

Trabajo Fin de Máster

Ingeniería Aeronáutica

Análisis Capacidad-Demanda de un Edificio Terminal con restricciones COVID

Autor: Guillermo Traveset Galindo

Tutor: Jorge Juan Fernández de la Cruz

**Dpto. Ingeniería de la Construcción y
Proyectos de Ingeniería
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Máster
Ingeniería Aeronáutica

Análisis Capacidad-Demanda de un Edificio Terminal con restricciones COVID

Autor:

Guillermo Traveset Galindo

Tutor:

Jorge Juan Fernández de la Cruz

Dpto. Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020

Proyecto Fin de Máster: Análisis Capacidad-Demanda de un Edificio Terminal con restricciones COVID

Autor: Guillermo Traveset Galindo

Tutor: Jorge Juan Fernández de la Cruz

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2013

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

A mi familia y tutor,

Sevilla, 2020

Índice

Agradecimientos	vii
Índice	ix
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras	xiii
1 Introducción	1
1.1 <i>Objeto y alcance</i>	1
1.2 <i>Contenido del Proyecto</i>	2
2 La terminal Aeropuerto de Sevilla	5
2.1. <i>Planta 1</i>	5
2.2. <i>Planta 0</i>	7
2.3. <i>Obras de remodelación del aeropuerto.</i>	8
3 Modelo de Demanda Empleado	11
3.1 <i>Parámetros que caracterizan la demanda del Subsistema de Actividades Aeroportuarias.</i>	11
3.2 <i>Evolución de la demanda tras el la situación de pandemia.</i>	15
4 Capacidad de los Subsistemas del edificio Terminal	19
4.1 <i>Capacidad de los subsistemas en flujo de salida.</i>	20
4.1.1 Zona de facturación	20
4.1.2 Zona de control de seguridad	22
4.1.3 Zona de control de pasaportes en salida	25
4.1.4 Zona de espera y embarque	26
4.2 <i>Capacidad de los subsistemas en flujo de llegada.</i>	28
4.2.1 Zona de control de pasaportes en llegadas	28
4.2.2 Zona de recogida de equipajes	29
4.2.3 Vestíbulo de llegadas	31
5 Análisis capacidad demanda	34
5.1 <i>Análisis capacidad demanda</i>	34
5.1.1 Análisis capacidad con recuperación optimista.	35
5.1.2 Análisis capacidad con recuperación moderada.	39
5.1.3 Análisis capacidad con recuperación pesimista.	42
5.2 <i>Resumen del análisis</i>	45
6 Soluciones propuestas	48
6.1 <i>Soluciones para cumplir con las restricciones sanitarias.</i>	48
6.2 <i>Soluciones para los diferentes subsistemas.</i>	51
7 Conclusiones	55
Bibliografía	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3–1. Valores del coeficiente de la FAA en función del número de pasajeros anuales	12
Tabla 3–2. Comparativa del valor del PHP desde 2013 a 2020	13
Tabla 3–3. Segregación del PHP en salidas, llegadas y pasajeros fuera del espacio Schengen	15
Tabla 4–1. Datos para el cálculo de la capacidad en la zona de facturación	21
Tabla 4–2. Datos para el cálculo de la capacidad en el control de seguridad	23
Tabla 4–3. Datos para el cálculo de la capacidad en el control de pasaportes en salida	25
Tabla 4–4. Datos para el cálculo de la capacidad en el área de embarque	27
Tabla 4–5. Datos para el cálculo de la capacidad en el control de pasaportes en llegadas	28
Tabla 4–6. Datos para el cálculo de la capacidad en la zona de recogida de equipajes	30
Tabla 4–7. Datos para el cálculo de la capacidad en el vestíbulo de llegadas	32
Tabla 5–1. Comparativa de la capacidad real con la capacidad obtenida mediante los cálculos de capacidad	34
Tabla 5–2. Segregación del PHP para los años posteriores a la pandemia para un escenario optimista	35
Tabla 5–3. Comparativa área real con el área calculada para los años posteriores a 2020 según una evolución optimista de la demanda	36
Tabla 5–4. Comparativa área real con el área optimizada para los años posteriores a 2020 según una evolución optimista de la demanda	38
Tabla 5–5. Segregación del PHP para los años posteriores a la pandemia para un escenario moderado	39
Tabla 5–6. Comparativa área real con el área calculada para los años posteriores a 2020 según una evolución moderada de la demanda	40
Tabla 5–7. Comparativa área real con el área optimizada para los años posteriores a 2020 según una evolución moderada de la demanda	41
Tabla 5–8. Segregación del PHP para los años posteriores a la pandemia para un escenario pesimista	41
Tabla 5–9. Comparativa área real con el área calculada para los años posteriores a 2020 según una evolución pesimista de la demanda	43
Tabla 5–10. Comparativa área real con el área optimizada para los años posteriores a 2020 según una evolución pesimista de la demanda	44
Tabla 5–11. Resumen del análisis de capacidad para cada uno de los subsistemas y escenarios	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Descenso del tráfico aéreo desde el inicio de la pandemia	1
Figura 2-1. Plano de la planta 1 de la terminal del aeropuerto de Sevilla	5
Figura 2-2. Plano de la planta 0 de la terminal del aeropuerto de Sevilla	7
Figura 2-3. Obra de remodelación de la terminal del aeropuerto de Sevilla	9
Figura 2-4. Nueva zona sur Edificio terminal del aeropuerto de Sevilla	9
Figura 3-1. Porcentaje de pasajeros nacionales e internacionales	14
Figura 3-2. Porcentajes de pasajeros provenientes de países dentro y fuera del espacio Schengen	14
Figura 3-3. Porcentajes de pasajeros en llegadas y salidas	15
Figura 3-4. Pronósticos de evolución del tráfico aéreo europeo en los próximos cinco años	17
Figura 4-1. Nivel de servicio para las instalaciones de un edificio terminal	19
Figura 4-2. Factor de corrección para el máximo tiempo de espera en la zona de facturación	22
Figura 4-3. Factor de corrección para la cola máxima en la zona de facturación	22
Figura 4-4. Factor de corrección para el máximo tiempo de espera en el control de seguridad	24
Figura 4-5. Esquema de flujo de pasajeros en el control de seguridad	24
Figura 4-6. Modelo de embarque en espacio abierto	26
Figura 4-7. Imagen característica de modelo de embarque caracterizado por fingers	27
Figura 4-8. Factor de corrección para el máximo tiempo de espera en el control de pasaportes en llegadas.	29
Figura 4-9. Modelo de hipódromo para el cálculo de capacidad en la zona de recogida de equipajes.	31
Figura 6-1. Flujo de pasajeros de salidas en un edificio terminal antes y después del covid.	48
Figura 6-2. Flujo de pasajeros de llegadas en un edificio terminal antes y después del covid.	49
Figura 6-3. Posibles métodos de separación de pasajeros en las colas de los diferentes subsistemas.	50
Figura 6-4. Ejemplo de marca en el suelo para mantener la distancia de seguridad en las colas.	50
Figura 6.5 – Remodelación de la planta baja del edificio terminal.	52

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto y alcance

Tras los datos mensuales publicados por AENA desde el comienzo de la pandemia mundial de COVID-19, el tráfico aéreo de pasajeros en España se ha visto reducido una media general de un 81,5% respecto a los datos del ejercicio anterior. Particularizando en un aeropuerto como el de Sevilla, donde se estaban realizando diferentes remodelaciones estructurales para abarcar el creciente aumento en el número de pasajeros y operaciones, el número de pasajeros ha disminuido un 78,1% con respecto a los datos de 2019 durante dichos meses.

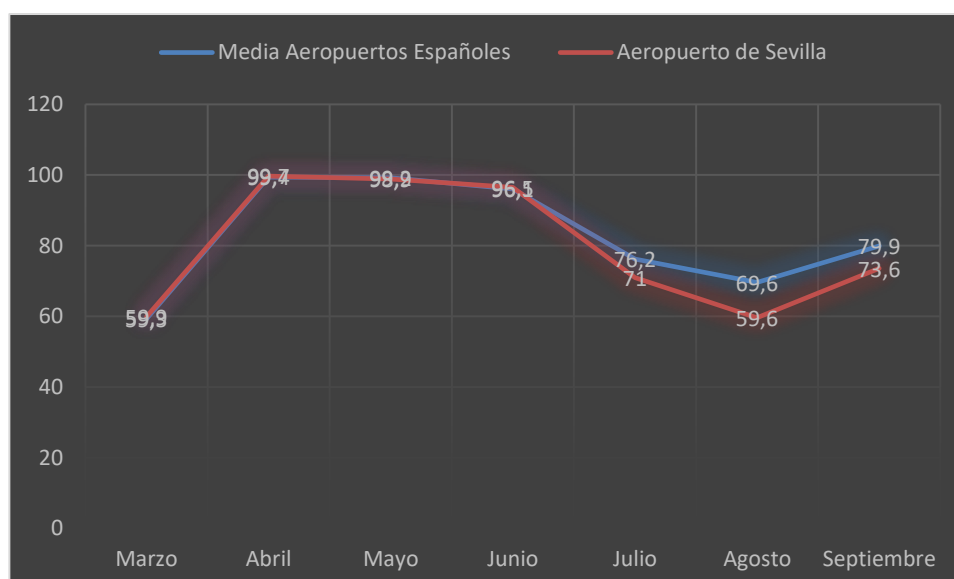


Figura 1-1 Descenso del tráfico aéreo desde el inicio de la pandemia

Teniendo en cuenta el gran peso del sector turístico en la economía, y tomando a los aeropuertos como principales focos de llegada y salida de turistas, una optimización de las infraestructuras y subsistemas aeroportuarios para adaptarlos a las necesidades surgidas a raíz de la pandemia, junto con un conjunto de medidas sanitarias obligatorias podrán servir como base para relanzar las operaciones aeroportuarias de manera segura e intentar aumentar el número de operaciones de manera constante.

Los Planes Directores realizados previos a la pandemia han perdido cierta validez ya que hasta ahora no recogían las respectivas medidas sanitarias que conlleva una situación como la actual, ni se contemplan las restricciones impuestas en distanciamiento a la hora de diseñar un edificio terminal.

En el presente proyecto, se estudiarán los cambios pertinentes necesarios que habría que tener en cuenta a la hora de dimensionar un edificio terminal: incremento de la distancia mínima entre los pasajeros, maximización del uso de subsistemas automáticos y medidas de higiene más estrictas en toda la superficie del edificio terminal. Además, se analizará la relación capacidad/demanda de la terminal y se intentará estimar a qué nivel de servicio se estaría operando bajo todas las condiciones anteriores.

Por acotar y sintetizar los objetivos del proyecto, éstos se recogen en los siguientes ejes principales:

- **Estudio de la situación actual del aeropuerto.** Cálculo de la capacidad de las infraestructuras con las que cuenta el aeropuerto con la información proporcionada por el operador aeroportuario para hacer frente a la demanda actual teniendo en cuenta las restricciones impuestas.
- **Análisis Demanda/capacidad.** Cálculo del LoS que es capaz de ofrecer la terminal en función de la demanda, desde unos niveles similares a los actuales hasta niveles de demanda iguales a los previos a la pandemia.
- **Búsqueda de soluciones operativas.** Estudio de alternativas para hacer frente a las restricciones impuestas, con el objetivo de maximizar el número de operaciones desde una puesta a punto basada en la seguridad de los pasajeros y las operaciones.

1.2 Contenido del Proyecto

El presente Trabajo Fin de Máster está dividido en los siguientes capítulos. A modo de introducción, seguidamente se expone una breve descripción de cada uno de los mismos.

- **Capítulo 2. La Terminal del Aeropuerto de Sevilla.**

En este capítulo se muestran los datos recopilados sobre el edificio terminal suministrados por el operador aeroportuario. En concreto, se muestran los datos obtenidos sobre cada uno de los subsistemas del edificio terminal.

- **Capítulo 3. Modelos de demanda empleados en los cálculos.**

En este capítulo se expone una explicación sobre los diferentes modelos de demanda que se utilizan en el diseño de un edificio terminal con el objetivo de caracterizar el tráfico de pasajeros y aeronaves. Además, se realiza una introducción a los diferentes parámetros que caracterizarán dicha demanda y se emplearán en los cálculos de la capacidad de los diferentes subsistemas. Por último, se justificará el modelo escogido para la realización del trabajo.

- **Capítulo 4. Capacidad de los Subsistemas del Edificio Terminal.**

A través de los datos obtenidos del edificio terminal, se determinará la capacidad de la terminal tras imponer las restricciones COVID. En este capítulo, se detallará cómo se calcularía la capacidad de cada uno de los subsistemas y cómo afectan las restricciones al cálculo de dichas capacidades. En la mayoría de dichos cálculos, se empleará el método propuesto por la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA).

- **Capítulo 5. Análisis Capacidad/ Demanda en función del nivel de servicio.**

A través de los modelos de demanda explicados en el Capítulo 3 y de la capacidad de los diferentes subsistemas adaptados a los requerimientos COVID, se estudiará estableciendo un nivel de servicio determinada la relación entre la demanda y la capacidad del aeropuerto. A partir del estudio de esta relación, se podrá determinar la eficiencia de los subsistemas e infraestructuras aeroportuarias para abastecer a un nivel de demanda. Una vez realizado este estudio, se podrán determinar las necesidades de mejora y posibles soluciones en el siguiente capítulo.

- **Capítulo 6. Soluciones Propuestas**

Los cálculos realizados en el capítulo anterior reflejarán las necesidades de mejora que necesitaría el aeropuerto en caso de requerir un mejor nivel de servicio para un nivel de demanda determinado. En este capítulo, se detallarán los cálculos necesarios para buscar soluciones a las necesidades de los subsistemas del aeropuerto.

- **Capítulo 7. Conclusiones.**

A la vista de los resultados obtenidos a lo largo del Proyecto, se expondrán las conclusiones que se han extraído de la realización del mismo.

2 LA TERMINAL AEROPUERTO DE SEVILLA

En este capítulo, se realizará una descripción de las instalaciones con las que cuenta el edificio terminal del aeropuerto de Sevilla. Este edificio es el encargado de procesar todo el tráfico de pasajeros tanto de llegadas como de salidas que se produce en el aeropuerto. El edificio está compuesto por dos plantas, la inferior se utiliza para el flujo de pasajeros de llegada, mientras que en la superior se procesa el tráfico de salidas.

En los siguientes apartados de este capítulo se mostrarán los planos, sin tener en cuenta las futuras modificaciones del edificio terminal, donde se pueden observar la distribución de espacios de ambas plantas de la terminal y, utilizando como apoyo estas imágenes, se detallará la ubicación de cada subsistema.

2.1. Planta 1

El acceso principal a este nivel se realiza por medio de una carretera que conecta con la ciudad a través de la autovía A-4 E-5, en dicha carretera se encuentra la parada de autobús, taxi y el acceso a los diferentes parkings tanto de corta, media como larga distancia. En una de las aceras quedaría el edificio terminal, mientras que en la otra se encuentran los accesos a los parking de corta y media estancia.

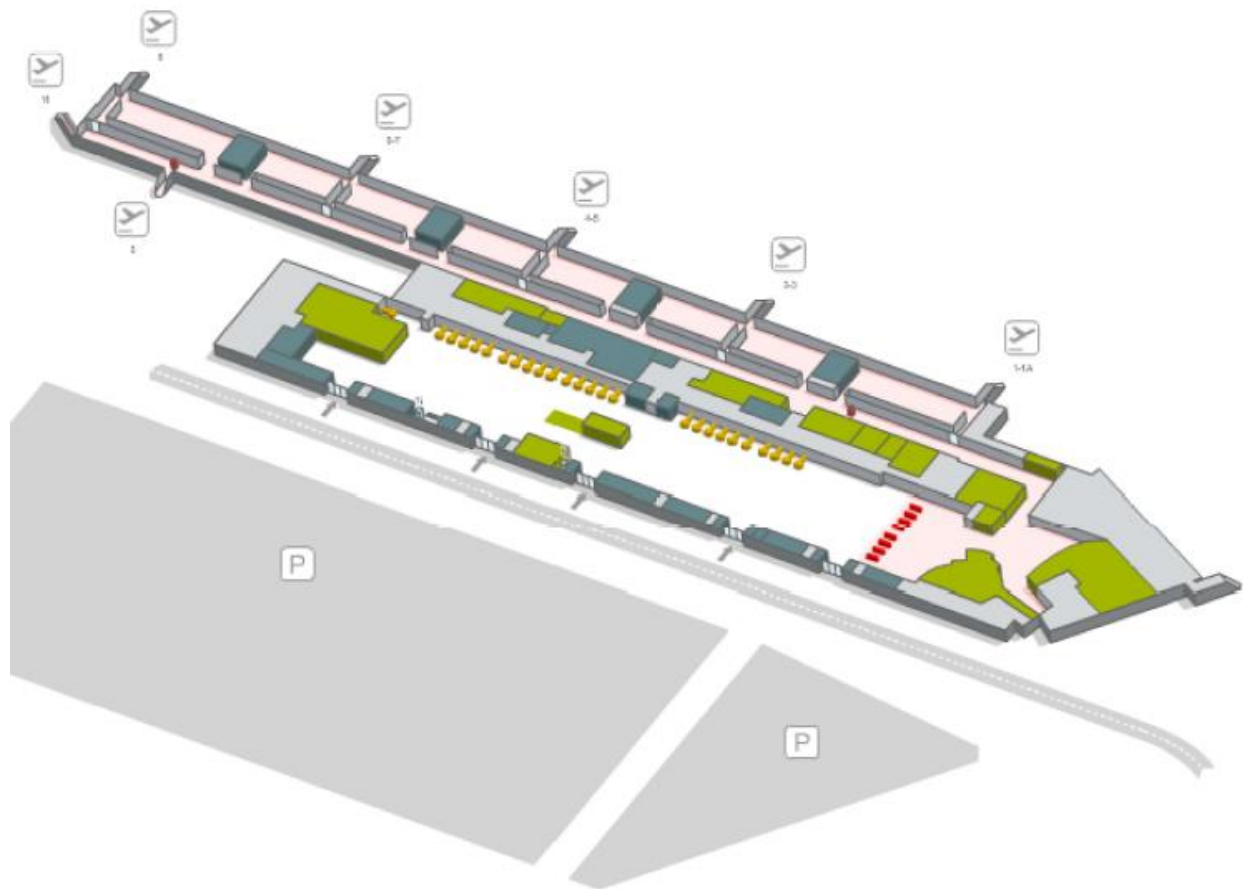


Figura 2-1. Plano de la planta 1 de la terminal del aeropuerto de Sevilla

En la fachada del edificio encontramos cinco puertas automáticas que dan acceso al vestíbulo de salidas; con motivo de la situación de pandemia, varias de estas puertas se emplean únicamente como entrada mientras otras como salida. Frente a las puertas de acceso se encuentran, como puede apreciarse en amarillo en la imagen, los diferentes mostradores de facturación. En concreto, el aeropuerto de Sevilla cuenta con 42 mostradores numerados del 7 al 48, de los cuales uno de ellos, el situado separado a la izquierda en la imagen, se emplea para facturar los equipajes especiales.

