

# Proyecto Fin de Carrera Ingeniería Aeronáutica

## Diseño de un SATE para el aeropuerto de Valencia

Autor: Borja García García

Tutor: Javier Niño Orti

Dep. Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2015





Proyecto Fin de Carrera  
Ingeniería Aeronáutica

# **Diseño de un SATE para el aeropuerto de Valencia**

Autor:

Borja García García

Tutor:

Javier Niño Orti

Profesor asociado

Dep. de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2015



## Resumen

---

Este Proyecto Fin de Carrera busca realizar el diseño de un SATE (sistema automatizado de tratamiento equipajes) para el aeropuerto de Valencia-Manises. Para ello se va a realizar un proceso que, en primer lugar, valora la idoneidad de este aeropuerto frente al resto de aeropuertos españoles que todavía no cuentan con esta tecnología. Tras su selección se realizarán pronósticos de pasajeros y operaciones que brindarán los datos de entrada suficientes como para aplicar un modelo simple de teoría de colas que permitirá el dimensionamiento de la estructura. Se diseñan, de esta forma, tres sistemas diferentes, que se corresponderán con las tres terminales con las que cuenta el aeropuerto de Valencia, reestructurando así el lado tierra. Además, se otorga de un sentido físico real al sistema con la representación en AutoCAD de los *lay-out* escogidos. Finalmente se introduce la implantación de la tecnología por radio frecuencia que permitirá la automatización del sistema.

## **Abstract**

---

This final thesis aims to design an ABHS (automated baggage handling system) for Valencia-Manises airport. The project is based on applying a demand forecast and also queuing theory in order to plan and design three different systems, one for each terminal, restructuring the ground side. Furthermore, the project aims to provide a real physical meaning by modeling the whole system with AutoCAD. Finally, it includes radio frequency technology implantation.



# Índice

1. Introducción.....	1
2. Escenario.....	4
3. Justificación y objetivos.....	8
3.1. Justificación.....	8
3.2. Objetivos.....	22
4. Situación actual.....	23
5. Tráfico: caracterización y evolución.....	25
5.1. Distribución de llegadas y salidas.....	25
5.2. Caracterización del tráfico en salidas.....	30
5.3. Mostradores de facturación.....	34
5.4. Caracterización del tráfico en llegadas.....	38
5.5. Equipajes en transferencia.....	38
6. Partes integrantes del sistema.....	41
6.1. Subsistema de entrada.....	41
6.2. Subsistema de transporte.....	42
6.2.1. Selección de la tecnología.....	42
6.2.2. Descripción.....	44
6.3. Subsistema de inspección.....	45
6.3.1. Selección de la tecnología y descripción técnica.....	45
6.4. Subsistema de clasificación.....	61
6.5. Subsistema de almacenaje.....	62
6.6. Subsistema de transferencias.....	63
6.7. Sistema de llegadas de destino final.....	64
6.8. Sistema de control y gestión.....	64
7. Dimensionamiento. Aplicación de teoría de colas. ....	65
7.1. Introducción a la teoría de colas.....	65
7.2. Aplicación al sistema.....	66
7.2.1. Intensidad de servicio del nodo F. Diseño de la clasificadora.....	68
7.3. Máquinas imprescindibles.....	75
7.4. Colas en cada nodo del sistema.....	77
7.5. Longitudes mínimas necesarias.....	78
7.6. Número de elementos totales del sistema.....	81
7.7. Diseño de llegadas.....	81
7.8. Inventario de cinta transportadora.....	84
8. Tiempos de servicio.....	85
9. Automatización del sistema.....	87
9.1. Selección de la tecnología.....	87
9.2. Consideraciones generales de un sistema RFID.....	89
9.2.1. Riesgos del uso de RFID.....	91
9.3. Componentes de un sistema RFID.....	92
9.4. Características tecnología de un sistema RFID.....	95
9.5. EPC Global.....	97
9.5.1. Protocolos de EPC Global.....	97
9.6. Marco legal y normativa aplicable.....	98

9.7.	Aplicación al SATE.....	101
9.8.	Zonificación y recuento de lectores RFID.....	104
10.	Descripción funcional del sistema.....	107
10.1.	Salidas.....	107
10.2.	Subsistema de clasificación.....	113
10.2.1.	Carga al ULD. Sistema CLS. ....	114
10.3.	Llegadas y transferencias.....	114
10.4.	Inclinaciones permitidas.....	115
11.	Planos.....	118
12.	Conclusiones y líneas futuras.....	119
13.	Bibliografía.....	120

# Índice de tablas

Tabla 2-1. Características básicas de las terminales del aeropuerto de Valencia .....	4
Tabla 2-2. Distintas clasificaciones del aeropuerto de Valencia .....	5
Tabla 2-3. Características de la pista .....	5
Tabla 2-4. Distancias declaradas .....	5
Tabla 2-5. Evolución del número de pasajeros en el aeropuerto de Valencia desde 1994 .....	5
Tabla 3-1. Comparación entre los datos estimados en el PD y los reales .....	13
Tabla 3-2. Datos del PIB per cápita en la Comunidad Valenciana .....	13
Tabla 3-3. Previsión del PIB per cápita hasta 2023 .....	14
Tabla 3-4. Previsión del PIB per cápita hasta 2023 .....	15
Tabla 3-5. Previsión media del PIB per cápita hasta 2023 .....	15
Tabla 3-6. Prognosis de los pasajeros del aeropuerto de Valencia .....	17
Tabla 3-7. Previsión del Plan Director y de esta prognosis en los horizontes 2015 y 2020 .....	17
Tabla 3-8. Mes con el máximo de pasajeros en los últimos años .....	17
Tabla 3-9. Mes máximo y porcentaje del total correspondientes estimados .....	17
Tabla 3-10. Pasajeros Hora Punta y Diseño .....	18
Tabla 3-11. Distribución de pasajeros en vuelos regulares y no regulares .....	18
Tabla 3-12. Distribución porcentual realizando la tendencia a los pasajeros regulares .....	20
Tabla 3-13. Distribución porcentual realizando la tendencia a los pasajeros no regulares .....	20
Tabla 3-14. Evolución de pasajeros totales y PHD en vuelos regulares y no regulares .....	20
Tabla 3-15. Numero de equipajes medio por pasajero en función al tipo de vuelo .....	21
Tabla 3-16. Numero de equipajes en salidas (llegadas) por hora totales .....	21
Tabla 4-1. Distribución de número de cintas y tipo de tráfico por salas de recogida .....	23
Tabla 4-2. Distribución de puertas de embarque en Planta 0 .....	23
Tabla 4-3. Distribución de mostradores de facturación por terminal y tipo de tráfico .....	24
Tabla 4-4. Distribución de puertas de embarque en Planta 1 .....	24
Tabla 5-1. Distribución de salidas en la terminal 1 el lunes .....	25
Tabla 5-2. Distribución de salidas en la terminal 2 el lunes .....	25
Tabla 5-3. Distribución de salidas en la terminal 1 el lunes .....	25
Tabla 5-4. Distribución de salidas y llegadas el lunes .....	25
Tabla 5-5. Distribución de salidas en la terminal 1 el martes .....	26
Tabla 5-6. Distribución de salidas en la terminal 2 el martes .....	26
Tabla 5-7. Distribución de salidas en la terminal 3 el martes .....	26
Tabla 5-8. Distribución de salidas y llegadas el martes .....	26
Tabla 5-9. Distribución de salidas en la terminal 1 el miércoles .....	26
Tabla 5-10. Distribución de salidas en la terminal 2 el miércoles .....	26
Tabla 5-11. Distribución de salidas en la terminal 3 el miércoles .....	27
Tabla 5-12. Distribución de salidas y llegadas el miércoles .....	27
Tabla 5-13. Distribución de salidas en la terminal 1 el jueves .....	27
Tabla 5-14. Distribución de salidas en la terminal 2 el jueves .....	27
Tabla 5-15. Distribución de salidas en la terminal 3 el jueves .....	27
Tabla 5-16. Distribución de salidas y llegadas el jueves .....	27
Tabla 5-17. Distribución de salidas en la terminal 1 el viernes .....	28

Tabla 5-18. Distribución de salidas en la terminal 2 el viernes .....	28
Tabla 5-19. Distribución de salidas en la terminal 3 el viernes .....	28
Tabla 5-20. Distribución de salidas y llegadas el viernes .....	28
Tabla 5-21. Distribución de salidas en la terminal 1 el sábado .....	28
Tabla 5-22. Distribución de salidas en la terminal 2 el sábado .....	28
Tabla 5-23. Distribución de salidas en la terminal 3 el sábado .....	29
Tabla 5-24. Distribución de salidas y llegadas en la terminal 1 el sábado .....	29
Tabla 5-25. Distribución de salidas en la terminal 1 el domingo .....	29
Tabla 5-26. Distribución de salidas en la terminal 2 el domingo .....	29
Tabla 5-27. Distribución de salidas en la terminal 3 el domingo .....	29
Tabla 5-28. Distribución de salidas y llegadas el domingo .....	29
Tabla 5-29. Distribución de salidas en la terminal 1 total en una semana .....	30
Tabla 5-30. Distribución de salidas en la terminal 2 total en una semana .....	30
Tabla 5-31. Distribución de salidas en la terminal 3 total en una semana .....	30
Tabla 5-32. Distribución de salidas y llegadas total en una semana .....	30
Tabla 5-33. Destinos escogidos por los pasajeros del aeropuerto de Valencia .....	31
Tabla 5-34. Reparto de los destinos de los pasajeros del aeropuerto de Valencia .....	31
Tabla 5-35. Horizonte de pasajeros totales y PHD nacionales e internacionales .....	32
Tabla 5-36. Reparto porcentual de los pasajeros internacionales en los últimos años .....	33
Tabla 5-37. Distribución de pasajeros internacionales hasta el horizonte 2023 .....	34
Tabla 5-38. Distribución de PHD internacionales hasta el horizonte 2023 .....	34
Tabla 5-39. Equipajes horas en el horizonte 2023 .....	34
Tabla 5-40. Distribución del tráfico por sectores de mostradores .....	34
Tabla 5-41. Número de equipajes/hora por sectores de mostradores .....	35
Tabla 5-42. Capacidades media y de pico que tiene cada mostrador de un sector .....	35
Tabla 5-43. Capacidades media y de pico corregidas y necesidades .....	35
Tabla 5-44. Determinación de vuelos en hora punta y origen .....	36
Tabla 5-45. Número de pasajeros en la hora punta, la hora previa y la posterior .....	36
Tabla 5-46. Obtención de la constante F2 .....	36
Tabla 5-47. Tiempos de espera aceptables según la IATA .....	37
Tabla 5-48. Ubicación de las salas de recogida de equipaje .....	38
Tabla 5-49. Distribución de los equipajes por salas .....	38
Tabla 5-50. Número de equipajes/hora por origen y sala de recogida .....	38
Tabla 5-51. Número de pasajeros en tránsito y proporción desde 2005-2013 .....	38
Tabla 5-52. Tránsito de pasajeros en el aeropuerto de Valencia hasta el horizonte 2023 .....	39
Tabla 5-53. PHD en tránsito totales y por categorías de origen .....	39
Tabla 5-54. Numero de equipajes en tránsito que pasan controles de seguridad .....	40
Tabla 6-1. Especificaciones de las cintas transportadoras .....	41
Tabla 6-2. Especificaciones del sistema de transporte independiente .....	42
Tabla 6-3. Necesidades del sistema y capacidad del transporte independiente .....	43
Tabla 6-4. Necesidades del sistema para el sistema de transporte independiente .....	43
Tabla 6-5. Especificaciones del sistema de bandejas .....	43
Tabla 6-6. Necesidades del sistema para el sistema de transporte independiente .....	44
Tabla 6-7. Necesidades del sistema para el sistema de transporte por bandejas .....	44
Tabla 6-8. Relación de máquinas EDS y sus especificaciones según la TSA .....	46

Tabla 6-9. Especificaciones de la L-3 eXaminer XLB .....	47
Tabla 6-10. Especificaciones de MDI CTX 9800 DSi .....	48
Tabla 6-11. Especificaciones Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT .....	49
Tabla 6-12. Especificaciones de la MDI CTX 9400 DSi .....	49
Tabla 6-13. Especificaciones de la MDI CTX 9800 DSi .....	49
Tabla 6-14. Especificaciones de la L3 eXaminer 3DX 6600 .....	50
Tabla 6-15. Especificaciones de la L3 eXaminer 3DX 6700 .....	51
Tabla 6-16. Especificaciones de la L3 eXaminer 3DX 6700 .....	52
Tabla 6-17. Especificaciones de la L3 eXaminer 3DX ES .....	53
Tabla 6-18. Especificaciones de la Surescan X1000 .....	53
Tabla 6-19. Especificaciones de la Rapiscan RTT80 .....	54
Tabla 6-20. Especificaciones de la MDI CTX 5800 .....	55
Tabla 6-21. Especificaciones de la Reveal CT-80 DR .....	56
Tabla 6-22. Especificaciones de la Reveal CT-80 DR XL .....	57
Tabla 6-23. Número de máquinas necesarias para cada módulo .....	57
Tabla 6-24. Área ocupada por cada set de máquinas para cada módulo .....	58
Tabla 6-25. Criterio de la TSA para la redundancia de máquinas EDS .....	59
Tabla 6-26. Selección final de la tecnología para el nivel 1 de seguridad .....	59
Tabla 6-27. Características técnicas de IONSCAN 500 DT de Smiths Detection .....	61
Tabla 6-28. Medidas de los compartimentos de los almacenes de equipaje temprano .....	62
Tabla 6-29. Características del almacén de equipajes tempranos del módulo 1 .....	62
Tabla 6-30. Distribución de equipajes según su procedencia .....	63
Tabla 6-31. Características del almacén de equipajes tempranos del módulo 2 .....	63
Tabla 6-32. Características del almacén de equipajes tempranos del módulo 3 .....	63
Tabla 6-33. Capacidades por módulos y total para almacenar equipajes tempranos .....	63
Tabla 7-1. Porcentaje de equipajes que atraviesan cada nivel de seguridad .....	66
Tabla 7-2. Número de equipajes/hora que atraviesa cada nivel de seguridad .....	66
Tabla 7-3. Correspondencia entre los nodos de la red y las distintas partes del sistema .....	67
Tabla 7-4. Categorías y recorridos de los equipajes .....	67
Tabla 7-5. Número de equipajes/hora que atraviesa cada recorrido .....	68
Tabla 7-6. Tiempo que permanece abierto un mostrador de facturación por tipo de vuelo ..	69
Tabla 7-7. Número de vuelos que cargan simultáneamente por módulos .....	69
Tabla 7-8. Aeronaves Hora Diseño distribuidas por módulos .....	69
Tabla 7-9. Correspondencia entre aeronaves cargadas simultáneamente y AHD .....	69
Tabla 7-10. Relación entre número de operaciones y PIB per cápita 2000-2013 .....	70
Tabla 7-11. Prognosis del número de operaciones hasta 2023 .....	71
Tabla 7-12. Número de operaciones el mes máximo y porcentaje que representa .....	71
Tabla 7-13. Aeronaves Hora Diseño en el horizonte .....	72
Tabla 7-14. Aeronaves Hora Diseño en el horizonte sin corregir y corregidas .....	72
Tabla 7-15. Número de vuelos que cargan simultáneamente en el horizonte bajo estudio ...	73
Tabla 7-16. Cálculo de la longitud recta del carrusel .....	73
Tabla 7-17. Perímetro de los carruseles .....	74
Tabla 7-18. Cálculo del número de bandejas en cada carrusel .....	74
Tabla 7-19. Intensidad de servicio del nodo F y capacidad de la clasificadora .....	74
Tabla 7-20. Resumen de los parámetros de cada nodo .....	74

Tabla 7-21. Máquinas imprescindibles y verificación en el nodo A	75
Tabla 7-22. Máquinas imprescindibles y verificación en el nodo B	75
Tabla 7-23. Máquinas imprescindibles en el nodo C	75
Tabla 7-24. Tasa de fallo instalando las máquinas imprescindibles	76
Tabla 7-25. Máquinas imprescindibles en el nodo D	76
Tabla 7-26. Máquinas imprescindibles y verificación en el nodo F	76
Tabla 7-27. Número de equipajes en el nodo A	77
Tabla 7-28. Número de equipajes en el nodo B	77
Tabla 7-29. Número de equipajes en el nodo C	78
Tabla 7-30. Número de equipajes en el nodo D	78
Tabla 7-31. Número de equipajes en el nodo F	78
Tabla 7-32. Separaciones entre elementos en las distintas partes del sistema	78
Tabla 7-33. Longitud mínima necesaria en cada línea de acceso a la colectora	79
Tabla 7-34. Longitud mínima necesaria en la línea de acceso al nivel 1 de seguridad	79
Tabla 7-35. Longitud mínima necesaria en la línea desde el nivel 1 al 2 de seguridad	79
Tabla 7-36. Longitud mínima necesaria en la línea desde el nivel 2 al 3 de seguridad	79
Tabla 7-37. Número de equipajes en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 1	80
Tabla 7-38. Longitud mínima en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 1	80
Tabla 7-39. Número de equipajes en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 2	80
Tabla 7-40. Longitud mínima en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 2	80
Tabla 7-41. Número de equipajes en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 3	80
Tabla 7-42. Longitud mínima en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 3	81
Tabla 7-43. Elementos totales en el sistema y bandejas necesarias	81
Tabla 7-44. Número de cintas y dedicación de cada sala de recogida de equipajes	81
Tabla 7-45. Reparto de cintas en función del tipo de vuelo	82
Tabla 7-46. Distribución de equipajes/hora por tipo de vuelo	82
Tabla 7-47. Número de equipajes por hora que trata cada sala de recogida	82
Tabla 7-48. Número de equipajes por hora que trata cada módulo	82
Tabla 7-49. Intensidades de llegadas y de servicio en llegadas del módulo 1	83
Tabla 7-50. Elementos imprescindibles y cola que forman en llegadas del módulo 1	83
Tabla 7-51. Comprobación de la viabilidad de instalar solo una cinta para cada hipódromo	83
Tabla 7-52. Comprobación de la viabilidad de instalar solo una cinta para cada hipódromo	83
Tabla 7-53. Comprobación de la viabilidad de instalar solo una cinta para cada hipódromo	84
Tabla 7-54. Longitud necesaria de cinta transportadora normal y especial	84
Tabla 8-1. Tiempos de servicio de cada recorrido del SATE en el módulo 1	85
Tabla 8-2. Tiempo total del recorrido crítico en el módulo 1	85
Tabla 8-3. Tiempos de servicio de cada recorrido del SATE en el módulo 2	85
Tabla 8-4. Tiempo total del recorrido crítico en el módulo 2	86
Tabla 8-5. Tiempos de servicio de cada recorrido del SATE en el módulo 3	86
Tabla 8-6. Tiempo total del recorrido crítico en el módulo 3	86
Tabla 9-1. Resumen de características de los distintos sistemas de identificación	88
Tabla 9-2. Características de las etiquetas en función a su rango de aplicación	94
Tabla 9-3. Características de las distintas bandas de frecuencia	94
Tabla 9-4. Estandarización para los BSM según la IATA	103
Tabla 9-5. Estandarización para los BPM según de la IATA	104

Tabla 9-6. Situación y recuento de lectores RFID en el módulo 1 .....	104
Tabla 9-7. Situación y recuento de lectores RFID en el módulo 2 .....	105
Tabla 9-8. Situación y recuento de lectores RFID en el módulo 3 .....	106
Tabla 10-1. Posibles caminos tras nivel 1 de seguridad en los módulos 2 y 3 .....	112
Tabla 10-2. Posibles caminos tras nivel 2 de seguridad en el módulo 2 .....	112
Tabla 10-3. Posibles caminos tras nivel 2 de seguridad en el módulo 3 .....	113
Tabla 10-4. Inclinaciones y longitudes necesarias para descender de planta 1 a planta 0 .....	116
Tabla 10-5. Inclinación y longitud necesarias para el cambio de cota .....	116
Tabla 10-6. Inclinación y longitud necesarias para el cambio de cota .....	116
Tabla 10-7. Inclinación y longitud necesarias para el cambio de cota .....	116
Tabla 10-8. Inclinación y longitud necesarias para el cambio de cota .....	117
Tabla 10-9. Inclinación y longitud necesarias para el cambio de cota .....	117

# Índice de figuras

Figura 2-1. Evolución del número de pasajeros en el aeropuerto de Valencia .....	6
Figura 2-2. Posición del aeropuerto de Valencia por número de pasajeros .....	6
Figura 2-3. Distribución del tráfico por compañías aéreas .....	7
Figura 3-1. Tendencia del tráfico de pasajeros en Tenerife Sur .....	8
Figura 3-2. Tendencia del tráfico de pasajeros en Santiago .....	9
Figura 3-3. Tendencia del tráfico de pasajeros en Santander .....	9
Figura 3-4. Tendencia del tráfico de pasajeros en Ibiza .....	10
Figura 3-5. Tendencia del tráfico de pasajeros en Bilbao .....	10
Figura 3-6. Tendencia del tráfico de pasajeros en Tenerife Norte .....	10
Figura 3-7. Tendencia del tráfico de pasajeros en Valencia .....	11
Figura 3-8. Tendencia del tráfico de pasajeros en Sevilla .....	11
Figura 3-9. Comparación del tráfico entre los aeropuertos de Valencia y Sevilla 2001-2013 .....	12
Figura 3-10. Evolución de la demanda de acuerdo al Plan Director vigente .....	12
Figura 3-11. Evolución del PIB per cápita en la Comunidad Valenciana .....	13
Figura 3-12. Tendencia lineal del PIB per cápita en la Comunidad Valenciana .....	14
Figura 3-13. Tendencia polinómica grado 4 del PIB per cápita en la Comunidad Valenciana .....	15
Figura 3-14. Comparativa de los tres escenarios estudiados .....	16
Figura 3-15. Tendencia de pasajeros enfrentado a PIB per cápita de la comunidad .....	16
Figura 3-16. Evolución del número de pasajeros en vuelos regulares y no regulares .....	19
Figura 3-17. Tendencias para la proporción de pasajeros por tipo de vuelo .....	19
Figura 4-1. Cartografía de la planta 0 del aeropuerto de Valencia .....	23
Figura 4-2. Cartografía de la planta 1 del aeropuerto de Valencia .....	24
Figura 5-1. Evolución de los destinos escogidos por los pasajeros .....	32
Figura 5-2. Evolución de los pasajeros en tráfico nacional e internacional .....	32
Figura 5-3. Tendencia de la evolución de los pasajeros internacionales .....	33
Figura 5-4. Obtención del número de mostradores en escenario límite y aceptable .....	37
Figura 5-5. Representación del número de pasajeros en tránsito y su línea de tendencia .....	39
Figura 6-1. Cinta transportadora CrisBelt de Beumer Group .....	41
Figura 6-2. Sistema de transporte independiente Autover Overall de Beumer Group .....	42
Figura 6-3. Sistema de bandejas CrisBag de Beumer Group .....	44
Figura 6-4. L-3 eXaminer XLB .....	46
Figura 6-5. Medidas de la L-3 eXaminer XLB .....	47
Figura 6-6. MDI CTX 9800 DSi .....	47
Figura 6-7. Medidas de la MDI CTX 9800 DSi .....	47
Figura 6-8. Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT .....	48
Figura 6-9. Medidas Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT .....	48
Figura 6-10. MDI CTX 9400 DSi .....	49
Figura 6-11. Medidas de la MDI CTX 9400 DSi .....	49
Figura 6-12. MDI CTX 9800 DSi .....	49
Figura 6-13. Medidas de la MDI CTX 9800 DSi .....	50
Figura 6-14. L3 eXaminer 3DX 6600 .....	50
Figura 6-15. Medidas de la L3 eXaminer 3DX 6600 .....	50

Figura 6-16. L3 eXaminer 3DX 6700 .....	51
Figura 6-17. Medidas de la L3 eXaminer 3DX 6700 .....	51
Figura 6-18. L3 eXaminer 3DX 6700 .....	52
Figura 6-19. Medidas de la L3 eXaminer 3DX 6700 .....	52
Figura 6-20. L3 eXaminer 3DX ES .....	52
Figura 6-21. Medidas de la L3 eXaminer 3DX ES .....	53
Figura 6-22. Surescan X1000 .....	53
Figura 6-23. Medidas en pulgadas de la Surescan X1000.....	53
Figura 6-24. Rapiscan RTT80 .....	54
Figura 6-25. Medidas de la Rapiscan RTT80 .....	54
Figura 6-26. MDI CTX 5800 .....	55
Figura 6-27. Medidas de la MDI CTX 5800 .....	55
Figura 6-28. Reveal CT-80 DR .....	56
Figura 6-29. Medidas de la Reveal CT-80 DR .....	56
Figura 6-30. Reveal CT-80 DR XL .....	56
Figura 6-31. Medidas de la Reveal CT-80 DR XL .....	57
Figura 6-32. IONSCAN 500 DT de Smiths Detection .....	61
Figura 6-33. Sistema de clasificación Crisplant LS 4000e de Beumer Group .....	61
Figura 7-1. Red de Jackson que modela el problema .....	67
Figura 7-2. Relación entre PIB per cápita en la Comunidad Valenciana y operaciones .....	71
Figura 7-3. Geometría de las tolvas normales y especiales respectivamente .....	73
Figura 9-1. Esquema de la división del código numérico .....	101
Figura 9-2. Posiciones de los lectores en el módulo 1 .....	105
Figura 9-3. Posiciones de los lectores en el módulo 2 .....	106
Figura 9-4. Posiciones de los lectores en el módulo 3 .....	106
Figura 10-1. Esquema de la distribución de cotas en el aeropuerto de Valencia .....	107
Figura 10-2. Equipaje pasando lector en el SATE del aeropuerto de Barcelona .....	107
Figura 10-3. Equipaje cayendo sobre bandeja en el SATE del aeropuerto de Barcelona .....	108
Figura 10-4. Primer nivel de seguridad en el SATE del aeropuerto de Barcelona .....	108
Figura 10-5. Bifurcación en vertical en el SATE del aeropuerto de Barcelona .....	109
Figura 10-6. Inyección a la clasificadora en el SATE del aeropuerto de Barcelona.....	109
Figura 10-7. Nivel 3 de seguridad .....	110
Figura 10-8. Facturación de especiales en el SATE del aeropuerto de Barcelona .....	110
Figura 10-9. Ascensor de equipajes especiales en el SATE del aeropuerto de Barcelona .....	111
Figura 10-10. Reorientación para inyección en ángulo en el SATE de Barcelona .....	111
Figura 10-11. Inyección en ángulo en el SATE del aeropuerto de Barcelona .....	112
Figura 10-12. Inyección a 90 grados en el SATE del aeropuerto de Barcelona .....	112
Figura 10-13. Almacén de equipajes tempranos en el SATE del aeropuerto de Barcelona.....	113
Figura 10-14. La clasificadora vuelca en la tolva el equipaje .....	113
Figura 10-15. Operario empleando el sistema CLS .....	114
Figura 10-16. Esquema del sistema CLS .....	114
Figura 10-17. Cinta de llegadas en el SATE del aeropuerto de Barcelona .....	115

# 1. INTRODUCCIÓN

---

26.000.000 millones de equipajes de todo el mundo fueron perdidos, dañados o sufrieron retraso en 2012<sup>1</sup>. Pese a reducir este tipo de afecciones en un 1,78% con respecto a los datos arrojados en 2011, de cada 1000 pasajeros, 8,83 padecieron uno de estos tres problemas, siendo el retraso del equipaje el más común de ellos, llegando a alcanzar el 82,2% de las incidencias. Un 12,9% de las maletas resultaron dañadas mientras que un 4,2% fueron reportadas por pérdida o robo. Si nos remontamos al 2010, el número de equipajes afectados fue todavía mayor, aumentando hasta los 29.400.000, lo que supuso el 1,2% del total y la afección de 12,07 de cada 1000 pasajeros.

Además, son los aeropuertos europeos lo que registran los peores datos. En efecto, el 44% de las incidencias se registraron en nuestro continente. Por otra parte, Estados Unidos aglomera el 22% del total, de donde se implica que 2 de cada 3 maletas que se extraviaron o se retrasaron fueron en aeropuertos europeos o estadounidenses.

Cabe resaltar que la mayoría de las pérdidas ocurren en la transferencia de equipajes entre vuelos. En efecto, esta causa representa el 51% de los extravíos, frente al 14% que no llegan embarcar, el 12% de fallos en la seguridad o etiquetado y el 10% debido a equivocaciones en la gestión por parte del propio aeropuerto, que suponen las causas más representativas.

El 2010 fue, sin embargo, el primer año desde 2007 en el que se incrementó el fallo por gestión de equipaje. El constante proceso de innovación ha hecho caer en un 53,2% las maletas mal gestionadas en los últimos 6 años y ha ahorrado en torno a 1.600 millones de dólares a la industria en el lustro que va desde 2007 a 2012.

Por otra parte, es, indudablemente, a partir de los atentados del 11 de septiembre cuando las distintas organizaciones responsables de la seguridad endurecen las medidas existentes. Se establece entonces que cada Estado miembro debe adoptar un Programa Nacional de Seguridad de la Aviación Civil que vele por el cumplimiento de las normas comunes. El actual programa se basa en el Reglamento (CE) número 300/2008 sobre normas comunes para la seguridad de la aviación civil y que deroga el Reglamento (CE) número 2320/2002, hasta entonces vigente. Además, este plan de seguridad también satisface las normas y métodos recomendados por el anexo 17 de OACI al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. En cuanto a los equipajes, esto se traduce directamente en controles más rigurosos que quedan reflejados en distintos artículos.

---

<sup>1</sup> Informe de SITA "2013 Air Transport Industry Insights: The Baggage Report".

*-Artículo 2.3.*

Control de seguridad del personal y de los objetos transportados, en el que se especifica que se inspeccionará a todo el personal, incluida la tripulación, así como los objetos que lleve consigo, antes de autorizar su paso a zonas restringidas de seguridad.

*-Artículo 4.0.*

Normas generales de seguridad para pasajeros y equipajes de mano, en donde se especifica que todos los pasajeros de un vuelo inicial, los pasajeros en transferencia y los pasajeros en tránsito, así como su equipaje de mano, se someterán a inspección para evitar que se introduzcan artículos prohibidos en las zonas restringidas de seguridad y a bordo de una aeronave. Quedan exentos de inspección aquellos pasajeros en transferencia (y su equipaje de mano) que procedan de un Estado miembro, a menos que la Comisión o ese Estado Miembro haya informado de que dichos pasajeros y su equipaje de mano no pueden considerarse inspeccionados de acuerdo con las normas básicas comunes, o procedan de un tercer país en el que las normas de seguridad aplicadas han sido reconocidas como equivalentes a las normas básicas comunes. También quedan exentos de inspección aquellos pasajeros en tránsito (y su equipaje de mano) que permanezcan a bordo de la aeronave, no se mezclen con los pasajeros en espera de embarcar ya inspeccionados (salvo aquellos que embarquen en la misma aeronave) o procedan de un Estado miembro, a menos que la Comisión o ese Estado miembro haya informado de que dichos pasajeros y su equipaje de mano no pueden considerarse inspeccionados de acuerdo con las normas básicas comunes.

*-Artículos 4.1.3 y 4.1.4.*

Inspección de líquidos, aerosoles y/o geles (LAG's), en donde se especifica que a partir del 29 de abril de 2013 todos los aeropuertos deberán inspeccionar los líquidos, aerosoles y geles de acuerdo a las disposiciones contenidas en el Reglamento (CE) número 300/2008. En la categoría de líquidos, aerosoles y geles (LAG's) se incluyen las pastas, lociones, mezclas de sustancias líquidas o sólidas, y el contenido de envases a presión; tales como: pasta dentífrica, gel, bebidas, sopas, siropes, perfume, espuma de afeitar, y cualquier otro producto de consistencia similar.

*-Artículo 5.0.*

Disposiciones generales para el equipaje de bodega, en donde se especifica que todo el equipaje de bodega será objeto de inspección antes de ser embarcado en una aeronave con el fin de impedir que se introduzcan artículos prohibidos en las zonas restringidas de seguridad o a bordo de la aeronave. El equipaje de bodega procedente de un Estado miembro en el que hizo escala la aeronave tras llegar de un tercer país no reconocido como de seguridad equivalente se considerará equipaje de bodega procedente de un tercer país, salvo confirmarse que dicho equipaje se inspeccionó en el Estado miembro en cuestión. El equipaje de bodega en transbordo puede quedar exento de inspección siempre que proceda de un Estado miembro, a menos que la Comisión o el propio Estado miembro consideren que dicho equipaje no ha sido inspeccionado

conforme a los estándares comunes recogidos en el Reglamento (CE) número 300/2008. El equipaje de bodega en tránsito podrá quedar exento de controles cuando permanezca a bordo de la aeronave.

El proceso que sufre el equipaje desde que se facturan las maletas hasta que llegan a la bodega de avión, y el propio desde el avión hasta los hipódromos de recogida, resultan, a día de hoy, una fuente de desconocimiento para el usuario del aeropuerto. Sin embargo, las distintas consecuencias del mal funcionamiento de este servicio pueden llevar a un descontento por parte de los pasajeros al no quedar satisfechas sus necesidades, así como a la saturación del sistema. Parece, por tanto, una necesidad importante la de estar en disposición de poder ofrecer el mejor servicio de tratamiento de equipajes en cuanto a fiabilidad, comodidad y eficiencia.

Con esta intención se trabaja en la instalación y optimización de sistemas automatizados de tratamientos de equipajes (SATE). En efecto, el objetivo es el de crear un gran sistema que sea capaz de identificar las maletas de forma que estas estén siempre localizadas y puedan seguir, de la manera más fiable posible, el recorrido más óptimo a través de las distintas cintas, sin perder de vista la garantía en la seguridad.

Siguiendo la línea de innovación que ha marcado este sector los últimos años, se tratará de automatizar al máximo el sistema de tratamiento de equipajes, de forma que se reserven las operaciones manuales a fallos informáticos, averías en cualquier dispositivo o alguna otra contingencia. Además, será necesario un proceso de formación de personal que se ocupe del mantenimiento del sistema y que aprenda a trabajar a tiempo real. Todo esto, aunado a un proceso correctivo a través de la experiencia, llevará a una gran obra de ingeniería a ser sinónimo de progreso, comodidad, innovación y rentabilidad.

## 2. ESCENARIO

El aeropuerto de Valencia se encuentra entre los términos municipales de Manises y de Quart de Poblet, a 8 kilómetros de la capital de provincia y comunidad. Bajo su expansión se ha producido un desarrollo económico en la zona como consecuencia de la conversión del propio aeropuerto en un centro de negocios y turismo.<sup>2</sup>

El clima de la zona se caracteriza por inviernos suaves y veranos calurosos y secos, concentrándose las precipitaciones entre otoño y primavera, lo que será un factor determinante para la estacionalidad de la demanda. Además, otro factor a tener en cuenta es la estructura productiva de Valencia, en la que el sector servicios se sitúa a la cabeza con un 62% del total, seguido de la industria con un 24%, la construcción con un 9,5% y, finalmente, la agricultura con un 4,5%, que, pese a su pequeño porcentaje, lleva asociada un importante número de movimientos de aviación privada.

En cuanto a las características técnicas e infraestructura, cuenta con 3 terminales de pasajeros tras su reciente ampliación finalizada en agosto de 2012. La terminal 1 y la terminal regional cuentan con una superficie total de 37.250 m<sup>2</sup> en la que se distribuyen 42 puntos de facturación mientras que la terminal 2, inaugurada hace 2 años, cuenta con una superficie total de 26600 m<sup>2</sup> en la que se distribuyen 21 puntos de facturación<sup>3</sup>.

Tabla 2-1. Características básicas de las terminales del aeropuerto de Valencia.

<b>Terminal</b>	<b>Mostradores de facturación</b>	<b>Puertas de embarque</b>
T1	30	14
T2	21	4
Regional	12	10

El sistema de tratamiento de equipajes actual posee una capacidad de 1200 eq/hora en la terminal 1 y en la terminal regional mientras que en la terminal 2 se cuenta con un sistema de inspección de equipajes en bodega (SIEB) con una capacidad de procesamiento de 2000 eq/hora.

Tiene una elevación de 73 metros y el nivel freático dentro del aeropuerto se sitúa a unos 17 metros (de media). El aeropuerto se encuentra abierto las 24 horas, así como todos los días del año. Se puede clasificar en las siguientes categorías<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Presentación del Aeropuerto de Valencia en [www.aena.es](http://www.aena.es).

<sup>3</sup> Nota de prensa del Ministerio de Fomento.

<sup>4</sup> Datos extraídos del AIP vigente.

Tabla 2-2. Distintas clasificaciones del aeropuerto de Valencia.

<b>Tipo</b>	<b>Clase</b>	<b>Categoría OACI</b>	<b>Categoría Adtva.</b>
Civil	Internacional	4D	Primera

El aeropuerto de Valencia cuenta con una sola pista, de orientación 12-30, cuyas dimensiones, así como las características físicas más importantes se recogen a continuación:

Tabla 2-3. Características de la pista.

<b>Designación</b>	<b>Longitud</b>	<b>Ancho</b>	<b>CWY</b>	<b>SWY</b>	<b>Franja</b>	<b>RESA</b>	<b>Pavimento</b>
<b>12</b>	3.215 m	45 m	No	No	3.335x300 m	240x140 m	Asfalto
<b>30</b>	3.215 m	45 m	No	No	3.335x300 m	240x150 m	Asfalto

Tabla 2-4. Distancias declaradas.

<b>RWY</b>	<b>TORA</b>	<b>TODA</b>	<b>ASDA</b>	<b>LDA</b>
<b>12</b>	3.215 m	3.215 m	3.215 m	3.215 m
<b>30</b>	3.215 m	3.215 m	3.215 m	2.915 m

En cuanto al tráfico, el aeropuerto de Valencia contó en 2013 con un movimiento total de 4.599.990 de pasajeros, lo que supone un descenso del 3,2% con respecto al año 2012. Aun así, este decremento se sitúa levemente por debajo del 3,5% de descenso del tráfico total nacional.

