

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES EN TECNOLOGÍA RFID.

**Presentado por Pablo Alcaraz Martínez
Tutor: Ignacio Despujol Zabala**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Grado en Ingeniería Aeroespacial
Curso 2017-2018**



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN. 3

CAPÍTULO II. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES. 5

1. SISTEMAS ACTUALES DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES	6
2. SISTEMAS DE INSPECCIÓN AUTOMÁTICOS DE EQUIPAJES	6
3. TIPOLOGÍA DE EQUIPAJES	9
4. CONTROL DE SEGURIDAD EN LOS EQUIPAJES DE SALIDA	11
4.1. SISTEMA DE SEGURIDAD MULTINIVEL DE CINCO ETAPAS	13
4.2. NIVEL 1	14
4.3. NIVEL 2	14
4.4. NIVEL 3	15
4.5. NIVEL 4	15
4.6. NIVEL 5	16
5. TECNOLOGÍAS ACTUALES DEL SUBSISTEMA DE TRANSPORTE DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES.	16
6. TECNOLOGÍAS ACTUALES DEL SUBSISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE TRATAMIENTOS DE EQUIPAJES	17
6.1. CÓDIGO DE BARRAS	17
6.2. RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES (OCR)	17
6.3. SMART CARDS	17
6.4. IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA (RFID)	18
6.5. COMPARACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS SISTEMAS	19

CAPÍTULO III. BALIZAMIENTO DE EQUIPAJES MEDIANTE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA. 21

1. ESTABLECIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE DISEÑO.	21
2. SELECCIÓN DEL TIPO DE ETIQUETA RFID.	23
3. DISEÑO DE CÓDIGOS.	24
4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ETIQUETADO.	25
5. IMPLEMENTACIÓN DEL SENSOR DE RFID PARA USO EN EL SATE.	31
6. IMPLEMENTACIÓN DEL SENSOR DE RFID PARA USO EN EL EMBARQUE Y DESEMBARQUE DE EQUIPAJES.	37
7. IMPLEMENTACIÓN DEL SENSOR DE RFID PARA DETECCIÓN DE EQUIPAJES EN BODEGA.	39

CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN EN EL AEROPUERTO DE GRANADA. 40

1. SELECCIÓN DE AEROPUERTO	41
----------------------------	----

2. PROGNOSIS. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL TRÁFICO DE PASAJEROS.	41
3. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DEL NÚMERO DE EQUIPAJES A PROCESAR.	47
3.1. ESTIMACIÓN DE LOS PASAJEROS HORA DE DISEÑO.	47
3.2. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE EQUIPAJES A PROCESAR.	48
4. DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES.	53
4.1. SUBSISTEMA DE FACTURACIÓN Y SUBSISTEMA DE COLECCIÓN	54
4.2. SUBSISTEMA DE INSPECCIÓN	58
4.3. SUBSISTEMA DE CLASIFICACIÓN	62
4.4. INCORPORACIÓN DE EQUIPAJES DE TRANSFERENCIA NO PROCESADOS	65
4.5. TRATAMIENTO DE EQUIPAJES TEMPRANOS	66
4.6. TRATAMIENTO DE EQUIPAJES ESPECIALES	68
5. ESTADOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES.	69
6. CONTROL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES.	72
<u>CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE UNA RED DE SEGUIMIENTO DE EQUIPAJE.</u>	<u>93</u>
1. DISEÑO PRELIMINAR DE UNA RED DE SEGUIMIENTO DE EQUIPAJES.	93
2. PROCESO DE IMPLANTACIÓN Y SUSTITUCIÓN DEL SISTEMA.	96
<u>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES</u>	<u>98</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>100</u>
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	<u>103</u>
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	<u>107</u>
<u>ANEXO 1. PLANOS</u>	<u>109</u>

Capítulo I. Introducción.

Este trabajo surge ante la necesidad de satisfacer medios de seguimiento y gestión de equipajes que resulten operativos durante todo el proceso de inspección, clasificación y transporte de equipajes, incluyendo el momento en el que estos ya han sido embarcados en la aeronave. La idea parte de la obligatoriedad que establecen los protocolos de seguridad de retirar de la aeronave antes de su despegue cualquier equipaje de un pasajero que no hubiera finalmente embarcado en la aeronave.

Actualmente, incluso en los sistemas de tratamiento de equipajes más modernos que emplean tecnologías de seguimiento e identificación basado en radio frecuencias, una vez el equipaje ha sido embarcado en la aeronave la única forma de conocer su ubicación es consultar en un listado, en el que se han ido adhiriendo las distintas etiquetas de identificación de los equipajes manualmente, mediante la ayuda de un lector de códigos de barras. El consultar dicho listado puede demorarse considerablemente cuando se realiza en aviones grandes con varias bodegas de equipajes.

Con este estudio, se pretende lograr el objetivo de establecer la viabilidad de balizar las maletas con tecnología de seguimiento basada en radio frecuencia de forma que se pudiesen rescatar determinados equipajes, sin necesidad de consultar el listado descrito, realizando simplemente un “escaneo” de los equipajes embarcados en cada bodega mediante un equipo receptor de alcance y directividad variable que facilite localizar rápidamente el equipaje a desembarcar cuando sea necesario, sin demorar el despegue de la aeronave.

Un segundo objetivo es determinar si gracias al sistema de balizamiento que se propone de tecnología de identificación por radiofrecuencia es posible aumentar la capacidad de los sistemas automáticos de tratamiento de equipajes convencionales¹, brindando una mayor velocidad de desplazamiento en el subsistema de transporte como en el subsistema de clasificación.

El tercer objetivo que se propone es el estudio de viabilidad de la implantación de una red común de seguimiento de equipajes que permita localizar un equipaje asociado a un pasajero determinado disponiendo de un registro común de las lecturas de los diversos sensores de seguimiento, de tal modo que al consultar dicho registro se conozca el itinerario de viaje seguido de este equipaje determinado e, incluso, llegar a valorar la incorporación de una etapa de seguimiento durante la carga y descarga de los equipajes de las bodegas de los aviones, o en las puertas de salida de la sala de recogida de equipajes de los aeropuertos.

Estos tres objetivos y su valoración se realizarán contemplando en todo momento la retro-compatibilidad del sistema de balizamiento planteado con el sistema actual considerando un proceso de implantación que se prolongaría en el tiempo y que, por consiguiente, supone la coexistencia de ambos sistemas sin interferir en el correcto funcionamiento de ambos individualmente.

¹ Entiéndase convencionales como aquellos que realizan la identificación y el seguimiento de equipajes mediante código de barras.

Capítulo II. Introducción a los sistemas automáticos de tratamiento de equipajes.

En este capítulo se va a exponer el estado actual de los sistemas de tratamiento de equipajes desde el punto de vista normativo y operacional. De esta forma se sientan las bases del tratamiento de equipajes que se desarrollaran en capítulos posteriores. En primer lugar se realizará una breve exposición de lo que se entiende por tratamiento de equipajes y por sistemas de inspección automáticos así como las normas y recomendaciones que los rigen, seguidamente se detallará las tipologías de equipajes y las condiciones para que puedan ser tratados de forma automática, posteriormente se expondrá un ejemplo de sistema multinivel de inspección automática de equipajes, y por último se abordarán los subsistemas de transporte e identificación de equipajes por ser aquellos que se buscan optimizar con el presente trabajo de investigación.

1. Sistemas actuales de tratamiento de equipajes

Actualmente, los agentes de *handling* de equipajes emplean para el seguimiento de los equipajes unas etiquetadas identificativas del bulto con un código de barras propio de cada equipaje.

El código identificativo de cada bulto puede ser detectado mediante el uso de sensores ópticos y, por tanto, tratar dicho equipaje de forma pertinente. Sin embargo, este sistema exige la visión directa entre la etiqueta identificativa y el lector de códigos de barras, requisito que, en ocasiones, por el propio desplazamiento de los equipajes dentro del Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes (SATE), da lugar a que no se produzca la visión directa requerida para el correcto funcionamiento del sistema presentándose un *miss-track*, o un fallo de seguimiento.

Cuando se produce un *miss-track*, el equipaje debe ser introducido de nuevo en el sistema, bien en la primera etapa de este o bien en la tercera etapa con el resto de equipajes sujetos a inspección. En cualquier caso, el *miss-track* obliga a reprocesar el equipaje, aumentando la carga de trabajo al Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes (SATE), y, obviamente, puede provocar retrasos en el procesado del resto de equipajes o, en el peor de los casos, no llegar a tiempo para su embarque.

2. Sistemas de inspección automáticos de equipajes

Se entiende como sistema de inspección de equipajes al conjunto de elementos que trasladan los equipajes desde el terminal de facturación al punto de carga de los aviones realizando una serie de pruebas en el trayecto para asegurar que su contenido es adecuado.

Estos sistemas pueden ser de dos tipos: Sistemas de Inspección de Equipajes en Bodega (SIEB), donde el sistema opera de forma independiente por grupos de mostradores no permitiendo direccionar el equipaje a cualquier zona de carga en bodega si no que tiene un recorrido acotado; o Sistemas Automáticos de Tratamiento de Equipajes (SATE), que realiza la inspección antes de la clasificación.

Resulta relevante destacar que, desde la aprobación en 2002 del Reglamento (CE) número 2320/2002², publicado en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas de fecha 30 de diciembre de 2002, que a raíz de los atentados del 11 de septiembre del 2001 estableció la obligación de inspeccionar todos los equipajes previamente a su introducción en la bodega de los aviones. Esta obligatoriedad ha sido mantenida en normas posteriores dejando fijado que todo equipaje debe ser revisado antes de la carga en la aeronave. Además del cumplimiento de las normas básicas comunes establecidas por la Conferencia Europea de la Aviación Civil (CEAC)³.

En lo relativo al *handling* de equipajes, IATA realiza las siguientes recomendaciones respecto al diseño de Sistemas Automáticos de Tratamiento de Equipajes (SATE) que recoge en la RP 1800 con las siguientes indicaciones:

1. *Que sea económico.*
2. *Que requiera poca mano de obra.*
3. *Que sea fácil de comprensión y manejo, diseñado para operar de forma ininterrumpida con una vida útil de 10-15 años.*
4. *Que sea de fácil ampliación.*
5. *Que pueda procesar distintos tamaños y pesos.*
6. *Que pueda procesar equipajes especiales.*
7. *Que la velocidad de procesado sea compatible con la de los pasajeros.*
8. *Que pueda procesar de una forma sencilla los equipajes de enlaces de aviones, y los equipajes de última hora.*

² Dicho reglamento fue derogado por el Reglamento CE 300/2008, así mismo modificado por el Reglamento UE 18/2010, pero manteniendo la obligatoriedad de la inspección el 100% de los equipajes.

³ Más información disponible en:

https://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/AVIACION_CIVIL/ORGANISMOS_INTERNACIONALES/desc_ceac.htm

9. *Que si se produce un fallo por avería o por falta de energía eléctrica, los equipajes puedan ser procesados manualmente.*
10. *Que el sistema sea silencioso, no debiendo superar un ruido de 70 dB(A) medidos a un metro del foco emisor.*
11. *Que sea de fácil vigilancia para prever robos o deterioros.*
12. *Que se eviten diseños que puedan dañar a los equipajes*
13. *Que se facilite la containerización y descontainerización de equipajes.*
14. *Que disponga de espacios adecuados para la maquinaria, las circulaciones y para el depósito de contenedores.*
15. *Que facilite el almacenamiento de equipajes que son procesados con mucha antelación.*
16. *Que haya facilidad de adquirir refuerzos*
17. *Que sean accesibles las partes comprometidas del sistema [...].*
18. *Que las cintas del sistema sean de al menos 0.90 metros de ancho y disponer de al menos 1.2 metros de altura libre desde la cinta al obstáculo vertical más próximo.*
19. *Que las pendientes de las cintas que requieran seguimiento informático no superen los 12 grados de pendiente y 18 grados de pendiente en el resto.*
20. *Que la máxima pendiente del suelo local donde se ubica la clasificación de equipajes no supere el 5%.*

(International Air Transport Association (IATA), 2010)

Siguiendo estas recomendaciones señaladas, se debe realizar el diseño del Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes (SATE) que posibilite la inspección de la totalidad de equipajes embarcados en las bodegas de los aviones y que permita el procesado incluso en caso de avería parcial no pudiendo ser embarco ningún equipaje que no haya sido inspeccionado.

3. Tipología de Equipajes

Hay que considerar que los equipajes se clasifican en función de las dimensiones, el peso y su forma en cuatro categorías:

Categoría 1: Equipaje regular transportable y clasificables.

Categoría 2: Equipaje regular transportable y no clasificable.

Categoría 3: Equipaje especial.

Categoría 4: Equipaje no transportable.

Si nos centramos en las dimensiones de los equipajes, los equipajes regulares transportables (Categoría 1 y 2) deben tener una longitud de entre 1000 y 300 mm, una anchura de entre 800 y 75 mm y una altura de entre 450 y 40 mm. Los equipajes con dimensiones superiores son considerados equipajes especiales (Categoría 3) y con dimensiones inferiores son considerados equipajes no transportables (Categoría 4).

Si nos centramos en el peso, los equipajes regulares transportables (Categorías 1 y 2) deben tener un peso mínimo de 1 Kg y un peso máximo de 50 Kg. Los equipajes con un peso superior a 50 Kg e inferior a 100 Kg son considerados equipajes especiales (Categoría 3) y aquellos con pesos inferiores son considerados equipajes no transportables (Categoría 4).

Si nos centramos en la forma, considerados sólo aquellos equipajes que por condiciones de peso y de dimensiones sean equipajes transportables, son considerados clasificables (Categoría 1) aquellos que por su forma no pierden su posición en el transportador (rodando o volcando), que disponen de una superficie sólida y uniforme, y que sus partes adosadas (correas, colgantes y asas) tengan longitudes inferiores a 250 mm. Aquellos que no cumplan con lo anterior por tener superficies de apoyo blandas o no uniformes son considerados equipajes regulares transportables y no clasificables (Categoría 2) mientras que aquellos con correas y colgantes excesivamente largos son considerados equipajes no transportables (Categoría 4) salvo que se puedan fijar con algún mecanismo de seguridad.

También destacar que los equipajes muy frágiles, con puntos sobresalientes o que contengan productos químicos y/o animales vivos son considerados equipajes no transportables (Categoría 4).

4. Control de seguridad en los equipajes de salida

Centrándonos en los Sistemas Autónomos de Tratamiento de Equipajes (SATE) en los que según lo dispuesto en el apartado 5. Equipaje de bodega apartado 5.1. Control del equipaje de bodega del anexo 1 (Normas Básicas Comunes para Proteger a la Aviación Civil de Actos de Interferencia) del Reglamento CE 300/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de marzo de 2008 sobre normas comunes para la seguridad de la aviación civil indican:

- 1. Todos los equipajes de bodega serán objeto de control antes de ser embarcados 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.*
- 2. El equipaje de bodega en transferencia podrá quedar exento de controles cuando:*
 - a) proceda de un Estado miembro, a menos que la Comisión o ese Estado miembro hayan informado de que dicho equipaje no puede considerarse controlado de acuerdo con las normas básicas comunes, o*
 - b) proceda de un tercer país en el que las normas de seguridad aplicadas han sido reconocidas como equivalentes a las normas básicas comunes con arreglo al procedimiento de reglamentación contemplado en el artículo 19, apartado 2.*
- 3. El equipaje de bodega en tránsito podrá quedar exento de controles cuando permanezca a bordo de la aeronave.*

(Parlamento y Consejo Europeo, 2008)

Por tanto, se deben fijar los controles de seguridad que garanticen el cumplimiento del punto primero del apartado citado mediante el diseño de un sistema que no solo trate los equipajes de facturación, sino que a su vez pueda ser alimentado por los que lleguen desde transferencia y que no queden exentos por las condiciones del punto segundo.

Para ello se emplean, normalmente, un sistema de seguridad multinivel en el que se definen varias etapas de forma que se garantice una seguridad del 100% sin comprometer la capacidad del sistema. El sistema de seguridad multinivel de cinco etapas corresponde con las opciones óptimas establecidas por la Conferencia Europea de la Aviación Civil (CEAC) como el sistema de inspección automática de equipajes.

4.1. Sistema de seguridad multinivel de cinco etapas

En un sistema de seguridad se establecen cinco etapas distintas diseñadas con el fin de que los equipajes se traten en el menor número de etapas posibles de forma que no comprometan la capacidad del sistema y se garantice la seguridad de los equipajes embarcados. Estos sistemas suelen responder a un diagrama como el presentado en la Figura 1 de forma que el equipaje va progresando por los filtros de seguridad con el fin de mitigar los posibles riesgos de embarcarlo en la aeronave.

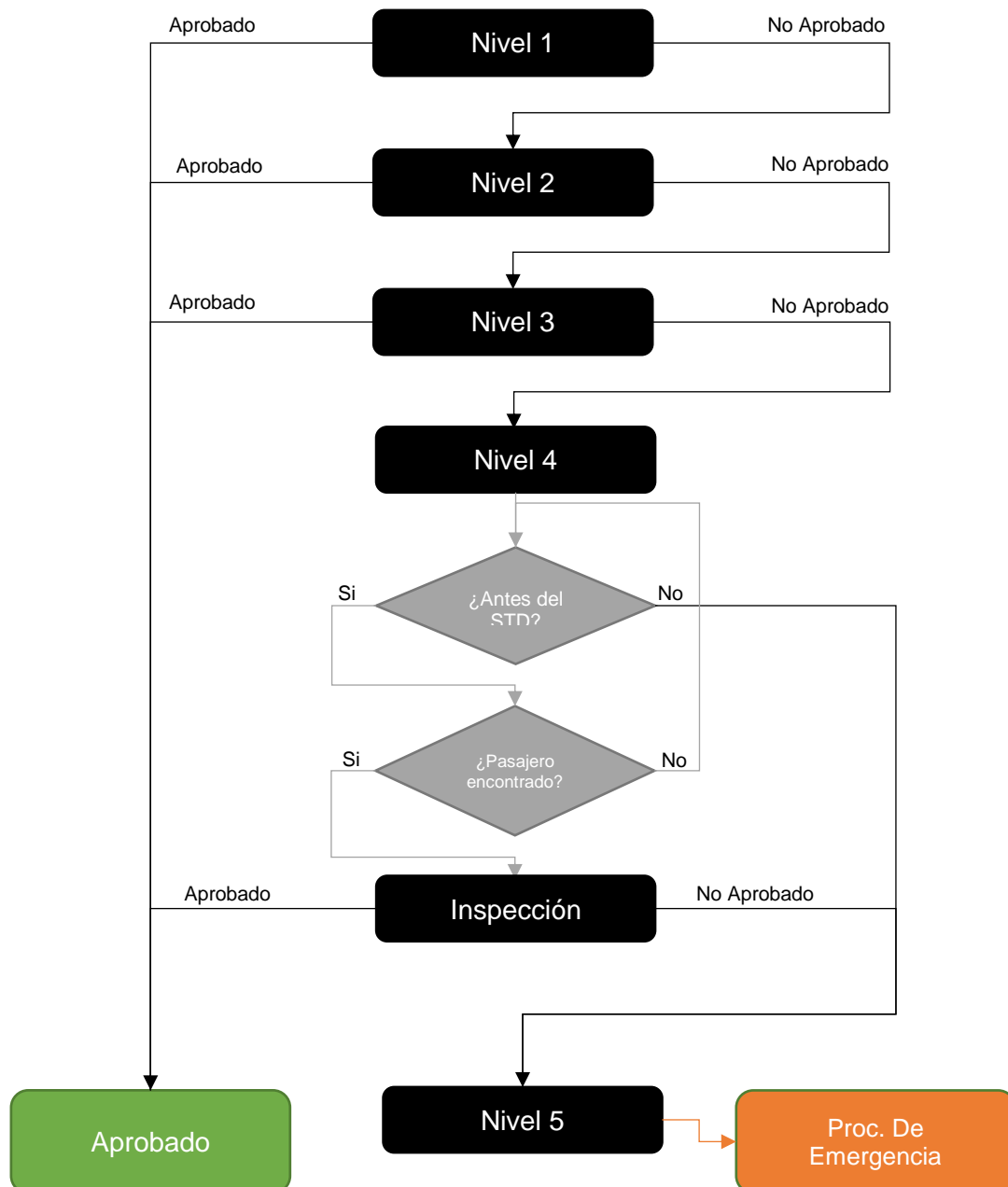


FIGURA 1. EJEMPLO DE DIAGRAMA DE INSPECCIÓN DE EQUIPAJES MULTINIVEL DE CINCO ETAPAS. (ELABORACIÓN PROPIA).

A continuación, describiremos cada una de las etapas o niveles de seguridad indicados con el fin de precisar su funcionamiento.

4.2. Nivel 1

En el nivel 1 se realiza un primer filtrado automático de los equipajes potencialmente peligrosos de los que no presentan ninguna amenaza aparente. Para ello, se suele emplear una máquina de rayos X con Sistema de Detección de Explosivos (EDS), aunque también sería de aplicación máquinas de tomografía computarizada o de difracción de rayos X que presentan el inconveniente de su mayor coste. En ningún caso sería aplicable una máquina de rayos X convencional puesto que se requiere que el proceso sea automático.

Este proceso de filtrado no requiere de operador, la máquina precisa de un tiempo de exposición del equipaje de tres segundos⁴ para decidir si supone o no un riesgo dicho equipaje, siendo el porcentaje de equipajes que superan satisfactoriamente esta etapa del 50%.

4.3. Nivel 2

El nivel 2 consiste en la revisión de las imágenes obtenidas en el nivel 1 por parte de un operario que dispone de un tiempo limitado, de unos diez segundos, para decidir si aprobar o no el equipaje. El operario, u operarios, se encuentra en una estación de trabajo a la que son transmitida las imágenes del nivel 1. En dicha estación se dispone de herramientas de manipulación y tratamiento de imagen con el fin de facilitar la decisión del operario. En el caso de que el operario decidiera que el equipaje no debe ser aprobado, o no pudiera tomar una decisión en el plazo establecido el equipaje se desviaría al nivel 3.

⁴ La respuesta se realiza normalmente en tres segundos, sin embargo, se han observado excepcionalmente tiempos de respuesta de hasta diez segundos.

Cabe destacar que en el caso de emplear en el nivel 1 técnicas de tomografía computarizada o difracción de rayos X, el nivel 2 puede consistir en un proceso de automática donde se emplean sistemas de detección mejorado, empleando los resultados provistos en el nivel 1, de tal forma que se podría considerar el nivel 1 y 2 un único proceso.

Sea cual sea el sistema empleado, el porcentaje de equipajes aprobados en nivel 2 ronda el 48%.

4.4. Nivel 3

El nivel 3 requiere que cada equipaje sea sometido a un análisis profundo con una máquina de alta capacidad de detección. Usualmente en este nivel se emplean técnicas de tomografía computarizada o difracción de rayos X, aunque también se permite el análisis de las imágenes del nivel 1 sin restricciones temporales⁵. Normalmente el porcentaje de equipajes que no superan el nivel 3 es del 0,05%.

4.5. Nivel 4

El nivel 4 es la reconciliación con el pasajero para preguntar sobre los elementos que levanten sospecha del equipaje, realizando una inspección visual en presencia del mismo. No obstante, si la llegada al nivel 4 no se hiciera antes del STD-20 (20 minutos para la hora prevista de salida) o no se consiguiera contactar con el pasajero antes del STD-20, el equipaje sería enviado al nivel 5, al igual que si las respuestas del pasajero no fueran adecuadas o la inspección fuera desfavorable.

⁵ Pese a que teóricamente el tiempo que dispone el operario en este nivel debería ser sin restricciones, se ha limitado el tiempo a un minuto dado que se ha comprobado que superado este tiempo no se da una resolución clara por parte del operario.

4.6. Nivel 5

El nivel 5 es la aplicación de los protocolos de emergencia del aeropuerto según el caso de incidencia o sospecha que se tenga del contenido del equipaje. Pese a que desde cualquier nivel se puede mandar el equipaje a nivel 5 si se dispone de las suficientes sospechas, lo normal es que el nivel 5 se dé por una superación desfavorable de los niveles anteriores.

Cabe mencionar que, si en el nivel 3 sólo eran desfavorable el 0,05% de los equipajes procesados, en el nivel 5 no tiende a alcanzarse y se da de forma muy remota. Pese a ello, es fundamental tenerlo previsto y articulado para cuando se requiera de él, dado que es el garante último de la seguridad en cuanto a los equipajes embarcados.

5. Tecnologías actuales del subsistema de transporte de los Sistemas Automáticos de Tratamiento de Equipajes.

En actualidad coexisten dos tecnologías de subsistema de transporte en los Sistemas Automáticos de Tratamiento de Equipaje (SATE).

En primer lugar, un sistema basado en cintas transportadoras automatizadas donde se dispone el equipaje directamente sobre la cinta o sobre una bandeja. Existen en una amplia gama de velocidades que van de los 0,5 m/s a los 10 m/s, siendo su velocidad normal entre 2 m/s y 3 m/s.

En segundo lugar, los sistemas de transporte independiente que son dispositivos que se desplazan sobre raíles alojando el equipaje sobre sí mismo. Este sistema tiene la posibilidad de volcar el equipaje, operan a una velocidad de 10 m/s a 15 m/s y en caso de fallo de la unidad el resto siguen funcionando independientemente, sin embargo, presentan el inconveniente de su mayor coste económico.

6. Tecnologías actuales del subsistema de identificación de los Sistemas Automáticos de Tratamientos de Equipajes

6.1. Código de barras

El sistema de códigos de barras es el más empleado en la actualidad para la identificación de los equipajes en los Sistemas Automáticos de Tratamiento de Equipajes (SATE). Consiste en adherir al equipaje una etiqueta con el código de barras identificativo, su codificación es binaria mediante barras y espacios paralelos. Su lectura se realiza con escáner laser que identifica el código haciendo uso de la distinta reflexión que ofrecen las barras negras y los espacios en blanco.

Presenta la ventaja de tratarse de un sistema muy económico, pero tiene dos limitaciones importantes: la necesidad de que exista visión directa entre el lector y la etiqueta; y la pérdida de legibilidad del código de barras si la etiqueta resulta dañada.

6.2. Reconocimiento óptico de caracteres (OCR)

El reconocimiento óptico de caracteres (OCR) se basa en reconocer mediante un sensor los caracteres dispuestos en una etiqueta. Pese a que permite articular códigos más elaborados que los códigos de barras, el sistema de identificación y sus lectores son bastante más elaborados y con un coste económico mayor.

Al igual que el sistema basado en código de barras presenta dos limitaciones relevantes: la necesidad de que exista visión directa entre el lector y la etiqueta; y la pérdida de legibilidad del código de barras si la etiqueta resulta dañada.

6.3. Smart Cards

Las Smart Cards son sistemas de entrada y salida de datos que permite su almacenamiento para su posterior procesado. Presentan la ventaja de ser económicamente asequibles y la desventaja de su gran desgaste físico con el uso. Por

otro lado, para el acceso a los datos se precisa de la existencia de contacto⁶ entre el lector y la tarjeta lo que dificulta el sistema de procesado de equipajes para asegurar que exista el contacto requerido necesario para su óptimo funcionamiento.

6.4. Identificación por radio frecuencia (RFID)

La identificación por radio frecuencia (RFID) se basa en la transmisión de información por medio de ondas electromagnéticas sin necesidad, por tanto, de contacto entre el emisor y el receptor, y, salvo que el medio de transmisión apantalle la señal, sin necesidad de visión directa entre la fuente emisora y el receptor. Esta tecnología se ha ido implementando cada vez más en el sector logístico y de seguimiento de bultos (gestión de inventarios e identificación de objetos principalmente) debido a su bajo coste económico y las ventajas que ofrece con respecto a las otras tecnologías expuestas.

Cabe destacar que el sistema se basa en una antena que forma varios bucles alrededor de un microchip donde se almacena la información. Al ser atravesadas las distintas espiras por un campo magnético generan una corriente inducida que alimenta el microchip y este, a su vez, radia la información que almacena. El bajo coste económico que ofrece se debe a que el sistema no requiere de importantes baterías ni de un complejo diseño para su funcionamiento.

⁶ Existen modelos de Smart Cards con sistemas de lectura sin necesidad de contacto, sin embargo, tienen un coste elevado y pese a no requerir contacto la distancia entre el lector y la tarjeta debe ser pequeña.

6.5. Comparación entre los distintos sistemas

En la siguiente tabla se resumen las características de los sistemas anteriormente expuestos:

	Código de barras	OCR	Smart Cards	RFID
Capacidad de almacenamiento (número de caracteres)	1 – 100	1 – 100	16 – 64	16 – 256
Coste del sistema	Bajo	Medio	Medio	Medio
Coste de operación	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Velocidad de lectura	4 segundos	3 segundos	4 segundos	Menor a 1 segundo
Distancia máxima entre dispositivo y lector	0,5 metros	Menos de 0,01 metros	0 metros (Contacto directo)	7 metros
Lectura por vista directa	Limitado	Simple	Imposible	Imposible
Interferencia por cubrirlo	Fallo Total	Fallo Total	Fallo Total	No influencia
Interferencia por intemperismo (daño ambiental)	Alto	Alto	No aplica	No influencia
Protección frente accesos no autorizados para lectura	Poca	Poca	Alta	Alta

Tabla 1. Comparativa de diversas tecnologías de seguimiento de bultos. (GARCÍA GARCÍA, 2015).

Como podemos observar en la Tabla 1, las únicas dos tecnologías que podrían ser de aplicación para los sistemas automáticos de tratamiento de equipajes son los códigos de barras y el RFID por la condición de poder desarrollar la identificación del equipaje sin requerir una distancia reducida entre el sensor y el sistema. No obstante, queda patente que la tecnología RFID ofrece ventajas que le permiten destacar por encima de los códigos de barras.

En primer lugar, su velocidad de lectura permite que el sistema haga un procesamiento más rápido de los equipajes de cara a la activación de mecanismos para desviar los equipajes permitiendo una mayor velocidad del subsistema de transporte.

En segundo lugar, la protección frente accesos no autorizados y la imposibilidad de extraer el código por visión directa permite dar al sistema un componente de seguridad que no ofrecen los códigos de barras. Esto se ve acrecentado por la disponibilidad de un mayor número de caracteres permitiendo realizar codificaciones más robustas.

Por último, el RFID ofrece protecciones frente a fallos ya sea por cubrir el sistema como por intemperismo, mientras que el código de barras provoca fallos totales. Sabiendo que las condiciones en las que se desplazan las maletas, sobre todo aquellas procedentes de transferencia, da lugar a que uno de los dos fallos indicados ocurra. Si a esta protección contra fallos le sumamos la posibilidad de emitir en una sola emisión más de una vez el código de identificación, por la mayor disponibilidad de espacio, obtendríamos una forma muy simple de correlación de lecturas, brindándonos una protección contra lecturas erróneas.

Capítulo III. Balizamiento de equipajes mediante identificación por radiofrecuencia.

En este capítulo se van a marcar los requisitos básicos de diseño del sistema de balizamiento de equipajes con tecnología de identificación mediante radiofrecuencia que se empleará como subsistema de identificación del Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes que se empleará en el Capítulo IV.

Este diseño se debe hacer respondiendo a dos premisas principales; ser más eficiente que el sistema de identificación por código de barras, y poder mantener el seguimiento del equipaje incluso una vez abandonado el sistema de tratamiento de equipajes.