Además de los mostradores de facturación, en el vestíbulo de salidas y antes del control de seguridad también se encuentran: servicios de restauración, puntos de información y compra de billetes, máquinas plastificadoras de equipajes, oficina de la policía nacional, diferentes aseos públicos, servicios de prensa, punto de encuentro para personas de movilidad reducida, buzón de correos, un cajero del banco Santander, una oficina de mundo senior, un desfibrilador y diferentes paneles de información del operador aeroportuario con la información referentes a las puertas de embarque y a los vuelos.

En la misma pared que da acceso al vestíbulo se encuentran de izquierda a derecha en la imagen: primero unos aseos públicos, luego el punto de información y venta de billetes de Ryanair, otros aseos públicos, la cafetería On Time, la oficina de mundo senior, los puntos de información y venta de billetes de Iberia, Iberia Express y Air Nostrum, el cajero del banco Santander, el buzón de correos y un tercer aseo público. Después de una puerta de acceso, las oficinas de información y venta de billetes de Brussels Airlines, Air Berlín y Vueling, y por último la oficina de la policía nacional, terminando en el control de seguridad. En frente, entre a los mostradores de facturación, se encuentran los puntos de información y venta de billetes de Easy Jet, Air Europa y a la izquierda de los mismos, el desfibrilador. En el centro de la estancia se tienen diversos asientos para esperar antes de cruzar el control de seguridad, el punto de venta de prensa, la máquina plastificadora y los diferentes paneles de información. Por último, para terminar con el vestíbulo de salidas, en la parte izquierda de la imagen en verde, se encuentra el restaurante ABQ+.

A esta distribución se le suman las diferentes colas que, con motivo del aumento de la distancia de seguridad, llenarán de pasajeros esperando en los mostradores de facturación o el control de seguridad el vestíbulo de salidas.

En la zona del control de seguridad se tienen en primer lugar varios lectores automáticos de tarjetas de embarque. Éstos dan paso a la cola que desemboca en el control de seguridad. Recientemente se han ampliado el número de líneas de inspección disponibles de 6 a 8, aumentando la superficie destinada para realizar este filtro unos 200 metros cuadrados, abarcando unos 1068 metros cuadrados totales e intentando incrementar la capacidad operativa de este subsistema de 1,650 pasajeros a 2,100 pasajeros. Además del aumento de líneas, se ha modernizado el equipamiento tecnológico y se han añadido un nuevo arco detector y una nueva máquina de rayos X, con lo que el control cuenta con un total de nueve máquinas de rayos X y cuatro arcos detectores.

Una vez superado el control de seguridad, se encuentran el restaurante Abades Plaza Sevilla, el Duty Free, la tienda de alimentos Sibarium y el servicio de primeros auxilios. Tras girar y dejar a un lado el Duty Free se tiene un panel con la información sobre las puertas de embarque de los diferentes vuelos, o en su defecto, la hora a la que se conoce la información de dichas puertas de embarque. Tras dejar atrás esta zona del panel de información y el duty free se accede a un largo pasillo en el que van apareciendo, a un lado las diferentes puertas de embarque, y al otro, diversos servicios de restauración, aseos, tiendas, cajeros automáticos y salas VIP. Un restaurante Burger King, una tienda de Natura, otra de Oh-lé, servicios de recogida de comida Iberikum, Hornos San Buenaventura, tres aseos públicos, otro puesto de desfibriladores, un cajero Euronet y la sala VIP Azahar.

Frente a la puerta de embarque 1-1A, se tiene el primer puesto de control de pasaportes, a través del cual se accede a la sala de embarque para vuelos con destinos fuera del espacio Schengen. El otro control de pasaportes se encuentra en el otro extremo del largo pasillo, junto a las puertas de embarque 9 y 11. El aeropuerto de Sevilla cuenta con 15 puertas de embarque de las cuales a la 1,1A,2,3,4,5,6,7,8,9 y 11 se accede directamente desde el edificio terminal y la K1,K2,K3 y K4 a las que se accede en remoto.

Para concluir con la descripción detallada del nivel de salidas, entre las diversas salas donde se realiza el embarque existen aseos públicos y dentro de las mismas existen numerosos asientos para esperar a la hora de embarque y un puesto de control donde se presenta la documentación necesaria antes de acceder a la pasarela

que conduce al avión, también conocida como “finger”. Para la entrega de esta documentación se realiza una cola, en la cual deberá guardarse también la distancia de seguridad entre pasajeros.

2.2. Planta 0

A través de las pasarelas de embarque o desde las jardineras en las posiciones remotas de las aeronaves, se accede a este nivel del edificio terminal. Los fingers desembocan en una estancia a la que llegan todos los pasajeros provenientes de destinos del espacio Schengen. A su vez, esta estancia conecta con la sala dónde se encuentran los hipódromos de recogida de equipaje y los controles de pasaportes en llegada a través de unas escaleras, las cuales pueden observarse en la imagen en el centro de la parte detallada de esta planta.

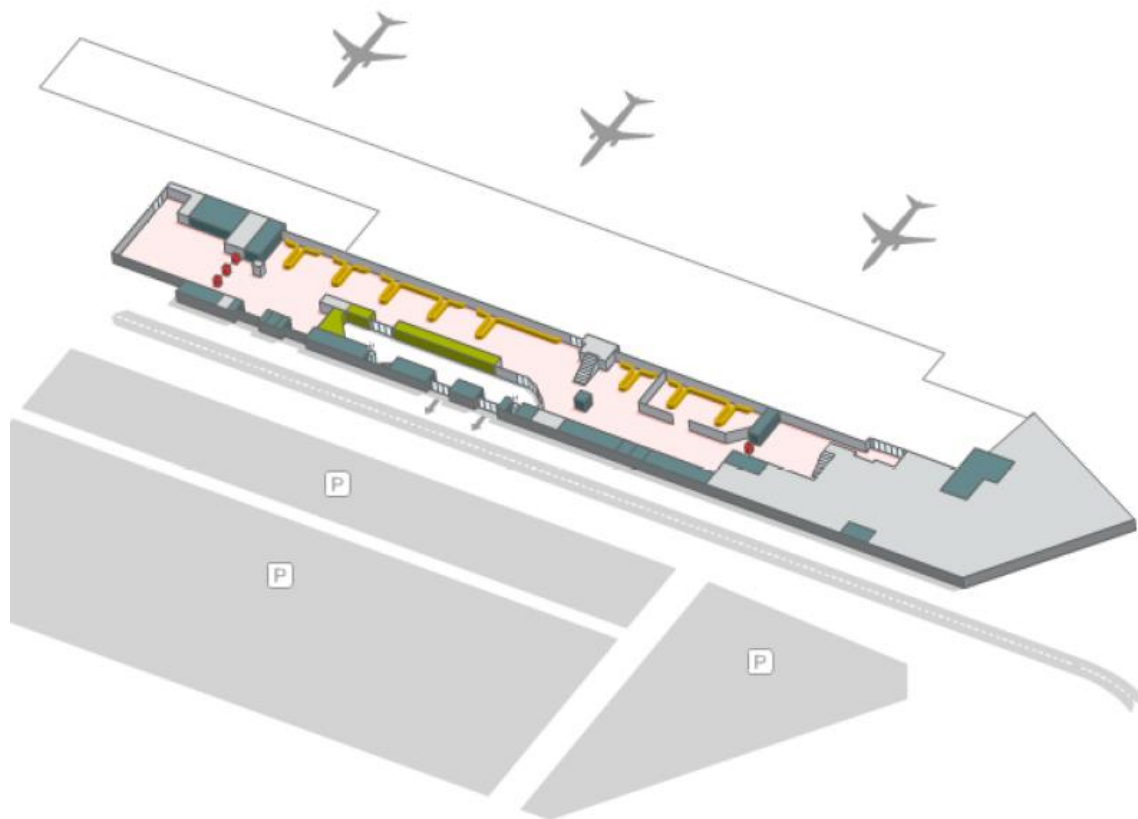


Figura 2-2. Plano de la planta 2 de la terminal del aeropuerto de Sevilla

A parte del acceso a través de la estancia a la que llegan todos los vuelos procedentes del espacio Schengen, es posible acceder a través de otras dos sales que sirven como antesala del control de pasaportes en llegada y de la aduana. Dichos controles se encuentran en la imagen uno a la izquierda de la misma y el otro a la derecha, junto al cual pueden observarse los hipódromos de recogida de equipaje antes de cruzar la aduana. En este control se encuentra también la oficina de la Guardia Civil.

Una vez superados estos controles y la aduana, se llega a la misma sala a la que llegaban el resto de los pasajeros procedentes del espacio Schengen. En ella, se encuentran seis hipódromos de recogida de equipaje, diversos puntos de contacto en caso de equipaje extraviado: Ryanair en el centro de la sala y en la pared del fondo, al otro lado de las cintas, WFS y Aviapartner, además de tres aseos públicos.

Para acceder al vestíbulo de llegadas, basta con cruzar las puertas a las que desembocan las escaleras que daban acceso al vestíbulo de recogida de equipajes. Este vestíbulo de llegadas será el punto de encuentro de los pasajeros con sus acompañantes. En él, se encuentran además diversos servicios: los puntos de información turística y de hoteles, las oficinas de alquiler de coches de diferentes compañías y un servicio de cafetería.

En la imagen se aprecia en rosa todo el vestíbulo de recogida de equipajes y en blanco el vestíbulo de llegadas. En este último, aparecen en verde a la izquierda la cafetería Aicafé, y en el centro las oficinas de Avis, Rent a Car, Europcar, Goldcar-InterRent, Hertz y Sixt, mientras que, en azul, junto a las puertas de salida al exterior, la oficina de turismo, hoteles, un cajero Euronet y, por último, otros aseos públicos.

Hay que mencionar también que en esta planta se encuentra la sala de reuniones y conferencias del aeropuerto. Sin embargo, el acceso a la misma no interfiere con el flujo de pasajeros de llegada.

De nuevo, el vestíbulo de llegadas enlaza con una carretera que conecta con la ciudad y que, al cruzarla, accede tanto a los parkings como a los aparcamientos de VTC. Además, en ella también se encuentra la parada de taxi y de autobús.

2.3. Obras de remodelación del aeropuerto.

Cuando comenzó el estado de alarma de España, el aeropuerto de Sevilla se encontraba en un proceso de remodelación de las instalaciones del edificio terminal, las cuales pretendían no interferir con la operatividad del aeropuerto y durarían hasta finales de 2021. Estas obras fueron adjudicadas en 2019 por un valor de veintiséis millones de euros y comenzaron a principios de ese mismo año.

Los objetivos principales que perseguían dichas obras eran: preparar el aeropuerto para crecimientos futuros; adaptarlo a la transformación que se ha dado en la operativa de las aerolíneas en los últimos años; adecuar la infraestructura a las nuevas normativas en materia de accesibilidad y contraincendios; y mejorar la experiencia del pasajero. En relación con esto último, los trabajos se orientarán a agilizar y hacer más confortables los procesos aeroportuarios que afectan al viajero, así como a diversificar y mejorar la calidad de los servicios que se ofrecen.

Como ya se mencionó en el apartado que detallaba la planta superior de la terminal, la remodelación comenzó con el aumento del control de seguridad pasando de 6 a 8 líneas de inspección y mejorando la tecnología de los sistemas empleados en ellas. En esta misma planta, el cambio más importante y que aumentará más la superficie de la terminal, será la creación de tres nuevas puertas de embarque para vuelos fuera del espacio Schengen en la zona sur de la terminal, tras el Duty free y la zona de restauración que se encontraba a la derecha de la imagen mostrada en el apartado anterior. Con ello, se conseguirá una mayor separación de los flujos de pasajeros que necesiten atravesar el control de pasaportes en salida y los que no deban hacerlo. A su vez, y como consecuencia de la creación de esta nueva zona sur, en la planta baja, también se creará un nuevo vestíbulo de llegadas para este tipo de vuelos procedentes de países fuera del espacio Schengen.

Como consecuencia de esta ampliación del edificio terminal, éste aumentará su superficie en casi un 42%, lo que hubiese significado un importante aumento de la capacidad operativa del aeropuerto. El objetivo era alcanzar la cifra de diez millones de pasajeros anuales una vez esta ampliación estuviese finalizada.

Sin embargo, en el presente proyecto, y como las dimensiones de dicha nueva zona todavía no se conocen, se estudiará la capacidad operativa del edificio terminal bajo condiciones de pandemia incluyendo únicamente el aumento del control de seguridad. Las futuras ampliaciones se tendrán en cuenta a la hora de describir las posibles mejoras de la terminal o como adaptar la terminal a las necesidades surgidas a raíz de las medidas COVID.

Por último, se mostrarán imágenes del modelo 3D del aeropuerto una vez hayan finalizado las obras. En la primera imagen, se muestra desde fuera una vista de la zona sur del edificio terminal, donde aparecen ya las tres nuevas puertas de embarque con pasarelas fijas desde la terminal a la pista. En la segunda, se observa una vista desde la altura de como quedaría todo el edificio terminal, observándose al fondo la parte nueva.



Figura 2-3. Obra de remodelación de la terminal del aeropuerto de Sevilla



Figura 2-4. Nueva zona sur Edificio terminal del aeropuerto de Sevilla.

3 MODELO DE DEMANDA EMPLEADO

3.1 Parámetros que caracterizan la demanda del Subsistema de Actividades Aeroportuarias.

La terminal aeroportuaria es un edificio complejo. A diferencia de otros edificios, generalmente se desconocen las dimensiones que deben tener los diferentes espacios y salas de los que se compone. Por ello, antes de comenzar el diseño arquitectónico, se calculan una serie de parámetros que describan y cuantifiquen las necesidades que la terminal debe satisfacer.

Para una terminal de pasajeros, el parámetro más importante es el *Pasajeros en Hora Punta, PHP*. La definición de este concepto es crítica. El Pasajero Hora Punta hace referencia al número de pasajeros que son procesados por la terminal en una determinada hora. Es una medida de la capacidad de la terminal. Hay muchas definiciones para este concepto, pero todas ellas tienen algo en común: en momentos puntuales, el flujo de pasajeros real supera al PHP utilizado para el diseño. Si en el diseño de la terminal se utilizara el máximo flujo de pasajeros de todo el año, los procesos estarían sobredimensionados durante la mayor parte del tiempo, por lo que los recursos del aeropuerto se malgastarían. Este valor busca satisfacer la demanda con un nivel de servicio adecuado para la mayor parte del tiempo. Por tanto, se espera que, en momentos puntuales, la terminal supere el PHP de diseño y sufra pequeñas congestiones. En ellas, la calidad del servicio percibida por el pasajero disminuye. Esto se traduce, por ejemplo, en un aumento en la duración de las colas de espera. Es importante el correcto análisis del flujo de pasajeros a lo largo del año para que estas congestiones puntuales se encuentren dentro de un rango aceptable.

El valor del PHP depende de cómo se defina este concepto y del método de cálculo que se utilice. La mayor parte de estos métodos parten de la lista del número de pasajeros que, hora a hora, pasan por la terminal durante un año como mínimo. Para obtener dicha información, habitualmente se parte del histórico de vuelos, que no es más que los vuelos comerciales que se han realizado en un aeropuerto durante el periodo de estudio. La información de esta tabla se procesa hasta obtener la información buscada. Una vez obtenida, se utiliza uno de los métodos que se describen a continuación para obtener el PHP.

IATA propone obtener la hora punta típica a partir del Busy Day. El Busy Day es el segundo día de mayor tráfico de pasajeros de la semana media del mes punta. En primer lugar, se busca el mes con mayor tráfico de pasajeros. Después, se busca cuál es la semana natural cuyo número de pasajeros se aproxima más a aquel de la semana promedio de dicho mes. A continuación, se ordenan de mayor a menor los días de dicha semana, según su número de pasajeros diarios. El segundo día de dicha lista es el Busy Day. Finalmente, se analiza el tráfico de pasajeros durante dicho día. Aquel periodo de 60 minutos durante el cual se detecta un mayor tráfico de pasajeros es la hora de diseño, y su número de pasajeros es el Pasajero Hora Punta, según el método propuesto por IATA.

En el Reino Unido, la British Airport Authority utilizaba el Standard Busy Rate (SBR), que corresponde a la trigésima hora con más tráfico de pasajeros del año de estudio. En los aeropuertos de París se usa una variante similar, utilizando la cuadragésima hora. Este método requiere conocer el número de pasajeros por hora que procesa el aeropuerto, durante todas las horas del año. A partir de este punto, se ordenan de mayor a menor y se elige el valor en la posición 30 y 40 respectivamente.

Una variante del Standard Busy Rate (SBR) es el Busy Hour Rate (BHR). En este método se busca que el PHP de diseño corresponda con el percentil 95 del PHP de todas las horas del año.

La FAA (Federal Aviation Administration de los Estados Unidos) propone un método más sencillo. Establece una relación entre la hora punta típica y los pasajeros anuales. Dicho de otra manera, a partir de los pasajeros anuales puede estimarse la hora punta típica, y viceversa. AENA, ofrece también una expresión para los aeropuertos españoles para el cálculo del PHP a partir del número de pasajeros anuales.

Al no disponer de toda la información acerca del número de pasajeros procesados diariamente, se optará por elegir uno de estos dos métodos de cálculo del PHP en función del número de pasajeros anuales.

Por un lado, Aena ofrece la siguiente expresión:

$$Y = 105,62 * X^{-0,4723}$$

donde:

X : número de pasajeros anuales.

Y : porcentaje de pasajeros hora punta máximo sobre los pasajeros totales anuales.

Por su parte, la FAA establece directamente el porcentaje de pasajeros hora punta máximo sobre los pasajeros totales anuales.

<i>Pasajeros anuales</i>	<i>Coefficiente FAA</i>
+ 20 Millones	0,03
10 – 20 Millones	0,035
1 – 10 Millones	0,045
0,5 – 1 Millón	0,050
0,1 – 0,5 Millones	0,065

Tabla 3.1. Valores del coeficiente de la FAA en función del número de pasajeros anuales. Fuente FAA.

Utilizando ambos métodos para los años 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, se obtienen los siguientes resultados:

	<i>PHP FAA</i>	<i>PHP AENA</i>	<i>Pasajeros Anuales</i>	<i>% Inc pax año previo</i>
2013	1659	3083	3.800.774 pax	-14,1%
2014	1748	3170	3.885.434 pax	+5,4%
2015	1939	3347	4.308.845 pax	+10,9%
2016	2081	3475	4.625.314 pax	+7,3%
2017	2299	3662	5.108.817 pax	+10,5%
2018	2871	4118	6.380.483 pax	+24,9%
2019	3395	4498	7.544.473 pax	+18,2%

2020	1042	2412	2.315.610 pax	-69,3%
-------------	------	------	---------------	--------

Tabla 3.2. Comparativa del valor del PHP desde 2013 a 2020. Fuente Elaboración Propia.

Como puede comprobarse, los valores obtenidos por medio de la ecuación de Aena son bastante más elevados que los obtenidos según el método de la FAA. En concreto, el valor del PHP de Aena se hace mucho mayor que el valor del PHP de la FAA cuantos menos pasajeros anuales haya tenido la terminal. Comparando los valores obtenidos con valores históricos empleados en el diseño de planes directores de otras terminales, se concluye que los valores obtenidos según el método de la FAA se ajustan mejor a la realidad, para el caso del aeropuerto de Sevilla, que los valores de Aena. Luego, se empleará el valor del PHP calculado utilizando el método de la FAA como dato de referencia.