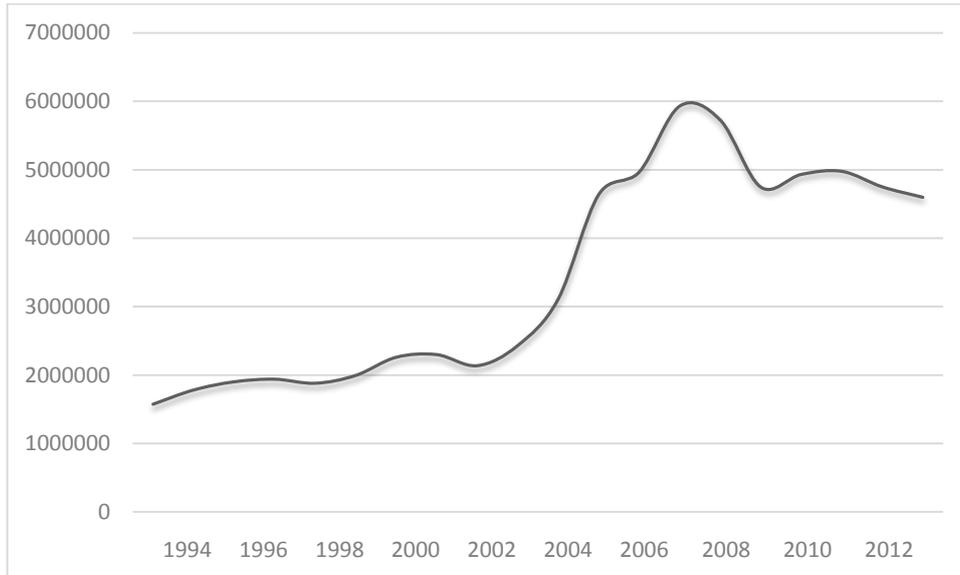
Tabla 2-5. Evolución del número de pasajeros en el aeropuerto de Valencia desde 1994.<sup>5</sup>

<b>Año</b>	<b>Pasajeros</b>	<b>Año</b>	<b>Pasajeros</b>
<b>1994</b>	1.575.847	<b>2004</b>	3.111.951
<b>1995</b>	1.783.256	<b>2005</b>	4.639.319
<b>1996</b>	1.903.366	<b>2006</b>	4.969.120
<b>1997</b>	1.941.852	<b>2007</b>	5.933.424
<b>1998</b>	1.882.373	<b>2008</b>	5.729.343
<b>1999</b>	1.995.882	<b>2009</b>	4.748.997
<b>2000</b>	2.261.943	<b>2010</b>	4.934.778
<b>2001</b>	2.301.191	<b>2011</b>	4.979.511
<b>2002</b>	2.138.926	<b>2012</b>	4.752.020
<b>2003</b>	2.432.126	<b>2013</b>	4.599.990

Pese al descenso de los últimos 2 años (en 2012 también sufre un descenso del 4,6%, aún inferior al descenso del tráfico total, que alcanzó el 5%), la tendencia histórica del aeropuerto ha sido claramente la del crecimiento, como se puede observar tanto en la tabla de datos superior como en el gráfico que los representa.

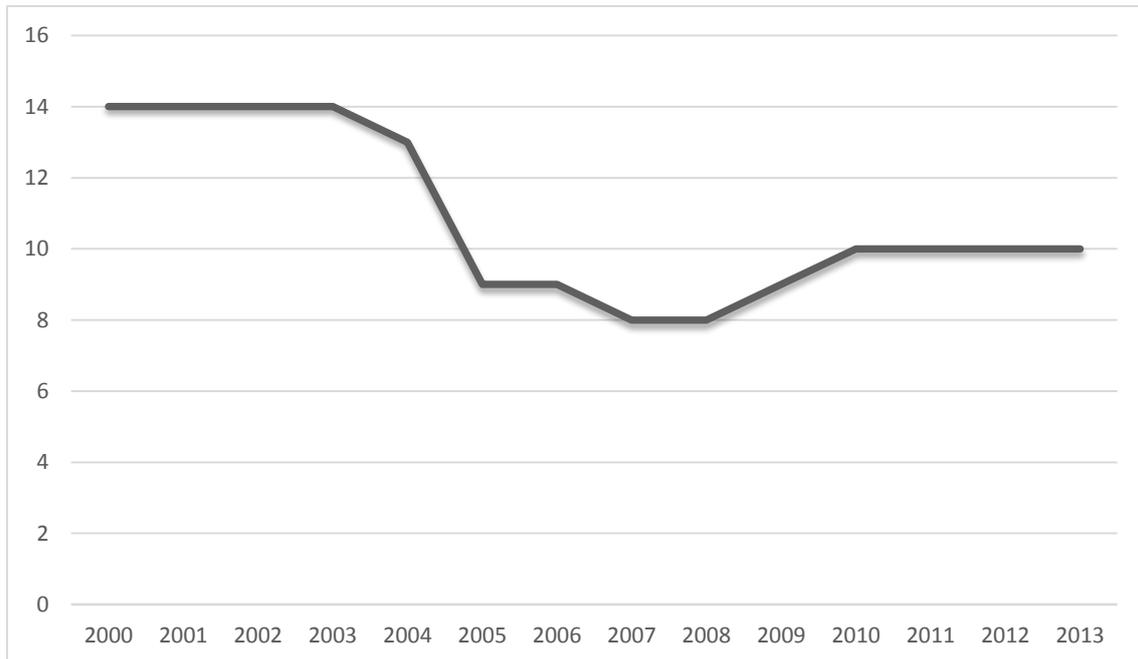
<sup>5</sup> Datos obtenidos de las estadísticas anuales proporcionadas por AENA.

Figura 2-1. Evolución del número de pasajeros en el aeropuerto de Valencia desde 1994.



En términos globales, analizando la posición que el aeropuerto de Valencia ostenta respecto al resto de aeropuertos españoles, se observa una evolución positiva en los últimos 15 años, llegando a situarse entre los 10 aeródromos con más tránsito de pasajeros de España.

Figura 2-2. Posición del aeropuerto de Valencia por número de pasajeros.

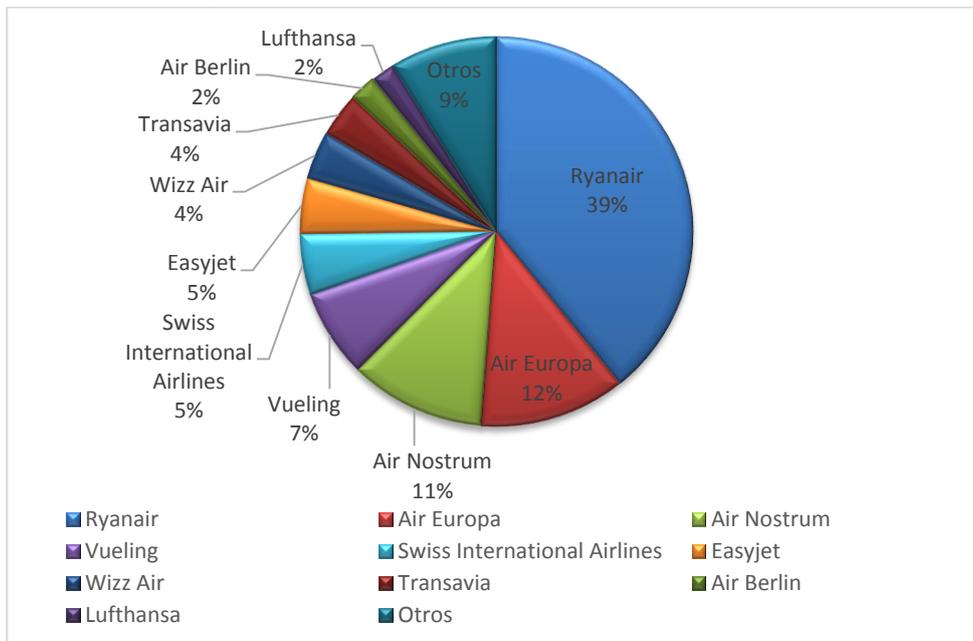


En el tipo de tráfico se pone de manifiesto que el aeropuerto de Valencia es un foco importante de demanda turística, pero también sirve como centro de negocios, así como presta ciertos servicios agrarios. Cabe resaltar que el tráfico, eminentemente regular, presenta una clara estacionalidad en verano, sobre todo en los meses de julio y agosto. Además, tiene un marcado carácter internacional, acumulando dicho tráfico el 69% del total frente al 31% restante que supuso el tráfico nacional en el año 2013. Las rutas nacionales que más destacaron fueron Palma de Mallorca, Madrid, Ibiza y Sevilla, mientras que las internacionales más importantes

fueron las conexiones realizadas con los países de la Unión Europea, en concreto, París-Charles de Gaulle, Zurich, Bérgamo-Orio al Serio y Londres-Gatwick fueron las más solicitadas en 2013.

En cuanto a las compañías que operan en el aeropuerto, Ryanair domina claramente muy por encima de Air Europa y Air Nostrum, pese a contar esta compañía con base en el aeropuerto. Predomina, por tanto, el low-cost.

Figura 2-3. Distribución del tráfico por compañías aéreas.



## 3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

### 3.1. Justificación

Por lo expuesto anteriormente parece claro que el aeropuerto de Valencia reúne una serie de cualidades que lo hacen óptimo para instalar un sistema automatizado de tratamiento de equipajes (SATE), sin embargo, hay que demostrar una condición necesaria y otra suficiente que apoyen el proyecto.

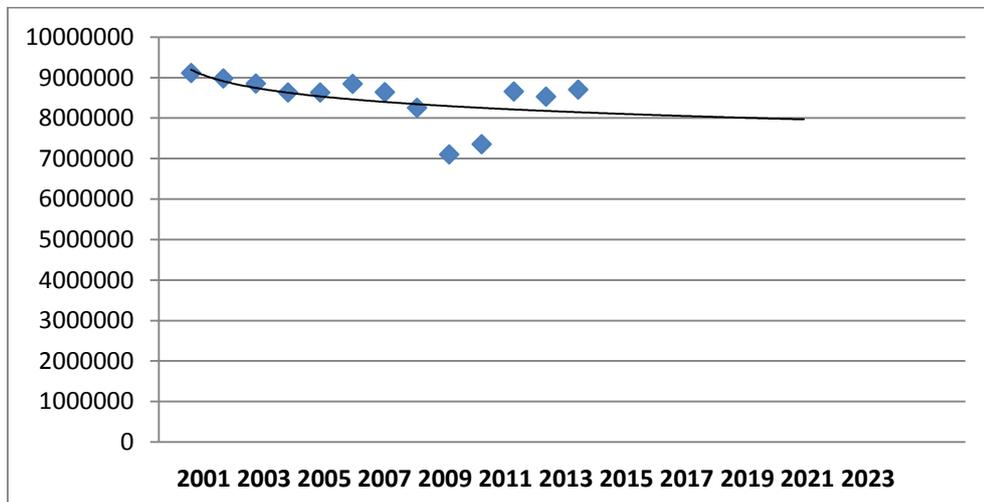
- Condición necesaria, que demuestre que el aeropuerto de Valencia cuenta con una evolución de la demanda tal que, entre los distintos aeropuertos españoles que no cuentan actualmente con un SATE, es el idóneo para su instalación.
- Condición suficiente, que demuestre que como consecuencia de esta evolución es necesaria la ampliación o renovación del sistema actual para evitar el colapso del mismo.

Si se realiza un primer filtro en los aeropuertos de AENA, considerando todos los que tienen un tráfico de, al menos, un millón de pasajeros y no cuentan todavía con SATE, se obtiene una lista que incluye a los aeropuertos de Tenerife Sur, Lanzarote, Ibiza, Menorca, Bilbao, Tenerife Norte, Valencia, Sevilla, Santiago, Asturias, Murcia y Santander. A continuación, se muestran una serie de gráficas que he realizado a partir de las estadísticas de AENA correspondientes al tráfico de pasajeros los últimos años.

En un primer análisis de la tendencia de cada aeropuerto, en aras de determinar los que a priori tiene una mejor proyección futura, se descartan Menorca, Lanzarote, Asturias y Murcia al no obtener buenos ajustes.

En el caso de Tenerife Sur, es el único aeropuerto que presenta una tendencia al descenso de tráfico de pasajeros, por lo que no resultaría adecuado para este estudio.

Figura 3-1. Tendencia del tráfico de pasajeros en Tenerife Sur.



Por el contrario, aunque los aeropuertos de Santiago y Santander presentan tanto buen ajuste como tendencia positiva, las cantidades de pasajeros previstos en el horizonte bajo estudio son poco atractivos frente a los que presentan el resto de aeropuertos.

Figura 3-2. Tendencia del tráfico de pasajeros en Santiago.

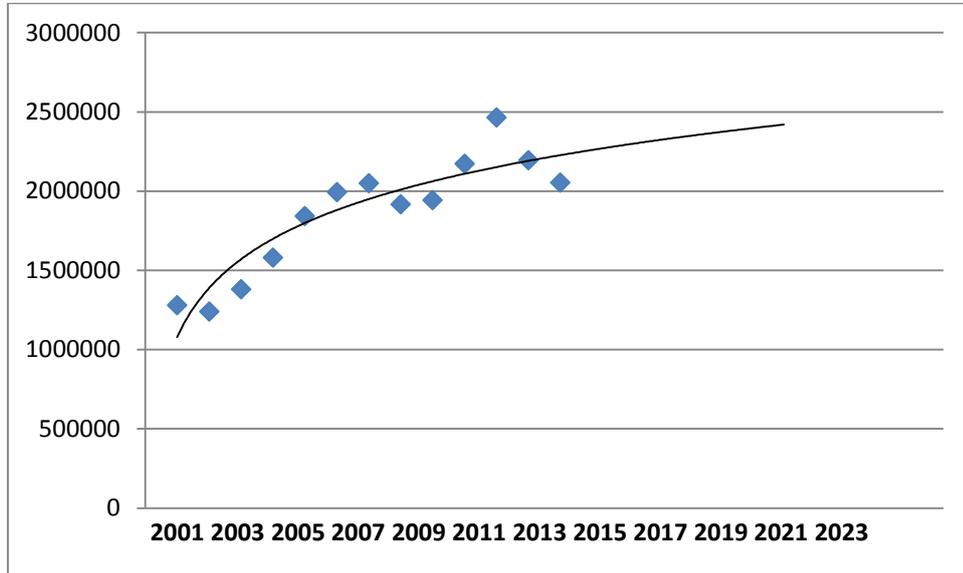
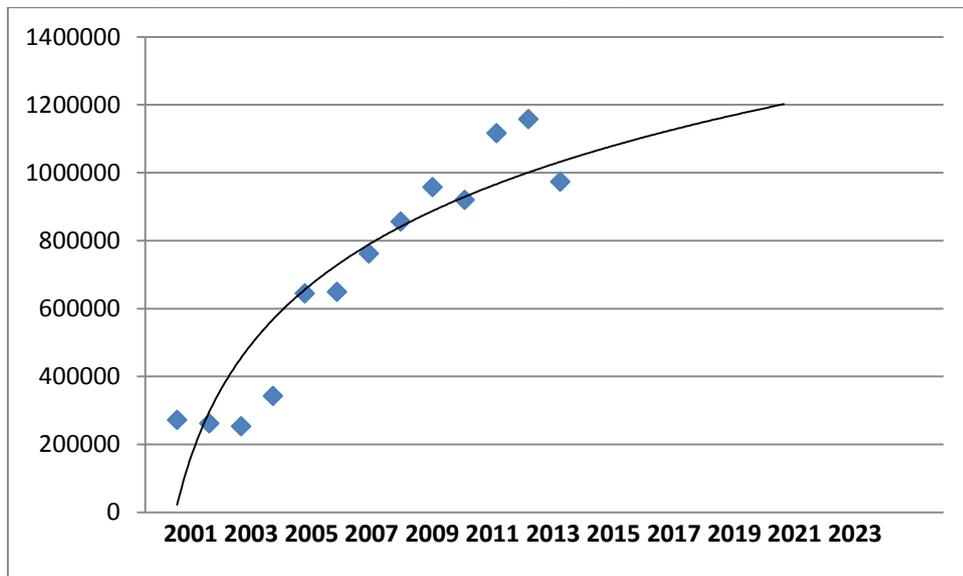


Figura 3-3. Tendencia del tráfico de pasajeros en Santander.



Por otra parte, con los aeropuertos de Ibiza, Bilbao y Tenerife Norte ocurre que pese a contar con mejores cifras que el resto en cuanto al tráfico de pasajeros en la actualidad, sus tendencias, aun siendo positivas, no alcanzan, en el horizonte bajo estudio, los resultados a los que potencialmente llegan los aeropuertos de Valencia y Sevilla.

Figura 3-4. Tendencia del tráfico de pasajeros en Ibiza.

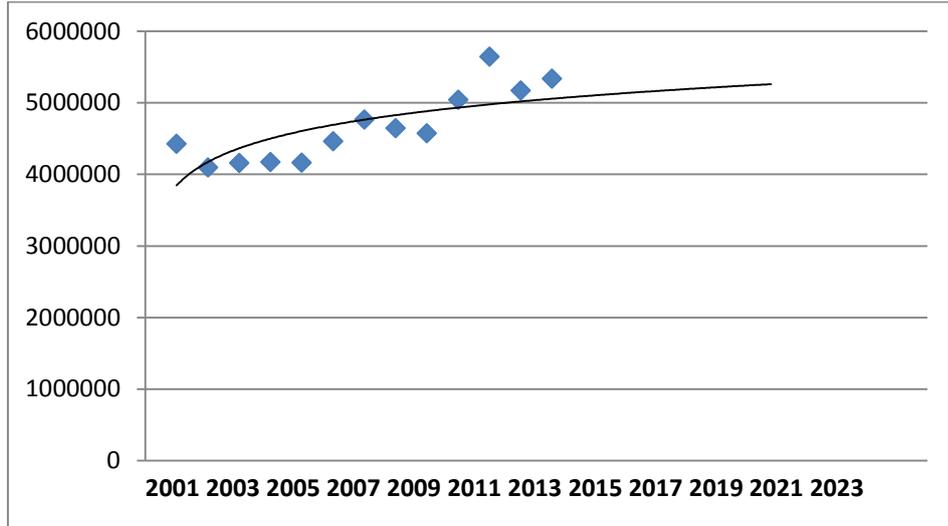


Figura 3-5. Tendencia del tráfico de pasajeros en Bilbao.

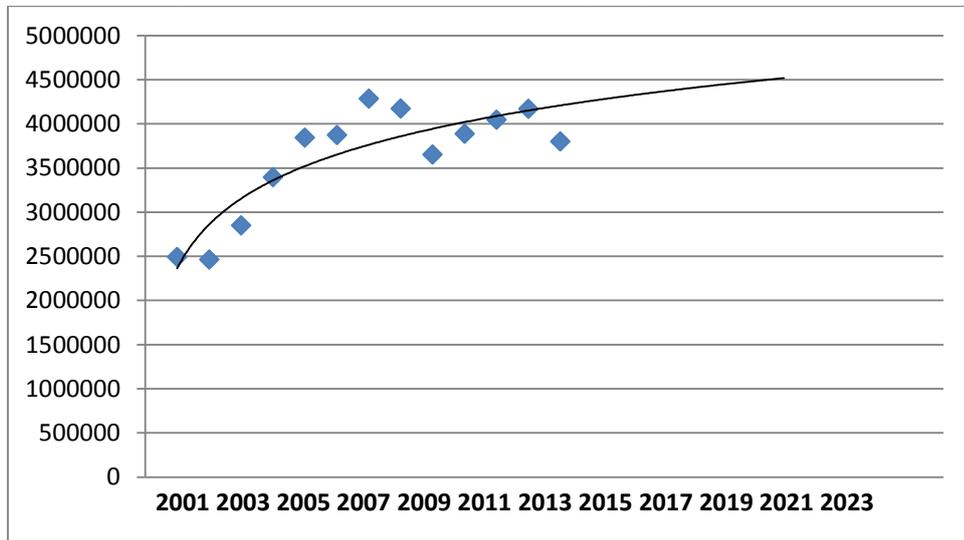
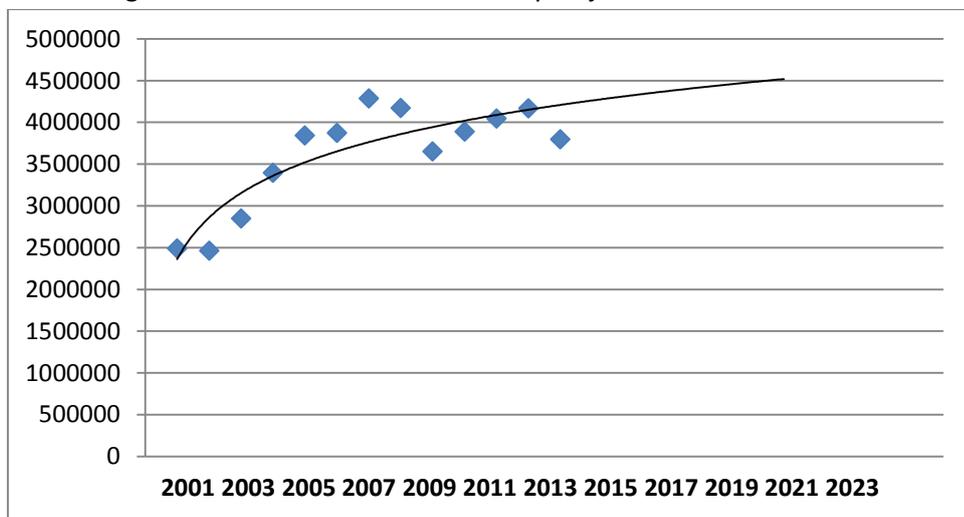


Figura 3-6. Tendencia del tráfico de pasajeros en Tenerife Norte.



Por tanto, los dos aeródromos que mejor ajuste y tendencia de evolución de pasajeros presentan son, claramente, Sevilla y Valencia.

Figura 3-7. Tendencia del tráfico de pasajeros en Valencia.

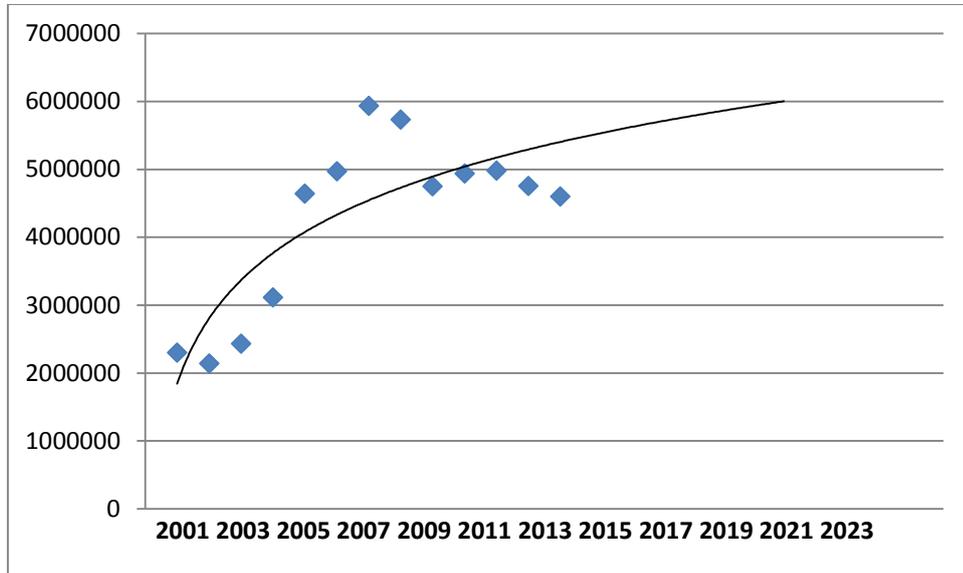
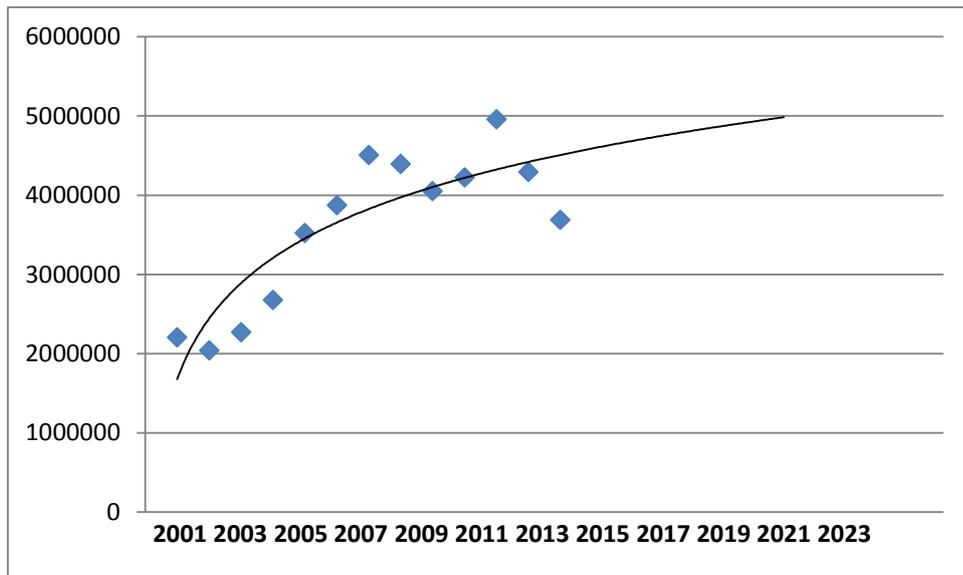
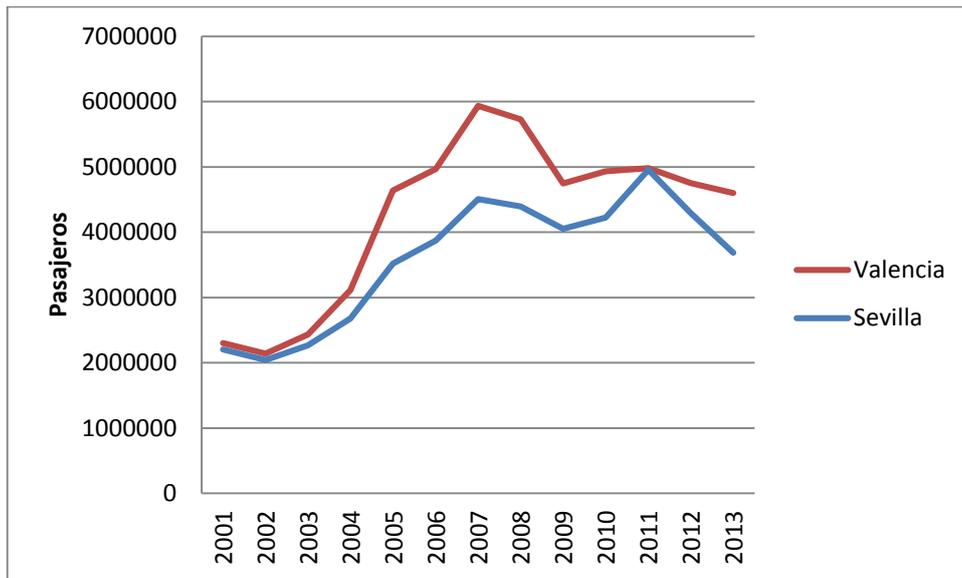


Figura 3-8. Tendencia del tráfico de pasajeros en Sevilla.



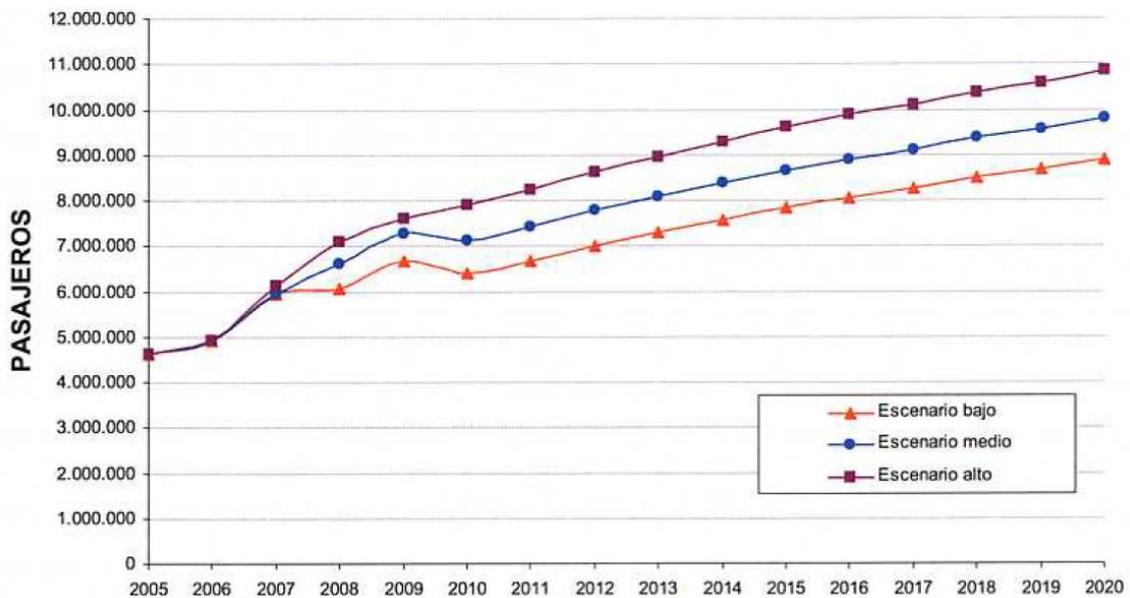
Aunque ambos aeropuertos presentan una evolución similar, al enfrentar en la misma gráfica el número de pasajeros de Valencia y Sevilla desde 2001 hasta 2013, se observa que la capital valenciana siempre se sitúa por encima de la andaluza, por lo que de los aeropuertos españoles que todavía no cuentan con SATE, el de Valencia es el más idóneo por su proyección y potencialidad.

Figura 3-9. Comparación del tráfico de pasajeros entre 2001 y 2013 entre los aeropuertos de Valencia y Sevilla.



La primera tendencia obtenida es todavía grosera, pero sirve para dar una idea de la posible evolución de pasajeros, a la par que para poner de manifiesto la necesidad de corregir la evolución previsible que se puede obtener del Plan Director, realizado en 2006.

Figura 3-10. Evolución de la demanda<sup>6</sup>.



En efecto, este documento muestra una situación que no se adapta a la realidad vivida entre el año 2006, del que data el Plan Director, y el año 2013. Se supone un crecimiento mayor del que ha ocurrido, lo que lleva a una prognosis muy alejada de la situación real aun tomando el escenario más pesimista.

<sup>6</sup> Fuente: Plan Director del aeropuerto de Valencia aprobado en Orden Ministerial el 19 de julio de 2001.

Tabla 3-1. Comparación entre los datos estimados en el PD y los que ocurrieron realmente.

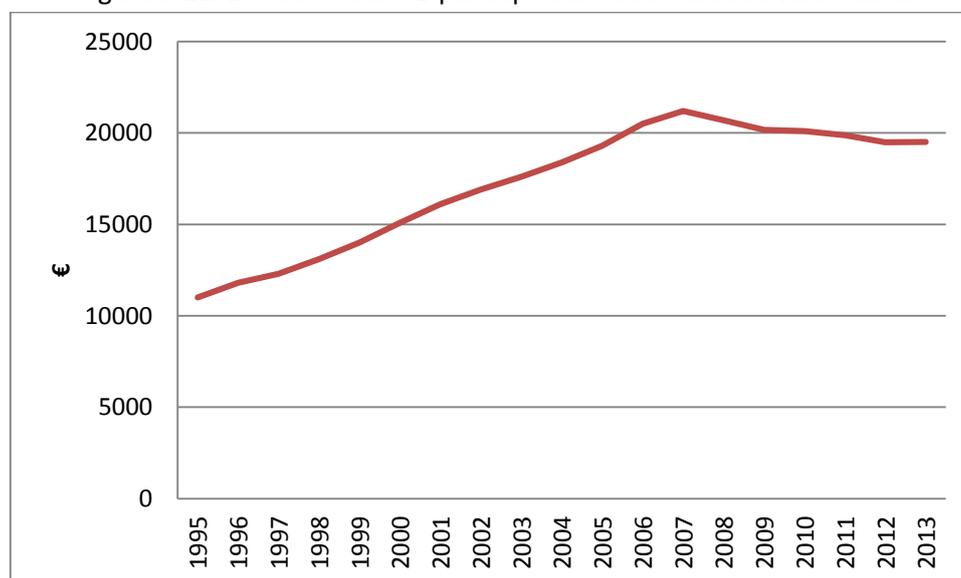
<b>Año</b>	<b>PD Alto</b>	<b>PD Medio</b>	<b>PD Bajo</b>	<b>Real</b>
<b>2007</b>	6.005.000	6.000.000	5.995.000	5.933.424
<b>2010</b>	7.910.000	7.136.000	6.405.000	4.934.778
<b>2013</b>	9.000.000	8.050.000	7.200.000	4.599.990

Se realiza, a continuación, un estudio más detallado de la previsión de la demanda del aeropuerto de Valencia. Para ello, se analiza el PIB per cápita, que representa la riqueza de los individuos, de la Comunidad Valenciana en el periodo comprendido entre 1995 y 2013:

Tabla 3-2. Datos del PIB per cápita en la Comunidad Valenciana.<sup>7</sup>

<b>Año</b>	<b>PIB per cápita (€)</b>	<b>Año</b>	<b>PIB per cápita (€)</b>
<b>1995</b>	11.000	<b>2005</b>	19.300
<b>1996</b>	11.800	<b>2006</b>	20.500
<b>1997</b>	12.300	<b>2007</b>	21.200
<b>1998</b>	13.100	<b>2008</b>	20.701
<b>1999</b>	14.000	<b>2009</b>	20.171
<b>2000</b>	15.100	<b>2010</b>	20.109
<b>2001</b>	16.100	<b>2011</b>	19.869
<b>2002</b>	16.900	<b>2012</b>	19.485
<b>2003</b>	17.600	<b>2013</b>	19.502
<b>2004</b>	18.400		

Figura 3-11. Evolución del PIB per cápita en la Comunidad Valenciana.

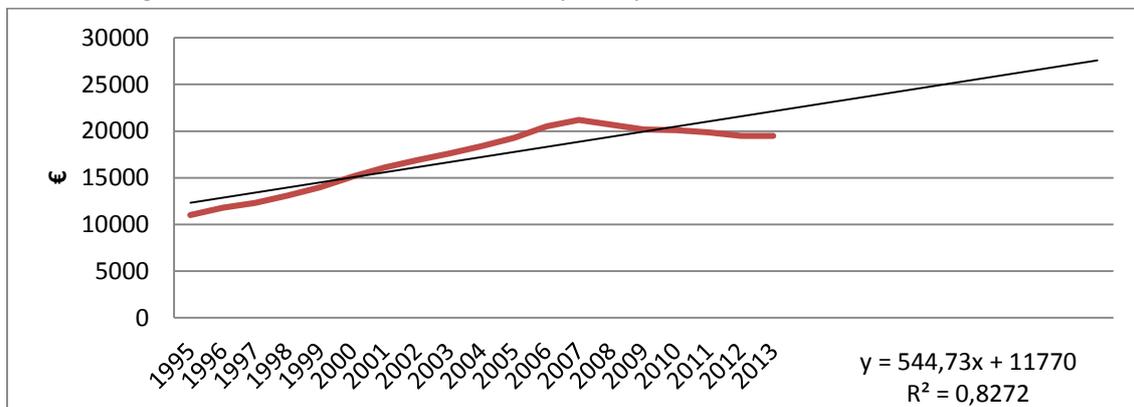


Con objeto de realizar una estimación acertada de la evolución futura del PIB per cápita, se llevan a cabo dos ajustes distintos de forma que sirvan para representar dos situaciones potenciales.

<sup>7</sup> Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística.

En primer lugar se emplea un ajuste lineal que presenta un buen comportamiento en cuanto al grado de aproximación a los datos históricos que se conocen ( $R^2 = 0,8272$ ). Además, muestra un escenario en el que el PIB per cápita de la Comunidad Valenciana crece de forma moderada.

Figura 3-12. Tendencia lineal del PIB per cápita en la Comunidad Valenciana.



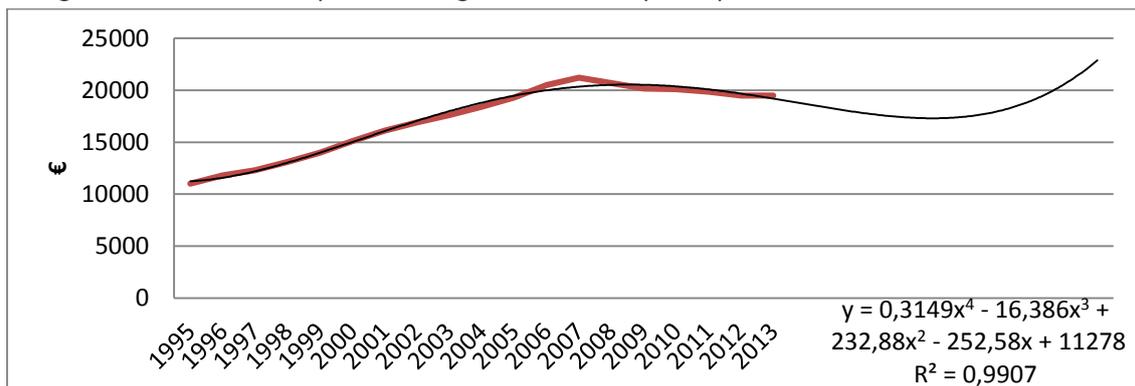
Si se observa la gráfica, se puede comprobar que el descenso que sufre el PIB entre los años 2007 y 2012 tiene el efecto deseado en la recta de tendencia, al reducir su pendiente y arrojar resultados más moderados, más acordes con la situación actual de inestabilidad económica del país.

Tabla 3-3. Previsión del PIB per cápita hasta 2023.

Año	PIB per cápita (€)
2014	22.664
2015	23.209
2016	23.754
2017	24.299
2018	24.843
2019	25.388
2020	25.933
2021	26.477
2022	27.022
2023	27.567

Por otra parte, se realiza una curva de tendencia mediante un polinomio de grado 4. Se obtiene un ajuste muy alto de la curva de previsión con respecto a los datos históricos ( $R^2 = 0,9907$ ). La elección de este tipo de previsión permite estimar una situación en la que el PIB no tiene un crecimiento tan claro como en el caso anterior.

Figura 3-13. Tendencia polinómica grado 4 del PIB per cápita en la Comunidad Valenciana.



En efecto, se comprueba como en los primeros 5 años se sufre todavía un ligero descenso que da paso a una leve recuperación en los 5 siguientes.

Tabla 3-4. Previsión del PIB per cápita hasta 2023.

Año	PIB per cápita (€)
2014	18.674
2015	18.165
2016	17.724
2017	17.416
2018	17.311
2019	17.490
2020	18.039
2021	19.053
2022	20.633
2023	22.890

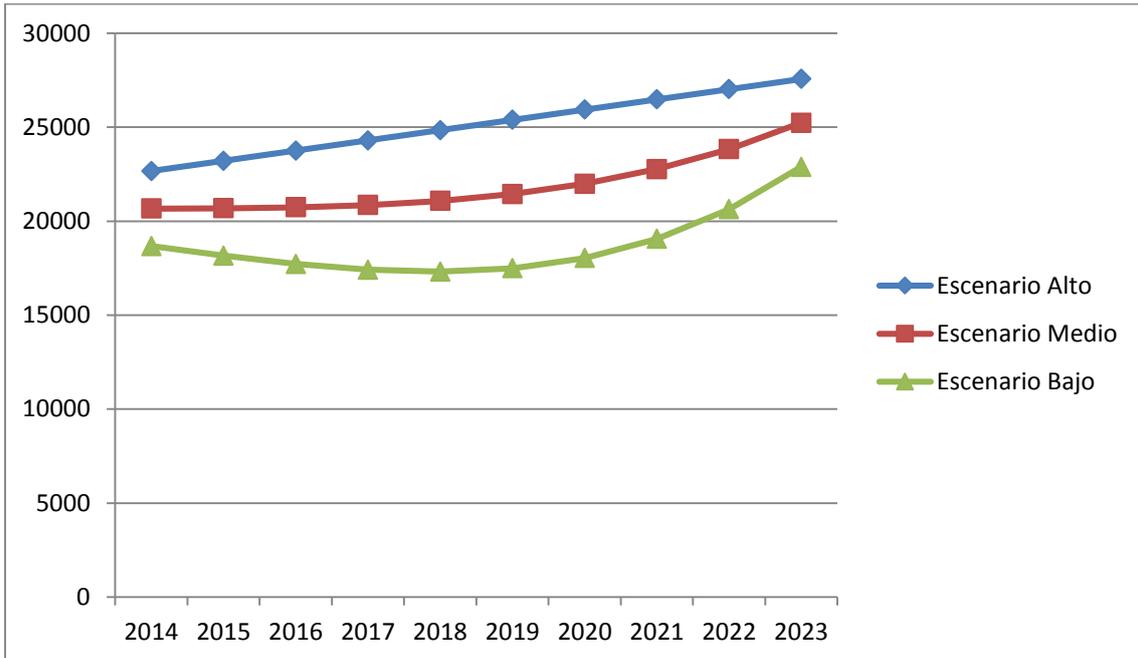
A continuación, se va a tomar un escenario medio entre estas dos posibles situaciones. Los datos arrojados por este escenario serán los usados para realizar la prognosis de pasajeros, al considerarse como la situación más probable.

