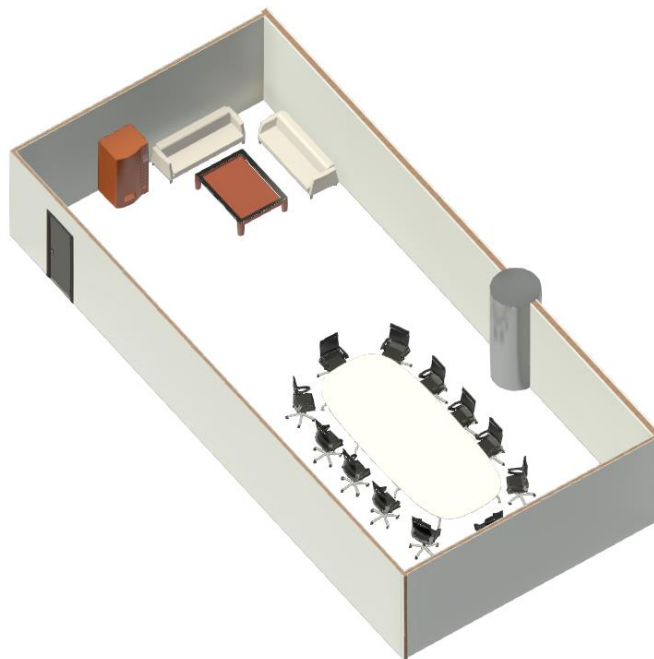


Figura 67. Vista 3D seccionada de la sala de reuniones.



Figura 68. Detalle del interior de la sala de reuniones.

b) Sala de seguridad y aduanas

Sala en la que se llevarán a cabo registros por los agentes de aduanas y desde la que se controlarán las cámaras de seguridad. Contará con una superficie en planta de 126.83 m² confinada por tabiques de yeso laminado enlucidos y pintados por ambas caras. En las figuras 69 y 70 se puede apreciar el modelado de esta sala.

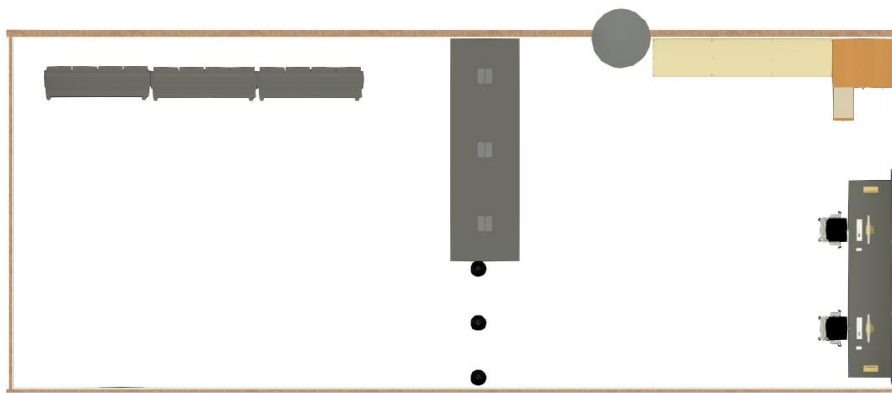


Figura 69. Vista de planta de la sala de aduanas y seguridad.

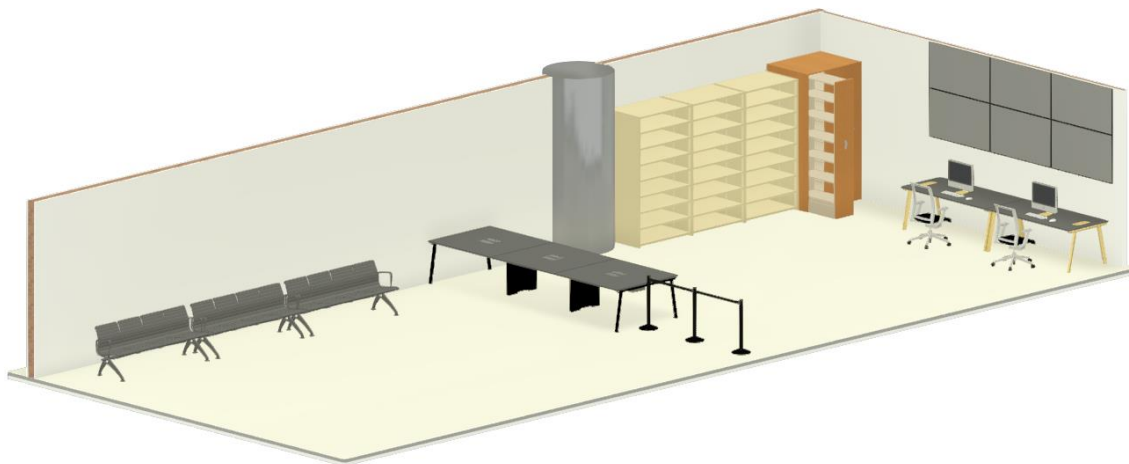


Figura 70. Detalle del interior de la sala de aduanas y seguridad.

C. Vestíbulo inferior de llegadas

Este espacio de 7819,62 m² se dedicará a la recogida de los equipajes de los pasajeros que lleguen a la terminal. La recogida se realizará a través de dos cintas transportadoras por las que circulará el equipaje procedente de la zona de tratamiento. El acceso a esta estancia se realizará a través de las escaleras mecánicas y del núcleo de ascensores, que partirán desde el vestíbulo de llegadas de la planta superior. Esta zona estará totalmente separada de la zona de transición de salidas, al igual que esta segunda lo estará del vestíbulo principal, mediante un muro de ladrillo hueco doble, de manera que los recorridos de los pasajeros que salgan y los que lleguen no confluyan en ningún momento; siendo esta una de las mejoras con las que se pretende hacer frente a futuras situaciones de alerta sanitaria. En la figura 71 se puede observar el modelado de esta área.

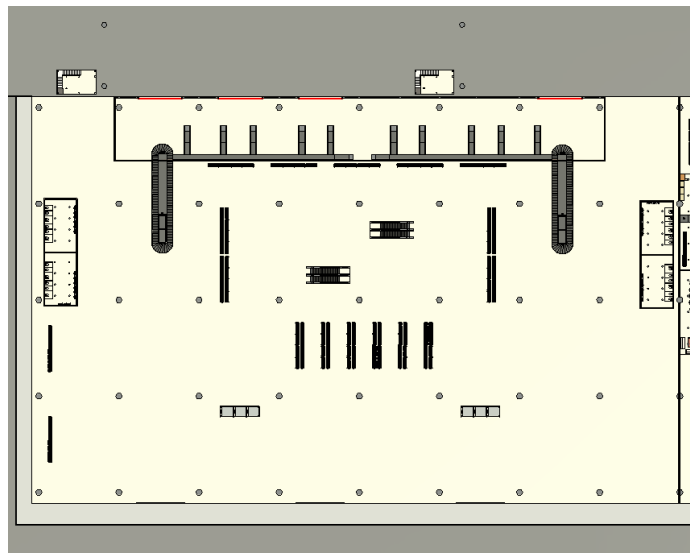


Figura 71. Vista de planta del vestíbulo inferior de llegadas.

3.5.5.3 Planta superior

Se encontrará dividida en dos espacios: el vestíbulo de salidas y el vestíbulo superior de llegadas. Ambos separados por un muro de ladrillo hueco doble. En ella podremos diferenciar los núcleos de aseos, las puertas y puentes de embarque con sus respectivos los mostradores para el control de acceso y zonas de espera con mesas.

A. Vestíbulo de salidas

Con una superficie de 12939,76 m² esta área recogerá la actividad previa al embarque de los pasajeros. En él se encontrará el acceso a los puentes de embarque, en concreto a los cuatro destinados a salidas.

Al tener una gran longitud y para facilitar la circulación de los transeúntes, se establecerán 4 módulos de cintas mecánicas, cada uno con dos cintas, una para cada sentido, como se puede apreciar en el modelo en la figura 72.

Estas se han modelado mediante la familia “Cinta transportadora pasajeros”.

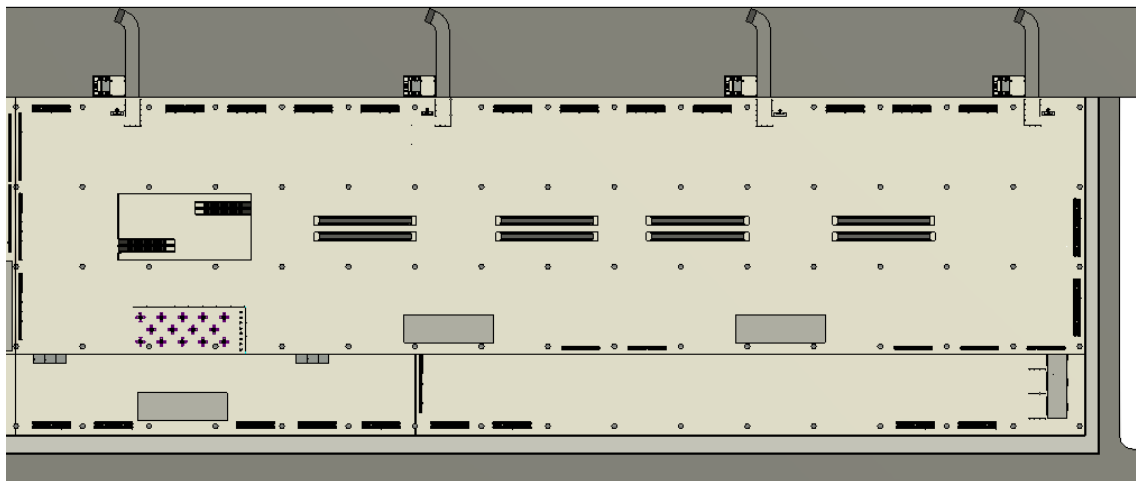


Figura 72. Vista de planta del vestíbulo de salidas.

B. Vestíbulo de llegadas

Este constará de una superficie en planta de 5978,67 m² y dará acceso a dos de los puentes de embarque, los destinados a los vuelos de llegada al aeropuerto. En la figura 73 se puede observar su modelado.

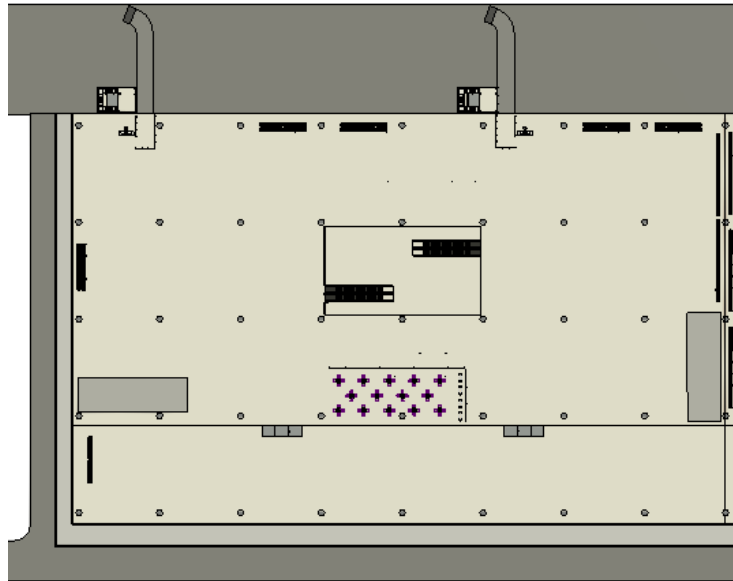


Figura 73. Vista de planta del vestíbulo de llegadas.

C. Zonas de espera

Destinadas a hacer más amena la espera de los pasajeros hasta la hora de embarque, se instalará una zona con mesas en cada vestíbulo de la planta superior. Como se puede ver en la figura 74, estas se independizarán del resto de la planta mediante unos biombos para dotarlas de más tranquilidad. Estos cuales se han modelado junto con mesas y sillas para completar el modelado de esta zona.