A continuación, se repite este proceso hasta obtener el PHP de entrada de cada uno de los procesos de la terminal. Habitualmente es necesario calcular el PHP de salidas y llegadas, segregado por el tipo de tráfico (nacional, internacional), e incluso por compañías aéreas o alianzas.

Para la obtención del parámetro PHP en la entrada de cada uno de los sistemas, será entonces necesario conocer el número de pasajeros que realizan vuelos nacionales, el número de pasajeros que realizan vuelos internacionales, el número de operaciones comerciales regulares de llegada y el número de operaciones comerciales regulares de salida. La obtención de cada uno de estos datos ha sido posible a través del portal de estadísticas de Aena, en el que pueden clasificarse el número de pasajeros en función del lugar de origen y de destino, y además, pueden calcularse el número de operaciones de llegada y de salidas que se han producido a lo largo de un año.

Por un lado, a través de los datos proporcionados por Aena estadísticas sobre los vuelos realizados en el año 2019, se obtiene que el 48,77% de los pasajeros provienen o vuelan hacia destinos nacionales, mientras que el 51,23% restante se tratan de pasajeros provenientes de vuelos internacionales. Es importante también distinguir entre aquellos pasajeros que provienen de países del espacio Schengen y los que no. Teniendo en cuenta esta distinción, el aeropuerto de Sevilla procesa un 89,05% de pasajeros provenientes del espacio Schengen, mientras que de fuera del mismo se registra únicamente un 10,95%.

En cuanto al número de operaciones de llegada y de salida, los datos ofrecen que en el año 2019 el 49,99% de los vuelos comerciales totales salen del aeropuerto, mientras que el 50,01% llegan al mismo.

Por otro lado, cabe mencionar que en el caso de la terminal del aeropuerto de Sevilla todos los vuelos realizados en el aeropuerto son operados por aviones de fuselaje estrecho, lo cual es interesante, pues si se operase con aeronaves de fuselaje estrecho y ancho, no podría establecerse una equivalencia directa entre operaciones y pasajeros y sería necesario conocer la proporción de vuelos con cada tipo de aeronave. Por ello, suponiendo la hipótesis que el factor de ocupación de los vuelos se mantiene constante entre los vuelos de salida y de llegada, puede concluirse que el número de pasajeros que salen y llegan a la terminal guardan la misma proporción que las operaciones de salidas y llegadas. Estos cálculos han sido repetidos para el año 2018 y 2017 y los resultados arrojados ofrecen unos resultados similares, por lo que se tomarán como válidos los datos del año 2019.

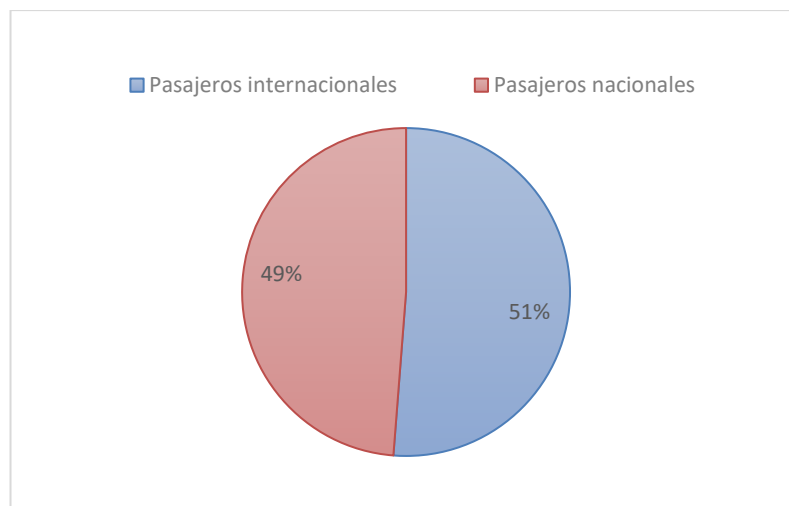


Figura 3.1 – Porcentajes de pasajeros provenientes de vuelos nacionales e internacionales. Fuente Aena Estadísticas.

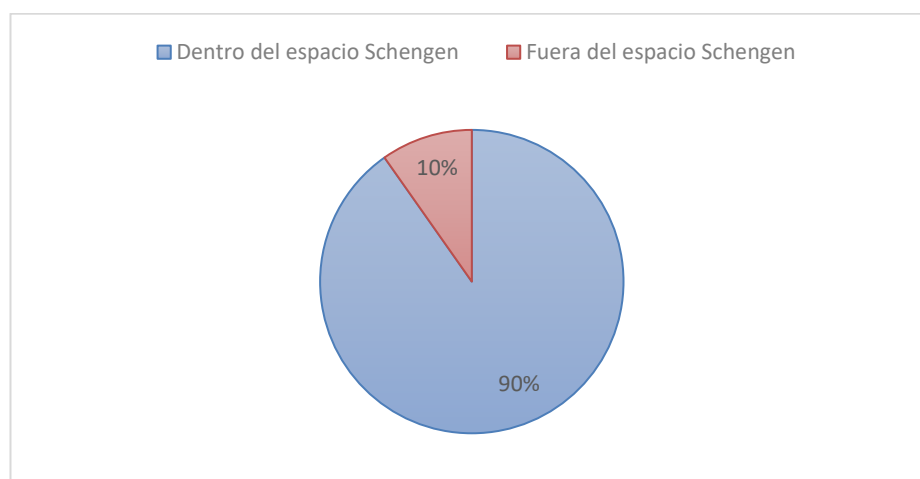


Figura 3.2 – Porcentajes de pasajeros provenientes de países dentro y fuera del espacio Schengen. Fuente Aena Estadísticas.

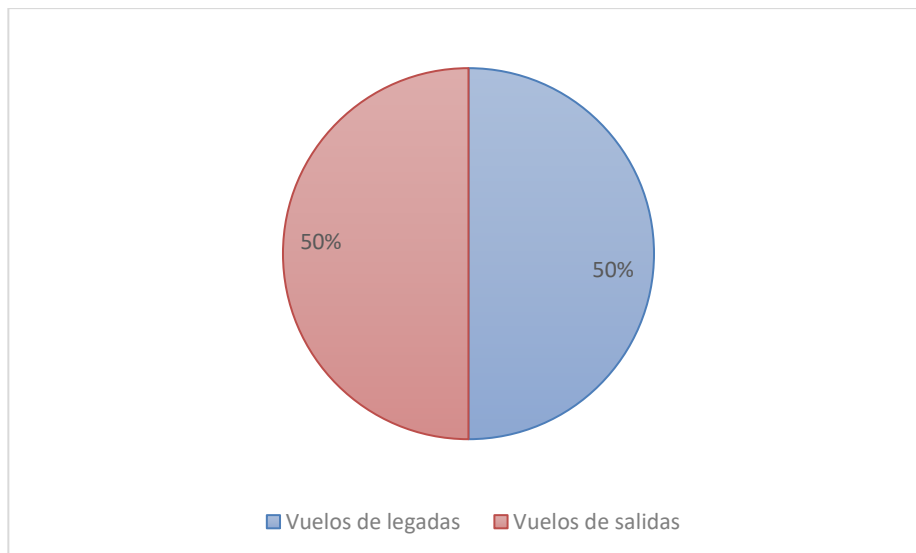


Figura 3.3 – Porcentajes de pasajeros en llegadas y salidas. Fuente Aena Estadísticas.

Una vez se han obtenido estos porcentajes, puede calcularse el PHP de entrada de cada uno de los sistemas del edificio terminal. Para el caso de las salidas, será necesario calcular el número anual de pasajeros en salidas y volverle a aplicar el coeficiente de la FAA. Realizando este proceso y un proceso similar para el caso de las llegadas se obtienen los siguientes resultados para el año 2019.

	<i>Pasajeros anuales</i>	<i>PHPsalidas</i>	<i>PHPllegadas</i>	<i>PHP no UE no Schengen</i>
2019	7.544.473 pax	1701 pax/hour	1697 pax/hour	377 pax/hour
2020	2.315.610 pax	521 pax/hour	521 pax/hour	126 pax/hour

Tabla 3.3. Segregación del PHP en salidas, llegadas y pasajeros fuera del espacio Schengen. Fuente Elaboración Propia.

3.2 Evolución de la demanda tras el la situación de pandemia.

Como ya se mencionó en la introducción del proyecto, el tráfico aéreo en los aeropuertos españoles ha disminuido del orden de un 80% durante los meses desde que comenzó la pandemia con respecto a esos mismos meses el año anterior, un 72,4% en el cómputo total del año 2020 con respecto a 2019.

En el caso del aeropuerto de Sevilla, las cifras anuales totales reflejan que el descenso del tráfico aéreo anual fue del 69,3% . Este descenso en la demanda ha supuesto a nivel de capacidad de los sistemas aeroportuarios que, a pesar de las nuevas medidas de seguridad impuestas en cuanto a distancia de seguridad tanto en colas como en estancias, haya sido posible seguir operando sin que los sistemas aeroportuarios se saturasen.

Ahora bien, si la demanda aumentase hasta los niveles de 2019 sería interesante comprobar hasta qué punto los sistemas aeroportuarios podrían absorber esta demanda manteniendo las restricciones sanitarias. Para ello, van a suponerse varios posibles escenarios de recuperación de la demanda, dependiendo de la efectividad de las vacunas. Estos posibles escenarios han sido extraídos de los pronósticos de recuperación de la aviación realizados por Eurocontrol, organismo europeo dedicado a dar soporte a la aviación europea tanto comercial como militar.

Según estos pronósticos, se tendrán tres posibles escenarios. Los tres parten del punto en el que la demanda se ha visto reducida un 66% con respecto a los niveles de 2019, y en función de la efectividad de las vacunas,

difieren en el momento en el que se volverán a alcanzar los valores de demanda previos a la pandemia.

El *escenario 1* supone que durante el año 2021, el efecto de la vacuna será muy considerable en el aumento tráfico aéreo, incrementando el número de vuelos con respecto a 2020 casi en un 70% y obteniéndose un nivel de demanda únicamente un 27% menor que en 2019. Siguiendo con esta tendencia optimista de recuperación, en el año 2022 volverían a aumentar los vuelos, llegando a operar más del doble de vuelos que en 2020 y obteniéndose un nivel de demanda de un 11% menor que en 2019. En 2023 se obtendrían valores de demanda todavía menores a 2019, pero tan solo un 4%, siendo finalmente en 2024 cuando se habrían superado estos niveles previos a la pandemia.

El *escenario 2* es un poco menos optimista que el primero y según éste en 2021 sólo aumentará la demanda únicamente un 16% con respecto a 2020, obteniendo niveles de demanda un 49% menores que en 2019. Para el año 2022, comenzará a tener importancia el efecto de la vacuna en el tráfico aéreo y el número de vuelos alcanzará unos valores similares a los que se obtenían en el escenario 1 para el año 2021. Desde este punto a 2024 el aumento de demanda seguirá el mismo crecimiento que en el anterior escenario, sin embargo, debido al retraso de un año en que las vacunas tengan un efecto considerable en el tráfico aéreo, para el año 2024 no se habrán recuperado los valores de demanda de 2019, aunque serán ligeramente inferiores, tan solo un 8%. Para llegar a un nivel de demanda igual al de 2019 habría que esperar según este modelo hasta 2026.

Por ultimo, el escenario más pesimista, el *escenario tres*, plantea que el efecto de la vacuna no sería muy importante en el aumento del número de operaciones, sino que éstas crecerán de manera constante y a un ritmo más moderado que en los escenarios anteriores. Según este escenario, la recuperación total no llegaría hasta 2029, mientras que en el año 2024 tan sólo habrían aumentado los vuelos en un 71,4% con respect a 2020, siendo este número de operaciones todavía un 25% inferiores a las que se registraron en 2019.

Para esclarecer estos diferentes escenarios, se muestra a continuación una gráfica extraída de los pronósticos a cinco años que hace Eurocontrol para el tráfico aéreo europeo, incluyendo las cifras de vuelos y los niveles de demanda ya comentados. En ella, se han marcado una serie de puntos para cada uno de los tres escenarios, los cuales representan el nivel de demanda o el número de vuelos desde el año 2020 hasta 2024, y serán estos niveles de demanda los que se tomarán como referencia a la hora de estudiar la evolución de la demanda en el aeropuerto de Sevilla. Como ya se hizo en el apartado anterior para los datos de 2019 y 2020, se obtendrán los parámetros PHP segregados en cada uno de los sistemas del edificio terminal para estos niveles de demanda, y con ellos, se obtendrá la capacidad que debería tener el edificio terminal en cada uno de ellos. Con todos estos cálculos, podrán obtenerse unas conclusiones más detalladas sobre qué nivel de demanda es capaz de absorber cada uno de los subsistemas. Además, si se cumpliese alguno de estos escenarios, podrían considerarse las posibles modificaciones a realizar en el edificio terminal teniendo en cuenta cuando se recuperarían los niveles previos a la pandemia.

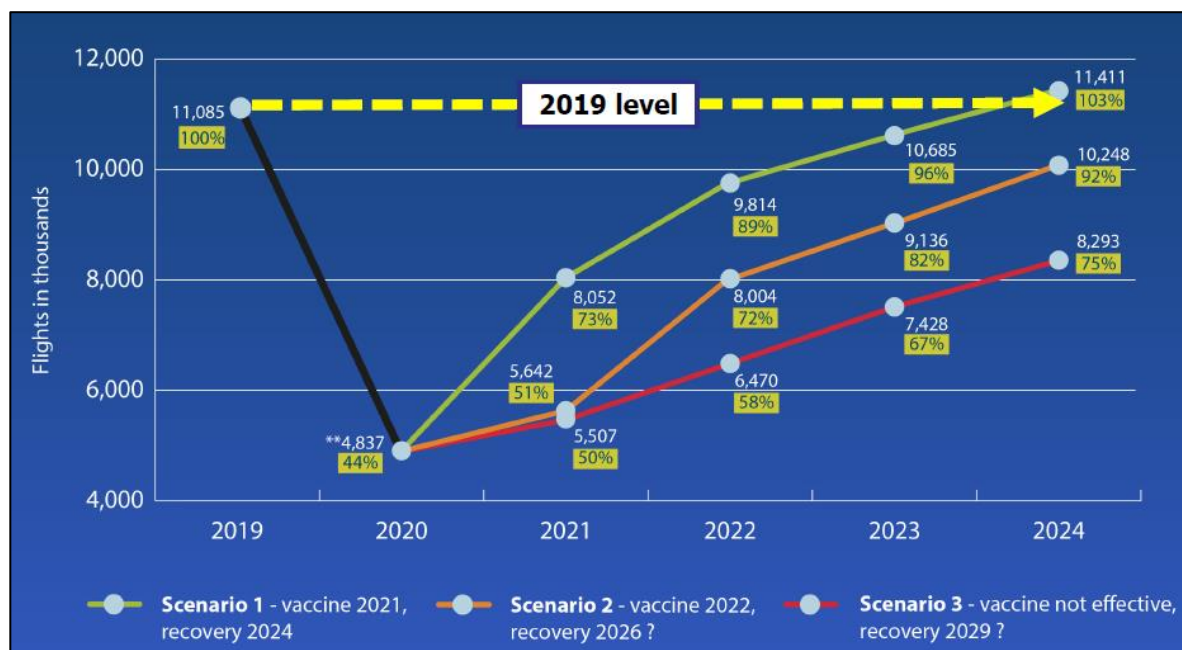


Figura 3.4 – Pronósticos de evolución del tráfico aéreo europeo en los próximos cinco años. Fuente: Eurocontrol.

4 CAPACIDAD DE LOS SUBSISTEMAS DEL EDIFICIO TERMINAL

En este capítulo se realizarán los cálculos de capacidad de los elementos del subsistema de actividades aeroportuarias. Para ello, se hará uso de los estándares de IATA, Asociación de aerolíneas que realizan vuelos internacionales, los cuales son utilizados por Aena en las estimaciones de las instalaciones del edificio terminal y para evaluar posibles ampliaciones.

Aunque existe una versión más actualizada (11ª Edición), en el presente proyecto, se seguirán las pautas del Airport Development Reference Manual, 10ª Ed (2014). Sin embargo, ni en la décima ni en la undécima edición se recogen las restricciones asociadas al COVID-19. La restricción más importante que se tendrá en cuenta a la hora de realizar los cálculos de capacidades consiste en mantener una distancia mínima entre pasajeros en cada una de las estancias y las colas de los subsistemas del edificio terminal.

El concepto de espacio por pasajero aparece en las expresiones que permiten calcular el área de los diferentes subsistemas y, además, se trata de un indicador del nivel de servicio del edificio terminal.

		SPACE STANDARDS FOR WAITING AREAS (m ² /pax)			WAITING TIME STANDARDS FOR PROCESSING FACILITIES (Minutes)			WAITING TIME STANDARDS FOR PROCESSING FACILITIES (Minutes)			PROPORTION OF SEATED OCCUPANTS (%)					
Passenger Terminal Processor					Economy Class			Business Class / First Class								
ADRM 9th Edition		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
ADRM 10th Edition		Over design	Optimum	Suboptimum	Over design	Optimum	Suboptimum	Over design	Optimum	Suboptimum	Over design	Optimum	Suboptimum	Over design	Optimum	Suboptimum
Public Departure Hall		>2.3	2.3	<2.3												
Check-in	Self-Service Boarding Pass / Tagging	>1.8	1.3 - 1.8	<1.3	0	0-2	>2	0	0 - 2	> 3						
	Bag Drop Desk (queue width 1.4 - 1.6 m)	>1.8	1.3 - 1.8	<1.3	0	0-5	> 5	0	0-3	>3						
	Check-in Desk (queue width 1.4 - 1.6 m)	>1.8	1.3 - 1.8	<1.3	<10	10-20	>20	Business Class Check-in Desk			< 3	3-5	> 5			
								First Class Check-in Desk			0	0-3	>3			
						Fast Track			0	0-3	>3					
Security Checkpoint (queue width: 1.2 m)		>1.2	1.0 - 1.2	<1	<5	5-10	>10	0	0-3	>3						
Emigration (Passport Control) (queue width: 1.2 m)		>1.2	1.0 - 1.2	<1	<5	5-10	>10	0	0-3	>3						
Boarding Gate Lounge	Seating	>1.7	1.5 - 1.7	<1.5												
	Standing	>1.2	1.0 - 1.2	<1							>70%			50%-70% ¹	<50%	
Immigration (Passport Control) (queue width: 1.2 m)		>1.2	1.0 - 1.2	<1	<10	10	>10	<5	5	>5						
Transfers					<5	5	>5	0	0-3	>3						
Baggage Claim Area					First passenger to first bag			First passenger to first bag								
Narrow Body		>1.7	1.5 - 1.7	<1.5	<0	0-15	>15	0	0-15	> 15						
Wide Body		>1.7	1.5 - 1.7	<1.5	<0	0-25	>25									
Public Arrival Hall		>1.7	1.2 - 1.7	<1.2				n.b. Priority bags to be delivered before Economy			>20%			15%-20% ¹	<15%	
CIP Lounges		4.0														

Figura 4.1 – Nivel de servicio para las instalaciones de un edificio terminal. Fuente IATA.