Tabla 3-5. Previsión media del PIB per cápita hasta 2023.

Año	PIB per cápita (€)
2014	20.669
2015	20.687
2016	20.739
2017	20.857
2018	21.077
2019	21.439
2020	21.986
2021	22.765
2022	23.827
2023	25.228

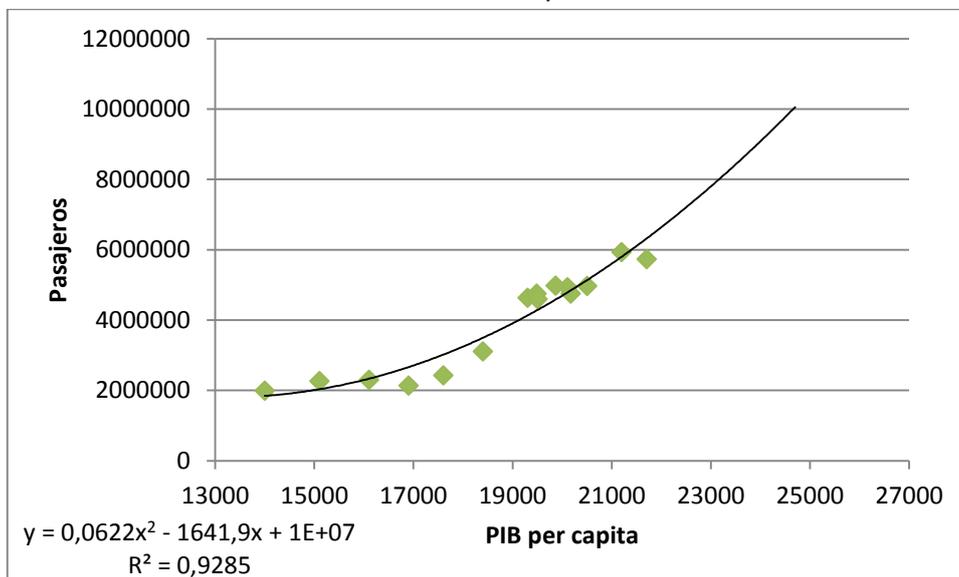
En este escenario medio se tiene un crecimiento muy moderado, pero creciente en los primeros años, para dar paso a una mayor recuperación del PIB per cápita.

Figura 3-14. Comparativa de los tres escenarios estudiados.



Se busca un ajuste que relacione el PIB per cápita de la Comunidad Valenciana con los pasajeros totales del aeropuerto de Valencia haciendo uso de las relaciones entre estas dos entradas en el periodo comprendido entre los años 2001 y 2013 (inclusive).

Figura 3-15. Pasajeros del aeropuerto de Valencia enfrentados al PIB per cápita de la Comunidad Valenciana y su tendencia.



Sirviéndonos de esta relación e introduciendo la previsión de evolución del PIB per cápita, se obtiene la estimación de los pasajeros hasta el año 2023.

Tabla 3-6. Prognosis de los pasajeros del aeropuerto de Valencia.

<b>Año</b>	<b>Pasajeros</b>
<b>2014</b>	5.381.279
<b>2015</b>	5.398.027
<b>2016</b>	5.446.636
<b>2017</b>	5.558.190
<b>2018</b>	5.770.797
<b>2019</b>	6.133.736
<b>2020</b>	6.713.083
<b>2021</b>	7.602.399
<b>2022</b>	8.936.401
<b>2023</b>	10.910.860

Realizar una prognosis propia y no partir de la que se puede obtener en el Plan Director resulta fundamental, pues, como se dijo anteriormente, así como se puede comprobar en la tabla inferior, existe un cambio notable en los resultados obtenidos (el Plan Director data de 2006 y no tiene en cuenta la inestabilidad económica vivida en los últimos años en el país).

Tabla 3-7. Comparación entre las previsiones realizadas por el Plan Director y por esta prognosis en los horizontes 2015 y 2020.

	<b>2015</b>	<b>2020</b>
<b>Previsión Plan Director</b>	8.663.000	9.798.000
<b>Prognosis Proyecto</b>	5.398.027	6.713.083

Analizando los datos de los últimos años, se obtienen los siguientes meses como los correspondientes al máximo de pasajeros alcanzado.

Tabla 3-8. Mes con el máximo de pasajeros en los últimos años.

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Pasajeros</b>	<b>% del total</b>
<b>2005</b>	Agosto	552.210	11,90%
<b>2006</b>	Agosto	524.318	10,55%
<b>2007</b>	Agosto	632.443	10,65%
<b>2008</b>	Agosto	644.417	11,15%
<b>2009</b>	Agosto	547.864	11,53%
<b>2010</b>	Agosto	549.445	11,13%
<b>2011</b>	Agosto	550.245	11,05%
<b>2012</b>	Agosto	551.366	11,60%
<b>2013</b>	Agosto	513.196	11,15%

Se observa que el mes máximo siempre resulta ser agosto, con un porcentaje del total muy similar en todos los años, por lo que se tomará la media de todos ellos.

Tabla 3-9. Mes máximo y porcentaje del total correspondientes estimados.

<b>Mes máximo</b>	<b>% del total medio</b>
Agosto	11,19%

Se van a establecer los PDP (pasajeros día punta) a partir del resultado anterior y bajo la consideración de que, al ser un tráfico eminentemente turístico que predominará los fines de semana, al día máximo le corresponderán el doble de pasajeros que los propios de un día común<sup>8</sup>.

Este valor que se obtiene se divide por las 24 horas que el aeropuerto permanece abierto, y se tiene así la media de pasajeros por hora. Los PHP (pasajeros hora punta) corresponderán al triple de este resultado, al trabajar bajo la consideración de que existen franjas horarias del día más transitadas que otras<sup>9</sup>. Se aplica un factor de corrección de 0,9 para obtener los PHD (pasajeros hora diseño) al presentar el aeropuerto de Valencia una estacionalidad alta en los meses de verano<sup>10</sup>. Los PHD en llegadas y salidas se consideran los mismos e iguales al 60% del total.

Tabla 3-10. Pasajeros Hora Punta y Diseño.

<b>Año</b>	<b>Pasajeros mes máximo</b>	<b>PDP</b>	<b>PHP</b>	<b>PHD</b>	<b>PHDIleg=PHDsal</b>
<b>2014</b>	602.165	43.012	5.376	4.731	2.867
<b>2015</b>	604.039	43.145	5.392	4.745	2.876
<b>2016</b>	609.478	43.534	5.440	4.787	2.902
<b>2017</b>	621.961	44.425	5.553	4.887	2.962
<b>2018</b>	645.752	46.125	5.766	5.074	3.075
<b>2019</b>	686.365	49.026	6.127	5.392	3.268
<b>2020</b>	751.193	53.656	6.706	5.901	3.577
<b>2021</b>	850.708	60.764	7.596	6.684	4.051
<b>2022</b>	999.983	71.427	8.928	7.857	4.762
<b>2023</b>	1.220.925	87.209	10.900	9.592	5.814

Para realizar la previsión de equipajes que determinará las necesidades del sistema, se requiere conocer la distribución del tráfico. Atendiendo a la naturaleza del vuelo de los últimos años, se tiene el siguiente reparto.

Tabla 3-11. Distribución de pasajeros en vuelos regulares y no regulares.

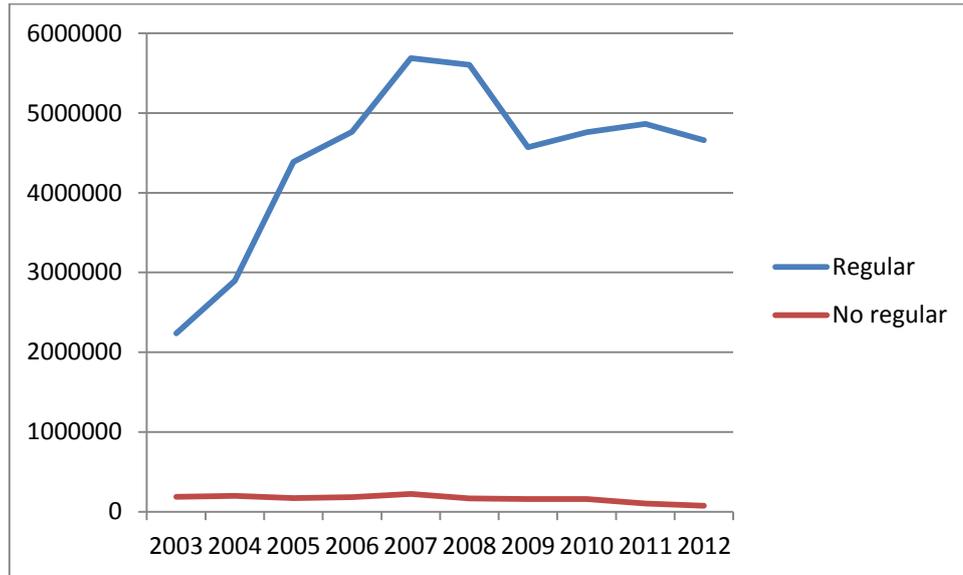
<b>Año</b>	<b>Regular</b>	<b>No regular</b>	<b>% Regular</b>	<b>% No Regular</b>
<b>2003</b>	2.235.000	187.000	92,27	7,73
<b>2004</b>	2.899.000	201.000	93,52	6,48
<b>2005</b>	4.386.000	172.000	96,23	3,77
<b>2006</b>	4.762.000	183.000	96,3	3,7
<b>2007</b>	5.689.000	225.000	96,19	3,81
<b>2008</b>	5.602.000	166.000	97,12	2,88
<b>2009</b>	4.569.000	161.000	96,6	3,4
<b>2010</b>	4.758.000	158.000	96,79	3,21
<b>2011</b>	4.864.000	103.000	97,92	2,08
<b>2012</b>	4.657.000	77.000	98,37	1,63

<sup>8</sup> Extraído de Flight Stats.

<sup>9</sup> Extraído de Flight Stats.

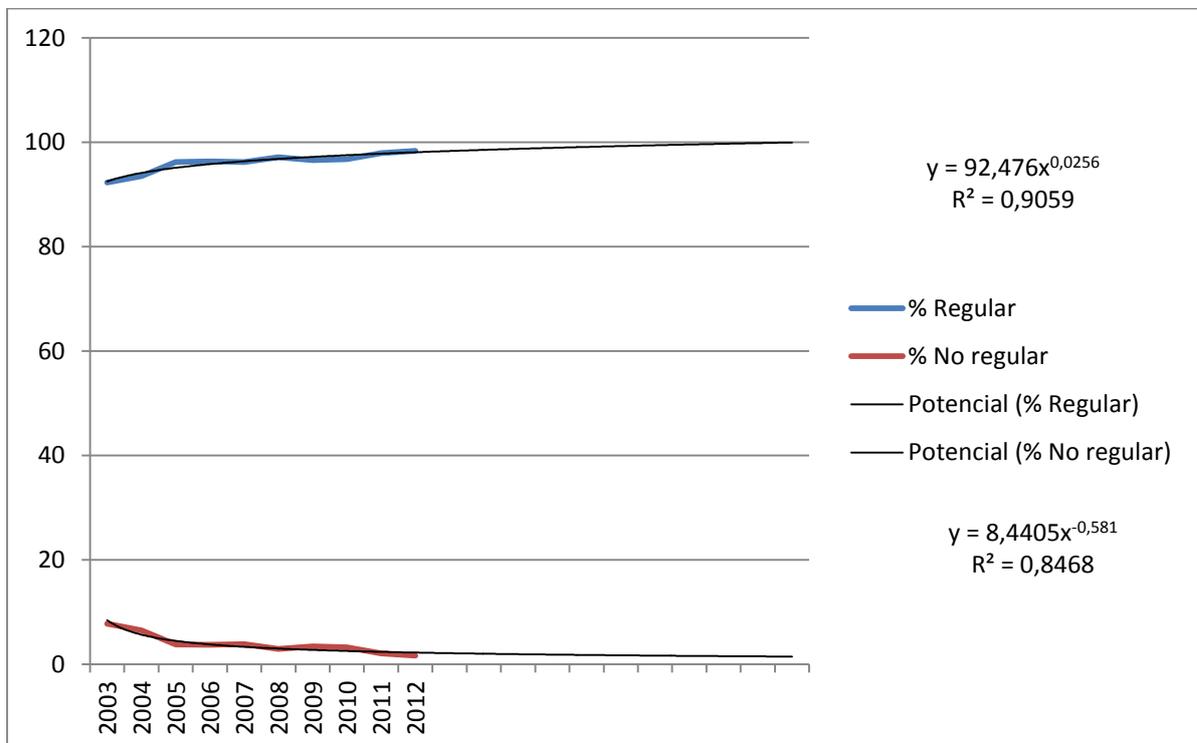
<sup>10</sup> Extraído de Aena Estadísticas.

Figura 3-16. Evolución del número de pasajeros en vuelos regulares y no regulares.



A continuación, se analizará la tendencia que presentan estos porcentajes de forma que se obtenga finalmente la distribución de pasajeros en vuelos regulares y no regulares en el horizonte bajo estudio.

Figura 3-17. Tendencias para la distribución porcentual de los pasajeros en función del tipo de vuelo.



En el análisis de los resultados obtenidos se tienen dos efectos distintos en función a la curva en la que se haga la regresión. En efecto, si se hace la tendencia del porcentaje de pasajeros en vuelos regulares, se obtendrá un ajuste más elevado.

Tabla 3-12. Distribución porcentual realizando la tendencia a los pasajeros regulares.

<b>Año</b>	<b>% Regular</b>	<b>% No regular</b>
<b>2014</b>	98,5499	1,4501
<b>2015</b>	98,7520	1,2480
<b>2016</b>	98,9395	1,065
<b>2017</b>	99,1144	0,8856
<b>2018</b>	99,2783	0,7217
<b>2019</b>	99,4325	0,5675
<b>2020</b>	99,5781	0,4219
<b>2021</b>	99,7161	0,2839
<b>2022</b>	99,8471	0,1529
<b>2023</b>	99,9719	0,0281

Sin embargo, pese al mejor ajuste, los resultados que se muestran indican prácticamente la extinción de los pasajeros en vuelos no regulares para el horizonte marcado por el 2023. Como esto parece poco realista, se atiende también a la tendencia que se obtiene en los pasajeros en vuelos no regulares cuyo ajuste es peor, pero presenta unos resultados más verosímiles.

Tabla 3-13. Distribución porcentual realizando la tendencia a los pasajeros no regulares.

<b>Año</b>	<b>% Regular</b>	<b>% No regular</b>
<b>2014</b>	98,0077	1,9923
<b>2015</b>	98,0982	1,9018
<b>2016</b>	98,1783	1,8217
<b>2017</b>	98,2499	1,7501
<b>2018</b>	98,3143	1,6857
<b>2019</b>	98,3727	1,6273
<b>2020</b>	98,4258	1,5742
<b>2021</b>	98,4745	1,5255
<b>2022</b>	98,5193	1,4807
<b>2023</b>	98,5607	1,4393

Con objeto de presentar unos resultados que se ajusten lo máximo posible a la realidad, se tomarán los datos presentados en la tabla superior en la obtención que se realiza a continuación del número de pasajeros en vuelos regulares y no regulares, así como los pasajeros hora diseño correspondientes.

Tabla 3-14. Evolución de pasajeros totales y PHD en vuelos regulares y no regulares.

<b>Año</b>	<b>Pax regulares</b>	<b>Pax no regulares</b>	<b>PHDIleg=PHDsal regulares</b>	<b>PHDIleg=PHDsal no regulares</b>
<b>2014</b>	5.274.067	107.211	2.809	57
<b>2015</b>	5.295.367	102.659	2.821	54
<b>2016</b>	5.347.414	99.221	2.849	53
<b>2017</b>	5.460.916	97.274	2.910	52
<b>2018</b>	5.673.518	97.278	3.023	52
<b>2019</b>	6.033.921	99.814	3.214	53
<b>2020</b>	6.607.405	105.677	3.520	56

<b>2021</b>	7.486.424	115.975	3.989	62
<b>2022</b>	8.804.407	132.321	4.691	70
<b>2023</b>	10.753.820	157.040	5.730	84

A continuación se va a realizar una estimación de cuantos equipajes por hora se tendrán en el aeropuerto en función al tipo de vuelo del pasajero, regular o no regular, bajo la siguiente consideración<sup>11</sup>.

Tabla 3-15. Numero de equipajes medio por pasajero en función al tipo de vuelo.

<b>Tipo de vuelo</b>	<b>Número medio de equipajes por pasajero</b>
<b>Regular</b>	1
<b>No regular</b>	1,3

Se establece un paralelismo entre el aeropuerto de Málaga, donde se realizó el estudio del que se toman estos datos, y el aeropuerto de Valencia, bajo estudio.

- Ambos aeropuertos abren todos los días del año y las 24 horas del día.
- El tráfico presenta estacionalidad en los meses de verano, aunque esta no tiene un carácter fuerte, debido al carácter eminentemente turístico de ambas ciudades.
- El aeropuerto de Valencia se caracteriza por tener un reducido porcentaje de pasajeros en tránsito, al igual que el aeropuerto de Málaga. No son aeropuertos tipo hub.

Tabla 3-16. Numero de equipajes en salidas (llegadas) por hora totales.

<b>Año</b>	<b>Equipajes en salidas (llegadas)/hora</b>
2014	2.883
2015	2.891
2016	2.918
2017	2.978
2018	3.091
2019	3.283
2020	3.593
2021	4.070
2022	4.782
2023	5.839

Estos resultados ponen en evidencia la incapacidad del sistema para absorber las necesidades que se requerirán en un horizonte cercano, al contar, actualmente con una capacidad de tratamiento de 3200 eq/hora, entre las dos terminales existentes.

<sup>11</sup> Extraído del documento “Sistema para inspección automático de equipajes en aeropuertos” de Daniel Salván García, Universidad Pontificia Comillas.

## 3.2. Objetivos

El objetivo primero de este trabajo es modelar y diseñar, y en ningún caso se pretende realizar un proyecto, al carecer este informe de presupuestos y otras partes necesarias para poder considerarlo así, un sistema automatizado de tratamiento de equipajes que se instalará en el aeropuerto de Valencia y que tendrá de tres módulos diferenciados que se corresponderán con cada una de las terminales existentes.

Mediante la instauración de este nuevo sistema se pretende:

- Proporcionar un medio capaz de absorber las necesidades operativas que se presenten en el horizonte del aeropuerto de Valencia de la forma más eficiente y segura.
  - Incrementar la eficiencia del sistema actual de forma que se traduzca en un aumento de la fiabilidad del mismo.
  - Aumentar la satisfacción del cliente al agilizar los procesos y reducir los tiempos necesarios de recogida de equipaje.
  - Satisfacer de la mejor forma posible las necesidades de seguridad exigidas y requeridas por los distintos organismos a nivel nacional e internacional.
- Estratégicamente, mantener el nivel de competencia frente al aeropuerto de Alicante, que ya cuenta con un SATE.

Operacionalmente se pretende:

- Causar el mínimo impacto posible en la operación actual del aeropuerto y/o ofrecer situaciones alternativas que permitan mantener la capacidad operativa.
- Realizar la sustitución y migración del antiguo sistema, así como la integración del nuevo.

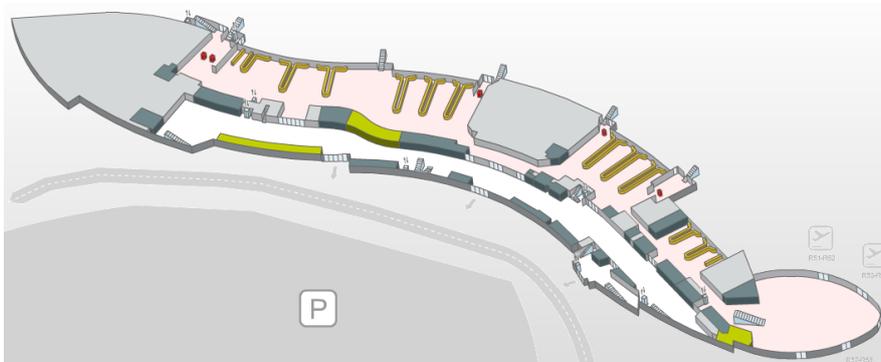
## 4. SITUACIÓN ACTUAL

En este apartado se tratará de introducir las necesidades primarias que tendrá el sistema en función a los requerimientos de distintas áreas. De este modo, el diseño funcional partirá de una base preconcebida que facilitará su realización.

El aeropuerto de Valencia cuenta con tres terminales y con una distribución de llegadas-salidas en dos plantas diferenciadas, salvo para la terminal regional, donde se embarca y se llega en el mismo nivel, aunque se factura en otro distinto.

- Planta 0

Figura 4-1. Cartografía de la planta 0 del aeropuerto de Valencia<sup>12</sup>.



En este nivel se encuentra *Llegadas*. El aeropuerto sólo tiene un área de llegadas, común para las terminales 1, 2 y regional, que se considera perteneciente a la terminal 1. Cuenta con 4 salas de recogida de equipajes distribuidas de la siguiente forma.

Tabla 4-1. Distribución de número de cintas y tipo de tráfico por salas de recogida de equipaje.

Sala	Tipo de tráfico	Numero de cintas	Información
1	Regional	2	-
2	Nacional, comunitario, internacional	3	-
3	Nacional, comunitario	3	-
4	Nacional, comunitario	4	1 para especiales

Adicionalmente, en esta planta se tienen las 10 puertas de embarque de la terminal regional.

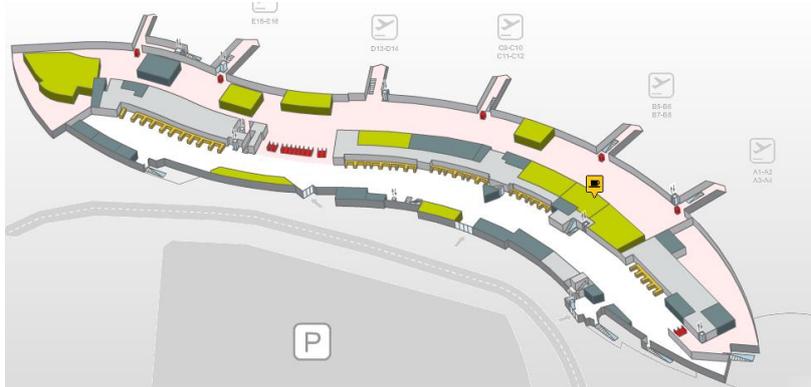
Tabla 4-2. Distribución de puertas de embarque en Planta 0.

Terminal	Puertas de embarque	Tipo de tráfico
Regional	10	Regional y Aviación General

<sup>12</sup> Fuente: AENA

● Planta 1

Figura 4-2. Cartografía de la planta 1 del aeropuerto de Valencia<sup>13</sup>.



En este nivel se encuentra Salidas. Hay un total de 63 mostradores de facturación que se distribuyen de la siguiente forma.

Tabla 4-3. Distribución de mostradores de facturación por terminal y tipo de tráfico.

Terminal	Mostradores	Tipo de trafico	Información
1	30	Nacional, internacional	Autocheckin Iberia
2	21	Nacional, internacional	1 mostrador para especiales
Regional	12	Regionales	Autocheckin Air Nostrum

Los mostradores de facturación se sitúan de forma que siguen un entramado continuo, esto es, no existe una separación física entre los distintos bloques que corresponden a cada terminal.

Por otra parte, existen un total de 18 puertas de embarque repartidas de la siguiente forma.

Tabla 4-4. Distribución de puertas de embarque en Planta 1.

Terminal	Puertas de embarque	Tipo de trafico
1	14	Nacional, internacional y comunitario (Schengen y No Schengen)
2	4	Nacional, internacional y comunitario (Schengen y No Schengen)

Las puertas de embarque de la terminal 1 dan acceso a las pasarelas A, B, C y D (las 3 primeras cuentan con 4 puertas de embarque y la última solo con 2). Las puertas de embarque de la terminal 2 dan acceso a las pasarelas E y F (2 puertas cada una).

<sup>13</sup> Fuente: AENA.

# 5. TRÁFICO: CARACTERIZACIÓN Y EVOLUCIÓN

## 5.1. Distribución de llegadas y salidas

Se realiza, a continuación, un estudio de las salidas distribuidas por tipo de tráfico, terminal y puerta de embarque, así como se establece el número de salidas y llegadas por tramo horario<sup>14</sup>. Tomando los datos de una semana tipo, se obtiene los siguientes resultados.

- Lunes

### -Terminal 1

Tabla 5-1. Distribución de salidas en la terminal 1 el lunes.

Pasarela	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
<b>A</b>	2	6	2	2
<b>B</b>	1	1	0	2
<b>C</b>	0	8	2	0
<b>D</b>	0	3	0	0

### -Terminal 2

Tabla 5-2. Distribución de salidas en la terminal 2 el lunes.

Pasarela	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
<b>E</b>	0	4	1	0
<b>F</b>	2	2	0	0

### -Terminal 3

Tabla 5-3. Distribución de salidas en la terminal 1 el lunes.

Embarque	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
<b>R</b>	20	2	0	0

En cuanto a la distribución del tráfico entre salidas y llegadas se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 5-4. Distribución de salidas y llegadas el lunes.

Tramo horario	Salidas	Llegadas
12 AM-12 PM	23	21
12 PM-12 AM	37	41
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>62</b>
<b>Reparto porcentual</b>	<b>49,18%</b>	<b>50,82%</b>

<sup>14</sup> Datos obtenidos de Flight Stats.

• Martes

-Terminal 1

Tabla 5-5. Distribución de salidas en la terminal 1 el martes.

<b>Pasarela</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>A</b>	1	4	1	2
<b>B</b>	1	0	0	3
<b>C</b>	0	5	1	0
<b>D</b>	1	3	1	0

-Terminal 2

Tabla 5-6. Distribución de salidas en la terminal 2 el martes.

<b>Pasarela</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>E</b>	1	1	2	0
<b>F</b>	1	1	3	0

-Terminal 3

Tabla 5-7. Distribución de salidas en la terminal 3 el martes.

<b>Embarque</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>R</b>	24	2	0	0

En cuanto a la distribución del tráfico entre salidas y llegadas se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 5-8. Distribución de salidas y llegadas el martes.

<b>Tramo horario</b>	<b>Salidas</b>	<b>Llegadas</b>
12 AM-12 PM	19	14
12 PM-12 AM	39	42
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>56</b>
<b>Reparto porcentual</b>	<b>50,88%</b>	<b>49,12%</b>

• Miércoles

-Terminal 1

Tabla 5-9. Distribución de salidas en la terminal 1 el miércoles.

<b>Pasarela</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>A</b>	1	6	0	2
<b>B</b>	0	0	0	1
<b>C</b>	2	4	5	0
<b>D</b>	2	7	0	0

-Terminal 2

Tabla 5-10. Distribución de salidas en la terminal 2 el miércoles.

<b>Pasarela</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>E</b>	2	2	1	0
<b>F</b>	1	3	0	0

-Terminal 3

Tabla 5-11. Distribución de salidas en la terminal 3 el miércoles.

<b>Embarque</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>R</b>	21	2	0	0

En cuanto a la distribución del tráfico entre salidas y llegadas se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 5-12. Distribución de salidas y llegadas el miércoles.

<b>Tramo horario</b>	<b>Salidas</b>	<b>Llegadas</b>
12 AM-12 PM	23	20
12 PM-12 AM	39	42
<b>Total</b>	<b>62</b>	<b>62</b>
<b>Reparto porcentual</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>

- Jueves

-Terminal 1

Tabla 5-13. Distribución de salidas en la terminal 1 el jueves.

<b>Pasarela</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>A</b>	0	6	1	2
<b>B</b>	0	2	0	2
<b>C</b>	0	5	4	0
<b>D</b>	2	4	0	0

-Terminal 2

Tabla 5-14. Distribución de salidas en la terminal 2 el jueves.

<b>Pasarela</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>E</b>	0	3	1	0
<b>F</b>	1	2	0	0

-Terminal 3

Tabla 5-15. Distribución de salidas en la terminal 3 el jueves.

<b>Embarque</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>R</b>	24	2	0	0

En cuanto a la distribución del tráfico entre salidas y llegadas se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 5-16. Distribución de salidas y llegadas el jueves.

<b>Tramo horario</b>	<b>Salidas</b>	<b>Llegadas</b>
12 AM-12 PM	23	19
12 PM-12 AM	38	42
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>61</b>
<b>Reparto porcentual</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>

- Viernes

-Terminal 1

Tabla 5-17. Distribución de salidas en la terminal 1 el viernes.

Pasarela	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
<b>A</b>	1	8	1	2
<b>B</b>	0	2	0	2
<b>C</b>	0	4	5	0
<b>D</b>	0	2	0	0

-Terminal 2

Tabla 5-18. Distribución de salidas en la terminal 2 el viernes.

Pasarela	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
<b>E</b>	1	3	1	0
<b>F</b>	4	3	0	0

-Terminal 3

Tabla 5-19. Distribución de salidas en la terminal 3 el viernes.

Embarque	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
<b>R</b>	25	2	0	0

En cuanto a la distribución del tráfico entre salidas y llegadas se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 5-20. Distribución de salidas y llegadas el viernes.

Tramo horario	Salidas	Llegadas
12 AM-12 PM	24	20
12 PM-12 AM	42	47
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>67</b>
<b>Reparto porcentual</b>	<b>49,63%</b>	<b>50,37%</b>

- Sábado

-Terminal 1

Tabla 5-21. Distribución de salidas en la terminal 1 el sábado.

Pasarela	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
<b>A</b>	3	7	2	2
<b>B</b>	0	2	0	2
<b>C</b>	3	5	5	0
<b>D</b>	0	2	0	0

-Terminal 2

Tabla 5-22. Distribución de salidas en la terminal 2 el sábado.

Pasarela	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
<b>E</b>	1	2	2	0
<b>F</b>	3	2	1	0

-Terminal 3

Tabla 5-23. Distribución de salidas en la terminal 3 el sábado.

<b>Embarque</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>R</b>	28	2	0	0

En cuanto a la distribución del tráfico entre salidas y llegadas se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 5-24. Distribución de salidas y llegadas en la terminal 1 el sábado.

<b>Tramo horario</b>	<b>Salidas</b>	<b>Llegadas</b>
12 AM-12 PM	29	21
12 PM-12 AM	45	53
<b>Total</b>	<b>74</b>	<b>74</b>
<b>Reparto porcentual</b>	<b>49,63%</b>	<b>50,37%</b>

- Domingo

-Terminal 1

Tabla 5-25. Distribución de salidas en la terminal 1 el domingo.

<b>Pasarela</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>A</b>	2	8	0	2
<b>B</b>	0	2	0	2
<b>C</b>	4	7	2	0
<b>D</b>	0	5	0	0

-Terminal 2

Tabla 5-26. Distribución de salidas en la terminal 2 el domingo.

<b>Pasarela</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>E</b>	0	4	2	0
<b>F</b>	0	4	2	0

-Terminal 3

Tabla 5-27. Distribución de salidas en la terminal 3 el domingo.

<b>Embarque</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>R</b>	18	1	0	0

En cuanto a la distribución del tráfico entre salidas y llegadas se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 5-28. Distribución de salidas y llegadas el domingo.

<b>Tramo horario</b>	<b>Salidas</b>	<b>Llegadas</b>
12 AM-12 PM	18	13
12 PM-12 AM	47	52
<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>65</b>
<b>Reparto porcentual</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>

- Total

### -Terminal 1

Tabla 5-29. Distribución de salidas en la terminal 1 total en una semana.

<b>Pasarela</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>A</b>	10	45	7	14
<b>B</b>	2	9	0	14
<b>C</b>	9	38	24	0
<b>D</b>	5	26	1	0

### -Terminal 2

Tabla 5-30. Distribución de salidas en la terminal 2 total en una semana.

<b>Pasarela</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>E</b>	5	19	10	0
<b>F</b>	12	17	6	0

### -Terminal 3

Tabla 5-31. Distribución de salidas en la terminal 3 total en una semana.

<b>Embarque</b>	<b>Nacionales</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>R</b>	160	13	0	0

En cuanto a la distribución del tráfico entre salidas y llegadas se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 5-32. Distribución de salidas y llegadas total en una semana.

<b>Tramo horario</b>	<b>Salidas</b>	<b>Llegadas</b>
<b>Total</b>	<b>446</b>	<b>447</b>
<b>Reparto porcentual</b>	<b>49,95%</b>	<b>50,05%</b>

En base a estos resultados, en lo que sigue se estimara un reparto 50-50 entre salidas y llegadas.

## 5.2. Caracterización del tráfico en salidas

Realizando un análisis de los destinos en los últimos años, se obtiene que la evolución es bastante irregular y resulta difícil de caracterizar.

Figura 5-1. Evolución de los destinos escogidos por los pasajeros del aeropuerto de Valencia.

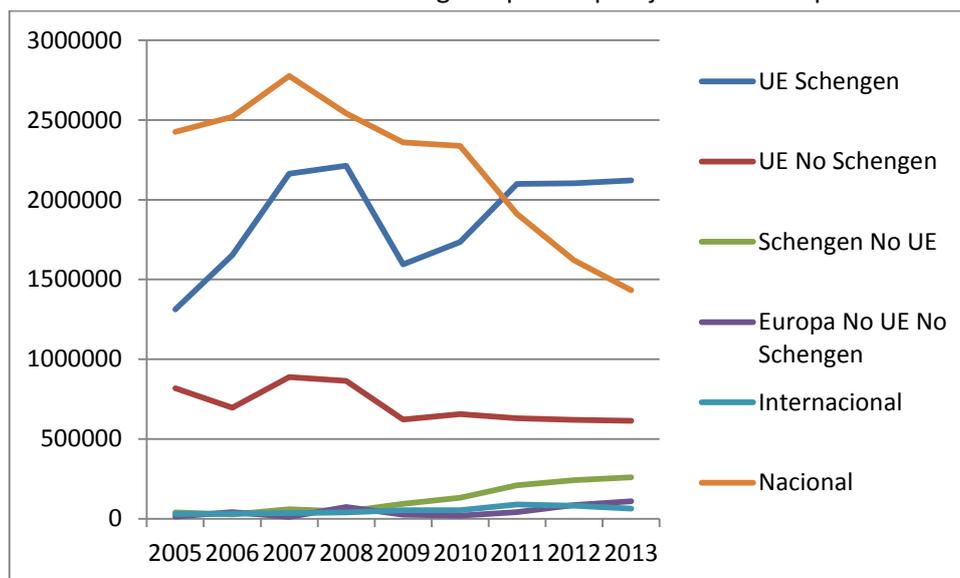


Tabla 5-33. Evolución de los destinos escogidos por los pasajeros del aeropuerto de Valencia.

Año	UE Schengen	UE No Schengen	Schengen No UE	Eu No UE No Schen	Internacional	Nacional
2005	1.313.324	818.708	38.832	13.149	30.123	2.425.178
2006	1.652.758	696.383	27.714	41.974	31.012	2.519.279
2007	2.163.223	888.849	58.568	12.140	34.882	2.775.762
2008	2.214.371	863.855	46.451	73.055	39.292	2.542.319
2009	1.594.366	622.463	92.923	25.391	53.329	2.360.525
2010	1.735.957	656.514	131.075	18.659	54.132	2.337.931
2011	2.098.433	629.615	208.770	40.962	90.108	1.911.623
2012	2.103.951	620.710	241.070	85.277	80.637	1.620.375
2013	2.121.796	613.396	259.031	109.410	63.194	1.433.163

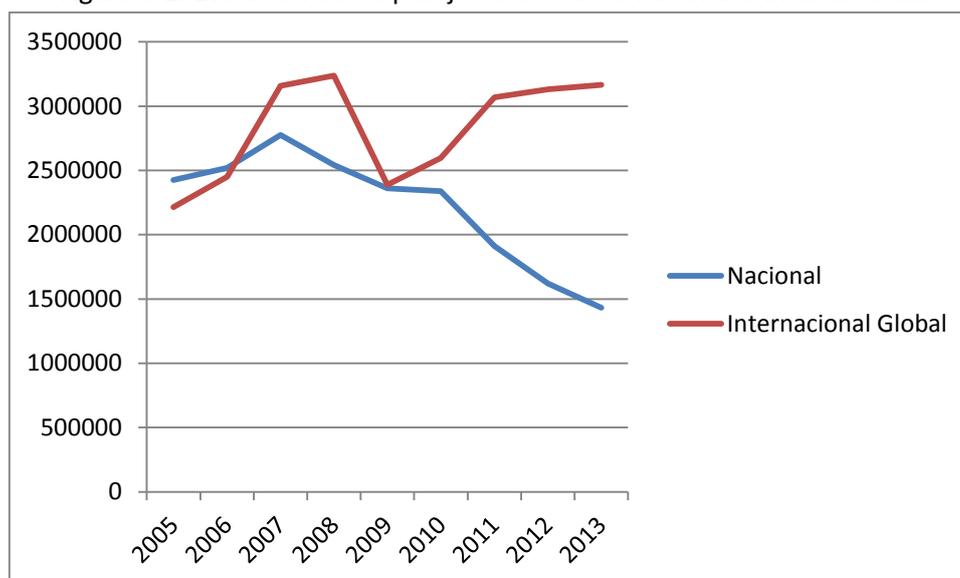
A continuación se presenta el reparto porcentual de los distintos destinos (englobando en Otros a Schengen No UE, Europa No UE No Schengen e Internacional).

Tabla 5-34. Reparto de los destinos escogidos por los pasajeros del aeropuerto de Valencia.

Año	%Nacional	%UE Schengen	%UE No Schengen	%Otros
2005	52,27	28,30	17,64	1,76
2006	50,69	33,26	14,01	2,02
2007	46,78	36,45	14,98	1,77
2008	43,98	38,31	14,94	2,74
2009	49,70	33,57	13,10	3,61
2010	47,38	35,18	13,30	4,13
2011	38,38	42,14	12,64	6,82
2012	34,09	44,27	13,06	8,56
2013	31,15	46,12	13,33	9,3

Se observa que las variaciones que sufren a lo largo de los años estos porcentajes no muestran una tendencia definida que permita establecer claramente una distribución extrapolable a los resultados que se obtuvieron en la previsión de pasajeros. Sin embargo, y aunque como muestra el gráfico inferior la evolución del tráfico nacional-internacional parece seguir un patrón en el que los pasajeros de vuelos nacionales desciende casi linealmente, resulta aceptable admitir que los pasajeros nacionales no van a seguir esa tendencia hasta su desaparición.

Figura 5-2. Evolución de los pasajeros en tráfico nacional e internacional.



A la vista de los datos mostrados, se trabajará suponiendo una distribución de destinos que se reparten como sigue:

- 40% Nacional
- 60% Internacional

Tabla 5-35. Horizonte de pasajeros totales y PHD nacionales e internacionales.