1. Establecimiento de los requisitos de diseño.

En los Sistemas Automatizados de Tratamiento de Equipajes que emplean códigos de barras como subsistema de identificación requieren de un gran número de sensores que escaneen las superficies del equipaje en búsqueda del código de barras, pues este subsistema requiere de visión directa entre el código y el sensor óptico. Esto implica, por un lado, que se requieren un conjunto de tres o cuatro sensores para poder cubrir todos los laterales del equipaje, lo que eleva los costes de mantenimiento y las

posibilidades de avería. Por otro lado, si el equipaje se volteara podría quedar la identificación en la parte inferior, no siendo posible la identificación del equipaje. En lo relativo al resto de características técnicas⁷ se destacan una alta interferencia al intemperismo y una velocidad de lectura lenta.

El uso de la tecnología RFID permite reducir el número de sensores necesarios al no necesitar visión directa, poder realizar varias lecturas de la identificación del equipaje por su velocidad mayor de lectura y reduce considerablemente el daño por intemperismo. No obstante, el sistema tiene un coste más elevado, repercutido principalmente en el lector y la impresora más que en la propia etiqueta, pero pueden ser fácilmente compensables con la reducción de costes de mantenimiento.

Sin embargo, para el uso de esta tecnología se han de marcar una serie de requisitos de diseño:

1. Los códigos empleados han de identificar de forma clara el equipaje debiendo incluir identificación del vuelo, pasajero y bulto.
2. Los códigos deben ser válidos en el caso de transferencia sin necesidad de re-etiquetado.
3. Los sensores han de poder identificar el bulto correspondiente, es decir, no leer el equipaje anterior ni posterior y no leer los equipajes que discurran por cintas paralelas.
4. Los sensores deben permitir un área libre sobre la cinta de al menos 1,2 m.
5. Los sensores han de leer más de 20 veces el código de identificación con una velocidad de avance de cinta de 10 m/s⁸.

⁷ Para ver la comparativa más extensa puede consultar la sección 6.5 del Capítulo II.

⁸ En estado normal de operación se emplearán velocidades muy inferiores a las marcadas pese a ser la velocidad máxima del sistema alcanzable con un subsistema de transporte basado en cintas.

2. Selección del tipo de etiqueta RFID.

En lo que respecta a los tags de identificación por radio frecuencia, existen principalmente dos formas de realización del balizamiento.

En primer lugar, los RFID pasivos, que son etiquetas que incluyen una antena en forma de espiral y un chip donde se almacena la información que se debe transmitir. Cuando un RFID pasivo es irradiado por un receptor se genera una fuerza electromagnética en la espira que alimenta el chip para que radie la información almacenada.

En segundo lugar, los RFID activos incluyen antena, chip y fuente propia de alimentación (normalmente batería). Pueden funcionar como baliza, radiando la información almacenada de forma continua, o como transpondedor, radiando la información almacenada bajo solicitud.

Cabe destacar que los RFID activos permiten operar en áreas mayores a los RFID pasivos, pero presentan un precio considerablemente mayor por lo que, siempre que sea posible, se buscará soluciones con RFID pasivos.

Dentro de los RFID pasivos disponemos de distintos tipos de etiqueta en función de la frecuencia de operación. Cada una de estas presenta una velocidad de lectura y alcance diferente que se recogen en la Tabla 2.

	Tasa de transferencia	Velocidad de lectura	Alcance	Frecuencia
Etiqueta RFID LF	Baja (200 bps a 1 kbps)	3 etiqueta/s	0,5 m	135 kHz
Etiqueta RFID HF	Media (25 kbps)	40 etiqueta/s	0,3 m	13,56 MHz
Etiqueta RFID UHF	Alta (500 kbps)	1.000 etiqueta/s	7,0 m	860 – 960 MHz

TABLA 2. COMPARATIVA ENTRE LOS DISTINTOS TIPOS DE ETIQUETAS RFID PASIVOS. DATOS: (RFIDINFORMACION.ES, 2014). (ELABORACIÓN PROPIA).

Con el requerimiento marcado de realizar al menos 20 lecturas con una velocidad de avance de cinta de 10 m/s, se requeriría una distancia de lectura de 67 m lineales en LF, 5 m lineales en HF y 0,2 m lineales en UHF.

Por otro lado, con el requerimiento marcado de respetar una distancia libre de 1,2 m sobre la cinta, realizando una radiación desde la parte superior el alcance de las etiquetas RFID LF y HF es insuficiente para cubrir la distancia al equipaje. Si intentásemos realizar la radiación desde uno de los laterales de la cinta, sabiendo que la anchura mínima de esta es de 0,9 m, una vez más las etiquetas de RFID LF y HF tendrían una vez más un alcance insuficiente para cubrir la anchura total de la cinta. Por tanto, la única opción viable empleando un único lector de RFID pasivo es la utilización de RFID UHF.

3. Diseño de códigos.

En cuanto al diseño de códigos, cabe destacar que las etiquetas RFID permiten albergar 256 caracteres frente a los 100 caracteres de los códigos de barras. Esto permite añadir redundancia al código pudiendo incluir dos veces la información que contiene actualmente el código de balizamiento del equipaje, separados por una cabecera de 6 caracteres y reservando 50 caracteres para añadir información adicional.

De esta forma en una sola lectura se podrían identificar errores de transmisión cuando las dos secuencias de 100 caracteres no coincidan, procediendo a realizar sucesivas lecturas.

El hecho de dejar un número fijo de caracteres de separación que sea fácilmente identificable permite detectar corrimientos de códigos e identificar que sección del mensaje está incompleta.

1	...	100	101	102	103	104	105	106	107	...	206	207	...	256
Código actual de 100 caracteres			Caracteres de separación						Código actual de 100 caracteres			Espacio reservado a la aerolínea		

FIGURA 2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS 256 CARACTERES DISPONIBLES EN LA ETIQUETA RFID.

En cuanto al código de 100 caracteres debe incluir al menos el nombre de la aerolínea, el número de vuelo, el identificador único de equipaje, el código de aeropuerto de destino, la identificación del pasajero, su género, el número de bultos facturados.

Esta información se recoge en la Resolución 740 de la IATA⁹ en la que también se establecen las dimensiones mínimas de los elementos.

4. Implementación del sistema de etiquetado.

En lo que respecta al diseño de la etiqueta impresa que debe incluir el tag RFID se de realizar considerando lo indicado en la Resolución 740 de la IATA¹⁰, el “Airport Handling Manual”¹¹, el “Baggage Reference Manual”¹² y la legislación aplicable en el país donde se opere.

Por otro lado, también es conveniente la consideración de lo establecido en el “Electronic Bag Tag (EBT) Implementation Guide”¹³ que, pese a establecer recomendaciones e indicar en el prefacio que no se debe considerar normativo debiendo cumplir en todo caso la legislación aplicable, establece la base de implementación y probablemente acabe plasmándose en la legislación aplicable en mayor o menor medida. Este último documento es actualizado con mayor frecuencia siendo objeto de estudio de un grupo de trabajo de la IATA sobre el tema.

En esta línea se establece que las etiquetas de los equipajes deben indicar claramente lo especificado en la Tabla 3 respetando los tamaños mínimos establecidos en la Resolución 740. Cabe destacar que la recomendación de IATA es mantener en las etiquetas electrónicas los códigos de barras e incluso el código QR. Esta recomendación se hace con el fin de asegurar la compatibilidad en la fase de implantación con la tecnología empleada en los aeropuertos de destino.

⁹ (International Air Transport Association (IATA), 2010). Resolution 740 - Form of Interline Baggage Tag. Passenger Services Conference Resolutions Manual. Montreal, Quebec CANADA : s.n., 2010, págs. 559 - 593. ISBN 978-92-9233-417-8.

¹⁰ (International Air Transport Association (IATA), 2010). Resolution 740 - Form of Interline Baggage Tag. Passenger Services Conference Resolutions Manual. Montreal, Quebec CANADA : s.n., 2010, págs. 559 - 593. ISBN 978-92-9233-417-8.

¹¹ (International Air Transport Association (IATA), 2016). Airport Handling Manual. Montreal, Quebec CANADA : s.n., 2016. ISBN 978-92-9252-954-3.

¹² (International Air Transport Association (IATA), 2016). Baggage Reference Manual. Montreal, Quebec CANADA : s.n., 2016. ISBN 978-92-9252-978-9.

¹³ (International Air Transport Association (IATA), 2018). Electronic Bag Tag (EBT) - Implementation Guide. Geneva, Switzerland : s.n., 2018. Vol. Issue 1.1.

Minimum Data Requirements for EBT		Displayed element
TID/GUID	To guarantee a unique id and key access to accept the tag/bag	No
Unique Manufacture ID	To identify the make and model of the tag so that airlines can decide if the tag is accepted or not for carriage on their airline.	No
Displayed Items		
Final Destination	Mandatory Displayed, 4.1mm Min	3 letter
Flight Number	Mandatory	2 letter 4 numeric
Flight Date	Mandatory	2 numeric 3 letter
Flight Time	Conditional	4 numeric
Via 1	Conditional 4.1mm	3 letter
Flight Number	Mandatory	2 letter 4 numeric
Flight Date	Mandatory	2 numeric 3 letter
Via 2	Conditional 4.1mm	3 letter
Flight Number	Mandatory	2 letter 4 numeric
Flight Date	Mandatory	2 numeric 3 letter
Final Destination in full text	Optional	Alpha
Passenger Name	Mandatory, 26 characters, displayed on a font readable size	Last Name / First Name Title
PNR	Mandatory	3 mm, 6 alpha, alpha-numeric
Barcode	Mandatory	As per display capabilities
QR code	Mandatory	
EU Indicator	Option to display, mandatory for capability to display	As per customs code
Journey Status	Conditional Priority / Rush / VIP / ...	8 Alpha max, 4mm
Origin	Conditional 3 letter code of the origin	3mm
Security Sequence Number	Conditional 3 character numeric	3mm

Mandatory: The airline application MUST send this data.

Conditional: If the element is provided by the airline application then this must be displayed.

TABLA 3. ELEMENTOS MÍNIMOS QUE DEBEN CONTENER LAS ETIQUETAS DE LOS EQUIPAJES. ELABORADO POR (INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA), 2018).

También se debe considerar, si el desarrollo de esta forma de balizamiento se extendiera a nivel global, no se debería suprimir un segundo tipo de plasmar la información en la etiqueta. Esto se debería realizar para asegurar que en caso de error en la información contenida en el chip del RFID se dañara se pueda identificar manualmente el equipaje y re-etiquetarlo si fuera necesario.

En lo relativo al incorporación del tag RFID en el proceso de balizamiento del equipaje se plantean dos alternativas:

Una alternativa sería la sustitución de las impresoras de etiquetas actuales por impresoras que impriman la etiqueta actual y graben la información en un tag RFID en un solo soporte autoadhesivo.

La otra alternativa sería añadir un segundo dispositivo que grave la información en un tag RFID teniendo por tanto dos soportes autoadhesivos, la etiqueta tradicional y la nueva etiqueta que incluye solo la identificación por radio frecuencia.

La segunda opción se comportaría como un añadido al equipaje como se realiza con los identificativos de “heavy” o “priority” para dar indicaciones a los operarios del servicio de handling.



FIGURA 3. DISTINTIVOS DE LOS EQUIPAJES (IMAGEN LIBRE).

Para seleccionar el tipo de impresora a emplear se debe considerar principalmente:

- La compatibilidad con etiquetas RFID UHF.
- Las dimensiones adecuadas al espacio de instalación.
- La velocidad de impresión, siendo más estricta en caso de optar por la sustitución de la impresora actual.
- El importe.

Se realiza un estudio de las principales impresoras de etiquetas y codificadoras de tags RFID en el mercado, siendo recogidas en forma de tabla.

Modelo	Proveedor	Dimensiones (W x D x H)	Tipo de etiqueta	Velocidad de impresión (203 dpi)	Conectividad	Importe Aprox.
ZE500R	ZEBRA	254 x 379 x 300 mm	UHF EPC GEN 2	12 ips	USB 2.0 Ethernet 802.11 b/g	5.500 €
RX900E	PRIMERA TECH	438 x 438 x 231 mm	UHF EPC Gen 2	5 ips	USB 2.0	5.000 €
ZT600	ZEBRA	268 x 505 x 395 mm	UHF EPC Gen 2	14 ips	USB 2.0 Ethernet 802.11ac Bluetooth 4.0	4.500 €
CL4NX	SATO	271 x 457 x 321 mm	UHF EPC GEN 2	10 ips	USB 2.0 Ethernet Bluetooth® 3.0	2.300 €
B-EX4T1	TOSHIBA	278 x 460 x 310 mm	UHF EPC GEN 2	14 ips	USB 2.0 Ethernet	1.600 €
M-4210	DATAMAX · O'NEIL	257 x 462 x 259 mm	UHF EPC GEN 2	10 ips	USB 2.0	1.500 €
ZT400	ZEBRA	269 x 495 x 324 mm	UHF EPC Gen 2	14 ips	USB 2.0 Ethernet 802.11 a/b/g/n Bluetooth 2.1	1.300 €
T6000	PRINTRO NIX	276 x 515 x 312 mm	UHF EPC Gen 2	14 ips	USB 2.0 Ethernet 802.11 a/b/g/n	1.250 €
ZQ520 RFID	ZEBRA	155 x 67 x 158 mm	UHF EPC Gen 2	5 ips	USB 2.0 Bluetooth 3.0 802.11a/b/g/n	700 €
ZD500R	ZEBRA	193 x 254 x 191 mm	UHF EPC Gen 2	6 ips	USB 2.0 Ethernet 802.11 a/b/g/n Bluetooth 3.0	600 €

TABLA 4. COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE IMPRESORAS DE ETIQUETAS Y CODIFICADORAS COMPATIBLES CON RFID UHF (ELABORACIÓN PROPIA).

Entre los modelos más caros destacan la ZE500R y la ZT600 de ZEBRA son modelos de uso industrial para grandes tiradas realizando cortes automáticas y permitiendo rollos de etiquetas mucho mayores que el resto de las impresoras, de ahí

su elevado coste. En cuanto al modelo RX900E de PRIMERA TECH es un modelo con prestaciones menores, pero es la única que incluye la posibilidad de impresión en cuatricromía.

Seguidamente tenemos una serie de impresoras de uso particular con buenas prestaciones que oscilan entre los 1.200 € y los 2.500 €.

Por último, disponemos de la opción impresoras portátiles con prestaciones menores, pero también menos voluminosas que rondan los 700 €.

Si nos decantamos por la solución de sustituir completamente la impresora de etiquetas, en vías de realizar el proceso más rápido considerando que se debería imprimir completamente la etiqueta y codificar el tag RFID, se optaría por un modelo de uso particular. En este caso la ZT400 de ZEBRA que es poco voluminosa, tiene bastantes opciones de conectividad, una velocidad de impresión rápida y un precio aproximado de 1300 €.



FIGURA 4. IMPRESORA RFID ZT400 SERIES MODELO ZT410 DE ZEBRA.

Si nos decantamos por la solución de preservar la impresora actual y añadir una segunda impresora para codificar el RFID e imprimir una superficie reducida (como puede ser una seña identificativa), se optaría por un modelo portátil. En este caso la ZD500R de ZEBRA tiene unas prestaciones aceptables para el uso asignado y un precio aproximado de 600 €.



FIGURA 5. IMPRESORA RFID MODELO ZD500R DE ZEBRA.



FIGURA 6. DISTINTOS MODELOS DE ROLLOS DE PAPEL DE ETIQUETAS CON TAG RFID UHF INTEGRADO PARA IMPRESORAS ZEBRA.

Para elegir por una de las dos soluciones se debería estudiar el incremento de coste por etiqueta entre una solución y la otra. Si bien es cierto que desde el punto de vista del mantenimiento del sistema la solución de añadir una segunda impresora presenta una serie de ventajas.

En primer lugar, en el caso de cambio de protocolos de etiquetado o de diseño de la etiqueta que afecten exclusivamente a la información impresa de la etiqueta, la aerolínea solo debería modificar el programa del etiquetado por código de barras puesto que el programa de etiquetado por RFID no incorporaría información impresa. En el caso de haber abogado por una sola impresora se deberían modificar dos programas distintos, el programa único de código de barras y el programa de código de barra con RFID.

Por otro lado, si el avance del “Internet de las cosas” es conforme a lo esperado, no sería de extrañar la implementación de tags regrabables RFID UHF en las carcasas de los equipajes, de forma que se podría sustituir la segunda impresora por una codificadora sin la necesidad de alterar el módulo de etiquetado convencional.

5. Implementación del sensor de RFID para uso en el SATE.

En cuando al diseño de los sensores de RFID para uso en el seno del sistema automatizado de tratamiento de equipajes, debemos considerar los requisitos de diseño marcados al inicio de este capítulo y especialmente los siguientes:

3. Los sensores han de poder identificar el bulto correspondiente, es decir, no leer el equipaje anterior ni posterior y no leer los equipajes que discurren por cintas paralelas.
4. Los sensores deben permitir un área libre sobre la cinta de al menos 1,2 m.
5. Los sensores han de leer más de 20 veces el código de identificación con una velocidad de avance de cinta de 10 m/s.

Por un lado, el requisito 4 nos impone que la altura a la que debe estar el sensor es de al menos 1,2 m y por tanto los diagramas de radiación con sus anchos de haz se deben considerar a partir de esa altura.

Por otro lado, los requisitos 3 y 5 nos imponen que en el sentido de avance de la cinta se debe minimizar el ancho de haz del sensor, pero debiendo ser suficiente para realizar las 20 lecturas. Con el tipo de tag RFID escogido eso implica que se deben poder realizar lecturas en al menos 0,2 m lineales.

Por último, el requisito 3 nos marca que en la dirección normal al avance de la cinta se debe radiar completamente la cinta, pero sin alcanzar las cintas colindantes. Esto implica que se debe cubrir toda la superficie de la cinta a una altura de 450 mm (altura máxima de un equipaje clasificable Categoría 1 y 2¹⁴). Es fundamental que el haz sobrepase lo mínimo posible la cinta puesto que nos impondrá la distancia mínima de separación entre cintas donde se realice seguimiento. También se debe considerar la amortiguación de la señal más allá de los 1,2 m para evitar identificar equipajes que no sean el deseado. No obstante, radiándose desde la vista superior y considerando que no discurren cintas una sobre otra cuando se realiza seguimiento, lo único que nos podría influir es el efecto multipath¹⁵ que se elimina al realizar varias lecturas como es el caso.

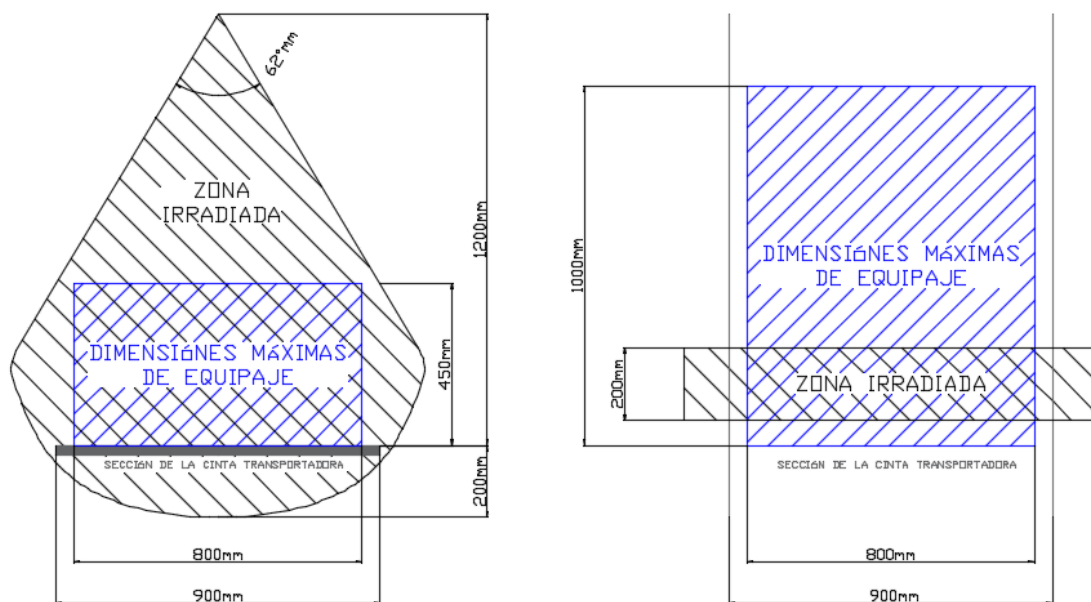


FIGURA 7. MODELO DE ZONAS IRRADIADAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DESCRITAS (ELABORACIÓN PROPIA).

¹⁴ Para más información consultar la sección 3 del 1.3Capítulo II.

¹⁵ El efecto multipath o multicamino es un fenómeno de propagación que se da cuando la señal se propaga y alcanza la antena receptora por más de un camino debido, normalmente, a reflexiones de la señal.

La Figura 7 muestra un modelo de zonas irradiadas que cumple los criterios descritos. En base a este modelo de radiación se han de marcar los criterios de selección de las antenas con el fin de minimizar las interferencias entre equipajes colindantes (reducir el área irradiada) y minimizar los costes de desarrollo y mantenimiento (simplicidad técnica).

En cuanto al ancho de haz en la dirección normal (αH) se debe cumplir una dimensión mínima correspondiente a $\tan\left(\frac{\alpha H_{min}}{2}\right) = \frac{\text{Ancho de cinta}/2}{\text{Altura de sensor}-\text{Altura máx. equipaje}} = \frac{900/2}{1200-450}$ por tanto $\alpha H_{min} = 61,9^\circ$. Por otro lado, imponiendo que la distancia entre ejes de las cintas que discurren paralelas y se realice seguimiento sea de 3 m, se debe cumplir una dimensión máxima correspondiente a $\tan\left(\frac{\alpha H_{max}}{2}\right) = \frac{\text{Separación entre cintas}/2}{\text{Altura de sensor}} = \frac{3000/2}{1200}$ por tanto $\alpha H_{max} = 102,7^\circ$.

En cuanto al ancho de haz en la dirección de avance (αE) se debe cumplir una dimensión mínima correspondiente a $\tan\left(\frac{\alpha E_{min}}{2}\right) = \frac{\text{Ancho zona mín. lectura}/2}{\text{Altura de sensor}-\text{Altura máx. equipaje}} = \frac{200/2}{1200-450}$ por tanto $\alpha E_{min} = 15,2^\circ$. Por otro lado, imponiendo que la zona máxima donde se realicen lecturas sea la mitad de la longitud máxima de un equipaje clasificable, se debe cumplir una dimensión máxima correspondiente a $\tan\left(\frac{\alpha E_{max}}{2}\right) = \frac{\text{Longitud máx. equipaje}/4}{\text{Altura de sensor}-\text{Altura máx. equipaje}} = \frac{1000/4}{1200-450}$ por tanto $\alpha E_{max} = 36,9^\circ$.

Para lo cual se marcan los siguientes criterios:

- La compatibilidad con etiquetas RFID UHF.
- Las dimensiones adecuadas al espacio de instalación.
- Ancho de haz en dirección normal a la cinta (αH) debe estar comprendido entre $61,9^\circ$ y $102,7^\circ$.
- Ancho de haz en dirección de avance de la cinta (αE) debe estar comprendido entre $15,2^\circ$ y $36,9^\circ$.
- El importe.

Se realiza un estudio de distintos modelos de antenas RFID compatibles con los tag elegidos (UHF EPC GEN 2) con el fin de seleccionar el modelo de antena para la elaboración del sensor.

Modelo	Proveedor	Dimensiones (W x D x H)	Ganancia	Ancho de Haz Horizontal (61,9° a 102,7°)	Ancho de Haz Vertical (15,2° a 36,9°)	Importe Aprox.
WIRA-30	KATHREIN	557 x 270 x 58 mm	11 dBic	70 °	30 °	310 €
U600/270-EU	FEIG ELECTRONIC	590 x 270 x 57 mm	11 dBic	65 °	30 °	290 €
A7060	TIMES-7	600 x 250 x 8 mm	9 dBic	65 °	30 °	200 €
A8060	TIMES-7	650 x 86 x 8 mm	5 dBic	110 °	30 °	270 €
AN480	SYMBOL	259 x 259 x 50 mm	6 dBic	65 °	65 °	260 €
AN440	SYMBOL	575 x 259 x 33 mm	6 dBic	70 °	70 °	250 €
A5060	TIMES-7	600 x 300 x 8 mm	11 dBic	60 °	25 °	230 €
U170/170-EU	FEIG ELECTRONIC	170 x 170 x 25 mm	4 dBic	85 °	85 °	230 €
U270/270-EU	FEIG ELECTRONIC	270 x 270 x 57 mm	9 dBic	65 °	65 °	200 €
A6031	TIMES-7	275 x 214 x 12 mm	4 dBic	80 °	80 °	190 €
A7040	TIMES-7	400 x 250 x 8 mm	8 dBic	80 °	45 °	160 €
A6032	TIMES-7	391 x 275 x 12 mm	7 dBic	75 °	48 °	160 €
A5010	TIMES-7	250 x 250 x 14 mm	9 dBic	68 °	68 °	120 €
RF660A	SIMATIC	313 x 313 x 80 mm	6 dBic	60 °	60 °	380 €
AN400	SYMBOL	717 x 317 x 38 mm	8 dBic	60 °	60 °	250 €
AN200	SYMBOL	281 x 281 x 48 mm	6 dBic	60 °	60 °	200 €
A4030C	TIMES-7	280 x 280 x 12 mm	7 dBic	60 °	60 °	160 €
A5020	TIMES-7	150 x 150 x 14 mm	6 dBic	115 °	115 °	110 €

TABLA 5. COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE ANTENAS COMPATIBLES CON RFID UHF (ELABORACIÓN PROPIA).

Una vez recogidos los datos de varios modelos de antenas y analizados conforme a lo recogido en la Tabla 5, se debe escoger el modelo que mejor se adapte a los requisitos marcados.

Los únicos modelos que cumplen simultáneamente los rangos de anchura de haz tanto en el sentido de avance como normal al avance son el WIRA-30, U600/270-EU y A7060. De los tres modelos la A7060 presenta un importe menor y una ganancia adecuada para la instalación.

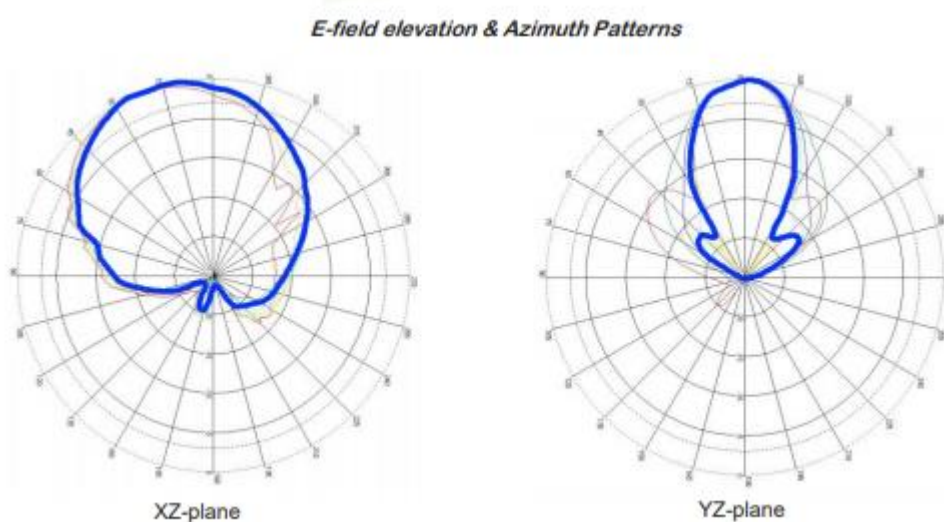


FIGURA 8. DIAGRAMAS DE RADIACIÓN DE LA ANTENA A7060 DE TIMES-7 (ELABORADO POR TIMES-7).



FIGURA 9. ANTENA A7060 DE TIMES-7 (ELABORADO POR TIMES-7).

Para la colocación de la antena sobre la cinta de equipajes se elabora un soporte¹⁶ compuesto de una sección rectangular hueca de 3 mm de espesor y dos planchas de 4 mm de espesor. La sección hueca actuará como guía de cables albergando en su interior el cable de conexión de la antena con el decodificador, la alimentación y cualquier otro bus de datos que se requiera.

El soporte se sujetaría al lateral de la cinta transportadora mediante cuatro tornillos de métrica M10x1,5. Siempre asegurando la distancia vertical libre sobre la cinta requerida.

En cuanto al agarre de la antena, la ficha técnica no indica el sistema previsto de anclaje por lo que se ha simulado una sujeción con cuatro tornillos a la plancha superior del soporte. Este anclaje se debería adecuar al establecido por el fabricante o, en caso de ser inexistente, elaborar una carcasa plástica que contenga la antena que tenga revisto el sistema de anclaje.

En lo que respecta a la decodificación de la señal, se debe seleccionar un modelo de decodificadora para las señales de RFID empleadas (UHF EPC GEN 2). Sin embargo, existen multitud de opciones de decodificadoras por lo que, sin conocer el modelo de SCADA (sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos) y sus requerimientos no se podría seleccionar la decodificadora idónea puesto que se puede optar por un modelo donde cada antena le corresponde una única decodificadora y esta suministra los datos al procesador de control, o un modelo donde se incorporan decodificadores multipuerto de forma que una sola procesa las señales de varias antenas y se registran directamente a SCADA y de SCADA al procesador de control. En cualquier caso, también debemos conocer los requerimientos del protocolo de comunicación de los datos.

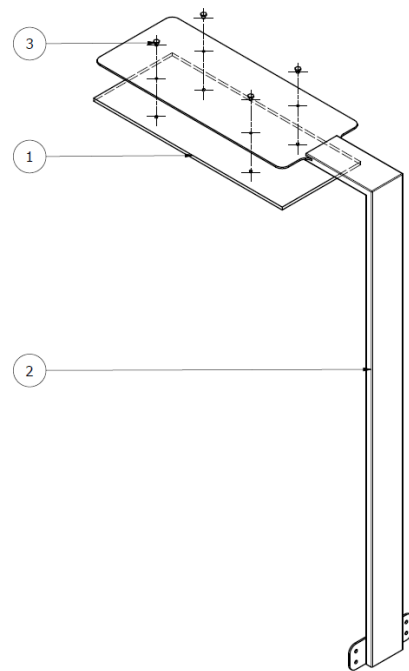


FIGURA 10. EXTRACTO DEL PLANO NÚMERO 9 SOBRE EL DESPIECE DEL SENSOR RFID (ELABORACIÓN PROPIA).

ELEMENTOS

- 1 ANTENA
- 2 SOPORTE
- 3 TORNILLERÍA

¹⁶ Para más detalles del soporte consultar planos número 09.0 y 09.1.

6. Implementación del sensor de RFID para uso en el embarque y desembarque de equipajes.

En la actualidad existen múltiples proveedores de servicios de rampa que para conocer si una maleta ha sido embarcada emplean lo que se conoce como “*bingo card*”. Las *bingo card* son unos formatos estandarizados con 20 huecos en los que se incorporan los códigos de barras de los equipajes embarcados, ya que la etiqueta que se incorpora al equipaje lleva 3 etiquetas auto-adhesivas con el código impreso.

Este método tiene el inconveniente que requiere un post-procesado posterior de gran envergadura, debiendo escáner uno a uno los códigos para registrar su embarque, o no registrarlo y esperar a la reclamación de algún equipaje extraviado para su comprobación. Por otro lado, si un pasajero no ha embarcado se debe retirar su equipaje lo que conlleva comprobar si ha sido embarcado y, en caso afirmativo, retirarlo de la bodega de carga, lo que puede provocar retrasos en la salida de la aeronave.

Para optimizar el procedimiento actual se propone incorporar un sistema de RFID que identifique los equipajes cargados y descargados de las aeronaves, almacene dicha información y la transmita a una base de datos general a ser posible de forma inalámbrica y automática al llegar a algún punto habilitado. De esta forma se mantendría la base de datos de equipajes embarcados siempre actualizada. Y también se podrían controlar los equipajes desembarcados en destino.