En la tabla mostrada, extraída del ADRM, se observa como en función de los $\frac{m^2}{pax}$ se obtiene un nivel de servicio determinado. Sin embargo, tanto la OACI como la ACI, sugieren que se mantenga una distancia mínima de 1,5 metros entre pasajeros, lo que implica que el espacio ocupado por pasajero será mucho mayor que lo que estima el manual para diseñar con un nivel de servicio óptimo (en términos de espacio) cada uno de los subsistemas del edificio terminal.

La condición que se impondrá en el presente trabajo para satisfacer estos requerimientos de distancia mínima entre pasajeros consistirá en suponer que el espacio ocupado por pasajero será el siguiente:

- En las diferentes colas de procesamiento de pasajeros, como en los mostradores de facturación, control de seguridad o antes del embarque, el espacio por pasajero será de 1,5m x 1,5m, luego **2,25 m²**.
- En las diferentes estancias donde los pasajeros puedan esperar sentados, se supondrá que este espacio por pasajero sentado deberá de ser como mínimo de un círculo de radio 0,75m, luego: **1,767 m²**.

4.1 Capacidad de los subsistemas en flujo de salida.

4.1.1 Zona de facturación

Para el cálculo de capacidad operativa de la zona de facturación se utilizarán las siguientes expresiones:

$$CD_Y = \frac{PHP * PK * (1 - P_j - P_f) * CR * \frac{PT_Y}{60}}{30 + MQT_Y}$$

$$CD_j = \frac{PHP * PK * P_j * CR * \frac{PT_j}{60}}{30 + MQT_j}$$

$$CD_f = \frac{PHP * PK * P_f * CR * \frac{PT_f}{60}}{30 + MQT_f}$$

$$CD = CD_Y * C_f + CD_j * C_j + CD_f * C_f$$

$$Q_{MAX} = Q_f * Peak30min$$

$$A = (CD * CD_d * CD_w) + Q_{MAX} * SP + (CD * CD_w * W)$$

donde:

Variable	Definición	Valores
CD_{Yjf}	Número de mostradores de facturación de clase turista/ business / primera clase.	42
PHP	Pasajeros hora punta en salidas ($\frac{pax}{hora}$). Dependerá de la demanda y se establecerá tal y como se calculó en el apartado anterior.	1701 pax/hora
PK	Factor de hora punta en un período de 30 min (% PHP).	50%
P_j	Proporción de pasajeros de clase business.	0%
P_f	Proporción de pasajeros de primera clase.	0%
CR	Porcentaje de pasajeros que utiliza los mostradores de facturación convencionales.	70%
PT	Tiempo medio de procesamiento de cada pasajero (seg). Se ha tomado un valor un poco superior al de los valores estándar teniendo en cuenta que debido a las restricciones sanitarias el proceso se hace un poco más lento.	150 seg
MQT	Máximo tiempo de espera (min)	Output

Q_{MAX}	Número máximo de pasajeros en la cola de los mostradores de facturación.	Output
A	Área total del vestíbulo de facturación. En el caso del aeropuerto de Sevilla es de $1352 m^2$.	Output
SP	Espacio por pasajero en los mostradores de facturación. Se ha fijado previamente como restricción debido a la pandemia.	$2,25 m^2$
CD_W	Ancho de los mostradores de facturación. Se tomarán medidas estándar.	2,5 m
CD_d	Profundidad de los mostradores de facturación.	2 m
W	Ancho de los pasillos.	4 m

Tabla 4.1. Datos para el cálculo de la capacidad en la zona de facturación. Fuente Aena.

En primer lugar, cabe mencionar que, en el aeropuerto de Sevilla, tanto el número de pasajeros de clase business como el de primera clase es prácticamente nulo ya que la mayoría de las compañías que operan son compañías low cost. Por ello, el número de mostradores totales considerados se utilizarán para la clase turista o económica.

$$CD_j = CD_f = 0$$

Por un lado, tanto para el factor de hora punta en un periodo de treinta minutos como para las dimensiones de los mostradores y el ancho de los pasillos, se han empleado en los cálculos valores estándares típicos.

Por otro lado, para el caso del porcentaje de pasajeros que utilizan los mostradores de facturación, Aena había publicado recientemente que 3 de cada 10 pasajeros facturaban su equipaje, pues facturar el equipaje suponía un suplemento extra, este dato está extraído de los aeropuertos en los que operaban muchas compañías low cost. El resto de los pasajeros no deberían ser incluidos, por tanto, en el proceso de facturación. Sin embargo, tras el inicio de la pandemia, la mayoría de las compañías han obligado a facturar el equipaje de mano, a menos que se pague un suplemento extra para llevarlas en la cabina. Por este motivo, se ha supuesto que de cada 10 pasajeros facturan 7, siendo justo lo contrario que en el estudio previo de Aena. Por este motivo, el porcentaje de pasajeros que utilizan los mostradores de facturación se ha supuesto del 70%.

Para el caso del PHP, se va a empezar a analizar la capacidad para el caso de que se tuviera la demanda de 2019, y al ser éste el año con un mayor número de pasajeros, se observará si la zona de facturación podrá abarcar el alto nivel de demanda y cumplir a la vez con las restricciones COVID.

De la primera ecuación, como el número real de mostradores de facturación es conocido, se despejará el tiempo máximo de espera en la cola. Para ello, será necesario realizar un proceso iterativo pues el factor de corrección C_f viene dado a su vez por este tiempo máximo en cola.

Correction Factor (C_f) for Demand Variability (when less than 30 min. peak)	
For MQT	C_f
3	1.21
4	1.22
5	1.15
10	1.06
15	1.01
20	1.00
25	1.00
30	1.00

Figura 4.2 – Factor de corrección para el máximo tiempo de espera en la zona de facturación. Fuente: IATA

Tomando como factor corrector 1,01, se supone entonces que el MQT es de 15 minutos. Despejando de la ecuación, se obtiene que MQT es:

$$\frac{42}{1,01} = \frac{1701 * 0,5 * 0,7 * \frac{150}{60}}{30 + MQT_y} \quad MQT = 5,8 \text{ minutos}$$

Luego, deberá suponerse otro valor para el coeficiente corrector de la variabilidad de la demanda. Tomando un Cf de 1,1, el cual estará asociado a un MQT de 9 minutos aproximadamente, se obtiene un tiempo de espera máximo de 9 minutos, por lo que podría aceptarse como resultado final. Utilizando este MQT, vuelve a obtenerse otro factor de cálculo esta vez para el número de pasajeros en la cola máxima.

QMAX Calculation Factor (Qf)	
MQT	Qf
3	0.120
4	0.151
5	0.183
10	0.289
15	0.364
20	0.416
25	0.453
30	0.495

Figura 4.3 – Factor de corrección para el máximo tiempo de espera en la zona de facturación. Fuente: IATA

Interpolando entre los valores de MQT para encontrar el valor asociado a 9 minutos, se obtiene que el factor corrector es de 0,2678. Introduciendo este valor en la fórmula de la cola máxima se obtiene que:

$$Q_{MAX} = 0,2678 * 1701 * 0,5 * 0,7 \simeq 160 \text{ pasajeros}$$

Por último, utilizando la expresión del área, va a calcularse el área que sería necesaria teniendo en cuenta la restricción de espacio por pasajero.

$$A = (42 * 2 * 2,5) + (160 * 2,25) + (42 * 4 * 2,5) = 990 \text{ m}^2$$

Como el área total de la zona de facturación de la terminal de Sevilla es de 1352 m^2 , puede concluirse que, a pesar de las restricciones de distancia entre pasajeros, aunque la demanda se recuperase hasta los valores de 2019, el aeropuerto sería capaz de absorber dicha demanda.

4.1.2 Zona de control de seguridad

Para el cálculo de capacidad operativa de la zona de control de seguridad se utilizarán las siguientes expresiones:

$$PK_{30MIN} = \left(CD * \frac{60}{PT_{CD}} * 30 \right) + (PHP * PK * (1 - CR))$$

$$SEC_i = \frac{\frac{PK_{30MIN} * PT_{SEC}}{60}}{30 + MQT}$$

$$SEC = SEC_i * C_f$$

$$Q_{MAX} = Q_f * Peak\ 30min$$

$$A = (SEC * SEC_d * SEC_w) + Q_{MAX} * SP + (SEC * SEC_w * W)$$

donde:

Variable	Definición	Valores
PHP	Número de pasajeros en hora punta en salidas.	1701 pax/hora
PK_{30MIN}	Pico de demanda en 30 minutos.	Output
CD	Número de mostradores de facturación convencionales.	42
PT_{SEC}	Tiempo de proceso en el control de seguridad.	30
CR	Porcentaje de pasajeros que utilizan los mostradores de facturación convencionales.	70%
PT_{CD}	Tiempo de proceso de facturación en los mostradores de facturación.	150
SEC	Número de líneas en el control de seguridad.	8
Q_{MAX}	Número máximo de pasajeros en la cola del control de seguridad.	Output
MQT	Máximo tiempo de espera (min)	Output
A	Área total de la zona del control de seguridad. En el caso del aeropuerto de Sevilla es de 1068 m ² .	Output
PK	Factor de hora punta en un período de 30 min (% PHP).	50%
SEC_d	Profundidad de los equipos en el control de seguridad.	6
SEC_w	Ancho de los equipos en el control de seguridad.	3
W	Ancho de los pasillos.	3,5
SP	Espacio por pasajero en la zona del control de seguridad. Se ha fijado previamente como restricción debido a la pandemia.	2,25 m ²

Tabla 4.2. Datos para el cálculo de la capacidad para el control de seguridad. Fuente Aena.

Al igual que en el caso de la zona de facturación, a partir de la ecuación para calcular el número de líneas del control de seguridad va a obtenerse el máximo tiempo de espera en la cola.

$$PK_{30MIN} = \left(42 * \frac{60}{150} * 30 \right) + (1701 * 0,5 * (1 - 0,7)) = 760\ pax$$

$$\frac{8}{C_f} = \frac{\frac{836 * 30}{60}}{30 + MQT}$$

Suponiendo un valor del coeficiente e iterando hasta encontrar el MQT asociado a dicho coeficiente se obtiene que el tiempo máximo de espera en la cola será de 17,74 min y el coeficiente de será de 1,0.

Una vez se ha obtenido este resultado, y a través de la tabla que se muestra a continuación, se obtiene el

coeficiente de Qf. Para calcularlo, como el valor de MQT no es el de los valores que aparecen en la tabla se va a realizar una aproximación para calcular dicho coeficiente.

$$Q_f = 0,39$$

El número máximo de pasajeros que habrá en la cola será de:

$$Q_{MAX} = 0,39 * 760 = 297 \text{ pax}$$

QMAX Calculation Factor (Qf)	
MQT	Qf
3	0.120
4	0.151
5	0.183
10	0.289
15	0.364
20	0.416
25	0.453
30	0.495

Figura 4.4 – Factor de corrección para el máximo tiempo de espera en el control de seguridad. Fuente: IATA

Antes de calcular el área del control de seguridad, cabe comentar que dicha área comprenderá tanto la zona previa al control, que es donde se formarán las colas de acceso al control, la zona donde se depositan las pertenencias en las cintas transportadoras que posteriormente pasarán por el control, la zona de los arcos y máquina de rayos X y la zona de recogida de las pertenencias con su posterior zona para sentarse y volver a organizar en el equipaje de mano las pertenencias de los pasajeros. En la siguiente imagen, se muestra como sería el flujo y las zonas que abarcan el control de seguridad.

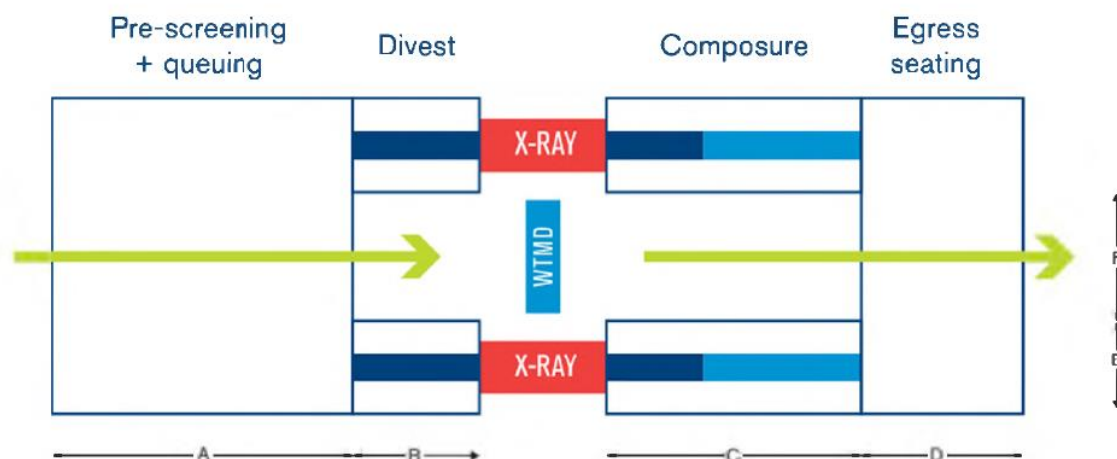


Figura 4.5 – Esquema de flujo de pasajeros en el control de seguridad

Por último, se comprobará cual será el área necesaria destinada para el control de seguridad.

$$A = (8 * 6 * 3) + 297 * 2,25 + (8 * 3 * 3,5) = 896,25 \text{ m}^2$$

Como en la terminal se tiene un área de 1068 m^2 , se concluye que, a pesar del aumento de espacio por pasajero, gracias al aumento de la zona del control de seguridad que se acababa de realizar previamente a la pandemia, hay espacio suficiente como para operar con normalidad, aunque se tuviese una demanda tan alta como la de 2019. Sin embargo, el tiempo máximo de espera en la cola es bastante alto, lo cual haría que el nivel de servicio de la terminal no fuera el óptimo según los estándares de IATA.

4.1.3 Zona de control de pasaportes en salida

Las expresiones que van a utilizarse para calcular la capacidad en el control de de pasaportes en salidas son las siguientes:

$$PK_{30MIN} = \left(SEC * \frac{60}{PT_{SEC}} * 30 \right)$$

Esta primera expresión se ha adaptado puesto que el control de pasaportes se produce después del control de seguridad.

$$PD_i = \frac{PK_{30MIN} * \frac{PT_{PD}}{60}}{30 + MQT}$$

$$PD = PD_i * C_f$$

$$Q_{MAX} = Q_f * Peak\ 30\ min$$

$$A = (PD * PD_d * PD_w) + Q_{MAX} * SP + (PD * PD_w * W)$$

donde:

Variable	Definición	Valores
PK_{30MIN}	Pico de demanda en 30 minutos.	Output
PD	Número de puestos de control de pasaportes en salidas	4
PT_{SEC}	Tiempo de proceso en el control de seguridad.	30
PT_{PD}	Tiempo de proceso en el control de pasaportes en salida.	30
SEC	Número de líneas en el control de seguridad.	8
Q_{MAX}	Número máximo de pasajeros en la cola de los puestos de control de pasaportes en salidas.	Output
MQT	Máximo tiempo de espera (min)	Output
A	Área total de la zona del control de pasaportes en salida. En el caso del aeropuerto de Sevilla es de $162\ m^2$.	Output
PD_d	Profundidad de los puestos en el control de seguridad.	3
PD_w	Ancho de los puestos en el control de seguridad.	2,2
W	Ancho de los pasillos.	3,5
SP	Espacio por pasajero en la zona del control de seguridad. Se ha fijado previamente como restricción debido a la pandemia.	$2,25\ m^2$

Tabla 4.3. Datos para el cálculo de la capacidad para el control de pasaportes en salida. Fuente Aena.

Volviendo a realizar el mismo proceso que en los apartados anteriores se tiene que:

$$PK_{30MIN} = \left(8 * \frac{30}{30} * 30 \right) = 240\ pax$$

Luego, de la ecuación para calcular el número de puestos de control de pasaportes, se obtiene que el máximo tiempo de espera en la cola es de 5 minutos. Con un coeficiente de variabilidad de la demanda de 1,15.

Para el número máximo de pasajeros en la cola se vuelve a calcular el coeficiente Q_f multiplicado por el número de pasajeros punta en 30 minutos.

$$Q_{MAX} = 0,183 * 240 = 44 \text{ pax}$$

Por último, el área del control de pasaportes en salida será de:

$$A = (4 * 2,2 * 3) + 2,25 * 44 + (4 * 2,2 * 3,5) = 156,2 \text{ m}^2$$

Como el área total que el aeropuerto de Sevilla tiene destinada para el control de pasaportes es de 162 m^2 , se comprueba de nuevo que existe espacio suficiente para procesar a los pasajeros que necesiten cruzar el control de pasaportes en salidas. Además, según los estándares de IATA un tiempo máximo de espera de 5 minutos es lo que se considera óptimo para procesar a los pasajeros en el control de seguridad.

4.1.4 Zona de espera y embarque

Para las zonas de espera y embarque, en el manual de referencia se establecen las directrices para el cálculo de capacidad considerando puertas de embarque en modo abierto. Este modelo consiste en asignar un espacio común a varias puertas de embarque.

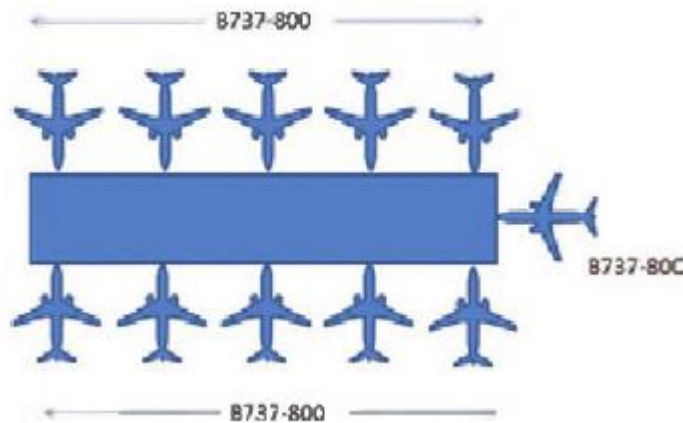


Figura 4.6 – Modelo de embarque en espacio abierto

En la figura mostrada, se muestra cómo sería el caso de un embarque en modo abierto. Sin embargo, en el caso del aeropuerto de Sevilla, el edificio se trata de una terminal de tipo lineal por lo que no tendría sentido considerar puertas de embarque en modo abierto, es por ello que las ecuaciones se particularizarán para un modelo caracterizado por un finger y una aeronave en uno de sus lados.