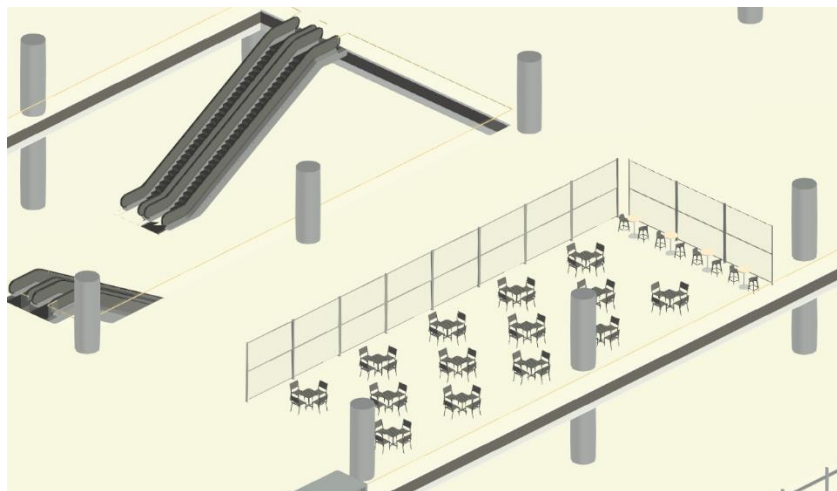


Figura 74. Zona de espera del vestíbulo de salidas.

D. Torres y puentes de embarque

Se situarán en la fachada de la pista, siendo un total de 6, 4 destinados a salidas y los otros 2 a llegadas.

Las torres constarán de dos plantas conectadas por escaleras de hormigón armado y un ascensor, mientras que los puentes estarán situados a nivel de la planta superior, como se puede observar en el modelo en la figura 75.

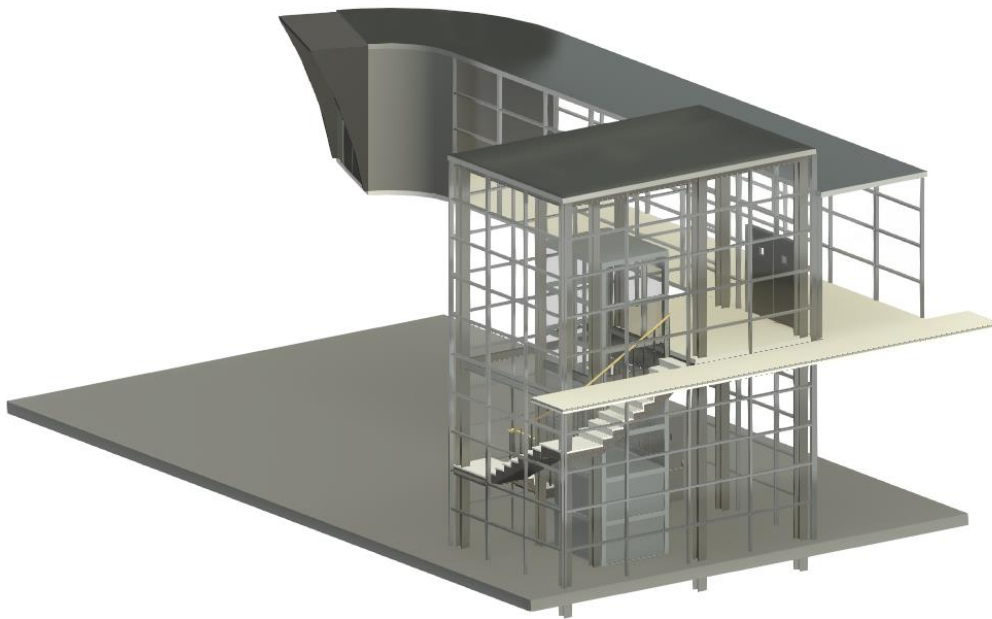


Figura 75. Torre y puente de embarque.

3.5.6 Iluminación

Se ha realizado un estudio previo, para diseñar la iluminación basándose en las necesidades de cada tipo de estancia. Para ello se ha empleado la tabla que se observa en la figura 76, la cual muestra los valores de LUX mínimos, óptimos y máximos de cada tipo de área en diferentes tipos de local.

Tabla de mínimos (LUX)			
Áreas y clases de local	Mínimo (LUX)	Óptimo (LUX)	Máximo (LUX)
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación y pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas y laboratorios	300	400	500
Bibliotecas y salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas, mecanografiado, salas de proceso, conferencia	450	500	750
Grandes oficinas, CAD, CAM, CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, muestras	500	750	1000
Industria			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000

Figura 76. Tabla de valores mínimos de LUX. Fuente [18].

Un LUX equivale a un Lumen (lm) por metro cuadrado, por lo tanto, según los lúmenes de las luminarias elegidas vamos a tener un mayor o menor número de ellas en la zona seleccionada.

En la planta baja se emplearán luminarias LED rectangulares de 172 cm de longitud y 7 cm de ancho, con una irradiación de 6000 lm. Teniendo en cuenta que, según la tabla, para zonas de circulación el valor óptimo es de 100 LUX, lo que equivale a 100 lm/m², y sabiendo que cada crujía es de 18 x 15 metros, es decir, 270 m², se necesitarán un mínimo de 5 luminarias por crujía. En la figura 77 se puede observar la distribución de las luminarias en el modelo en la zona de control de acceso.

Las familias empleadas en el modelo han sido “LED rectangular SYL-LINE GT3R 4K WD PRO (6000 lm)” y “LED rectangular SYL-LINE GT3R 4K WD WH (1500 lm)” descargadas de la página web <https://www.bimobject.com/es>.

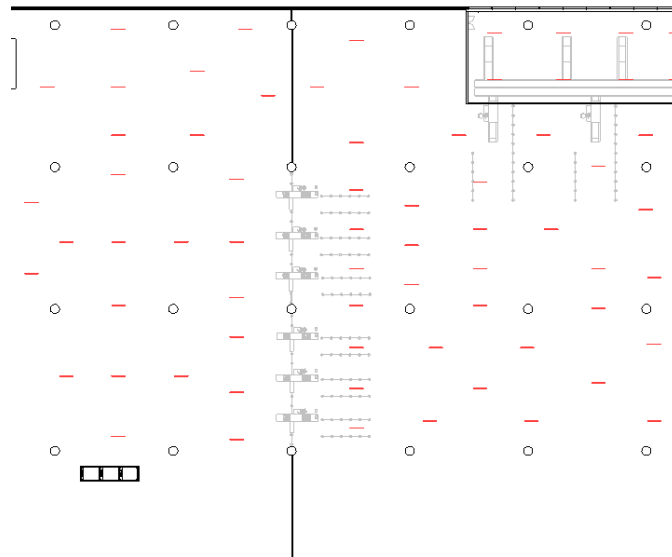


Figura 77. Detalle de la distribución de las luminarias de la planta baja.

En la planta superior se colocarán unos focos colgantes de 30 cm de diámetro, que se amarrarán a las vigas de la cubierta. Han sido modelados con la familia “Foco colgante redondo cristal”. Estos serán de 2500 lm por lo que serán necesarios 11 como mínimo en cada cuadrante formado por los pilares, en este caso se emplearán 12, colocando 3 en cada una de las vigas que arriostran los pórticos, como se puede apreciar en el modelo en la figura 78.

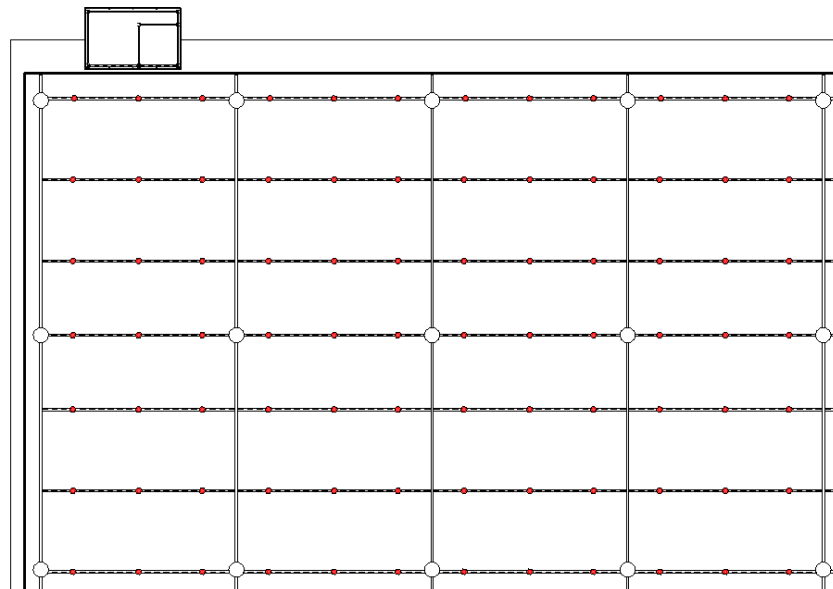


Figura 78. Detalle de la distribución de las luminarias de la planta superior.

En los núcleos de aseos, al tener estos una superficie de $57,82 \text{ m}^2$, se ha optará por focos empotrados LED redondos de 30 cm de diámetro, siendo estos de 1100 lm. Al ser necesarios 150 LUX según la tabla, se precisará de 8 unidades en cada aseo, quedando distribuidos como se aprecia en el modelo en la figura 79.

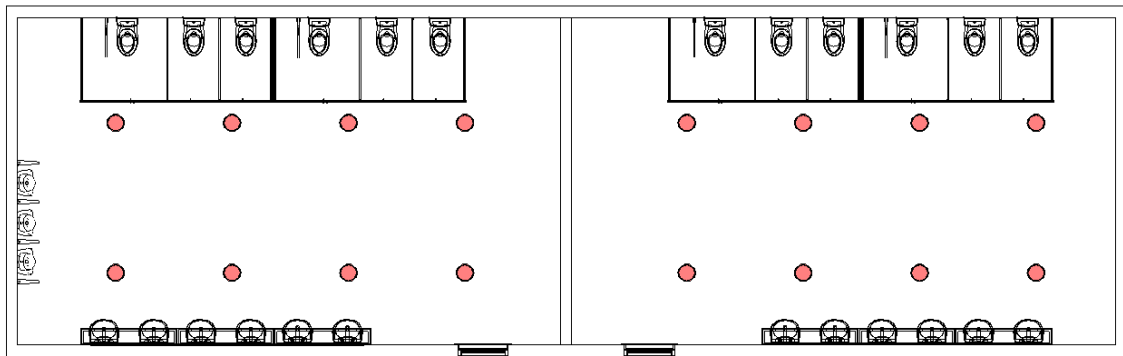


Figura 79. Distribución de la iluminación de los núcleos de aseos.

Para la sala de reuniones y la sala de seguridad y aduanas, siendo necesarios 500 LUX, se optará también por focos LED empotrados de 30 cm de diámetro, pero en este caso de 5500 lm, ya que se requiere de una mayor irradiación para cubrir las necesidades. Como se aprecia en la figura 80, se colocarán 12 unidades en la sala de aduanas y seguridad y 10 en la sala de reuniones, siendo sus superficies $126,83 \text{ m}^2$ y $110,65 \text{ m}^2$ respectivamente.