Para ellos se podría incluir a cada carrillo un sistema de identificación por RFID. No obstante, existen gran variedad de modelos de carrillos en el mercado y sus dimensiones suelen oscilar los 3 m de largo por 1,5m de largo y se apilan 3 o cuatro filas de equipajes, lo que implica que se debería colocar una antena poco directiva. Esto supondría que la antena captaría señales de equipajes que se encuentren en carrillos próximos o discurriendo por la cinta de equipaje en el momento de la carga. Por consiguiente, no se podría realizar el seguimiento ni durante la carga del carrillo, ni cuando el carrillo se encuentra en la zona de espera de embarque, solo pudiendo identificar los equipajes que van a ser embarcados en el momento en el que los carrillos de un vuelo concreto se encuentran aislados, es decir durante de la carga o la descarga de la aeronave.

Por tanto, abandonando la idea de realizar el seguimiento en el patio de carrillos, se podría realizar el seguimiento exclusivamente antes del embarque o después del desembarque con la instalación de sensores en los carrillos. Sin embargo, puesto que el seguimiento no se va realizar en el patio de carrillos, se plantea una alternativa que consisten en la instalación del sensor RFID en los “*baggage belt loader*”¹⁷. Para ello se instalaría el sensor RFID de la sección anterior sobre la cinta transportadora, debiendo implementar un controlador en el que se deba indicar los datos del embarque, o desembarque, y registre los equipajes identificados. Los datos almacenados serían volcados a una base de datos general de forma automática debiendo habilitar un sistema de transferencia de datos inalámbrica en la zona de estacionamiento de estos vehículos.



FIGURA 11. BAGGAGE BELT LOADER EN FUNCIONAMIENTO (IMAGEN DE LYGSOE SYSTEMS).

¹⁷ Vehículos motorizados que se emplean durante el embarque y desembarque de equipajes no paletizados que consisten en una cinta transportadora que desplaza los equipajes desde tierra hasta la bodega y viceversa.

7. Implementación del sensor de RFID para detección de equipajes en bodega.

Con el fin de solventar de la forma más eficaz posible la identificación de un equipaje concreto en la bodega de la aeronave que deba ser retirado como cuando se da el caso de que finalmente un pasajero no llega a embarcar, se propone emplear la tecnología RFID colocada en los equipajes.

En lugar de revisar cada uno de los equipajes embarcados hasta dar con el que se debe desembarcar, se propone emplear lectores RFID de mano que permiten identificar un grupo de equipajes de forma rápida y simple. De esta forma se acortaría el número de equipajes a inspeccionar manualmente y por tanto se realizaría mucho más rápido el proceso.

Estos equipos de identificación de mano incorporan un pulsador con el que al apretarlo se empieza a realizar la detección y al soltarlo se detiene. Son equipos muy directivos por lo que el operario manteniendo el pulsador apretado sería quien seleccionaría el número de equipajes a detectar.

Además, incorporan un soporte para el controlador, existiendo dos versiones; dispositivo con controlador dedicado, con los que se debe emplear un controlador concreto, y dispositivos que permiten integrar cualquier controlador incluso controladores basados en Android.



FIGURA 12. ESCÁNER DE MANO RFD8500I DE ZEBRA.

Capítulo IV. Estudio de implantación en el aeropuerto de Granada.

En este capítulo se va a realizar un estudio de la evolución histórica del tráfico de pasajeros del aeropuerto seleccionado con el fin de poder prever la demanda futura de tráfico mediante la estimación de los pasajeros hora de demanda y el número de equipajes procesados.

Una vez estimada la demanda futura se dimensionará y diseñará un Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes (SATE) basado en un subsistema de transporte de cintas y un subsistema de identificación de RFID con el fin de emplear el sistema seguimiento, y por tanto los sensores, expuesto en el Capítulo III. Este sistema deberá diseñarse bajo la premisa de asegurar el tratamiento de la totalidad de los equipajes procesados incluso durante el mantenimiento o en situación de parada de una sección por avería.

Por último, se marcan las condiciones para el control del sistema con el fin de poder implementar un sistema de automatismos para la automatización del tratamiento de equipajes, desde la facturación hasta la clasificación en zonas de cargas.

1. Selección de aeropuerto

Para la realización de un estudio de implantación se decide seleccionar un aeropuerto que presente un número de pasajeros que no dificulte la instalación de un Sistema Automático de Tratamiento de Equipajes (SATE) dado que el objetivo principal no es el diseño de un sistema complejo, si no realizar el estudio de las implicaciones de la sustitución de la tecnología de identificación de los equipajes.

2. Prognosis. Evolución histórica del tráfico de pasajeros.

Con el fin de adecuar el sistema de tratamiento de equipajes se debe estimar la demanda que se va a tener el mismo. De esta forma no se articulará un sistema insuficiente que no podrá procesar el número de equipaje requerido, pero tampoco se sobredimensionará un sistema que no tendrá un uso adecuado siendo una inversión con poca rentabilidad. Para ello, se recurre en primera instancia a modelos de series históricas y en segunda instancia a modelos de datos combinados.

En nuestro caso, se extraen los datos del Aeropuerto Federico García Lorca (Granada - Jaén) del plan director, que nos ofrece datos disgregados por salidas y llegadas pese a que los datos sean del periodo 2000 a 2006.

Año	PHP	PHD	PHD Salidas	PHD Llegadas
2000	581	516	323	324
2001	620	468	347	321
2002	587	451	292	330
2003	594	393	354	367
2004	672	441	367	380
2005	744	536	346	400
2006	923	640	436	430

TABLA 6. DATOS DE PASAJEROS HORA DE PUNTA Y DE DISEÑO GLOBALES Y DISGREGADO EN LLEGADAS Y SALIDAS. (MINISTERIO DE FOMENTO, 2010).

Por otro lado, extraemos los datos de pasajeros totales del Aeropuerto Federico García Lorca (Granada – Jaén) desglosado por meses desde 2004 a 2006 y añadimos los datos anuales recogidos en el plan director. Una vez recogidos los datos se hace un estudio de la estacionalidad y de la evolución anual del tráfico.

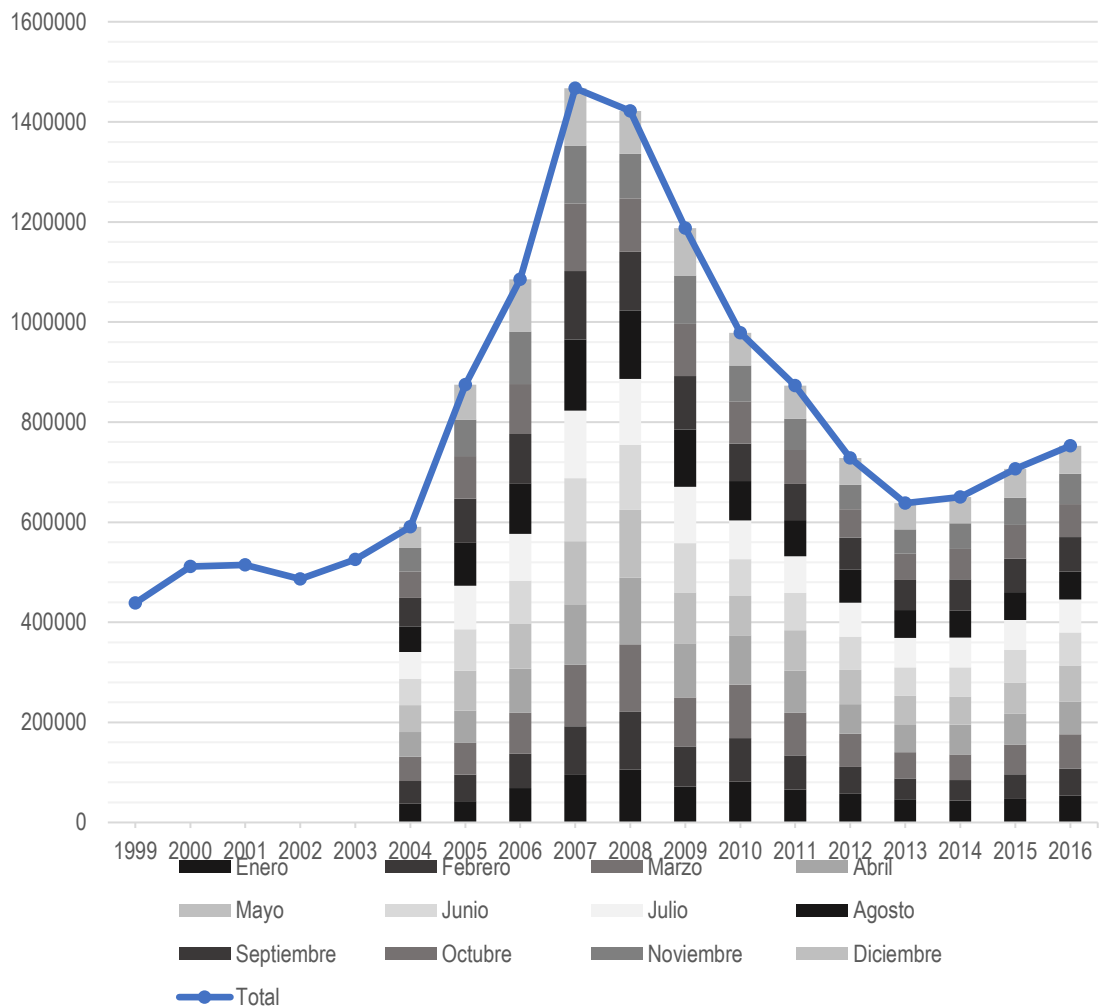


FIGURA 13. VISTA AGRUPADA POR MESES DE LA EVOLUCIÓN ANUAL DEL NÚMERO DE PASAJEROS TOTALES (ELABORACIÓN PROPIA).

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Enero	-	-	-	-	-	38.067
Febrero	-	-	-	-	-	44.998
Marzo	-	-	-	-	-	48.448
Abril	-	-	-	-	-	49.507
Mayo	-	-	-	-	-	53.391
Junio	-	-	-	-	-	52.259
Julio	-	-	-	-	-	53.814
Agosto	-	-	-	-	-	51.470
Septiembre	-	-	-	-	-	56.938
Octubre	-	-	-	-	-	52.480
Noviembre	-	-	-	-	-	46.960
Diciembre	-	-	-	-	-	42.514
Total	438.655	511.753	514.695	486.552	525.846	590.846

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Enero	42.397	68.541	94.756	105.611	71.694	81.503
Febrero	53.107	68.941	97.177	115.567	80.340	87.129
Marzo	63.240	81.449	122.906	134.991	97.895	106.498
Abril	64.834	88.664	121.074	133.081	107.749	99.062
Mayo	79.837	89.710	126.228	135.579	101.900	78.716
Junio	82.504	86.010	125.792	129.825	98.592	73.341
Julio	87.221	93.680	134.903	131.844	112.287	77.558
Agosto	85.463	100.767	141.952	137.016	114.914	78.191
Septiembre	88.701	98.531	136.909	117.217	106.613	75.111
Octubre	84.536	99.878	135.072	106.622	104.656	83.827
Noviembre	73.386	104.569	116.085	88.382	96.140	72.374
Diciembre	69.345	104.583	114.258	86.095	94.788	64.927
Total	874.571	1.085.323	1.467.112	1.421.830	1.187.568	978.237

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	65.285	57.563	46.139	44.001	46.902	53.599
Febrero	68.689	53.371	41.877	40.508	49.267	54.135
Marzo	85.009	66.358	52.159	51.325	59.679	68.332
Abril	84.892	59.240	54.939	59.734	61.892	65.721
Mayo	80.601	68.193	57.847	55.868	61.649	71.736
Junio	74.450	66.824	57.082	58.568	65.900	66.202
Julio	73.111	67.856	58.474	59.137	59.150	65.587
Agosto	72.084	65.421	55.877	54.987	55.748	56.081
Septiembre	72.267	64.364	59.897	61.454	67.496	68.857
Octubre	67.994	56.672	52.842	61.038	66.688	65.631
Noviembre	62.780	49.001	48.272	51.144	54.472	60.861
Diciembre	65.578	53.528	52.850	52.777	57.984	55.768
Total	872.740	728.391	638.255	650.541	706.827	752.510

TABLA 7. DATOS DE EVOLUCIÓN DE LOS PASAJEROS TOTALES DISTRIBUIDOS POR MESES (ELABORACIÓN PROPIA). DATOS: (AENA, 2017) (MINISTERIO DE FOMENTO, 2010).

	Media	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Enero	6,73%	6,44%	4,85%	6,32%	6,46%	7,43%	6,04%
Febrero	7,04%	7,62%	6,07%	6,35%	6,62%	8,13%	6,77%
Marzo	8,54%	8,20%	7,23%	7,50%	8,38%	9,49%	8,24%
Abril	8,71%	8,38%	7,41%	8,17%	8,25%	9,36%	9,07%
Mayo	8,88%	9,04%	9,13%	8,27%	8,60%	9,54%	8,58%
Junio	8,69%	8,84%	9,43%	7,92%	8,57%	9,13%	8,30%
Julio	8,94%	9,11%	9,97%	8,63%	9,20%	9,27%	9,46%
Agosto	8,75%	8,71%	9,77%	9,28%	9,68%	9,64%	9,68%
Septiembre	9,01%	9,64%	10,14%	9,08%	9,33%	8,24%	8,98%
Octubre	8,66%	8,88%	9,67%	9,20%	9,21%	7,50%	8,81%
Noviembre	7,67%	7,95%	8,39%	9,63%	7,91%	6,22%	8,10%
Diciembre	7,61%	7,20%	7,93%	9,64%	7,79%	6,06%	7,98%
Total	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	8,33%	7,48%	7,90%	7,23%	6,76%	6,64%	7,12%
Febrero	8,91%	7,87%	7,33%	6,56%	6,23%	6,97%	7,19%
Marzo	10,89%	9,74%	9,11%	8,17%	7,89%	8,44%	9,08%
Abril	10,13%	9,73%	8,13%	8,61%	9,18%	8,76%	8,73%
Mayo	8,05%	9,24%	9,36%	9,06%	8,59%	8,72%	9,53%
Junio	7,50%	8,53%	9,17%	8,94%	9,00%	9,32%	8,80%
Julio	7,93%	8,38%	9,32%	9,16%	9,09%	8,37%	8,72%
Agosto	7,99%	8,26%	8,98%	8,75%	8,45%	7,89%	7,45%
Septiembre	7,68%	8,28%	8,84%	9,38%	9,45%	9,55%	9,15%
Octubre	8,57%	7,79%	7,78%	8,28%	9,38%	9,43%	8,72%
Noviembre	7,40%	7,19%	6,73%	7,56%	7,86%	7,71%	8,09%
Diciembre	6,64%	7,51%	7,35%	8,28%	8,11%	8,20%	7,41%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

TABLA 8. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE PASAJEROS MENSUALES DE 2004 A 2016 (ELABORACIÓN PROPIA).

De la Tabla 8 podemos observar que no se trata de un aeropuerto estacional dado que la distribución porcentual de pasajeros ronda el 8% mensual, es decir que el porcentaje de pasajeros mensual respecto al total mensual oscila en un intervalo pequeño, entorno al 2%.

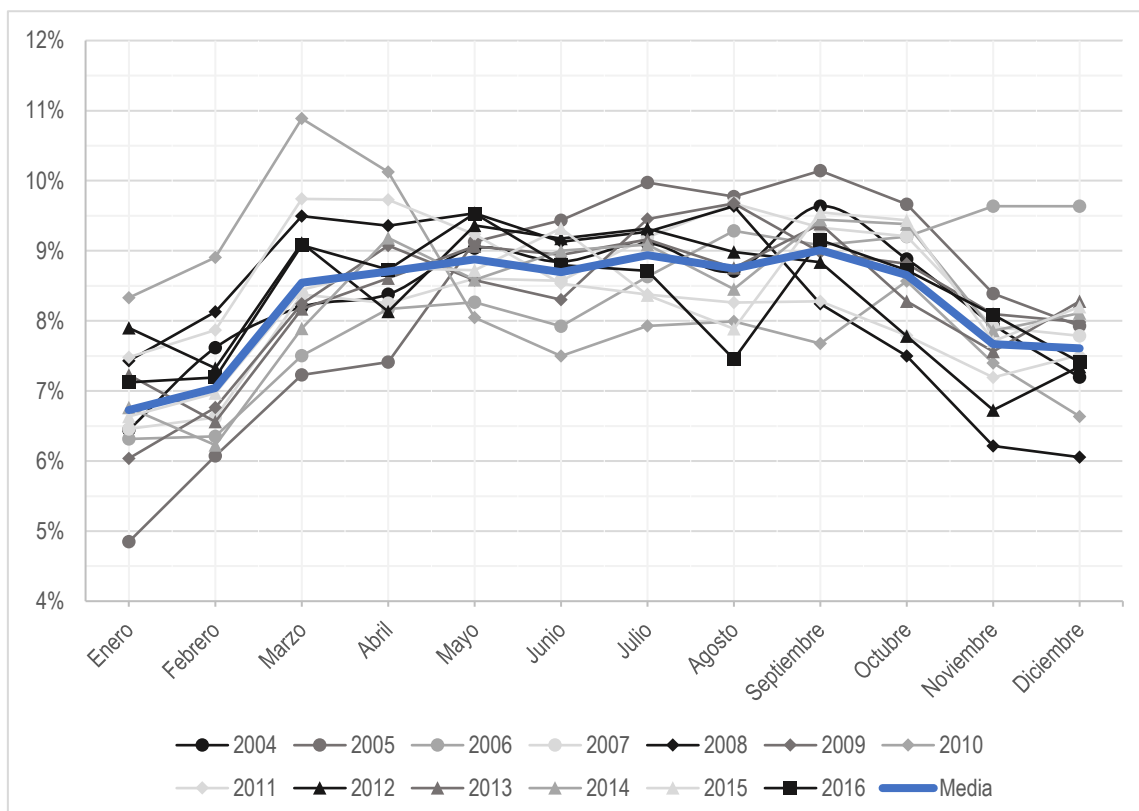


FIGURA 14. REPRESENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS PASAJEROS ANUALES ENTRE 2004 Y 2016 (ELABORACIÓN PROPIA).

Conociendo los datos anuales de tráfico (ver Figura 13), se observan claramente 4 periodo claros desde el año 2000. El primero, del 2000 al 2004, donde existe un crecimiento lento del número de pasajeros anuales. El segundo, del 2004 al 2007, donde se muestra un crecimiento exponencial del tráfico. Seguido del tercero, del 2007 al 2013, donde cae bruscamente el número de pasajeros para situarse en niveles del primer periodo. Por último, del 2013 al 2016, se produce un aumento constante del número de pasajeros a un ritmo lento.

Vista la evolución del tráfico se decide que para realizar tres prognosís del tráfico hasta el año 2025 considerando las siguientes hipótesis de evolución:

La hipótesis 1 considera los datos del 2003 al 2016 para realizar la previsión de tráfico hasta el 2025. Se realiza un ajuste lineal con índice de correlación cuadrática 0,038. Siendo una correlación mucho menor a la unidad se considera que dicha hipótesis no será válida.

La hipótesis 2 considera los datos del 2013 al 2016 siendo un ajuste lineal de índice de correlación cuadrática 0,949. Pese a tener una buena correlación cuadrática, este ajuste considera un número escaso de datos por lo que la prognosís podría fácilmente no corresponderse con la realidad.

La hipótesis 3 considera los datos del 2000 al 2004 y del 2013 al 2006, ignorando por tanto los datos de alta variabilidad entre 2004 y 2013. En este caso se opta por un ajuste polinómico de segundo orden con una correlación cuadrática 0,949. Teniendo dicho ajuste también una buena correlación cuadrática y considerando un mayor número de datos que la hipótesis 2, se considerará la hipótesis 3 para la ejecución del trabajo.

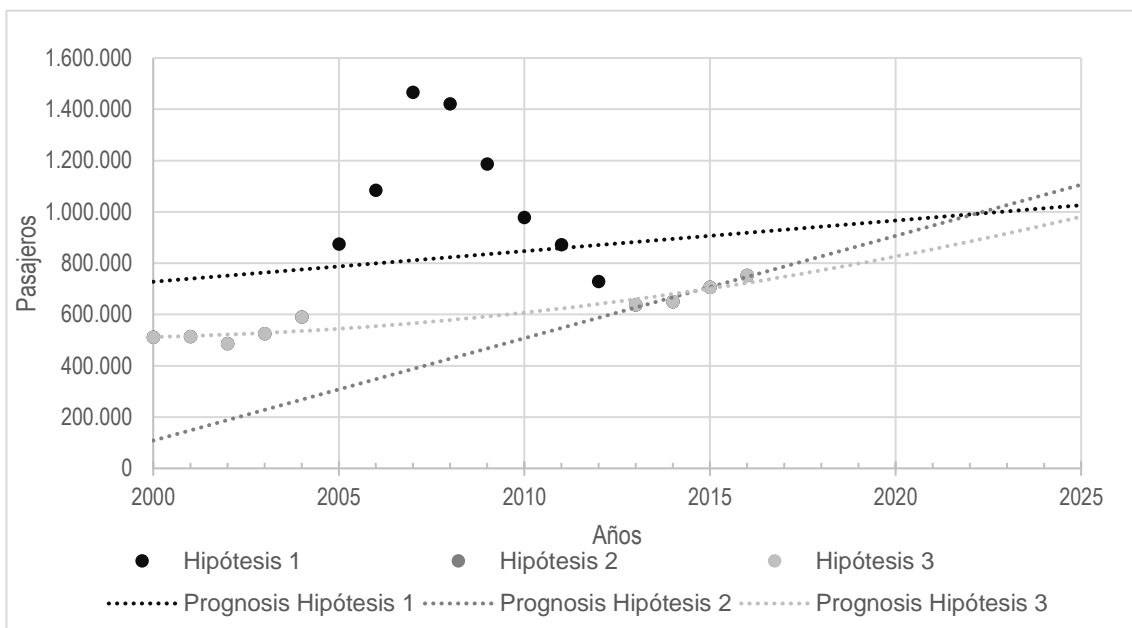


FIGURA 15. REPRESENTACIÓN DE LA PROGNOSIS DEL TRÁFICO DE PASAJEROS PARA VARIAS HIPÓTESIS (ELABORACIÓN PROPIA).

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Hip. 1	930.534	942.465	954.396	966.327	978.258	990.190	1.002.121	1.014.052	1.025.983
Hip. 2	786.796	826.701	866.606	906.511	946.416	986.322	1.026.227	1.066.132	1.106.037
Hip. 3	730.368	755.296	781.460	808.859	837.495	867.365	898.472	930.815	964.393

TABLA 9. PROGNOSIS DEL NÚMERO DE PASAJEROS TOTAL EN BASE A DISTINTOS MODELOS BASADOS EN LOS DATOS DE TRÁFICOS DEL 2000 AL 2016 (ELABORACIÓN PROPIA).

3. Determinación del número del número de equipajes a procesar.

3.1. Estimación de los pasajeros hora de diseño.

Suponiendo que el número de pasajeros y los pasajeros hora de diseño mantienen una relación lineal, se realiza un ajuste de regresión lineal con los datos de pasajeros hora de diseño recogidos en el Plan Director y con la prognosis de la hipótesis 3, obteniendo los siguientes resultados:

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,857
Coefficiente de determinación R ²	0,734
R ² ajustado	0,681
Error típico	45,557
Observaciones	7

FIGURA 16. ESTADÍSTICAS DE REGRESIÓN OBTENIDAS EN EXCEL 2016 (ELABORACIÓN PROPIA).

Teniendo una correlación cuadrática próxima a 0,7 y un error típico pequeño comparado con el valor de pasajeros hora de diseño, podemos confiar en los valores obtenidos, resultando la estimación que se comunica en la Tabla 10.

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Estimación del PHD	514	522	530	538	546	555	565	574	584

TABLA 10. ESTIMACIÓN DE LOS PASAJEROS HORA DE DISEÑO MEDIANTE REGRESIÓN LINEAL DESDE 2017 A 2025 (ELABORACIÓN PROPIA).

3.2. Estimación del número de equipajes a procesar.

Para poder dimensionar el sistema de forma eficiente es fundamental determinar de forma efectiva el número de equipajes a procesar de forma que la infraestructura no quede rápidamente inservible al no poder asumir la inspección de todos los equipajes facturados. Para ello hay que tener en cuenta el tipo de tráfico y el número de operaciones por hora. De esta forma se ha de dimensionar un sistema para que tenga en cuenta el área de clasificación y carga de equipajes como la parte de inspección.

Para ello se estudian las operaciones de salida del 2012 a 2016 contabilizando el número de pasajeros de salida de cada tipo de avión. Posteriormente se considera el número de pasajeros de máximos por cada tipo de avión hasta cubrir el 95% del tráfico porcentual anual de salidas.

	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	%	Pax
AIRBUS A320 PASSENGER	248.723	165.398	157.855	123.882	94.362	790.220	45%	150
EMBRAER ERJ-195, LEGANCY 1000	28.467	37.716	35.845	35.240	37.251	174.519	10%	112
BOMBARDIER REGIONAL JET-1000	16.508	49.192	20.045	34.801	38.415	158.961	9%	100
AIRBUS A320 (SHARKLETS)		13.452	31.441	52.709	55.329	152.931	9%	166
CANADAIR REGIONAL JET 900	14.740	25.231	45.915	51.505	12.467	149.858	9%	76
AIRBUS A319	12.851	843	287	7.958	60.629	82.568	5%	128
AIRBUS A321 (SHARKLETS)				15.996	48.269	64.265	4%	178
CANADAIR REGIONAL JET 200	6.591	8.568	12.245	11.303	3.811	42.518	2%	50
EMBRAER 190	3.500	6.140	13.452	10.112	9.123	42.327	2%	100
AEROSPATIALE ATR-72	7.454	7.046	6.307	6.424	6.579	33.810	2%	68
BOEING 737-800 (WINGLETS) PASS	17.771	1.612	1.177	2.965	9.434	32.959	2%	175
Total	356.605	315.198	324.569	352.895	375.669	1.724.936		
	97,07%	97,62%	98,56%	98,13%	98,01%	97,87%		

TABLA 11. DATOS NÚMERO DE PASAJEROS DE SALIDA AGRUPADO POR MODELO DE AERONAVE DISGREGADO POR AÑOS DEL 2012 AL 2016 (ELABORACIÓN PROPIA). DATOS: (AENA, 2017) (TRIPADVISOR LLC, 2017).

De forma muy notable el modelo que más pasajeros transporta es el AIRBUS A320 con un 45%. También destacar los modelos A319 y A321 que pese a aparecer en menor cantidad forman parte de la familia del A320.

Con el fin de clarificar los datos recogidos en la tabla anterior se realiza la gráfica siguiente donde se aprecia de forma clara tanto el gran número de pasajeros transportados por el A320 como el progresivo descenso del A320 dando paso a operaciones con el A319 y A321.

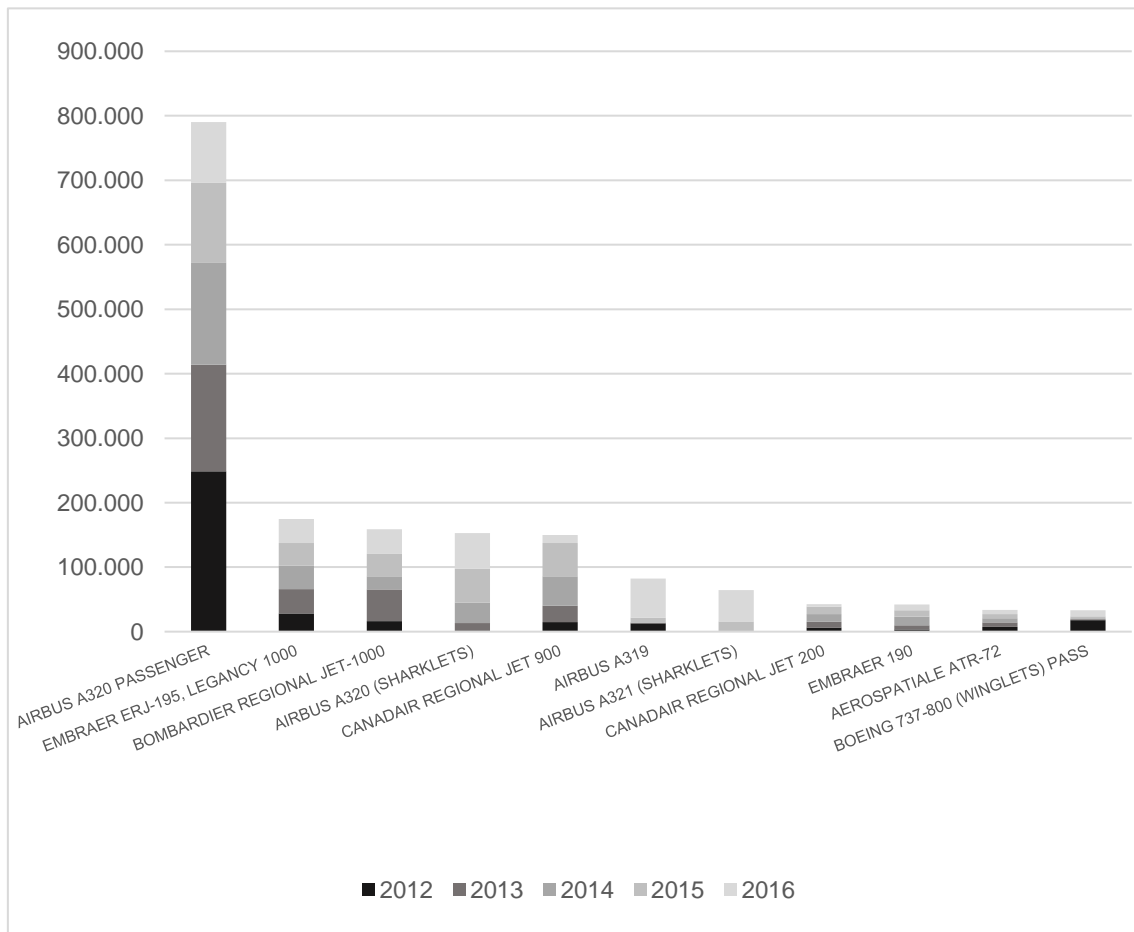


FIGURA 17. GRÁFICO DEL NÚMERO DE PASAJEROS DE SALIDA AGRUPADO POR MODELO DE AERONAVE DISGREGADO POR AÑOS DEL 2012 AL 2016 (ELABORACIÓN PROPIA).

Por otro lado, repetimos el estudio con los datos agrupados por compañía y los separamos por el tipo de operaciones en las categorías de económico, chárter, regular nacional y regular internacional, representando las compañías que operan de forma mayoritaria.

En la Tabla 12 se muestran los datos de tráfico de las principales 6 compañías que abarcan más del 90% del tráfico total de las 326 compañías analizadas que operaron entre el 2012 y el 2016 en el aeropuerto objeto de este estudio.

	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	Porcentaje
VUELING AIRLINES, S.A.	191.751	180.938	187.011	189.156	193.588	942.444	53,47%
AIR NOSTRUM L.A. MEDITERRANEO	44.661	89.754	84.523	103.811	60.958	383.707	21,77%
AIR EUROPA	40.285	39.109	36.850	36.818	46.605	199.667	11,33%
IBERIA	18.099	100	402	4.996	68.298	91.895	5,21%
IBERIA EXPRESS	50.067	47				50.114	2,84%
BA CITYFLYER LTD		6.368	13.778	10.171	9.264	39.581	2,25%
Total	344.863	316.316	322.564	344.952	378.713	1.707.408	
	93,87%	97,97%	97,96%	95,93%	98,80%	96,88%	

TABLA 12. DATOS NÚMERO DE PASAJEROS DE SALIDA AGRUPADO POR AEROLÍNEAS DISGREGADO POR AÑOS DEL 2012 AL 2016 (ELABORACIÓN PROPIA). DATOS: (AENA, 2017).