Figura 4.7 – Imagen característica de modelo de embarque caracterizado por fingers

La ecuación más importante para determinar la capacidad de la zona de embarque será la del cálculo del área de dicha zona. Una vez más, imponiendo las restricciones de espacio por pasajero tanto sentado como de pie y reduciendo, además, el porcentaje de sitios ocupados, ya que por necesidades de distanciamiento entre pasajeros no podrán ser ocupados todos los asientos disponibles, la ecuación quedaría:

$$A = [(AS * LF * SR * (1 + SR_f) * S_s) + (AS * LF * (1 - SR) * S_{ST})] * (1 + X)$$

donde:

Variable	Definición	Valores
A	Área de la zona de embarque considerando un modelo de embarque a través de finger a un único avión.	Output
AS	Número total de asientos en el avión ofrecido. Se tomará como modelo un Boeing 737-800, ya que es el avión que emplea la aerolínea Ryanair, siendo ésta la aerolínea que más viajes realiza en el aeropuerto de Sevilla.	180 pax
LF	Factor de carga del avión. Dependerá de la demanda, aunque de nuevo en aerolíneas de bajo coste suelen ser cercanas al 100%.	85%
SR	Ratio de pasajeros ocupando un asiento. Suelen tomarse valores mayores en torno al 70%, pero debido a las restricciones de distanciamiento, no pueden utilizarse dos asientos contiguos, luego el valor empleado será menor.	50%
SR_f	Factor de ajuste para el ratio de asientos. Valor de referencia.	10%
S_s/S_{ST}	Espacio por pasajero tanto sentado como de pie. Como ya mencionamos en las restricciones impuestas en cuanto a distanciamiento entre pasajeros en nuestro caso será mucho mayor de lo que se estima para alcanzar un nivel de servicio óptimo.	$1,77 / 2,25$ $\frac{m^2}{pax}$
X	Factor de espacio adicional para tener en cuenta las actividades y procesos de embarque. Valor de referencia.	15%

Tabla 4.4. Datos para el cálculo de la capacidad para el área de embarque. Fuente Aena.

Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene que el área necesaria para la zona de embarque sería:

$$A = 369,23 m^2$$

El valor real en el aeropuerto de Sevilla para las zonas de embarque, según la información suministrada por el

operador aeroportuario sería de $352,75 \text{ m}^2$, luego en el caso de un factor de carga del avión de un 85%, se comprueba que las dimensiones actuales de la zona de embarque son insuficientes para poder operar con un distanciamiento suficiente entre pasajeros. Por ello, será necesario observar hasta qué nivel de demanda será necesario llevar a cabo procesos extraordinarios para poder realizar un embarque cumpliendo las normativas de seguridad.

4.2 Capacidad de los subsistemas en flujo de llegada.

4.2.1 Zona de control de pasaportes en llegadas

El primer sistema que se va a dimensionar en el flujo de llegadas será el control de pasaportes en llegadas. Para el cálculo de capacidad de este sistema van a emplearse las siguientes expresiones:

$$PC_i = (PHP_{UlegUENoSchengen} * PK * PT_{PC}/60)/(30 + MQT)$$

$$PC = PC_i * C_f$$

$$Q_{MAX} = Q_f * Peak \text{ 30 - min}$$

$$A = (PC * PC_d * PC_w) + (Q_{MAX} * SP) + (PC * PC_w * W)$$

donde:

Variable	Definición	Valores
$PHP_{UlegUENoSchengen}$	Número de pasajeros en hora punta.	377 pax/hora
PK_{30MIN}	Pico de demanda en 30 minutos.	Output
PC	Número de puestos de control de pasaportes en llegadas.	4
PT_{PC}	Tiempo de proceso en el control de pasaportes en llegadas.	30
Q_{MAX}	Número máximo de pasajeros en la cola de los puestos de control de pasaportes en llegadas.	Output
MQT	Máximo tiempo de espera (min)	Output
A	Área total de la zona del control de pasaportes en llegadas. En el caso del aeropuerto de Sevilla es de 360 m^2 .	Output
PK	Factor de hora punta en un período de 30 min (% PHP).	70%
PC_d	Profundidad de los equipos en el control de seguridad.	3
PC_w	Ancho de los equipos en el control de seguridad.	2,2
W	Ancho de los pasillos.	3,5
SP	Espacio por pasajero en la zona del control de seguridad. Se ha fijado previamente como restricción debido a la pandemia.	$2,25 \text{ m}^2$

Tabla 4.5. Datos para el cálculo de la capacidad para el control de pasaportes en salida. Fuente Aena.

En primer lugar, de la primera de las ecuaciones, se despeja el máximo tiempo de espera en la cola de los puestos

de control de pasaportes en salida, para ello se supondrá un valor del coeficiente de variabilidad de la demanda y si el resultado del MQT coincide con el valor de dicho coeficiente en la siguiente tabla se tendrá el valor del MQT. En caso contrario, se iterará hasta encontrar el valor del coeficiente que va asociado al resultado del MQT.

$$\frac{4}{C_f} = (377 * 0,7 * 30/60)/(30 + MQT)$$

Correction Factor (Cf) for Demand Variability (when less than 30 min. peak)	
For MQT	CF
3	1.21
4	1.22
5	1.15
10	1.06
15	1.01
20	1.00
25	1.00
30	1.00

Figura 4.8 – Factor de corrección para el máximo tiempo de espera en el control de pasaportes en llegadas.

Fuente: IATA

El máximo tiempo de espera en la cola será de 7 minutos, mientras que el coeficiente será de 1,12. Para obtener este resultado, se ha interpolado entre los valores que la tabla ofrece.

El número máximo de pasajeros esperando en la cola de control de pasaportes en llegadas será de:

$$Q_{MAX} = 0,236 * 264 = 63 \text{ pax}$$

Y, por último, el área del control de pasaportes en llegadas será:

$$A = (4 * 3 * 2,2) + (62 * 2,25) + (4 * 2,2 * 3,5) = 198,95 \text{ m}^2$$

Por tanto, como la terminal del aeropuerto de Sevilla posee 360 m^2 , incluso teniendo en cuenta la demanda de vuelos de 2019, el edificio terminal podrá procesar todos los pasajeros que necesiten superar el control de pasaportes a la llegada.

4.2.2 Zona de recogida de equipajes

Para el cálculo de las instalaciones de recogida de equipaje van a emplearse las siguientes ecuaciones.

$$CL = PAX * SP * PR * RR$$

$$BC = \frac{PHP * P * OT}{60 * PAX}$$

$$AC = (C_W + SB) * ((CL/2) + EB)$$

donde:

Variable	Definición	Valores
PHP_{leg}	Número de pasajeros hora punta en llegadas.	1696 pax/hora
CL	Longitud debida al número de pasajeros esperando en la cinta de recogida de equipaje.	Output

PAX	Número de pasajeros del avión de diseño.	144 pax
BC	Número de hipódromos.	6
C_W	Ancho del hipódromo.	6 m
SB	Espacio lateral junto al hipódromo que permite la circulación de pasajeros.	5 m
EB	Espacio frontal junto al hipódromo que permite la circulación de pasajeros.	10 m
P_{NB}	Porcentaje de pasajeros llegando en aviones de fuselaje estrecho y en aviones de fuselaje ancho. Como ya se comentó con anterioridad, en el aeropuerto de Sevilla prácticamente el 100% de los aviones que operan son de fuselaje estrecho.	100%
OT	Tiempo de ocupación medio esperando el equipaje frente al hipódromo.	Output
PR	Ratio de pasajeros recogiendo equipajes.	70%
RR	Ratio de circulación de pasajeros.	30%
AC	Área conjunta del hipódromo y el espacio de circulación de pasajeros para la recogida de equipajes.	Output
A	Área total del vestíbulo de recogida de equipajes. En el aeropuerto de Sevilla es de 2599 m^2 .	Output
SP	Espacio por pasajero esperando en la cinta de recogida de equipaje.	1,5 m

Tabla 4.6. Datos para el cálculo de la capacidad para la zona de recogida de equipajes. Fuente Aena.

Para comenzar, se calcula el número de metros necesarios para alojar a todos los pasajeros que desean recoger su equipaje. Para ello, se utiliza la primera ecuación, en la que se ha supuesto que el valor del número de pasajeros en el avión de diseño es de 144 pasajeros. Esto se debe a que el modelo que más opera en el aeropuerto de Sevilla es un Boeing 737-800, luego la capacidad de este avión es de 180 pasajeros, además el resto de los aviones son todos de fuselaje estrecho, luego el número de pasajeros en estos aviones será muy similar. Para obtener el valor de diseño, se ha multiplicado el valor total de pasajeros por un factor de carga característico: 80%.

$$CL = 144 * 1,5 * 0,7 * 0,3 = 45,36 \text{ m}$$

A continuación, como ya se conoce el número real de hipódromos, se calcula el tiempo medio de espera frente a la cinta de recogida de equipajes.

$$OT = \frac{PAX * 60 * BC}{PHP_{leg} * P} = \frac{144 * 60 * 6}{1697 * 100\%} = 30,55 \text{ min}$$

El valor obtenido es mayor que el que IATA recomienda en su manual para vuelos operados por fuselaje estrecho. Es por ello, que el aeropuerto de Sevilla no dispondrá de un nivel de servicio óptimo en cuanto a tiempo de espera para la recogida de equipajes.

Cabe mencionar que el número de hipódromos se ha supuesto seis a pesar de que varios de los hipódromos existentes son dobles. Normalmente, estos hipódromos se emplean para vuelos operados por aviones de fuselaje ancho. Sin embargo, como en el aeropuerto de Sevilla sólo se tienen vuelos operados por aviones de fuselaje estrecho, se han considerado dichas cintas como si fueran individuales.

Por último, se calcula el área conjunta de cada una de las cintas, las zonas de circulación y las de espera situadas a su alrededor. Se muestran varios esquemas para entender mejor esta zona.

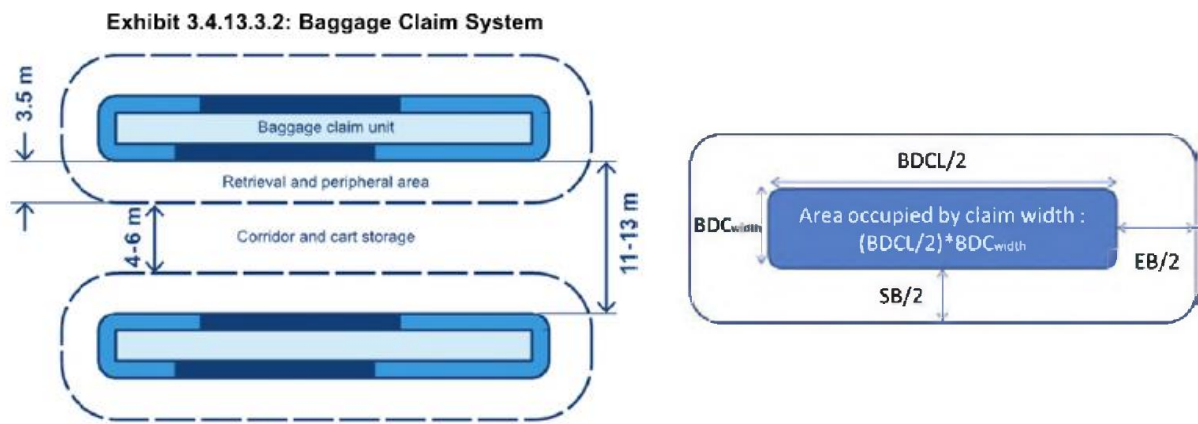


Figura 4.9 -Modelo de hipódromo para el cálculo de capacidad en la zona de recogida de equipajes.

La ecuación para calcular el área es la siguiente:

$$AC = (C_W + SB) * \left(\left(\frac{CL}{2} \right) + EB \right) = (6 + 5) * \left(\frac{45,36}{2} + 10 \right) = 359,48 \text{ m}^2$$

Por tanto, el área total de la zona destinada a la recogida de equipaje sería de:

$$A = BC * AC = 6 * 359,48 = 2156,88 \text{ m}^2$$

Puede comprobarse de nuevo, que a pesar de la demanda y del aumento de espacio frontal que ocupa cada pasajero, las instalaciones pueden dar cabida a todos los pasajeros que necesiten recoger su equipaje.

4.2.3 Vestíbulo de llegadas

Para concluir con el estudio de capacidad de los diferentes sistemas que forman parte del edificio terminal, va a calcularse la capacidad del vestíbulo de llegadas. Para ello van a emplearse las siguientes expresiones:

$$P = \frac{PHP * T_P}{60} + \frac{PHP * VR * T_v}{60}$$

$$A = (P * SR * SP_S) + (P * (1 - SR) * SP_{ST})$$

donde:

Variable	Definición	Valores
A	Área total del vestíbulo de llegadas. En la terminal del aeropuerto de Sevilla ésta es de 967 m^2 .	Output
PHP_{leg}	Número de pasajeros hora punta en llegadas.	1697 pax/hora
T_p	Tiempo de ocupación por pasajero (min)	5 min
T_v	Tiempo de ocupación por acompañante (min)	15 min

VR	Acompañantes por pasajero.	1
P	Número total de personas en el vestíbulo de llegadas.	Output
SP_{ST}	Espacio por pasajero de pie.	$1,77 m^2$
SR	Ratio de pasajeros sentados. El valor estándar que establece IATA sería de un 20%, pero al reducirse el número de asientos disponibles debido a las restricciones de distanciamiento se va a suponer menor.	10%
SP_S	Espacio por pasajero sentado.	$1,77 m^2$

Tabla 4.7. Datos para el cálculo de la capacidad para el vestíbulo de llegadas. Fuente Aena.

Sustituyendo en la primera ecuación se obtiene el número de personas en el vestíbulo de llegadas.

$$P = \frac{1697 * 5}{60} + \frac{1697 * 1 * 15}{60} = 567 \text{ pax}$$

Luego el área necesaria para cumplir con el distanciamiento será de:

$$A = (567 * 0,1 * 1,77) + (567 * 0,9 * 2,25) = 1248,54 m^2$$

Como puede comprobarse al comparar el resultado obtenido con el área que posee el vestíbulo de llegadas de la terminal del aeropuerto de Sevilla, no hay espacio suficiente teniendo en cuenta una demanda como la de 2019 para alojar a un número tan alto de personas y que exista distanciamiento entre las mismas.

5 ANÁLISIS CAPACIDAD DEMANDA

En el presente capítulo se van a analizar los resultados de capacidad obtenidos en el apartado anterior. Para ello, se calcularán las relaciones entre las áreas reales de la terminal con las obtenidas a través de las expresiones de los cálculos de capacidad.

Por otro lado, a partir de los tres diferentes escenarios de evolución de la demanda expuestos en el apartado tres, se tomarán nuevos valores del parámetro PHP y se calculará cómo varía la relación capacidad demanda en cada uno de los sistemas del edificio terminal. El objetivo de repetir estos cálculos para diferentes niveles de demanda será determinar si es necesario modificar las instalaciones teniendo en cuenta cómo irán recuperándose los niveles de demanda previos a la pandemia.

5.1 Análisis capacidad demanda

En primer lugar, se calcularán las relaciones entre las áreas reales de la terminal y las áreas obtenidas en el cálculo de capacidad.

Subsistema aeroportuario	Área obtenida en cálculos de capacidad: A_{cc}	Área real: A_{real}	Relación Áreas: A_{real}/A_{cc}
Zona de facturación	990 m^2	1352 m^2	1,365
Control de seguridad	896,25 m^2	1060 m^2	1,183
Control de pasaportes en salidas	156,2 m^2	162 m^2	1,037
Zona de embarque	369,2 m^2	352,75 m^2	0,956
Control de pasaportes en llegadas	198,95 m^2	360 m^2	1,809
Zona de recogida de equipajes	2156,88 m^2	2599 m^2	1,205
Vestíbulo de llegadas	1248,54 m^2	957 m^2	0,766

Tabla 5.1. Comparativa de la capacidad real con la capacidad obtenida mediante los cálculos de capacidad.
Fuente Elaboración propia.

Aunque en la mayoría de los subsistemas se obtienen áreas menores que el área real, varios de los valores obtenidos están muy cerca de la misma. Por ello, será necesario estimar que posibles mejoras podrían realizarse en estos sistemas que rozan el valor del área real. Sin embargo, antes de proponer estas posibles mejoras se van

a volver a obtener estas relaciones de áreas para diferentes casos de demanda y, en función de la estimación de evolución de ésta, obtener unas conclusiones más precisas sobre en qué nivel de demanda se satura cada uno de los subsistemas.

5.1.1 Análisis capacidad con recuperación optimista.

Como se mostró en el tercer apartado, en el primer escenario de los tres mostrados, se suponía que la demanda evolucionará desde la situación actual hasta unos niveles similares a los previos de la pandemia en cuestión de dos años. Para 2023 se habrían alcanzado de nuevo valores similares a los experimentados en 2019, por ello, teniendo en cuenta el análisis capacidad demanda ya realizado para la demanda de ese año, se mostrarán los valores de capacidad de la terminal para los niveles de demanda desde 2020 a 2022 siguiendo un escenario de recuperación optimista.

En primer lugar, se tomará el valor de la demanda de 2020, tomando como PHP el valor calculado en apartados anteriores, mientras que para 2021, 2022 y 2023 se tomarán un 73%, un 89% y un 96% del PHP de 2019 respectivamente.

Los cálculos no van a volver a repetirse en el presente documento, pues ya se ha mostrado la metodología empleada a la hora de realizar los cálculos de áreas. Para cada uno de estos nuevos PHP, se mostrarán directamente una tabla con las superficies de cada subsistema y posteriormente una relación comparándolas con el área real.

Para la realización de estos cálculos se ha supuesto que los subsistemas de la terminal cuentan con las mismas instalaciones disponibles que se utilizaron para el cálculo de capacidad en 2019 y que el máximo tiempo de espera se mantendrá también en el mismo nivel que ese año.

	PAX anuales	PHP llegadas	PHP salidas	PHP No Schengen
2020	2.315.610 pax	521 pax/hour	521 pax/hour	126 pax/hour
2021	5.507.465 pax	1242 pax/hour	1240 pax/hour	274 pax/hour
2022	6.714.581 pax	1511 pax/hour	1511 pax/hour	331 pax/hour
2023	7.242.694 pax	1630 pax/hour	1630 pax/hour	357 pax/hour

Tabla 5.2. Segregación del PHP para los años posteriores a la pandemia para un escenario optimista. Fuente Elaboración propia.

Empleando estos valores de pasajeros por hora se han calculado las diversas áreas de los diferentes subsistemas teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente sobre el MQT y el número de mostradores en cada subsistema.

Año	Subsistema aeroportuario	Área real: A_{real}	Área calculada: A_{cc}	Relación Áreas: A_{real}/A_{cc}
2020	Zona de facturación	1352 m^2	740,25 m^2	1,83
2021			893,25 m^2	1,51
2022			949,5 m^2	1,42

2023			974,25 m ²	1,39
2020	Control de Seguridad	1060 m ²	797,25 m ²	1,33
2021			903 m ²	1,17
2022			943,5 m ²	1,12
2023			959,25 m ²	1,05
2020	Control de Pasaportes en Salidas	162 m ²	156,2 m ²	1,04
2021			156,2 m ²	1,04
2022			156,2 m ²	1,04
2023			156,2 m ²	1,04
2020	Área de embarque	352,75 m ²	282,35 m ²	1,25
2021			325,79 m ²	1,08
2022			347,51 m ²	1,02
2023			360,54 m ²	0,98
2020	Control de pasaportes en llegadas	360 m ²	78,37 m ²	4,59
2021			107,28 m ²	3,36
2022			118,14 m ²	3,05
2023			122,92 m ²	2,93
2020	Vestíbulo de recogida de equipajes	2599 m ²	2156,88 m ²	1,03
2021			2156,88 m ²	1,03
2022			2156,88 m ²	1,03
2023			2156,88 m ²	1,03
2020	Vestíbulo de llegadas	957 m ²	385,35 m ²	2,48
2021			911,69 m ²	1,05
2022			1112,01 m ²	0,86
2023			1200,09 m ²	0,80

Tabla 5.3. Comparativa área real con el área calculada para los años posteriores a 2020 según una evolución optimista de la demanda. Fuente Elaboración propia.