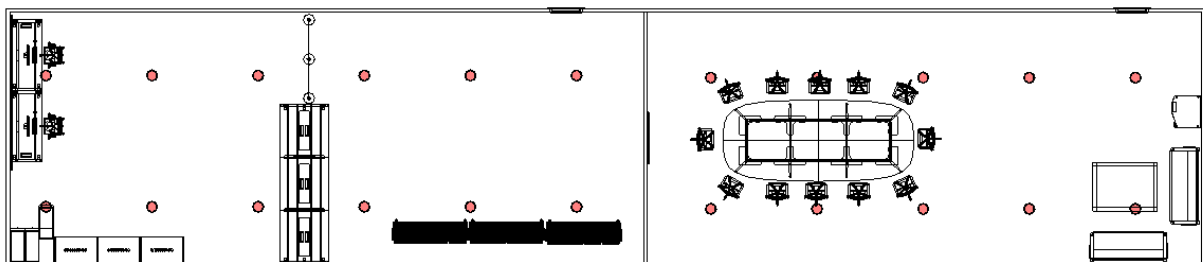


Figura 80. Distribución de luminarias en la sala de reuniones y la sala de aduanas y seguridad.

Para las oficinas de las aerolíneas, con un área de 24 m^2 cada una se optará por 4 focos empotrados LED de 30 cm de diámetro de 3000 lm. En este caso el valor óptimo es 500 LUX.

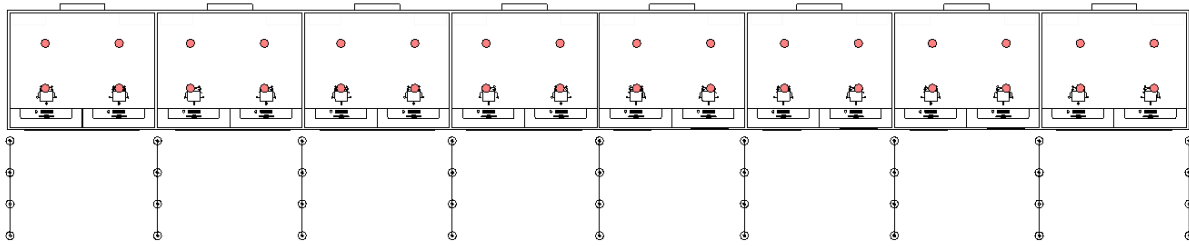


Figura 81. Distribución de luminarias en las oficinas de aerolíneas.

En estas estancias en las que se han empleado focos LED empotrados, se han modelado con las familias “Foco empotrado - Redondo – LED LED15FM12-W120 (1100 lm)”, “Foco empotrado - Redondo – LED LED15FM12-W120 (3000 lm)” y “Foco empotrado - Redondo – LED LED15FM12-W120 (5500 lm)” respectivamente.

Por último, en las torres y puentes de embarque se planteará la distribución de luminarias que se observa en las figuras 82 y 83, siendo estas del mismo tipo que las empleadas en la Planta Baja, pero en este caso de 1500 lm. En las torres al contener las escaleras se requerirán 150 LUX mientras que en los pasillos de los puentes la cantidad requerida será 100 LUX.

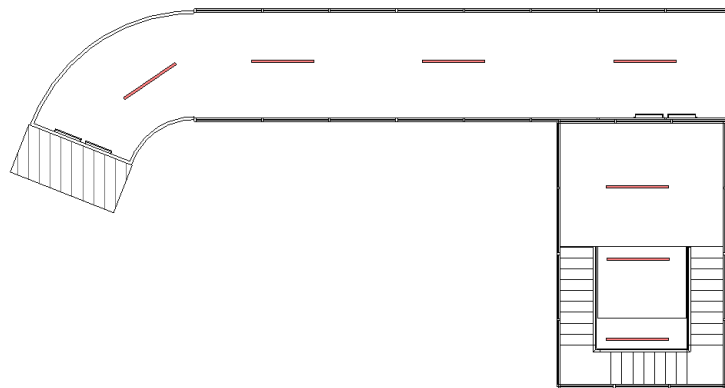


Figura 82. Distribución de luminarias en torres y puentes de embarque.

En la planta inferior de la torre se colocará una lámpara adicional de iguales características.

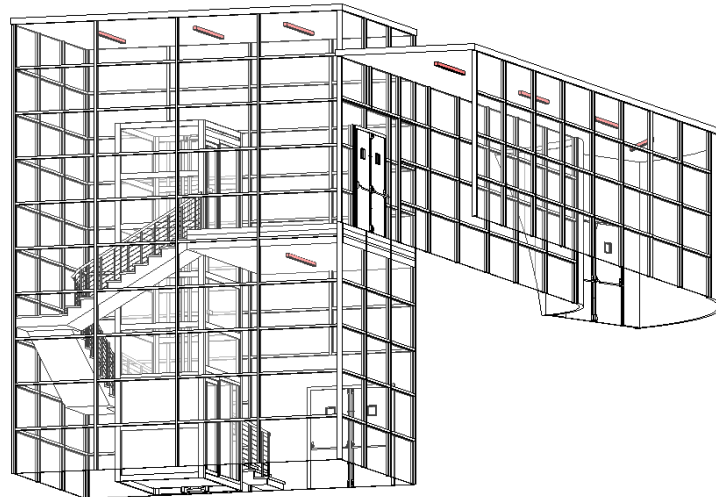


Figura 83. Vista 3D de la distribución de luminarias en torres y puentes de embarque.

3.5.7 Entorno

Para completar el modelado se ha diseñado y modelado el entorno exterior y emplazamiento de la terminal.

3.5.7.1 Superficie topográfica

Se ha añadido el terreno sobre el que será construida la terminal, este es prácticamente llano, encontrándose a cota relativa 0,0 m, por lo que no habrá que realizar ningún trabajo previo de desmonte, salvo las excavaciones pertinentes para la cimentación.

3.5.7.2 Componentes de emplazamiento

Para realizar el modelado del exterior del edificio se han empleado familias de vehículos, personas y mobiliario urbano. Fuentes [19] y [20]. El entorno de la terminal estará dotado de farolas LED, paradas de bus, bancos, bolardos y vallas de acceso. Además, de las correspondientes marcas viales, como son los pasos de cebra, las líneas de delimitación de carriles y las flechas que marcan el sentido y la dirección del tráfico, e incluso las líneas de la pista.

En las figuras 84, 85 y 86 se puede apreciar el modelado todos estos elementos, tanto la superficie topográfica, como los componentes de emplazamiento.

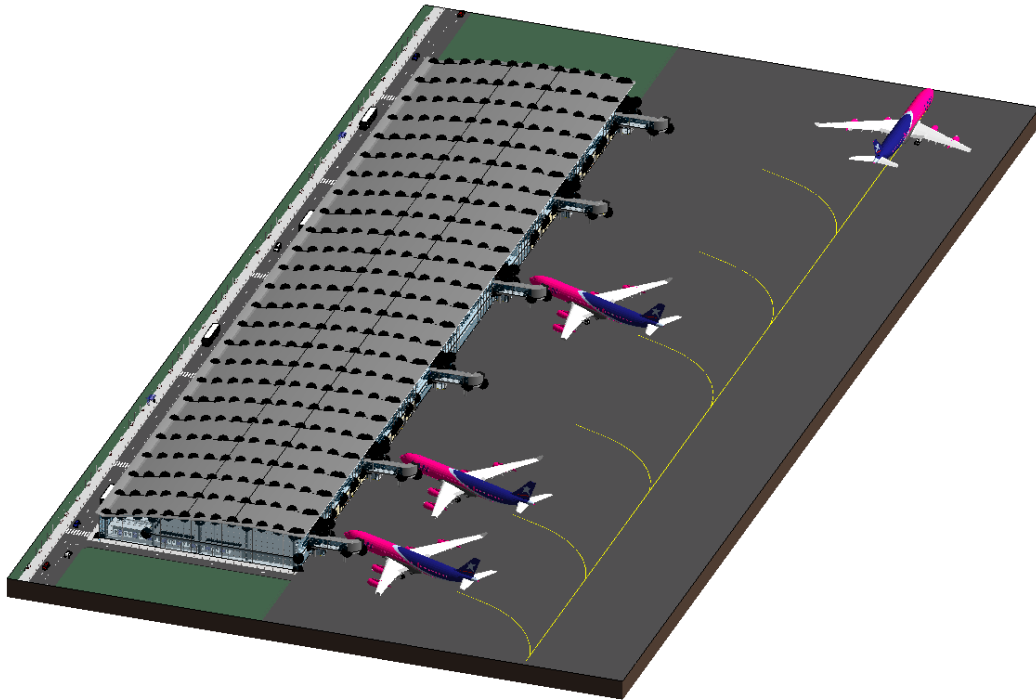


Figura 84. Detalles de entorno y emplazamiento en pista.

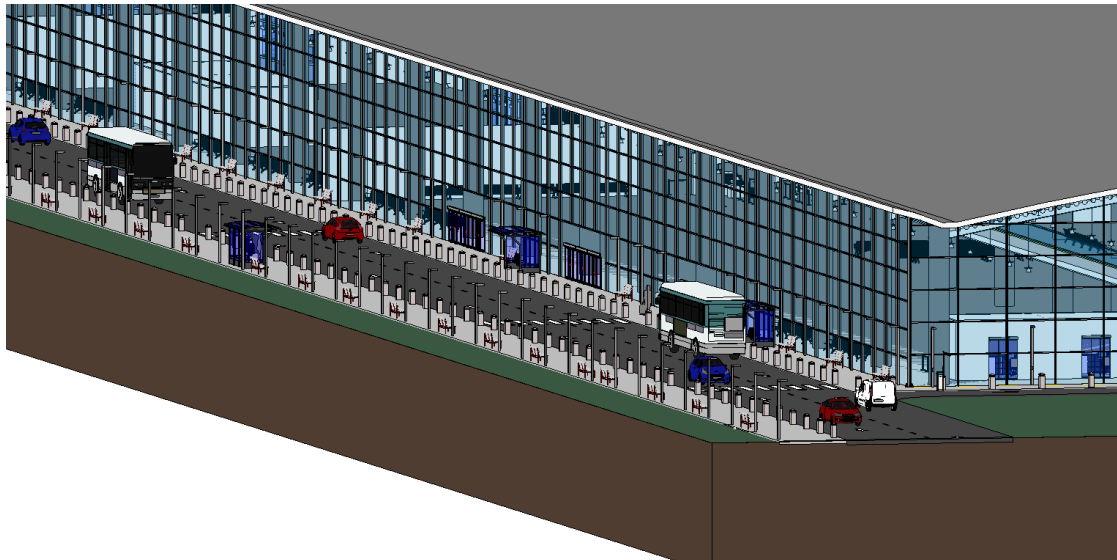


Figura 85. Detalles del entorno y emplazamiento de la calle principal.

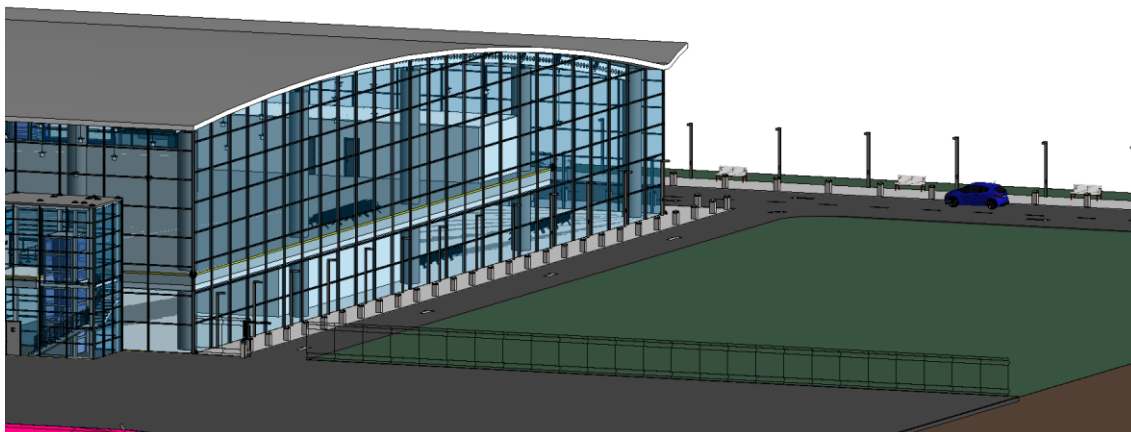


Figura 86. Detalles del entorno y emplazamiento del lateral del edificio.