Año	Pax Nacionales	Pax Internacionales	PHDIleg=PHDsal Nacionales	PHDIleg=PHDsal Internacionales
2014	2.152.511	3.228.767	1.146	1.720
2015	2.159.210	3.238.816	1.150	1.725
2016	2.178.654	3.267.981	1.160	1.741
2017	2.223.276	3.334.914	1.184	1.777
2018	2.308.318	3.462.478	1.230	1.845
2019	2.453.494	3.680.241	1.307	1.960
2020	2.685.233	4.027.849	1.430	2.146
2021	3.040.959	4.561.439	1.620	2.430
2022	3.574.560	5.361.840	1.904	2.857
2023	4.364.344	6.546.516	2.325	3.488

Sin embargo, resulta necesario desgranar todavía más los datos de pasajeros internacionales en aras de caracterizar lo mejor posible el sistema. Por ejemplo, el equipaje de

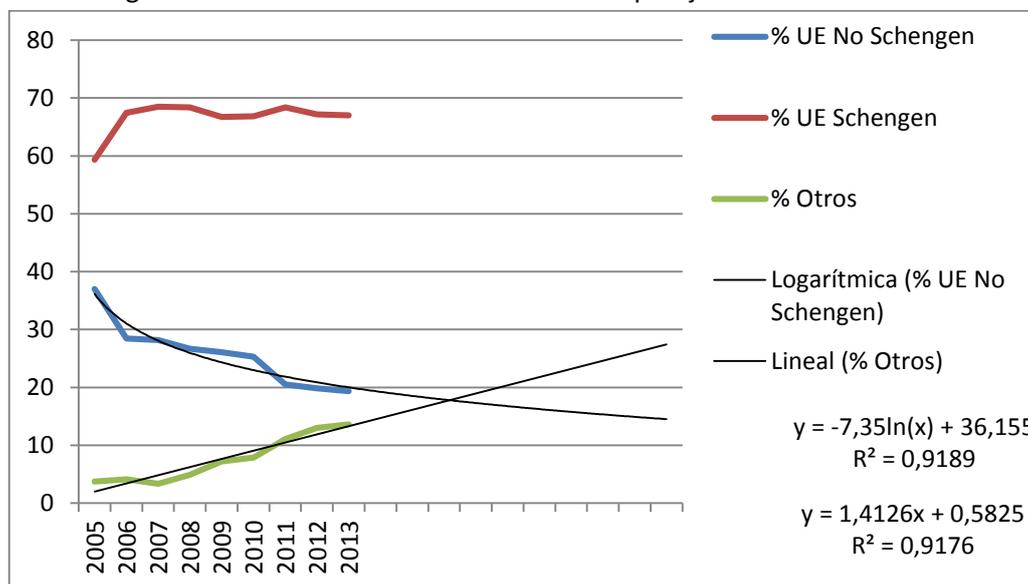
un pasajero en tránsito procedente de un país UE Schengen no tendrá que pasar los mismos controles que otro procedente de un país ajeno a Unión Europea y no firmante de Schengen. A continuación se presenta el reparto porcentual del tráfico internacional de los últimos años clasificado en las mismas 3 categorías diferentes que se emplearon anteriormente.

Tabla 5-36. Reparto porcentual de los pasajeros internacionales en los últimos años.

Año	% UE Schengen	% UE No Schengen	% Otros
2005	59,31	36,97	3,70
2006	67,46	28,42	4,11
2007	68,50	28,14	3,34
2008	68,40	26,68	4,90
2009	66,75	26,06	7,18
2010	66,86	25,28	7,85
2011	68,39	20,52	11,07
2012	67,18	19,82	12,99
2013	67,00	19,36	13,62

Si se representan gráficamente estos resultados, se observa que parece existir una tendencia en los tres grupos en los que se ha clasificado el tráfico internacional. En efecto, se realizan regresiones a dos de las tres curvas (de forma que los resultados arrojados por la tercera se puedan deducir de estos y evitar así el sistema incompatible).

Figura 5-3. Tendencia de la evolución de los pasajeros internacionales.



Tomándose las dos tendencias que presentaban un mayor ajuste y extrapolando los resultados se obtiene el reparto porcentual de pasajeros de UE Schengen, UE No Schengen y Otros. Haciendo uso de la prognosis que se obtuvo antes de los pasajeros internacionales totales, es posible obtener, a su vez, el número de pasajeros en dichas 3 categorías.

Tabla 5-37. Distribución de pasajeros internacionales hasta el horizonte 2023.

Año	Pax UE Schengen	Pax UE No Schengen	Pax Otros
2014	2.132.940	620.924	474.903
2015	2.116.516	600.168	522.132
2016	2.097.403	597.580	572.998
2017	2.144.044	577.027	613.843
2018	2.177.317	580.239	704.922
2019	2.280.950	598.070	801.221
2020	2.458.577	635.452	933.820
2021	2.740.167	699.309	1.121.963
2022	3.167.772	799.491	1.394.577
2023	3.801.217	950.120	1.795.179

Para estar en disposición de obtener datos que sean de ayuda para el diseño del sistema, se calculan los PHD de cada una de las clasificaciones.

Tabla 5-38. Distribución de PHD internacionales hasta el horizonte 2023.

Año	PHD UE Schengen	PHD UE No Schengen	PHD Otros
2014	1137	331	253
2015	1128	320	278
2016	1118	318	305
2017	1142	307	327
2018	1160	309	376
2019	1215	319	427
2020	1310	339	498
2021	1460	373	598
2022	1688	426	743
2023	2025	506	957

Aplicando la hipótesis de número de equipaje por tipo de pasajero empleada anteriormente, se tiene que, en el horizonte 2023 se obtendría la siguiente distribución.

Tabla 5-39. Equipajes horas en el horizonte 2023.

Año	Eq/h Nacional	Eq/h UE Sch	Eq/h UE No Sch	Eq/h Otros
2023	2335	2034	508	961

### 5.3. Mostradores de facturación

Por otra parte, haciendo uso de los datos anteriores.

Tabla 5-40. Distribución del tráfico por sectores de mostradores en el horizonte.

	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
<b>Mostradores 1-12</b>	78,82%	7,78%	33,33%	0%
<b>Mostradores 13-42</b>	12,81%	70,66%	64,58%	100%
<b>Mostradores 43-63</b>	8,37%	21,56%	2,09%	0%

Tabla 5-41. Número de equipajes/hora por sectores de mostradores en el horizonte.

	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
<b>Mostradores 1-12</b>	1840	158	0	0
<b>Mostradores 13-42</b>	300	1437	339	961
<b>Mostradores 43-63</b>	195	439	169	0

Tabla 5-42. Capacidades media y pico que tiene cada mostrador de un sector en el horizonte.

	Capacidad media por mostrador	Capacidad de pico por mostrador
<b>Mostradores 1-12</b>	167 eq/h	200 eq/h
<b>Mostradores 13-42</b>	102 eq/h	122 eq/h
<b>Mostradores 43-63</b>	39 eq/h	46 eq/h

En aras de optimizar los mostradores ya existentes, se realiza un reparto proporcional, considerando que los mostradores de la terminal 2 (del 43 al 63) pueden llegar a trabajar con una capacidad media de 80 equipajes por hora, lo que supone que se podrían absorber 861 equipajes más (287 equipajes hora por cada categoría). Pese a ello, la terminal regional no presenta unos valores admisibles, por lo que será necesaria la instalación de 7 mostradores de facturación adicionales.

Tabla 5-43. Capacidades media y de pico corregidas y necesidades.

	Capacidad media por mostrador	Capacidad de pico por mostrador	Necesidades
<b>Mostradores 1-12</b>	130 eq/h	146 eq/h	7 mostradores
<b>Mostradores 13-42</b>	87 eq/h	98 eq/h	No presenta
<b>Mostradores 43-63</b>	80 eq/h	90 eq/h	No presenta

Se realiza a continuación el procedimiento que la IATA determina como oportuno para calcular el número de mostradores de facturación de forma que se compruebe si estas medidas tomadas son suficientes.

- Paso A. Calcular los 30 minutos de demanda máxima en facturación.

$$\text{Máx. Pax. en 30 min} = \text{PHP CE} \times F1 \times F2$$

donde *Máx. Pax. en 30 min* es el número de pasajeros en los 30 minutos de demanda máxima, PHP CE son los pasajeros hora punta de origen y de clase económica, F1 es el % del PHP en el pico de 30 minutos determinado mediante tablas y F2 es la demanda adicional generada por los vuelos de salida antes y después del periodo punta, también determinado mediante tablas.

En primer lugar se requiere el número de vuelos en hora punta, que resulta ser de 6 y cuyos destinos son todos domésticos, Schengen o internacional de corto alcance. Se obtiene una  $F1=0,3$ .

Tabla 5-44. Determinación de vuelos en hora punta y origen.

Número de vuelos durante el periodo de hora punta	Domésticos/Schengen/Internacional de corto alcance	Internacional de largo alcance
1	39%	29%
2	36%	28%
3	33%	26%
4 o mas	30%	25%

A continuación, se determinan los pasajeros de la hora anterior y de la posterior a la hora punta, de forma que se pueda obtener la constante F2.

Tabla 5-45. Número de pasajeros en la hora punta, la hora previa y la posterior.

Hora	Pasajeros	% de PHP	Tipo trafico
11 AM-12 PM	95	10,6%	Doméstico, UE Schengen
12 PM-1 PM	902	Hora punta	Doméstico, UE Schengen, UE No Schengen
1 PM-2 PM	478	53%	Doméstico, UE Schengen

Entrando en las tablas proporcionadas se obtiene F2=1,14.

Tabla 5-46. Obtención de la constante F2.

Carga de pax en hora antes y después % de PHP	Domestico	UE Schengen e Internacional corto alcance	Internacional largo alcance
90%	1,37	1,43	1,62
80%	1,31	1,40	1,54
70%	1,26	1,35	1,47
60%	1,22	1,30	1,40
50%	1,18	1,25	1,33
40%	1,14	1,20	1,26
30%	1,11	1,15	1,19
20%	1,07	1,10	1,12
10%	1,03	1,06	1,06

Atendiendo a los datos que se obtuvieron en los apartados anteriores y considerando una distribución de 90-10 % en cuanto a clase económica-business, se tiene PHP CE=3271, por lo que,

$$\text{Máx. Pax. en 30 min} = 3271 \times 0,3 \times 1,14 = 1119$$

- Paso B. Determinación de resultado intermedio S que tenga en cuenta el máximo tiempo en cola MQT.

Los estándares de tiempo de espera que marca la IATA quedan recogidos en la siguiente tabla.

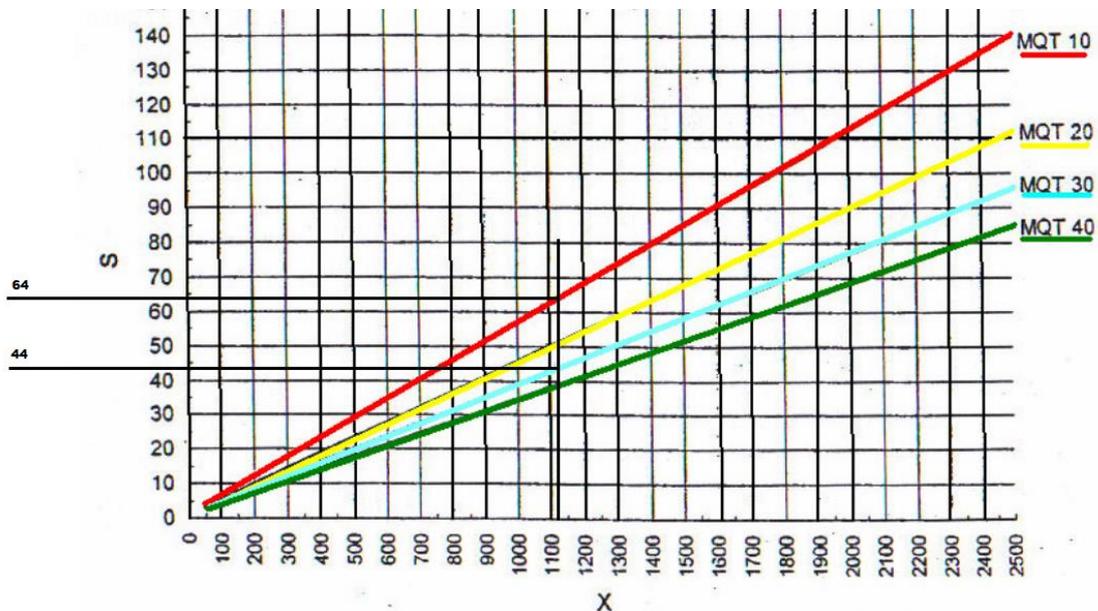
Tabla 5-47. Tiempos de espera aceptables según la IATA.

Clase facturación	De corto a aceptable (min)	De aceptable a largo (min)
Económica	0-12	12-30
Business	0-3	3-5

Atendiendo a estos datos, se tomaran dos escenarios para entrar en la gráfica correspondientes a

- MQT=10 minutos, aceptable.
- MQT=30 minutos, que marca el límite.

Figura 5-4. Obtención del número de mostradores en escenario límite y aceptable.



Se obtiene

- Escenario aceptable -> S=64 mostradores
- Escenario límite -> S=44 mostradores

- Paso C. Cálculo de mostradores de clase económica (uso común en periodo de demanda máxima).

El número de mostradores viene dado por la siguiente expresión,

$$CIY = Sx(PTcl/120)$$

Para PTcl, que es el tiempo medio de procesado de facturación en segundos, se toman 90 segundos.

- Escenario aceptable -> CIY=48 mostradores
- Escenario límite -> CIY=33 mostradores

- Paso D. Número total de mostradores (incluyendo business).

Los mostradores business, CIJ, se estiman como el 20% de los mostradores para clase económica.

- Escenario aceptable -> CIJ=10 mostradores. CI=58 mostradores totales.

- Escenario limite -> CIJ=7 mostradores. CI=40 mostradores totales.

Como en el aeropuerto de Valencia existen 70 mostradores de facturación no presenta problemas de capacidad por picos de demanda.

#### 5.4. Caracterización del tráfico en llegadas.

La distribución actual del aeropuerto de Valencia reparte las salas de recogida de equipaje de la siguiente manera:

Tabla 5-48. Ubicación de las salas de recogida de equipaje.

Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4
Terminal Regional	T1-Pasarelas A y B	T1-Pasarelas C y D	Terminal 2

Tabla 5-49. Distribución de los equipajes por salas.

	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
Sala 1	78,82%	7,78%	0%	0%
Sala 2	5,91%	32,34%	14,58%	100%
Sala 3	6,90%	38,32%	52,09%	0%
Sala 4	8,37%	21,56%	33,33%	0%

Tabla 5-50. Número de equipajes/hora por origen y sala de recogida.

	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
Sala 1	1840	158	0	0
Sala 2	138	658	74	961
Sala 3	162	779	265	0
Sala 4	195	439	169	0

#### 5.5. Equipajes en transferencia

En cuanto al número de tránsitos, se tiene que el porcentaje de estos es muy reducido. Atendiendo a los datos de los últimos años.

Tabla 5-51. Número de pasajeros en tránsito y proporción respecto del total desde 2005-2013.

Año	Pasajeros en tránsito	% del total
2005	10.547	0,23%
2006	19.782	0,40%
2007	16.521	0,28%
2008	9.283	0,16%
2009	14.616	0,31%

<b>2010</b>	15.459	0,31%
<b>2011</b>	10.060	0,20%
<b>2012</b>	13.463	0,28%
<b>2013</b>	5.388	0,12%

Figura 5-5. Representación del número de pasajeros en tránsito y su línea de tendencia.

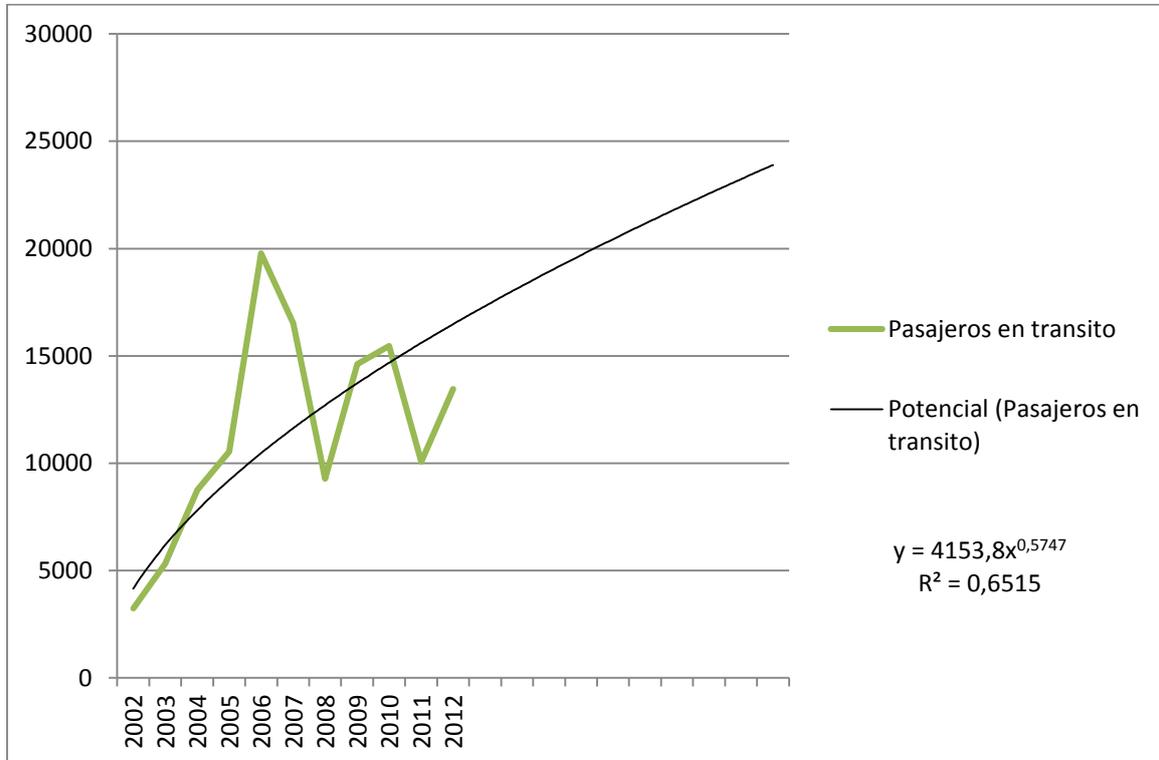


Tabla 5-52. Tránsito de pasajeros en el aeropuerto de Valencia hasta el horizonte 2023.

<b>Año</b>	<b>Pasajeros en tránsito</b>	<b>% respecto total</b>
<b>2014</b>	18.139	0,34
<b>2015</b>	18.929	0,35
<b>2016</b>	19.694	0,36
<b>2017</b>	20.439	0,37
<b>2018</b>	21.163	0,37
<b>2019</b>	21.870	0,36
<b>2020</b>	22.560	0,34
<b>2021</b>	23.235	0,31
<b>2022</b>	23.896	0,27
<b>2023</b>	24.543	0,22

Tabla 5-53. PHD en tránsito totales y por categorías de origen.

<b>Año</b>	<b>PHDIleg tránsito</b>	<b>Nacional</b>	<b>UE Schengen</b>	<b>UE No Schengen</b>	<b>Otros</b>
<b>2014</b>	10	4	4	1	1
<b>2015</b>	10	4	4	1	1
<b>2016</b>	10	4	4	1	1
<b>2017</b>	11	4	5	1	1
<b>2018</b>	11	4	5	1	1
<b>2019</b>	12	5	5	1	1

<b>2020</b>	12	5	5	1	1
<b>2021</b>	13	5	5	2	1
<b>2022</b>	13	5	5	2	1
<b>2023</b>	13	5	5	2	1

Los equipajes de los pasajeros en tránsito con origen nacional, UE Schengen y UE No Schengen no deben pasar nuevamente los controles de seguridad (salvo petición expresa del Estado Miembro del que procede el bulto). Esto implica que todos esos equipajes tendrán circuitos que se reincorporarán al principal tras el paso de los distintos niveles de seguridad. Por el contrario, el resto si deben pasar nuevamente los requisitos de seguridad exigidos.

Tabla 5-54. Numero de equipajes en tránsito que pasan controles de seguridad.

<b>Año</b>	<b>Eq/h tránsito</b>	<b>No pasan controles seguridad</b>	<b>Sí pasan controles seguridad</b>
<b>2014</b>	10	9	1
<b>2015</b>	10	9	1
<b>2016</b>	11	10	1
<b>2017</b>	11	10	1
<b>2018</b>	11	10	1
<b>2019</b>	12	11	1
<b>2020</b>	12	11	1
<b>2021</b>	13	12	1
<b>2022</b>	13	12	1
<b>2023</b>	13	12	1

## 6. PARTES INTEGRANTES DEL SISTEMA

### 6.1. Subsistema de entrada

Los equipajes acceden al subsistema de entrada a través de los mostradores de facturación. El primer elemento de esta área son las líneas que trasladan las maletas, ya validadas de medidas y peso, hasta la colectora, que se sitúa de forma perpendicular a estas cintas. Existe un dispositivo que controla la inyección de las distintas bajantes en paralelo en la cinta para evitar colapsos en el sistema. Además, la inyección de los equipajes a la colectora debe realizarse mediante sistemas de vuelco que sitúen a la maleta tumbada. El equipaje, todavía en la colectora, desciende, a través de una cinta con pendiente, hasta la planta 0. En ella, la maleta será resituada mediante posicionadores para orientarla de forma correcta antes de caer sobre la bandeja.

Los equipajes especiales cuentan con su propio mostrador de facturación que cuenta con una cinta propia adecuada para las medidas de los equipajes que va a tratar. En cuanto al equipaje en transferencia, su subsistema de entrada estará formado por el punto de inyección de las maletas, situado en el patio de carrillos.

La zona del check-in y la banda de entrega de equipaje son los únicos puntos de contacto entre el pasajero y el sistema de tratamiento de equipaje que son, a la vez, puesto de trabajo de los empleados de la compañía aérea.

Tabla 6-1. Especificaciones de las cintas transportadoras.

Ítem	Especificación
Ancho cinta normales	970 mm
Ancho cinta especiales	1200 mm
Velocidad	Hasta 2 m/s
Longitud del transportador	Hasta 18 m
Carga móvil	60 kg/m
Inclinaciones	Hasta 18º
Tiempo de vida de los rodamientos	>70000 h
Altura de los protectores laterales	400 mm

Figura 6-1. Cinta transportadora CrisBelt de Beumer Group.



## 6.2. Subsistema de transporte

### 6.2.1. Selección de la tecnología

En primer lugar debe definirse el tipo de tecnología que se empleará de entre las distintas posibles.

- Sistema de transporte independiente.

Se trata de dispositivos que alojan la maleta y que se mueven sobre raíles. Recogen el equipaje tras bajar a la planta baja y lo acompañan hasta el final de su trayecto. Tienen capacidad para volcar su contenido. Cuentan con las siguientes especificaciones.

Tabla 6-2. Especificaciones del sistema de transporte independiente.

Ítem	Especificación
Velocidad máxima	10 m/s
Aceleración máxima	1,5 m/s
Velocidad de carga	0-1 m/s
Velocidad de descarga	0-2m/s
Capacidad de carga (alimentación)	920-2400 equipajes/hora
Capacidad de descarga	920-2400 equipajes/hora
Radio de giro	≥1250mm/2500mm/5000mm
Longitud mínima/máxima del equipaje	200/1000 mm
Ancho mínimo/máximo del equipaje	200/750 mm
Altura mínima/máxima del equipaje	70/500 mm
Peso mínimo/máximo	0,5/60 kg

Figura 6-2. Sistema de transporte independiente Autover Overall de Beumer Group.



Admitiendo la incorporación de 7 mostradores nuevos en la terminal regional, tal y como se explicó anteriormente, y el establecimiento de 3 módulos diferenciados, tal como lo están las distintas terminales, se tienen las siguientes necesidades.

Tabla 6-3. Necesidades del sistema y capacidad del sistema de transporte independiente.

Módulo	Necesidad Facturación	Capacidad máxima sistema
Mostradores 1-12 (TR)	1567 eq/h	2400 eq/h
Mostradores 13-42 (T1)	2607 eq/h	2400 eq/h
Mostradores 43-63 (T2)	1664 eq/h	2400 eq/h

Como se puede observar en la tabla superior, tanto en el primer módulo como en el tercero, los mostradores de facturación tienen una necesidad menor en equipajes/hora que el subsistema de clasificación, por lo que no existe ningún problema con el sistema de transporte independiente. Por contra, en el segundo módulo (el que corresponde actualmente a la Terminal 1), la capacidad del sistema sería insuficiente para cubrir la demanda de equipajes estimada. Se requerirían, por tanto, 2 circuitos independientes de menor capacidad para este módulo (por ejemplo, dos circuitos con capacidad cada uno de 1400 eq/h, de forma que con un total de 2800 eq/h se cubra la demanda de 2607 eq/h).

Tabla 6-4. Necesidades del sistema para el sistema de transporte independiente.

Módulo	Necesidades del sistema
Mostradores 1-12 (TR)	1 circuito 1700 eq/h
Mostradores 13-42 (T1)	2 circuitos 1400 eq/h
Mostradores 43-63 (T2)	1 circuito 1700 eq/h

- Sistema de bandejas.

Se trata de bandejas que albergan en su interior a cada maleta. Las bandejas se desplazan en líneas con alta trazabilidad, unos raíles que accionan la bandeja mediante tiras de cinta, rodillos y ruedas. Cuenta con las siguientes especificaciones.

Tabla 6-5. Especificaciones del sistema de bandejas.

Ítem	Especificación
Velocidad	0,5-10 m/s
Velocidad de clasificación nominal	2,3 m/s
Capacidad de descarga dinámica	3000 bandejas/h
Capacidad de descarga estática	1800 bandejas/h
Longitud mínima/máxima del equipaje	150/2100 mm
Ancho mínimo/máximo del equipaje	50/750 mm
Altura mínima/máxima del equipaje	50/550 mm
Peso mínimo/máximo del equipaje	0,5/75 kg

Figura 6-3. Sistema de bandejas CrisBag de Beumer Group.



Bajo las mismas hipótesis que en el caso anterior, se tienen las siguientes necesidades del sistema.

Tabla 6-6. Necesidades del sistema para el sistema de transporte independiente.

Módulo	Necesidad Facturación	Capacidad máxima sistema
Mostradores 1-12 (TR)	1567 eq/h	3000 eq/h
Mostradores 13-42 (T1)	2607 eq/h	3000 eq/h
Mostradores 43-63 (T2)	1664 eq/h	3000 eq/h

Los mostradores de facturación tienen una necesidad menor en equipajes/hora que este subsistema de transporte, por lo que no es necesario introducir en el sistema más de un circuito para cada parte.

Tabla 6-7. Necesidades del sistema para el sistema de transporte por bandejas.

Módulo	Necesidades del sistema
Mostradores 1-12 (TR)	1 circuito 1700 eq/h
Mostradores 13-42 (T1)	1 circuito 2800 eq/h
Mostradores 43-63 (T2)	1 circuito 1700 eq/h

En aras de preservar al máximo la superficie ocupada por el SATE, se escoge el sistema con bandejas.

### 6.2.2. Descripción

Cada maleta cae, individualmente, sobre una bandeja. El subsistema de transporte actúa como vertebrador de la estructura, llevando al equipaje a través de los distintos niveles de seguridad, a los almacenes de equipajes tempranos o directamente a la clasificadora. A grandes rasgos, una bandeja que atraviese los niveles 1, 2 y 3 de seguridad tendrá, a su salida, que tomar una de las siguientes líneas.

- Línea que avanza hasta el siguiente nivel de seguridad.
- Línea que desvía al equipaje hasta la clasificadora.

- Línea que transporta al equipaje hasta el almacén de equipajes tempranos.

Además forman parte del subsistema de transporte tanto la línea que traslada las bandejas vacías desde la clasificadora hasta su almacén como la que traslada las bandejas desde el propio almacén hasta su inyección en el sistema.

Los equipajes especiales, que ya han descendido a través de un ascensor, son transportados en su propio circuito a través de dos niveles de seguridad.

### 6.3. Subsistema de inspección

Los equipajes se inspeccionan automáticamente y en función de su aptitud se dirigen hacia el patio de carrillos (aprobados) o hacia el siguiente nivel de seguridad. En el primer nivel los equipajes deberán pasar por una máquina de inspección con EDS (Explosive Detection System) incluido. En el nivel 2 de seguridad se realiza una resolución en pantalla gracias a las imágenes obtenidas en el primer nivel y la tecnología implementada por la tomografía computarizada, que son analizadas en la sala de control por personal cualificado, que podrá aprobar los equipajes que ya no se consideren sospechosos. Este proceso en un sistema en línea permite no detener el flujo de maletas hasta que se toma una determinación. En el nivel 3 los equipajes que todavía no han sido aclarados se someterán a una inspección manual mediante el uso de máquinas con capacidad para detectar trazas de explosivos (ETD, Explosive Trade Detection). Finalmente, los rechazados se dirigirán al nivel 4, un punto en el que se tratará de reconciliar al pasajero con su equipaje, de forma que la maleta pueda ser aprobada si los técnicos de seguridad estiman, tras entrevistas al pasajero u otras medidas pertinentes, que no supone una amenaza. En este caso, se reincorporara a través del punto de inyección del nivel 3. En cualquier otro caso, el equipaje abandonará el sistema.

Los equipajes especiales acceden directamente al nivel 3 de seguridad.

#### 6.3.1. Selección de la tecnología y descripción técnica

- Nivel 1: Zona de screening mediante EDS

Los equipajes llegan a la zona de screening a través del subsistema de transporte. La línea principal se divide en tantas ramas como máquinas EDS sean necesarias para cubrir la demanda del sistema.

Cuando una maleta accede a la máquina EDS es escaneada, se toma una decisión, indicando mediante la generación de una alarma si dicho equipaje se considera aclarado o no.

Por lo general, los equipajes aclarados abandonan el sistema de seguridad considerablemente rápido (siempre dependiendo del lay-out escogido) y representan una amplia mayoría de todas las maletas escaneadas, la variación del porcentaje exacto dependerá del tipo de unidad EDS empleada.

En la siguiente tabla se tienen las potenciales máquinas EDS existentes.

Tabla 6-8. Relación de máquinas EDS y sus especificaciones según la TSA (Transportation Security Administration).

Product	Category	False alarm rate	OSR clear rate	Average OSR time (sec)	Belt Speed (meter/second)	Belt Speed (feet/minute) 1 <sup>st</sup> Queue Before EDS	Idealized Throughput (28" bag with 12" spacing)	95% Throughput (bags per hour)
L-3 eXaminer XLB	High-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.34	70	1260	1197
MDI CTX 9800 DSi	High-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.30	60	1080	1026
Smiths HI-SCAN 10080 XCT	High-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.5	100	1800 <sup>(6)</sup>	1710 <sup>(6)</sup>
L-3 eXaminer 3DX 6700	Medium-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.15	30	540	513
L-3 eXaminer 3DX ES	Medium-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.20	40	720	684
MDI CTX 9800 DSi	Medium-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.20	40	720	684
MDI CTX 5800	Medium-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.14	30	540	513 <sup>(6)</sup>
L-3 eXaminer SX	Mini In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.10	N/A	360 <sup>(10)</sup>	342 <sup>(6)</sup>
L-3 eXaminer SX	Stand-alone EDS CBIS	SSI	SSI	20	0.10	N/A	360 <sup>(10)</sup>	N/A
MDI CTX 5800	Mini In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.14	N/A	399 <sup>(10)</sup>	379 <sup>(6)</sup>
MDI CTX 5800	Stand-alone EDS CBIS	SSI	SSI	20	0.14	N/A	399 <sup>(10)</sup>	N/A
Reveal CT-80DR+	Stand-alone EDS CBIS	SSI	SSI	30	N/A <sup>(5)</sup>	N/A <sup>(5)</sup>	TBD <sup>(10)</sup>	N/A
Reveal CT-80DR+	Mini-In-line CBIS	SSI	SSI	30	N/A <sup>(5)</sup>	N/A <sup>(5)</sup>	TBD <sup>(10)</sup>	TBD <sup>(6)</sup>
SureScan X1000	Medium-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	30	N/A <sup>(5)</sup>	N/A <sup>(5)</sup>	620	589
MDI CTX 9400 DSi	Medium-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	30	N/A <sup>(5)</sup>	N/A <sup>(5)</sup>	458	N/A
Reveal CT-80DR	Stand-alone and Mini In-line CBIS	SSI	SSI	30	N/A <sup>(5)</sup>	N/A <sup>(5)</sup>	220	N/A
Reveal CT-80DRXL	Stand-alone and Mini In-line CBIS	SSI	SSI	30	N/A <sup>(5)</sup>	N/A <sup>(5)</sup>	180	N/A
MDI CTX 5500 DS	Stand-alone EDS CBIS	SSI	SSI	30	N/A <sup>(5)</sup>	N/A <sup>(5)</sup>	220	N/A
L-3 eXaminer 3DX 6600	Medium-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.15	30	540	513 <sup>(7)</sup>
L-3 eXaminer 3DX 6600 ES	Medium-Throughput In-line CBIS	SSI	SSI	20	0.20	40	720	684 <sup>(6)</sup>

Se describen a continuación los 3 tipos de sistemas de screening que potencialmente se pueden instalar en el aeropuerto de Valencia por sus características.

● **Tipo de sistema 1. En línea de alto rendimiento.**

Se hace uso de máquinas EDS de alta velocidad y, además, se presupone un alto nivel de integración y un diseño cuidado de la infraestructura de transporte en línea, proporcionando una capacidad suficiente de gestión de colas y tiempo de circulación suficiente en el caso de la resolución en pantalla, manteniendo un alto rendimiento y seguimiento adecuado del equipaje.

Este tipo de sistema está ideado para proporcionar soluciones a aeropuertos que requieran sistemas en línea completamente automatizados, diseñados para tratar picos muy elevados. Las máquinas EDS de alta velocidad alcanzan, al menos, un rendimiento de 900 equipajes por hora con una tasa de *alarmas falsas* bajo.

Se exponen a continuación 3 modelos de máquinas que se enmarcan dentro de los tipos de sistema de alto rendimiento.

**1. L-3 eXaminer XLB**

Figura 6-4. L-3 eXaminer XLB.



Figura 6-5. Medidas de la L-3 eXaminer XLB.



Cuenta con las siguientes especificaciones.

Tabla 6-9. Especificaciones de la L-3 eXaminer XLB.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	20 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	3/1,6x1x0,55 m
95 % rendimiento	1197 equipajes por hora

L1 es longitud máxima de equipaje que la maquina puede escanear y L2 es longitud standard de equipaje que la maquina puede escanear.

## 2. MDI CTX 9800 DSi

Figura 6-6. MDI CTX 9800 DSi.



Figura 6-7. Medidas de la MDI CTX 9800 DSi.

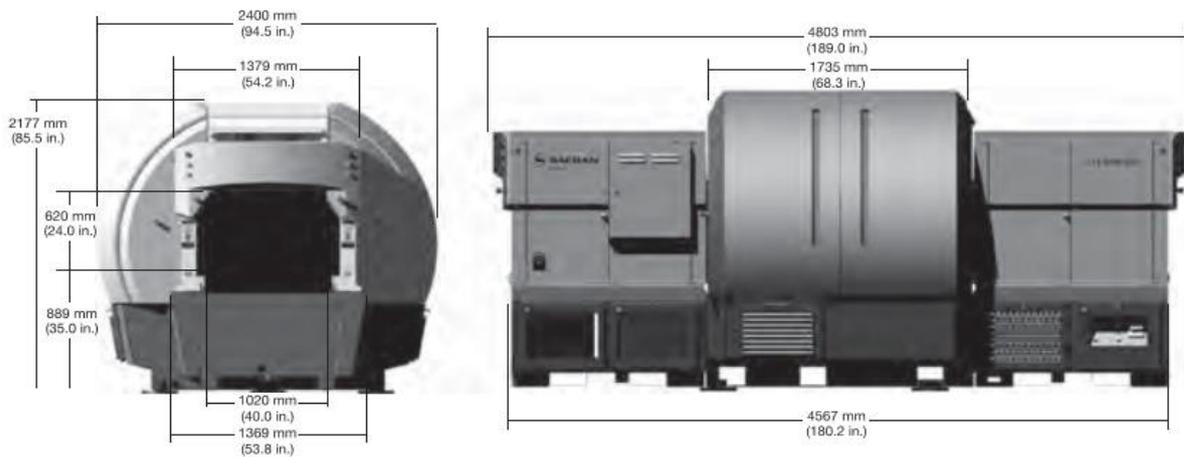


Tabla 6-10. Especificaciones de MDI CTX 9800 DSi.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	20 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	2,5x1x0,6* m
95 % rendimiento	1026 equipajes por hora

\*La entrada es cóncava, cuanto más ancho sea el equipaje, menor será la altura permitida.

### 3. Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT

Figura 6-8. Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT.



Figura 6-9. Medidas Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT.

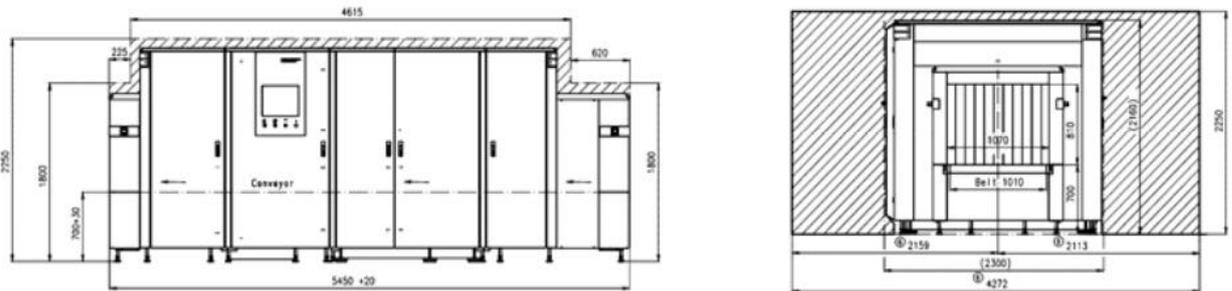


Tabla 6-11. Especificaciones Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	20 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	3,8/1,6x1x0,8 m
95 % rendimiento	1710 equipajes por hora

- **Tipo de sistema 2. En línea de rendimiento medio.**

También cuentan con tecnología EDS multiplexada, con máquinas que pueden tratar tasas de 400 a 900 equipajes por hora.

## 1. MDI CTX 9400 Dsi

Figura 6-10. MDI CTX 9400 DSi.



Figura 6-11. Medidas de la MDI CTX 9400 DSi.