A raíz de los resultados obtenidos, pueden observarse que varios de los subsistemas son independientes de la afluencia de pasajeros en la hora punta, manteniéndose siempre el máximo tiempo de espera y el número de puestos o hipódromos. En el resto de los sistemas se tiene una tendencia creciente del área necesaria conforme va aumentando el número de pasajeros en salida o en llegada. Sin embargo, para el caso del área de embarque, el área se verá modificada por la variación del factor de carga, el cual se ha tomado de entorno un 65% para el valor de la demanda de 2020 y de un 85% para el de 2019, obteniéndose el resto de los valores de manera lineal.

Así pues, durante este período que se está analizando, se tendrá espacio suficiente tanto en la zona de facturación, el control de pasaportes en llegadas como en la zona de recogida de equipaje. Mientras que, en el área de seguridad, el control de pasaportes en salida, la zona de embarque y el vestíbulo de llegadas, se tendrán valores admisibles para un determinado nivel de demanda y para otros no.

Para continuar con el análisis, se han vuelto a realizar los mismos cálculos, pero esta vez, suponiendo un máximo tiempo de espera que quede dentro del nivel de servicio óptimo que muestra el manual de la IATA. De esta forma, con este máximo tiempo de espera óptimo, se calcularán cuantos mostradores o número de puestos serían necesarios para poder procesar a los pasajeros en ese tiempo de espera. Una vez realizados estos cálculos para cada nivel de demanda, se compararán con los resultados ya obtenidos previamente y se analizará hasta qué punto sería más interesante disminuir o aumentar el número de mostradores o puestos para poder operar de forma segura y manteniendo los mejores niveles de servicio.

Año	Subsistema aeroportuario	Área real: A_{real}	MQT LoS óptimo	Número de puestos	Área calculada: A_{cc}	Relación Áreas: A_{real}/A_{cc}
2020	Zona de facturación	1352 m ²	10 min	12	299,25 m ²	4,52
2021			10 min	29	718,5 m ²	1,88
2022			10 min	35	869,25 m ²	1,56
2023			10 min	38	941,25 m ²	1,44
2020	Control de Seguridad	1060 m ²	5 min	4	212 m ²	5
2021			10 min	8	599,94 m ²	1,77
2022			15 min	8	794,75 m ²	1,33
2023			17 min	8	886,13 m ²	1,2
2020	Control de Pasaportes en Salidas	162 m ²	5 min	2	78,01 m ²	2,08
2021			5 min	4	156,2 m ²	1,04
2022			5 min	4	156,2 m ²	1,04
2023			5 min	4	156,2 m ²	1,04
2020	Área de embarque	352,75 m ²	-	-	282,35 m ²	1,25
2021			-	-	325,79 m ²	1,08
2022			-	-	347,51 m ²	1,02

2023			-	-	360,54 m ²	0,98
2020	Control de pasaportes en llegadas	360 m ²	10	2	82,6 m ²	4,59
2021			10	3	168,9 m ²	3,36
2022			10	4	207,95 m ²	3,05
2023			10	4	221,45 m ²	2,93
2020	Vestíbulo de recogida de equipajes	2599 m ²	15	2	625,41 m ²	1,03
2021			15	3	1031,66 m ²	1,03
2022			15	3	1078,44 m ²	1,03
2023			15	3	1106,51 m ²	1,03
2020	Vestíbulo de llegadas	957 m ²	-	-	385,35 m ²	2,48
2021			-	-	911,69 m ²	1,05
2022			-	-	1112,01 m ²	0,86
2023			-	-	1200,09 m ²	0,80

Tabla 5.4. Comparativa área real con el área optimizada para los años posteriores a 2020 según una evolución optimista de la demanda. Fuente Elaboración propia.

En primer lugar, comparando las áreas de las zonas de facturación, se aprecia que, para valores pequeños de la demanda, se podrían obtener valores dentro del rango óptimo del máximo tiempo de espera disponiendo de un número menor de mostradores. Se observa que incluso con estas previsiones optimistas, la zona de facturación puede procesar hasta una demanda cercana al 100% de la demanda de 2019 con un área bastante menor que la real, luego esta zona puede considerarse que sin funcionar al total de su capacidad es capaz de procesar la demanda del aeropuerto e incluso ser utilizada por algún otro subsistema.

Por otro lado, para el control de seguridad, se obtuvo un máximo tiempo de espera fuera del rango óptimo, por lo que el nivel de servicio en cuanto a tiempo de espera no era bueno, de ahí que recientemente se haya remodelado el aeropuerto para aumentar el número de líneas en el control de seguridad. Para este mismo MQT, se observa que, en términos de espacio, se pueden procesar a todos los pasajeros guardando las distancias de seguridad hasta para los niveles de demanda más altos. Ahora bien, para disminuir el máximo tiempo de espera a un rango más aceptable con el mismo número de líneas, es necesario disminuir la demanda a valores menores que en 2019, para estar en valores de máximo tiempo de espera de 10 minutos, se necesitarían demandas de en torno a un 73% del valor real de la misma.

Para el caso del control de pasaportes en salidas, el máximo tiempo de espera está dentro del rango óptimo y el espacio por pasajero se podría cumplir, pues el área real es un poco mayor que la calculada, aunque tampoco se tiene demasiado espacio sobrante.

El caso del área de embarque es interesante puesto que lo que modifica el valor del área final es el factor de ocupación del avión, manteniendo el mismo nivel de servicio de espacio por pasajero. En los resultados se observa como el área real es menor que la calculada hasta demandas de en torno a un 89% de la de 2019. Por ello, a partir de este punto, el cual, según este escenario, se alcanza en 2023, se tendrá que realizar un proceso distinto para el embarque de pasajeros puesto que no será posible mantener la distancia de seguridad dentro de la zona de embarque. Una posible solución será la inclusión de una sala de pre-embarque a través de la cual se

vayan llamando a los pasajeros al embarque por grupos.

Para el control de pasaportes en llegadas, se tiene un nivel del máximo tiempo de espera dentro del rango óptimo y hay espacio de sobra para mantener la distancia de seguridad. Para demandas más bajas, hasta un 89% de la de 2019, se podría incluso disminuir el número de puestos y seguir operando con el mismo tiempo de espera máximo.

El vestíbulo de recogida de equipajes es otro caso curioso puesto que al disminuir el tiempo medio de espera disminuyen el número de hipódormos, luego el área total disminuiría. De todas formas, manteniendo el número de cintas, se tiene que hay espacio suficiente para guardar la distancia de seguridad. Aún así, si se puede operar con menos cintas, se disminuiría el tiempo de espera y el área necesaria, con lo que se podría ceder parte de dicho espacio a la zona del vestíbulo de llegadas.

Por último, para el caso del vestíbulo de llegadas, se tiene que se podrá guardar la distancia de seguridad hasta los valores de demanda que se tienen en 2021, según este escenario tanto en 2022 como en 2023, no se puede garantizar que se cumpliera con las distancias de seguridad.

Una posible solución sería prohibir la entrada de visitantes una vez no haya espacio suficiente, o bien aumentar el área de este subsistema.

5.1.2 Análisis capacidad con recuperación moderada.

Para el caso de la recuperación moderada, los valores de la demanda en los años posteriores a la pandemia se corresponden con niveles de demanda de un 51%, 72% y 82% respectivamente y serían los siguientes:

	PAX anuales	PHP llegadas	PHP salidas	PHP No Schengen
2021	3.847.682 pax	868 pax/hour	866 pax/hour	190 pax/hour
2022	5.432.021 pax	1225 pax/hour	1223 pax/hour	268 pax/hour
2023	7.242.694 pax	1412 pax/hour	1409 pax/hour	309 pax/hour

Tabla 5.5. Segregación del PHP para los años posteriores a la pandemia para un escenario moderado. Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de en el apartado anterior, los niveles de demanda de este escenario son más bajos que en el escenario optimista, luego será interesante comparar si los subsistemas aeroportuarios podrían operar en buenos niveles de servicio de tiempo y espacio.

Año	Subsistema aeroportuario	Área real: A_{real}	Área calculada: A_{cc}	Relación Áreas: A_{real}/A_{cc}
2021	Zona de facturación	1352 m^2	814,5 m^2	1,66
2022			888,75 m^2	1,52
2023			929,25 m^2	1,45
2021	Control de Seguridad	1060 m^2	849 m^2	1,25
2022			900,75 m^2	1,18
2023			927,75 m^2	1,14

2021	Control de Pasaportes en Salidas	162 m ²	156,2 m ²	1,04
2022			156,2 m ²	1,04
2023			156,2 m ²	1,04
2021	Área de embarque	352,75 m ²	312,76 m ²	1,12
2022			325,79 m ²	1,08
2023			343,17 m ²	1,03
2021	Control de pasaportes en llegadas	360 m ²	92,18 m ²	3,91
2022			106,54 m ²	3,38
2023			114,09 m ²	3,15
2021	Vestíbulo de recogida de equipajes	2599 m ²	2156,88 m ²	1,03
2022			2156,88 m ²	1,03
2023			2156,88 m ²	1,03
2021	Vestíbulo de llegadas	957 m ²	683,58 m ²	1,49
2022			900,618 m ²	1,06
2023			1037,14 m ²	0,92

Tabla 5.6. Comparativa área real con el área calculada para los años posteriores a 2020 según una evolución moderada de la demanda. Fuente Elaboración propia.

Al igual que en el primer escenario, tanto en la zona de facturación, el control de pasaportes en llegadas y la zona de recogida de equipajes, a través de los cálculos se han obtenido áreas más pequeñas que la real, pero además, en este escenario, se puede apreciar que tanto el control de seguridad como la zona de embarque tendrían capacidad para absorber la demanda de pasajeros. El control de pasaportes en llegadas no depende de la demanda, luego se mantiene igual y, por último, se aprecia que en el vestíbulo de llegadas únicamente no habría espacio suficiente para mantener la distancia de seguridad en el caso de una demanda del 89% de la de 2019. Por ello, podría operarse con normalidad hasta 2023 y a partir de entonces, crear un límite de visitantes en la zona de llegadas.

De nuevo, vuelve a ser interesante comprobar si modificando el número de puestos o líneas y máximo tiempo de espera podrían optimizarse los sistemas y, para ello, se repiten los cálculos del apartado anterior.

Año	Subsistema aeroportuario	Área real: A_{real}	MQT LoS óptimo	Número de puestos	Área calculada: A_{cc}	Relación Áreas: A_{real}/A_{cc}
2021			10 min	20	498 m ²	2,71

2022	Zona de facturación	1352 m ²	10 min	28	699 m ²	1,93
2023			10 min	31	786,75 m ²	1,72
2021	Control de Seguridad	1060 m ²	10 min	6	428,5 m ²	2,47
2022			10 min	8	590,19 m ²	1,80
2023			12 min	8	688,58 m ²	1,54
2021	Control de Pasaportes en Salidas	162 m ²	5 min	3	117,02 m ²	1,38
2022			5 min	4	156,2 m ²	1,04
2023			5 min	4	156,2 m ²	1,04
2021	Área de embarque	352,75 m ²	-	-	312,76 m ²	1,12
2022			-	-	325,79 m ²	1,08
2023			-	-	343,17 m ²	1,03
2021	Control de pasaportes en llegadas	360 m ²	10	2	116,35 m ²	3,09
2022			10	3	166,65 m ²	2,16
2023			10	3	184,65 m ²	1,95
2021	Vestíbulo de recogida de equipajes	2599 m ²	15	2	656,59 m ²	3,95
2022			15	3	1031,66 m ²	2,51
2023			15	3	1078,44 m ²	2,40
2021	Vestíbulo de llegadas	957 m ²	-	-	683,58 m ²	1,49
2022			-	-	900,62 m ²	1,06
2023			-	-	1037,15 m ²	0,92

Tabla 5.7. Comparativa área real con el área optimizada para los años posteriores a 2020 según una evolución moderada de la demanda. Fuente Elaboración propia.

En primer lugar, como ya se comentó en el primer apartado, al descender el número de pasajeros en hora punta, serían necesarios menos mostradores de facturación, los cuales podrían procesar a los pasajeros en tiempo máximo de 10 minutos y, además, como consecuencia, el área total también disminuiría más.

En el control de seguridad, en esta ocasión, se observa que sería posible operar con un nivel de servicio óptimo en cuanto a tiempo y con un espacio suficiente entre pasajeros, lo cual no era posible a partir del año 2022 y 2023 en el escenario optimista.

Para el control de pasaportes en salida se observa que para 2021 se podría disminuir el número de mostradores, aumentando así el espacio por pasajero para este subsistema. Mientras que, en el caso del área de embarque, empleando de nuevo el factor de carga como medida de la demanda, según este escenario, será posible hasta

2023 realizar los embarques de pasajeros de manera segura y con un espacio por pasajero que permita guardar la distancia de seguridad.

Por último, ya que el caso del vestíbulo de salidas es igual que la tabla anterior, el vestíbulo de recogida de equipajes vuelve a observarse que podría ser mucho menor si suponemos un tiempo de espera medio menor, ya que conllevaría un menor número de cintas. De todas formas, aunque en términos de espacio mejoraría mucho, en términos de operatividad no sería bueno para la terminal puesto que no habría cintas para procesar muchas llegadas simultáneas.

5.1.3 Análisis capacidad con recuperación pesimista.

Por último, se volverán a mostrar los resultados para el último escenario. En esta ocasión se tiene que los niveles de demanda hasta 2024 serían de un 50%, 58,67% y 75% respectivamente.

	PAX anuales	PHP llegadas	PHP salidas	PHP No Schengen
2021	3.772.237 pax	851 pax/hour	849 pax/hour	186 pax/hour
2022	4.375.795 pax	987 pax/hour	985 pax/hour	216 pax/hour
2023	5.054.797 pax	1140 pax/hour	1138 pax/hour	250 pax/hour
2024	5.658.355 pax	1277 pax/hour	1274 pax/hour	279 pax/hour

Tabla 5.8. Segregación del PHP para los años posteriores a la pandemia para un escenario pesimista. Fuente Elaboración propia.

De nuevo se han vuelto a realizar diferentes cálculos y se ha vuelto a apreciar para este escenario que ahora sí todos los subsistemas podrían procesar a los pasajeros de manera segura hasta 2024.

Año	Subsistema aeroportuario	Área real: A_{real}	Área calculada: A_{cc}	Relación Áreas: A_{real}/A_{cc}
2021	Zona de facturación	1352 m^2	810 m^2	1,66
2022			839,25 m^2	1,61
2023			870,75 m^2	1,55
2024			900 m^2	1,5
2021	Control de Seguridad	1060 m^2	846,75 m^2	1,25
2022			864,75 m^2	1,22
2023			887,25 m^2	1,19
2024			907,5 m^2	1,16
2021	Control de Pasaportes en	162 m^2	156,2 m^2	1,04
2022			156,2 m^2	1,04

2023	Salidas		156,2 m ²	1,04
2024			156,2 m ²	1,04
2021	Área de embarque	352,75 m ²	312,76 m ²	1,13
2022			321,45 m ²	1,12
2023			330,14 m ²	1,06
2024			334,48 m ²	1,05
2021	Control de pasaportes en llegadas	360 m ²	91,44 m ²	3,93
2022			96,96 m ²	3,71
2023			103,23 m ²	3,48
2024			108,56 m ²	3,31
2021	Vestíbulo de recogida de equipajes	2599 m ²	2156,88 m ²	1,03
2022			2156,88 m ²	1,03
2023			2156,88 m ²	1,03
2024			2156,88 m ²	1,03
2021	Vestíbulo de llegadas	957 m ²	625,37 m ²	1,53
2022			724,46 m ²	1,32
2023			836,76 m ²	1,14
2024			938,05 m ²	1,02

Tabla 5.9. Comparativa área real con el área calculada para los años posteriores a 2020 según una evolución pesimista de la demanda. Fuente Elaboración propia.

La diferencia más importante reside en que según este escenario no sería necesario aumentar el área del vestíbulo de llegadas puesto que el bajo número de pasajeros en llegadas permite que se mantenga el espacio por pasajero en el vestíbulo de llegadas.

Año	Subsistema aeroportuario	Área real: A_{real}	MQT LoS óptimo	Número de puestos	Área calculada: A_{cc}	Relación Áreas: A_{real}/A_{cc}
2021	Zona de facturación	1352 m ²	10 min	20	493,5 m ²	2,74
2022			10 min	26	570 m ²	2,37
2023			10 min	30	651 m ²	2,08

2024			10 min	42	740,25 m ²	1,82
2021	Control de Seguridad	1060 m ²	8 min	6	379,68 m ²	2,79
2022			8 min	7	440,57 m ²	2,40
2023			10 min	7	535,67 m ²	1,97
2024			12 min	8	662,09 m ²	1,6
2021	Control de Pasaportes en Salidas	162 m ²	5 min	3	117,02 m ²	1,38
2022			5 min	4	143,67 m ²	1,13
2023			5 min	4	143,67 m ²	1,13
2024			5 min	4	156,2 m ²	1,04
2021	Área de embarque	352,75 m ²	-	-	312,76 m ²	1,13
2022			-	-	321,45 m ²	1,12
2023			-	-	330,14 m ²	1,06
2024			-	-	334,48 m ²	1,05
2021	Control de pasaportes en llegadas	360 m ²	10	2	114,1 m ²	3,16
2022			10	3	141,9 m ²	2,53
2023			10	3	157,65 m ²	2,28
2024			10	3	171,15 m ²	2,10
2021	Vestíbulo de recogida de equipajes	2599 m ²	15	2	669,06 m ²	3,88
2022			15	2	681,53 m ²	3,81
2023			15	3	1041,02 m ²	2,49
2024			15	3	1050,37 m ²	2,47
2021	Vestíbulo de llegadas	957 m ²	-	-	625,37 m ²	1,53
2022			-	-	724,46 m ²	1,32
2023			-	-	836,76 m ²	1,14
2024			-	-	938,05 m ²	1,02

Tabla 5.10. Comparativa área real con el área optimizada para los años posteriores a 2020 según una evolución pesimista de la demanda. Fuente Elaboración propia.

A parte del vestíbulo de llegadas ya mencionado, si se modificasen los parámetros de tiempo de espera y número de puestos, algunos puntos interesantes que se observan en este escenario es que en el control de seguridad hasta 2024, se podrían procesar a los pasajeros guardando las distancias de seguridad y con un tiempo de espera dentro del rango óptimo, disminuyendo incluso hasta 2024 el número de líneas en funcionamiento.

Al disminuir el número de líneas en el control de seguridad, el control de pasaportes en salidas también vería reducida sus necesidades en cuanto a espacio, mejorando así el nivel de servicio en este sistema.