3.5.8 Habitaciones

Se han generado habitaciones en el modelo, a través del comando “Habitación”. Cada una de ellas ha sido nombrada y numerada de manera correlativa para poder identificarlas, y a partir de ellas obtener información, bien a nivel gráfico, creando planos con leyendas de color como se puede apreciar en la figura 87, o bien para obtener mediante tablas de planificación mediciones de superficies útiles, perímetros, etc. como se puede apreciar en la figura 88.



Figura 87. Planos de distribución de planta baja y superior, con habitaciones diferenciadas por colorimetría.

000 - HABITACIONES						
Nombre	Altura sin límites	Perímetro	Área	Volumen	Tipo estancia	Altura habitación
Planta baja						
ASEO FEM 1	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO FEM 2	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO FEM 3	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO FEM 4	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO FEM 5	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO FEM 6	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO MASC 1	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO MASC 2	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO MASC 3	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO MASC 4	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO MASC 5	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
ASEO MASC 6	3,00 m	31,40	57,82 m ²	173,46 m ³	ASEO	3,00 m
OFICINA AEROLINEA 1	3,00 m	19,72	24,00 m ²	71,99 m ³	OFICINA AEROLINEA	3,00 m
OFICINA AEROLINEA 2	3,00 m	19,71	23,98 m ²	71,93 m ³	OFICINA AEROLINEA	3,00 m
OFICINA AEROLINEA 3	3,00 m	19,72	24,00 m ²	71,99 m ³	OFICINA AEROLINEA	3,00 m
OFICINA AEROLINEA 4	3,00 m	19,71	23,98 m ²	71,93 m ³	OFICINA AEROLINEA	3,00 m
OFICINA AEROLINEA 5	3,00 m	19,72	24,00 m ²	71,99 m ³	OFICINA AEROLINEA	3,00 m
OFICINA AEROLINEA 6	3,00 m	19,71	23,98 m ²	71,93 m ³	OFICINA AEROLINEA	3,00 m
OFICINA AEROLINEA 7	3,00 m	19,72	24,00 m ²	71,99 m ³	OFICINA AEROLINEA	3,00 m
OFICINA AEROLINEA 8	3,00 m	19,71	23,98 m ²	71,93 m ³	OFICINA AEROLINEA	3,00 m
SALA REUNIONES	3,00 m	46,20	110,65 m ²	331,95 m ³	SALA REUNIONES	3,00 m
SEGURIDAD Y ADUANAS	3,00 m	50,75	126,83 m ²	380,50 m ³	SEGURIDAD Y ADUANAS	3,00 m
TORRE 1	3,00 m	23,77	33,48 m ²	100,45 m ³	TORRE	3,00 m
TORRE 2	3,00 m	23,77	33,48 m ²	100,45 m ³	TORRE	3,00 m
TORRE 3	3,00 m	23,77	33,48 m ²	100,45 m ³	TORRE	3,00 m
TORRE 4	3,00 m	23,77	33,48 m ²	100,45 m ³	TORRE	3,00 m
TORRE 5	3,00 m	23,77	33,48 m ²	100,45 m ³	TORRE	3,00 m
TORRE 6	3,00 m	23,77	33,48 m ²	100,45 m ³	TORRE	3,00 m
TRATAMIENTO EQUIPAJE LLEGADAS	3,00 m	209,59	1052,46 m ²	3157,37 m ³	TRATAMIENTO EQUIPAJE	3,00 m
TRATAMIENTO EQUIPAJE SALIDAS	3,00 m	210,47	1063,40 m ²	3190,20 m ³	TRATAMIENTO EQUIPAJE	3,00 m
VESTIBULO INFERIOR LLEGADAS	3,00 m	420,83	7819,62 m ²	23458,87 m ³	VESTIBULO LLEGADAS	3,00 m

Figura 88. Tabla de planificación de habitaciones de la Planta Baja.

3.6 Identificación de elementos

Para poder identificar elementos dentro del modelo, como pueden ser pilares, zapatas, losas, etc. se emplea el parámetro de marca de cada ejemplar. Este permite la asignación de un código único a cada elemento con el fin de facilitar la identificación de este durante el ciclo de vida del proyecto.

En este proyecto se han marcado las zapatas, las losas y los pilares. Debido a la gran cantidad de elementos de cada uno, se ha empleado un plugin llamado Graitec PowerPack, el cual permite la asignación de la marca de forma automática, siguiendo las indicaciones que consideremos oportunas.

Los elementos se han nombrado siguiendo los estándares establecidos. Las zapatas con el prefijo “Z” (Z-1, Z-2, ...), las losas con el prefijo “L” (L-1, L-2, ...) y los pilares con el prefijo “P” (P-1, P-2, ...).

En la imagen 89 se puede apreciar la tabla de planificación de losas de cimentación, con las marcas ya rellenadas.

<001 - LOSAS DE CIMENTACIÓN>			
A	B	C	D
Tipo	Marca	Volumen	Recuento
Losa de cimentación			
Losa de cimentación 1000 mm	L-1	110,93 m³	1
Losa de cimentación 1000 mm	L-2	109,93 m³	1
Losa de cimentación 1000 mm	L-3	122,98 m³	1
Losa de cimentación 1000 mm	L-4	102,40 m³	1
Losa de cimentación 1000 mm	L-5	116,14 m³	1
Losa de cimentación 1000 mm	L-6	95,30 m³	1
Losa de cimentación 1000 mm	L-7	30,24 m³	1
Losa de cimentación 1000 mm	L-8	30,24 m³	1
Losa de cimentación 1000 mm	L-9	30,24 m³	1
Losa de cimentación 1000 mm	L-10	30,24 m³	1
		778,64 m³	10

Figura 89. Tabla de planificación de losas de cimentación.

3.7 Estructuración en fases constructivas

Los elementos del modelo sean agrupados por fases, en función del tipo de elemento que sea o de como se quiera planificar la actuación.

En este proyecto se han considerado las siguientes fases:

- **Cimentación:** zapatas, vigas de cimentación y losas.
- **Estructura:** pilares, soleras, forjados, vigas, estructura de ascensores y estructura de cubierta.
- **Arquitectura:** particiones interiores, revestimientos y acabados, cerramientos...
- **Instalaciones:** aparatos sanitarios, luminarias, ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras, equipos...

Mediante esta agrupación se pueden ver en las diferentes vistas los elementos pertenecientes a cada una de las fases, e incluso aislarse para tener una visión más en detalle. En las figuras 90, 91 y 92 se pueden contemplar en el modelo los elementos pertenecientes a la fase de cimentación, estructura e instalaciones respectivamente.

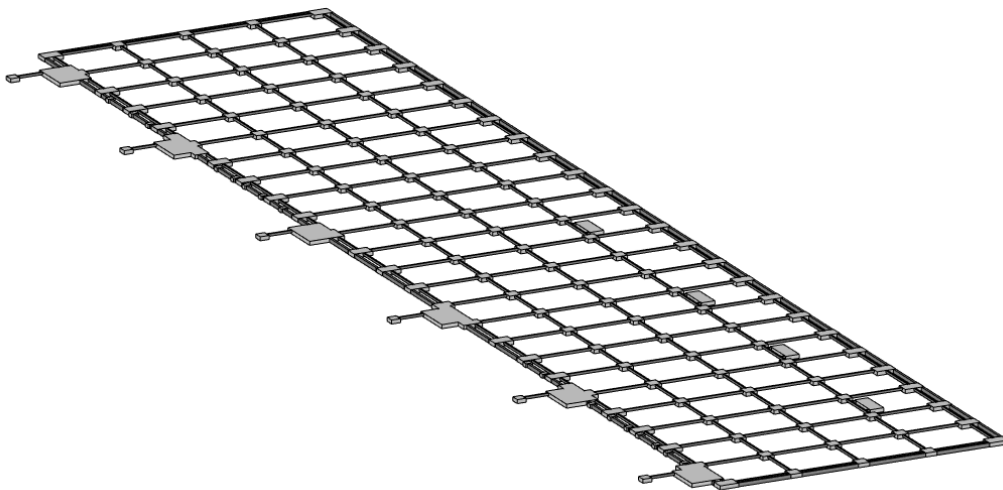


Figura 90. Fase constructiva de cimentación.

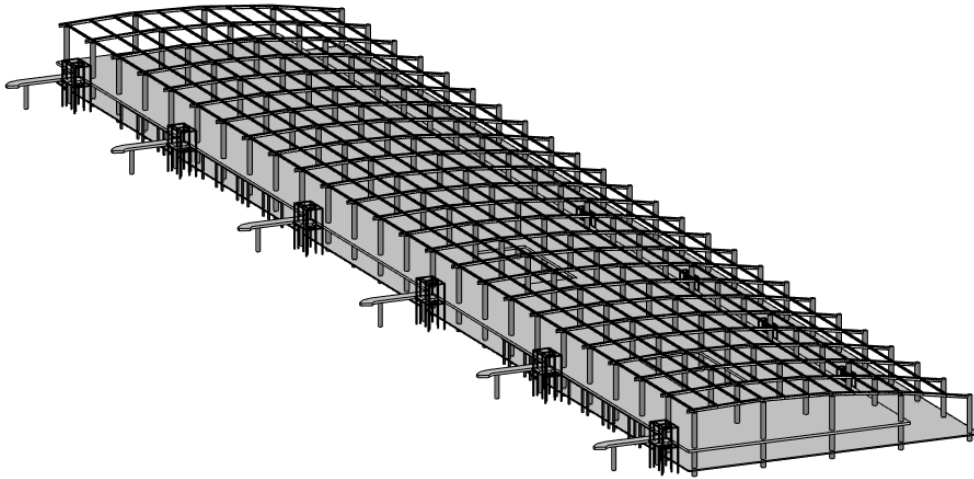


Figura 91. Fase constructiva de estructura.

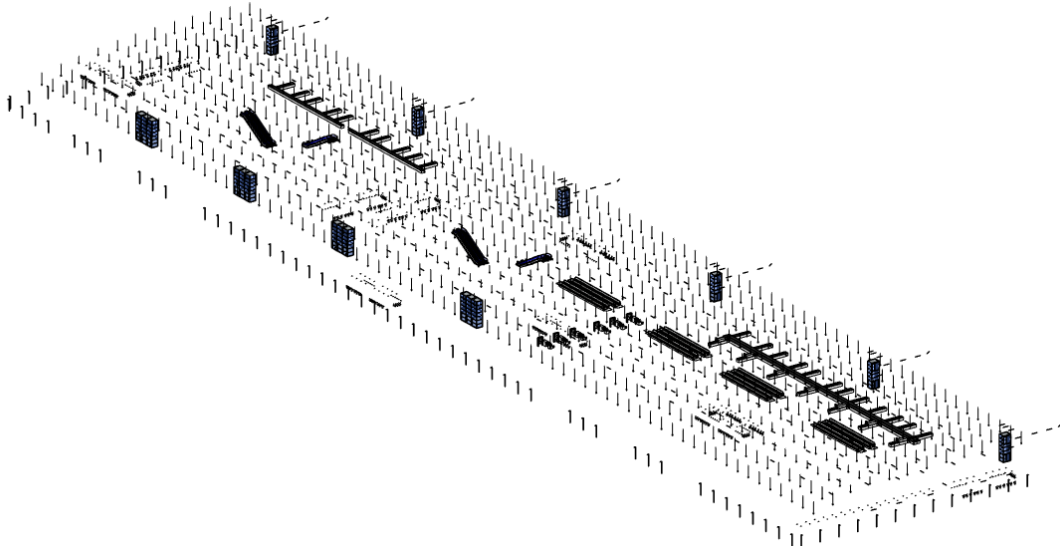


Figura 92. Fase constructiva de instalaciones.