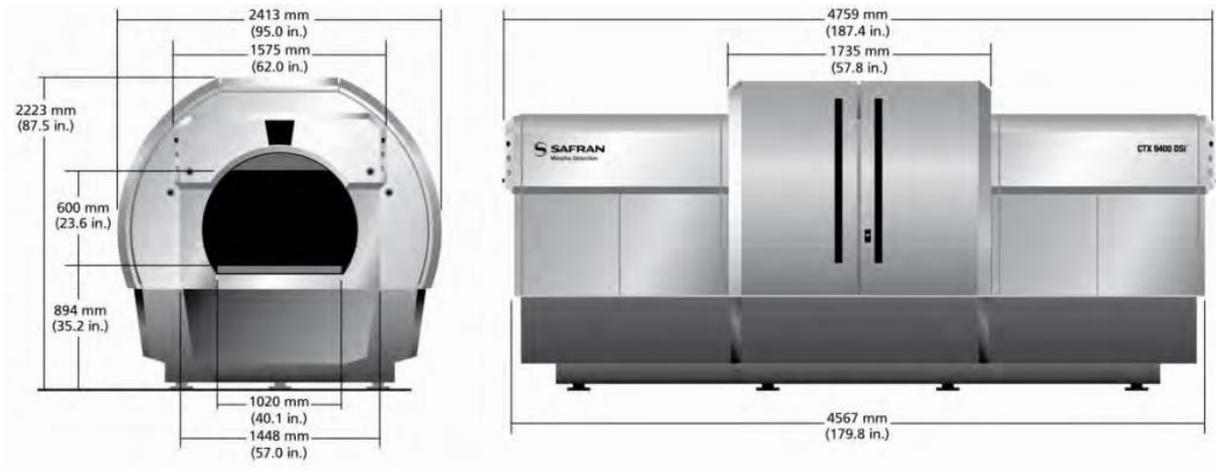


Tabla 6-12. Especificaciones de la MDI CTX 9400 DSi.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	30 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	1,4x1,016x0,61* m
95 % rendimiento	458 equipajes por hora

\*La entrada es cóncava, cuanto más ancho sea el equipaje, menor será la altura permitida.

## 2. MDI CTX 9800 Dsi

Figura 6-12. MDI CTX 9800 DSi.



Figura 6-13. Medidas de la MDI CTX 9800 DSi.

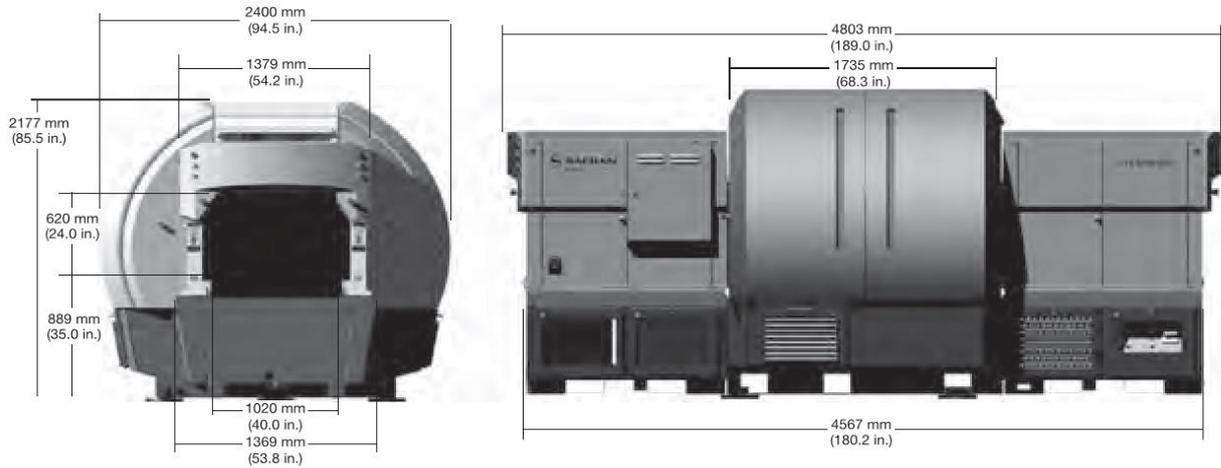


Tabla 6-13. Especificaciones de la MDI CTX 9800 DSi.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	20 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	2,5x1x0,6* m
95 % rendimiento	684 equipajes por hora

\*La entrada es cóncava, cuanto más ancho sea el equipaje, menor será la altura permitida.

### 3. L3 eXaminer 3DX 6600

Figura 6-14. L3 eXaminer 3DX 6600.



Figura 6-15. Medidas de la L3 eXaminer 3DX 6600.

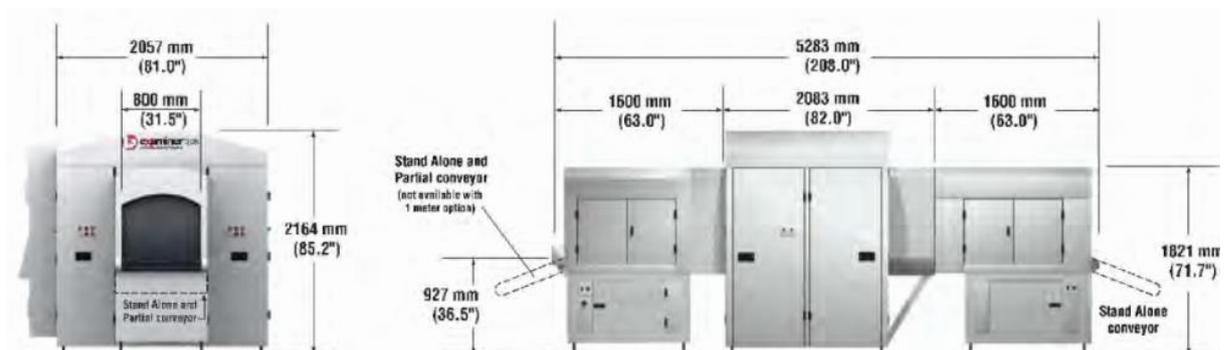


Tabla 6-14. Especificaciones de la L3 eXaminer 3DX 6600.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	20 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	2,54/1,65x0,79x0,62 m
95 % rendimiento	513 equipajes por hora

#### 4. L3 eXaminer 3DX 6700

Figura 6-16. L3 eXaminer 3DX 6700.



Figura 6-17. Medidas de la L3 eXaminer 3DX 6700.

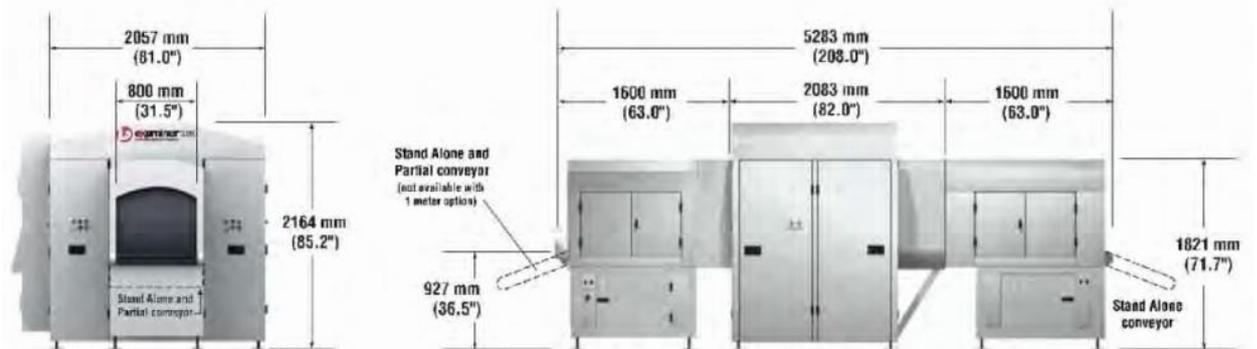


Tabla 6-15. Especificaciones de la L3 eXaminer 3DX 6700.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	20 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	2,54/1,65x0,79x0,62 m
95 % rendimiento	513 equipajes por hora

## 5. L3 eXaminer 3DX 6600 ES

Figura 6-18. L3 eXaminer 3DX 6700.



Figura 6-19. Medidas de la L3 eXaminer 3DX 6700.

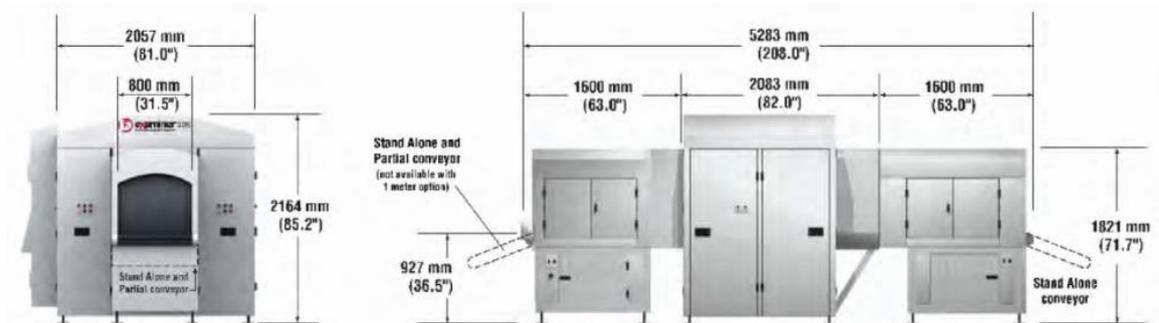


Tabla 6-16. Especificaciones de la L3 eXaminer 3DX 6700.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	20 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	2,54/1,65x0,79x0,62 m
95 % rendimiento	684 equipajes por hora

## 6. L3 eXaminer 3DX ES

Figura 6-20. L3 eXaminer 3DX ES.



Figura 6-21. Medidas de la L3 eXaminer 3DX ES.

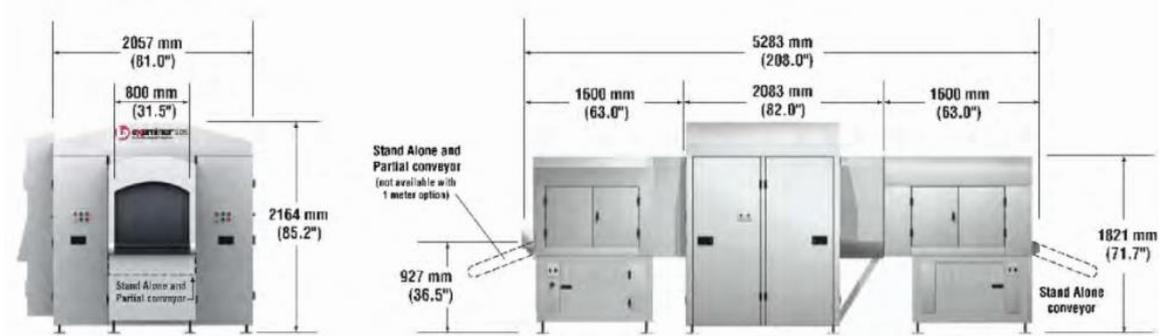


Tabla 6-17. Especificaciones de la L3 eXaminer 3DX ES.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	20 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	2,54/1,65x0,79x0,62 m
95 % rendimiento	684 equipajes por hora

## 7. Surescan X1000

Figura 6-22. Surescan X1000.



Figura 6-23. Medidas en pulgadas de la Surescan X1000.

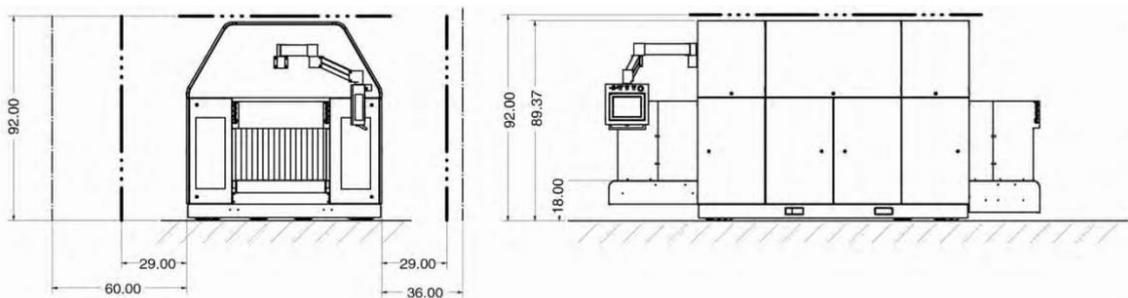


Tabla 6-18. Especificaciones de la Surescan X1000.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	30 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	1,57x0,99x0,61 m
95 % rendimiento	589 equipajes por hora

## 8. Rapiscan RTT80

Figura 6-24. Rapiscan RTT80.



Figura 6-25. Medidas de la Rapiscan RTT80.

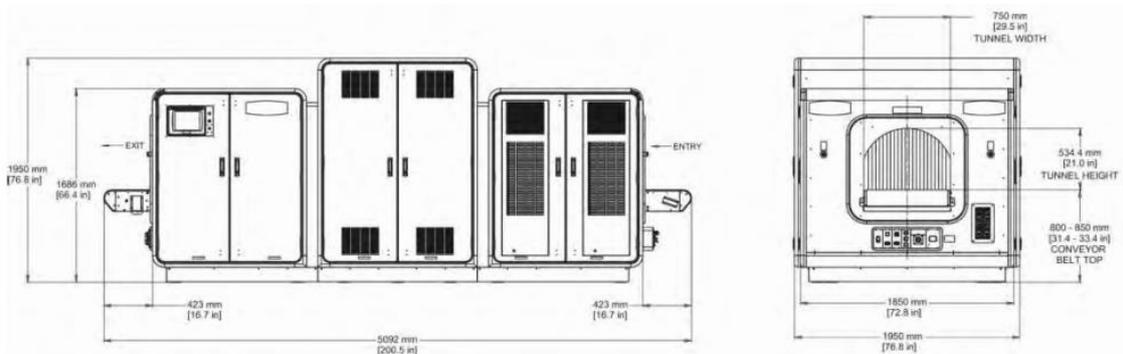


Tabla 6-19. Especificaciones de la Rapiscan RTT80.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	30 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	2,49x0,76x0,43* m
95 % rendimiento	855 equipajes por hora

\*La entrada es cóncava, cuanto más ancho sea el equipaje, menor será la altura permitida.

### ● Tipo de sistema 3. En línea de rendimiento bajo.

Este tipo de sistemas acostumbran a ser más simples y a requerir una menor superficie. Pueden localizarse más cerca de los mostradores de facturación o del área de recogida de equipaje, lo que ayuda a reducir el tiempo de viaje de la maleta así como aumenta la fiabilidad frente al fallo. Son sistemas descentralizados, al contrario que los dos casos anteriores, por lo que se necesita un número mayor de equipos y personal. Se consiguen rendimientos de entre 100 y 220 equipajes por hora.

Se debe tener en cuenta que no se pueden emplear este tipo de sistema para soportar una configuración de *espera de decisión* (el equipaje permanece en el interior o en la salida de la maquina mientras *se resuelve en pantalla* con las imágenes obtenidas) sin que el rendimiento sea severamente penalizado. Además, se debe proporcionar el espacio suficiente tanto antes como después de la maquina EDS para evitar caídas de equipaje, hecho que se

incrementa cuando la maquina EDS está situada muy cerca de los mostradores de facturación y se ve muy reducida la distancia de transporte con la consiguiente acumulación de equipajes.

**1. MDI CTX 5800**

Figura 6-26. MDI CTX 5800.



Figura 6-27. Medidas de la MDI CTX 5800.

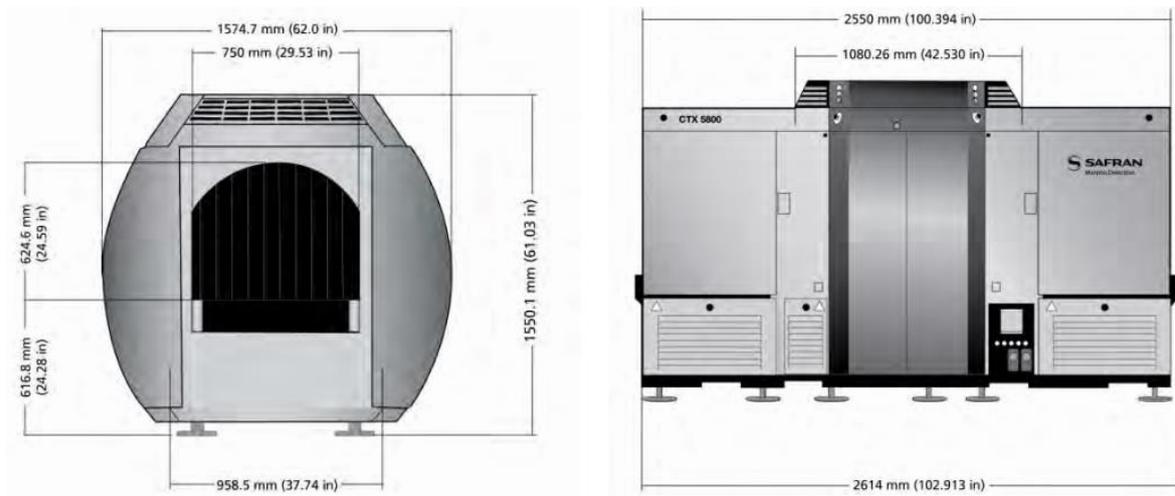


Tabla 6-20. Especificaciones de la MDI CTX 5800.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	20 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	N/Ax0,75x0,6* m
95 % rendimiento	379 equipajes por hora

\*La entrada es cóncava, cuanto más ancho sea el equipaje, menor será la altura permitida.

## 2. Reveal CT-80 DR

Figura 6-28. Reveal CT-80 DR.

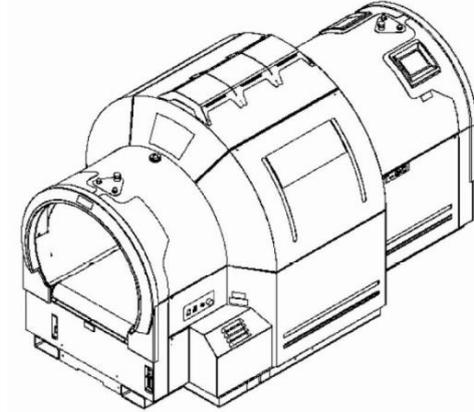


Figura 6.29. Medidas de la Reveal CT-80 DR.

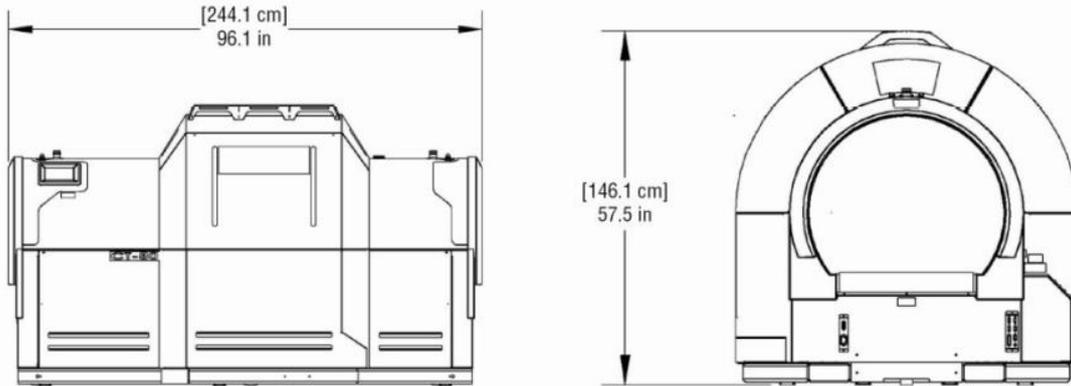


Tabla 6-21. Especificaciones de la Reveal CT-80 DR.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	30 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	1,19x0,8x0,63 m
95 % rendimiento	100-220 equipajes por hora

## 3. Reveal CT-80 DR XL

Figura 6-30. Reveal CT-80 DR XL.



Figura 6-31. Medidas de la Reveal CT-80 DR XL.

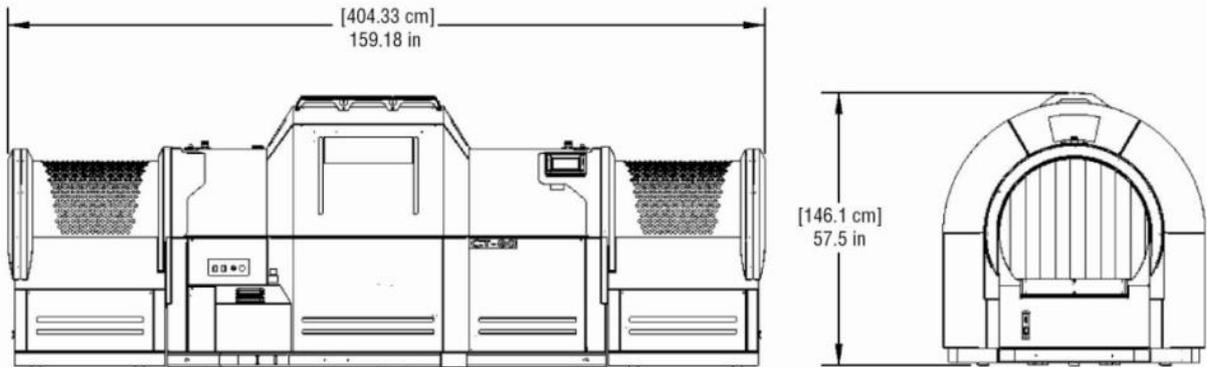


Tabla 6-22. Especificaciones de la Reveal CT-80 DR XL.

Ítem	Especificación
Tiempo medio resolución en pantalla	30 s
Tamaño máximo del equipaje (L1/L2xWxH)	2,5x0,8x0,63 m
95 % rendimiento	100-220 equipajes por hora

A continuación se presentan distintos elementos correspondientes a la planificación, permitiendo desarrollar y evaluar distintas alternativas para establecer la tecnología del nivel 1 del aeropuerto. Se debe tener en cuenta tanto la configuración física de la terminal, con las posibles limitaciones que ello conlleve, como los datos técnicos relativos a los propios equipos.

El primer criterio para seleccionar las máquinas es comprobar que no existen problemas con las máximas dimensiones permitidas en facturación por el aeropuerto de Valencia. Todas las máquinas cumplen con este requisitos.

El segundo criterio se basa en el área bruta en planta que necesitaría la instalación del número de máquinas calculado en la tabla anterior. Para ello, es necesario calcular, en primer lugar, el número de máquinas que será necesario de cada modelo.

Tabla 6-23. Número de máquinas necesarias para cada módulo.

Modelo	Rendimiento	Eq/h	Neds1	Neds2	Neds3
L3 eXaminer XLB	Alto	1197	2	3	2
MDI CTX 9800 Dsi	Alto	1026	2	3	2
Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT	Alto	1710	1	2	1
Mdi CTX 9400 Dsi	Medio	458	4	6	4
MDi CTX 9800 Dsi	Medio	684	3	4	3
L3 eXaminer 3DX 6600	Medio	513	4	5	4
L3 eXaminer 3DX 6700	Medio	513	4	5	4
L3 eXaminer 3DX 6600 ES	Medio	684	3	4	3
L3 eXaminer 3DX ES	Medio	684	3	4	3
Surescan X1000	Medio	589	3	5	3
Rapiscan RTT80	Medio	855	2	4	2
Mdi CTX 5800	Bajo	379	5	7	5

Reveal CT-80 DR	Bajo	220	8	12	8
Reveal CT-80 DR XL	Bajo	220	8	12	8

Neds es el número de máquinas EDS no redundantes.

Sin embargo, este dato sólo aporta información si nos indica cuanto ocupa cada set de máquinas, ya que las correspondientes a rendimientos bajos suelen ser más pequeñas y las correspondientes a rendimientos altos suelen ser más robustas.

Tabla 6-24. Área ocupada por cada set de máquinas para cada módulo.

Modelo	Rendimiento	Área 1	Área 2	Área 3
L3 eXaminer XLB	Alto	18,92 m <sup>2</sup>	28,38 m <sup>2</sup>	18,92 m <sup>2</sup>
MDI CTX 9800 Dsi	Alto	16,8 m <sup>2</sup>	25,2 m <sup>2</sup>	16,8 m <sup>2</sup>
Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT	Alto	11,71 m <sup>2</sup>	23,42 m <sup>2</sup>	11,71 m <sup>2</sup>
Mdi CTX 9400 Dsi	Medio	34,26 m <sup>2</sup>	51,39 m <sup>2</sup>	34,26 m <sup>2</sup>
MDi CTX 9800 Dsi	Medio	25,09 m <sup>2</sup>	33,44 m <sup>2</sup>	25,09 m <sup>2</sup>
L3 eXaminer 3DX 6600	Medio	28,56 m <sup>2</sup>	35,69 m <sup>2</sup>	28,56 m <sup>2</sup>
L3 eXaminer 3DX 6700	Medio	28,56 m <sup>2</sup>	35,69 m <sup>2</sup>	28,56 m <sup>2</sup>
L3 eXaminer 3DX 6600 ES	Medio	21,42 m <sup>2</sup>	28,56 m <sup>2</sup>	21,42 m <sup>2</sup>
L3 eXaminer 3DX ES	Medio	21,42 m <sup>2</sup>	28,56 m <sup>2</sup>	21,42 m <sup>2</sup>
Surescan X1000	Medio	26,16 m <sup>2</sup>	43,6 m <sup>2</sup>	26,16 m <sup>2</sup>
Rapiscan RTT80	Medio	17,83 m <sup>2</sup>	35,65 m <sup>2</sup>	17,83 m <sup>2</sup>
Mdi CTX 5800	Bajo	15,54 m <sup>2</sup>	21,76 m <sup>2</sup>	15,54 m <sup>2</sup>
Reveal CT-80 DR	Bajo	21,54 m <sup>2</sup>	32,32 m <sup>2</sup>	21,54 m <sup>2</sup>
Reveal CT-80 DR XL	Bajo	32,56 m <sup>2</sup>	48,84 m <sup>2</sup>	32,56 m <sup>2</sup>

Para aeródromos de la envergadura del aeropuerto de Valencia y que, además, presentan un buen crecimiento, no se recomienda el uso de sistemas de bajo rendimiento. Los sistemas de alto y medio rendimiento posibilitan operar al máximo nivel con menor número de máquinas, lo que, al margen de la superficie implicada, permite reducir el número de componentes del SATE (es menos complejo desde un punto de vista físico y lógico, lo que se traduce en mayor fiabilidad de la estructura). También se reduce el personal necesario, así como el mantenimiento necesario. Además, como se ha comentado, en un aeropuerto con crecimiento positivo, un sistema de alto rendimiento se adapta considerablemente mejor frente a posibles reconfiguraciones.

En aras de ocupar el menor espacio posible se selecciona el sistema de alto rendimiento Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT.

Según el Reglamento (EU) Nº 1087/2011 de 27 de Octubre de 2011, que modifica el Reglamento (EU) Nº 185/2010, por el que se establecen medidas detalladas para la aplicación de las normas básicas comunes de seguridad aérea, en lo relativo a los equipos de detección de explosivos, indica en los consiguientes apartados:

-12.4. 2. 10. que la Norma 3 (Standard 3) será aplicable a todos los EDS instalados a partir del 1 de septiembre de 2014.

-12.4. 2. 11 que todos los EDS deberán adecuarse a la Norma 3 el 1 de septiembre de 2020 a más tardar, a menos que sea de aplicación el punto 12. 4. 2. 8.

-12. 4. 2. 8 La autoridad competente podrá permitir que los EDS conformes a la Norma 2 instalados entre el 1 de enero de 2011 y el 1 de septiembre de 2014 puedan seguir utilizándose hasta el 1 de septiembre de 2022, a más tardar.

La Norma 3 pretende certificar en Europa los niveles de detección mínimos exigidos, para lo que se necesita una máquina que permita actuar como tomógrafo. Con este nuevo estándar se pasa a una exigencia superior para tratar las amenazas a la seguridad.

El HI-SCAN 10080 XCT cuenta con la certificación EU / ECAC Standard 3 y está diseñado, por tanto, para cumplir con las exigencias para máquinas EDS instaladas más allá del 1 de septiembre de 2014, como es el caso. Además, según un comunicado de prensa de agosto de 2014 de la empresa Beumer, la combinación de un sistema en bandejas junto al HI SCAN 10080 Smiths Detection's XCT recibe la certificación CEAC 3 para el screening-en-bandeja.

*-Redundancia del equipo EDS*

Se han estimado las necesidades de máquinas EDS en las condiciones de funcionamiento normal del aeropuerto. Sin embargo, pese a seleccionar un sistema de alta fidelidad, no se puede asumir que no va a fallar en ningún momento. Las EDS se sitúan en el primer nivel de seguridad y es la tecnología de screening principal en la inspección de equipajes, por lo que la redundancia debe estar asegurada en caso de que las máquinas existentes queden inoperables en determinados intervalos de tiempo.

Los equipos redundantes se deben calcular basándose en una evaluación del número de aparatos necesarios para mantener una disponibilidad del 99% de la capacidad de diseño. Datos obtenidos por la Asociación de la Seguridad en el Transporte (TSA) americana, revelan que las máquinas están funcionales un 98% del tiempo. Con objeto de diseñar el sistema, se exige que cada máquina esté operativa un 98%-o más-del tiempo, mientras que el conjunto de máquinas lo este un 99% del mismo. Basado en este último objetivo y con estos datos proporcionados se debe cumplir.

Tabla 6-25. Criterio de la TSA para la redundancia de máquinas EDS.

Si Neds < 7	Neds+1
Si Neds >= 7	Neds+2

Como se calculó anteriormente, en ningún módulo se requieren 7 o más máquinas, por tanto, se necesitarán las siguientes cantidades para cubrir el nivel 1 de seguridad.

Tabla 6-26. Selección final de la tecnología para el nivel 1 de seguridad.

Modelo	Neds1	Neds2	Neds3	Neds Total
Smiths Detection HI-SCAN 10080 XCT	2	3	2	7

- Nivel 2: Resolución en pantalla

Los equipajes que generan una alarma automática en la unidad EDS quedan definidos como *no aclarados* y avanzan por el sistema hasta un punto de decisión a través de la denominada línea de resolución en pantalla.

Las imágenes del equipaje no aclarado son enviadas a la sala de resolución en pantalla donde se trata de decidir nuevamente la denominación de la maleta (equipaje aclarado o no). Si para cuando la maleta llega al punto crítico no ha sido posible tomar una decisión, el estado de maleta se considera *desconocido* y se trata como maleta sospechosa, siendo así enviada al nivel 3 de seguridad. Cuando se toma la decisión, o en ausencia de esta, se comunica al sistema automatizado que se encarga de desviar correctamente el equipaje.

El sistema de resolución en pantalla debe tener en cuenta el número de máquinas EDS (el original, no contando las redundantes). El número de estaciones OSR se calcula como sigue

$$\text{Nosr} = (\text{Neds} \times \text{Reds} \times \text{FAeds}) / \text{Rosr}$$

donde Neds es el número de máquinas EDS no redundantes, Reds es el rendimiento de dichas máquinas, FA su tasa de alarmas falsas y Rosr es el rendimiento de la estación de resolución en pantalla, que se calcula como sigue

$$\text{Rosr} = 3600 / \text{tosr}$$

siendo tosr el tiempo del proceso de resolución en pantalla, por lo que, en nuestro caso resulta

$$\text{Rosr} = 3600 / 20 = 180$$

Sin embargo, de las tasas de alarma falsa solo se conoce que son mayores, normalmente, para vuelos internacionales debido a que los equipajes de estos vuelos suelen tener un contenido más denso y desordenado, lo que propicia un mayor ratio de alarmas por equipaje, sin embargo, no se puede disponer del dato técnico asociado al modelo seleccionado por considerarse este dato clasificado por seguridad.

- Nivel 3: Inspección manual con tecnología ETD

Las maletas no aclaradas en el nivel 2, las *desconocidas*, las posibles erróneas y los equipajes especiales llegan al nivel 3 de seguridad. A través del identificador del equipaje se recuperan las imágenes del nivel 1 de forma que el operario está en disposición de identificar y ubicar los objetos sospechosos. Así, manualmente, y utilizando un equipo ETD, se despejan los posibles peligros. Los equipajes que se hayan podido aclarar son reinsertados en el flujo de maletas principal.

Se selecciona el equipo IONSCAN 500 DT de Smiths Detection, que tiene un tiempo de análisis de 8 segundos y que permite la detección de más de 40 sustancias diferentes.

Figura 6-32. IONSCAN 500 DT de Smiths Detection.



Tabla 6-27. Características técnicas de IONSCAN 500 DT de Smiths Detection.

Ítem	Característica
Tiempo de análisis	5-8 s
Tiempo de arranque	30 m
Peso	9 kg
Medidas con pantalla replegada	40 x 31 x 40 cm
Medidas con pantalla desplegada	40 x 57 x 40 cm

- Nivel 4: Reconciliación

El pequeño número de equipajes que no hayan sido resueltos en los niveles anteriores y que, por tanto, siguen considerados como amenaza deben ser reconciliados con sus propietarios.

#### 6.4. Subsistema de clasificación

La clasificadora consta de una vía elíptica por la que circulan una serie de bandejas basculantes que reciben los equipajes ya aprobados. Estas bandejas vierten la maleta en los containers dedicados de forma que el equipo de handling se ocupa de su carga en el avión.

Figura 6-33. Sistema de clasificación Crisplant LS 4000e de Beumer Group.



## 6.5. Subsistema de almacenaje

Existen dos clases de almacenes.

- Las bandejas que circulan por el subsistema de transporte y que contienen al propio equipaje cuentan con un almacén donde se depositan.
- Los equipajes que lleguen antes de que el avión esté disponible para ser cargado deberán ser enviados al almacén de equipajes tempranos tras ser aprobados en algún nivel de seguridad.

En cada módulo se habilitarán almacenes para albergar el equipaje temprano. Cada compartimento tendrá las siguientes medidas.

Tabla 6-28. Medidas de los compartimentos de los almacenes de equipaje temprano.

Alto	Ancho	Profundidad
50 cm	50 cm	100 cm

Por consideraciones de espacio, cada módulo tendrá una capacidad diferente, así como configuraciones distintas.

### ● Módulo 1

La terminal regional es la que presenta más problemas de espacio, por lo que se opta por dos sectores enfrentados, situados físicamente en el mismo espacio. Cada una de las secciones cuenta con las siguientes características.

Tabla 6-29. Características del almacén de equipajes tempranos del módulo 1.

Alto	Ancho	Capacidad sección
4 m	5 m	80 equipajes

Por lo que el almacén de equipajes tempranos del módulo 1 tendrá una **capacidad de 160 equipajes**.

### ● Módulo 2

En este caso ocurre lo contrario que en el anterior. La terminal 1 es la que cuenta con más área en planta y la que tiene que tratar más equipajes. En aras de simplificar el trazado de las distintas líneas con las que cuenta el sistema, se crean dos zonas diferenciadas, cada una con un sector del almacén de equipajes tempranos. Uno de los sectores es alimentado por las maletas aprobadas en el primer nivel de seguridad, mientras que el otro es alimentado por las maletas aprobadas en los niveles 2 y 3. Esto se debe a que el número de equipajes aprobados en el primer nivel de seguridad es muy similar a la suma de los aprobados en los niveles 2 y 3 de seguridad.

Tabla 6-30. Distribución de equipajes según su procedencia.

Aprobados nivel 1	50,06%
Aprobados niveles 2 y 3	49,94%

Haciendo uso de esta proporción, se puede establecer una analogía con la cantidad de elementos que provendrán de cada nivel. Ambos sectores cuentan con las mismas dimensiones y capacidad, y tienen las siguientes características.

Tabla 6-31. Características del almacén de equipajes tempranos del módulo 2.

Alto	Ancho	Capacidad sección
4 m	10 m	160 equipajes

Por lo que el almacén de equipajes tempranos del módulo 2 tendrá una **capacidad de 320 equipajes**.

- Módulo 3

Al igual que en el módulo anterior, se establecen dos zonas diferenciadas para simplificar el layout de este módulo del SATE. Se aplica el mismo criterio que en el caso anterior con respecto a la procedencia de los equipajes.

Tabla 6-32. Características del almacén de equipajes tempranos del módulo 3.

Alto	Ancho	Capacidad sección
4 m	8 m	128 equipajes

Por lo que el almacén de equipajes tempranos del módulo 3 tendrá una **capacidad de 256 equipajes**. El SATE tendrá una **capacidad total para almacenar 736 equipajes tempranos**.

Tabla 6-33. Capacidades por módulos y total para almacenar equipajes tempranos.

<b>Módulo 1</b>	160 equipajes
<b>Módulo 2</b>	320 equipajes
<b>Módulo 3</b>	256 equipajes
<b>Capacidad total</b>	<b>736 equipajes</b>

## 6.6. Subsistema de transferencias

El sistema cuenta con una línea que reinyecta al equipaje en transferencia en el recorrido principal, de forma que el equipo de handling sólo debe verter el equipaje sobre ella para que éste pueda volver a ser clasificado.

## 6.7. Sistema de llegadas de destino final

Cuando se descarga el equipaje de bodega de un avión que llega al aeropuerto, se dispone de una serie de líneas de llegada que trasladan al equipaje a su hipódromo de recogida asignado.

## 6.8. Sistema de gestión y control

El SATE cuenta con una sala de control en la que se tienen monitorizadas todas las áreas del sistema y desde donde se toman las decisiones pertinentes a la organización y disposición del mismo (sentido de las cintas, velocidades,...). Además, todo el sistema está vigilado por cámaras que están centralizadas en este centro, lo que permite gestionar adecuadamente las distintas partes. Es, básicamente, el centro neurálgico desde donde se dirige todo el sistema, donde reciben todas las señales y se establecen los distintos algoritmos que permiten automatizar el sistema, como se verá más adelante.

# 7. DIMENSIONAMIENTO. APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS.

---

## 7.1. Introducción a teoría de colas

Para estar en disposición de dimensionar el sistema, es necesario conocer el número de equipajes que, en un instante determinado, se encuentran en cada parte de la estructura. Se trata, por tanto, de determinar las líneas de espera en cada módulo haciendo uso de teoría de colas.

Se comienza a modelar el sistema definiendo sus características principales:

- Modelo de llegadas de clientes, que indica el número de clientes que llegan al sistema por unidad de tiempo, esto es, el número de maletas que llegan a cada componente del sistema por unidad de tiempo.
- Modelo de servicio, que indica el número de clientes atendidos por unidad de tiempo, esto es, el número de maletas que cada componente puede tratar por unidad de tiempo.
- Disciplina de cola, que indica el orden en el que se atienden a los clientes, esto es, qué criterio se va a seguir para tratar a las maletas en su llegada.
- Capacidad del sistema, que indica el número máximo de clientes que puede haber en el sistema, esto es, el máximo número de maletas plausible en un componente.
- Número de canales de servicio, que indica el número de mostradores que atiende a los clientes, esto es, el número de dispositivos habilitados en cada módulo para atender a las maletas.
- Número de etapas de servicios, que indica el número de estados en los que se divide el trabajo, cada cual con su cola independiente y su mostrador respectivo.

En primer lugar cabe determinar si se escogerán modelos deterministas o estocásticos para representar las llegadas y el servicio de las maletas en los distintos módulos del sistema.

Los modelos deterministas producen siempre las mismas salidas como respuesta a las mismas entradas, esto es, el azar no es un factor a tener en cuenta, así como tampoco el principio de incertidumbre. Por otra parte, los modelos estocásticos, o probabilísticos, permiten que una misma entrada arroje como resultado diferentes salidas; interviene, de esta forma, el azar. Para sistemas caóticos en los que algunos elementos se desconocen con anticipación se recomienda usar modelos estocásticos, al ser incapaces los métodos deterministas de predecir acertadamente la mayoría de sus características.

Un evento se repite de forma aleatoria a lo largo del tiempo. Se representan los intervalos de tiempo que pasan entre dos ocurrencias del suceso mediante variables aleatorias  $T$ , que son independientes unas de otras, con distribución  $\exp(\lambda)$ . Al adoptar una distribución exponencial, tanto en llegadas como en servicio, se implica que la probabilidad de que lleguen  $n$  clientes al sistema en un intervalo de tiempo  $t$  es

$$P_n(t) = [((\lambda t)^n/n!)] \cdot \exp(-\lambda t)$$

Alternativamente, el tiempo entre llegadas se define como la probabilidad de que no llegue ningún cliente al sistema

$$P_0(t) = \exp(-\lambda t)$$

El uso del patrón de llegadas (o en su caso, de servicio) Poisson-exponencial, implica que el número de llegadas en intervalos de tiempo no superpuestos es estadísticamente independiente. Además, y debido a la propiedad de falta de memoria, la probabilidad de que falten  $t$  unidades para que llegue el siguiente cliente es independiente de cuánto tiempo ha transcurrido ya sin que llegue ningún cliente.