Al igual que en el escenario anterior, las áreas de embarque necesarias son esta vez más pequeñas que la real hasta 2024 y el control de pasaportes en llegadas podría operar con un número de puestos menor.

5.2 Resumen del análisis

Por recopilar todas las conclusiones que se pueden extraer del análisis del nivel de servicio de la terminal en cada uno de los diferentes escenarios, se mostrará un cuadro resumen de en qué punto los diferentes sistemas pueden procesar a los pasajeros de manera segura en términos de espacio y óptima en terminus de tiempo para cada uno de los escenarios mostrados.

Subsistema	2019	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Zona de facturación	✓	✓	✓	✓
Control de seguridad	✗	✗	✗	✓
Control de pasaportes en salidas	✓	✓	✓	✓
Zona de embarque	✗	✗	✓	✓
Control de pasaportes en llegadas	✓	✓	✓	✓
Zona de recogida de equipajes	✗	✓	✓	✓
Vestíbulo de llegadas	✗	✗	✗	✓

Tabla 5.11. Resumen del análisis de capacidad para cada uno de los subsistemas y escenarios. Fuente Elaboración propia.

La zona de facturación tanto en 2019 como en los 3 escenarios propuestos se ha visto que es capaz de procesar a los pasajeros con un tiempo de espera óptimo y con distancia entre pasajeros. En el control de seguridad es posible mantener la distancia, pero los tiempos de espera tanto en 2019 como en los escenarios 1 y 2 se salen fueran del rango de lo establecido como óptimo por la IATA. El control de pasaportes en salidas puede procesar a los pasajeros esperando un tiempo reducido y óptimo, sin embargo, disponiendo de 8 líneas en el control de seguridad, en términos de espacio, aunque es posible mantener la distancia, el margen es pequeño. Para la zona de embarque, tanto en 2019 como en el primer escenario, se llegarán a niveles de demanda que impidan mantener las distancias de seguridad durante el embarque, luego sería necesario aplicar algún proceso para dividir el embarque en varios grupos. Por la parte del control de pasaportes de salidas, se puede procesar a los pasajeros en un tiempo de espera dentro del rango óptimo y existe espacio disponible para que se mantenga la distancia

de seguridad. En la zona de recogida de equipajes el tiempo de espera medio en 2019 será demasiado alto, mientras que, en el resto de los escenarios, empleando menos hipódromos se podría reducir el tiempo de espera a valores óptimos. Y, por último, para el vestíbulo de llegadas sólo será posible dar cabida a todos los pasajeros que llegan y sus respectivos visitantes para las demandas del escenario 3, para niveles más altos habrá que aumentar el espacio de dicho subsistema o limitar el número de visitantes.

Para complementar este análisis, van a proponerse posibles soluciones para mejorar el rendimiento de la terminal en los diferentes niveles de demanda, además de proponer las medidas adicionales para aumentar las medidas de higiene y proporcionar los servicios médicos adicionales derivados de la pandemia.

6 SOLUCIONES PROPUESTAS

Tras el análisis de capacidad-demanda, queda proponer posibles soluciones para mejorar o solventar las ineficiencias encontradas en los diferentes subsistemas para los diferentes niveles de demanda.

En primer lugar, se recopilan los principales problemas que se han encontrado tras el análisis. Por un lado, en cuanto al control de seguridad, se ha observado que el rango de tiempos de espera es superior al que estima la IATA como tiempo de espera en un nivel de servicio óptimo, esto sucede para niveles de demanda superiores a un 70% del valor de la demanda de 2019. Por otro lado, en la zona de embarque se observaba que para factores de carga del avión superiores a un 80% se tiene que el espacio total de dichas áreas no permite mantener las distancias de seguridad entre todos los pasajeros en estas salas. Al igual que en el caso del control de seguridad, la zona de recogida de equipajes presenta también unos tiempos de espera elevados si se alcanzase una demanda como la de 2019 y, por último, en el vestíbulo de llegadas, se ha observado que, para prácticamente todos los niveles de demanda estudiados, a excepción de los del tercer escenario, no es posible mantener la distancia de seguridad en dicho subsistema, si cada pasajero es recibido de media por un visitante a la terminal.

A parte de dichas ineficiencias, se aportarán también nociones de cómo se organizarían las colas dentro de la terminal y la posibilidad de inclusión de puestos médicos dentro del edificio terminal para cuando se requiera la realización de pruebas de detección del COVID o solicitar la documentación necesaria sobre dichas pruebas.

6.1 Soluciones para cumplir con las restricciones sanitarias.

Comenzando con lo último que se ha mencionado en el apartado anterior, es necesario establecer si en alguno de los subsistemas sería posible incluir puestos para la realización de pruebas de detección del COVID o para recoger la información sobre las pruebas que los pasajeros se hayan realizado.

En primer lugar, mencionar que estos puestos deberán estar situados tanto en el flujo de salidas como en el de llegadas. A continuación, se mostrará como sería el flujo para chequeo médico en ambos casos.

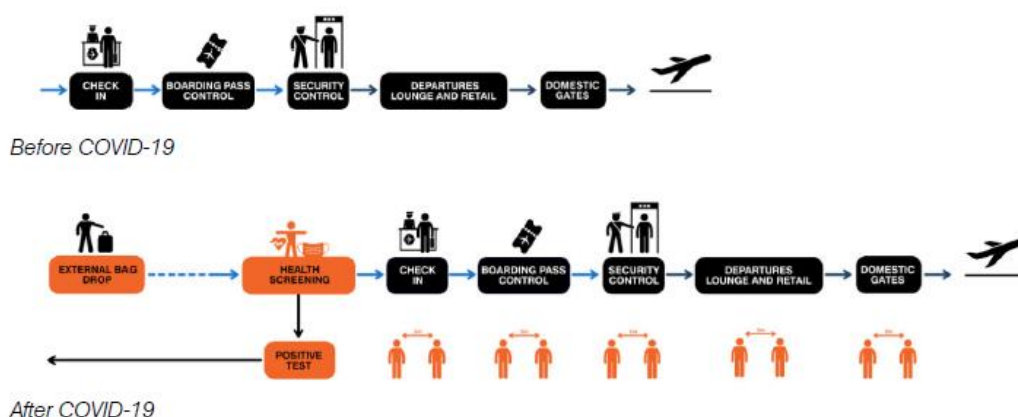


Figura 6.1 – Flujo de pasajeros de salidas en un edificio terminal antes y después del COVID.

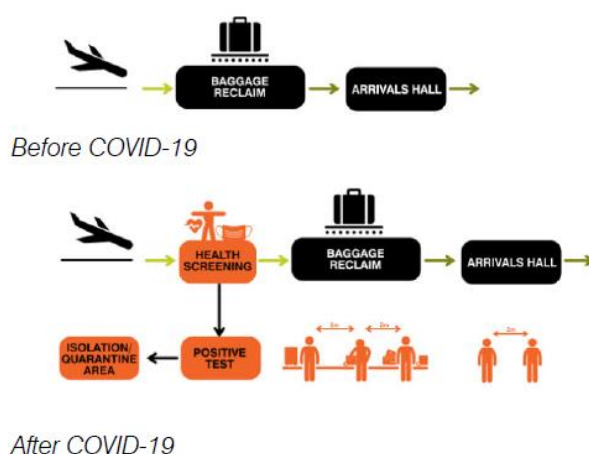


Figura 6.2 – Flujo de pasajeros de llegadas en un edificio terminal antes y después del COVID.

Como se puede observar en ambos flujos, el chequeo médico sería lo primero que debería realizar el pasajero al en la terminal, antes de realizar la facturación en el flujo de salida y antes de ir al vestíbulo de equipajes o al control de pasaportes en el flujo de llegadas.

Como se ha visto en nuestro análisis, tanto en la zona de facturación como en la zona de recogida de equipajes se tiene espacio suficiente para albergar un puesto de estas características.

En el caso de la zona de facturación, en el peor de los casos estudiados y, por tanto, en el más restrictivo, se observa que el área sobrante sería de unos 362 m^2 . Ahora bien, este puesto no debería interrumpir el espacio disponible para que se formen las colas, luego sería interesante que delante de los mostradores de facturación no se bloquease el paso con un puesto de chequeo médico. Además, para el caso de las salidas, en la mayoría de los aeropuertos no se exige ningún tipo de documentación, por lo que este puesto de servicios médico lo emplearán aquellos pasajeros que no se hayan podido realizar una prueba antes de viajar. Teniendo esto en cuenta, la zona que menos interrumpe el flujo de salidas y que mejor podría adaptarse para un puesto de dichas características, sería la zona norte de la terminal, lugar donde se encuentra la zona de restauración. En esta zona, se podría montar un puesto con unas dimensiones de en torno a 50 m^2 , dejando margen suficiente para que no se bloquee la zona de facturación.

Por otro lado, para el caso del flujo de llegadas, se podría albergar un puesto para mostrar la documentación o realización de pruebas en la zona de recogida de equipajes, pero habría que realizar varios puestos diferentes dependiendo se si tratan de pasajeros que necesiten cruzar el control de pasaportes o no. Por ello, como puede apreciarse en la imagen mostrada de la planta cero, antes de la entrada a dicho vestíbulo, se tiene un largo pasillo de circulación que desemboca o bien en el control de pasaportes o directamente en la zona de recogida de equipajes. Como este pasillo de circulación es común para todos los pasajeros, sería el punto más interesante para colocar el puesto de control de médico, haciendo necesario cruzarlo antes de entrar al resto de subsistemas de la terminal. Sin embargo, llegando por la zona norte, se accede directamente al control de pasaportes sin cruzar este pasillo, pero cómo se ha comprobado que en el control de pasaportes en llegadas hay espacio sobrante, podría albergarse en esta puerta otro punto de chequeo de dimensiones más reducidas.

Por otro lado, como ya se ha analizado durante el presente trabajo, será necesario mantener la distancia de seguridad en cada uno de los subsistemas. Ahora bien, en cuanto a posibles soluciones, podría ser viable la instalación de separadores en los procesos con colas múltiples o incluso si se tratase de una única cola, como en el caso del control de seguridad. A continuación, se muestra una imagen sobre cómo podrían establecerse dichas separaciones de colas.

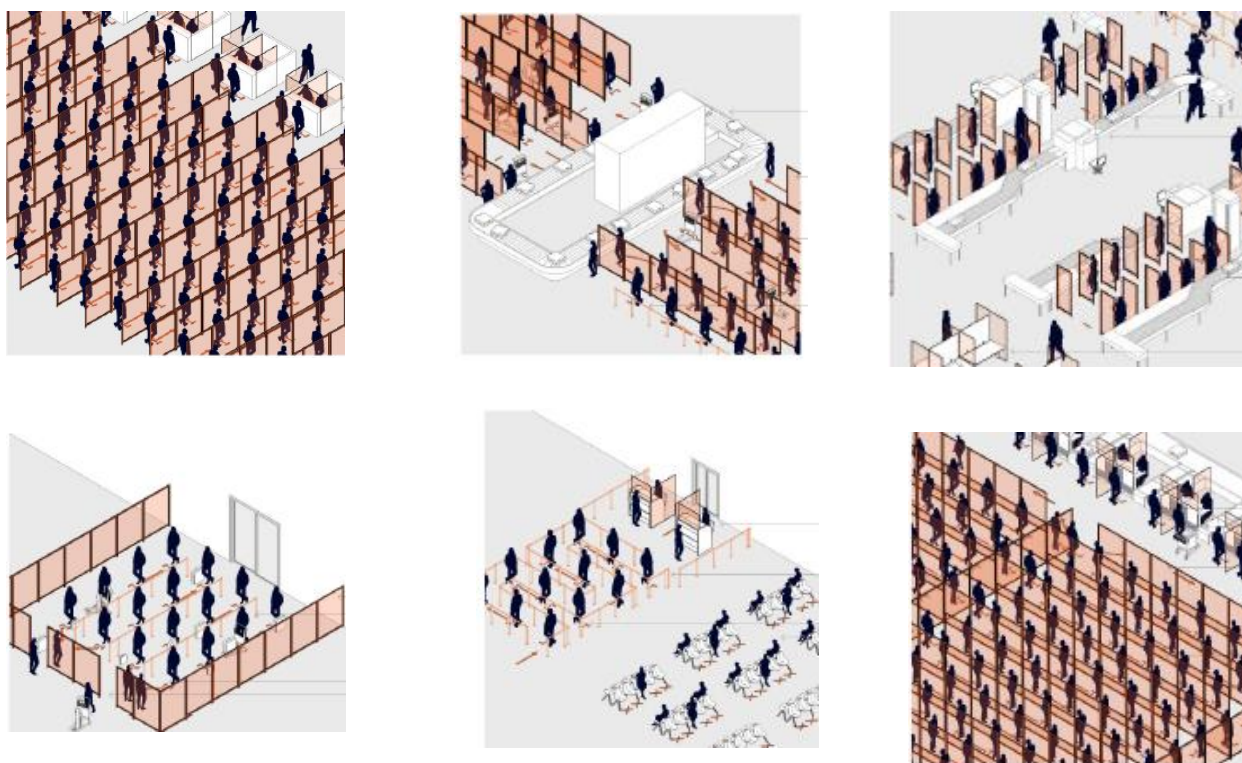


Figura 6.3 – Posibles métodos de separación de pasajeros en las colas de los diferentes subsistemas.

En las imágenes mostradas, se muestran los diferentes sistemas tanto empleando una única cola como múltiples colas. De izquierda a derecha se tratarían del control de pasaportes en llegadas, la zona de recogida de equipajes, el control de seguridad, el punto de chequeo médico, las puertas de embarque y los mostradores de facturación.

A parte de dicha segregación de pasajeros mediante diferentes pantallas o separadores, es necesario emplear algún tipo de marca en el suelo para asignar a los pasajeros a su posición. Para ello, se emplearía una huella como la mostrada en la siguiente figura.



Figura 6.4 – Ejemplo de marca en el suelo para mantener la distancia de seguridad en las colas.

Si la demanda tal y como pronostica Eurocontrol alcanza los niveles de 2019 para el año 2024, será necesario adaptar el aeropuerto empleando dichas medidas pues cuando el número de pasajeros aumente la organización será mucho más compleja que en los niveles de demanda actuales.

Una vez enumeradas las medidas sanitarias para la regulación de los flujos de salida y llegadas, se pasará a dar solución a los problemas encontrados mediante el análisis de capacidad-demanda en los diferentes subsistemas.

6.2 Soluciones para los diferentes subsistemas.

Los problemas más importantes que se han detectado en los diferentes subsistemas son: la falta de espacio en las zonas de embarque y el vestíbulo de llegadas y los elevados tiempos de espera en el control de seguridad y en la zona de recogida de equipajes.

Para dar solución a cada uno de ellos se tendrá en cuenta en qué punto estos subsistemas comienzan a estar cogestionados.

Comenzando con las zonas de embarque, en el análisis de capacidad se ha supuesto que el aumento de la demanda lleva consigo un aumento en el índice de ocupación de las aeronaves. A partir de valores del índice de ocupación superiores a un 81%, se tienen problemas de congestión en la zona de embarque. Ahora bien, según la relación lineal supuesta entre el índice de ocupación y el nivel de demanda, este valor del índice de ocupación se alcanzará en torno a un valor del 92% de la demanda de 2019, es decir cuando prácticamente se hayan recuperado los niveles de demanda previos a la pandemia. Según las previsiones de evolución de la demanda, este nivel se alcanzará para el escenario más optimista en 2023, para el moderado en 2025, mientras que para el más pesimista en 2028, por tanto, habría que tener en cuenta cuánto tiempo pasará hasta que se alcance esta situación a la hora de realizar cualquier tipo de remodelación.

Siguiendo el escenario más optimista, en cuestión de dos años se tendrá que las zonas de embarque estarán congestionadas y para solucionarlo se podría optar por dos posibles soluciones. Una de estas soluciones estaría más orientada a la remodelación de las zonas de embarque, mientras que la otra, más conservadora, se basaría en dividir a los pasajeros en diferentes grupos para así mitigar que todos los pasajeros se encuentren en el área de embarque cuando empieza el proceso de acceso al avión.

Comenzando con la remodelación de las áreas de embarque, el aeropuerto de Sevilla consta de 10 puertas de embarque en la terminal más otras 4 a las que se accede en remoto. El área de cada una de ellas es de $352,75 \text{ m}^2$, sin embargo, para acceder a las que están situadas dentro del edificio terminal se debe recorrer un pasillo de circulación por el que se accede a todas estas puertas. Comparando los resultados obtenidos, puede apreciarse que el área necesaria para dar cabida a todos los pasajeros durante el embarque no es mucho mayor que el área real, incluso para las demandas más elevadas, obteniéndose valores de área necesaria de en torno a 370 m^2 . Por esta razón, la ampliación de todas las zonas de embarque ya sea reduciendo el pasillo de circulación o aumentando el área total de la terminal a través de la fachada que da a la pista, podrían ser dos soluciones para resolver definitivamente el problema incluso cuando la demanda aumentase más que en 2019. Ahora bien, teniendo en cuenta que el índice de ocupación de un avión no va a aumentar mucho más que en 2019, es interesante plantear si es viable realizar una obra de remodelación de toda la zona de embarque teniendo en cuenta el margen de congestión que se está tratando. De ahí la necesidad de una segunda alternativa como vía de escape en el caso que cuando surja esta saturación se tengan que seguir manteniendo las medidas de distanciamiento de pasajeros. Hay que tener en cuenta que si el espacio por pasajero se redujese y estuviera en valores óptimos como los previos a la pandemia de en torno a $1,7 \text{ m}^2$, el área necesaria para el embarque rondaría los 320 m^2 . Por ello, la posible solución más viable y realista iría más enfocada a la división de pasajeros en diferentes grupos de embarque. De esta manera, todos los pasajeros no estarían en la zona de embarque al mismo tiempo, sino que mientras que el primer grupo ya hubiese accedido al finger, el segundo y el tercero por ejemplo estuviesen en la zona de embarque. Imaginando una situación como la citada, si el número de pasajeros del avión diseño pasase por ejemplo como en nuestro caso de unos 180 a unos 150, el área que se obtendría necesaria para factores de ocupación incluso de un 85%, sería de unos $307,8 \text{ m}^2$. De esta forma segregando un pequeño grupo de pasajeros durante el proceso de embarque, se consiguen márgenes suficientes para la realización del proceso de embarque de manera segura y con distancia de seguridad.

Ahora bien, en una terminal se producen numerosos embarques de manera simultánea y una segregación de los pasajeros durante el embarque podría complicar los flujos de pasajeros hacia las diferentes puertas. Sin embargo, una posible solución para este problema sería, como ya hacen las aerolíneas, dividir el proceso de embarque entre embarque prioritario y embarque sin prioridad, llamando a la puerta de embarque únicamente en primer lugar a los pasajeros con prioridad. Para los pasajeros no prioritarios, el embarque será a una hora, mientras que para los que tengan prioridad éste podría comenzar 10 minutos antes. Un control en el acceso de la puerta de embarque sería necesario para controlar que el área de embarque no se saturara si todos los pasajeros intentasen acceder a la hora del embarque prioritario.