3.8 Colorimetría

Es un concepto muy útil dentro de la metodología BIM, ya que la idea de esta es que alrededor de un modelo o de diferentes bases de datos obtenidas de este haya trabajado varias personas o incluso grandes grupos. La posibilidad de poder diferenciar los elementos modelados mediante la aplicación de colores, hace que sea más fluido el tránsito de la información de una persona a otra, suponiendo esto un ahorro en tiempo e incluso económico.

En este proyecto se ha empleado a la hora de desarrollar el modelado estructural en el apartado 3.4. con el objetivo de que las figuras se identifique fácilmente los elementos de los que se está hablando. Se han utilizado diferentes colores para diferenciar entre los pilares (azul), las zapatas y losas de cimentación (rojo) y las vigas de cimentación y de la estructura de la cubierta (verde).

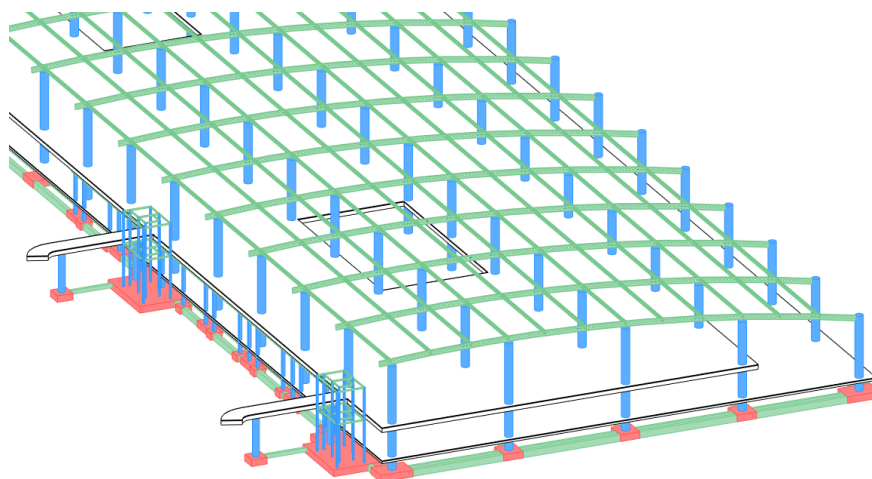


Figura 93. Vista 3D con coloría aplicada en elementos de cimentación y estructura.

En una situación de obra, que el oficial estructurista tenga acceso a esta información hace que le sea más sencillo visualizar el replanteo de la estructura, encontrar interferencias o incluso delegar tareas a personal menos cualificado. De esta manera nos aseguramos que la información se deforme en la menor cantidad posible y que llegue de una manera más concisa al receptor.

Hoy en día la gran mayoría tiene acceso a dispositivos móviles, tablets u ordenadores, y esto hace que sea posible consultar planos, vistas en 3D, esquemas detallados, etc. desde cualquier lugar y en cualquier momento.

En la figura 94, se puede observar cómo se lleva a cabo la aplicación de esta metodología a pie obra, encontrándose dos oficiales consultando en un modelo 3D la distribución de las instalaciones en una zona determinada.



Figura 94. Operarios a pie de obra haciendo uso de la colorimetría mediante un modelo BIM.
Fuente: <https://www.bimcommunity.com/>

4. DOCUMENTACIÓN DERIVADA DEL MODELO

Del modelo BIM se ha generado varia documentación, tal como, tablas de planificación, un presupuesto, planos, renderizados y un paseo virtual; los cuales se detallan en los apartados siguientes.

4.1 Tablas de planificación

Una de las claves de la metodología BIM es la de poder obtener datos del modelo, que son útiles para la realización de los procesos de presupuestación, producción y construcción.

En Revit estos datos se obtienen mediante las llamadas “Tablas de planificación”, la cuales como su propio nombre indica son tablas que recogen de las diferentes categorías y elementos del modelo. Dentro de ellas podemos realizar filtros, agrupaciones e incluso elegir que campos o parámetros queremos que aparezcan en ellas, pudiéndose además crear nuevos.

Una gran parte de la información a extraer del modelo son las mediciones. Estas son claves para la realización del proyecto, ya que contienen la cantidad de materiales que se van a necesitar para llevar a cabo la construcción. Por lo tanto, para un proceso de presupuestación, es importante tenerlas controladas.

Se han creado tablas de planificación de todas las categorías de elementos del modelo, incluyendo en ellas los campos necesarios en cada caso, como pueden ser áreas, volúmenes, número de unidades, etc. Estas están incluidas en el Anexo I.

Además, para tener un control de las certificaciones que se realizan en obra, se ha propuesto un sistema basado en tablas de planificación, el cual consiste en la creación de un parámetro llamado “Certificación” en el cuál se debe ir rellenando conforme avance la construcción el mes en que se ha certificado cada elemento. De esta manera se puede tener un control exhaustivo de las certificaciones, pudiendo además realizar filtros en las tablas y poder ver los elementos ya certificados resaltados en las diferentes vistas del modelo, como se puede apreciar a modo de ejemplo en las figuras 95 y 96.

<001 - LOSAS DE CIMENTACIÓN>				
A	B	C	D	E
Tipo	Marca	Volumen	Recuento	Certificación
Losa de cimentación				
Losa de cimentación 1000 mm	L-1	110,93 m³	1	MES 2
Losa de cimentación 1000 mm	L-2	109,93 m³	1	MES 2
Losa de cimentación 1000 mm	L-3	122,98 m³	1	MES 2
Losa de cimentación 1000 mm	L-4	102,40 m³	1	MES 2
Losa de cimentación 1000 mm	L-5	116,14 m³	1	MES 3
Losa de cimentación 1000 mm	L-6	95,30 m³	1	MES 3
Losa de cimentación 1000 mm	L-7	30,24 m³	1	MES 3
Losa de cimentación 1000 mm	L-8	30,24 m³	1	MES 4
Losa de cimentación 1000 mm	L-9	30,24 m³	1	MES 4
Losa de cimentación 1000 mm	L-10	30,24 m³	1	MES 4
		778,64 m³	10	

Figura 95. Tabla de planificación de losas de cimentación con la columna de “Certificación”.

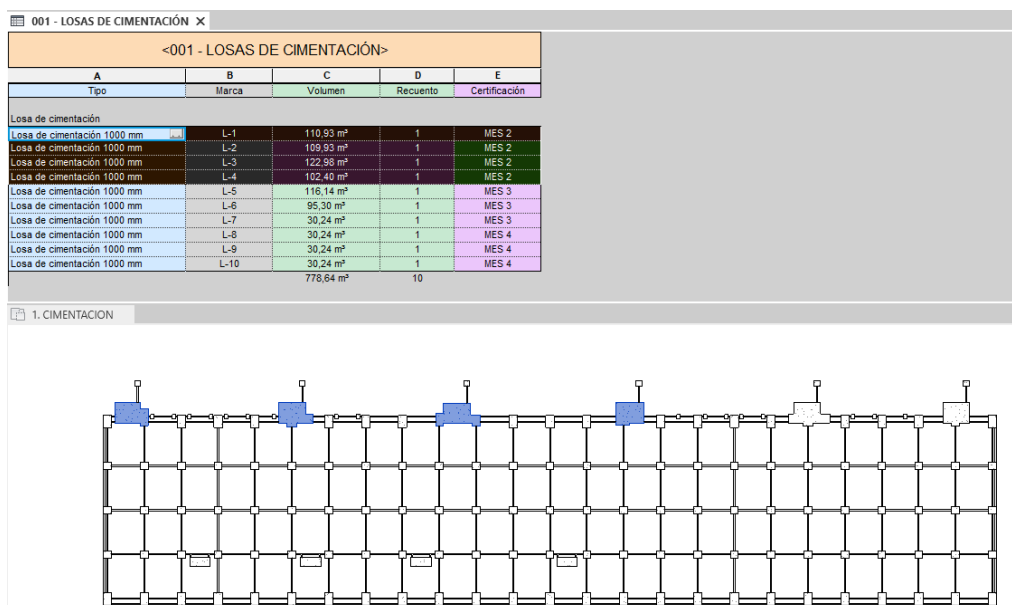


Figura 96. Selección en tabla y vista en plano de planta de las losas certificadas en el mes 2.

4.2 Presupuesto

Se ha realizado un presupuesto, el cual se encuentra en el Anejo II, con la ayuda del plugin Cost-it, a través del cual se han exportado las mediciones desde Revit a Presto.

Se ha hecho uso de la base de precios de la Junta de Andalucía 2021, para la obtención de las partidas necesarias.

Para la exportación de las mediciones se ha hecho uso del parámetro “Código de montaje” en cada familia, en el cuál se ha asignado el código de la partida correspondiente.

En la figura 97 se pueden contemplar a modo de ejemplo las mediciones ya importadas en la partida en cuestión.

TERMINAL > CIMENTACION									
Código	Im	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres			
02		CIMENTACION	1		290.255,86	290.255,86			
1 03WSS80000	Em	CAPA DE HORMIGÓN DE LIMPIEZA 10 cm ESP. MEDIO	2.310,10	m2	9,31	22.800,69			
2 03HAZ80020	Em	HORMIGÓN HA-25/B/20/IIa EN ZAPATAS	1.531,46	m3	75,21	122.087,99			
3 03HAL00006	Em	HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa EN LOSAS DE CIMENT.	778,64	m3	76,13	62.836,25			
4 03HAZ80021	Em	HORMIGÓN HA-25/B/20/IIa EN VIGAS DE CIMENTACIÓN	1.035,26	m3	75,21	82.530,93			

Mediciones 02/03HAZ80020									
Tag	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres
								1.531,46	
1	☐ ZAPATAS								☒
2	☐ Z-1	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
3	☐ Z-2	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
4	☐ Z-3	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
5	☐ Z-4	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
6	☐ Z-5	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
7	☐ Z-6	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
8	☐ Z-7	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
9	☐ Z-8	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
10	☐ Z-9	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
11	☐ Z-10	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
12	☐ Z-11	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
13	☐ Z-12	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒
14	☐ Z-13	1	5,00	3,40	1,00		17,00		☒

Figura 97. Mediciones exportadas en Presto.

4.3 Planos

Se han generado los planos del proyecto, mediante la combinación de las diferentes vistas que se han ido empleando a lo largo del modelado y completándolos con cotas, anotaciones, leyendas y tablas de planificación. Además, se ha creado un formato de plano con un cajetín propio, como se puede observar en la figura 98.

 Universidad de Jaén	Proyecto: Modelado BIM de una terminal en el Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas		
	Plano:		
Escuela Politécnica Superior de Jaén	Autor: Jesús Manuel Peña Pinilla		
Fecha: 25/06/2022	Tutor: Francisco Javier Gallego Álvarez		Escala:

Figura 98. Cajetín.

Se han generado planos de planta, de distribución, elementos estructurales, luminarias, secciones, alzados y vistas 3D. Todos ellos se encuentran en el Anejo III.

4.4 Visualización del modelo

4.4.1 Exportación a IFC

Para que la metodología BIM sea efectiva es necesario crear compatibilidad entre los diferentes programas que forman parte de ella. Para ello se ha generado el archivo IFC del modelo, el cual es común a la gran mayoría de programas que existen en el mercado actualmente. Aun así, es importante comprobar el modelo una vez que se importa a un programa en versión IFC, ya que en algunos casos puede haber pérdidas de información.

4.4.2 Visualización y medición en BIM Vision

Es un visualizador gratuito de modelos IFC, desde el cual se pueden realizar mediciones simplemente seleccionando elementos, visualizar del modelo desde una perspectiva en primera persona, entre otras.

Con este software no se ha generado documentación para el proyecto, sino que se ha interactuado a modo de ejemplo, como se puede apreciar en la figura 99 para realizar el cálculo del volumen de los pilares de hormigón armado de 1200 mm de diámetro.