Cabe destacar el liderazgo de Vueling Airlines S.A. que ocupa el 53,47% del tráfico de salidas desde el 2012, seguido de Air Nostrum L.A. y Air Europa con el 21,77% y el 11,33% respectivamente. Si lo representamos de forma gráfica las evidencias son mucho más notables.

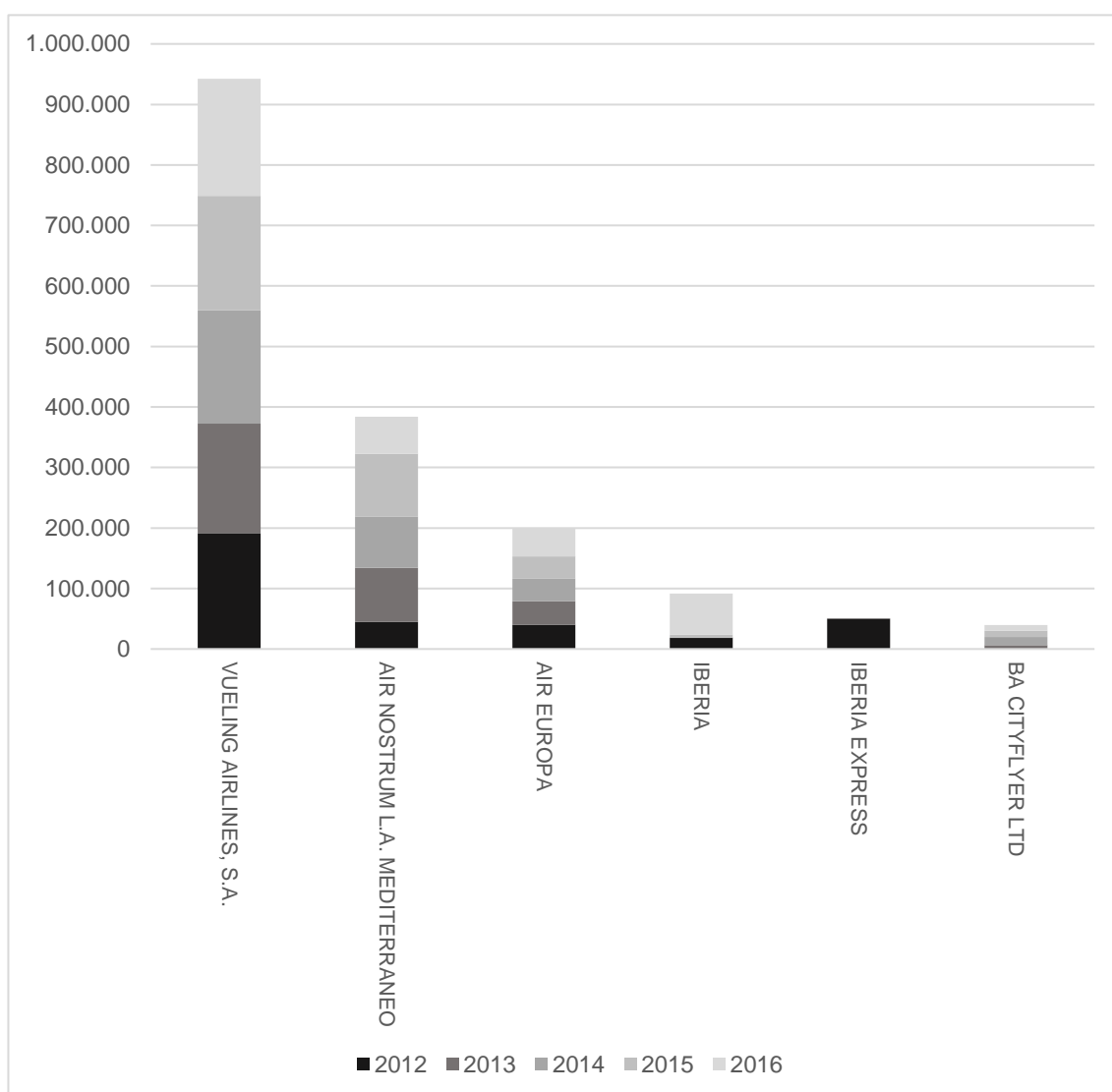


FIGURA 18. GRÁFICO DEL NÚMERO DE PASAJEROS DE SALIDA AGRUPADO POR AEROLÍNEAS DISGREGADO POR AÑOS DEL 2012 AL 2016 (ELABORACIÓN PROPIA).

En la siguiente tabla se muestra el número de pasajeros de salida por cada una de las categorías anteriormente descrita obtenido de clasificar las 20 compañías que más pasajeros de salida han obtenido desde 2012 al 2016.

	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	Porcentaje
Económico	254.995	187.796	200.832	203.808	202.852	1.050.283	59,59%
Chárter	0	0	3.408	5.724	0	9.132	0,52%
Regular Nacional	86.458	131.709	121.373	140.629	107.563	587.732	33,35%
Regular Internacional	21.855	100	402	4.996	68.298	95.651	5,43%
Total	363.308	319.605	326.015	355.157	378.713	1.742.798	
	98,90%	98,99%	99,01%	98,76%	98,80%	98,89%	

TABLA 13. DATOS DEL NÚMERO DE PASAJEROS DE SALIDA AGRUPADO POR CATEGORÍA DISGREGADO POR AÑOS DEL 2012 AL 2016 (ELABORACIÓN PROPIA).

En base a los apuntes de “Gestión de la Infraestructura Aeroportuaria” de la Universitat Politècnica de Catalunya¹⁸ se puede asociar un factor de equipaje¹⁹ por categoría de operación de forma que, en base a los datos de la tabla anterior, podemos obtener el factor de equipaje medio para el aeropuerto objeto de estudio.

	Factor de Equipaje	Porcentaje de Pasajeros	Media de factor de Equipaje
Económico	0,30	59,59%	0,55
Chárter	1,30	0,52%	
Regular Nacional	0,85	33,35%	
Regular Internacional	1,30	5,43%	

TABLA 14. FACTOR DE EQUIPAJE MEDIO (ELABORACIÓN PROPIA). DATOS: (UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, 2015).

En base al factor de equipaje medio obtenido se dimensionará el Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes (SATE) para que al menos pueda tratar una volumen de equipajes del $\overline{f_{equipaje}} \cdot PHD$ es decir 322 equipajes a la hora.

¹⁸ (Universitat Politècnica de Catalunya, 2015)

¹⁹ El factor de equipaje es número de equipajes facturados previsto por pasajero.

4. Diseño del Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes.

En primer lugar, dado que se pretende estudiar un sistema de identificación de equipajes por tecnología de identificación por radio frecuencia dentro de un sistema de tratamiento de equipaje basado en cintas, el Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes diseñado emplea como subsistema de identificación y seguimiento tecnología RFID y como subsistema de transporte cintas transportadoras automatizadas.

En segundo lugar, y en lo relativo a la facturación y al tratamiento de equipajes, si disponen de una serie de alternativas a contemplar y valorar en función de las previsiones de tráfico de las que disponemos con el fin de optar por un sistema final que se adapten a las necesidades actuales y futuras del aeropuerto. Las distintas opciones de modelo de facturación y posterior tratamiento de equipajes son:

- **Facturación en puerta de embarque** que se emplea en aeropuertos con poco tráfico realizando la inspección en la propia puerta de embarque. Pese a simplificar el proceso de facturación, reducir los tiempos de espera y recorridos de los pasajeros y eliminar la necesidad de clasificación, aumenta considerablemente los costes de personal y de equipos de inspección conforme va creciendo el número de puertas de embarques y embarques simultáneos.
- **Facturación descentralizada** que se emplea, normalmente, en aeropuertos con un tráfico no estacional y de forma proporcional entre compañías o grupos de compañías. Requiere de un sistema de inspección dedicado para cada una de las compañías.
- **Facturación centralizada** que es una facturación ágil de cara al pasajero, sin embargo, requiere de sistemas de colección y clasificación más complejos. No obstante, es adaptativo a la estacionalidad y/o demanda momentánea pudiendo desactivar los equipos y líneas de inspección no requeridos en dicho momento. Esto simplifica las labores de mantenimiento, no dependiendo de línea desactiva en los momentos de baja demanda.

Si consideramos la facturación en puerta de embarque hay que considerar que se requiere en cada sala de embarque de una máquina de inspección. Para conocer el número necesario de puertas de embarques necesitaríamos conocer la distribución de aeronaves en el tiempo con el fin de poder calcular los números de Aeronave Hora Punta (AHP) y Aeronave Hora de Diseño (AHD). En cualquier caso, vistas que todas las previsiones de evolución del tráfico muestran una tendencia al alza esta opción quedaría descartada.

Por tanto, debemos optar entre una facturación centralizada o descentralizada. Pese a que el tráfico del aeropuerto no tiene gran variación estacional, el 45% de los movimientos son producidos por una sola aerolínea, seguida de otras 4 que operan alrededor del 10% de los movimientos lo que dificultaría la creación de grupos de aerolíneas. Por otro lado, el tráfico total del aeropuerto no es tan elevado como para tener más de un sistema automatizado de inspección de equipajes. Es por ello que optamos por una facturación centralizada.

Dentro de la facturación centralizada existe la opción de dividir esta facturación por segmentos con el fin de simplificar el posterior proceso de clasificación, no obstante, este aeropuerto no tiene un gran segmento internacional que requiera de dicha separación.

4.1. Subsistema de facturación y subsistema de colección

Siguiendo las recomendaciones de IATA relativo al cálculo del número de puestos de facturación en función del número de Pasajeros Hora de Diseño Salidas y considerando que el número de pasajeros en transferencia no procesado puede estimarse nulo (exclusivamente para calculo, pero contemplando un sistema de procesado), por ser un aeropuerto con un segmento internacional no Schengen prácticamente nulo. Empleando las siguientes fórmulas se calculan el número de mostradores de facturación y el número de mostradores de facturación compensado:

$$N^{\circ} \text{Mostradores} = \overline{T_{fact}} \cdot \overline{f_{equipaje}} \cdot (PHD_{Salidas} + PHD_{Trans NP})$$

$$N^{\circ} \text{Mostradores Comp.} = 1,1 \cdot N^{\circ} \text{Mostradores}$$

Vestíbulo de Salidas - Número de Mostradores de Facturación			
	Dato	Unidad	Símbolo
Pasajeros Hora de Diseño - Salidas	584	Pasajero	$PHD_{Salidas}$
Pasajeros Hora de Diseño - Transferencia no procesados	0	Pasajero	$PHD_{Trans NP}$
Tiempo medio de facturación	3,5	min	$\overline{T_{fact}}$
Factor de Equipaje medio	0,55	Eq. Facturado/Pasajero	$\overline{f_{equipaje}}$
Número de mostradores de facturación	19	Mostrador	$N^{\circ} \text{Mostradores}$
Número de mostradores de facturación compensado	21	Mostrador	$N^{\circ} \text{Mostradores Comp}$

TABLA 15. CÁLCULO DEL NÚMERO DE MOSTRADORES DE FACTURACIÓN (ELABORACIÓN PROPIA).

Del mismo modo se calcula el área de colas necesaria siendo la superficie recomendada por IATA por pasajero en cola $1,5 \text{ m}^2$:

$$A_{fact} = \overline{S_{pie}} \cdot (PHD_{Salidas} + PHD_{Trans NP})$$

$$A_{fact \text{ Comp.}} = 1,1 \cdot A_{fact}$$

Vestíbulo de Salidas – Área de Colas Facturación			
	Dato	Unidad	Símbolo
Pasajeros Hora de Diseño - Salidas	584	Pasajero	$PHD_{Salidas}$
Pasajeros Hora de Diseño - Transferencia no procesados	0	Pasajero	$PHD_{Trans NP}$
Factor de Equipaje medio	1,5	$\text{m}^2/\text{Pasajero}$	$\overline{S_{pie}}$
Número de mostradores de facturación	146	m^2	A_{fact}
Número de mostradores de facturación compensado	161	m^2	$A_{fact \text{ Comp}}$

TABLA 16. CÁLCULO DEL ÁREA DE COLAS PARA FACTURACIÓN (ELABORACIÓN PROPIA).

Considerando los cálculos realizados y debiendo dejar área suficiente para ampliaciones del número de mostradores y el área de colas se conforma un diseño de sistema de facturación y colectora. Este sistema es capaz de funcionar en ambos sentidos para que en el caso de un fallo de una sección del sistema no se deba interrumpir el funcionamiento, pudiendo operar con las secciones operativas y realizar el mantenimiento sin detener el sistema.

Por otro lado, el primer mostrador de facturación se reserva para los equipajes especiales puesto que dispone de un mayor ancho de cinta y todo el sistema de inspección se realiza sin curvas.

El sistema de colectora dispone de entradas, por descarga en cinta, para cada mostrador de facturación, para el retorno de inspección y para la incorporación de equipajes de transferencia no procesados, y dispone de salidas, por *verti-belt* con arreglo de 45°, para acceso a inspección.

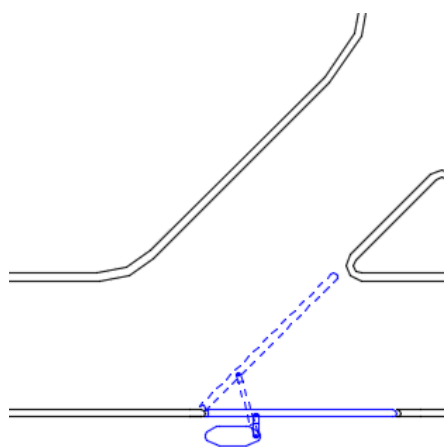


FIGURA 19. DETALLE DEL SISTEMA VERTI-BELT, REPRESENTADO EN AZUL. SE MUESTRA EN CONTINUO SU ESTADO NORMAL DE FUNCIONAMIENTO (NO DESVÍA LOS EQUIPAJES) Y EN DISCONTINUO EL ESTADO EXTENDIDO (DESVÍA EQUIPAJE). (ELABORACIÓN PROPIA).

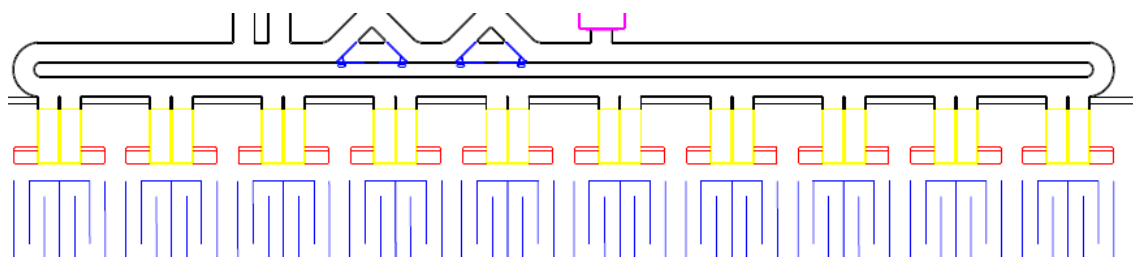


FIGURA 20. SISTEMA DE FACTURACIÓN Y COLECTORA DISEÑADOS (ELABORACIÓN PROPIA).

Como se muestra en la Figura 20, cada mostrador de facturación dispone de una superficie de trabajo (representado en rojo) y una báscula electrónica (representada en amarillo). Los mostradores se encuentran adosados por las básculas electrónicas respetando un espacio de paso entre mostradores de un metro. Las áreas de colas también se encuentran adosadas y comparten tramo de salida coincidente con la zona de paso entre mostradores.

En la Figura 20 se muestra un esquema general del sistema de facturación, con sus áreas delimitadas para colas, y la colectora. En este se aprecia los como los mostradores descargan los equipajes en la colectora (parte inferior) y a su vez esta los descarga en la inspección mediante los *verti-belt* representados en azul.

En la Figura 21 se muestra el detalle de los mostradores de facturación. En rojo se representa el propio mostrador, en amarillo la báscula electrónica y en azul las áreas de colas con las flechas que indican el sentido. Entre cada mostrador hay un espacio de paso de 1 metro. Cada báscula electrónica mide 2,5 m de largo por 1 metro de ancho, siendo el ancho efectivo para cargar equipajes de 90 centímetros.

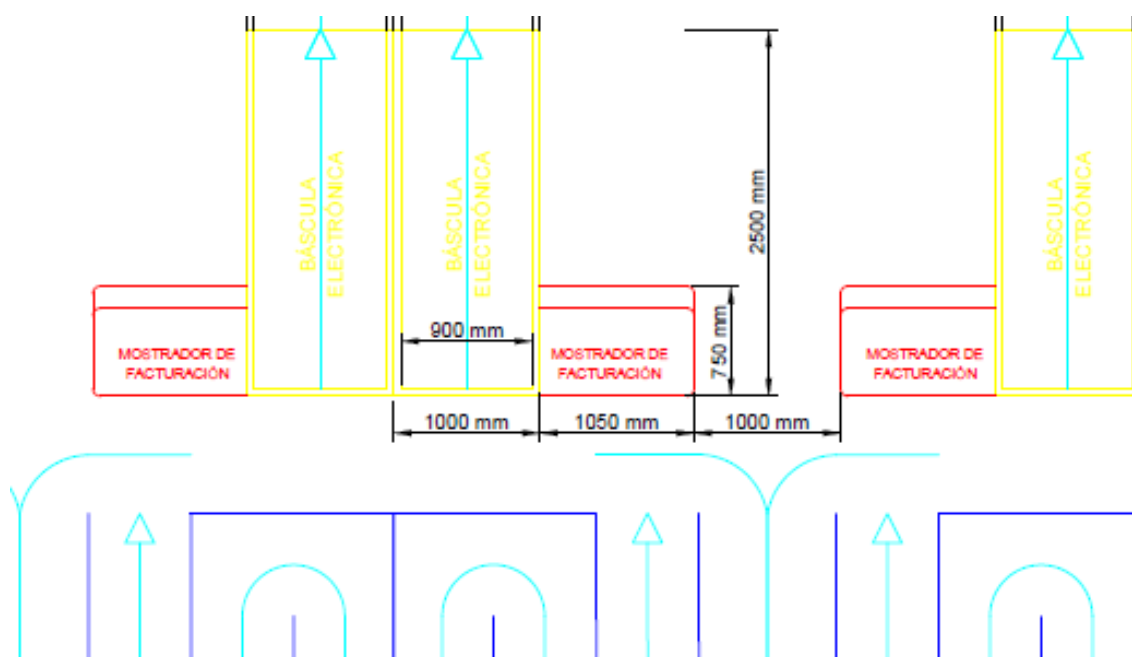


FIGURA 21. DETALLE DEL SISTEMA DE FACTURACIÓN Y COLECTORA DISEÑADOS (ELABORACIÓN PROPIA).

4.2. Subsistema de inspección

El sistema de inspección de equipaje se basa en dos máquinas de detección de explosivos EDS (*Explosive Detection System*) que realizan la inspección en nivel 1 y 3. La selección de las EDS a instalar se debe realizar en base a los siguientes aspectos:

- **Requisitos legales.**
 - Certificación Norma 3 conforme a lo dispuesto en apartado 12.4.2.10. del Reglamento (UE) 1087/2011.²⁰
- **Requisitos Técnicos.**
 - Adaptación al subsistema de transporte empleado.
 - Altura de la entrada y salida de equipajes.
 - Subsistema interno de transporte empleado.
 - Incorporación de la EDS en el sistema.
 - Velocidad y/o tiempo de procesado.
 - Adaptación al área destinada para su emplazamiento.
 - Dimensiones y área de mantenimiento inferiores al área de emplazamiento.
 - Altura de la EDS
 - Adaptación al número de equipajes a procesar.
 - Número de equipajes máximo procesado superior al 110% del PHD en cada EDS.
 - Adaptación al sistema de control.
 - Incorporación de entradas y salidas digitales.
 - Incorporación de cambio del tipo de inspección (inspección nivel 1 o nivel 3) bajo entrada digital.
- **Aspectos a valorar.**
 - Potencia instalada y consumo eléctrico.
 - Coste.
 - Vida útil.
 - Tasa de falsa alerta.
 - Tiempo de procesado.
 - Mantenimiento y reparaciones.

²⁰ Puede consultar más sobre las certificación norma 3 y el listado de EDS verificadas en <https://www.ecac-ceac.org/cep>.



FIGURA 23. RRT™ 10 IMAGEN DE CATÁLOGO (HIGH TECHNOLOGY DETECTION SYSTEMS).

Se ha seleccionado la EDS por tomografía digital Rapiscan RTT™ 110 por cumplir con los requisitos técnicos permitiendo inspeccionar equipajes en nivel 1 y nivel 3 a una velocidad de avance de 0,5 m/s y 0,25 m/s respectivamente. Además, es apta para el subsistema de transporte empleado, dispone de certificación norma 3, puede procesar hasta 1800 equipajes por hora y se ajusta al espacio destinado para las EDS.

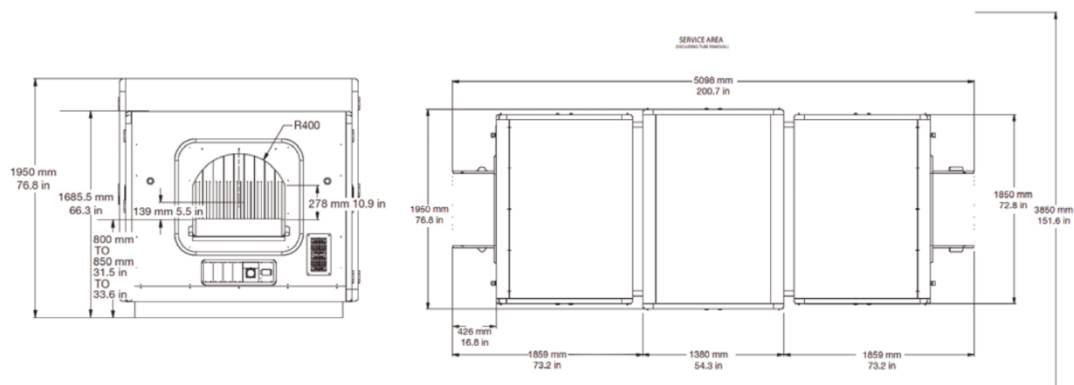


FIGURA 22. DETALLE RTT™ 110 (HIGH TECHNOLOGY DETECTION SYSTEMS).

En lo relativo al sistema de inspección, se diseña un sistema redundante con la intención que la parada cualquier sección por mantenimiento, incidencia o fallo no cause la parada del sistema. Bajo esa premisa la clasificación alimenta a dos EDS cada una siendo capaz de tratar todos los equipajes, permitiendo operar con una sola EDS, donde se realiza el primer nivel de inspección. Las EDS alimentan un tramo de cintas automáticas de más de 7 metros, que a 0,5 m/s supone 14 segundos, durante el avance en este tramo se realiza el segundo nivel de inspección. Los tramos alimentan un hipódromo bidireccional que permite derivar los equipajes al almacén de equipajes tempranos, derivarlos a clasificación o derivarlos a otro hipódromo bidireccional.

En este segundo hipódromo los equipajes pueden ser reincorporados en la colectora para volver a ser inspeccionados y realizar el tercer nivel de inspección, o apartados en dos distintas camas de rodillos para efectuar la reconciliación con el pasajero (cuarto nivel de inspección) y/o activar el protocolo de emergencia (quinto nivel de inspección).

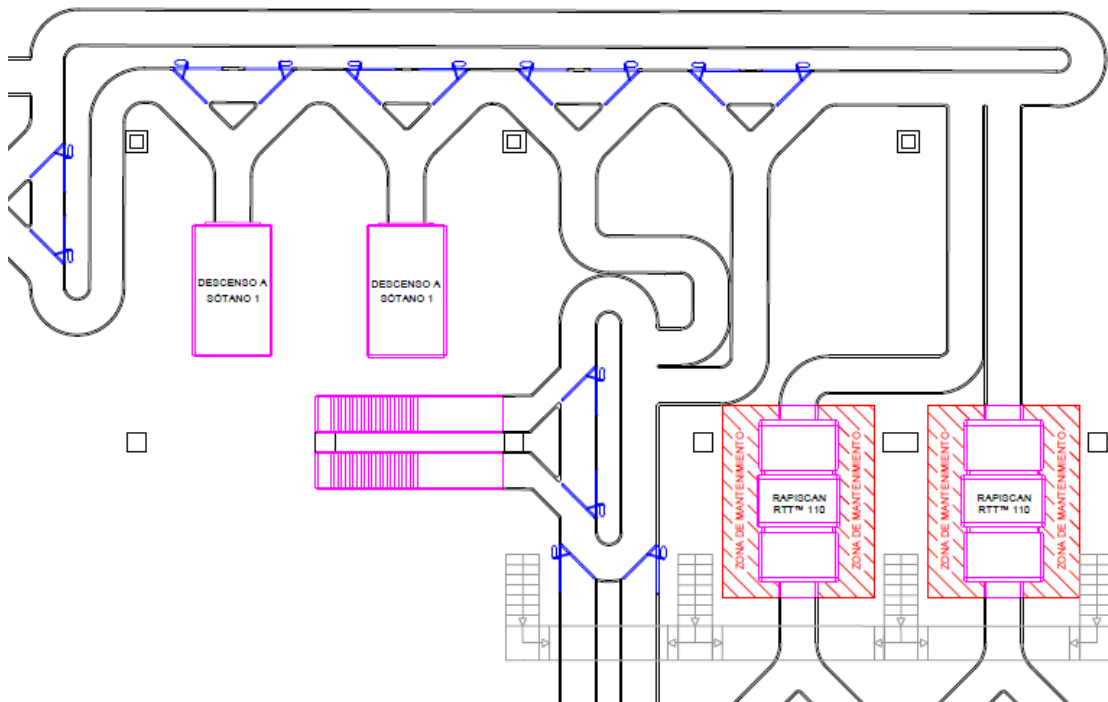


FIGURA 24. SISTEMA DE INSPECCIÓN DE EQUIPAJES (ELABORACIÓN PROPIA).

En la Figura 24, se muestra el sistema descrito, añadiendo en rojo las áreas de mantenimiento de las EDS y la escalera que permite el acceso a las áreas internas de las cintas automáticas. Esta escalera ha sido diseñada conforme al código técnico de edificación tipología escaleras de uso restringido conforme a los siguientes datos:

	Dato	Unidad	Símbolo	Referencia
Altura despejada sobre la cinta	1200	mm	h_d	≥ 1200
Altura de cintas	500	mm	h_c	~ 500
Espesor de estructura	100	mm	h_e	-
Altura Total	1800	mm	$h = h_d + h_c + h_e$	-
Contrahuella	180	mm	C	130 – 200
Huella	270	mm	H	230 – 320
Factor de seguridad	450	mm	$f_s = H + C$	~ 460
Factor de comodidad	630		$f_c = 2 \cdot C + H$	~ 630
Número de peldaños	10	-	$N = h/C$	-
Longitud	2700	mm	$l = H \cdot N$	-

TABLA 17. CÁLCULO DE LA ESCALERA DE ACCESO A INSPECCIÓN (ELABORACIÓN PROPIA).

4.3. Subsistema de clasificación

El acceso a clasificación se hace por dos rampas unidireccionales que desembocan a un hipódromo bidireccional con cuatro desvíos a camas de rodillos, disponiendo, por tanto, de cuatro puestos de carga.

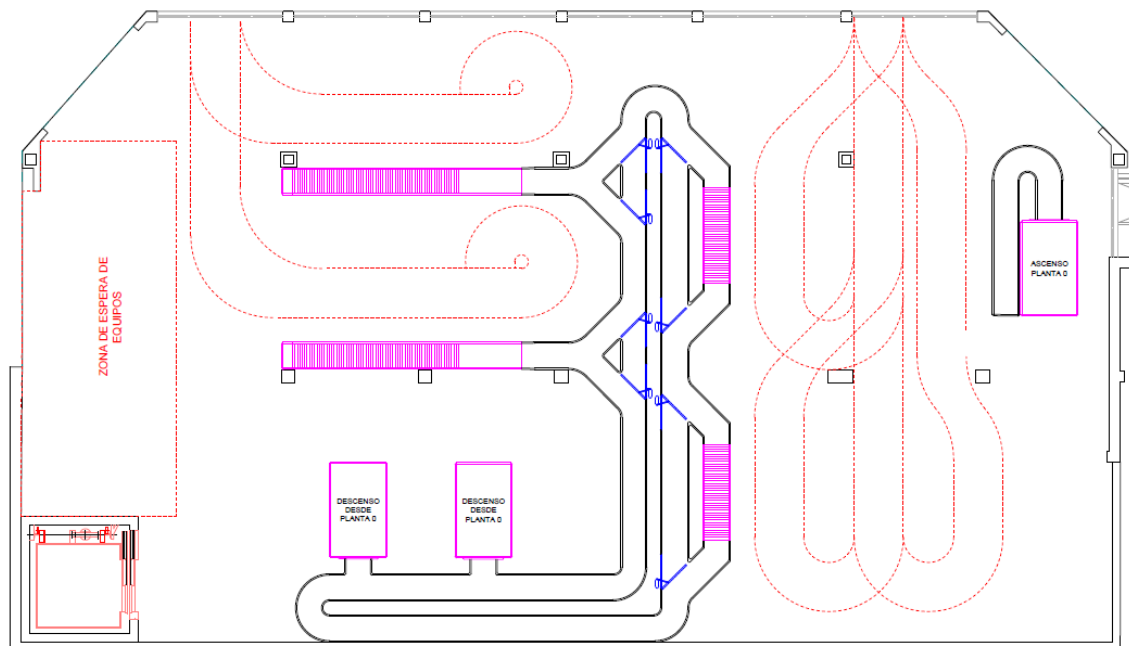


FIGURA 25. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y SISTEMA DE INCORPORACIÓN DE EQUIPAJES DE TRANSFERENCIA NO PROCESADOS (ELABORACIÓN PROPIA).

En la Figura 25 se muestran los cuatro puestos de carga, dos con distribución perpendicular al hipódromo y dos con distribución paralela, de las zonas destinadas a la carga, giro y circulación de los carrillos y de la zona prevista para el almacenamiento de equipos y espera de equipos cargados.

En los detalles de las zonas de carga (Figura 26 y Figura 27) se aprecia que existe un espacio de 900 mm entre la cama de rodillos y la zona de parada para carga, y que los carriles destinados al movimiento de carrillos son de 1800 mm de ancho.

Del mismo modo se aprecia que las zonas de carga paralelas miden cerca de 5000 mm y las zonas de carga perpendiculares miden cerca de 9000 mm permitiendo albergar de forma simultánea uno y dos carrillos respectivamente.