## 7.2. Aplicación al sistema

A continuación se plantea el problema de colas aplicado a nuestro sistema. Para ello, se debe establecer en primer lugar la distribución de equipajes aprobados en cada nivel de seguridad. Se toman estos datos del proyecto de diseño de un SATE al aeropuerto de Málaga, justificando esta elección en las analogías antes expuestas. En la siguiente tabla se presenta el porcentaje de equipajes que atravesaran cada nivel.

Tabla 7-1. Porcentaje de equipajes que atraviesan cada nivel de seguridad.

Nivel de seguridad	Equipajes que realizan el nivel
Nivel 1	100,00%
Nivel 2	50,00%
Nivel 3	3,50%
Nivel 4	0,05%

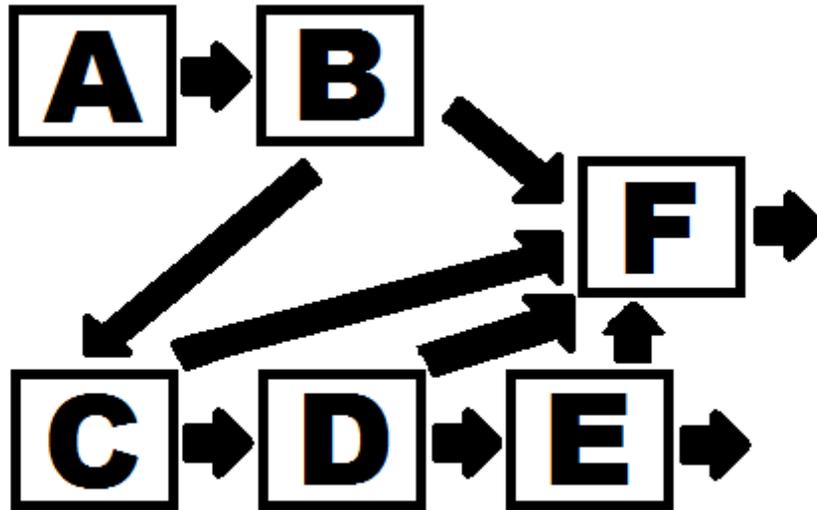
La determinación de cuántos equipajes atraviesan cada nivel de seguridad es fundamental para poder diseñar adecuadamente los sistemas de los niveles de seguridad. Se distingue, de esta forma, por módulo, y se obtiene.

Tabla 7-2. Número de equipajes/hora que atraviesa cada nivel de seguridad.

Módulo	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Módulo 1	1567 eq/h	783 eq/h	55 eq/h	1 eq/h
Módulo 2	2607 eq/h	1303 eq/h	91 eq/h	2 eq/h
Módulo 3	1664 eq/h	832 eq/h	58 eq/h	1 eq/h

Se modela el problema como una red de Jackson abierta como la mostrada en la siguiente figura.

Figura 7-1. Red de Jackson que modela el problema.



Los nodos mostrados arriba se corresponden con las distintas partes del sistema, de la forma.

Tabla 7-3. Correspondencia entre los nodos de la red y las distintas partes del sistema.

Nodo de la red	Parte del sistema
Nodo A	Mostradores de facturación
Nodo B	Nivel 1 de seguridad
Nodo C	Nivel 2 de seguridad
Nodo D	Nivel 3 de seguridad
Nodo E	Nivel 4 de seguridad
Nodo F	Subsistema de clasificación

Se clasifica a los equipajes por categorías en función del recorrido que realicen.

Tabla 7-4. Categorías y recorridos de los equipajes.

Categoría	Descripción	Recorrido
Categoría 1	Equipajes aprobados en el nivel 1	A-B-F
Categoría 2	Equipajes aprobados en el nivel 2	A-B-C-F
Categoría 3	Equipajes aprobados en el nivel 3	A-B-C-D-F
Categoría 4	Equipajes aprobados en el nivel 4	A-B-C-D-E-F
Categoría 5	Equipajes no aprobados	A-B-C-D-E

Cada categoría, esto es, cada recorrido, es el escogido por un número determinado de equipajes cada hora.

Tabla 7-5. Número de equipajes/hora que atraviesa cada recorrido.

<b>Categoría</b>	<b>Módulo 1</b>	<b>Módulo 2</b>	<b>Módulo 3</b>
1	784 eq/h	1304 eq/h	832 eq/h
2	728 eq/h	1212 eq/h	774 eq/h
3	54 eq/h	89 eq/h	57 eq/h
4	0,5 eq/h	1 eq/h	0,5 eq/h
5	0,5 eq/h	1 eq/h	0,5 eq/h

Ya se está en disposición de definir las características del sistema según la teoría de colas que nos permitirá dimensionar el circuito. Obsérvese que las intensidades de llegada se obtienen de la tabla superior sumando para cada nodo todas las categorías en las que tiene participación. Por otra parte, se deben determinar las intensidades de servicio para cada parte del sistema.

- **Nodo A.** La intensidad de servicio de los mostradores de facturación viene dada por la capacidad corregida que se calculó previamente, en la que se tienen en cuenta los nuevos mostradores a instalar.
- **Nodo B.** La intensidad de servicio del primer nivel de seguridad viene dada por la capacidad que tienen las máquinas EDS para atender a los equipajes, también tratado anteriormente.
- **Nodo C.** La intensidad de servicio del segundo nivel de seguridad viene dada por el tiempo de resolución en pantalla, que es de 20 segundos, de donde se deduce el número de equipajes que se tratan por hora.
- **Nodo D.** La intensidad de servicio del tercer nivel de seguridad viene dada por el tiempo de análisis de la máquina seleccionada, que es de 8 segundos, a los que se le añaden 20 segundos en el proceso de impregnación sobre maleta y 12 segundos entre llegada y partida de maleta, esto es, un tiempo total por equipaje de 40 segundos, de donde se deduce el número de equipajes que se tratan por hora.
- **Nodo E.** La intensidad de servicio del nivel 4 de seguridad es un parámetro difícil de cuantificar, pues no depende de un proceso que realice una máquina y tarde un determinado tiempo en ello. En efecto, la reconciliación de equipaje y pasajero tiene una duración variable según el caso que se esté tratando. Por ello, y en virtud del número de equipajes por hora que llegan a este nivel, se trabaja bajo la hipótesis de que la intensidad de llegadas es suficiente para que el sistema no sufra ninguna clase de colapso.

### 7.2.1. Intensidad de servicio de nodo F. Diseño del subsistema de clasificación.

El cálculo de la intensidad de servicio de la clasificadora es harto complicado, pues depende completamente de su proceso de diseño, siendo sumamente sensible a cualquier cambio en el dimensionamiento de este sistema. Finalmente, se toma como criterio la disposición de un número suficiente de container para poder atender simultáneamente a todos los vuelos que deban ser cargados más un container extra habilitado para equipajes especiales.

Para esto, es necesario conocer la normativa sobre el intervalo de tiempo que permanece abierto el mostrador de facturación que atiende a un determinado tipo de vuelo. En la tabla siguiente se muestra lo permitido según Aena y el aeropuerto de Valencia.

Tabla 7-6. Tiempo que permanece abierto un mostrador de facturación según el tipo de vuelo.

Tipo de vuelo	Intervalo de tiempo
Nacional y UE Schengen	Desde 2 horas hasta 45 minutos antes de la salida programada
Internacionales	Desde 3 horas hasta 45 minutos antes de la salida programada

A continuación, se toma la distribución de vuelos de un día arbitrario en el aeropuerto de Valencia, distribuidos por módulos. Atendiendo a lo estipulado anteriormente, se obtendrá la máxima simultaneidad de vuelos en carga de equipaje.

Tabla 7-7. Número de vuelos que cargan simultáneamente por módulos.

Módulo	Tipo de vuelo	Salidas	Simultaneidad máxima
<b>1</b>	Nacional, UE Schengen	<b>6.05, 6.30, 6.40, 7, 7</b> , 8.30, 9.05, 9.50, 10.15, 10.15, <b>12.05, 12.20, 13.20, 13.35, 13.35</b> , 14.00, 15.05, 16.20, 17.35, 18.35, 19.25, 20.40, 20.50, 21.10, 21.50	5
<b>2</b>	Todos	6.30, 7.05, 7.05, 11.10, 12.35, 12.40, 13.00, <b>13.55, 14.05, 14.40, 15.50, 16.05</b> , 17.25, 17.45, 18.25, 18.50, 19.00, <b>19.45, 20.45, 21.00, 21.05, 21.35</b>	5
<b>3</b>	Todos	6.35, <b>11.30, 11.30</b>	2

Por otra parte, en la actualidad, en 2013, se tienen 9 AHD. Es necesario conocer las AHD en cada módulo, y no en total, para lo que se realizara el reparto de acuerdo con la distribución de vuelos.

Tabla 7-8. Aeronaves Hora Diseño distribuidas por módulos.

Módulo	Distribución vuelos	AHD
1	38,78%	4
2	45,74%	4
3	15,48%	1

Esto permite relacionar el número de Aeronaves Hora Diseño con el número de vuelos que simultáneamente son cargados de la siguiente forma.

Tabla 7-9. Correspondencia entre aeronaves cargadas simultáneamente y AHD.

Módulo	Aeronaves en carga simultánea	AHD
1	5	4
2	5	4
3	2	1

Una vez se ha establecido esta relación, se debe realizar una prognosis de las operaciones en el aeropuerto de Valencia que permita conocer las AHD en el horizonte bajo estudio y, consecuentemente, las aeronaves en carga simultánea en dicho momento. Para realizar esta prognosis, se seguirá el mismo procedimiento que con la predicción de pasajeros.

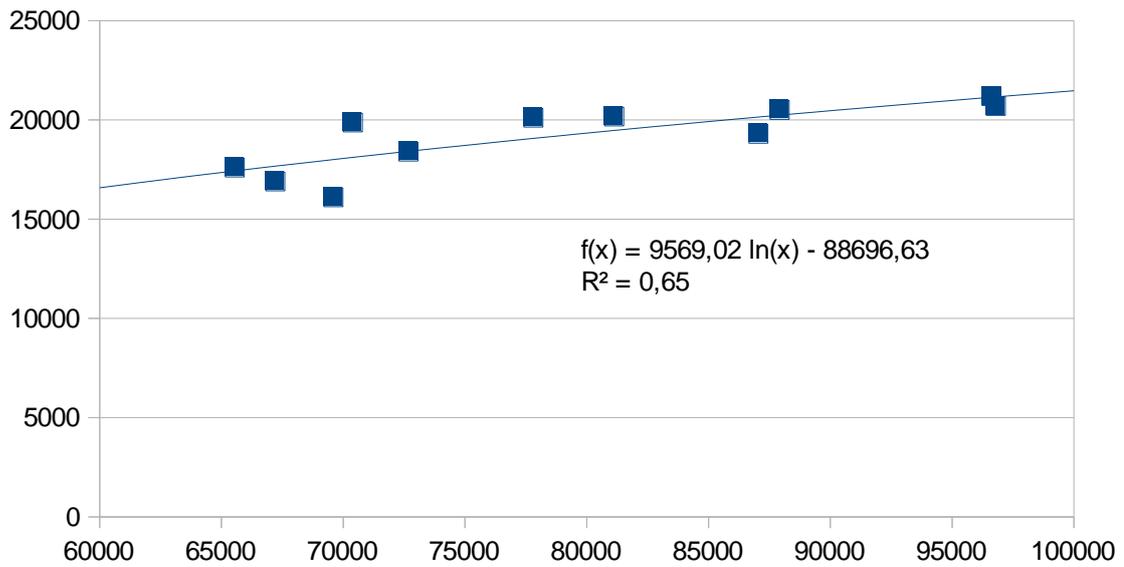
En efecto, en primer lugar se recogen los datos desde el periodo hasta la actualidad del movimiento de aeronaves en el aeropuerto valenciano y del PIB per cápita de la Comunidad Valenciana. De donde se puede obtener, mediante línea de tendencia, el PIB per cápita de la Comunidad Valenciana en los próximos años. Por otra parte, se enfrentan los parámetros *operaciones de aeronaves* y el PIB per cápita, de forma que se obtenga una relación entre ambos y se pueda llegar a una predicción de las aeronaves.

Tabla 7-10. Relación entre número de operaciones y PIB per cápita desde 2000 hasta 2013.

<b>Año</b>	<b>Operaciones</b>	<b>PIB per cápita (€)</b>
2000	64.075	15.100 €
2001	69.597	16.100 €
2002	67.213	16.900 €
2003	65.548	17.600 €
2004	72.679	18.400 €
2005	87.045	19.300 €
2006	87.920	20.500 €
2007	96.615	21.200 €
2008	96.795	20.701 €
2009	81.126	20.171 €
2010	77.806	20.109 €
2011	70.397	19.869 €
2012	59.828	19.485 €
2013	57.163	19.502 €

Enfrentando ambos para metros se obtiene.

Figura 7-2. Relación entre PIB per cápita en la Comunidad Valenciana y operaciones.



Haciendo uso de la predicción del PIB per capital e introduciéndola en la ecuación que se ha obtenido, se llega a la prognosis de aeronaves deseada.

Tabla 7-11. Prognosis del número de operaciones hasta 2023.

Año	Operaciones
2014	113.280
2015	119.920
2016	126.948
2017	134.388
2018	142.249
2019	150.586
2020	159.412
2021	168.737
2022	178.626
2023	189.095

Para llegar a las Aeronaves Hora Diseño se debe averiguar, en primer lugar, las operaciones que se tienen el mes máximo. Para ello, se tomarán las distribuciones de los años pasados y se obtendrá un porcentaje medio que se aplicará al dato de operaciones hallado anteriormente.

Tabla 7-12. Número de operaciones el mes máximo y porcentaje que representa.

Año	Operaciones mes máximo	Respecto del total
2000	5.935	9,26%
2001	6.833	9,81%
2002	6.716	9,99%
2003	6.582	10,04%
2004	6.696	9,21%

2005	8.685	9,97%
2006	8.067	9,17%
2007	8.798	9,11%
2008	9.378	9,69%
2009	7.498	9,24%
2010	7.324	9,41%
2011	6.483	9,21%
2012	5.976	9,99%
2013	5.712	9,99%

Lo que arroja una media de 9,57%. Se tiene en cuenta en la obtención de las Aeronaves Hora de Diseño que se aplica un coeficiente que tiene en cuenta los días punta, así como un factor de 0,8 para pasar de hora punta a hora diseño.

Tabla 7-13. Aeronaves Hora Diseño en el horizonte.

<b>Año</b>	<b>Operaciones</b>	<b>Operaciones mes máximo</b>	<b>ADP</b>	<b>AHP</b>	<b>AHD</b>
2014	113.280	10.841	452	19	15
2015	119.920	11.476	478	20	16
2016	126.948	12.149	506	21	17
2017	134.388	12.861	536	22	18
2018	142.249	13.613	567	24	19
2019	150.586	14.411	600	25	20
2020	159.412	15.256	636	26	21
2021	168.737	16.148	673	28	22
2022	178.626	17.094	712	30	24
2023	189.095	18.096	754	31	25

En el año de diseño se tienen 25 AHD, pero antes de aplicar la relación con la simultaneidad de vuelos, debe tenerse en cuenta que anteriormente, en el cálculo de los mostradores de facturación, se redistribuyeron los tráficos y flujos de pasajeros en aras de optimizar el uso de estos, por lo que no se puede aplicar directamente la relación previamente hallada. Análogamente a la operación que se hizo entonces, la terminal 2, esto es, el módulo 3 duplica su capacidad, restando equitativamente la capacidad de los otros dos módulos.

Tabla 7-14. Aeronaves Hora Diseño en el horizonte sin corregir y corregidas.

<b>Módulo</b>	<b>Reparto porcentual</b>	<b>AHD Sin corregir</b>	<b>AHD Corregido</b>
1	38,78%	10	8
2	45,74%	11	9
3	15,48%	4	8

Aplicando la relación antes calculada entre Aeronaves Hora Diseño y simultaneidad de vuelos se obtiene el número de vuelos que se cargan simultáneamente en el horizonte de estudio.

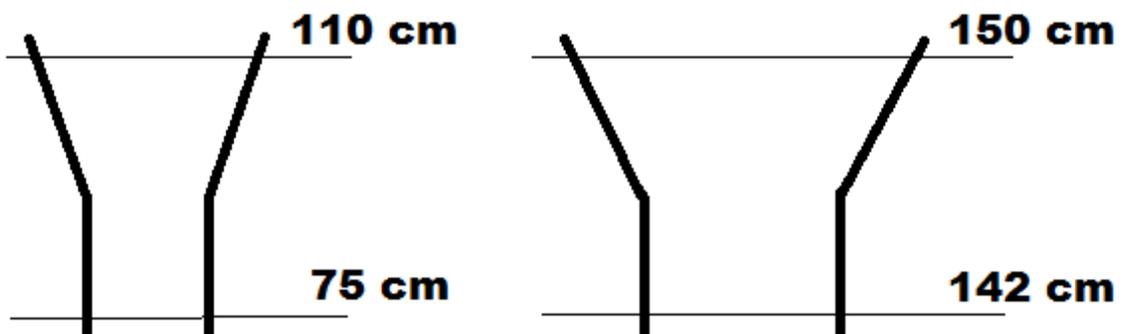
Tabla 7-15. Número de vuelos que cargan simultáneamente en el horizonte bajo estudio.

Módulo	Vuelos simultáneos
1	10
2	11
3	10

Se pretende que las bandejas basculantes de la clasificadora vuelquen el equipaje en contenedores dedicados a los vuelos, para ello se deben disponer longitudinalmente tantos containers como vuelos simultáneos existan. Por tanto, será la tolva que hace de transición entre el subsistema de clasificación y los contenedores la que marque cuánto debe tener de largo la longitud recta del sistema de bandejas basculantes.

Se establecen dos tipo de tolvas, una que servirá a equipajes normales y otra que servirá a equipajes especiales. En cada módulo se instalarán tantos containers y tolvas para equipajes normales como vuelos simultáneos haya, más un container y una tolva habilitada para equipajes especiales.

Figura 7-3. Geometría de las tolvas normales y especiales respectivamente.



Ya se está en disposición de diseñar el carrusel elíptico que constituirá el subsistema de clasificación en cada módulo.

Tabla 7-16. Cálculo de la longitud recta del carrusel.

Módulo	Containers Normales	Longitud unitaria	Containers especiales	Longitud unitaria	Longitud recta carrusel
1	10	1,1 m	1	1,5 m	12,5 m
2	11	1,1 m	1	1,5 m	13,6 m
3	10	1,1 m	1	1,5 m	12,5 m

Se estipula un radio de giro de 3 metros, así como una longitud para el conjunto bandeja-espacio de, también, 2 metros. Esta configuración es común para todos los módulos. Se calcula el perímetro de cada carrusel.

Tabla 7-17. Perímetro de los carruseles.

Módulo	Perímetro
1	37,56 m
2	39,766 m
3	37,56 m

Conocido el perímetro y la distancia que existe entre el principio de una bandeja y el principio de la siguiente, es posible calcular el número de bandejas que caben en cada carrusel.

Tabla 7-18. Cálculo del número de bandejas en cada carrusel.

Módulo	Número de bandejas
1	19
2	20
3	19

Por otra parte, el sistema de bandejas basculantes que se ha escogido cuenta, según sus especificaciones con una velocidad máxima de 3 m/s, lo que permitirá averiguar cuánto tiempo tarda una bandeja en dar una vuelta, y, consecuentemente, el número de vueltas que es posible efectuar en una hora, lo que ya es la intensidad de servicio del nodo F. Multiplicando este resultado por las bandejas que posea el carrusel arrojará la capacidad de la clasificadora.

Tabla 7-19. Intensidad de servicio del nodo F y capacidad de la clasificadora.

Módulo	Tiempo vuelta	Intensidad de servicio	Capacidad
1	12,52 s	287,54 eq/h	5463,5 eq/h
2	13,25 s	271,58 eq/h	5431,8 eq/h
3	12,52 s	287,54 eq/h	5463,5 eq/h

Finalmente, a modo de resumen, en la siguiente tabla se muestran los parámetros de cada nodo.

Tabla 7-20. Resumen de los parámetros de cada nodo.

Nodo	Módulo 1			Módulo 2			Módulo 3		
	$\gamma$ [eq/h]	$\lambda$ [eq/h]	$\mu$ [eq/h]	$\gamma$ [eq/h]	$\lambda$ [eq/h]	$\mu$ [eq/h]	$\gamma$ [eq/h]	$\lambda$ [eq/h]	$\mu$ [eq/h]
A	1567	1567	92	2607	2607	98	1664	1664	90
B	0	1567	1710	0	2607	1710	0	1664	1710
C	0	783	180	0	1303	180	0	832	180
D	0	55	90	0	91	90	0	58	90
E	0	1	1	0	2	2	0	1	1
F	0	1566,5	287,54	0	2606	271,58	0	1663,5	287,54

### 7.3. Máquinas imprescindibles

Haciendo uso de la teoría de colas, se va a calcular el número imprescindible de máquinas que debe existir en cada parte del sistema de forma que no se creen colas que tiendan al infinito y que, por tanto, colapsen el sistema. Para averiguar esto, se deberá calcular

$$\lambda / (c \cdot \mu) = 1$$

donde  $c$  dará el número mínimo de máquinas imprescindibles, que será necesario redondearlo a la unidad superior. A continuación se comprueba para cada nodo si desde el punto de vista de la teoría de colas, el número de partes que conforman cada subsistema son suficientes o si, por el contrario, sería necesario incrementarlos.

- Nodo A. Mostradores de facturación.

Tabla 7-21. Máquinas imprescindibles y verificación en el nodo A.

Módulo	c	Imprescindibles	Existentes	Verificación
1	17,03	18	19	Verifica
2	26,6	27	30	Verifica
3	18,48	19	21	Verifica

Se comprueba que no es necesario corregir el sistema de mostradores de facturación.

- Nodo B. Nivel 1 de seguridad.

Tabla 7-22. Máquinas imprescindibles y verificación en el nodo B.

Módulo	c	Imprescindibles	Existentes	Verificación
1	0,91	1	2	Verifica
2	1,52	2	3	Verifica
3	0,97	1	2	Verifica

Se comprueba que no es necesario corregir el número de máquinas EDS que conforman el primer nivel de seguridad.

- Nodo C. Nivel 2 de seguridad.

Tabla 7-23. Máquinas imprescindibles en el nodo C.

Módulo	c	Imprescindibles
1	4,35	5
2	7,23	8
3	4,62	5

En este caso, no existe comparación posible, pues no se han podido calcular mediante el criterio establecido anteriormente el número de puestos para la resolución en pantalla al ser

el parámetro de la tasa de fallo un dato clasificado. Se seguirá un proceso de ingeniería inversa, despejando este dato y realizando una asunción sobre su validez o no. Se recuerda la fórmula que relacionaba estos parámetros.

$$\text{Nosr} = (\text{Neds} \cdot \text{Reds} \cdot \text{FAeds}) / \text{Rosr}$$

en la que Nosr representa el número de puestos de resolución en pantalla, Neds el número de máquinas EDS, Reds el rendimiento de las máquinas EDS, Rosr el rendimiento del proceso de resolución en pantalla y, finalmente, Faeds, la tasa de fallo de las máquinas EDS.

Tabla 7-24. Tasa de fallo instalando las máquinas imprescindibles y estimación de validez.

Módulo	Imprescindibles	Tasa de fallo	Estimación
1	5	0,52	Aceptable
2	8	0,42	Aceptable
3	5	0,52	Aceptable

Esto es, con las máquinas imprescindibles, se tiene que, por ejemplo, en el módulo 2, que es el más crítico, cada máquina podría tener hasta una tasa del fallo del 42%, lo cual es un margen suficientemente amplio como para que se considere aceptable.

- Nodo D. Nivel 3 de seguridad.

Tabla 7-25. Máquinas imprescindibles en el nodo D.

Módulo	c	Imprescindibles
1	0,61	1
2	1,01	2
3	0,64	1

Como no se tiene ninguna otra fórmula que determine el número necesario de puestos para el tratamiento de equipajes con máquinas ETD, se utiliza el proporcionado por la teoría de colas como el válido para el diseño del sistema.

- Nodo F. Subsistema de clasificación.

Tabla 7-26. Máquinas imprescindibles y verificación en el nodo F.

Módulo	c	Imprescindibles	Existentes	Verificación
1	5,45	6	19	Verifica
2	9,59	10	20	Verifica
3	5,78	6	19	Verifica

En este caso, las componentes que representa la ecuación son las bandejas basculantes que existen en cada carrusel.

### 7.4. Colas en cada nodo de la red

Para estar en disposición de poder dimensionar longitudinalmente el sistema es necesario conocer cuántos equipajes se encuentran en cada parte del SATE en un instante del sistema, esto es, conocer los equipajes por hora que atraviesan los distintos nodos del sistema es insuficiente para esta labor.

Haciendo uso de la teoría de colas, se puede averiguar el número de clientes en el sistema, o lo que es lo mismo, el número de equipajes haciendo cola para acceder a cada parte. Existen dos tipos de subsistemas, los que solo están formados por un mostrador y los que están formados por c mostradores. Se tienen distintas expresiones.

- Para sistemas M/M/1 se tiene que el número de clientes en la cola viene dado por

$$L = \lambda / (\mu - \lambda)$$

- Para sistemas M/M/c se tiene que el número de clientes en la cola viene dado por

$$L = r + [(p \cdot r^c) / c! \cdot (1 - \rho)^2] \cdot P_0$$

$$r = \lambda / \mu$$

$$\rho = \lambda / c \cdot \mu$$

$$P_0 = [(\sum r^n / n!) + r^c / c! \cdot (1 - \rho)]^{-1}$$

donde  $P_0$  es la probabilidad de que no haya clientes en el sistema.

- **Nodo A. Mostradores de facturación.**

Tabla 7-27. Número de equipajes en el nodo A.

Módulo	Sistema	c	$\rho$	r	$P_0$	L
1	M/M/c	19	0,896	17,03	2,79e-8	<b>21,727</b>
2	M/M/c	30	0,886	26,6	2,265e-12	<b>29,847</b>
3	M/M/c	21	0,88	18,48	7,22e-9	<b>21,92</b>

- **Nodo B. Nivel 1 de seguridad.**

Tabla 7-28. Número de equipajes en el nodo B.

Módulo	Sistema	c	$\rho$	r	$P_0$	L
1	M/M/c	2	0,458	0,9163	0,3716	<b>1,159</b>
2	M/M/c	3	0,508	1,524	0,2047	<b>1,777</b>
3	M/M/c	2	0,486	0,973	0,413	<b>1,333</b>

- Nodo C. Nivel 2 de seguridad.

Tabla 7-29. Número de equipajes en el nodo C.

Módulo	Sistema	c	$\rho$	r	Po	L
1	M/M/c	5	0,87	4,35	6,979e-3	<b>9,02</b>
2	M/M/c	8	0,904	7,23	3,692e-4	<b>14,42</b>
3	M/M/c	5	0,924	4,62	3,54e-3	<b>14,55</b>

- Nodo D. Nivel 3 de seguridad.

Tabla 7-30. Número de equipajes en el nodo D.

Módulo	Sistema	c	$\rho$	r	Po	L
1	M/M/1	1	0,611	-	-	<b>1,57</b>
2	M/M/c	2	0,505	1,01	0,301	<b>1,32</b>
3	M/M/1	1	0,644	-	-	<b>1,8125</b>

- Nodo F. Subsistema de clasificación.

Tabla 7-31. Número de equipajes en el nodo F.

Módulo	Sistema	c	$\rho$	r	Po	L
1	M/M/c	19	0,286	5,448	4,305e-3	<b>5,448</b>
2	M/M/c	20	0,479	9,59	6,839e-5	<b>9,59</b>
3	M/M/c	19	0,31	6,44	1,596e-3	<b>6,44</b>

## 7.5. Longitudes necesarias

Una vez se conoce la cantidad de equipajes en un instante determinado, es posible conocer la longitud mínima necesaria de cinta transportadora. Para ello, se cuenta con la limitación de tamaño impuesta por el aeropuerto de Valencia, que permite un equipaje máximo de 56x35x23 cm. Se toma como medida de diseño una longitud de bandeja de 800 mm. Se establecen, a su vez, las separaciones entre equipajes según la parte recorrida. Los siguientes datos se han extraído del proyecto del SATE en el aeropuerto de Málaga, considerándolos como buenos por las analogías previamente comentadas.

Tabla 7-32. Separaciones entre elementos en las distintas partes del sistema.

Zona	Separación
Líneas de acceso a colectora	0,6 m
Línea desde colectora hasta nivel 1 de seguridad	0,5 m
Línea desde nivel 1 a nivel 2 de seguridad	0,5 m
Línea desde nivel 2 a nivel 3 de seguridad	1,91 m
Líneas de acceso a subsistema de clasificación	1,31 m

Conociendo las separaciones de la tabla superior y las colas creadas antes del nodo bajo estudio, dicho de otra forma, las maletas que esperan para acceder a la parte del sistema bajo estudio, calculadas previamente, es posible conocer la longitud mínima necesaria.

- Líneas de acceso a colectora

Tabla 7-33. Longitud mínima necesaria en cada línea de acceso a la colectora.

Módulo	Longitud mínima	Lmin por mostrador
1	25,036 m	<b>1,317 m</b>
2	35,308 m	<b>1,177 m</b>
3	25,152 m	<b>1,197 m</b>

- Línea desde colectora hasta nivel 1 de seguridad

Tabla 7-34. Longitud mínima necesaria en la línea de acceso al nivel 1 de seguridad.

Módulo	Longitud mínima
1	<b>1,4272 m</b>
2	<b>1,9216 m</b>
3	<b>1,5664 m</b>

- Línea desde nivel 1 de seguridad hasta nivel 2 de seguridad

Tabla 7-35. Longitud mínima necesaria en la línea desde el nivel 1 al 2 de seguridad.

Módulo	Longitud mínima
1	<b>11,708 m</b>
2	<b>18,536 m</b>
3	<b>18,64 m</b>

- Línea desde nivel 2 de seguridad hasta nivel 3 de seguridad

Tabla 7-36. Longitud mínima necesaria en la línea desde el nivel 2 al 3 de seguridad.

Módulo	Longitud mínima
1	<b>3,166 m</b>
2	<b>2,966 m</b>
3	<b>3,36 m</b>

- Líneas de acceso a subsistema de clasificación

El cálculo de estas longitudes es algo más complejo. Hay que diferenciar los equipajes que acceden al nodo F, la clasificadora, procedentes de los niveles 1, 2 y 3 de seguridad, pues existirán flujos distintos de maletas.

## -Módulo 1

Tabla 7-37. Número de equipajes en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 1.

<b>Procedencia</b>	<b>Flujo</b>	<b>Distribución</b>	<b>Equipajes</b>
Nivel 1 de seguridad	784 eq/h	50,06%	2,727
Nivel 2 de seguridad	728 eq/h	46,49%	2,533
Nivel 3 de seguridad	54 eq/h	3,45%	0,188

Una vez se ha calculado el reparto de equipajes según su procedencia, se está en disposición de calcular la longitud mínima necesaria de las líneas que inyectan las maletas en el subsistema de clasificación.

Tabla 7-38. Longitud mínima en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 1.

<b>Procedencia</b>	<b>Longitud mínima</b>
Nivel 1 de seguridad	<b>4,80 m</b>
Nivel 2 de seguridad	<b>4,64 m</b>
Nivel 3 de seguridad	<b>0,15 m</b>

## -Modulo 2

Tabla 7-39. Número de equipajes en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 2.

<b>Procedencia</b>	<b>Flujo</b>	<b>Distribución</b>	<b>Equipajes</b>
Nivel 1 de seguridad	1304 eq/h	50,06%	4,8
Nivel 2 de seguridad	1212 eq/h	46,49%	4,46
Nivel 3 de seguridad	89 eq/h	3,45%	0,33

Una vez se ha calculado el reparto de equipajes según su procedencia, se está en disposición de calcular la longitud mínima necesaria de las líneas que inyectan las maletas en el subsistema de clasificación.

Tabla 7-40. Longitud mínima en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 2.

<b>Procedencia</b>	<b>Longitud mínima</b>
Nivel 1 de seguridad	<b>9,08 m</b>
Nivel 2 de seguridad	<b>8,81 m</b>
Nivel 3 de seguridad	<b>0,26 m</b>

## -Módulo 3

Tabla 7-41. Número de equipajes en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 3.

<b>Procedencia</b>	<b>Flujo</b>	<b>Distribución</b>	<b>Equipajes</b>
Nivel 1 de seguridad	832 eq/h	50,06%	3,22
Nivel 2 de seguridad	774 eq/h	46,49%	3
Nivel 3 de seguridad	57 eq/h	3,45%	0,22

Una vez se ha calculado el reparto de equipajes según su procedencia, se está en disposición de calcular la longitud mínima necesaria de las líneas que inyectan las maletas en el subsistema de clasificación.

Tabla 7-42. Longitud mínima en las líneas de acceso a la clasificadora en el módulo 3.

Procedencia	Longitud mínima
Nivel 1 de seguridad	<b>6,51 m</b>
Nivel 2 de seguridad	<b>5,02 m</b>
Nivel 3 de seguridad	<b>0,18 m</b>

## 7.6. Número de elementos totales en el sistema

Al conocer el número de elementos en cada parte del sistema, se puede calcular en un instante determinado el número de elementos totales en el sistema, y consecuentemente, se puede conocer cuántas bandejas se necesitaran en el sistema.

Tabla 7-43. Elementos totales en el sistema y bandejas necesarias.

Módulo	Elementos en el sistema	Bandejas necesarias
1	19,169	21
2	29,227	31
3	26,415	28

Estos resultados arrojan una necesidad de **81 bandejas totales**. Obsérvese que para pasar de elementos en el sistema, que era la suma de las colas formadas en los nodos B, C, D y F, se ha considerado el caso crítico para el nodo E, esto es, que en el instante se encuentren en el sistema los equipajes por hora requeridos.

## 7.7. Diseño de llegadas

Como se calculó al comienzo del proyecto, se tienen 5838 eq/h en llegadas. La distribución de este número de equipajes se hará teniendo en cuenta la dedicación de los hipódromos de equipaje.

Tabla 7-44. Número de cintas y dedicación de cada sala de recogida de equipajes.

Sala de recogida de equipajes	Dedicación por tipo de vuelo	Número cintas
Sala 1	Nacionales.	2
Sala 2	Nacionales, comunitario, internacional.	3
Sala 3	Nacionales, comunitarios.	3
Sala 4	Nacionales, comunitarios.	4 (1 especiales)

Se asignan cada cinta directamente a cada tipo de vuelo existente en cada sala, respetando la dedicación actual del aeropuerto.

Tabla 7-45. Reparto de cintas en función del tipo de vuelo.

Tipo de vuelo	Número de cintas dedicadas
Nacional	5
UE Schengen	4
UE No Schengen	1
Otros	1

Por otra parte, se había calculado la distribución de equipajes por tipo de vuelo en el año de horizonte.

Tabla 7-46. Distribución de equipajes/hora por tipo de vuelo.

Año	Nacionales	UE Schengen	UE No Schengen	Otros
2023	2335 eq/h	2034 eq/h	508 eq/h	961 eq/h

Se está en disposición de repartir el número de equipajes entre las cintas tienen dedicadas, de forma que se obtiene el número de equipajes por hora que trata cada sala de equipaje.

Tabla 7-48. Número de equipajes por hora que trata cada sala de recogida.

Sala de recogida	Flujo de equipajes
Sala 1	934 eq/h
Sala 2	1937 eq/h
Sala 3	1483 eq/h
Sala 4	1484 eq/h

Ahora, se tiene en cuenta la pertenencia de cada sala con las respectivas terminales y, consecuentemente, con los módulos bajo estudio. Efectivamente, la sala 1 de recogida de equipajes pertenece a la terminal regional, esto es, al módulo 1. Las salas 2 y 3 pertenecen a la terminal 1, esto es, al módulo 2. Finalmente, la sala 4 pertenece a la terminal 2, esto es, al módulo 3.

Tabla 7-48. Número de equipajes por hora que trata cada módulo.

Módulo	Flujo de equipajes
1	934 eq/h
2	3420 eq/h
3	1484 eq/h

Se estudia a continuación las líneas de llegadas según la teoría de colas.

- Módulo 1

Se cuenta con una cinta transportadora con velocidad máxima 2 m/s, por lo que en 1 hora recorre 7200 metros. Estimando la longitud del conjunto equipaje-espacio de 1,2 metros, se pueden servir 6000 eq/h, que es, por tanto, la intensidad de servicio.

Tabla 7-49. Intensidades de llegadas y de servicio en llegadas del módulo 1.

Módulo	Intensidad de llegadas	Intensidad de servicio
1	934 eq/h	6000 eq/h

Conociendo estos dos datos, es posible calcular los elementos imprescindibles que el sistema necesita y las colas que se forman.

Tabla 7-50. Elementos imprescindibles y cola que forman en llegadas del módulo 1.

Módulo	c	Imprescindibles	Tipo	Cola
1	0,156	1	M/M/1	0,452

Hallada la cola que se forma, es posible calcular la longitud mínima necesaria, que en este caso será de **0,3616 metros**.

- Módulo 2

En este caso, los hipódromos son alimentados directamente, y no se trata de una cinta transportadora que recoge todos los equipajes y los va llevando a la sala de recogida. Se busca, por tanto, que exista una sola cinta que vomite directamente en dichos hipódromos. Para ello se supone cada sistema cinta-hipódromo como un M/M/1 y se verificara que la capacidad de recorrido de cada cinta sea menor a 7200 metros que, como se vio arriba, es el máximo permitido por sus especificaciones.

-Sala 2

Tabla 7-51. Comprobación de la viabilidad de instalar solo una cinta para cada hipódromo.

Cinta	Int. Llegada	Recorrido	Verificación
Nacionales	467 eq/h	560,4 m	Verifica
UE Schengen	509 eq/h	610,2 m	Verifica
Internacionales	961 eq/h	1153,2 m	Verifica

-Sala 3

Tabla 7-52. Comprobación de la viabilidad de instalar solo una cinta para cada hipódromo.

Cinta	Int. Llegada	Recorrido	Verificación
Nacionales	467 eq/h	560,4 m	Verifica
UE Schengen	509 eq/h	610,2 m	Verifica
UE No schengen	508 eq/h	609,2 m	Verifica

- Módulo 3

Es completamente análogo al módulo 2.

Tabla 7-53. Comprobación de la viabilidad de instalar solo una cinta para cada hipódromo.

Cinta	Int. Llegada	Recorrido	Verificación
Nacionales	467 eq/h	560,4 m	Verifica
UE Schengen	509 eq/h	610,2 m	Verifica

## 7.8. Inventario de cinta transportadora

A continuación se presenta, en la siguiente tabla, los metros de cinta transportadora que son necesarios para cada módulo, especificando la longitud de cinta para equipajes normales y la longitud de cinta para especiales.

Tabla 7-54. Longitud necesaria de cinta transportadora normal y especial.