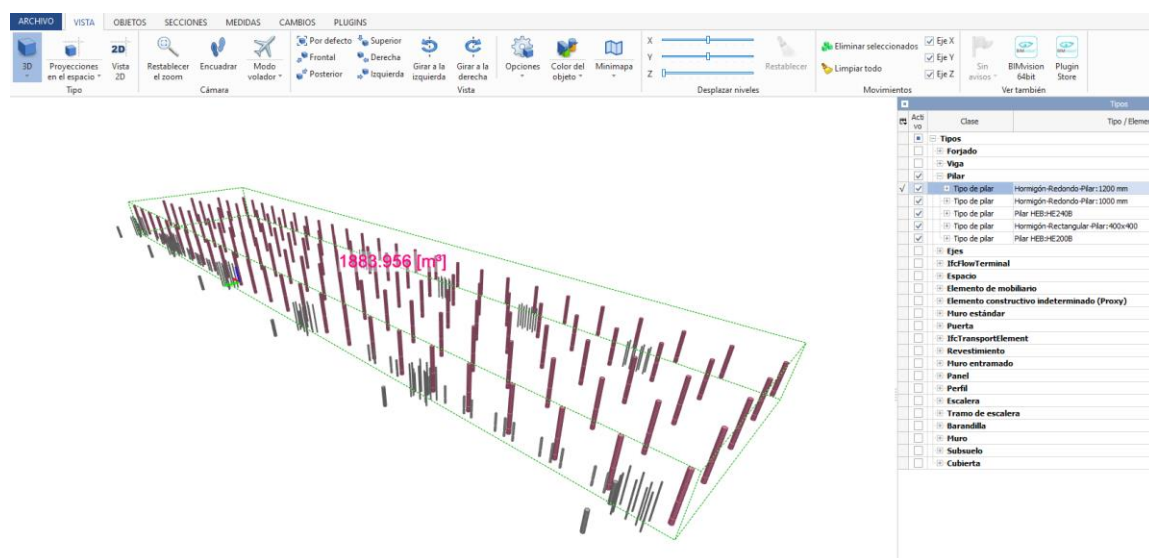


Figura 99. Cálculo de volumen de pilares por selección en BIM Vision.

Como se puede observar el programa da un total de 1.883,956 m³, mientras que como se aprecia en la figura 100, en tablas de planificación de Revit tenemos un total de 1.899,33 m³. Tras varias comprobaciones, se ha llegado a la conclusión de que se ha habido una pérdida de información tras la importación, la cual ha supuesto una diferencia de 15,374 m³.

002 - PILARES HORMIGÓN ARMADO TOTALES		
Familia	Tipo	Volumen
Hormigón-Rectangular-Pilar	400x400 mm	29,66 m ³
Hormigón-Redondo-Pilar	1000 mm	59,22 m ³
Hormigón-Redondo-Pilar	1200 mm	1899,33 m ³

Figura 100. Tabla de planificación de pilares de hormigón armado.

Por otro lado, como se aprecia en la figura 101, se ha realizado una visión en primera persona desde un punto exterior de la terminal.

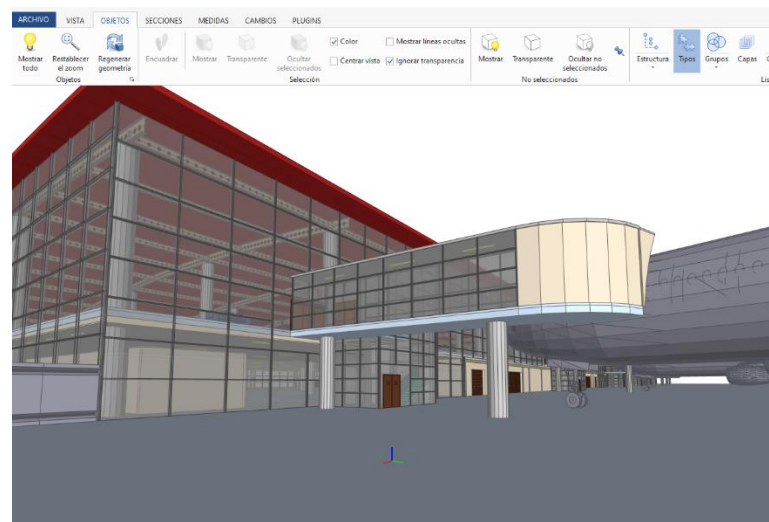


Figura 101. Visionado en 3D del modelo en BIM Vision.

4.4.3 Visualización en Autodesk Viewer

La empresa Autodesk permite la visualización de los modelos creados en Revit a través de su aplicación Autodesk Viewer, la cual a partir de un enlace compartido permite que cualquier persona pueda visualizar e interactuar con el modelo sin tener licencia de Revit, desde cualquier tipo de dispositivo.

Se ha subido el modelo a la web y se ha generado el siguiente código, a través del cual se puede visualizar el modelo BIM, con sus diferentes niveles, vistas y planos.



<https://autode.sk/3PAWeL2>

4.4.4 Renders

Como se puede contemplar en las siguientes figuras, se han realizado varias vistas renderizadas a través de Revit. Estas permiten tener una visión muy cercana a la realidad de cómo quedará el edificio una vez construido.

Se han realizado mediante la colocación de “Cámaras” en el modelo, ajustando su rango de visión, altura y profundidad, como se puede apreciar en la figura 102.

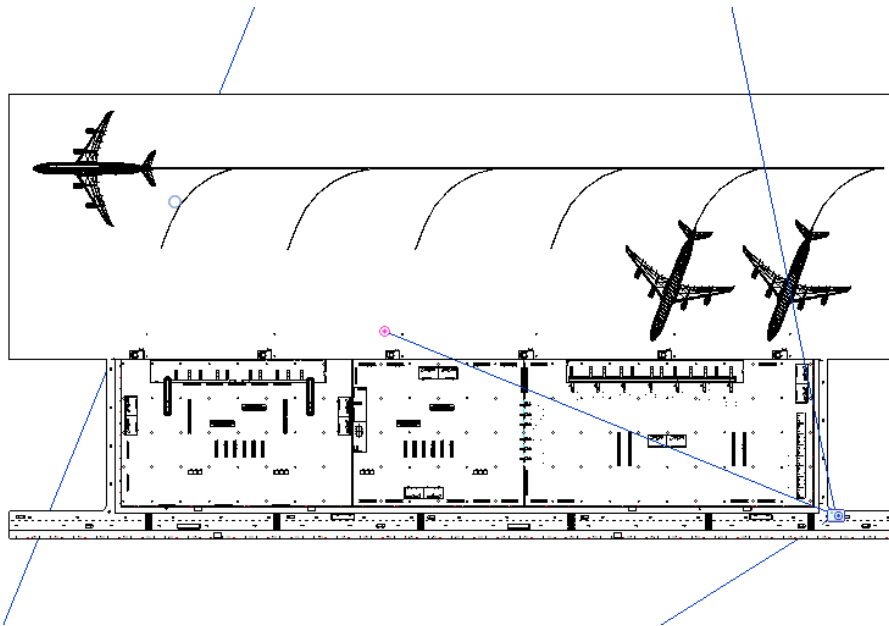


Figura 102. Cámara utilizada para sacar renderizado.

A su vez, se han ajustado los parámetros de iluminación y los acabados de algunos materiales para que la imagen tenga mayor realismo, como se observa en la figura 103.

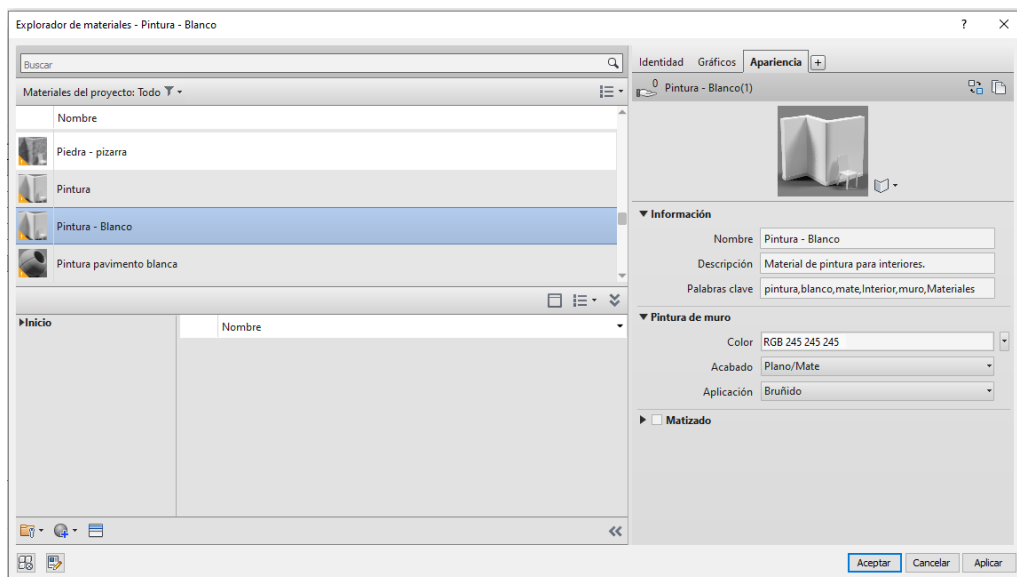


Figura 103. Cuadro de propiedades del material.



Figura 104. Calle fachada principal.



Figura 105. Parada autobús.

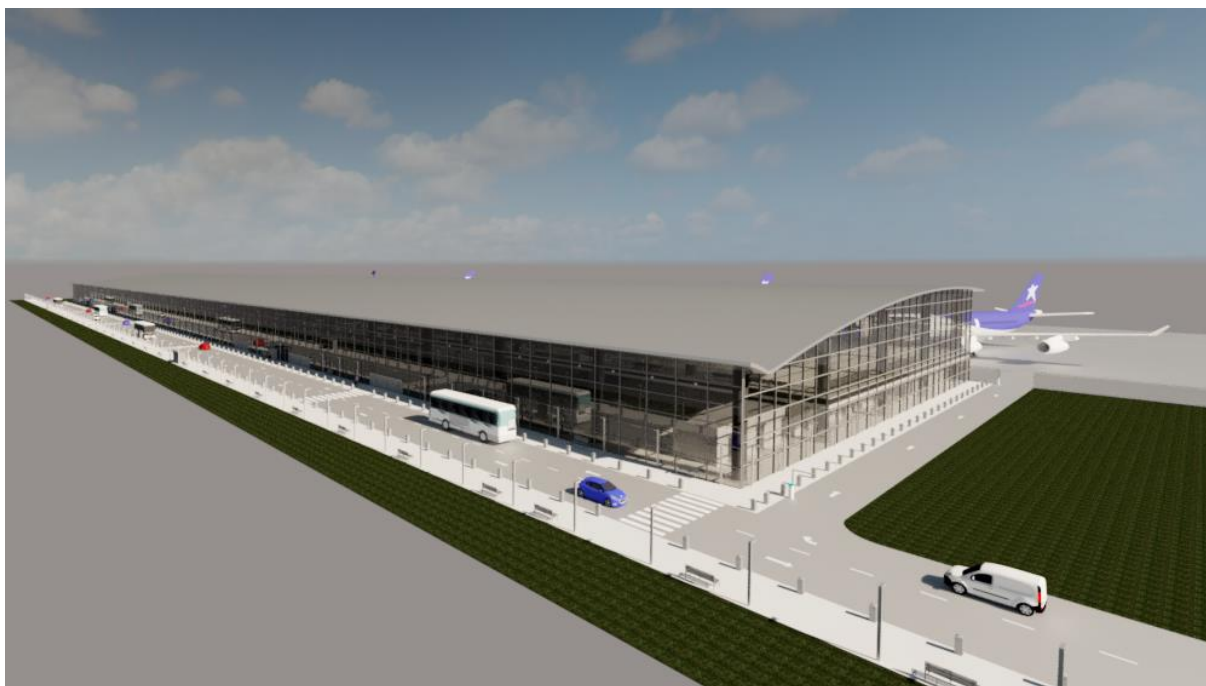


Figura 106. Vista aérea de la fachada principal.