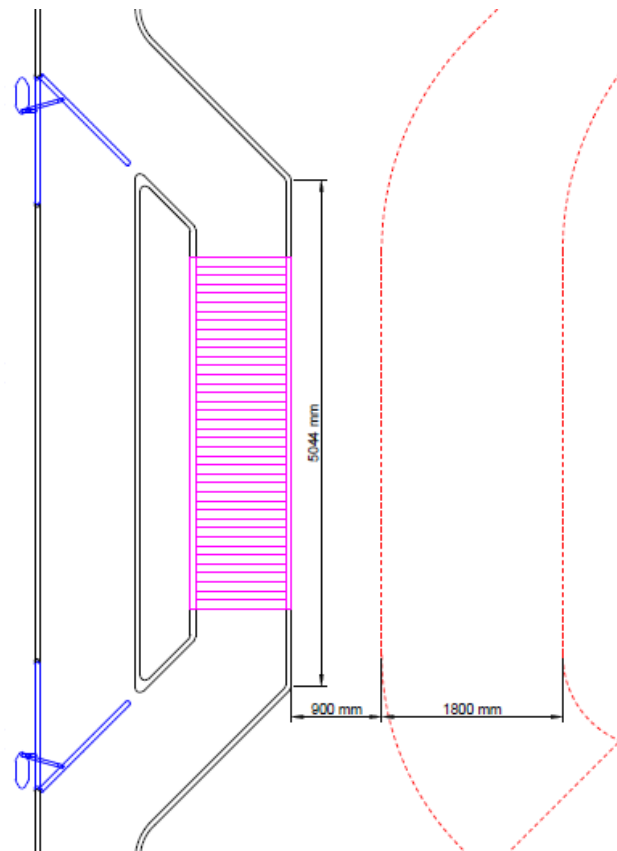


FIGURA 26. DETALLE DE ZONA DE CARGA PARALELA (ELABORACIÓN PROPIA).

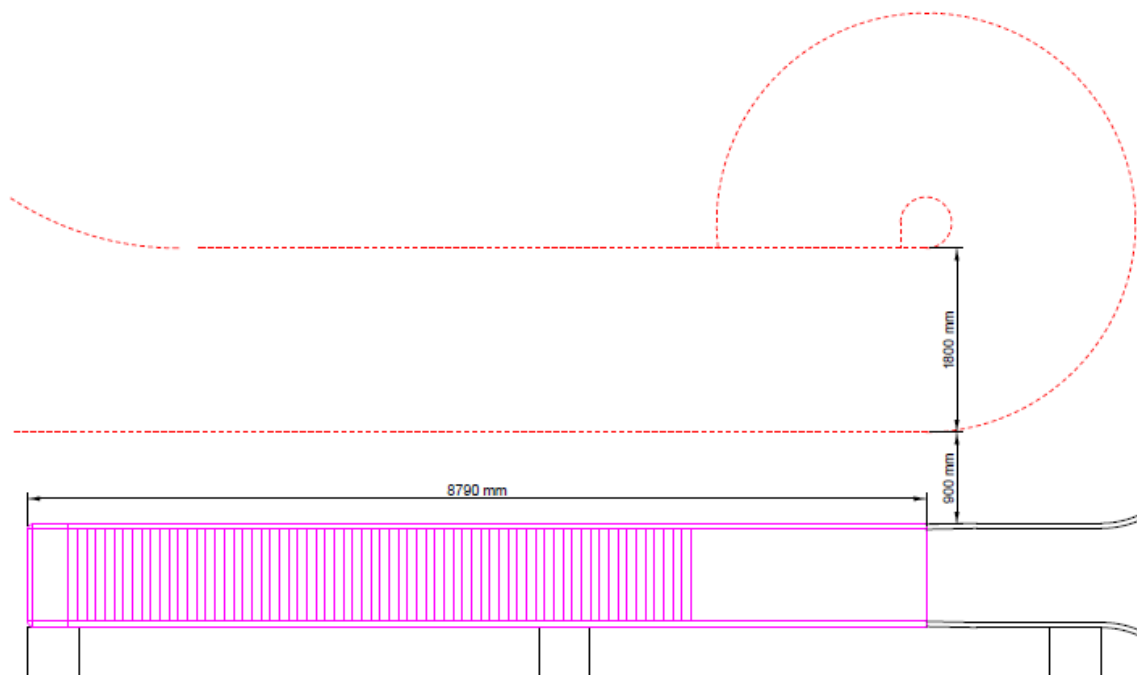


FIGURA 27. DETALLE DE ZONA DE CARGA PERPENDICULAR (ELABORACIÓN PROPIA).

En lo relativo a las dos rampas de bajada, que no requieren seguimiento informático, que alimentan el hipódromo se calculan conforme a las de IATA que marcan:

1. Que las pendientes de las cintas que requieran seguimiento informático no superen los 12 grados de pendiente y 18 grados de pendiente en el resto.

(International Air Transport Association (IATA), 2010)

	Dato	Unidad	Símbolo	Referencia
Altura	4000	mm	h	-
Pendiente	17	°	α_m	≤ 18
Longitud en planta	13000	mm	$l = h / \tan(\alpha_m)$	-

TABLA 18. CÁLCULO DE LAS PENDIENTES DE DESCENSO A CLASIFICACIÓN (ELABORACIÓN PROPIA).

4.4. Incorporación de equipajes de transferencia no procesados

Los equipajes de transferencias no procesados son recibidos en patio de carrillos, pero deben de ser inspeccionados, y por tanto incorporados en la colectora. Para poder ser incorporados al sistema deben de llevar incorporados una identificación como la empleada en el sistema, y en el caso de no llevarla, se les deberá ser asignada. En cuanto a la incorporación a la colectora, se ha previsto una rampa de subida similar a la empleada para descender los equipajes a clasificación, pero en sentido opuesto, que cuenta con zona de descarga asignada con espacio para un carrillo simultáneo. En el caso de avería o mantenimiento de este sistema se podría emplear el montacargas para alimentar la colectora.

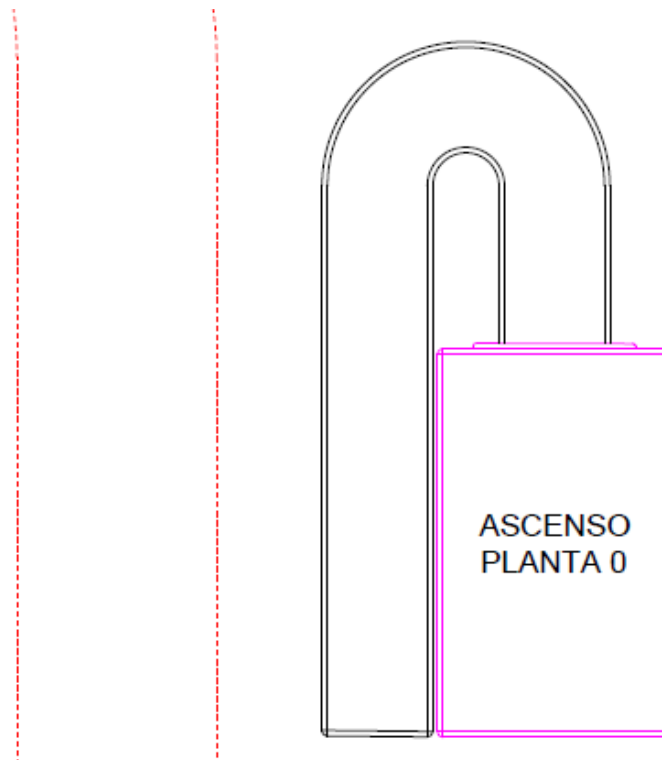


FIGURA 28. DETALLE DEL SISTEMA DE INCORPORACIÓN DEL EQUIPAJE DE TRANSFERENCIA NO PROCESADO (ELABORACIÓN PROPIA).

4.5. Tratamiento de equipajes tempranos

Uno de los aspectos a valorar es el tratamiento de los equipajes tempranos, es decir los equipajes introducidos en el sistema con una antelación mucho mayor a lo habitual. Esto se debe considerar de forma adecuada para evitar que la clasificación tenga equipajes que no están asignados a ninguna zona de carga e incluso que estén en un hipódromo de clasificación que no le corresponde, para sistemas de clasificación multi-hipódromo. Para evitar estos inconvenientes que pueden generar que el equipaje llegue a una zona incorrecta o sature el sistema de clasificación se han desarrollado almacenes automatizados de equipajes tempranos que se basan en una serie de estanterías y uno robots que se desplazan en un riel. Con este sistema el equipaje es recogido de la cinta transportadora por el robot, archivado en las estanterías, y reinsertado en el sistema en el momento apropiado para su clasificación.

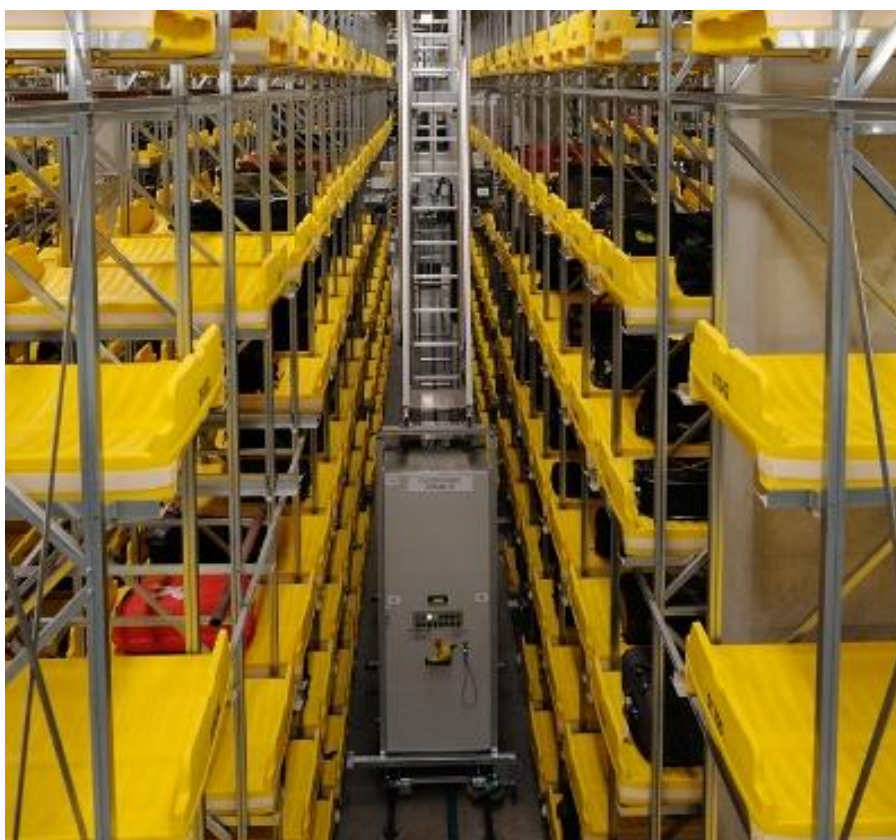


FIGURA 29. FOTOGRAFÍAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES TEMPRANOS DEL AEROPUERTO DE ÁMSTERDAM – SCHIPHOL (FABER, 2013).



FIGURA 30. FOTOGRAFÍAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES TEMPRANOS DEL AEROPUERTO DE ÁMSTERDAM – SCHIPHOL (FABER, 2013).

Si bien este sistema se puede incluir entre la facturación y la inspección, entre la inspección y la clasificación, e incluso integrarse en el sistema de clasificación, lo habitual es encontrarlo una vez realizada la inspección y antes de acceder a clasificación, sobre todo en clasificación multi-hipódromos donde es más notable la distinción entre antes de llegar a clasificación y la propia clasificación.

En nuestro caso, para el tratamiento de los equipajes tempranos se incorpora en el primer hipódromo tras las EDS (el mismo que tienen el descenso a clasificación) las conexiones con el sistema de almacenamiento de equipajes tempranos. Se ha dejado un área reservada para instalar el sistema pertinente tras la realización de un estudio comparativo. El área dedicada es de casi 6x9.5 m, esto permite instalar más de un robot que posibilite la realización de labores de mantenimiento sin detener el sistema.

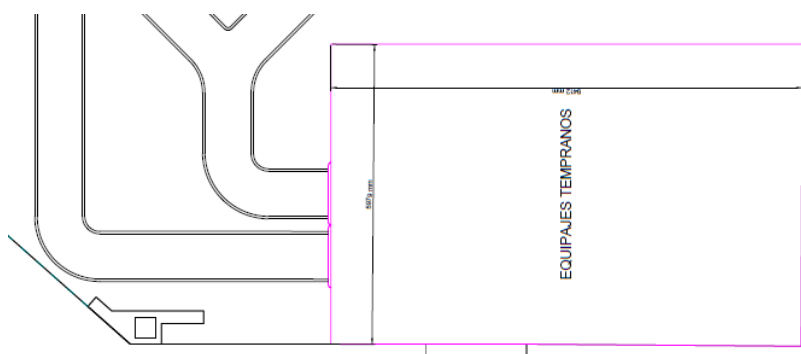


FIGURA 31. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE EQUIPAJES TEMPRANOS (ELABORACIÓN PROPIA).

4.6. Tratamiento de equipajes especiales

Como se expuso en el 1.3Capítulo II. 3. Tipología de Equipajes, hay una serie de equipaje que no pueden ser tratados de forma automática. Por consiguiente, todo sistema de tratamiento de equipajes debe contemplar el tratamiento de estos equipajes de forma no automatizada.

En nuestro caso, se ha reservado un mostrador de facturación específico y una línea de inspección completamente rectilínea que incluye una EDS dedicada a esta línea (qué debe cumplir con las especificaciones anteriormente descritas en el apartado del subsistema de inspección). Tras la inspección los equipajes serían llevados al patio de carrillos empleando el montacargas.

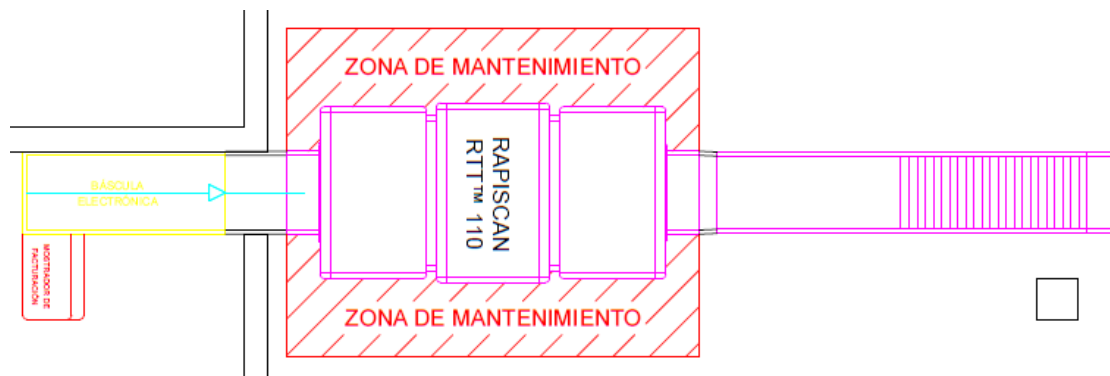


FIGURA 32. LÍNEA DEDICADA A LA INSPECCIÓN DE EQUIPAJES ESPECIALES (ELABORACIÓN PROPIA).

5. Estados de operación del Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes.

Una vez diseñado el Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes, debemos considerar los distintos estados de funcionamiento con el fin de prever un sistema de control y verificar la posibilidad de realización de operaciones de mantenimiento y protocolos frente averías.

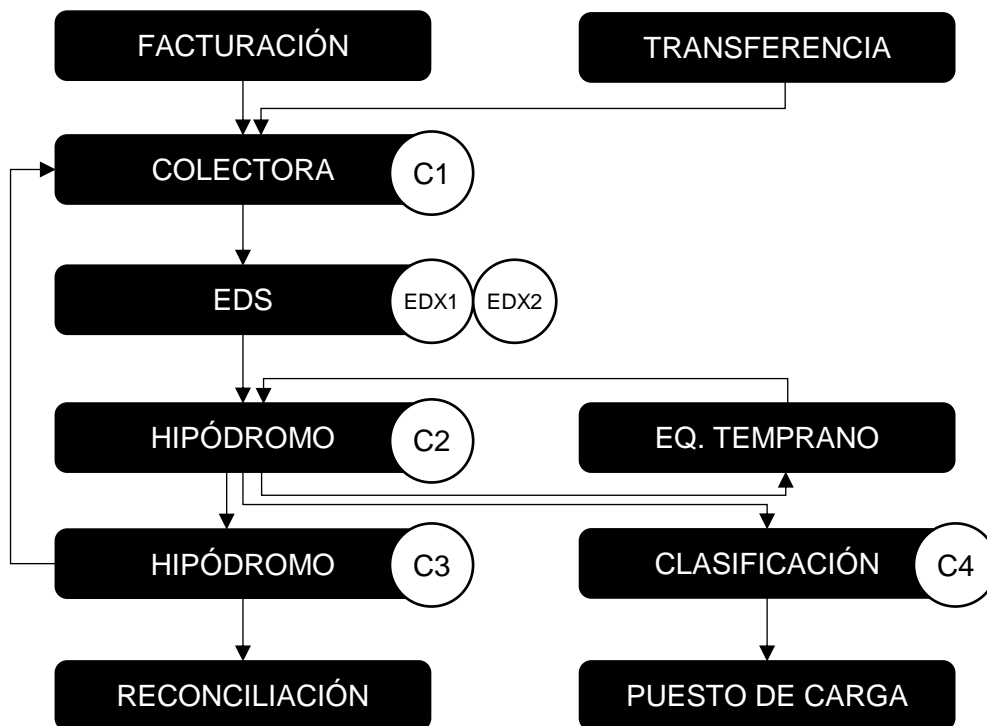


FIGURA 33. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES (ELABORACIÓN PROPIA).

En el esquema de la Figura 33 se muestran las entradas y salidas de cada uno de los hipódromos del sistema.

En primer lugar, el hipódromo de colectora que es alimentado por los flujos de equipajes de facturación, equipajes de transferencia no procesados y los provenientes del hipódromo 3, que son aquellos que no han superado la fase 2 de inspección. Además, el hipódromo de colectora alimenta las EDS que desembocan en el hipódromo C2.

En segundo lugar, el hipódromo C2 es alimentado por las EDS y por los equipajes almacenados en equipajes tempranos. Este hipódromo descarga sus equipajes en el hipódromo C3, si no han superado la inspección, y en calificación o en el almacén de equipajes tempranos, si han superado la inspección.

En tercer lugar, el hipódromo C3 es alimentado exclusivamente por los equipajes que no han superado la inspección provenientes del hipódromo C2. En este hipódromo se separan los equipajes que deben acudir a la fase 3 de inspección, que son enviados al hipódromo de colectora, de los que deben acudir a la fase 4 de inspección que finalizan su trayecto en las camas de rodillos de conciliación con el pasajero.

Por último, el hipódromo de clasificadora es alimentado por los equipajes del hipódromo C2 y son separados en los cuatro puestos de carga.

La existencia de un fallo en cualquiera de los hipódromos no supone la detención del sistema. Se inutiliza la sección averiada y se ajusta los modos de operación del hipódromo afectado con el fin de continuar el tratamiento de equipajes de forma que las secciones a la derecha de la sección averiada funcionarían en régimen inverso y las de la izquierda en régimen normal, considerando dejar una segunda sección detenida para evitar que se mezclen los dos flujos de equipajes. Esta solución también puede ser empleada en el caso del fallo de uno de los actuadores de los verti-belt dado que las salidas de los hipódromos están diseñadas para ambos regímenes de funcionamiento.

En el caso de detención de una de las EDS o de las uniones de los distintos hipódromos, el sistema ha sido diseñado de forma redundante para que pueda funcionar con la mitad de uniones detenidas. Esto dota al sistema de una protección frente averías y permite realizar mantenimientos y asegurar ciclos de trabajo y descanso.

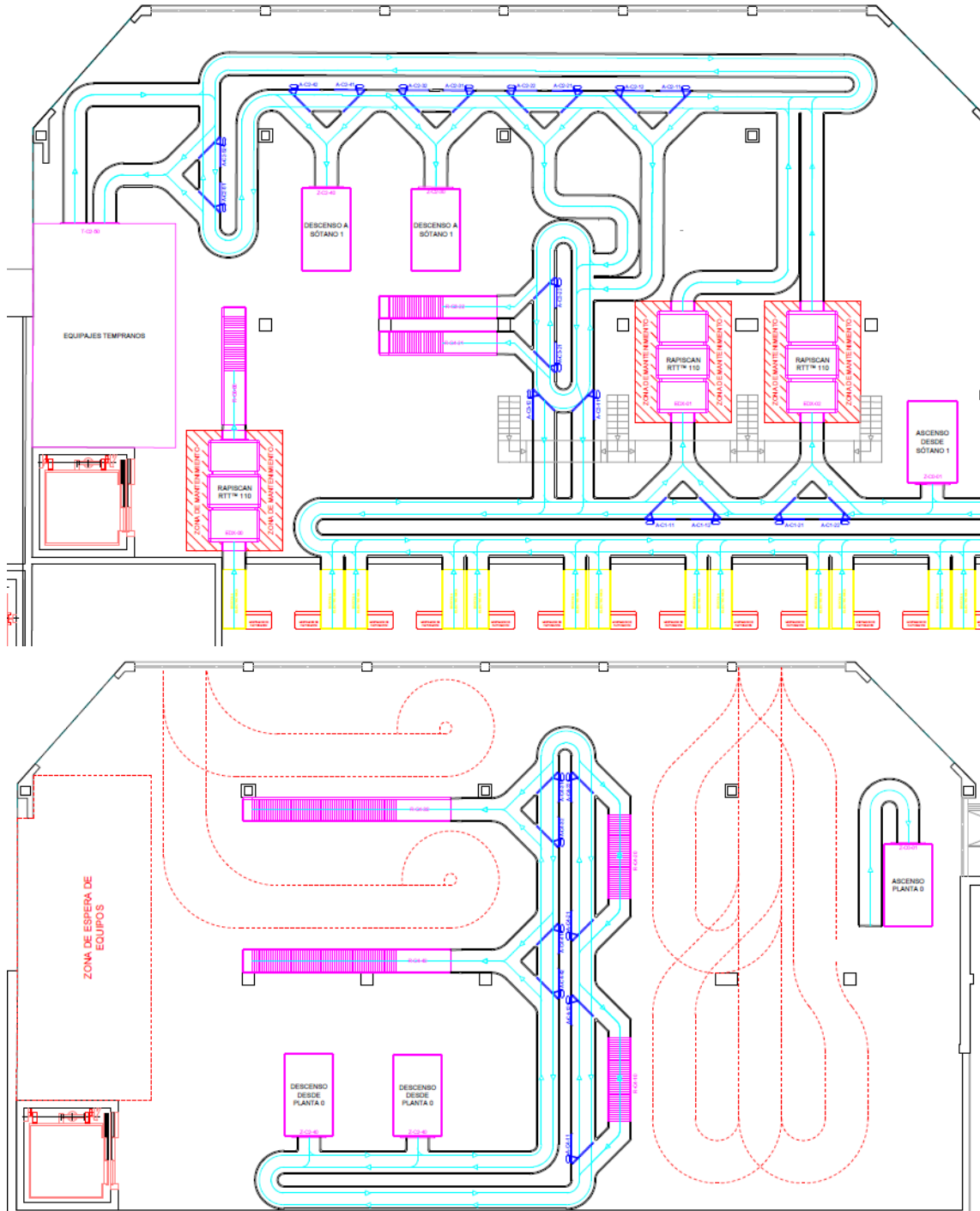


FIGURA 34. SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES CON GUÍAS DEL FLUJO DE EQUIPAJES EN LOS DISTINTOS MODOS DE OPERACIÓN (ELABORACIÓN PROPIA).

6. Control del Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes.

Para abordar el control del sistema se va implementan estructuras de control para cada hipódromo y estructuras de control para cada parte del sistema donde se deba hacer algún tipo de acción sobre el equipaje.

Para poder localizar los equipajes se emplean dos tipos de sensores. El primero un sensor de RFID que tiene como objetivo identificar el equipaje de forma concreta. El segundo un sensor de haz láser que tiene como objetivo detectar la presencia, o no, de equipaje sin realizar identificación alguna. Dado que el sistema de identificación es costoso, se emplea exclusivamente cuando se requiere la identificación del equipaje.

En la Tabla 19 se recoge los códigos empleados para identificar los distintos hipódromos, camas de rodillos, verti-belts, maquinaria, secciones de ascenso y descenso y sensores. La información recogida en la tabla se plasma en los planos de identificación de hipódromos, ramales y desvíos (planos número 04 y 05) y en los planos de instalación de sensores y actuadores (planos número 06, 07 y 08).

Tipo	Código	Emplazamiento	Observaciones
Hipódromos	C1	Colectora	Hipódromo de colección.
	C2	Inspección	Hipódromo de derivación a inspección, clasificación o almacenamiento.
	C3	Inspección	Hipódromo de derivación a colectora o reconciliación con el pasajero.
	C4	Clasificación	Hipódromo de clasificadora.
Ramales	C0-0X	Eq. Especiales	
	C0-1X	Eq. Transferencia	De Transferencia a C1 por Z-C0-01.
	C0-2X	Eq. Tempranos	De Eq. Tempranos a C2.
	C1-1X	Colectora C1	De C1 a C2 por EDX01.
	C1-2X	Colectora C1	De C1 a C2 por EDX02.
	C2-1X	Inspección C2	De C2 a C3.
	C2-2X	Inspección C2	De C2 a C3.
	C2-3X	Inspección C2	De C2 a C4 por Z-C2-30.
	C2-4X	Inspección C2	De C2 a C4 por Z-C2-40.
	C2-5X	Inspección C2	De C2 a eq. tempranos.
	C3-1X	Inspección C3	De C3 a C1.
	C3-2X	Inspección C3	De C3 a reconciliación con pasajero.
	C4-1X	Clasificación C4	De C4 a puesto de carga 1.
	C4-2X	Clasificación C4	De C4 a puesto de carga 2.
	C4-3X	Clasificación C4	De C4 a puesto de carga 3.
	C4-4X	Clasificación C4	De C4 a puesto de carga 4.
EDS	EDX-00	Eq. Especiales	
	EDX-01	Inspección	Acceso por primer ramal.
	EDX-02	Inspección	Acceso por segundo ramal.

C. nivel	Z-C0-01	C0 a C1	De patio de carrillo a colectora.
	Z-C2-30	C2 a C4	De inspección a clasificación por ramal 3 de C2.
	Z-C2-40	C2 a C4	De inspección a clasificación por ramal 4 de C2.
Camas de Rodillos	R-C0-00	Eq. Especiales	
	R-C3-21	Inspección C3	Acceso por ramal 2 de C3 en sentido 1.
	R-C3-22	Inspección C3	Acceso por ramal 2 de C3 en sentido 2.
	R-C4-10	Clasificación C4	Acceso por ramal 1 de C4.
	R-C4-20	Clasificación C4	Acceso por ramal 2 de C4.
	R-C4-30	Clasificación C4	Acceso por ramal 3 de C4.
	R-C4-40	Clasificación C4	Acceso por ramal 4 de C4.
Actuadores	A-C1-11	Colectora C1	Acceso por ramal 1 de C1 sentido 1.
	A-C1-12	Colectora C1	Acceso por ramal 1 de C1 sentido 2.
	A-C1-21	Colectora C1	Acceso por ramal 2 de C1 sentido 1.
	A-C1-22	Colectora C1	Acceso por ramal 2 de C1 sentido 2.
	A-C2-11	Inspección C2	Acceso por ramal 1 de C2 sentido 1.
	A-C2-12	Inspección C2	Acceso por ramal 1 de C2 sentido 2.
	A-C2-21	Inspección C2	Acceso por ramal 2 de C2 sentido 1.
	A-C2-22	Inspección C2	Acceso por ramal 2 de C2 sentido 2.
	A-C2-31	Inspección C2	Acceso por ramal 3 de C2 sentido 1.
	A-C2-32	Inspección C2	Acceso por ramal 3 de C2 sentido 2.
	A-C2-41	Inspección C2	Acceso por ramal 4 de C2 sentido 1.
	A-C2-42	Inspección C2	Acceso por ramal 4 de C2 sentido 2.
	A-C2-51	Inspección C2	Acceso por ramal 5 de C2 sentido 1.
	A-C2-52	Inspección C2	Acceso por ramal 5 de C2 sentido 2.

	A-C3-11	Inspección C3	Acceso por ramal 1 de C3 sentido 1.
	A-C3-12	Inspección C3	Acceso por ramal 1 de C3 sentido 2.
	A-C3-21	Inspección C3	Acceso por ramal 2 de C3 sentido 1.
	A-C3-22	Inspección C3	Acceso por ramal 2 de C3 sentido 2.
	A-C4-11	Clasificación C4	Acceso por ramal 1 de C4 sentido 1.
	A-C4-12	Clasificación C4	Acceso por ramal 1 de C4 sentido 2.
	A-C4-21	Clasificación C4	Acceso por ramal 2 de C4 sentido 1.
	A-C4-22	Clasificación C4	Acceso por ramal 2 de C4 sentido 2.
	A-C4-31	Clasificación C4	Acceso por ramal 3 de C4 sentido 1.
	A-C4-32	Clasificación C4	Acceso por ramal 3 de C4 sentido 2.
	A-C4-41	Clasificación C4	Acceso por ramal 4 de C4 sentido 1.
	A-C4-42	Clasificación C4	Acceso por ramal 4 de C4 sentido 2.
Sensores Láser	L-C1-11	Colectora C1	Acceso por ramal 1 de C1 sentido 1.
	L-C1-12	Colectora C1	Acceso por ramal 1 de C1 sentido 2.
	L-C1-21	Colectora C1	Acceso por ramal 2 de C1 sentido 1.
	L-C1-22	Colectora C1	Acceso por ramal 2 de C1 sentido 2.
	L-C2-11	Inspección C2	Acceso por ramal 1 de C2 sentido 1.
	L-C2-12	Inspección C2	Acceso por ramal 1 de C2 sentido 2.
	L-C2-21	Inspección C2	Acceso por ramal 2 de C2 sentido 1.
	L-C2-22	Inspección C2	Acceso por ramal 2 de C2 sentido 2.
	L-C2-31	Inspección C2	Acceso por ramal 3 de C2 sentido 1.
	L-C2-32	Inspección C2	Acceso por ramal 3 de C2 sentido 2.
	L-C2-41	Inspección C2	Acceso por ramal 4 de C2 sentido 1.
	L-C2-42	Inspección C2	Acceso por ramal 4 de C2 sentido 2.
	L-C2-51	Inspección C2	Acceso por ramal 5 de C2 sentido 1.

	L-C2-52	Inspección C2	Acceso por ramal 5 de C2 sentido 2.
	L-C3-11	Inspección C3	Acceso por ramal 1 de C3 sentido 1.
	L-C3-12	Inspección C3	Acceso por ramal 1 de C3 sentido 2.
	L-C3-21	Inspección C3	Acceso por ramal 2 de C3 sentido 1.
	L-C3-22	Inspección C3	Acceso por ramal 2 de C3 sentido 2.
	L-C4-11	Clasificación C4	Acceso por ramal 1 de C4 sentido 1.
	L-C4-12	Clasificación C4	Acceso por ramal 1 de C4 sentido 2.
	L-C4-21	Clasificación C4	Acceso por ramal 2 de C4 sentido 1.
	L-C4-22	Clasificación C4	Acceso por ramal 2 de C4 sentido 2.
	L-C4-31	Clasificación C4	Acceso por ramal 3 de C4 sentido 1.
	L-C4-32	Clasificación C4	Acceso por ramal 3 de C4 sentido 2.
	L-C4-41	Clasificación C4	Acceso por ramal 4 de C4 sentido 1.
	L-C4-42	Clasificación C4	Acceso por ramal 4 de C4 sentido 2.
Sensores RFID	S-C1-01	Inspección C1-1X	Identifica equipajes que acceden a EDX-01.
	S-C1-02	Inspección C1-2X	Identifica equipajes que acceden a EDX-02.
	S-C2-01	Inspección C2	Identifica equipajes para desvío o no mediante A-C2-11 o A-C2-21, en sentido 1.
	S-C2-02	Inspección C2	Identifica equipajes para desvío o no mediante A-C2-31 o A-C2-41, en sentido 1. Identifica equipajes para desvío o no mediante A-C2-12 o A-C2-22, en sentido 2.
	S-C2-03	Inspección C2	Identifica equipajes para desvío o no mediante A-C2-51, en sentido 1. Identifica equipajes para desvío o no mediante A-C2-32 o A-C2-42, en sentido 2.
	S-C2-04	Inspección C2	Identifica equipajes para desvío o no mediante A-C2-52, en sentido 2.
	S-C3-01	Inspección C3	Identifica equipajes para desvío o no mediante A-C3-11, en sentido 1.