Sector	Tipo de cinta	Longitud
Módulo 1	Normal	136,54 m
Módulo 1	Especial	81,89 m
Módulo 2	Normal	243,37 m
Módulo 2	Especial	93,49 m
Módulo 3	Normal	125,56 m
Módulo 3	Especial	80,36 m
<b>Total</b>	<b>Normal</b>	<b>505,47 m</b>
<b>Total</b>	<b>Especial</b>	<b>255,74 m</b>

## 8. TIEMPOS DE SERVICIO

Se van a calcular los tiempos críticos de servicio en cada terminal, esto es, el tiempo máximo que tarda una maleta desde que es facturada en el mostrador más crítico hasta que finalmente llega hasta el container dedicado a su vuelo.

- Módulo 1

Tabla 8-1. Tiempos de servicio de cada recorrido del SATE en el módulo 1.

Sector	Distancia crítica	Velocidad sector	Tiempo sector
Colectora	50,36 m	1 m/s	50,36 s
Bajante	12,94 m	0,75 m/s	17,25 s
Línea hasta nivel 1	29,95 m	0,5 m/s	59,9 s
Nivel 1	5,54 m	0,5 m/s	11,08 s
Línea hasta nivel 2	1,36 m	1 m/s	1,36 s
Nivel 2	11,66 m	0,5 m/s	23,32 s
Línea hasta nivel 3	13,78 m	1 m/s	13,78 s
Línea hasta nivel 4	10,07 m	0,5 m/s	20,14 s
Línea a clasificadora desde N4	23,32 m	0,75 m/s	31,09 s
Clasificadora	18,78 m	3 m/s	6,26 s
Línea a clasificadora desde N3	13,25 m	0,75 m/s	17,67 s
Línea transferencia	50,36 m	0,5 m/s	100,71 s
Inyección desde N1	5,83 m	3 m/s	1,94 s
Inyección desde N2	4,77 m	3 m/s	1,59 s

Se considera como recorrido crítico el que lleva la maleta a ser aprobada en el nivel 3, pues el nivel 4 supone la reconciliación de pasajero y equipaje, momento en el que la maleta se considera fuera del sistema. En efecto, el equipaje aprobado en 4, no se reincorpora al sistema para llegar hasta la clasificadora, si no que se trata al margen del SATE.

Tabla 8-2. Tiempo total del recorrido crítico en el módulo 1.

<b>Total sólo N3</b>	<b>240,98 s</b>
----------------------	-----------------

- Módulo 2

Tabla 8-3. Tiempos de servicio de cada recorrido del SATE en el módulo 2.

Sector	Distancia crítica	Velocidad sector	Tiempo sector
Colectora	97,75 m	1 m/s	97,75 s
Bajante	12,94 m	0,75 m/s	17,25 s
Línea hasta nivel 1	69,05 m	0,5 m/s	138,1 s
Nivel 1	5,54 m	0,5 m/s	11,08 s
Línea hasta nivel 2	11,56 m	1 m/s	11,56 s
Nivel 2	47,29 m	0,5 m/s	94,58 s
Línea hasta nivel 3	3,68 m	1 m/s	3,68 s

Nivel 3	-	-	40 s
Línea hasta nivel 4	2,10 m	0,5 m/s	4,2 s
Línea a clasificadora desde N4	8,41 m	0,75 m/s	11,21 s
Clasificadora	19,88 m	3 m/s	6,63 s
Línea a clasificadora desde N3	6,31 m	0,75 m/s	8,41 s
Línea transferencia	53,60 m	0,5 m/s	107,2 s
Inyección desde N1	9,46 m	3 m/s	3,15 s
Inyección desde N2	7,88 m	3 m/s	2,62 s

Tabla 8-4. Tiempo total del recorrido crítico en el módulo 2.

<b>Total sólo N3</b>	<b>429,04 s</b>
----------------------	-----------------

● Módulo 3

Tabla 8-5 Tiempos de servicio de cada recorrido del SATE en el módulo 3.

Sector	Distancia crítica	Velocidad sector	Tiempo sector
Colectora	44,14 m	1 m/s	44,14 s
Bajante	12,94 m	0,75 m/s	17,25 s
Línea hasta nivel 1	11,03 m	0,5 m/s	22,06 s
Nivel 1	5,54 m	0,5 m/s	11,08 s
Línea hasta nivel 2	9,98 m	1 m/s	9,98 s
Nivel 2	10,51 m	0,5 m/s	21,02 s
Línea hasta nivel 3	13,14 m	1 m/s	13,14 s
Nivel 3	-	-	40 s
Línea hasta nivel 4	5,25 m	0,5 m/s	10,5 s
Línea a clasificadora desde N4	22,06 m	0,75 m/s	29,41 s
Clasificadora	31,28 m	3 m/s	10,42 s
Línea a clasificadora desde N3	16,81 m	0,75 m/s	22,41 s
Línea transferencia	26,27 m	0,5 m/s	52,55 s
Inyección desde N1	6,31 m	3 m/s	2,1 s
Inyección desde N2	7,36 m	3 m/s	2,45 s

Tabla 8-6. Tiempo total del recorrido crítico en el módulo 3.

<b>Total sólo N3</b>	<b>211,5 s</b>
----------------------	----------------

## 9. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

---

Para poder hacer funcionar el SATE es necesaria la automatización del mismo. El primer paso para su consecución es la selección e implantación de un sistema de identificación necesario para monitorear en cada momento los equipajes en el sistema. Existen diferentes sistemas de identificación automática, dentro de estas tecnologías se encuentran el código de barras, las tarjetas inteligentes (smart cards), las reconocedoras de voz, las biométricas y la RFID.

### 9.1. Selección de la tecnología

- Código de barras

Es, actualmente, el sistema más empleado. Se basa en un código binario articulado por una serie de barras y espacios paralelos. La secuencia es leída por un escáner óptico láser, haciendo uso de la distinta reflexión que sufre la luz debido a las barras negras y a los espacios en blanco, y procesada por una computadora. Existen diversos tipos según el campo de uso.

Presenta diversas limitaciones

-Es necesario que este visible para funcionar, esto es, debe apuntar al lector para poder funcionar. En el SATE esto prácticamente imposibilita su aplicación, las maletas pasan rápidas, sin posibilidad de recolocación para la lectura del código.

-Se daña o se rompe fácilmente, lo cual imposibilita su lectura, y, por tanto, su funcionamiento. El ambiente por el que se transportan los equipajes no beneficia que se respete el estado óptimo del código de barras.

- Reconocimiento óptico de caracteres (OCR)

Tiene como ventaja la gran capacidad de procesamiento de información, lo que lo hace ampliamente utilizado en sectores de producción y administración. Por contra, tiene un elevado coste y sus lectores son bastante complejos en comparación con los de otros sistemas de identificación.

- Sistemas biométricos

Identifican personas por comparación de características que no admiten equivocación, transformando características biológicas, morfológicas o de comportamiento, en un valor numérico que será almacenado para su posterior comparación. Aunque en un primer momento se puede pensar en adaptar este sistema para la identificación de equipajes, realmente no se llegaría a tener un sistema de seguimiento sino simplemente uno de reconocimiento.

- Smart Cards

Es un sistema de almacenamiento de datos con capacidad posterior para su procesamiento. La transferencia de datos entre lector y tarjeta suele usar un medio de transmisión bidireccional, esto es, un puerto E/S. Una de las principales ventajas de este sistema de identificación es la

elevada capacidad de almacenamiento de información y la protección que brinda contra ataques no deseados. En resumen, son económicas y seguras. Por contra, se desgastan con el contacto, pueden corroerse y ensuciarse. Además, los lectores que se usan tienen un caro mantenimiento.

Existen dos tipos de Smartcard, la memory card y la microprocessor card. La primera es de sólo lectura, esto es, una memoria permanente, por lo que no sería de utilidad en el SATE, que requiere la actualización periódica del estado del equipaje. La segunda cuenta con un microprocesador que se conecta a los distintos segmentos de la memoria (ROM, RAM y EEPROM). Sin embargo, la RAM se borra cuando se desconecta de la alimentación. Este factor, unido a lo engorroso de habilitar un sistema de lectura de tarjetas en cada punto del recorrido que se necesite supone un gran inconveniente.

- RFID

La RFID, o identificación por radio frecuencia (sus siglas representan *radio frequency identification*) se basa en ondas de radio que transmiten y reciben información sin el uso de cables. Su uso en las empresas y compañías con funciones logísticas y de seguimiento de objetos se ha incrementado en los últimos tiempos y sufre un proceso continuo de investigación y desarrollo. En cualquier caso, su implantación, su uso y su inclusión de manera armónica en las cadenas de trabajo está supeditado a la comprensión de sus capacidades, limitaciones y fundamentos. La RFID, en una primera aproximación grosera, permite la identificación única de objetos. Consta de una antena y de un transmisor-receptor, que leen la información del objeto y la transmiten mediante ondas de radio, de forma totalmente inalámbrica, a un procesador. Es posible la actualización de la información contenida en el código.

A continuación se muestra una tabla en la que se comparan las principales características de los sistemas de identificación expuestos anteriormente.

Tabla 9-1. Resumen de características de los distintos sistemas de identificación.

Parámetro	Código de barras	OCR	Reconocimiento de voz	Biométricos	Tarjetas inteligentes	RFID
Capacidad de almacenamiento de información en número de caracteres	1-100	1-100	No aplica	No aplica	16-64	16-256
Precio	Bajo	Medio	Caro	Caro	Medio	Medio
Lectura de vista directa	Limitado	Simple	Simple	Difícil	Imposible	Imposible
Interferencia por cubrirlo	Fallo total	Fallo total	No aplica	Posible	No aplica	No influencia
Intemperismo (daño ambiental)	Alto	Alto	No aplica	No aplica	Contacto	No influencia

Coste de operación	Bajo	Bajo	Ninguno	Ninguno	Medio	Ninguno o bajo
Accesos no autorizados para lectura o copia	Poca protección	Poca protección	Posible	Imposible	Imposible	Imposible
Velocidad de lectura (incluye manejo y transmisión)	Aprox 4s	Aprox 3s	<5s	5-10s	Aprox 4s	<1s
Distancia máxima entre dispositivo y lector	0 a 50 cm	Menos de 1 cm, se requiere escáner	0 a 50 cm	Contacto directo	Contacto directo	Hasta 7 metros

Observando la tabla, se puede descartar el uso de sistemas biométricos o por reconocimiento de voz, al carecer de capacidad de almacenamiento de información, fundamental para monitorizar al equipaje en cualquier punto del sistema en el que se encuentre. Las tarjetas inteligentes requieren un contacto directo con el lector, lo cual es imposible habilitar en el trazado del sistema, por lo que también se descarta su uso. Por una razón similar se descarta el uso de OCR, que no requiere contacto directo, pero si una distancia máxima con el lector de menos de 1 cm, lo que resulta imposible de proporcionar.

En definitiva, tan solo el código de barras y la RFID superan las principales necesidades del SATE. En términos comparativos, la tecnología RFID supera en distintos campos a la ofertada por los códigos de barras. En efecto, en la identificación por radiofrecuencia no se requiere que la etiqueta y el lector estén uno frente a otro, su campo de funcionamiento es radial y cuentan, por tanto, con un radio de acción determinado. Además, permite identificar productos en concreto. La RFID alcanza mayores distancias de lectura (hasta 7 metros, por los 50 centímetros que ofrece el código de barras) y una velocidad de lectura también superior, fundamental para no colapsar el sistema. La identificación por radio frecuencia se prefiere en situaciones en las que las etiquetas se puedan deteriorar y quedar ilegibles, como es el caso de una línea de trabajo del SATE en la que la maleta sufre roces. También es conveniente por la imposibilidad de asegurar la línea directa de observación entre lector y etiqueta, lo que en el caso de código de barras produciría el fallo total del sistema. Por otra parte, los costos de un sistema RFID serán más elevados que los de un sistema de código de barras, sin embargo, a largo plazo, las ventajas de la tecnología RFID reflejan mayores ganancias. Además, un requisito fundamental para el SATE es la grabación de información en la etiqueta, lo cual solo es factible en el RFID.

## 9.2. Consideraciones generales de un sistema RFID

Como se explicó de forma breve anteriormente, se puede describir sucintamente la RFID como una tecnología inalámbrica que identifica un objeto único gracias a la comunicación entre

un lector y una etiqueta. Esta última contiene, a su vez, una antena y un chip, conocido como transponder o tag, que almacena información. El chip almacena un número de identificación, como si fuera una especie de código único. Se puede esquematizar el funcionamiento de la siguiente forma.

1. En primer lugar, el lector envía ondas de radio al chip, que son interceptadas por la antena.
2. Estas ondas son las que activan el chip, que, a través de la antena, transmite su información al lector.
3. Tras recibir dicha información, se envía al procesador de la sala de control. Estas ondas son las que activan el chip, que, a través de la antena, transmite su información al lector.

La comunicación se produce gracias a las señales de radiofrecuencia. Esta comunicación cuenta con características específicas en cuanto a alcance, velocidad y seguridad según el rango de frecuencia en el que trabajen. El funcionamiento de los dispositivos de RFID se realiza entre los 50 KHz y los 2,5 Ghz. Cabe resaltar que la carga electromagnética de una antena de este tipo de sistemas es menos de una quinta parte de las que produce un teléfono móvil, esto es, 5 antenas en funcionamiento cerca de un ser humano le producirían menos carga que dicho terminal. En la práctica, es raro situarse próximo a dos o más antenas activas, por lo que se deduce que las emisiones electromagnéticas no son perjudiciales para la salud. En Europa existen regulaciones para la salud y el medioambiente. La regulación WEEE Directive (Waste Electrical and Electronic Equipment) no permite que se desechen las etiquetas RFID, esto es, no pueden tirarse directamente a la basura y deberán ser retiradas de todo objeto que si vaya a ser tirado.

El empleo de RFID consigue la reducción de costes fijos, acelera los procesos, permitiendo el intercambio de información sobre el estado de la cadena en tiempo real. En relación a los costes, estos se deducen de las etiquetas y los lectores, así como del software y la infraestructura necesaria para su manejo. Se podrían establecer los siguientes factores que determinan el coste.

-Coste del chip (IC, circuito integrado)

-Coste de incrustación (inlay)

-Coste de ensamble

Se debe tener en cuenta la labor de instalación del sistema. En efecto, cada layout está personalizado en función al sitio en el que se instale y a las características que este emplazamiento tenga, haciendo hincapié en el agua, los metales o la interferencia electromagnética producida por motores o robots.

En el caso del SATE, la tecnología RFID permite localizar constantemente, y, por tanto, monitorear, a cada equipaje que se encuentre en el sistema. Las principales ventajas de emplear identificación por radiofrecuencia en nuestro SATE son, entre otros.

- Localización en tiempo real.
- Llamadas de emergencias. Se alerta al personal de situaciones que requieren atención especial, como la pérdida de seguimiento de los equipajes.
- Reduce las pérdidas de equipajes, en comparación con antiguos sistemas.
- Controlan los accesos restringidos que tienen los equipajes en el recorrido en función a su determinación como aclarados o no aclarados.
- Reducción de tiempos de espera.

### 9.2.1. Riesgos del uso de RFID

Se deben tener en cuenta algunos aspectos de riesgos a la hora de diseñar un sistema que emplee la tecnología de identificación por radiofrecuencia.

- Privacidad

La etiqueta permanece en el equipaje después de abandonar el sistema. Esto provocaría que se pudiera extraer de forma ilícita información del propio usuario. Esto se debe a que la etiqueta sigue siendo funcional, y, aunque se instalen etiquetas de distancia corta, podrían ser leídas por antenas de alta potencia.

Supóngase que unos desconocidos pueden obtener a distancia la información de un equipaje de bodega. Es posible con una infraestructura suficiente de antenas y lectores estratégicamente colocados, aunque esto implicaría un coste elevadísimo, por tanto, la idea del monitoreo continuo de una persona a través de una etiqueta resulta una idea bastante improbable. En cualquier caso, los organismos gubernamentales velan por la desactivación automática de los tags siempre que sea posible, y de, en cualquier caso, notificar la presencia de un tag, debiendo este ser reconocible y fácil de extraer.

- Seguridad

En primer lugar se debe establecer la frecuencia de operación, pues los límites de exposición varían con este parámetro. Si se mide la exposición a la energía de la radiofrecuencia mediante la tasa de absorción específica (SAR, por sus siglas en inglés), se puede estimar la medida de la potencia depositada en el cuerpo, expresado, así, en watts por kilogramo de tejido (W/kg). En Europa, el límite es de 2 W/kg de tejido, medidos sobre 10 gramos de tejido. En diversos estudios con animales de laboratorio se ha demostrado que ante exposiciones de aproximadamente 4 W/kg la temperatura del animal aumenta, lo que provoca que cese en la realización de actividades complejas. Estos cambios de comportamiento son reversibles y en ningún caso perjudiciales para el animal. Se supone que en el ser humano se tendrían los mismos efectos, comparables a los de tener temperaturas ambiente extremas o hacer ejercicio extenuante.

Otra forma de medida es la potencia transmitida y la distancia al cuerpo. Normalmente ocurre que los dispositivos que trabajan cerca del cuerpo lo hacen a potencia baja y, por el contrario, los que trabajan a potencia alta, lo hacen alejados del cuerpo. En el caso bajo estudio,

el RFID en UHF trabaja en el rango desde 868 hasta 956 Mhz, esto es, el mismo espectro que los teléfonos móviles. Pese a esto, la intensidad es muy inferior, del orden de 5 veces menos a los celulares y 18000 veces menos que un horno microondas estándar, los cuales ya operan a una intensidad permitida por la legislación europea.

- Confiabilidad tecnológica

Existen una serie de riesgos que se implican del propio uso de la tecnología, en el más puro punto de vista tecnológico, de inversión, compatibilidad y ataques a la integridad del sistema. Se exponen a continuación algunos casos.

-La no elección de la tecnología y frecuencia adecuadas de acuerdo con las necesidades de las aplicaciones específicas. Como medidas preventivas se debe realizar un análisis de necesidades, contratar especialistas y emplear los mismos criterios que se utilizarían para cualquier inversión tecnológica.

-El tener que desarrollar distintos softwares e interfaces que compatibilicen diferentes sistemas de la empresa puede derivar en altos costos. Como medidas preventivas se debe contratar a especialistas e implantar arquitectura del software que abarque tecnología actual y futura, combinada con una de datos que permita el manejo masivo de estos con bajos costos totales.

-Los tags RFID pueden ser leídos por cualquier lector compatible e incluso puede hacerse a distancias importantes. Como medidas preventivas se deben establecer patrones de validación de origen y entrada de datos, empleo de métodos anticopia robustos o empleo de tecnologías para autenticación.

- Compatibilidad internacional

Cada empresa es responsable de definir la tecnología, su frecuencia de uso. En el caso de SATE, la aplicación es solo para uso interno y no debe, por tanto, adoptar un estándar internacional.

### 9.3. Componentes de un sistema RFID

- Transponder, etiqueta o tag

La etiqueta o tag, también llamada transponder, que responde a una abreviación de las palabras transmitter-responder, es un circuito integrado insertado en un campo magnético, cuenta con las siguientes partes.

-Una memoria no volátil donde se albergan los datos

-Una memoria ROM donde se encuentran las instrucciones básicas para su funcionamiento.

-Opcionalmente una memoria RAM que acumule datos durante la comunicación.

-La antena que detecta las ondas de radiofrecuencia.

-Otros componentes electrónicos que ayudan al procesado de la señal, como buffers o filtros.

La mayor parte de los sistemas tienen memoria EEPROM (electrically erasable programmable read-only memory). Para que un transponder se active, es necesario que reciban energía. En función a la forma en la que obtienen dicha energía, se tiene.

-Pasivos, que sólo se alimentan de la energía del campo magnético que genera el lector.

-Activos, aquellos que necesitan baterías adicionales al requerir mayor energía de activación. Tienen un alcance mayor y no necesitan que el lector inicie a comunicación, en cambio, su vida útil es limitada y el coste puede ser de hasta 5 veces el de una etiqueta pasiva.

Teniendo en cuenta que las etiquetas pasivas pueden almacenar mucha información y que son menos caras que las activas, unido a que estas últimas tienen una esperanza de vida menor, sólo a cambio de un mayor rango de transmisión, que es innecesario en el caso del SATE, las etiquetas pasivas son una opción más interesante.

Las etiquetas pueden ser de sólo lectura o de lectura-escritura, es decir, las primeras cuentan con un código de identificación único, otorgado ya sea en fábrica, o previo a su uso, que es inalterable, en cambio, las segundas permiten actualizar la información cada vez que sea necesario. En el caso del SATE, es necesario que cada equipaje cuente con una etiqueta que vaya variando su información en función a las distintas dicotomías que se enfrenta a lo largo de su recorrido (por ejemplo, es necesario establecer si la maleta se aclara y en qué nivel lo hizo), esto es, el SATE es un sistema que tiene requerimientos de información variable, por tanto será necesario emplear etiquetas de lectura-escritura.

Por otra parte, también se debe realizar una clasificación de las etiquetas en función al rango de frecuencias en el que trabajan y se comunican con el lector.

-LF o baja frecuencia, rango de 120 Khz-134 Khz. Su uso más amplio se da en accesos a edificios.

-HF o alta frecuencia, rango de 13,56 Mhz, conocida como la banda médica, industrial y científica (ISM, de sus siglas en ingles). Su alcance de lectura es bajo, del orden de 30 centímetros

-UHF o ultra alta frecuencia, rango de 868 Mhz-956 Mhz. Una de las principales ventajas de las etiquetas RFID de UHF pasivas es que tienen un rango mayor a 3 metros y pueden leer cientos de etiquetas simultáneamente.

-Microondas, rango de 2,45 Ghz.

Tabla 9-2. Características de las etiquetas en función a su rango de aplicación.

<b>Característica</b>	<b>LF</b>	<b>HF</b>	<b>UHF</b>
Rango de operación	125 KHz	13,5 Mhz	860-950 Mhz
Rango de lectura	10 cm	1 m	3 m
Consumo de energía	Bajo	Moderado	Alto
Transferencia de datos	Alto	Moderado	Rápido
Aplicaciones	Puntos de venta, aplicaciones retail en pequeña escala	Librerías, identificación de pacientes	Sistemas de equipajes, trazabilidad de productos y medicinas

En términos generales, a mayor frecuencia, mayor velocidad de transmisión de datos y mayor coste del equipo. La elección de la frecuencia es, por tanto, un parámetro fundamental en el diseño del sistema. Es igual de importante no interferir con las frecuencias ya existentes, entre ellas las de comunicaciones aeronáuticas.

Tabla 9-3. Características de las distintas bandas de frecuencia.

<b>Rango frecuencia</b>	<b>Observaciones</b>
Menores a 135 KHz	Baja potencia, aplicaciones de poca distancia.
6,765-6,795 MHz	Banda ISM, frecuencia media.
7,400-8,800 MHz	Solo para seguridad de artículos en tiendas, frecuencia media.
13,553-13,567 MHz	Sobre todo en seguridad y control de acceso, frecuencia media.
26,957-27,28 MHz	Solo aplicaciones especiales, frecuencia media.
433 MHz	Raramente usado para RFID, ultra alta frecuencia.
868-870 MHz	Bajo desarrollo, ultra alta frecuencia.
902-928 MHz	Alto desarrollo, sistemas, cadenas suministros, ultra alta frecuencia.
2,400-2,483 GHz	Identificación de vehículos.
5,725-5,875 GHz	Raramente usado para RFID.

Actualmente, en Europa, para la ultra alta frecuencia UHF se utiliza el rango 868-870 Mhz.

- Lectores

Son, como se ha dicho, los responsables de enviar una señal de radiofrecuencia que tiene como misión detectar un rango de acción determinado. Existen dos tipos en función a su fabricación.

- Sistemas con bobina simple, la cual se usa para enviar datos y para transmitir la energía. Son eminentemente más sencillos, consecuentemente tienen alcance menor.
- Sistemas interrogadores con dos bobinas, que ocupa cada una en cada una de las misiones nombradas en el epígrafe anterior.

Los lectores pueden reconocer y distinguir de forma automática las etiquetas que se encuentren en su campo de aplicación. Envían al procesador instantáneamente la información que extraen del tag. Es posible, empleando métodos de anticollisión, que lean simultáneamente varias etiquetas que estén en su radio de alcance, sin embargo, esto no será de utilidad en el

SATE, pues cada equipaje pasará por cada control de forma individualizada. Se debe tener en cuenta que las ondas responden a leyes físicas, son inmutables, rebotan en el metal y, a ciertas frecuencias, las absorben la fibra de carbono y el agua.

- Controladores y antenas

Son dispositivos tanto de lectura como de grabación. Trabajan gracias a un controlador que es el que genera la potencia, el cual se conecta a una red mediante un cable TCP/IP, o de un puerto serial a una computadora.

## 9.4. Características técnicas de un sistema RFID

- Tipos de comunicación

Un sistema RFID se basa en la comunicación bidireccional entre un interrogador y un transponder haciendo uso, para su consecución, de ondas de frecuencia. Dependiendo de la frecuencia en la que se trabaje, se pueden diferenciar los que trabajan por acoplamiento electromagnético inductivo y los que lo hacen por propagación de ondas electromagnéticas.

En el primer caso, las frecuencias de campo magnético creadas por la antena son la energía que alimenta el transponder, debido a que el campo está cerca de la antena del lector y se permiten comunicaciones a una distancia aproximadamente igual al diámetro de la antena. La bobina del lector crea un campo magnético que atraviesa la antena del transponder. Parte del campo magnético producido penetra en la bobina del transponder. Esto genera por inducción una tensión en la antena, que da lugar a un voltaje que será rectificado, lo que servirá de alimentación al chip que contiene la información.

El segundo caso permite la transmisión de información a mayor distancia (mayores de 1 metro), esto es, será el tipo de comunicación que se empleará en nuestro sistema. Se requieren altas frecuencias, en la práctica se trabaja en el rango UHF y en el de las microondas. La ventaja de operar en estos rangos es que las frecuencias altas implican longitudes de onda cortas, lo que permitirá reducir el tamaño de las antenas y aumentar la eficiencia de las mismas, consiguiendo alcances de hasta 3 metros en transponders pasivos y de 15 metros en activos. La energía que habilita la comunicación se extrae el propio campo magnético que genera el lector.

- Códigos y modulación

El intercambio de datos se puede esquematizar a través de 3 pasos.

- El lector codifica la señal y la modula.
- El medio de transmisión transfiere la información
- La etiqueta vuelve a modular la señal y la decodifica.

En la codificación se trata de adecuar la señal al medio de transmisión, esto es, se le proporciona al mensaje protección contra interferencias, colisiones o modificaciones intencionadas.

La tecnología clásica de radiofrecuencia está ligada a los métodos analógicos de modulación, diferenciando entre modulación de amplitud (AM), modulación de frecuencia (FM) y modulación de fase (PM), que son las tres variables de una onda electromagnética.

- Seguridad a nivel de encriptación de datos

Al emplear el sistema RFID como método de identificación y monitoreo, parece imprescindible brindar al sistema de seguridad que lo proteja de ataques ilícitos. Se debe habilitar un sistema de seguridad que tenga un modo de defensa contra, al menos, los siguientes ataques individuales.

- Lectura no autorizada de la etiqueta y, consecuentemente, de la información en ella contenida, así como la modificación de dicha información.

- Colocación de una etiqueta con información extraña para confundir al lector y obtener acceso no autorizado para conseguir servicios sin pagarlos.

- Imitación de etiqueta original con propósito de hacer fraude.

Cuando se procede a instalar el sistema RFID se deben tener en cuenta las medidas de seguridad que necesitará concretamente ese sistema. En el caso del SATE, resulta fundamental asegurar que no exista la posibilidad de que un individuo pueda interceptar y modificar la información contenida en una etiqueta. En efecto, un individuo podría cambiar la certificación de una maleta no aclarada, y conseguir introducir en bodega un equipaje potencialmente peligroso.

Los algoritmos y procedimientos de encriptación más empleados en RFID son:

- Criptografía de clave secreta o simétrica.

- Algoritmo DES.

- IDEA (international data encryption algorithm).

- Criptografía de clave pública o asimétrica.

- Control de errores

Al estar empleando un canal como medio de transmisión de información, se corre el riesgo de perder parte de esa información, por lo que resulta indispensable establecer métodos que impidan o, al menos, mitiguen estos errores de transmisión. Lo que nos ocupa es el control de errores, que tratan de identificar cuando se están dando errores de transmisión e iniciar medidas que puedan corregirlo, retransmitiendo, por ejemplo, las partes dañadas. Las medidas más utilizadas son:

- Control de paridad.

- Método LRC (longitudinal redundancy checksum) o control de redundancia longitudinal, que es un proceso lineal.

- Método CRC (control de redundancia cíclica) que es un proceso cíclico.

## 9.5. EPC Global

Las siglas responden a Electronic Product Code, es una organización internacional de RFID que se encarga de establecer estándares para el uso del código de producto electrónico. La red de EPC global utiliza el producto electrónico Code TM (EPC) y las tecnologías de identificación por radiofrecuencia. Los estándares empleados aumentan la eficacia y la exactitud en los procesos de automatización. El objeto primario de esta organización en el caso que incumbe es mejorar la eficiencia en el proceso del manejo físico y monitoreo de equipajes.

La EPC establece una serie de especificaciones globales. Los protocolos 0 y 1 de EPC se basan en estándares ISO y son incompatibles uno con el otro. Para superar este obstáculo, se realiza la generación 2 Clase 1 de RFID, que combina estos 2 protocolos y obtiene la aprobación ISO.

Los estándares que se aplican a la identificación radiofrecuencia cobran especial importancia al ser usada la RFID en tantos campos. Estos estándares deben tratar los siguientes aspectos.

- Protocolo en el interfaz aire. Cómo se comunican lector y etiqueta.
- Contenido de los datos. Cómo se deben organizar los datos a transmitir.
- Conformidad. Pruebas a superar por los productos para cumplir estándares.
- Aplicaciones. Cómo se pueden usar las aplicaciones con RFID.

Existe un problema derivado del conflicto entre ISO y EPC Global, que proponen estándares distintos.

### 9.5.1. Protocolos establecidos por la EPC Global

- Class 0-Read only

Es la etiqueta más simple. Inalterable. Durante la fabricación se graban los datos, que servirán como código de identificación, ya que tan sólo esa etiqueta lo posee. No es posible, por tanto, actualizar información.

- Class 0 plus-Read-write

Al igual que en el caso anterior, se graba en fábrica un código de identificación. Sin embargo, se proporcionan capacidades de lectura y grabación en el protocolo de la etiqueta.

- Class 1-Write once and read only (WORM)

El usuario puede introducir un código a modo de número de serie. Las ventajas principales se revelan en aplicaciones que priman datos variables por encima de identidad única o cuando se quiere modificar el código de identificación de fábrica. En la generación 2 de esta clase se pretende permitir diversas lecturas (WORM, write once read many).

- Class 2-Read-write

Mayor flexibilidad, al permitir leer y escribir en la memoria de la etiqueta. Suelen emplear, por esto, mayor capacidad de memoria que el que se requeriría para almacenar un código de identificación.

- Class 3-Read-write (sensor on-board)

Se incluye un sensor que puede registrar temperatura, presión o movimiento.

- Class 4-Read-write (transmisores integrados)

Permiten la comunicación entre etiquetas sin la presencia de un lector. Son, por tanto, tags activos con su propia batería.

## 9.6. Marco legal y normativa aplicable

Se denomina Habeas Data a la garantía constitucional que tutela los derechos fundamentales derivados de la vida privada y la intimidad, frente al avance de la tecnología y la recopilación de datos personales en bancos de datos. Se busca impedir que este tratamiento de datos pueda vulnerar los derechos del individuo. En España, la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal reconoce el derecho al Habeas Data.

De una encuesta pública realizada en la Comunidad Europea en 2006 se extrajeron las siguientes conclusiones.

- Los participantes estimaron que se debían aclarar los riesgos sobre la privacidad.
- Sólo un 15% de los encuestados aseguraban fiarse de las compañías y empresas que emplean este tipo de chips en sus productos.
- Un 55% exige una regulación legislativa que incumba a la información contenida y a la lectura de la misma.
- Más de un 50% de los consultados expresó temor frente a los abusos que se pudieran cometer con esta tecnología.

En Europa la ERO (European Radiocommunications Office) es la oficina de soporte permanente al ECC (Electronic Communications Committee), que se encarga del desarrollo de políticas de radiocomunicación y asignación de frecuencias, así como su regulación, en rango que se encuentran entre los 9 kHz y los 275 Ghz.

Por otra parte, la ETSI (European Telecommunications Standards Institute), creada por la CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations). Los estándares aplicables a la banda UHF se recogen en EN 300 220. En Europa, esta banda emplea muy baja potencia y ciclo de transferencia. La regulación actual permite un rango máximo para los lectores de potencia de transmisión de 500 mW en la banda de 200 kHz. Las nuevas recomendaciones se recogen en EN 302 208 y tienen un incremento de 2 watts de potencia.

En el caso que compete, la UHF, la legislación establece que no puede ser usada de manera global, al no existir un único estándar global. En Europa la ultra alta frecuencia está bajo consideración para 865,6-867,6 Mhz, permitiéndose el uso sin licencia entre 869,40 y 869,65 Mhz.

La legislación y la regulación de la tecnología RFID se basa en la privacidad y en los derechos humanos, siendo el derecho a la autodeterminación informativa y la protección frente a la utilización informática de los datos personales los pilares fundamentales. Los criterios vigentes en la legislación a nivel mundial son.

- Derecho de cada individuo a acceder a los datos personales que le competan.
- Derecho de cada individuo a controlar la información que le compete y su transmisión
- Necesidad de leyes que definan
  - Limitación del tiempo que se puedan conservar los datos del usuario.
  - Definición de la utilización de dichos datos.
  - Prohibición de la revelación de dichos datos.
  - Incorporación de medidas de seguridad que alteren las bases de datos.
  - Exclusión de la intromisión de terceros no autorizados.

En el propio sector aeronáutico, la IATA prueba la eficiencia en lectura de un sistema RFID y descubre que alcanza tasas del 99%. Además, se realizan estudios en los que se obtiene un retorno positivo para la industria derivado de la introducción de la tecnología RFID. De hecho, ya se estima su introducción en 1991, pero el coste tecnológico era entonces muy elevado. Pese a esto, se realizan estudios y pruebas en las que se obtienen resultados positivos. En efecto, se mejoran las tasas de lectura de etiquetas de equipajes en transferencia, pasando del 55% a más del 97%.

Las aerolíneas deben transportar el equipaje, pero la infraestructura requerida para llevar la maleta desde el origen hasta devolvérsela a su propietario en destino es compleja y costosa. Esto se traduce en la existencia de una doble fuente de aumento de costes, al sumar las consecuencias del mal manejo debido a la mencionada complejidad al cargo por pérdida de maletas. En 2005 se pagaron 1,21 billones de dólares sólo en conceptos de compensación por pérdidas, ascendiendo los costes totales para la industria hasta los 3,6 billones de dólares.

La convención de Monreal, aplicable a los transportistas de la Unión Europea desde 2004, cuenta con 3 cláusulas que afectan a las operaciones del equipaje.

- Artículo 3. Las compañías deben proporcionar una única etiqueta por cada maleta chequeada. Deben notificar al pasajero que se aplicara a su viaje lo estipulado en la convención de Monreal.

-Artículo 17. El transportista es responsable del daño causado a la maleta mientras este bajo su cuidado. Una maleta se considera perdida si pasan más de 21 días sin ser devuelta a su propietario.

-Artículo 22. La compañía debe indemnizar económicamente al propietario por destrucción, pérdida, retraso o daño de la maleta.

Hasta 2005 la mayor barrera para la implantación del RFID fue la falta de estándares. Para resolverlo, en ese año, se adopta la RP 1740c de la IATA. Por otra parte, las regulaciones de onda de radio, también tenidas en cuenta, han llevado a que la única banda global que permite distancia de lectura y actuación suficiente sea la UHF. Además, el uso de esta banda permite la interoperabilidad global. Todo esto queda recogido en la *recommended practice* mencionada.

EPCglobal presenta el primer standard, el EPC class 0, que permite almacenar unos números de serie fijos en la etiqueta. Esto no supone una novedad para el sector de los equipajes, pues el número lo deben asignar las aerolíneas y no un externo. Posteriormente se introduce el EPC class 1, que ya permite la escritura, aunque sigue siendo EPCglobal el que asigna los números que pueden usarse, lo cual es inservible para el uso requerido por las maletas. Finalmente se lanza el EPC class 1 Gen 2, ratificada por la ISO, que permite el uso de la tecnología sin tener que utilizar los esquemas impuestos por EPCglobal. La propia ISO ya ha asignado una aplicación para identificar equipajes, permitiendo a las compañías usar etiquetas ISO estandarizadas para equipaje con su propio DCS asignado.

En junio de 2018 entrara en vigor la nueva resolución 753 de la IATA, la cual establece una serie de recomendaciones para los miembros de esta asociación.

Principalmente deben tener y mantener un inventario exacto del equipaje mediante el monitoreo de las maletas que se encuentren en el sistema.

-Los miembros deben ser capaces de demostrar la entrega del equipaje al cambiar la custodia de este.

-Los miembros deben ser capaces de demostrar la captación del equipaje al cambiar la custodia de este.

-Proveer un inventario de maletas previo a la salida del vuelo.

-Ser capaces de intercambiar los eventos conocidos por cada miembro con las partes que necesiten dicha información.

El conjunto mínimo de cambios de custodia deberán ser.

-Entrega de la maleta al pasajero.

-Entrega de la maleta al avión.

-Entrega de la maleta al sistema de una aerolínea.

La aerolínea debe ser capaz de demostrar la entrega y recepción de equipajes, específicamente en 3 lugares.

- Carga en aeronave
- Inyección en llegadas
- Inyección en transferencias

Esta resolución también tiene como objetivo reducir la posibilidad de fraude, cerrando el recorrido del equipaje, permitiendo detectar irregularidades, como cuando una maleta deja atrás un sector pero no se registra que llegue al siguiente. Se incrementa, a su vez, la velocidad en el proceso de conciliación y la lectura de las etiquetas, en general.

En la actualidad ya existen muchos aeropuertos con un nivel elevado en cuanto a lo que a seguimiento de equipaje se refiere, pero para 2018 son todos los que deberán determinar si cuentan con la infraestructura necesaria para cubrir las necesidades.

El buen seguimiento de equipaje permite conocer donde se encuentran las maletas antes de la salida programada. Esta acción pro activa puede utilizarse para recuperar equipajes extraviados y asegurar que realizan sus conexiones. Sin esta información, un pasajero esperaría a que la maleta llegara a su destino sin saber a ciencia cierta si este evento va a llegar a ocurrir realmente. Incluso cuando esta acción pro activa no sea posible, se debe ser capaz de proveer la máxima información al pasajero sobre el viaje de su equipaje.

## 9.7. Aplicación al SATE de la tecnología RFID

Se trata, por tanto, de automatizar el sistema haciendo uso de la identificación por radio frecuencia. Esto tiene una implicación directa con la cadena logística conocida hasta el momento. En primer lugar se debe supeditar esta cadena a un gran sistema de información. Al contrario de lo que intuitivamente se pueda pensar, este sistema no es único y centralizado, existen diferentes, tanto en los aeropuertos como en las propias compañías. Entre ellos se forma una red a través de los mensajes que se mandan entre sí y que, por seguridad y normativa, están codificados según las imposiciones de la IATA. La aplicación práctica de esto es evidente, una maleta procedente de otro aeropuerto es reconocida por el aeropuerto de destino así como por las compañías que estén involucradas en el transporte del pasajero gracias a los protocolos establecidos entre los distintos sistemas.