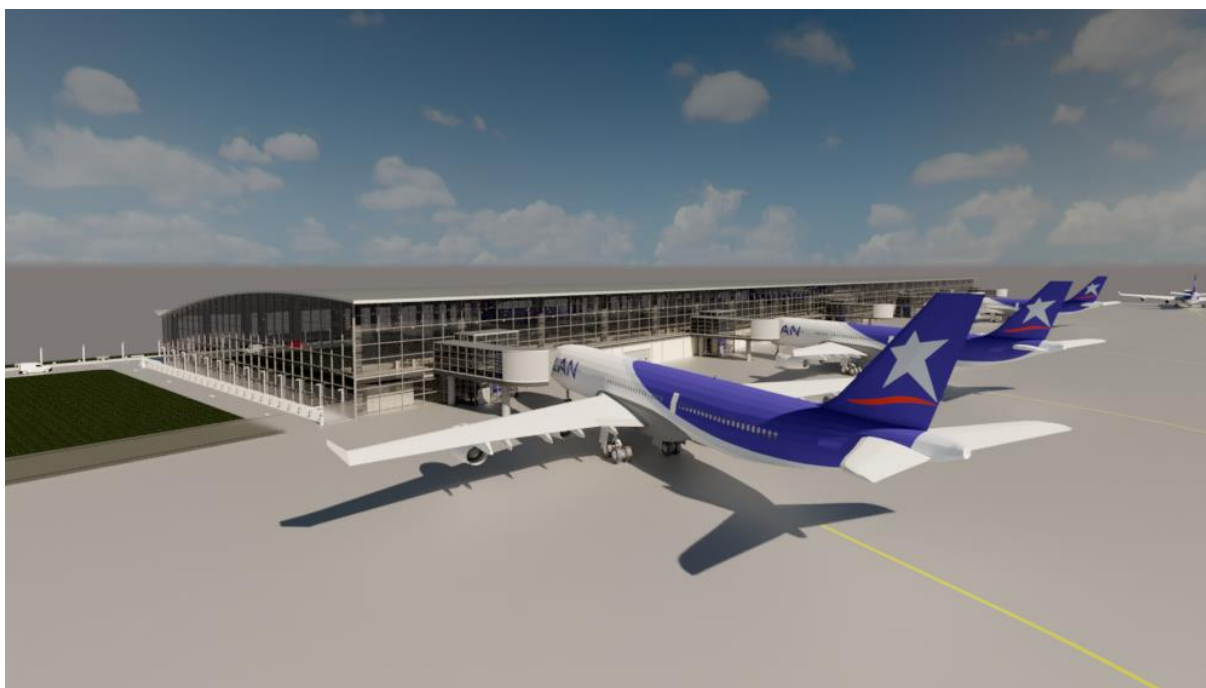


Figura 107. Pista.



Figura 108.Facturación de equipajes.



Figura 109.Zona de control de acceso.



Figura 110.Arcos de seguridad.



Figura 111.Vestíbulo principal.



Figura 112.Oficinas aerolíneas.

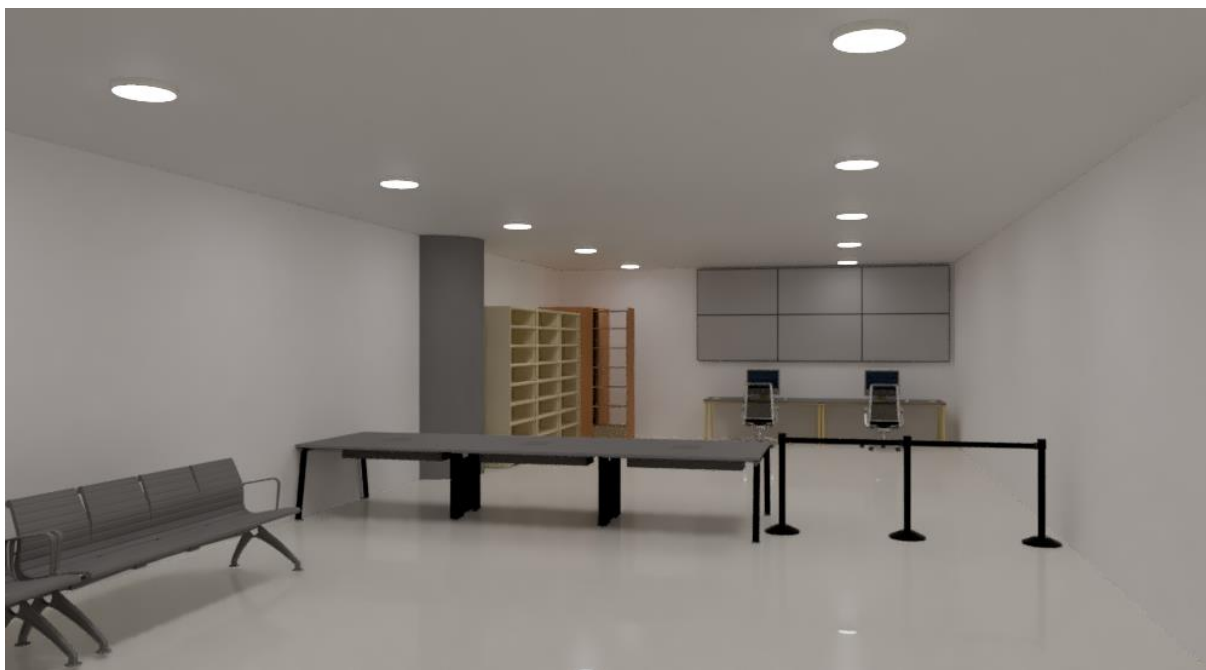


Figura 113.Sala de seguridad y aduanas.



Figura 114.Sala de reuniones.

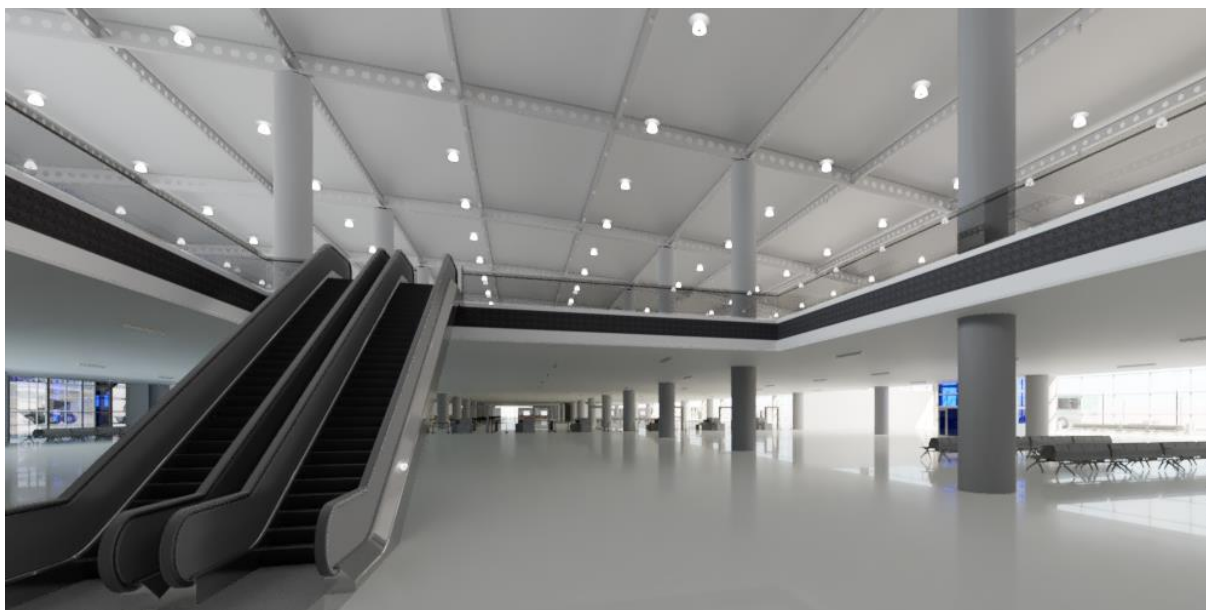


Figura 115.Vestíbulo de transición de salidas.

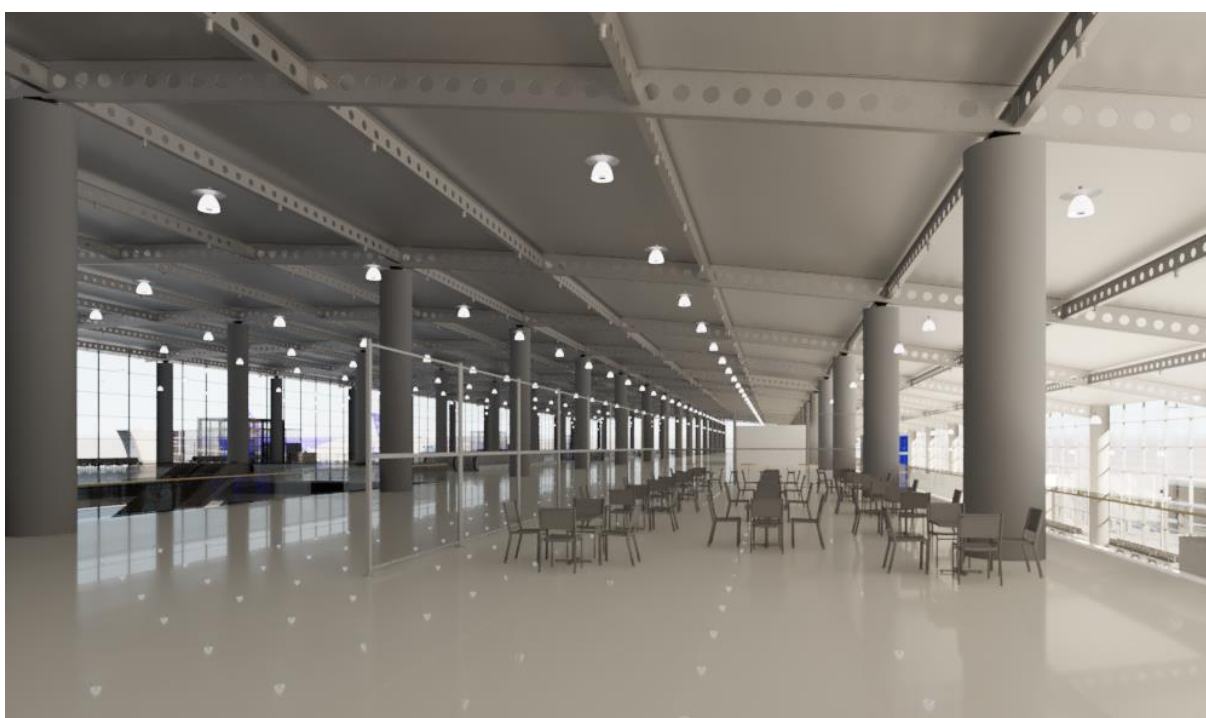


Figura 116.Zona de espera.



Figura 117.Vestíbulo de salidas.



Figura 118.Entrada al puente de embarque.



Figura 119.interior del puente de embarque.



Figura 120.Torre y puente de embarque.



Figura 121.Cintas mecánicas en vestíbulo de salidas.