S-C3-02	Inspección C3	Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C3-21, en sentido 1. Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C3-12, en sentido 2.
S-C3-03	Inspección C3	Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C3-22, en sentido 2.
S-C4-01	Clasificación C4	Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C4-11, en sentido 1.
S-C4-02	Clasificación C4	Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C4-21, en sentido 1. Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C4-12, en sentido 2.
S-C4-03	Clasificación C4	Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C4-31, en sentido 1. Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C4-22, en sentido 2.
S-C4-04	Clasificación C4	Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C4-41, en sentido 1. Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C4-32, en sentido 2.
S-C4-05	Clasificación C4	Identifica equipajes para desvió o no mediante A-C4-42, en sentido 2.

TABLA 19. RELACIÓN DE CÓDIGOS DE IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA (ELABORACIÓN PROPIA).

Por otro lado, el sistema va a ser monitorizado desde un SCADA, debiéndose archivar en una base de datos toda la información relativa al equipaje, esto implica que todas las partes del subsistema de control deben de estar conectadas al SCADA con enlace de lectura y escritura para poder comprobar y actualizar la información referente al equipaje.

Centrándonos en el control de la clasificadora²¹, se implementa dos modos de funcionamiento; flujo dividido, que alimenta a los dos ramales de las EDS, y flujo único, que alimenta un solo ramal. Estos modos se desarrollan para los dos sentidos.

Para su sistema de control se dispone de cuatro sensores láser que indican el paso de equipajes y cuatro actuadores verti-belt que desvían el equipaje. Cada sensor láser y actuador operan sobre un solo ramal habiendo dos ramales para cada sentido de giro de la colectorora.

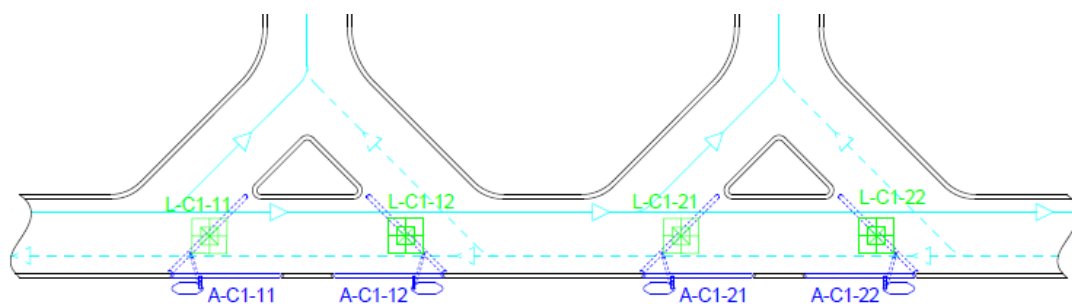


FIGURA 35. EXTRACTO DEL PLANO 06.0 SOBRE EL DETALLE DE LA INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN LA COLECTORA (ELABORACIÓN PROPIA).

Considerando el esquema de la Figura 38, el control de la clasificadora funcionaría del siguiente modo:

- **En modo flujo único**
 - o Los sensores estarían desactivados.
 - o El actuador correspondiente al modo único (A o B) y sentido estaría accionado y el resto desactivados. Es decir, hay un actuador siempre activo desviando los equipajes por el ramal correspondiente.

²¹ Se puede consultar el plano de instalación de actuadores y sensores en anexos donde se encuentran debidamente referenciados. (Plano número 06.0)

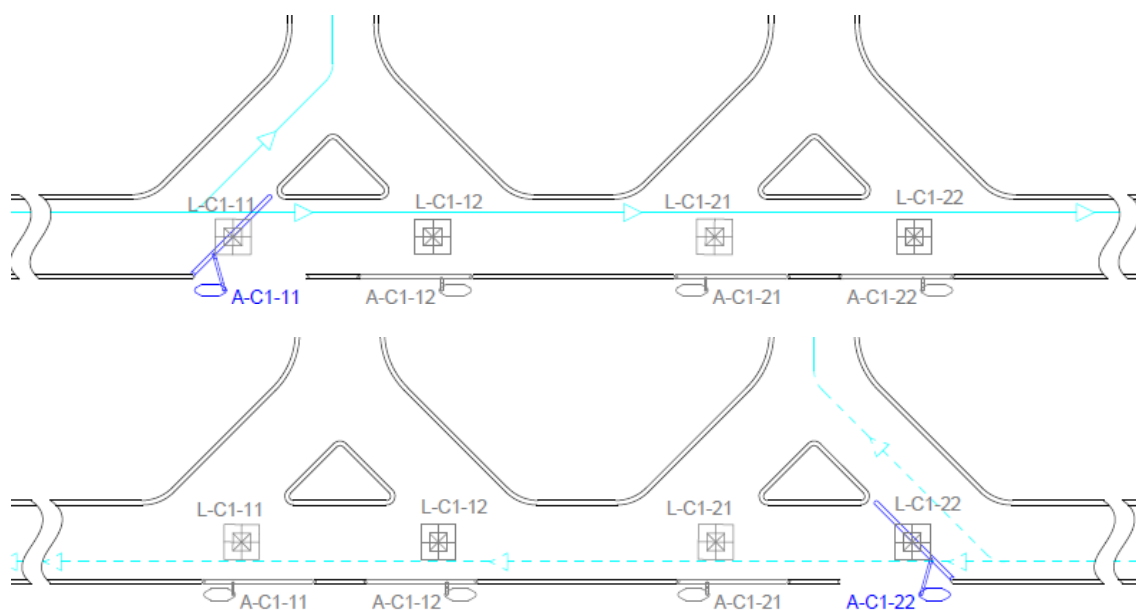


FIGURA 36. EXTRACTO DE LOS PLANOS 06.1 (SUPERIOR) Y 06.2 (INFERIOR) SOBRE EL DETALLE DE LA INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN LA COLECTORA PARA FLUJO ÚNICO (ELABORACIÓN PROPIA).

Para clarificar este régimen de funcionamiento se incluyen los planos 06.1 y 06.2 en los que se muestra el funcionamiento en modo “flujo único” cuyos extractos se observan en la Figura 36.

El primer plano es un ejemplo de funcionamiento con sentido normal (1) por el ramal C1-1X (modo A) que por tanto emplea el desvío y actuador correspondiente al sentido modo (desvío C1-11 y actuador A-C1-11).

El segundo plano es un ejemplo de funcionamiento con sentido inverso (2) por el ramal C1-2X (modo B) que por tanto emplea el desvío y actuador correspondiente al sentido modo (desvío C1-22 y actuador A-C1-22).

Para clarificar los sensores y actuadores que no intervienen en estos regímenes de funcionamiento se han coloreado en gris, por otro lado, para señalar que el actuador correspondiente esta siempre activo y extendido se ha dibujado en continuo y en la posición correspondiente.

– **En modo flujo dividido**

- Los sensores correspondientes al sentido estarían activos y el resto desactivados.
- Los actuadores no correspondientes al sentido estarían desactivados.
- Los actuadores correspondientes al sentido estarían activos hasta que su sensor asociado detecte el paso de un equipaje, y desactivados un número de equipajes detectados por su sensor asociado configurable en función del número de salidas (en nuestro caso sería un equipaje activo, uno desactivo). Es decir, los actuadores de un sentido se van alternando para dividir el flujo de equipajes por ambos ramales.

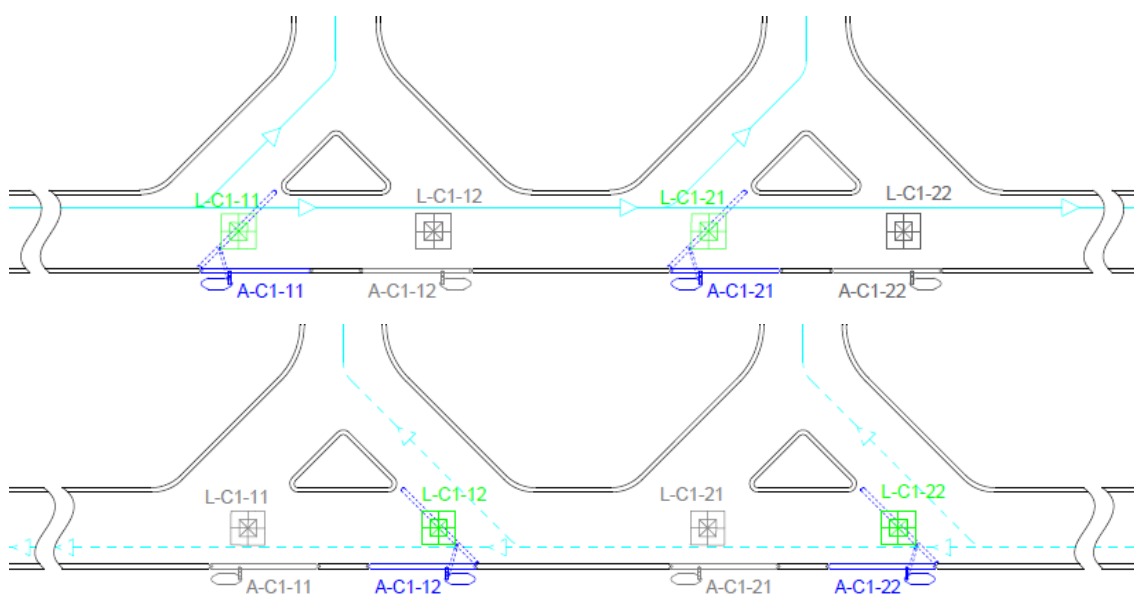


FIGURA 37. EXTRACTO DE LOS PLANOS 06.3 (SUPERIOR) Y 06.4 (INFERIOR) SOBRE EL DETALLE DE LA INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN LA COLECTORA PARA FLUJO DIVIDIDO (ELABORACIÓN PROPIA).

Para clarificar este régimen de funcionamiento se incluyen los planos 06.3 y 06.4 en los que se muestra el funcionamiento en modo “flujo dividido” cuyos extractos se observan en la Figura 37. Para clarificar los sensores y actuadores que no intervienen en estos regímenes de funcionamiento se han coloreado en gris.

El primer plano es un ejemplo de funcionamiento con sentido normal (1) por el ramal C1-1X y C1-2X (modo +) que por tanto emplea el desvío y actuador correspondiente al sentido (desvíos C1-11 y C1-21 y actuador A-C1-11 y A-C1-21).

El segundo plano es un ejemplo de funcionamiento con sentido inverso (2) por el ramal C1-1X y C1-2X (modo +) que por tanto emplea el desvío y actuador correspondiente al sentido (desvíos C1-12 y C1-22 y actuador A-C1-12 y A-C1-22).

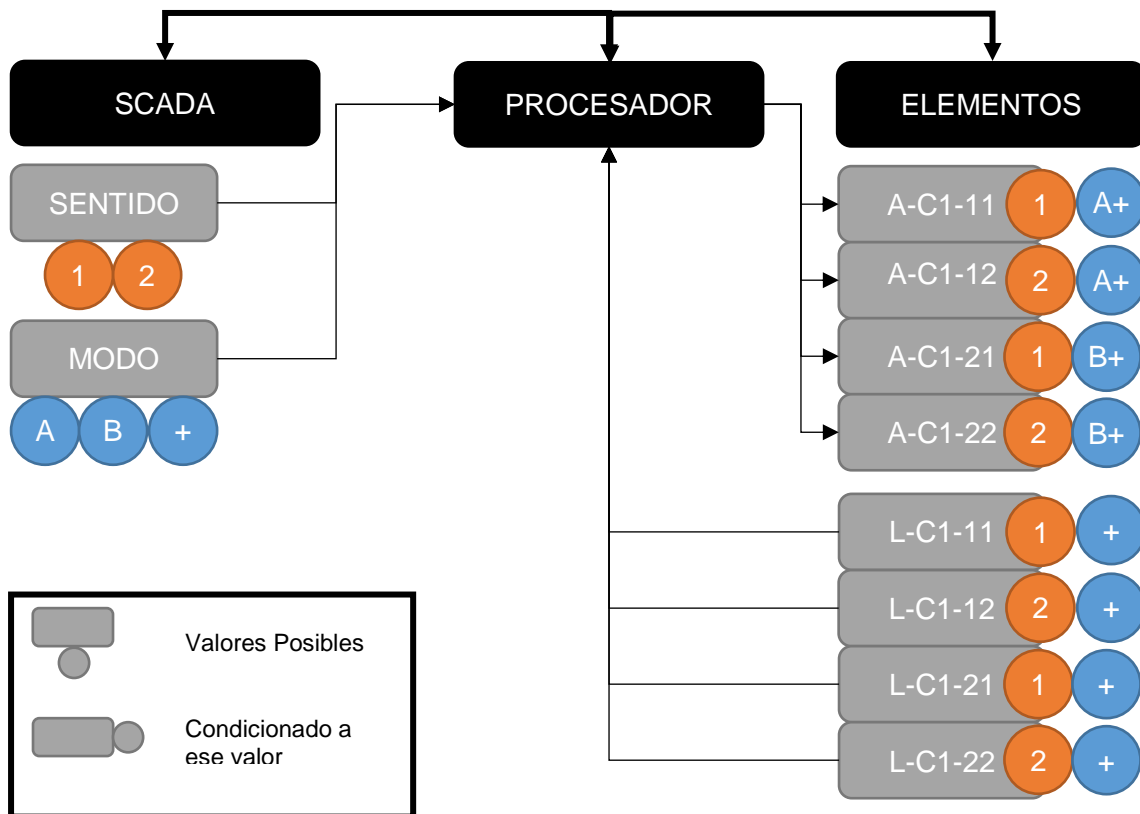


FIGURA 38. ESQUEMA DE CONEXIONES PARA EL CONTROL DE LA CLASIFICADORA (ELABORACIÓN PROPIA).

Centrándonos en el control de las EDS²², hay que tener en cuenta que los equipajes pueden encontrarse en nivel 1 o nivel 3 de inspección, y que, en caso de alarma de nivel 1, las imágenes han de enviarse para revisión por operario.

Cada EDS tiene instalado a su entrada un sensor RFID que identifica el equipaje con el fin de comprobar que nivel de inspección se debe llevar a cabo.

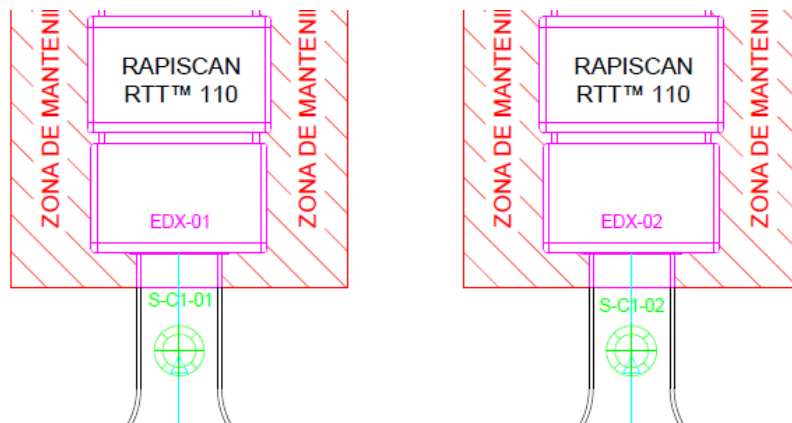


FIGURA 39. EXTRACTO DEL PLANO 06.0 SOBRE EL DETALLE DE LA INSTALACIÓN DE SENSORES EN LA ENTRADA DE LOS EDS (ELABORACIÓN PROPIA).

Considerando el esquema de la Figura 40, el control de cada EDS funcionaría del siguiente modo:

1. El sensor S-C1-0X²³ identifica el equipaje.
2. Se comprueba el último nivel de inspección registrado en el SCADA.
 - El nivel será 0 si es la primera vez que pasa por la EDS.
 - El nivel será 2 si ha sido rechazado en fase 2 y ha sido recirculado desde el hipódromo 2.
3. Se configura la EDS en el nivel deseado.
 - Para equipajes con nivel 0 se le va a realizar la primera fase de inspección, lo que implica una velocidad de avance de 0,5 m/s.
 - Para equipajes con nivel 2 se le va a realizar la tercera fase de inspección, lo que implica una velocidad de avance de 0,25 m/s.
4. El EDS escanea el equipaje.

²² Se puede consultar el plano de instalación de actuadores y sensores en anexos donde se encuentran debidamente referenciados. (Plano número 06.0)

²³ La X debe sustituirse por la correspondiente a la EDS, es decir el sensor para el control de la EDX-01 es el S-C1-01 y para la EDX-02 es el S-C1-02.

5. La EDS actualiza el estado en el SCADA.
 - Se indica A si el equipaje ha sido aprobado.
 - Se indica R si el equipaje ha sido rechazado.
6. Se actualiza el nivel en el SCADA.
 - Se indica 1 si se ha realizado la primera fase de inspección.
 - Se indica 3 si se ha realizado la tercera fase de inspección.
7. Se envía las imágenes del escaneo si debieran revisarse por un operario en segunda fase de inspección.

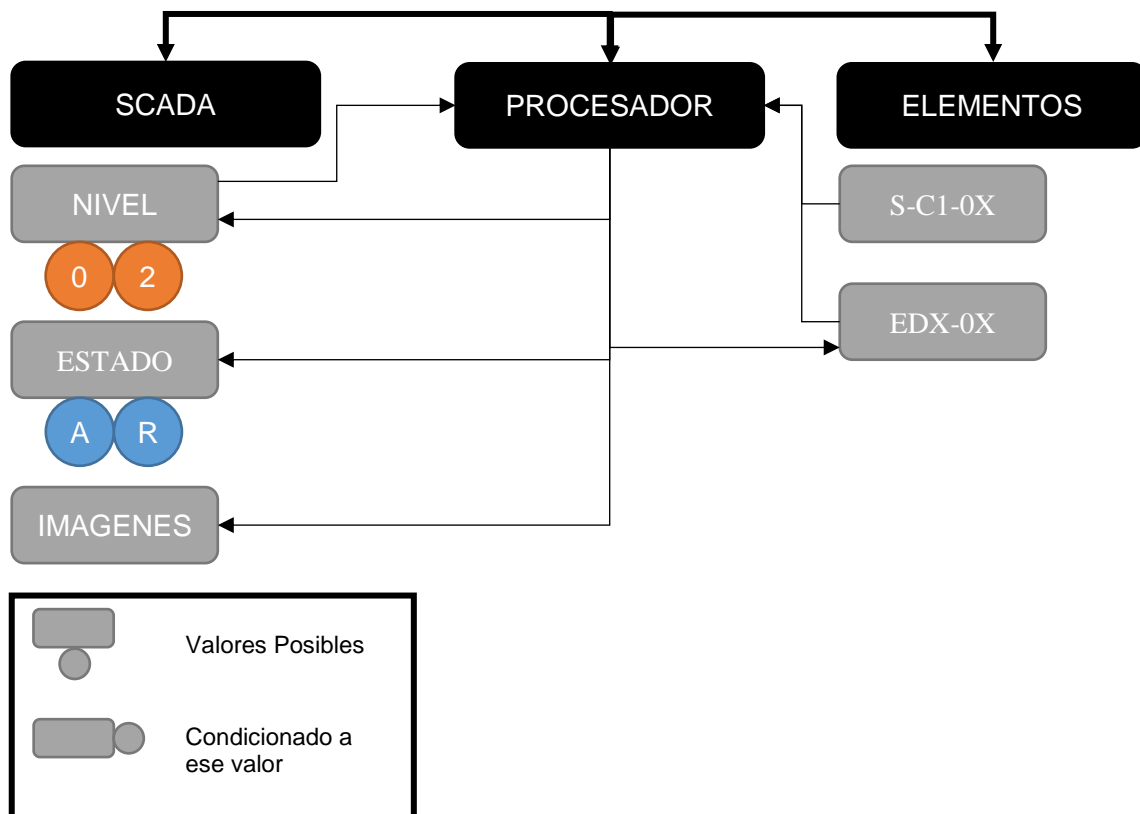


FIGURA 40. ESQUEMA DE CONEXIONES PARA EL CONTROL DE LA EDS (ELABORACIÓN PROPIA).

Centrándonos en el control del hipódromo C2²⁴, se debe separar el procesado de los equipajes que siguen en inspección, los equipajes que van a clasificación y los equipajes que van a equipajes tempranos.

Desde el hipódromo C2 se desvían los equipajes a fase 3 y 4 de inspección por ramales C2-1X y C2-2X, se desvían a clasificación por los ramales C2-3X y C2-4X y se desvían los equipajes tempranos por el ramal C2-5X. Estos ramales están operativos en ambos sentidos teniendo un actuador y un sensor láser asociado a cada ramal y sentido. No obstante, se emplea un único sensor RFID para cada destino de desvío y sentido, Compartiéndose los sensores que quedan en mitad de ambas instalaciones.

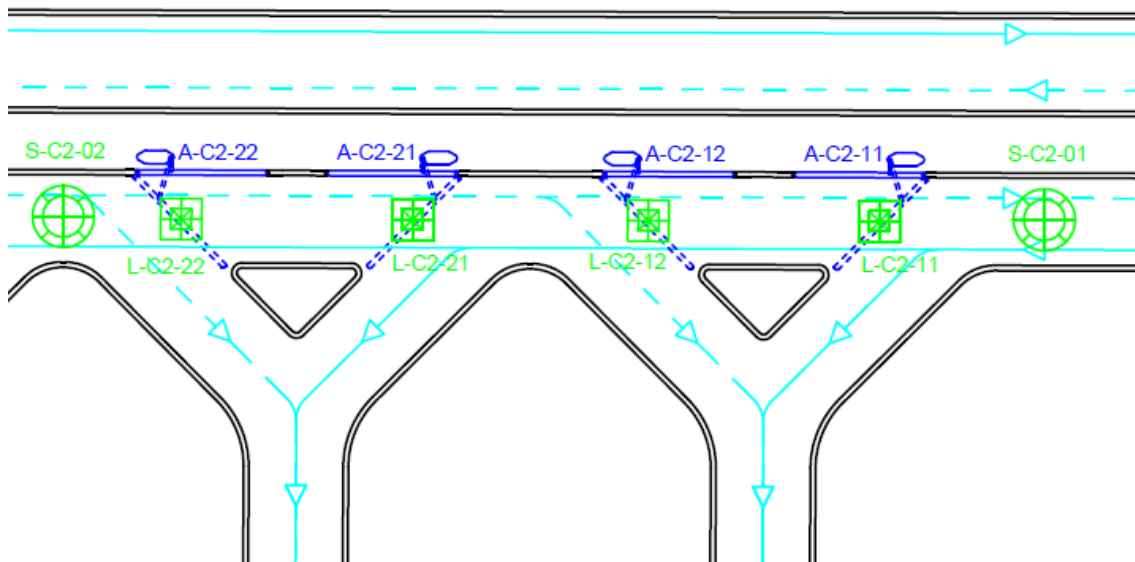


FIGURA 41. EXTRACTO DEL PLANO 07 SOBRE EL DETALLE DE LA INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN EL DESVÍO A HIPÓDROMO 3 PARA REALIZACIÓN DE FASE 3 Y 4 DE INSPECCIÓN (ELABORACIÓN PROPIA).

Ramales C2-1X y C2-2X, desvío a fase 3 y 4 de inspección:

1. El sensor S-C2-01 (sentido 1) o S-C2-02 (sentido 2) identifica el equipaje.
2. Se comprueba que el estado de inspección en el SCADA es "R"-Rechazado.
 - Si fuera "A"-Aprobado debería ser remitido a clasificadora o a almacén de equipajes tempranos según proceda.
3. Se desvía el equipaje correspondiente con el sensor láser y el actuador.
 - Se trabajará con un único ramal activo reservando el segundo para averías o mantenimiento.

²⁴ Se puede consultar el plano de instalación de actuadores y sensores en anexos donde se encuentran debidamente referenciados. (Plano número 07)

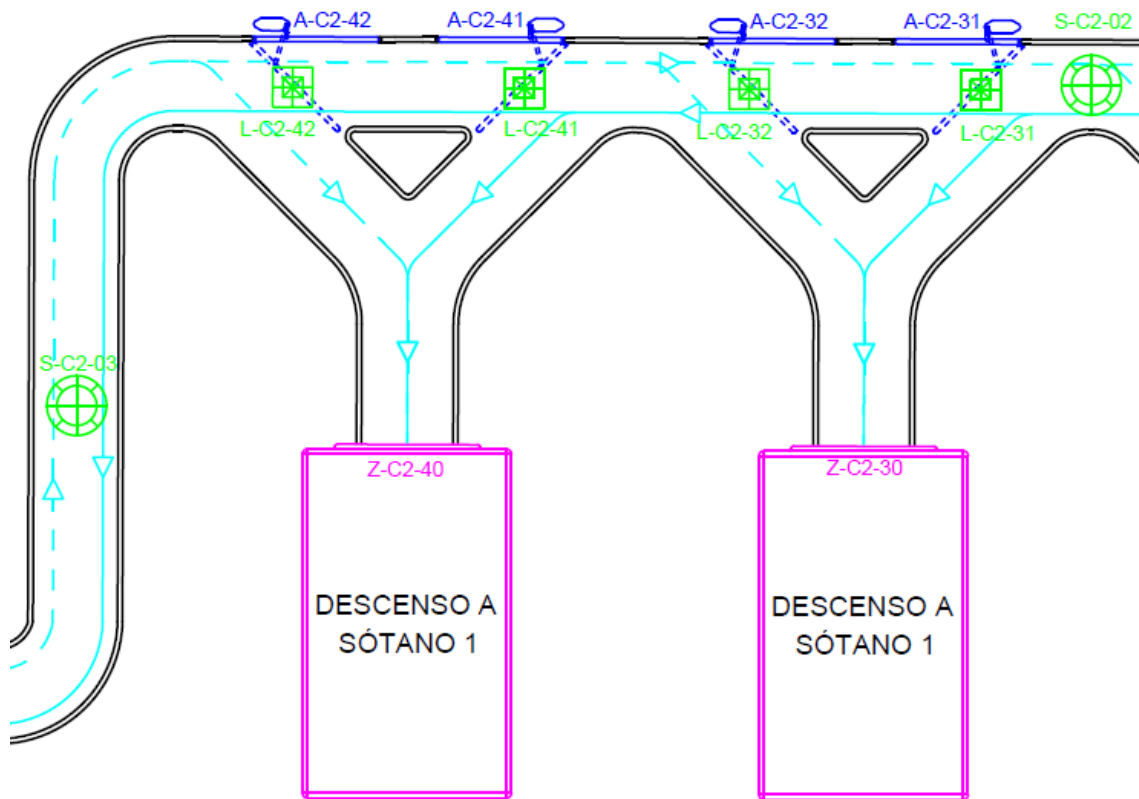


FIGURA 42. EXTRACTO DEL PLANO 07 SOBRE EL DETALLE DE LA INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN EL DESVÍO A CLASIFICADORA (ELABORACIÓN PROPIA).

Ramales C2-3X y C2-4X, acceso a clasificadora:

1. El sensor S-C2-02 (sentido 1) o S-C2-03 (sentido 2) identifica el equipaje.
2. Se comprueba que el estado de inspección en el SCADA es "A"-Aprobado.
 - Si fuera "R" -Rechazado se debe remitir a inspección en fase 3 o 4.
3. Se comprueba que el puesto de carga en el SCADA es distinto a "0".
 - Si fuera "0" indicaría que no tiene puesto de carga asignado y debería ser enviado al almacén de equipajes tempranos.
4. Se desvía el equipaje correspondiente con el sensor láser y el actuador.
 - Se trabajará con un único ramal activo reservando el segundo para averías o mantenimiento.

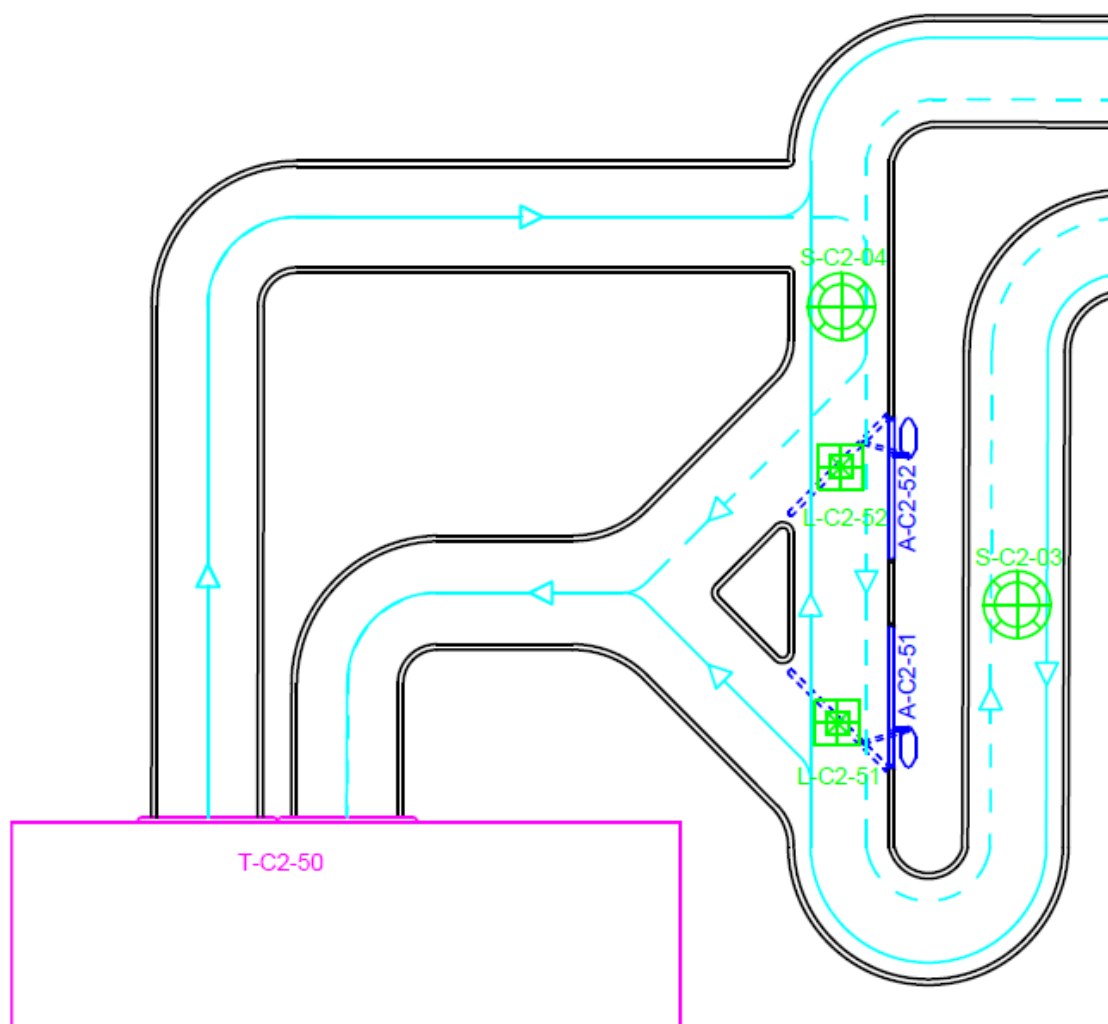


FIGURA 43. EXTRACTO DEL PLANO 07 SOBRE EL DETALLE DE LA INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN EL DESVÍO A ALMACÉN DE EQUIPAJES TEMPRANOS (ELABORACIÓN PROPIA).