La forma de hacer única a una maleta entre todas las demás es mediante la asignación de un código de 10 cifras. Se pueden dividir estos números de la siguiente forma.

Figura 9-1. Esquema de la división del código numérico.



La primera cifra, leyendo el código de la forma normal, de izquierda a derecha, viene determinada por la compañía aérea. La mayoría de ellas ponen un 0. Indica características

variadas de la maleta, como si pertenece a tripulación, a pasajero, o si la maleta ha realizado check-in on line o no, pero, en cualquier caso, cada compañía cuenta con su propio protocolo y, por tanto, este dígito podrá referirse a multitud de elementos.

Las tres siguientes cifras representan a la compañía emisora de la etiqueta. Estos números no son casuales, si no que se corresponden con el código que la IATA asigna a cada compañía. Se suele tratar de la primera compañía aérea que se encargue de la maleta. Sin embargo, si la compañía no cuenta con los medios suficientes o necesarios para transportar la maleta hasta el avión o para crear la propia etiqueta y recurre, por tanto, a una subcontrata para solventar estos impedimentos, entonces este código de 3 cifras podrá ser tanto el de la compañía subcontratada como el de la compañía aérea.

Las últimas seis cifras se corresponden con el código de identificación de maleta puramente. Esto crea un rango de un millón de maletas para cada compañía, tras las cuales, el bucle vuelve a empezar, identificando nuevamente los equipajes desde 0 hasta 999.999. Esto desmiente la afirmación de que cada maleta está identificada única e inequívocamente, pues existe un rango limitado, lo que dificulta el contexto cuando se trata de equipaje extraviado, pues existirán una serie de maletas “que son la misma”, esto es, su código de identificación es el mismo. Es por esto que muchas compañías aéreas prescinden del primer dígito en virtud de este último código. En efecto, se conseguirían 7 dígitos dedicados a la identificación de cada maleta, lo que ampliaría hasta 10 millones el número de maletas que se pueden reconocer unívocamente. Además, en la etiqueta física figuran distintas informaciones.

- Nombres y apellidos del pasajero.
- Lugar y fecha de creación de la etiqueta.
- Número de equipajes y peso.
- Número de la etiqueta.
- Pre código.
- Clase de transporte.
- Fecha y hora de transporte. Numero de vuelo previsto.
- Destino final.
- Presencia, o no, de banda verde de espacio Schengen.
- Presencia de código de barras vertical y horizontal.

Se introducen, a continuación, tres nuevos conceptos, el DCS, el BSM y el BPM.

El DCS, o departure control system, es un sistema en el que se introducen los datos relativos al pasajero, así como al vuelo en cuestión, y devuelve la asignación del asiento del avión y un código para la etiqueta de la maleta. El DCS, que puede haber sido desarrollado por la propia compañía, por otra o por una empresa externa, así como podría usarse el

proporcionado por el aeropuerto, es una aplicación que administra y controlar el check-in de pasajeros, maletas y su embarque final. Además, es el encargado de mandar los BSM.

Un BSM, o *baggage source message*, es un cuya función es presentar la maleta al medio que la va a tratar.

Por otra parte, el BPM, o *baggage processed message*, es un mensaje que se crea cuando una maleta pasa por un punto de lectura.

Ambos tipos de mensaje se encuentran estandarizados tal y como se establece en *Recommended Practice 1745 IATA*.

El DCS crea un BSM, el cual será recibido por todos aquellos sistemas que estén implicados en el transporte o recepción del equipaje, así como todos aquellos que por otros motivos necesiten la información, como pueden ser otras compañías y aeropuertos. Esta circunstancia pone en relevancia lo enunciado anteriormente, el mensaje debe ser estandarizado para que pueda ser interpretado por todas las partes. Así, se establece la forma de interpretar el mensaje, que, a priori, sólo es una serie de caracteres. La IATA obliga a la presencia de una serie de campos mientras que otros son opcionales o condicionales. En el caso de los BSM, se tiene la siguiente información y su estandarización.

Tabla 9-4. Estandarización para los BSM según la IATA.

<b>Campo</b>	<b>Información</b>
BSM	Inicio
.V/	Indica el aeropuerto que emite el BSM y si este -es el aeropuerto de origen (L) -es el aeropuerto para realizar transferencia (T) -es el aeropuerto de destino (X)
.F/	Indica el vuelo en el que el equipaje esta facturado, qué día, qué destino y qué clase de transporte.
.O/	Vuelo de continuación desde el aeropuerto .F/. Este campo es opcional, sujeto a que exista vuelo de continuación.
.N/	Código de etiqueta seguido de 3 cifras más, que indican el número de maletas que tienen simultáneamente ese mismo código.
.S/	Con objeto la conciliación del equipaje, indica -Autorización de carga de equipaje (Yes/No) -Número de asiento del pasajero -Estatuto del pasajero (B-boarded, C-check-in) -Número de facturación
.W/	Peso en kilogramos y número de bultos.
.P/	Apellidos y nombre del pasajero.
.L/	Número de reservación del pasajero.
.Y/	Número de la carta de fidelidad del pasajero. Este campo es opcional, sujeto a que el pasajero posea carta de fidelidad.
ENDBSM	Fin del mensaje.

Los BPM cuentan con campos adicionales al BSM.

Tabla 9-5. Estandarización para los BPM según de la IATA.

<b>Campo</b>	<b>Información</b>
.J/	Información referente al proceso -Letra del código del proceso -Código del operario -Identificación del scanner usado -Fecha de lectura y hora en UT -Lugar físico de la lectura
.B/	Códigos de irregularidades -OND. Maleta no cargada y sin autorización. -OFF. Descargada. -UNS. No leída -NAL. Cargada pero sin autorización para ello. -ONA. No cargada pero con autorización.
.U/	ULD que interviene en el proceso. Este campo es opcional, sujeto a que se emplee un ULD.
.X/	Códigos referentes a seguridad -CLR. Equipaje clarificado. -UCL. Equipaje no clarificado. -REJ. Equipaje rechazado.

Se pretende la inclusión de microchips RFID en las etiquetas impresas conocidas, esto es, en etiquetas normales. Esto permite no tener que descartar la información que proporciona el código de barras, así como la información directa que se imprime sobre la etiqueta. En definitiva, se consigue superponer el efecto de tres fuentes de información, lo que no sólo supone aumentar la confianza del sistema, si no que permite la operación en diversos aeropuertos, pues existen aeródromos que no tienen capacidad para analizar con tecnología RFID, y deben hacerlo solo con códigos de barras o incluso de forma manual.

## 9.8. Zonificación y recuento de lectores RFID

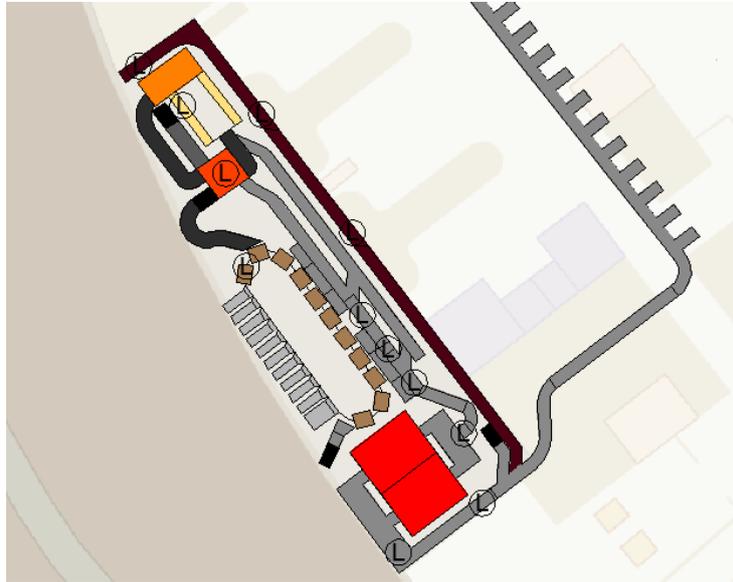
- Módulo 1.

Tabla 9-6. Situación y recuento de lectores RFID en el módulo 1.

<b>Situación</b>
Tras el descenso de la cinta a la planta 0, previo a caída en bandeja.
Previo a la bifurcación de las maquinas EDS del nivel 1 de seguridad.
Previo a la bifurcación que separa verticalmente al equipaje aclarado en el nivel 1.
En la cota superior (aptos N1), previa a la bifurcación que separa al equipaje temprano.
Previo a la bifurcación que separa verticalmente al equipaje aclarado en el nivel 2.
En la cota superior (aptos N2), previa a la bifurcación que separa al equipaje temprano.
Lector manual en el nivel 3.
En la clasificadora, previa a la descarga dinámica.
En el comienzo de la cinta de llegadas.
Previo al desvío al primer hipódromo.

Previo al desvío al segundo hipódromo.	
Previo al descenso en ascensor del equipaje especial.	
<b>Total de lectores en el módulo 1</b>	<b>12</b>

Figura 9-2. Posiciones de los lectores en el módulo 1.

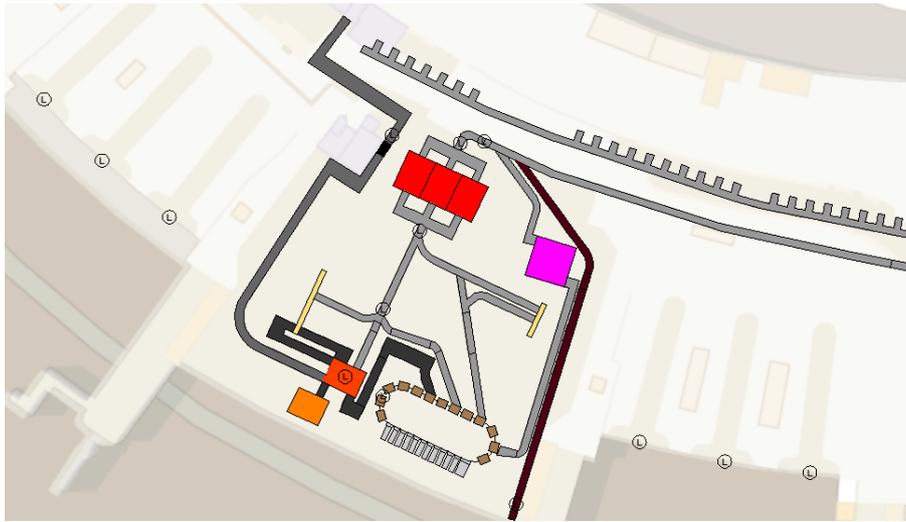


- Módulo 2.

Tabla 9-7. Situación y recuento de lectores RFID en el módulo 2.

<b>Situación</b>	
Tras el descenso de la cinta a la planta 0, previo a caída en bandeja.	
Previo a la bifurcación de las maquinas EDS del nivel 1 de seguridad.	
Previo a la separación en 3 caminos. Aprobados Nivel 1, Tempranos Nivel 1 y no aclarados.	
Previo a la separación en 3 caminos. Aprobados Nivel 2, Tempranos Nivel 2 y no aclarados.	
Lector manual en el nivel 3.	
En la clasificadora, previa a la descarga dinámica.	
En el comienzo de la cinta de transferencias.	
En la cinta de llegadas izquierda previo al desvío al primer hipódromo.	
En la cinta de llegadas izquierda previo al desvío al segundo hipódromo.	
En la cinta de llegadas izquierda previo al desvío al tercer hipódromo.	
En la cinta de llegadas derecha previo al desvío al primer hipódromo.	
En la cinta de llegadas derecha previo al desvío al segundo hipódromo.	
En la cinta de llegadas derecha previo al desvío al tercer hipódromo.	
Previo al descenso en ascensor del equipaje especial.	
<b>Total de lectores en el módulo 2</b>	<b>14</b>

Figura 9-3. Posiciones de los lectores en el módulo 2.

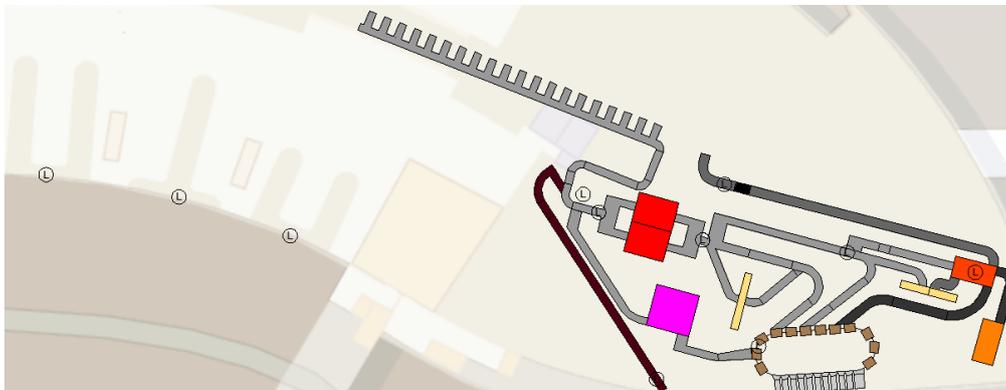


● Módulo 3.

Tabla 9-8. Situación y recuento de lectores RFID en el módulo 3.

Situación	
Tras el descenso de la cinta a la planta 0, previo a caída en bandeja.	
Previo a la bifurcación de las maquinas EDS del nivel 1 de seguridad.	
Previo a la separación en 3 caminos. Aprobados Nivel 1, Tempranos Nivel 1 y no aclarados.	
Previo a la separación en 3 caminos. Aprobados Nivel 2, Tempranos Nivel 2 y no aclarados.	
Lector manual en el nivel 3.	
En la clasificadora, previa a la descarga dinámica.	
En el comienzo de la cinta de transferencias.	
En la cinta de llegadas izquierda previo al desvío al primer hipódromo.	
En la cinta de llegadas izquierda previo al desvío al segundo hipódromo.	
En la cinta de llegadas izquierda previo al desvío al tercer hipódromo.	
Previo al descenso en ascensor del equipaje especial.	
<b>Total de lectores en el módulo 3</b>	<b>11</b>

Figura 9-4. Posiciones de los lectores en el módulo 3.



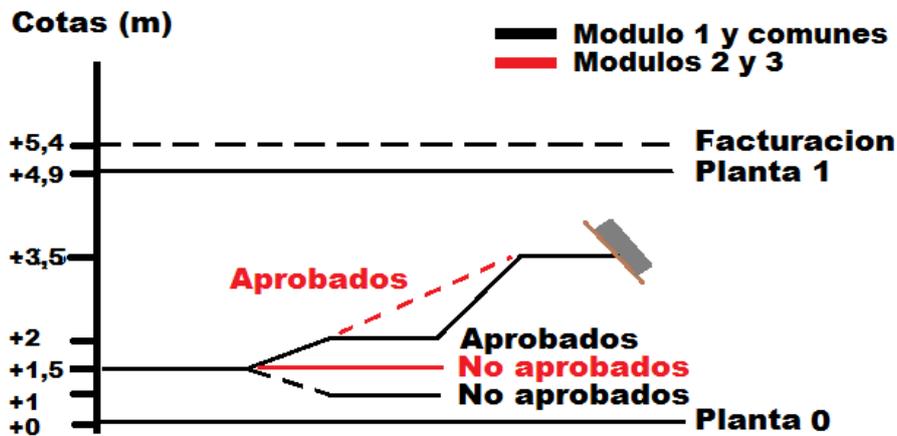
Con lo que se tiene un número de **lectores total igual a 37.**

# 10. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

## 10.1. Salidas

A continuación, se explica módulo a módulo, cuál es el recorrido que una maleta realiza desde el mostrador de facturación hasta ser clasificada para el vuelo correspondiente. En primer lugar hay que entender la situación de las distintas plantas del aeropuerto.

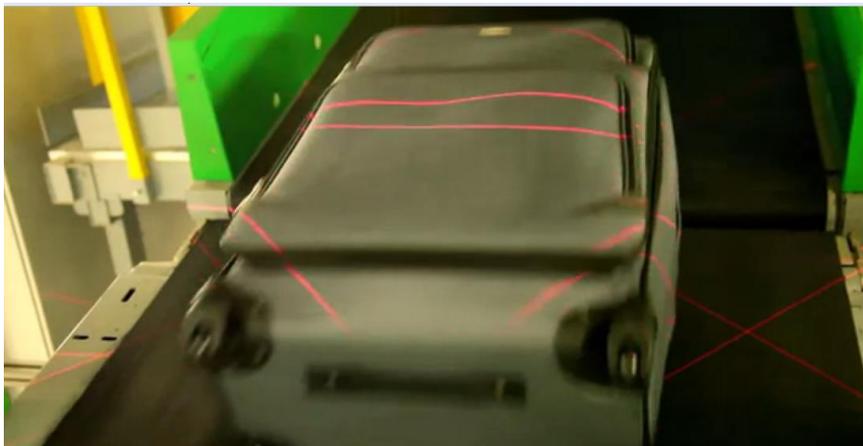
Figura 10-1. Esquema de la distribución de cotas en el aeropuerto de Valencia.



- Módulo 1

El pasajero factura su equipaje en la planta 1. Cada bulto recibe una etiqueta en la que, aparte de figurar toda la información previamente dicha junto a dos códigos de barras idénticos (uno en horizontal y otro en vertical). El equipaje cae en la colectora que se dispone perpendicular a las cintas de alimentación de los mostradores. Tras alcanzar el final de la zona de mostradores comienza su descenso hacia la planta la planta 0. Lo hace con una inclinación de 18°. Justo al final del descenso un lector reconoce la etiqueta.

Figura 10-2. Equipaje pasando punto de lectura en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



Entonces, la maleta, en la cinta transportadora a cota +1,8 metros, cae sobre una bandeja, incorporándose a una vía horizontal que transcurre en la planta 0 a cota +1,5 metros. El sistema empareja la referencia de la etiqueta de la maleta que acaba de ser leída con el de la bandeja que la contiene.

Figura 10-3. Equipaje cayendo sobre bandeja en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



El conjunto bandeja-maleta continúa hasta llegar al primer nivel de seguridad, momento en el que la cinta transportadora se bifurca en dos, con objeto de alimentar a cada máquina EDS. Justo antes de esta bifurcación se produce una nueva lectura RFID. Esta lectura se recibe en el centro de control que asigna un camino u otro, o lo que es lo mismo, la máquina en la que se realiza el primer nivel.

Figura 10-4. Primer nivel de seguridad en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



Tras realizar el análisis, el resultado es recibido en el centro de control, que asigna automáticamente el estado de clarificado o no clarificado al equipaje. Los dos caminos vuelven a confluir en uno, y previo a la bifurcación en vertical se realiza una nueva lectura RFID. En el centro de control se recibe la identidad de la maleta y si ésta ha sido aprobada, caso en el que

el sistema eleva la maleta a una cota superior, o si no ha sido aclarada, caso en el que el sistema continúa por la misma cota.

Figura 10-5. Bifurcación en vertical en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



De ser aprobada, la maleta se dirige hacia una nueva lectura RFID. En el centro de control se determina si la maleta es un equipaje temprano o no. Si se detecta que lo es, la maleta continuará recto, el sistema toma una segunda desviación a la derecha. Si no lo es, la maleta se desvía y se incorpora al sistema de clasificación por bandejas basculantes, último punto en el que se encuentra un lector que localiza la maleta en dicho subsistema de clasificación.

Figura 10-6. Inyección a la clasificadora en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



El equipaje no aclarado continúa su trayecto por el SATE. Durante este recorrido, se produce la resolución en pantalla, determinándose nuevamente si el equipaje puede, en esta ocasión, ser aclarado o no. Al final del nivel 2 de seguridad, esto es, en el punto de decisión, hay un lector que identificará a la maleta y recibirá del centro de control la información sobre su estado, y se tiene un caso análogo al del primer nivel de seguridad; los equipajes aclarados subirán de cota, y realizarán el mismo proceso de inyección en el subsistema de clasificación, incluyendo la diferenciación como equipaje temprano o normal, y los no aclarados continuarán en la misma, hasta llegar al nivel 3 de seguridad.

Figura 10-7. Nivel 3 de seguridad.



En este nivel se tendrán operarios realizando las identificaciones mediante lectores RFID manuales. Tras realizar la inspección mediante máquina ETD, si la maleta no ha sido aclarada pasa a través de una cinta transportadora a un cuarto anexo, que será donde se producirá la reconciliación del equipaje con el pasajero, siendo ésta la última oportunidad de que el equipaje sea aprobado. En caso negativo, abandonará el sistema, pasando a competencia de los equipos de seguridad correspondientes.

Por otra parte, los equipajes aprobados en el nivel regresan al cuarto de inspección del nivel 3, uniéndose a los equipajes aprobados en este nivel y se encaminan, al igual que en los dos primeros niveles, hacia la clasificadora hasta incorporarse a dicho sistema.

- *Equipajes especiales*

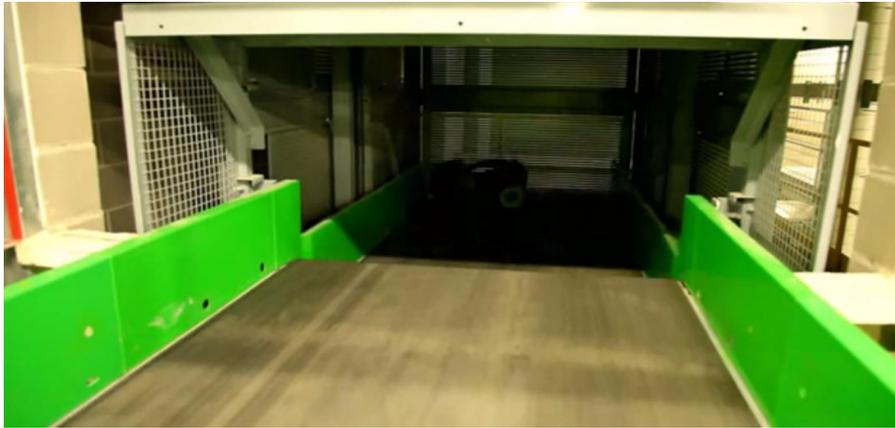
Los equipajes especiales cuentan con su propio mostrador de facturación, y, por tanto, su propia colectorora, que será, evidentemente, más ancha que en la utilizada para equipajes normales.

Figura 10-8. Facturación de especiales en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



A diferencia de los equipajes normales, los especiales no emplearán cintas transportadoras inclinadas en su descenso desde la planta 1 a la planta 0, si no que se habilitará un ascensor que realizará esta función. Existe un lector RFID previo a la llegada al elevador que se encarga de activar automáticamente su funcionamiento.

Figura 10-9. Ascensor de equipajes especiales en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



Como se comentó anteriormente en la explicación de los niveles de seguridad del SATE, los equipajes especiales llegan directamente al nivel 3 de seguridad. Una vez allí, realizan el mismo recorrido que el explicado para los equipajes normales, pues a partir de este punto del trayecto, especiales y normales comparten recorrido. Las cintas de estos tramos comunes están habilitadas con el mayor ancho.

- Módulos 2 y 3

Gran parte de proceso que se lleva a cabo en los módulos 2 y 3 es análogo al que se ha detallado aplicado en el módulo 1, por lo que para no redundar, se describirán principalmente las diferencias.

El proceso hasta la salida del primer nivel de seguridad es exactamente el mismo. Tras ello, se produce una lectura RFID que se encarga de determinar por cuál de los 3 caminos posibles se dirigirá el equipaje, desviando el curso de la maleta, empleando un sistema de reorientación que permite inyectar el equipaje en trayectorias anguladas, o haciendo que esta siga recto.

Figura 10-10. Reorientación para inyección en ángulo en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



Tabla 10-1. Posibles caminos tras nivel 1 de seguridad en los módulos 2 y 3.

Sector	Aprobado-Clasificar	Aprobado-Temprano	No aclarado
Módulo 2	Se desvía a la izquierda	Se desvía a la izquierda	Recto a nivel 2
Módulo 3	Recto a clasificadora	Se desvía a la derecha	Se desvía a la izquierda

Figura 10-11. Inyección en ángulo en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



En el tratamiento post nivel 2 de seguridad ocurre algo parecido, pues tampoco se tiene una bifurcación en vertical como si ocurría en el módulo 1. Nuevamente, se emplean varios caminos en función del destino de la maleta tras la resolución de este nivel. Cuando el bulto llega al punto decisión se produce una lectura RFID que asignará automáticamente uno de los 3 caminos posibles a la bandeja contenedora.

Tabla 10-2. Posibles caminos tras nivel 2 de seguridad en el módulo 2.

Sector	Aprobado-Clasificar	Aprobado-Temprano	No aclarado
Módulo 2	Desvío 90 °	Desvío hacia atrás	Recto a nivel 3

Figura 10-12. Inyección a 90 grados en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



Tabla 10-3. Posibles caminos tras nivel 2 de seguridad en el módulo 3.

Sector	Aprobado-Clasificar	Aprobado-Temprano	No aclarado
Módulo 3	Recto a clasificadora	Se desvía a la derecha	Se desvía a la izquierda

Figura 10-13. Almacén de equipajes tempranos en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



El resto del proceso y, por tanto, de la automatización, así como el tratamiento de los equipajes especiales, es análogo a lo detallado para el módulo 1.

## 10.2. Subsistema de clasificación

Cuando el equipaje se encuentra en el sistemas de bandejas basculantes, todavía queda la función más importante del proceso de automatización, esto es, asignar correctamente la maleta al vuelo que corresponda. Para ello, se establece una lectura de etiqueta RFID situada a final de la primera recta del carrusel, o sea, una vez ya se han inyectado al sistema los equipajes procedentes de todos los niveles de seguridad. La lectura sirve para situar a la maleta en el subsistema, el centro de control reconoce que container tiene asignado y vuelca la bandeja basculante al paso por dicho contenedor.

Figura 10-14. La clasificadora vuelca en la tolva el equipaje. SATE del aeropuerto de Barcelona.



### 10.2.1. Carga al ULD. Sistema CLS.

Se implementa la tecnología CLS (Container Loading System), por la cual, los operarios de handling pueden, mediante una plancha rígida con capacidad de movimiento horizontal y vertical, instalada sobre raíles, trasladar los equipajes de los container a los ULD finales.

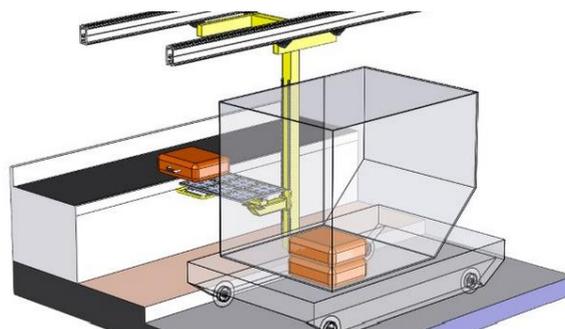
El CLS permite el uso tanto en el equipaje duro como en el blando, pudiendo mover de forma efectiva los distintos bultos desde el container al ULD, donde se colocan sin problemas con una precisión exacta, de la manera más óptima, en lo que a situación espacial se refiere. Esta nueva tecnología facilita la tarea de los equipos de handling, ayudando a la clasificación y eliminando las cargas pesadas.

Figura 10-15. Operario empleando el sistema CLS.



El CLS se instala sobre raíles que irán fijados en el techo, dejando libre el suelo para la mejor rodadura de equipos en tierra y otros sistemas, como los propios contenedores ULDs.

Figura 10-16. Esquema del sistema CLS.



### 10.3. Llegadas y transferencias

En el módulo 1 existe un único lector que identifica las maletas que van cargando el equipo de handling. La información de la etiqueta es recibida por el centro de control, que ya conoce el destino de la maleta, esto es, conoce si la maleta tiene en el aeropuerto de Valencia su destino final y por tanto continúa recto hacia los hipódromos de salida, y, a su vez, conoce el origen del equipaje, por lo que desvía al bulto al hipódromo correspondiente.

Figura 10-17. Cinta de Llegadas en el SATE del aeropuerto de Barcelona.



Si detecta que la maleta esta en transferencia, se tienen 3 posibilidades.

- que la transferencia sea para un vuelo asignado al propio módulo 1.
- que la transferencia sea para un vuelo asignado al módulo 2.
- que la transferencia sea para un vuelo asignado al módulo 3.

En el primer caso la maleta continuará por la misma cinta que los equipajes que se dirigen a los hipódromos, pero, a diferencia de estos, el sistema no hará que la maleta se desvíe, continuando recto hasta inyectarse nuevamente retroalimentando a la cinta que lleva hasta el primer nivel de seguridad.

En el resto de casos, la maleta es escupida del sistema en dos cintas diferenciadas según al módulo al que vayan dirigida, donde un equipo de handling se encargara de transportar hasta la línea de transferencia correspondiente el equipaje.

En el módulo 2, existen dos líneas de carga del equipaje en llegada, asignadas a cada par de muelles, que tienen un funcionamiento análogo Al igual que en el módulo 1, las maletas se cargan y la etiqueta RFID es leída En un proceso similar, el sistema desvía a las maletas al hipódromo que asignado, mientras que las maletas en transferencia son escupidas y acarreadas hasta la línea de transferencia que le corresponda.

El módulo 3 es completamente análogo al dos, pero sólo cuenta con una línea de carga del equipaje en llegadas que alimenta a los dos muelles existentes en esta terminal.

#### 10.4. **Inclinaciones permitidas**

Como se ha explicado en varias ocasiones a lo largo del proyecto, la facturación para todos los módulos se realiza en la planta 1 y el equipaje debe descender a la zona principal del SATE, que se encuentra en la planta 0. Para conseguir esto las maletas deben salvar un desnivel de 4 metros, teniendo en cuenta que la inclinación máxima permitida por las cintas transportadoras es de 18º.

Tabla 10-4. Inclinaciones y longitudes necesarias para descender de planta 1 a planta 0.

Sector	Longitud en plano	Longitud de cinta	Inclinación permitida	Verificación
Módulo 1	13,25 m	13,84 m	16,8º	Verifica
Módulo 2	21 m	21,38 m	10,8º	Verifica
Módulo 3	15,24 m	15,75 m	14,7º	Verifica

- Módulo 1

Cuando la maleta se enfrenta al primer nivel de seguridad, y tras salir de la máquina correspondiente se enfrenta a una bifurcación en vertical. Los aprobados cambian +0,5 metros de nivel, mientras que los rechazados se mantienen en la misma cota.

Tabla 10-5. Inclinación y longitud necesarias para el cambio de cota.

Sector	Longitud en plano	Longitud cinta	Inclinación permitida
Módulo 1	1,93 m	2 m	14,5º

Para poder cargar la maleta, es necesario elevar el equipaje hasta una cota de 3,5 metros sobre el nivel del suelo. Las maletas que van a la clasificadora son las que han sido aprobadas y, por tanto, ya se encuentran en una cota + 2 m. En este caso se establece la inclinación máxima por necesidades de espacio.

Tabla 10-6. Inclinación y longitud necesarias para el cambio de cota.

Sector	Longitud en plano	Longitud cinta	Inclinación permitida
Módulo 1	4,61 m	4,85 m	18º

- Módulos 2 y 3

En los módulos 2 y 3 no existe bifurcación en vertical tras abandonar la maleta los correspondientes niveles de seguridad. Por esta razón, los equipajes que provengan de los niveles 1 y 2 deben salvar un cambio de nivel de 2 metros (desde la cota +1,5 m hasta la cota 3,5 m). Por los mismos motivos que en el módulo 1, se establece la inclinación máxima permitida.

Tabla 10-7. Inclinación y longitud necesarias para el cambio de cota.

Sector	Procedencia	Longitud en plano	Longitud cinta	Inclinación permitida
<b>Módulo 2</b>	Nivel 1	6,15 m	6,47 m	18º
<b>Módulo 2</b>	Nivel 2	6,15 m	6,47 m	18º
<b>Módulo 3</b>	Nivel 1	6,15 m	6,47 m	18º
<b>Módulo 3</b>	Nivel 2	6,15 m	6,47 m	18º

En cambio, para acceder al nivel 3 primero hay que descender de cota +1,5 m a cota +1 m.

Tabla 10-8. Inclinación y longitud necesarias para el cambio de cota.

<b>Sector</b>	<b>Longitud sobre plano</b>	<b>Longitud cinta</b>	<b>Inclinación</b>
Módulos 2 y 3	1,54 m	1,62 m	18º

Finalmente, el escenario más crítico corresponde a los equipajes que cargan desde el nivel 3, pues tienen que salvar un desnivel de 2,5 metros (desde la cota +1 m hasta la cota +3,5 m).

Tabla 10-9. Inclinación y longitud necesarias para el cambio de cota.

<b>Sector</b>	<b>Longitud sobre plano</b>	<b>Longitud cinta</b>	<b>Inclinación</b>
Módulos 2 y 3	7,69 m	8,09 m	18º

# 11. PLANOS

---

## Lista de planos

P1-Plano 1. Descripción de las partes que componen el módulo 1 del sistema.

P2-Plano 2. Acotación del módulo 1.

P3-Plano 3. Descripción de las partes que componen el módulo 2 del sistema.

P4-Plano 4. Acotación del módulo 2.

P5-Plano 5. Descripción de las partes que componen el módulo 3 del sistema.

P6-Plano 6. Acotación del módulo 3.

## 12. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

---

Con la realización de este diseño, se ha tratado de elaborar un sistema que permita al aeropuerto de Valencia ampliar su capacidad operativa de forma que pueda afrontar las necesidades futuras, como los principales aeropuertos españoles.

A través de su elaboración, se ha creado una herramienta, un método, para dimensionar un SATE, cubriendo así el vacío existente al comenzar este Proyecto Fin de Carrera. En efecto, en el inicio del trabajo resultó imposible encontrar un procedimiento que ya existiera para dimensionar este tipo de sistemas. Se ha logrado construir, haciendo uso de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, una solución práctica que ha permitido resolver los problemas que han ido surgiendo.

Se ha conseguido diseñar un sistema modular que permitirá la instalación progresiva, de forma que en cualquier caso siempre dos de las tres terminales estarán operativas.

Además, las predicciones que justifican el proyecto se han elaborado teniendo en cuenta la coyuntura social y económica que atraviesa el país, esto otorga a los resultados un sentido real, alejado de toda pretensión.

Se ha conseguido proporcionar un medio capaz de absorber las necesidades operativas que presentaba el aeropuerto de Valencia en el horizonte bajo estudio, incrementando la eficiencia y la fiabilidad del sistema actual. Además, se satisfacen las necesidades de seguridad exigidas y requeridas por los distintos organismos a nivel nacional e internacional.

Se ha aprovechado óptimamente el espacio con el que se contaba. En ningún caso ha sido necesario ampliar el aeropuerto, por lo que se ha diseñado un sistema de mayor capacidad en el mismo espacio.

Se han logrado, de esta forma, todos los objetivos que se propusieron al inicio del proyecto, por lo que se considera un resultado satisfactorio en cuanto a la relación objetivos-resultados.

Se propone como línea futura, en primer lugar, presupuestar el sistema, lo que desde el comienzo del trabajo quedó fuera de los límites que se establecieron en cuanto a la extensión académica del proyecto, pese a lo cual se ha velado en todo momento por la austeridad.

De la misma forma, es necesario acotar el sistema desde un punto de vista energético, esto es, determinar la potencia necesaria para que funcionen adecuadamente todas las partes integrantes de la estructura.

También resultaría interesante el desarrollo de la automatización desde el punto lógico, articulando todos los algoritmos necesarios para hacer funcionar el SATE con un control automático.

## 13. BIBLIOGRAFÍA

---

Plan Director del Aeropuerto de Valencia aprobado en Orden Ministerial el 19 de julio de 2001 y publicado en el BOE el 3 de agosto de 2001.

AIP vigente del aeropuerto de Valencia.

Informe de la SITA sobre el tratamiento de equipaje [2013].

BOE del 13 de agosto de 2012 sobre el Programa Nacional de Seguridad (PNS).

Nota de prensa del Ministerio de Fomento del 1 de agosto de 2012 sobre la apertura de la nueva terminal en el aeropuerto de Valencia.

Apuntes de la asignatura “Explotación del Transporte Aéreo” de 5º de Ingeniería Aeronáutica, Universidad de Sevilla.

The RF in RFID: passive UHF RFID in practice / Daniel M. Dobkin [2008]

RFID: oportunidades y riesgos, su aplicación práctica / Luis Miguel Godinez González [2008]

AENA (www.aena.es).

<http://www.flightstats.com>

<http://www.vanderlande.com/es/Tratamiento-de-equipajes.htm>

<http://www.beumergroup.com/es/productos/sistemas-de-tratamiento-de-equipaje/sistemas-de-facturacion/>

<http://avion.microsiervos.com/aeropuertos/sate-t4-barajas.html>

<http://www.aerotendencias.com/aeropuertos/2220-visita-al-sistema-automatizado-de-tratamiento-de-equipajes-del-aeropuerto-de-barcelona/>

<http://www.20minutos.es/noticia/1214495/0/>

<http://apleiningenieros.com/entpuer.htm>

[http://www.lasprovincias.es/prensa/20070601/comarcas/aena-licita-nuevo-sistema\\_20070601.html](http://www.lasprovincias.es/prensa/20070601/comarcas/aena-licita-nuevo-sistema_20070601.html)

<http://afortunadasair.blogspot.com.es/2013/12/sate-sistema-autmatico-de-trataiento-de.html>

[http://economia.elpais.com/economia/2013/04/09/agencias/1365500742\\_533102.html](http://economia.elpais.com/economia/2013/04/09/agencias/1365500742_533102.html)

<http://www.elmundo.es/elmundo/2011/03/30/economia/1301492829.html>

<http://spainbox.com/estadisticas-sobre-incidencias-de-perdida-o-retraso-de-equipajes-en-aeropuertos/>

<http://noticiaslogisticaytransporte.com/transporte/10/04/2013/gestion-de-equipajes-en-aeropuertos-susceptible-a-mejoras/1716.html>

<http://www.seguritecna.es/actualidad/al-dia/aena-confia-a-siemens-la-renovacion-de-sus-equipos-de-inspeccion-de-equipaje-de-bodega-en-diez-aeropuertos>

[http://www.belt.es/noticiasmdb/home2\\_noticias.asp?id=5990](http://www.belt.es/noticiasmdb/home2_noticias.asp?id=5990)

<http://juandelacuerva.blogspot.com.es/2008/04/sate.html>

<http://www.efeempresas.com/noticia/el-aeropuerto-de-madrid-barajas-gestiono-cerca-de-quince-millones-de-equipajes-en-2013/>

<http://www.abc.es/20120801/local-comunidad-valenciana/abci-aeropuerto-201208011213.html>

<http://www.ulmahandling.com/es/prensa/60-nuevos-hitos-en-el-aeropuerto-de-valencia>

<http://www.atac.aero/contenidos/juridico/resoluciones/actualclasaero.htm>

<http://www.aeropuertosenred.com/noticias/aeropuerto-de-valencia/nueva-terminal-t2-del-aeropuerto-de-valencia/>

<http://web.archive.org/web/20110813172905/http://levcspotting.blogspot.com/>

[http://contratos-publicos-espana.es/6442\\_Lote\\_9\\_adaptacion\\_del\\_SIEB\\_e\\_integracion\\_de\\_nuevos\\_equipos\\_automatizados\\_detectores\\_de\\_2013\\_Madrid](http://contratos-publicos-espana.es/6442_Lote_9_adaptacion_del_SIEB_e_integracion_de_nuevos_equipos_automatizados_detectores_de_2013_Madrid)

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Parte%20de%20mando/tecnologia\\_de\\_la\\_parte\\_de\\_mando.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Parte%20de%20mando/tecnologia_de_la_parte_de_mando.htm)