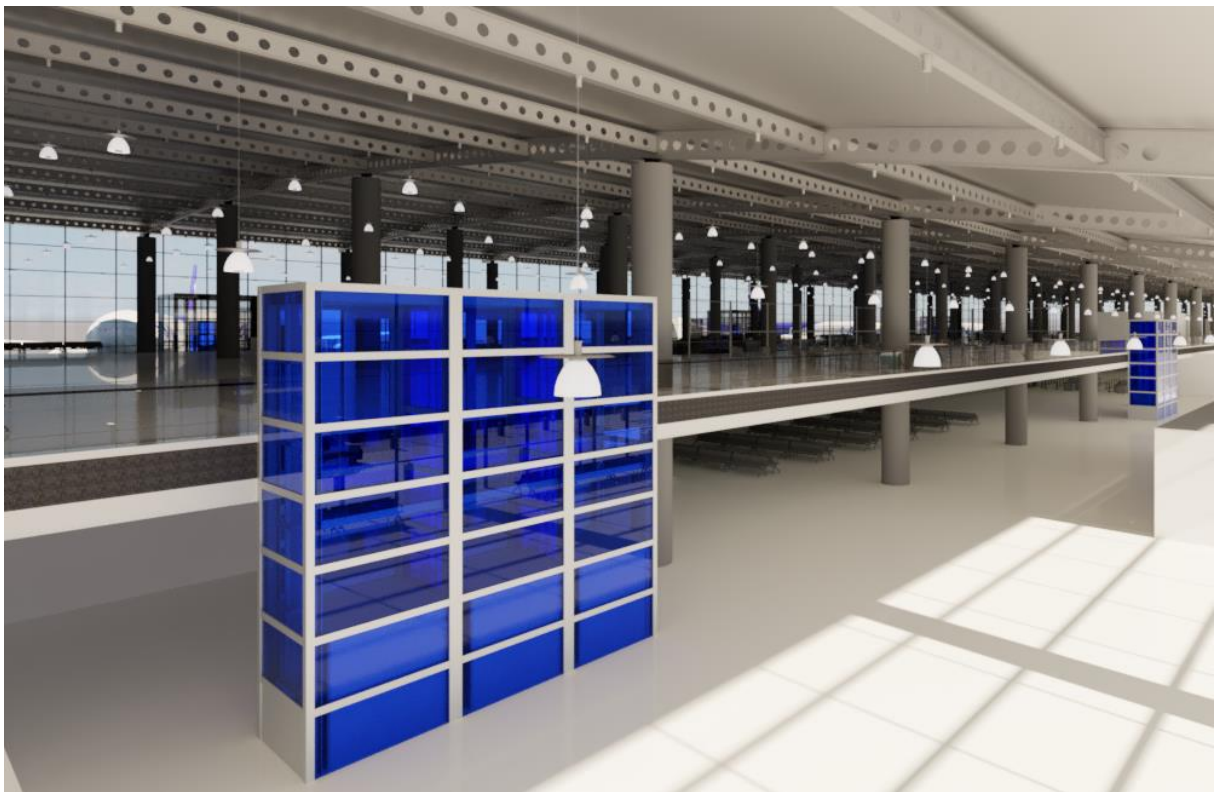


Figura 122.Núcleo de ascensores.



Figura 123.Vestíbulo de llegadas.

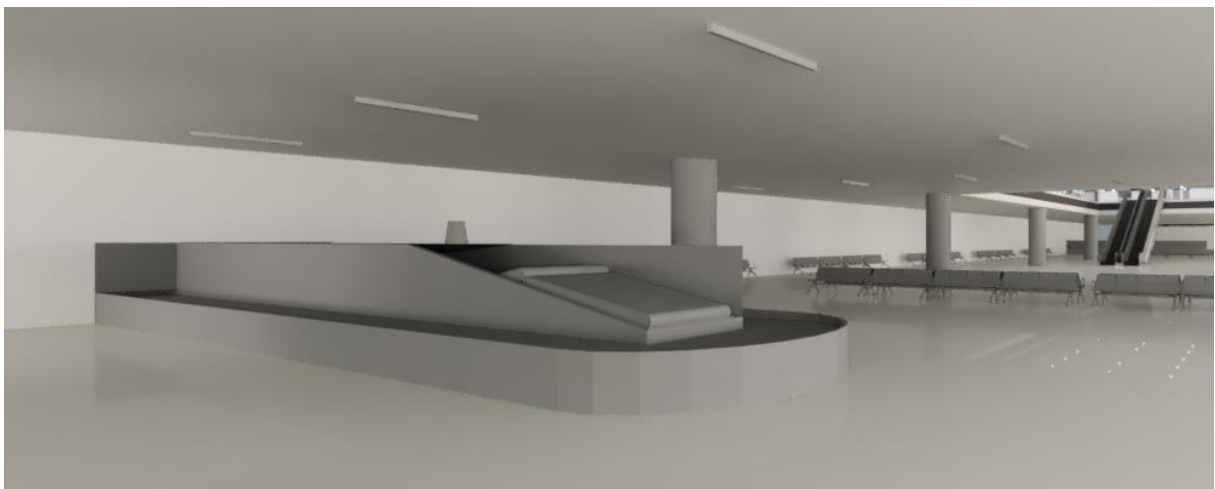


Figura 124.Cinta de recogida de equipajes.

4.4.5 Paseo virtual

Se ha realizado también un paseo virtual por el edificio a través de Revit, el cual hace que la experiencia de visualizar el modelo de una manera realista sea más inmersiva aún.

Se puede acceder al video escaneando el siguiente código:



https://drive.google.com/file/d/1s5wabZah_jlqhiFkxGJ6Fk6DI9IfC9-C/view?usp=sharing

4.4.6 Entregables

Una vez concluida la realización del proyecto, el cliente recibirá un paquete de documentación entre los que se incluye:

- Memoria descriptiva del proyecto
- Modelo en Revit
- Modelo en IFC
- Planos
- Renderizados
- Archivo de video de paseo virtual
- Tablas de planificación con mediciones
- Presupuesto

5. CONCLUSIÓN

La metodología BIM ha revolucionado el sector de la construcción en los últimos años. Gracias a los diferentes programas de diseño, modelado y gestión, que año a año siguen mejorándose, se está consiguiendo optimizar los trabajos, reduciendo tiempos y costes.

Además, como hemos podido comprobar la compatibilidad de Revit con otros programas, ya sea a través de plugins o mediante el formato IFC hace que el entorno de trabajo se vuelva colaborativo. Esto abre nuevas vías de desarrollo que pueden hacer que esta metodología siga expandiéndose.

Tras la realización de este proyecto se puede decir que se han cumplido los objetivos establecidos, desde el proceso de diseño y modelado, hasta la obtención de información y documentación.

Se han generado tablas de planificación con información de los diferentes elementos del modelo, mediciones para la realización de un presupuesto, planos, vistas e incluso un paseo virtual. Toda esta documentación tiene un gran valor en procesos tanto previos, como durante y después de la construcción, lo que supone un aspecto muy positivo.

Pero por otra parte hemos podido observar algunos aspectos negativos.

Con la exportación a IFC hemos podido comprobar como que se pueden llegar a producir pérdidas de información, las cuales si no se tienen localizadas pueden suponer un descuadre en la medición del proyecto, y por lo tanto en el presupuesto.

Por otro lado, se ha comprobado la falta de variedad de familias de buena calidad, sobre todo en familias relacionadas con el ámbito aeroportuario, lo que nos ha llevado a tener que modelar por ejemplo los puentes embarque, que en muchas ocasiones son mecánicos.

Además, al ser una metodología de trabajo novedosa, para adoptarla, se requiere realizar cambios en la empresa, lo que puede suponer un gran esfuerzo económico, ya que se precisa de licencias de los programas, equipos potentes y formación del personal.

Finalmente, y tras la realización de este Trabajo Fin de Grado, la conclusión que obtenemos de la metodología BIM es que ha conseguido optimizar los trabajos dentro del sector de la construcción, facilitando la colaboración entre diferentes perfiles y creando un entorno de trabajo colaborativo, pero aún tiene un gran margen de mejora y expansión, sobre todo en aspectos relacionados con la exportación de los modelos y la compatibilidad entre programas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Kaizen Arquitectura e Ingeniería (2018). *Para todos los que se preguntan: ¿Qué es el BIM?* <https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/>. (Consultado el 9 de octubre de 2022)

[2] Arquima (2021). *Tecnología BIM: Impresionantes estructuras nos demuestran qué podemos ser capaces de hacer con este sistema.* <https://www.arquima.net/impresionantes-estructuras-nos-demuestran-podemos-capaces-bim/>. (Consultado el 10 de enero de 2022).

[3] Asidek (2017). *Fomento aplicará la metodología BIM en los aeropuertos de Barcelona, Barajas y Mallorca.* <https://www.asidek.es/metodologia-bim-en-los-aeropuertos/>. (Consultada el 10 de enero de 2022).

[4] Página oficial de Turismo de la ciudad de Madrid (2021). *Bus exprés al aeropuerto.* <https://www.esmadrid.com/bus-expres-aeropuerto-madrid>. (Consultado el 18 de marzo de 2022)

[5] Google Maps. *Datos del mapa del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas.* <https://www.google.com/maps/place/Aeropuerto+Adolfo+Su%C3%A1rez+Madrid-Barajas/@40.4909402,-3.576825,13z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x6e7725ea0f85ceef!8m2!3d40.4983322!4d-3.5675982> (Consultado el 19 de diciembre de 2021).

[6] Ayuntamiento de Madrid (1997). *Plan General de Ordenación Urbanística de Madrid.* (Consultado el 15 de noviembre de 2021)

[7] Ministerio de hacienda y función pública, y dirección general del catastro. *Sede electrónica del Catastro.* <https://www1.sedecatastro.gob.es>. (Consultado el 22 de diciembre de 2021).

[8] Geoportal del Ayuntamiento de Madrid (2022). *Visor Geoportal.* https://geoportal.madrid.es/IDEAM_WBGEOPORTAL/visor_ide.iam. (Consultado el 22 de diciembre de 2021).

[9] Aena y Fsam (1999). *Plan Director del Aeropuerto de Madrid-Barajas. Apartado 3, Análisis del entorno*. (Consultado el 24 de noviembre de 2021).

[10] Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana (2021). *Código Técnico de la Edificación (CTE)*. (Consultado el 24 de enero de 2021).

[11] Boletín Oficial del Estado (2021). *Real Decreto 470/2021, de 29 de junio*. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-13681. (Consultado el 12 de noviembre de 2021).

[12] Boletín Oficial del Estado. *Código de Legislación Aeroportuaria*. (Consultado el 14 de noviembre de 2021).

[13] Boletín Oficial del Estado (2009). *Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo. Normas Técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público*. (Consultado el 14 de noviembre de 2021).

[14] Boletín Oficial del Estado (2003). *Real Decreto 1544/2007, de 23 de noviembre. Normativa de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad*. (Consultado el 22 de diciembre de 2021).

[15] Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana (2021). *Documento Básico SUA. Seguridad de utilización y accesibilidad*. (Consultado el 27 de diciembre de 2021).

[16] Muralit (2019). *LOD. De proyecto básico a proyecto de ejecución*. <https://muralit.es/lod-nivel-de-desarrollo/>. (Consultado el 3 de enero de 2022).

[17] Eurodesign. *Cubierta y fachada engatillada Eurodesign*. <https://www.europerfil.com/sistemas-constructivos/cubierta-y-fachada-engatillada-eurodesign>. (Consultado el 21 de febrero de 2022).

[18] GoledPeru (2020). *Tabla de valores mínimos de LUX*.

<https://goledperu.com/que-cantidad-de-luxes-es-la-apropiada-para-iluminar-un-determinado-ambiente/>. (Consultado el 19 de enero de 2022).

[19] Bimobject. *Objetos BIM - ¡Descarga gratis! Familias Revit y BIM*.

<https://www.bimobject.com/es>

[20] Cadblocksfree. *Thousands of free AutoCAD drawings*.

<https://www.cadblocksfree.com/>.

Orozco Murillo, E. M., Pacheco Hernández L. E., Pérez Niño, A., Quintero Mercado, C. D.I (2021). *Manual interactivo para modelado REVIT: fundamentos estructurales basado en el proceso constructivo de una vivienda*. SENNOVA

Eynon, J. (2016). *Construction manager's BIM handbook*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom: WILEY Blackwell.