Para concluir con la zona de embarque, hay que destacar que estas medidas serían aplicables únicamente por el necesario distanciamiento de los pasajeros, si en un futuro la mayor parte de la población está vacunada y se puede dividir a los viajeros entre pasajeros vacunados y no vacunados, se podría dividir la zona de embarque en dos zonas una para pasajeros entre los que no es necesario guardar la distancia de seguridad y otra zona más amplia para aquellos que sí lo necesiten. Por ejemplificar, como sería este caso, si la mitad de los pasajeros necesitase guardar distancia de seguridad y la otra mitad no, se obtendrían valores del área de la zona de embarque necesaria de en torno a unos 345 m^2 .

En conclusión, realizar una remodelación de la zona de embarque es demasiado costoso para el beneficio que va a ofrecer en cuanto al nivel de servicio de los pasajeros. La mejor solución a este problema sería la segregación de los pasajeros, ya sea haciendo esperar a un grupo en el pasillo de circulación, en el finger del avión o incluso en una sala VIP, para así reducir las posibles interferencias con el resto de los pasajeros, siendo cualquiera de estas opciones perfectamente viable pues se dispone de espacio suficiente para albergar a un pequeño grupo de pasajeros de cada uno de los embarques que se producen en la terminal. Además, teniendo en cuenta la ampliación de la zona sur de la terminal, la zona de Duty-Free será más amplia, por lo que se podría incluir una estancia para tener en cuenta las diferentes horas a la que accederían los pasajeros a las puertas de embarque.

El segundo problema que solventar aparece en niveles de demanda menores que en el caso de la zona de embarque. Se trata de la congestión del vestíbulo de llegadas. Este problema aparece a partir de demandas de en torno al 75% del nivel de demanda de 2019, ya que la superficie necesaria a partir de esta demanda es prácticamente la misma que la real. Como es imposible dividir a los pasajeros por todo el vestíbulo, se tendrá que a partir de estos niveles de demanda se deberá emplear algún método para evitar esta concentración de visitantes. En primer lugar, un cálculo rápido permite ver rápidamente que, si no se permite la entrada de visitantes al vestíbulo de llegadas, no se tendría problema alguno. Ahora bien, es interesante comprobar en qué punto el número de visitantes comienza a saturar el vestíbulo. Empleando las mismas ecuaciones que en el cálculo de capacidad e incluyendo en la ecuación únicamente un porcentaje de visitantes se obtiene que con un visitante de media sólo podrían acceder el 65% de los visitantes para demandas iguales o superiores al 75% de la demanda de 2019. Utilizando este porcentaje de visitantes quedaría que en el vestíbulo podría haber un máximo de unas 400 personas entre pasajeros y visitantes. Por ello, teniendo en cuenta que se tiene un visitante por cada pasajero de media, se podría permitir acceder al vestíbulo de llegadas hasta un máximo de 200 visitantes. Ahora bien, sería necesario respetar las zonas marcadas para asientos o las marcas de huellas para estar de pie esperando dentro del vestíbulo.

Otra posible solución, a parte del control del aforo de visitantes, sería posible una vez se complete la remodelación del edificio terminal. Según los planos de cómo quedaría la nueva planta baja, la zona de recogida de equipajes y el vestíbulo de llegadas serán remodelados, y como en la zona de recogida de equipajes hay espacio de sobra para que se produzca la recogida de equipajes de manera segura, si parte del área de la zona de recogida de equipajes pasase a formar parte del vestíbulo de llegadas, se podrá compensar esta falta de espacio en el vestíbulo con la reducción del área de recogida de equipajes.

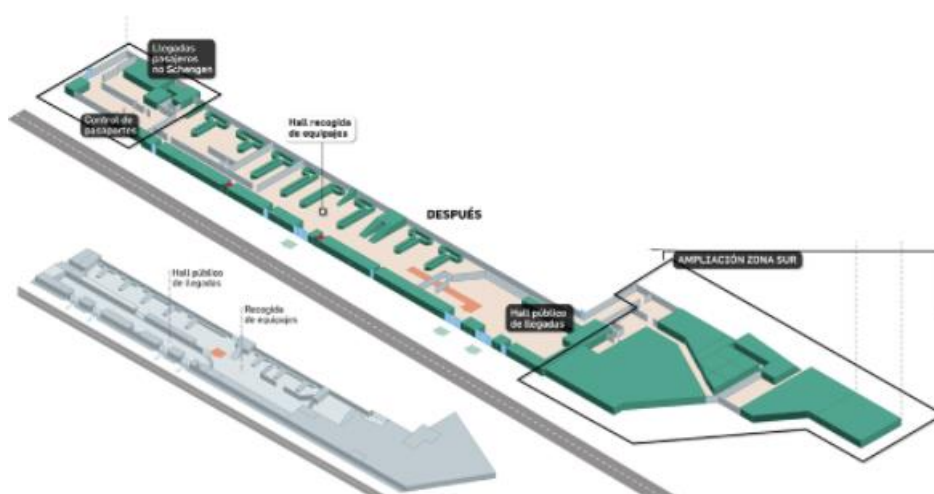


Figura 6.5 – Remodelación de la planta baja del edificio terminal. Fuente: Aena.

En la imagen mostrada, se aprecia cómo se modifica toda la planta baja, cambiando los hipódromos para ser adaptados a la normativa vigente, separando los hipódromos dobles y distribuyendo de manera diferente las estancias de la planta. Aunque aumente el nivel de demanda, se podría mantener la distancia de seguridad entre los pasajeros y visitantes, siempre que el vestíbulo de llegadas aumentase en prácticamente 400 m^2 . Esta superficie podría obtenerse del margen que tiene la zona de recogida de equipajes.

Sin embargo, aunque el plan de remodelación de la planta baja se lleve a cabo, la superficie del vestíbulo de llegadas no será lo suficientemente grande si la demanda siguiese aumentando más allá de los valores de demanda de 2019 y si las restricciones siguiesen vigentes, luego será preciso seguir controlando el aforo de visitantes a pesar de la remodelación de la terminal.

Por otro lado, si no existiesen restricciones COVID y el espacio medio por pasajero fuese de $1,7 \text{ m}^2$, tampoco es que exista mucho margen para dar cabida a un incremento del número de pasajeros que llegasen en un futuro, luego que se realice la remodelación del aeropuerto y no se aumente el vestíbulo de llegadas sería un error pues se estaría disminuyendo el nivel de servicio de dicha zona en cuanto la demanda superase los valores de 2019. Por ello, con esta remodelación, a parte de aliviar ahora la congestión en dicha zona y permitir que algunos visitantes puedan acceder, manteniendo la distancia de seguridad, también se permite que el plan futuro en el edificio terminal de Sevilla sea seguir aumentando su número de pasajeros como estaba aumentando en los años previos a la pandemia.

El último problema que debe solventarse en el diseño del edificio terminal son los elevados tiempos de espera de varios subsistemas. En concreto, el tiempo máximo de espera en el control de seguridad y el tiempo medio para la recogida del equipaje.

Comenzando por el control de seguridad, la solución que haría disminuir el máximo tiempo de espera sería aumentar el número de líneas en el control. Suponiendo que se alcanza la demanda de 2019, para reducir el máximo tiempo de espera a 10 minutos, serían necesarias 11 líneas dentro del control de seguridad. Sin embargo, hasta que no se alcance ese nivel de demanda el número de líneas necesaria no es necesariamente tan alto. Para el caso del escenario 1, para 2023 serían necesarias 10 líneas para poder tener un máximo tiempo de espera de 10 minutos, para el caso del escenario 2, en 2023 se tendría que hacen falta 9 líneas para tener un tiempo de espera de 10 minutos y, por último, según el escenario 3, no se tendrían que aumentar el número de líneas hasta 2024. Por ello, puede concluirse que si la terminal del aeropuerto de Sevilla quiere tener un máximo tiempo de espera dentro del nivel óptimo que establece la IATA tendría que aumentar el número de líneas una vez que se alcanzase una demanda del 80% del nivel de la demanda de 2019.

Este aumento de número de líneas implicaría a su vez un aumento de la superficie necesaria del control de seguridad, que para el caso de 8 líneas era de $896,25 \text{ m}^2$. Si se aumentase a 11 líneas serían necesarios $981,75 \text{ m}^2$. Con esta superficie quedaría un margen menor con respecto al área real que era de 1060 m^2 . Sin embargo, como la zona de los mostradores de facturación tiene espacio suficiente, podría ceder parte de su superficie para aumentar el área control de seguridad. Teniendo en cuenta la distribución de la terminal, sería interesante aumentar el ancho de la zona del control, pero para ello habría que reubicar la zona de la tienda a la izquierda del control de seguridad. La solución más interesante sería aumentar el control reduciendo 100 m^2 la zona de facturación. De esta forma podría aumentarse el número de líneas y obtener así un tiempo de espera dentro del rango que la IATA establece como óptimo. Además, si el plan del edificio terminal es seguir aumentando su número de pasajeros, aumentar el control de seguridad será interesante para que no se bloquee dicho sistema cuando la demanda alcance valores superiores a los que se tenían en 2019.

Por otro lado, se ha comprobado que tiempo medio de espera en la zona de recogida de equipajes es también bastante elevado si se compara con lo que la IATA establece en su manual como tiempo de espera óptimo. Según las ecuaciones de la IATA, el tiempo medio de espera disminuirá si disminuyen el número de cintas de recogida de equipaje o si aumenta el número de pasajeros llegando a la terminal. Es por ello, que para períodos de demandas más bajos, sería interesante no mantener operativos todos los hipódromos. Dependiendo del año y del nivel de la pandemia, podrían estar funcionando únicamente 2 o 3 cintas. Para reducir este tiempo medio de espera a unos 15 minutos, lo cual establece la IATA que es el rango óptimo, deberían de estar operativo únicamente como máximo 3 cintas de recogida de equipajes durante los niveles de demanda de la pandemia. Ahora bien, teniendo en cuenta la remodelación que sufrirá la zona de recogida de equipajes, podría ser

conveniente incluso reducir el número de cintas y aumentar así el espacio para una posible ampliación del vestíbulo de llegadas.

Suponiendo que, como se mencionó anteriormente, el vestíbulo de llegadas aumentase unos 400 m^2 de superficie, éste área podría reducirse de la zona de recogida de equipajes. Disminuyendo de los 2599 m^2 a unos 2199 m^2 . Ahora bien, si a su vez se reduce el número de cintas, se tendrá aparte de que disminuirá el tiempo medio de espera, se disminuirá además el área necesaria para la zona de recogida de equipajes.

Reduciendo de 6 a 4 cintas, se mejoraría el tiempo medio de espera de 30 a 20 minutos y el área necesaria de 2100 m^2 a 1400 m^2 , permitiendo aumentar el vestíbulo de llegadas incluso más de los 400 metros cuadrados ya mencionados. Sin embargo, es interesante comentar, que si la demanda siguiese aumentando el valor del tiempo medio iría bajando, pero para que el tiempo medio fuese de 15 minutos el PHP de llegadas debería de ser el doble del valor del de 2019. Por otro lado, en el caso de separar los vuelos nacionales de los internacionales o fuera del espacio Schengen, sería interesante tener más cintas para tener flujos independientes.

En conclusión, con el nivel de demanda actual, la zona de recogida de equipajes está sobredimensionada, y las posibles soluciones para reducir el tiempo medio de espera en la misma pasarían por mantener inoperativo 3 cintas hasta que los niveles de demanda aumentasen al doble de lo que había en 2019. Otra posibilidad sería disminuir el número de cintas, reduciéndose así el área de la zona de recogida de equipajes, el tiempo y siendo posible aumentar más el vestíbulo de llegadas.

7 CONCLUSIONES

Para finalizar van a resumirse las conclusiones obtenidas a lo largo del proyecto y, además, se recopilarán las enseñanzas personales derivadas de la realización del mismo.

La primera conclusión y la más evidente, incluso antes de la realización del proyecto, es que los planes directores para el diseño de edificios terminales han dejado de tener toda la validez que tenían antes de la pandemia de COVID-19. En la mayoría de estos planes nunca se había considerado una propuesta en el diseño para el caso en el que se tuviese que guardar distancias entre pasajeros y mejorar las condiciones de higiene. El principal objetivo del trabajo era mostrar como operarían los diferentes subsistemas de una terminal incluyendo las restricciones derivadas tras una pandemia mundial, pero sería interesante que a partir de ahora, en los planes directores se estableciesen protocolos en el caso en que se produjese una situación como la que está sucediendo.

En concreto para el aeropuerto de Sevilla, se ha empleado tanto la información ofrecida por el operador aeroportuario del estado actual de la terminal con las remodelaciones que se están llevando a cabo en el edificio terminal. Intentando adaptar esta remodelación ya en proceso, optimizar con ésta, cada uno de los posibles problemas que aparecerían en la terminal tras imponer las restricciones COVID. De los subsistemas se ha concluido que:

- La zona de mostradores de facturación estaba sobredimensionada antes de la pandemia y, por tanto, es capaz de absorber la demanda de pasajeros guardando la distancia de seguridad y manteniendo un tiempo óptimo de espera teniendo en cuenta las restricciones aplicables. El área de dicha zona era lo suficientemente amplia como para montar en ella un punto de chequeo médico y ceder cierta superficie para aumentar el control de seguridad, que no podía mantener un tiempo de espera óptimo.
- El control de seguridad, a pesar del reciente aumento de su superficie, podrá abarcar a los pasajeros separados por la distancia de seguridad, pero será incapaz de procesar a los pasajeros en un tiempo óptimo a partir de niveles de demanda superiores a un 80% de la demanda de 2019. Por ello, será necesario aumentar dicho control, tomando parte de la zona de facturación.
- El control de pasaportes en salida es capaz de procesar a los pasajeros en un tiempo óptimo, mientras que el área a pesar de ser suficiente no tiene mucho margen. La remodelación del aeropuerto incluirá nuevas puertas de embarque para pasajeros fuera del espacio Schengen, luego en este aspecto, la remodelación mejorará dicha ineficiencia y se mejorará el nivel de servicio.
- La zona de embarque se ha comprobado que ofrece problemas para un nivel de demanda superior a un 90% del nivel de demanda de 2019, ya que el índice de ocupación será de en torno a un 80%, y partir de este valor, se obtienen áreas superiores al área real. La mejor solución a este problema es realizar una separación por grupos de embarque para acceder a las diferentes puertas, aprovechando el aumento de la zona sur para dar cabida a un mayor número de pasajeros en tránsito por la zona aire. Para ello, sería necesaria modificar la señalización de la hora de embarque con varias horas diferentes y garantizar un control en el acceso a cada una de las puertas.
- El control de pasaportes en llegadas, es capaz de procesar a los pasajeros guardando las distancias de seguridad y en un tiempo óptimo, llegando incluso a ser posible una disminución del número de puestos de control durante los años que dure la pandemia, manteniendo inoperativo dichos puesto y aprovechando dichos recursos para otros subsistemas.
- La zona de recogida de equipajes presenta problemas de tiempo de espera demasiado elevados. La mejor solución sería aprovechar la remodelación de la planta 0 para disminuir el número de cintas durante los años de pandemia, aumentando así de paso el área disponible para el vestíbulo de llegadas. Esta disminución podrá ser más acusada durante los años de pandemia, pues para demandas más bajas serán necesarias menos cintas, sin embargo para ser capaz de procesar la llegada de varios vuelos a la vez será necesario mantener más cintas de las necesarias durante la pandemia, teniendo en cuenta así

las previsiones de aumento del tráfico aéreo futuras.

- El vestíbulo de llegadas, presenta problemas de espacio prácticamente desde que se alcanza una demanda del 70% del nivel de la demanda de 2019 debido a la falta de superficie del mismo. La mayor solución sería aumentar dicha estancia reduciendo la zona de recogida de equipajes y llevar a cabo un control de aforo de visitantes.

Como última conclusión del análisis-capacidad demanda, tras la imposición de las medidas COVID, es necesario asegurar que se mantienen las distancias de seguridad e higiene, luego la aparición de separadores en las diferentes colas y marcas de huellas se hace indispensable en el diseño funcional de todo edificio terminal para ser capaces así de llevar un control más preciso cuando los niveles de demanda sean superiores a los actuales.

Por otro lado, durante la realización del presente proyecto, ha sido necesaria la recabación de numerosas fuentes de información, la innovación a la hora de plantear cómo afectaba el COVID a las ecuaciones de capacidad y la rigurosidad durante la realización de cada uno de los diferentes cálculos de capacidad. Todo ello ha implicado que haya sido necesario investigar de manera fidedigna cada una de las fuentes, corroborar toda información empleada, razonar cada uno de los pasos que se estaban dando e indagar sobre cómo podría afectar que se modificase cada uno de los parámetros que entran en juego en un análisis capacidad-demanda. Esto personalmente ha supuesto, aparte de un constante desafío para superar cada uno de los obstáculos que iban apareciendo, un ejercicio de autoaprendizaje e innovación en la teoría para poder lograr un análisis diferente a los anteriormente realizados e intentando dar un enfoque práctico para aprovecharse en el futuro tanto del diseño de terminales teniendo en cuenta protocolos antipandemia, como para el caso concreto del aeropuerto de Sevilla, en pleno proceso de remodelación y con previsiones de expansión.

BIBLIOGRAFÍA

-
- [1] *IATA(International Air Transport Association, ACI (Airports Council International). Airport Development Reference Manual, 10th Edition. Effective March 2014. Montreal-Geneva.*
 - [2] *Scott Brownrigg. “COVID 19: The Potencial Impact on Airport Terminal Design”*
 - [3] *AenaAeropuertos. Dirección de Operaciones, Seguridad y Servicios. Departamento de Estadísticas. Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles. Datos definitivos. Año 2013.*
 - [4] *AenaAeropuertos. Dirección de Operaciones, Seguridad y Servicios. Departamento de Estadísticas. Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles. Datos definitivos. Año 2013.*
 - [5] *AenaAeropuertos. Dirección de Operaciones, Seguridad y Servicios. Departamento de Estadísticas. Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles. Datos definitivos. Año 2013.*
 - [6] *AenaAeropuertos. Dirección de Operaciones, Seguridad y Servicios. Departamento de Estadísticas. Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles. Datos definitivos. Año 2013.*
 - [7] *AenaAeropuertos. Dirección de Operaciones, Seguridad y Servicios. Departamento de Estadísticas. Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles. Datos definitivos. Año 2013.*
 - [8] *Aena. Dirección de Operaciones, Seguridad y Servicios. Departamento de Estadísticas. Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles. Datos definitivos. Año 2018.*
 - [9] *Aena.Dirección de Operaciones, Seguridad y Servicios.Departamento de Estadísticas. Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles. Datos definitivos. Año 2019.*
 - [10] *Aena.Dirección de Operaciones, Seguridad y Servicios. Departamento de Estadísticas. Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles. Datos definitivos. Año 2020.*
 - [11] *Dirección General de Aviación Civil, Subdirección General de Sistemas de Navegación Aérea y Aeroportuarios. Ministerio de Fomento.Plan Director del Aeropuerto de Sevilla, 1991.*
 - [12] *Dirección General de Aviación Civil, Subdirección General de Sistemas de Navegación Aérea y Aeroportuarios. Ministerio de Fomento.Plan Director del Aeropuerto de Sevilla, 1991.*