Ramal C2-5X, acceso a almacén de equipajes tempranos:

1. El sensor S-C2-03 (sentido 1) o S-C2-04 (sentido 2) identifica el equipaje.
2. Se comprueba que el estado de inspección en el SCADA es "A"-Aprobado.
 - Si fuera "R" -Rechazado se debe remitir a inspección en fase 3 o 4.
3. Se comprueba que el puesto de carga en el SCADA es "0".
 - Si fuera distinto de "0" significa que tiene puesto de carga asignado y debería remitirse a clasificadora.
4. Se desvía el equipaje correspondiente con el sensor láser y el actuador.

El esquema de la Figura 44 recoge lo expuesto anteriormente.

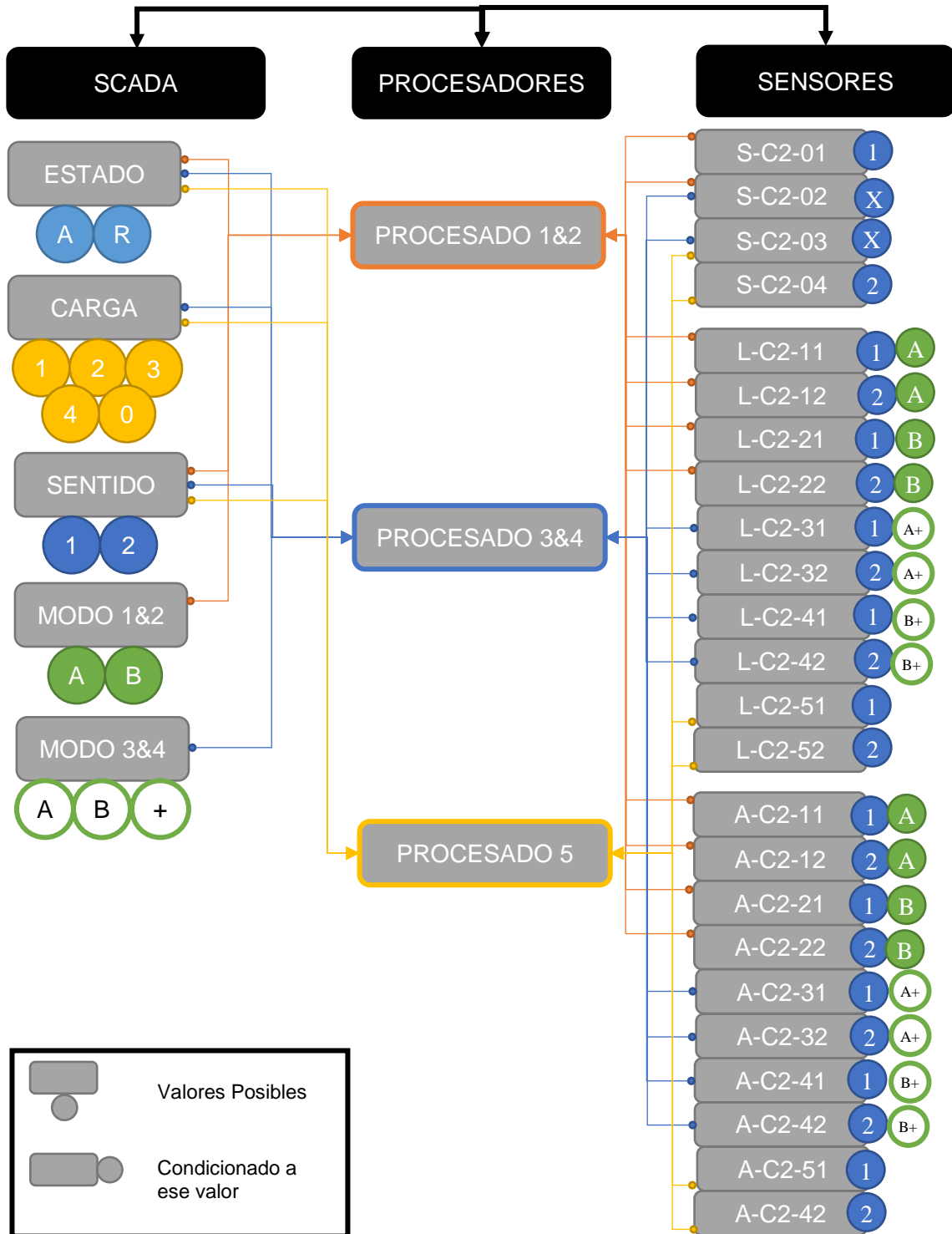


FIGURA 44. ESQUEMA DE CONEXIONES PARA EL CONTROL DEL HIPÓDROMO C2 (ELABORACIÓN PROPIA).

Centrándonos en el control del hipódromo C3²⁵, se deben separar los equipajes que vuelven al hipódromo C1 para ser inspeccionados por las EDS en fase 3 por el ramal C3-1X, y los que ya han sido inspeccionados en fase 3 y deben ser llevados a conciliación con el pasajero por el ramal C3-2X. Estos ramales están operativos en ambos sentidos teniendo un actuador y un sensor láser asociado a cada ramal y sentido. No obstante, se emplea un único sensor RFID para cada destino de desvío y sentido, Compartiéndose los sensores que quedan en mitad de ambas instalaciones.

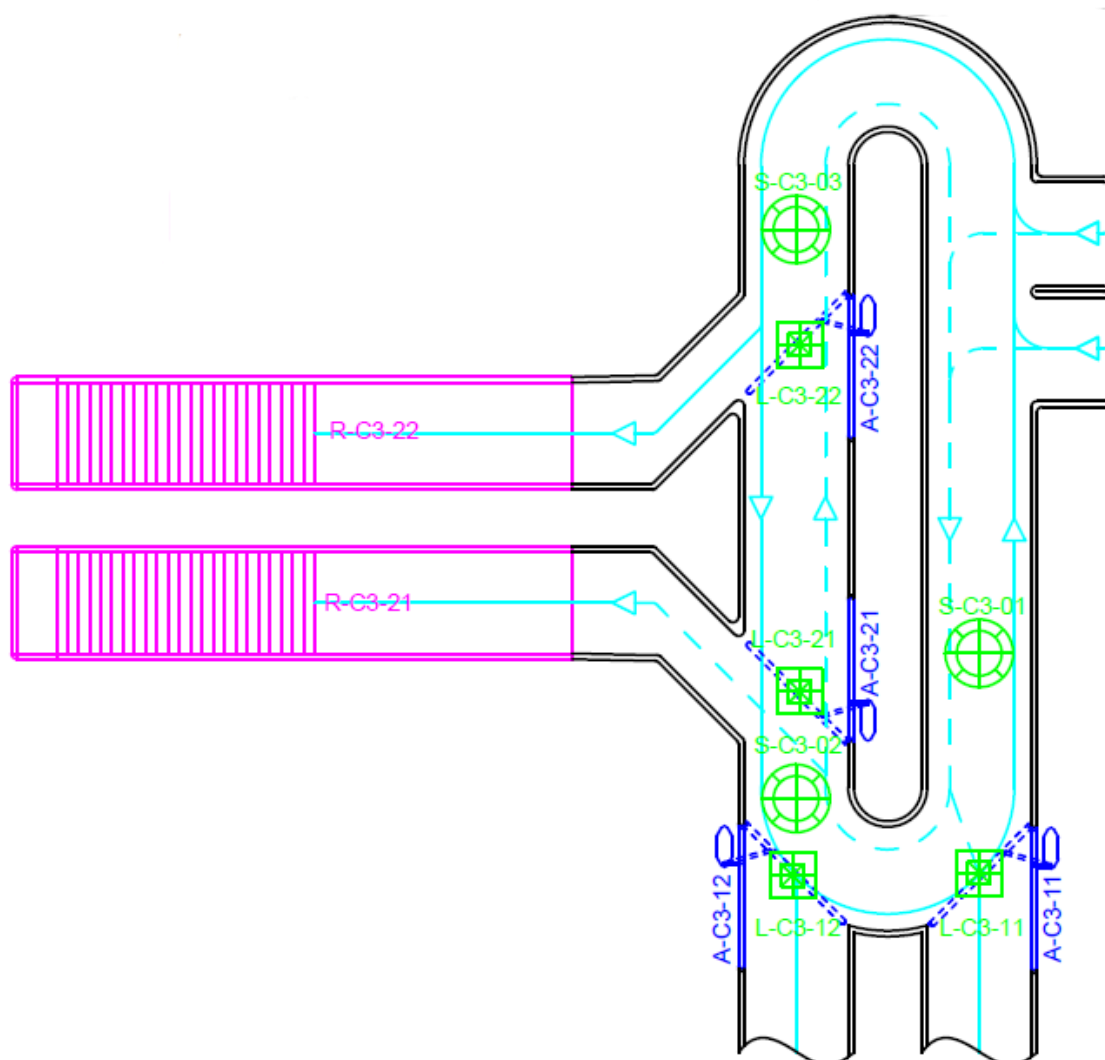


FIGURA 45. EXTRACTO DEL PLANO 07 SOBRE EL DETALLE DE LA INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN EL HIPÓDROMO C3 (ELABORACIÓN PROPIA).

²⁵ Se puede consultar el plano de instalación de actuadores y sensores en anexos donde se encuentran debidamente referenciados. (Plano número 07)

Considerando el esquema de la Figura 46, el control del hipódromo C3 funcionaría del siguiente modo:

Ramal C3-1X, realimentación al hipódromo C1 para inspección en fase 3.

1. El sensor S-C3-01 (sentido 1) o S-C3-02 (sentido 2) identifica el equipaje.
2. Se comprueba que el último nivel de inspección en el SCADA es “2”.
 - No se comprueba el Estado (Rechazado/Aceptado) porque se realiza en la condición del desviador desde hipódromo C2.
 - Si el nivel es “2” indica que no ha superado la fase 2 de inspección y por tanto debe ser desviado al hipódromo C1 para inspeccionarlo en fase 3.
 - Si el nivel es “3” indica que no ha superado la fase 3 de inspección y por tanto debe ser desviado a conciliación con el pasajero.
3. Se desvía el equipaje correspondiente con el sensor láser y el actuador.
 - En sentido 1, se desviará empleando sensor láser L-C3-11 y actuador A-C3-11.
 - En sentido 2, se desviará empleando sensor láser L-C3-12 y actuador A-C3-12.
 - Cabe destacar que el funcionamiento del actuador en este caso es contrario al resto de casos. Su funcionamiento normal es con el actuador extendido y se retrae para dejar pasar el equipaje correspondiente.

Ramal C3-2X, desvío para inspección en fase 4.

1. El sensor S-C3-02 (sentido 1) o S-C3-03 (sentido 2) identifica el equipaje.
2. Se comprueba que el último nivel de inspección en el SCADA es “3”.
 - No se comprueba el Estado (Rechazado/Aceptado) porque se realiza en la condición del desviador desde hipódromo C2.
 - Si el nivel es “2” indica que no ha superado la fase 2 de inspección y por tanto debe ser desviado al hipódromo C1 para inspeccionarlo en fase 3.
 - Si el nivel es “3” indica que no ha superado la fase 3 de inspección y por tanto debe ser desviado a conciliación con el pasajero.
3. Se desvía el equipaje correspondiente con el sensor láser y el actuador.
 - En sentido 1, se desviará empleando sensor láser L-C3-21 y actuador A-C3-21.
 - En sentido 2, se desviará empleando sensor láser L-C3-22 y actuador A-C3-22.

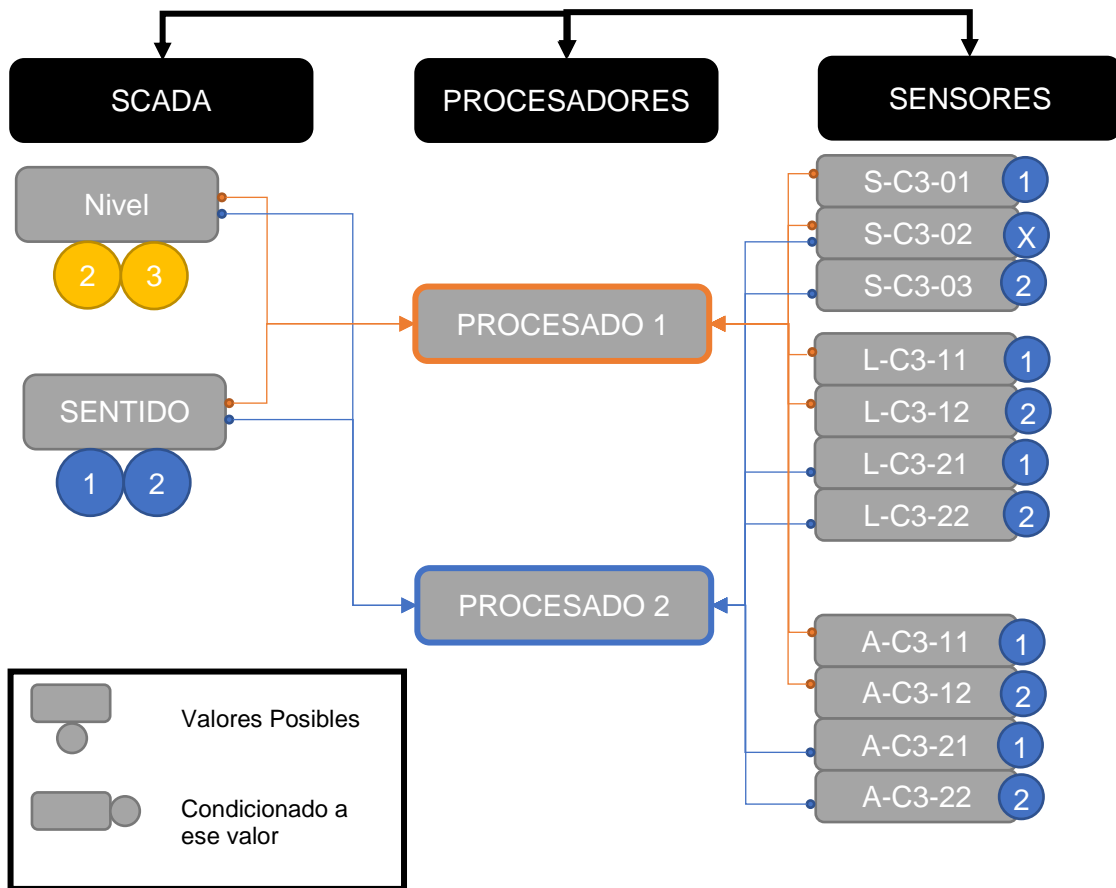


FIGURA 46. ESQUEMA DE CONEXIONES PARA EL CONTROL DEL HIPÓDROMO C3 (ELABORACIÓN PROPIA).

Centrándonos en el control del hipódromo C4 de la clasificadora²⁶, se deben separar los equipajes en función de la zona de carga. Este hipódromo cuenta con cuatro puestos de cargas accesibles para ambos sentidos. Cada puesto de carga tiene un sensor láser y actuador para cada sentido. Del mismo modo que en los casos anteriores los sensores RFID entre dos zonas de cargas se comparten teniendo cada zona de carga un sensor RFID asociado para cada sentido.

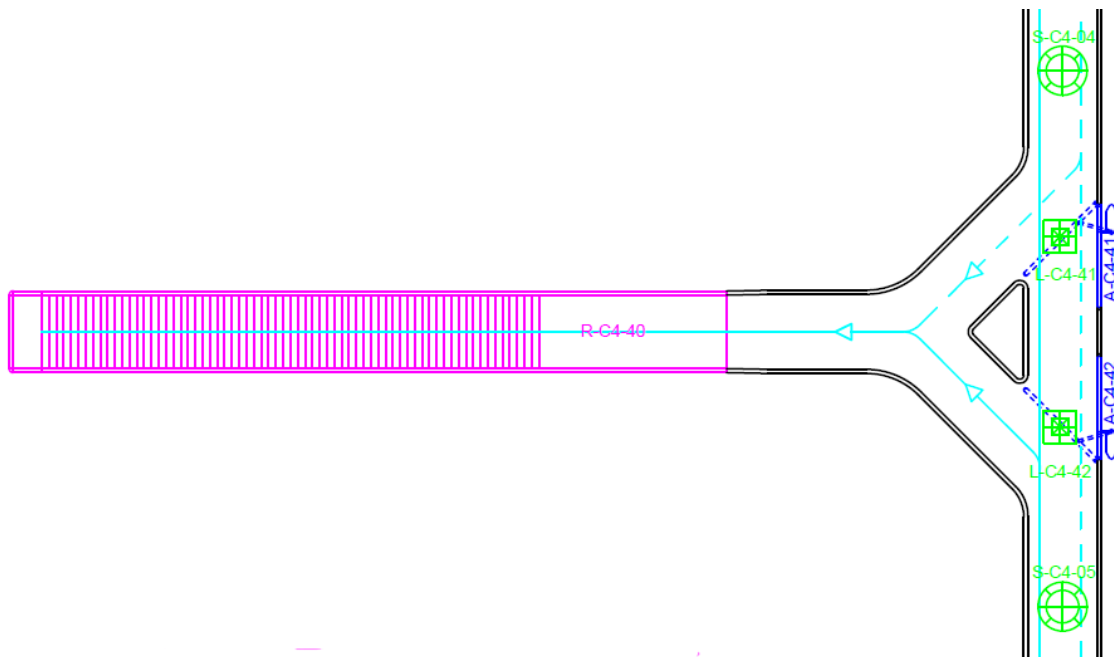


FIGURA 47. EXTRACTO DEL PLANO 08 SOBRE EL DETALLE DE LA INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN LA ZONA DE CARGA 4 (ELABORACIÓN PROPIA).

Para evitar complicar el esquema y explicación del sistema de control se representa una única zona de carga (la zona de carga 4) siendo extrapolable al resto modificando los sensores y actuadores implicados.

1. El sensor S-C4-04 (sentido 1) o S-C4-05 (sentido 2) identifica el equipaje.
2. Se comprueba que la zona de carga asignada en el SCADA es "4".
 - Si hubiera otra zona de carga (1, 2, o 3) corresponde a otro conjunto de actuadores. Debe permanecer en la clasificadora hasta alcanzar la zona de carga correcta.
3. Se desvía el equipaje correspondiente con el sensor láser y el actuador.
 - En sentido 1, se emplea el sensor láser L-C4-41 y el actuador A-C4-41.
 - En sentido 2, se emplea el sensor láser L-C4-42 y el actuador A-C4-42.

²⁶ Se puede consultar el plano de instalación de actuadores y sensores en anexos donde se encuentran debidamente referenciados. (Plano número 08)

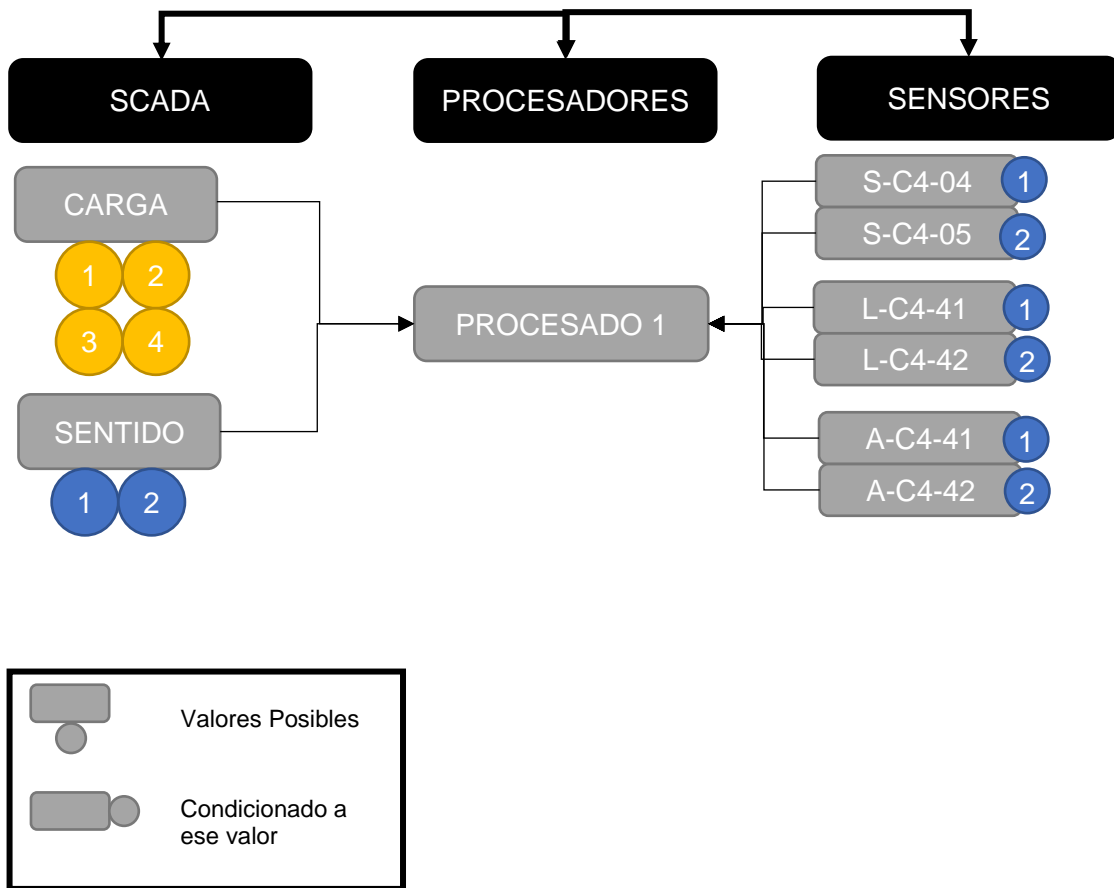


FIGURA 48. ESQUEMA DE CONEXIONES PARA EL CONTROL DE LA ZONA DE CARGA 1 DEL HIPÓDROMO C4 (ELABORACIÓN PROPIA).

Capítulo V. Estudio de implantación de una red de seguimiento de equipaje.

En este capítulo se estudiará las posibilidades de implantación de una red de seguimiento de equipajes a nivel global. Esta red debería servir para poder localizar de forma eficiente cualquier equipaje extraviado desde cualquier aeropuerto pudiendo acceder a los registros del mismo e identificando la ruta seguida a través de los distintos sensores que lo han identificado.

1. Diseño preliminar de una red de seguimiento de equipajes.

La red de seguimiento global de equipajes se podría realizar de varias formas, cada uno con distintos aspectos a valorar que ofrecen una solución con una serie de ventajas y de inconvenientes que deben ser sopesados para enfrentar el desarrollo de la misma.

La opción A consistiría en la implantación de una base de datos central que albergaría todos los datos de las distintas bases de datos locales. Este modelo tiene la ventaja de que solo hay que realizar una conexión a una base de datos y al estar contenido todos los datos para conocer la última posición conocido solo habría que

buscar observando la marca de tiempo de registro, no obstante, presente inconvenientes en el tiempo de procesado ya que se hace una consulta a una base de datos con gran número de entradas. Por otro lado, el tiempo de refresco de los datos sería un factor crucial para poder identificar el equipaje.

La opción B consistiría en la implantación de un servidor de procesado central que se conectaría a las bases de datos locales sin disponer de base de datos propia. Este modelo tiene el inconveniente de que se requieren varias conexiones a bases de datos para poder obtener el seguimiento completo del equipaje (al menos a las de cada uno de los aeropuertos por donde haya pasado el equipaje), no obstante, el volumen de datos a manejar en cada consulta es menor por lo que se reduce el tiempo de procesado. Con el fin de minimizar el número de conexiones a bases de datos a la hora de localizar la última posición conocida del equipaje se puede implementar un protocolo lógico que vaya consultando en orden inverso la ruta y en el momento en el que se localizará el equipaje dentro de la ruta bien se sigue el movimiento del equipaje según si consta el registro de salida en un vuelo erróneo o continua en el aeropuerto.

Conforme al reporte de equipaje de 2016 de SITA,

En términos globales, casi uno de cada cinco pasajeros viaja con una pieza de equipaje de mano solamente, mientras que la mayoría documenta una o más maletas; lo que significa que los pasajeros documentaron un promedio de 1,2 maletas en 2015.

(SITA, 2016)

Esto implica que conforme a los datos publicados en ese mismo informe en 2015 se procesaron 4,2 mil millones de equipajes de los cuales 23,1 millones fueron expedidas incorrectamente. La realización de una consulta con los datos de seguimiento con esa cantidad de equipajes es completamente inasumible en tiempos de procesado normales. Por tanto, lo lógico sería implantar un sistema basado en la opción B.

De ese mismo informe se extrae,

el equipaje de transferencia sigue representando la mayoría de todas las maletas demoradas, el porcentaje ha caído a 45%, bajando de 49% en 2014. En términos reales, 8,43 millones de maletas se demoraron durante las transferencias en 2015.

(SITA, 2016)

Por lo que el desarrollo del proceso de la red de seguimiento deberá contemplar que el mayor número de equipajes demorados o extraviados se deben a l manejo incorrecto en la transferencia.

RAZONES PARA MALETAS DEMORADAS EN 2015

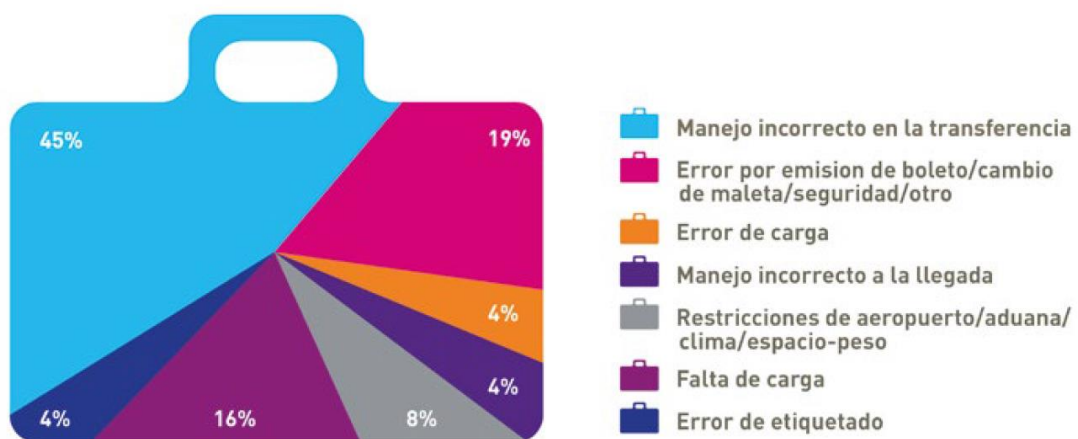


FIGURA 49. ICONOGRAFÍA DE LAS RAZONES PARA MALETAS DEMORADAS EN 2015 (SITA, 2016).

En lo relativo a los datos a registrar, o más bien a compartir, se debe garantizar la protección de datos de índole personal conforme a las distintas normas de cada uno de los países implicados en la red, por lo que se evitará en la medida de lo posible que el código del equipaje pudiera revelar información referente al pasajero a terceros, solo conociendo la relación de código de equipaje y pasajero la aerolínea y el propio pasajero.

Los valores a registrar para cada identificación realizada en las bases de datos locales serán:

- Fecha y hora (en UTC 0)
- Identificación del equipaje
- Aeropuerto
- Identificación del sensor
- Destino (en el caso de sensores de embarque a avión)

En cuanto al procedimiento de localización del equipaje se limitaría a seguir las transiciones del equipaje de tal forma que, conectado con la base de datos de salidas y llegadas de vuelos, revisaría desde el aeropuerto de salida la ruta seguida por el equipaje empleando el campo destino para saber la siguiente base de datos local que consultar y los datos de salidas y llegadas para acotar los registros donde realizar la búsqueda.

2. Proceso de implantación y sustitución del sistema.

En lo relativo al procedimiento de implantación, se generan una gran variedad de casuísticas que para su tipificación estudiaremos por un lado los sistemas de gestión de los proveedores de servicios de rampa, y por otro el propio servicio de tratamiento de equipajes de cada aeropuerto.

En los proveedores de servicios de rampa, independientemente de que se balice la maleta con código de barras o con código RFID como se propone en este trabajo final de grado, se encuentran dos casuísticas en lo relativo a la adquisición de datos y registro de los equipajes embarcados y desembarcados de las aeronaves; proveedores que emplean *bingo cards*²⁷, y proveedores que emplean sistemas de adquisición y registro digitales.

En el caso de los proveedores que emplean sistemas digitales simplemente se han de volcar los datos recopilados por cada dispositivo en la base de datos local.

²⁷ Las *bingo card* son unos formatos estandarizados con 20 huecos en los que se incorporan los códigos de barras de los equipajes embarcados, ya que la etiqueta que se incorpora al equipaje lleva 3 etiquetas auto-adhesivas con el código impreso.

En el caso de los proveedores que emplean *bingo cards* se debería desarrollar un sistema de escaneo que analice el formato estandarizado y vuelque los datos.

En cuanto a los sistemas de tratamiento de equipajes existen aquellos que emplean el sistema de balizamiento de la propia aerolínea, bien de forma directa leyendo en cada identificación el código o bien de forma indirecta asignándoles un código interno en la primera identificación²⁸, y aquellos que emplean un valor interno pero no existe relación con el código propio de la aerolínea²⁹. Para la primera casuística, la relación es directa o fácilmente obtenible. Para la segunda casuística, no hay forma de incorporar los datos de identificación de equipaje en la red por lo que, hasta que se actualice el sistema de tratamiento de equipaje, se considerará que toda maleta que ha sido introducida por la aerolínea en el sistema de tratamiento de equipajes y no haya sido registrada por el proveedor de servicios de rampa no habrá abandonado el sistema.

²⁸ Este método se suele emplear en SATEs con subsistema de transporte basado en bandeja e identificación basada en RFID asociando en la colectora el código de la aerolínea con el código de la bandeja.

²⁹ Este método se suele emplear en los SIEBs.

Capítulo VI. Conclusiones

Del desarrollo de este trabajo final de grado, podemos extraer dos conclusiones generales.

En primer lugar, que, desde el punto de vista aeronáutico, y más concretamente aeroportuario, la implementación de un sistema de seguimiento basado en identificación por radiofrecuencia presenta un gran número de ventajas con respecto al sistema actual de seguimiento.

Por un lado, la velocidad de identificación de los códigos permite, por un lado, aumentar el número de lecturas que se realiza dando mayor protección contra errores de lectura y, por otro lado, aumentar la velocidad del subsistema de transporte cuando no se encuentre limitado por los procedimientos de seguridad³⁰ o por el trazado a seguir.

Por otro lado, la mayor capacidad de almacenamiento de las etiquetas permite incluir en una sola etiqueta varias veces el código dotando el sistema de una redundancia que protege contra errores de daño parcial de la información contenida en la etiqueta.

³⁰ Escaneo de las EDS.

Por último, el balizamiento con radio frecuencia permite el desarrollo de sistemas de alcance regulable para articular procedimientos de identificación y desembarque de equipajes reduciendo el coste en tiempo de la operación para los casos donde se debe desembarcar un equipaje de la aeronave antes de su despegue³¹.

En segundo lugar, el desarrollo de una red de seguimiento global de equipajes permite reducir el trámite para la localización de equipajes extraviados. Esto aportaría una mayor tranquilidad para los pasajeros mejorando la experiencia del transporte aéreo.

No obstante, la implementación de este sistema debe ser valorada bajo informe técnico de cuantificación de costes viabilidad técnica por parte de la rama de la ingeniería de telecomunicaciones con el fin de estudiar la amortización del sistema y, principalmente, comprobar si se puede desarrollar con la tecnología actual.

Aunque previsiblemente el desarrollo técnico es viable se debe estudiar la integración con el resto de sistemas de comunicaciones y elementos radiantes que transcurren dentro del sistema de tratamiento de equipajes y durante el trayecto con el fin de asegurar la adecuación con las normas de compatibilidad electromagnética.

³¹ Esto se dan cuando el pasajero no llega a embarcar en la aeronave.

Bibliografía

AENA. 2017. Estadísticas de Tráfico Aéreo. *www.aena.es*. [En línea] 01 de 09 de 2017. <http://www.aena.es/csee/Satellite?pagename=Estadisticas/Home>.

European Civil Aviation Conference. 2018. ECAC CEP Website Explosive Detection Systems (EDS). *www.ecac-ceeac.org*. [En línea] 14 de Marzo de 2018. [Citado el: 04 de Abril de 2018.] <https://www.ecac-ceac.org/documents/10189/62763/ECAC-CEP-EDS-Web-Update-14-March-2018.pdf/1960e326-4a32-48ff-949c-8623b287389b>.

FABER, FRED-JAN. 2013. Brandweer Schiphol - Prokkel 2013 - Bagage kelder onder schiphol. *fredjanfaber.weebly.com*. [En línea] 27 de Agosto de 2013. [Citado el: 05 de Abril de 2018.] <https://fredjanfaber.weebly.com/prokkel-2013.html>.

García García, Borja. 2015. Capítulo 6 : Partes integrantes del sistema. [ed.] Universidad de Sevilla. Dpto de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería. *Proyecto Final de Carrera : Diseño de un SATE para el Aeropuerto de Valencia*. Sevilla : s.n., 2015. págs. 41 - 64.

High Technology Detection Systems. RTT 110 hold bagages scanner. *www.htds.fr*. [En línea] [Citado el: 15 de Enero de 2018.]

https://www.htds.fr/en/files/downloads/2012/10/security_hold-bagage-scanner_RTT_uk.pdf.

International Air Transport Association (IATA). 2016. *Airport Handling Manual*. Montreal, Quebec CANADA : s.n., 2016. ISBN 978-92-9252-954-3.

—. **2016.** *Baggage Reference Manual*. Montreal, Quebec CANADA : s.n., 2016. ISBN 978-92-9252-978-9.

—. **2017.** *Baggage Tracking Resolution*. Montreal, Quebec CANADA : s.n., 2017. Resolution IATA 753/A4A 30.53.

—. **2018.** *Electronic Bag Tag (EBT) - Implementation Guide*. Geneva, Switzerland : s.n., 2018. Vol. Issue 1.1.

—. **2010.** *Passenger Services Conference Resolutions Manual*. Montreal, Quebec CANADA : s.n., 2010. ISBN 978-92-9233-417-8.

—. **2010.** *Recommended Practice 1800 - Passenger Services Conference Resolutions Manual. Passenger Services Conference Resolutions Manual*. Montreal, Quebec CANADA : s.n., 2010, págs. 1431 - 1478.

—. **2010.** *Resolution 740 - Form of Interline Baggage Tag. Passenger Services Conference Resolutions Manual*. Montreal, Quebec CANADA : s.n., 2010, págs. 559 - 593.

Ministerio de Fomento. Inicio | Áreas de Actividad | Aviación Civil | Órganismos Internacionales | CEAC. www.fomento.gob.es. [En línea] [Citado el: 21 de mayo de 2017.]

https://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERAL_ES/AVIACION_CIVIL/ORGANISMOS_INTERNACIONALES/desc_ceac.htm.

—. **2010.** Inicio | Áreas De Actividad | Aviación Civil | Políticas Aeroportuarias | Integración Territorial Aeroportuaria | Planes Directores | Plan director del aeropuerto Federico García Lorca, Granada/Jaén. www.fomento.gob.es. [En línea] 30 de Junio de 2010. [Citado el: 21 de mayo de 2017.] Publicado en el BOE 195 del 12 de agosto de 2010.

https://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERAL_ES/AVIACION_CIVIL/POLITICAS_AEROPORTUARIAS/ITA/PLANES_DIRECTORES/PLANES_DIRECTORES/PD_Granada.htm.

Parlamento y Consejo Europeo. 2002. Reglamento (CE) N° 2320/2002. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. 30 de Diciembre de 2002. DO L 355, págs. 01 - 22. Derogado por el CE 300/2008. CE 2320/2002.

—. **2004.** Reglamento (CE) N° 849/2004. *Diario Oficial de la Unión Europea*. 30 de Abril de 2004. DO L 158, págs. 01-06. Modificación de la CE 2320/2002. CE 849/2004.

—. **2008.** Reglamento (CE) N° 300/2008. *Diario Oficial de la Unión Europea*. 09 de Abril de 2008. DO L 97, págs. 72-84. Deroga el CE 2320/2002. CE 300/2008.

—. **2011.** Reglamento (UE) N° 1087/2011. *Diario Oficial de la Unión Europea*. 28 de Octubre de 2011. DO L 281, págs. 12 - 13. Modifica el UE 185/2010. UE 1087/2011.

—. **2010.** Reglamento (UE) N° 18/2010. *Diario Oficial de la Unión Europea*. 12 de Enero de 2010. DO L 7, págs. 03-14. Modificación del CE 300/2008. UE 18/2010.

RFIDinformacion.es. 2014. TECNOLOGÍA RFID: VELOCIDAD, COBERTURA, ÁREAS DE APLICACIÓN. *RFIDinformacion.es | Información general sobre RFID*. [En línea] 16 de Diciembre de 2014. [Citado el: 17 de Mayo de 2018.] http://www.rfidinformacion.es/tecnologia-rfid-velocidad-cobertura-areas_aplicacion/.

SITA. 2016. Perspectiva de la industria del transporte aereo. Reporte de Equipaje. [En línea] 2016. [Citado el: 20 de Mayo de 2017.] https://es.sita.aero/_onelink_/sita/sites/www-sita-aero/en2es/pdf/sita-baggage-report-2016-spanish.pdf. 14-THW-098-1.

TripAdvisor LLC. 2017. Seat Guru. *www.seatguru.com*. [En línea] 15 de Septiembre de 2017. <https://www.seatguru.com/>.

Universitat Politècnica de Catalunya. 2015. Flujo de pasajeros según procedencia y tipo de vuelo. *Apuntes de Airport Infrastructure Management*. Barcelona : Publicaciones UPC, 2015.

Índice de Figuras

Figura 1. Ejemplo de Diagrama de Inspección de Equipajes multinivel de cinco etapas. (Elaboración Propia).	13
Figura 2. Esquema de distribución de los 256 caracteres disponibles en la etiqueta RFID.	24
Figura 3. Distintivos de los equipajes (imagen libre).	27
Figura 4. Impresora RFID ZT400 Series modelo ZT410 de ZEBRA.	29
Figura 5. Impresora RFID modelo ZD500R de ZEBRA.	30
Figura 6. Distintos modelos de rollos de papel de etiquetas con tag RFID UHF integrado para impresoras ZEBRA.	30
Figura 7. Modelo de zonas irradiadas para el cumplimiento de las especificaciones descritas (Elaboración propia).	32
Figura 8. Diagramas de radiación de la antena A7060 de TIMES-7 (Elaborado por TIMES-7).	35
Figura 9. Antena A7060 de TIMES-7 (Elaborado por TIMES-7).	35
Figura 10. Extracto del plano número 9 sobre el despiece del sensor RFID (Elaboración propia).	36
Figura 11. Baggage belt loader en funcionamiento (Imagen de Lyngsoe Systems).	38

Figura 12. Escáner de mano RFD8500I de ZEBRA.	39
Figura 13. Vista Agrupada por meses de la evolución anual del número de pasajeros totales (Elaboración Propia).	42
Figura 14. representación de la distribución porcentual de los pasajeros anuales entre 2004 y 2016 (Elaboración Propia).	45
Figura 15. Representación de la prognosis del tráfico de pasajeros para varias hipótesis (Elaboración Propia).	46
Figura 16. Estadísticas de Regresión obtenidas en Excel 2016 (Elaboración Propia).	47
Figura 17. gráfico del número de pasajeros de salida agrupado por modelo de aeronave disgregado por años del 2012 al 2016 (Elaboración Propia).	49
Figura 18. Gráfico del número de pasajeros de salida agrupado por aerolíneas disgregado por años del 2012 al 2016 (Elaboración Propia).	51
Figura 19. Detalle del sistema verti-belt, representado en azul. Se muestra en continuo su estado normal de funcionamiento (no desvía los equipajes) y en discontinuo el estado extendido (desvía equipaje). (Elaboración propia).	56
Figura 20. Sistema de facturación y colectora diseñados (Elaboración propia).	56
Figura 21. Detalle del sistema de facturación y colectora diseñados (Elaboración propia).	57
Figura 22. Detalle RTTMM 110 (High Technology Detection Systems).	59
Figura 23. RRT™ 10 imagen de catálogo (High Technology Detection Systems).	59
Figura 24. Sistema de inspección de equipajes (Elaboración propia).	60
Figura 25. Sistema de clasificación y sistema de incorporación de equipajes de transferencia no procesados (Elaboración Propia).	62
Figura 26. Detalle de zona de carga paralela (Elaboración propia).	63
Figura 27. Detalle de zona de carga perpendicular (Elaboración propia).	63
Figura 28. Detalle del sistema de incorporación del equipaje de transferencia no procesado (Elaboración propia).	65
Figura 29. fotografías del sistema de tratamiento de equipajes tempranos del aeropuerto de Ámsterdam – Schiphol (FABER, 2013).	66
Figura 30. fotografías del sistema de tratamiento de equipajes tempranos del aeropuerto de Ámsterdam – Schiphol (FABER, 2013).	67

- Figura 31. Sistema de almacenamiento de equipajes tempranos (Elaboración propia). 67
- Figura 32. Línea dedica a la inspección de equipajes especiales (Elaboración propia). 68
- Figura 33. Esquema general del Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes (Elaboración propia). 69
- Figura 34. Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes con guías del flujo de equipajes en los distintos modos de operación (Elaboración propia). 71
- Figura 35. Extracto del plano 06.0 sobre el detalle de la instalación de sensores y actuadores en la colectora (Elaboración propia). 78
- Figura 36. Extracto de los planos 06.1 (superior) y 06.2 (inferior) sobre el detalle de la instalación de sensores y actuadores en la colectora para flujo único (Elaboración propia). 79
- Figura 37. Extracto de los planos 06.3 (superior) y 06.4 (inferior) sobre el detalle de la instalación de sensores y actuadores en la colectora para flujo dividido (Elaboración propia). 80
- Figura 38. esquema de conexiones para el control de la clasificadora (Elaboración propia). 81
- Figura 39. Extracto del plano 06.0 sobre el detalle de la instalación de sensores en la entrada de los EDS (Elaboración propia). 82
- Figura 40. Esquema de conexiones para el control de la eds (Elaboración propia). 83
- Figura 41. Extracto del plano 07 sobre el detalle de la instalación de sensores y actuadores en el desvío a hipódromo 3 para realización de fase 3 y 4 de inspección (Elaboración propia). 84
- Figura 42. Extracto del plano 07 sobre el detalle de la instalación de sensores y actuadores en el desvío a clasificadora (Elaboración propia). 85
- Figura 43. Extracto del plano 07 sobre el detalle de la instalación de sensores y actuadores en el desvío a almacén de equipajes tempranos (Elaboración propia). 86
- Figura 44. Esquema de conexiones para el control del hipódromo C2 (Elaboración propia). 87
- Figura 45. Extracto del plano 07 sobre el detalle de la instalación de sensores y actuadores en el Hipódromo C3 (Elaboración propia). 88
- Figura 46. Esquema de conexiones para el control del hipódromo C3 (Elaboración propia). 90

Figura 47. Extracto del plano 08 sobre el detalle de la instalación de sensores y actuadores en la zona de carga 4 (Elaboración propia). 91

Figura 48. Esquema de conexiones para el control de la zona de carga 1 del hipódromo C4 (Elaboración propia). 92

Figura 49. Iconografía de las razones para maletas demoradas en 2015 (SITA, 2016). 95

Índice de Tablas

Tabla 1. Comparativa de diversas tecnologías de seguimiento de bultos. (García García, 2015).	19
Tabla 2. Comparativa entre los distintos tipos de etiquetas RFID pasivos. Datos: (RFIDinformacion.es, 2014). (Elaboración propia).	23
Tabla 3. Elementos mínimos que deben contener las etiquetas de los equipajes. Elaborado por (International Air Transport Association (IATA), 2018).	26
Tabla 4. Comparativa de características de impresoras de etiquetas y codificadoras compatibles con RFID UHF (Elaboración propia).	28
Tabla 5. Comparativa de características de antenas compatibles con RFID UHF (Elaboración propia).	34
Tabla 6. Datos de Pasajeros Hora de Punta y de Diseño globales y desglosado en llegadas y salidas. (Ministerio de Fomento, 2010).	41
Tabla 7. Datos de evolución de los pasajeros totales distribuidos por meses (Elaboración propia). Datos: (AENA, 2017) (Ministerio de Fomento, 2010).	43
Tabla 8. Distribución porcentual de pasajeros mensuales de 2004 a 2016 (Elaboración Propia).	44
Tabla 9. Prognosis del número de pasajeros total en base a distintos modelos basados en los datos de tráfico del 2000 al 2016 (Elaboración Propia).	47

Tabla 10. Estimación de los pasajeros hora de diseño mediante regresión lineal desde 2017 a 2025 (Elaboración Propia).	47
Tabla 11. Datos número de pasajeros de salida agrupado por modelo de aeronave disgregado por años del 2012 al 2016 (Elaboración Propia). Datos: (AENA, 2017) (TripAdvisor LLC, 2017).	48
Tabla 12. Datos número de pasajeros de salida agrupado por aerolíneas disgregado por años del 2012 al 2016 (Elaboración Propia). Datos: (AENA, 2017).	50
Tabla 13. Datos del número de pasajeros de salida agrupado por categoría disgregado por años del 2012 al 2016 (Elaboración Propia).	52
Tabla 14. Factor de equipaje medio (Elaboración Propia). Datos: (Universitat Politècnica de Catalunya, 2015).	52
Tabla 15. Cálculo del número de mostradores de facturación (Elaboración propia).	55
Tabla 16. Cálculo del área de colas para facturación (Elaboración propia).	55
Tabla 17. Cálculo de la escalera de acceso a inspección (Elaboración propia).	61
Tabla 18. Cálculo de las pendientes de descenso a clasificación (Elaboración propia).	64
Tabla 19. Relación de códigos de identificación de elementos del sistema (Elaboración propia).	77

Anexo 1. Planos

PLANO 01. Vista general (1:500).

PLANO 02. Vista en detalle Planta 0 (1:200).

PLANO 03. Vista en detalle Sótano 1 (1:200).

PLANO 04. Identificación de hipódromos, ramales y desvíos en la Planta 0 (1:100).

PLANO 05. Identificación de hipódromos, ramales y desvíos en el Sótano 1 (1:100).

PLANO 06. Instalación de sensores y actuadores en la colectora (1:50).

PLANO 06.0. Vista general.

PLANO 06.1. Vista en régimen de funcionamiento por flujo único por desvío C1-11.

PLANO 06.2. Vista en régimen de funcionamiento por flujo único por desvío C1-22.

PLANO 06.3. Vista en régimen de funcionamiento por flujo dividido sentido normal.

PLANO 06.4. Vista en régimen de funcionamiento por flujo dividido sentido inverso.

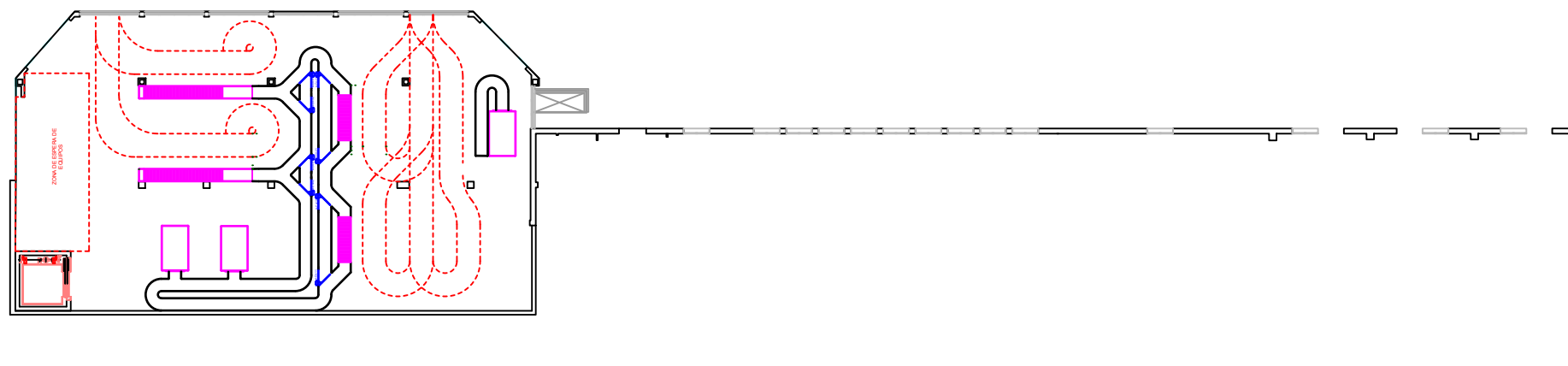
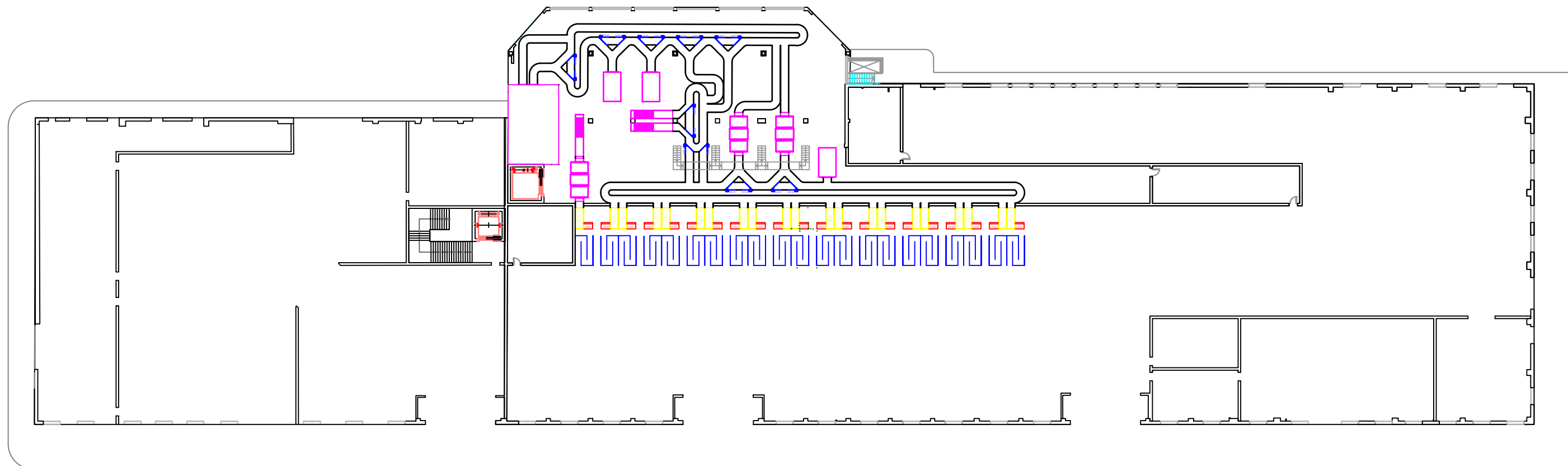
PLANO 07. Instalación de sensores y actuadores en los hipódromos 2 y 3 (1:100).


PLANO 08. Instalación de sensores y actuadores en la clasificadora (1:100).

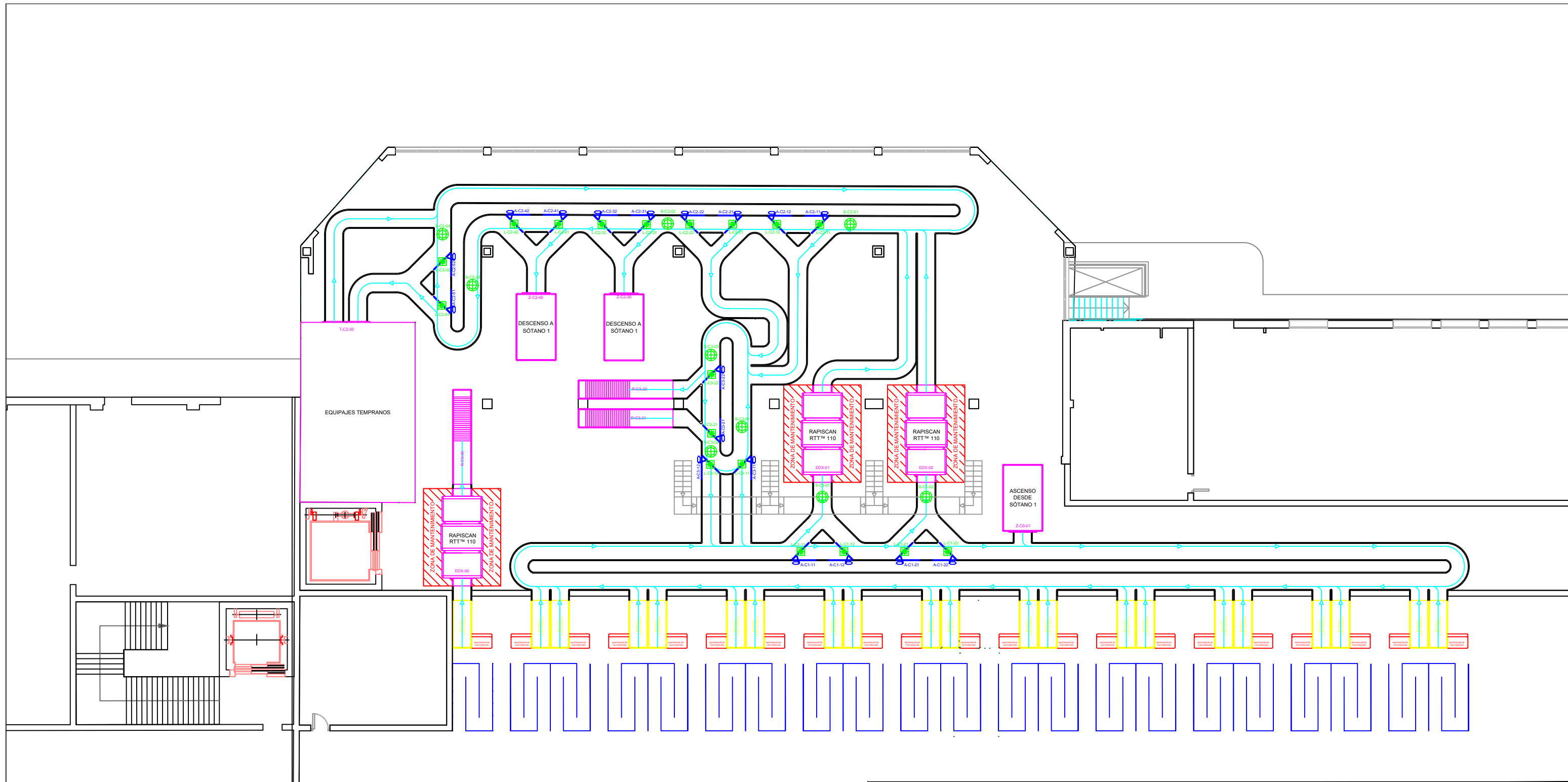
PLANO 09. Soporte del sensor UHF RFID.

PLANO 09.0. Pieza de soporte del sensor UHF RFID (1:10).

PLANO 09.1. Despiece del sensor UHF RFID (1:5).

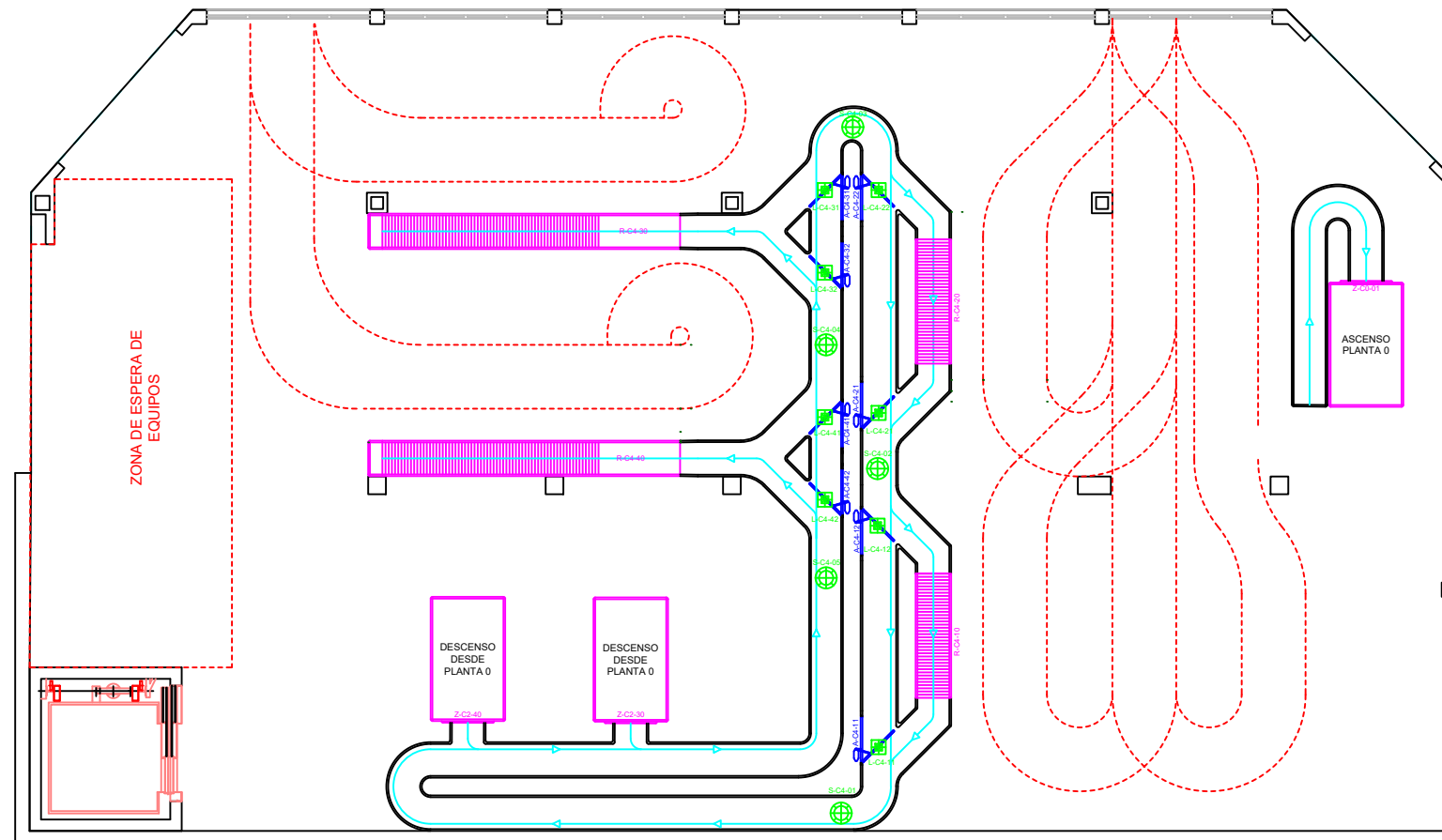



TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	01
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:500	PLANO	VISTA GENERAL
FECHA	ABRIL 2018		
			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

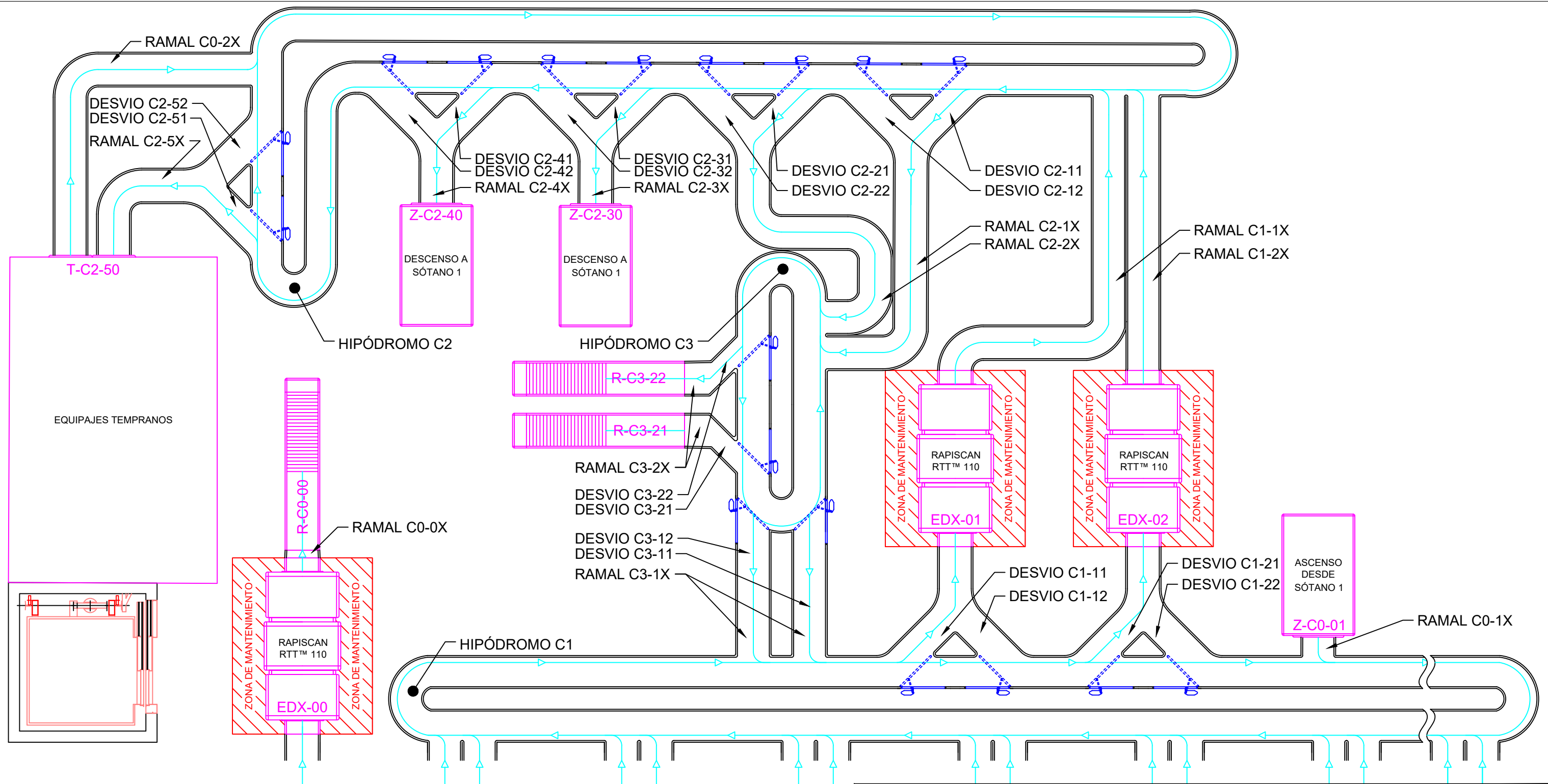


TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	02
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:200	PLANO	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJE PLANTA 0
FECHA	ABRIL 2018		





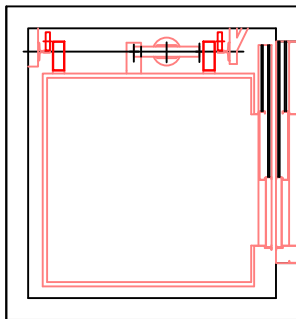
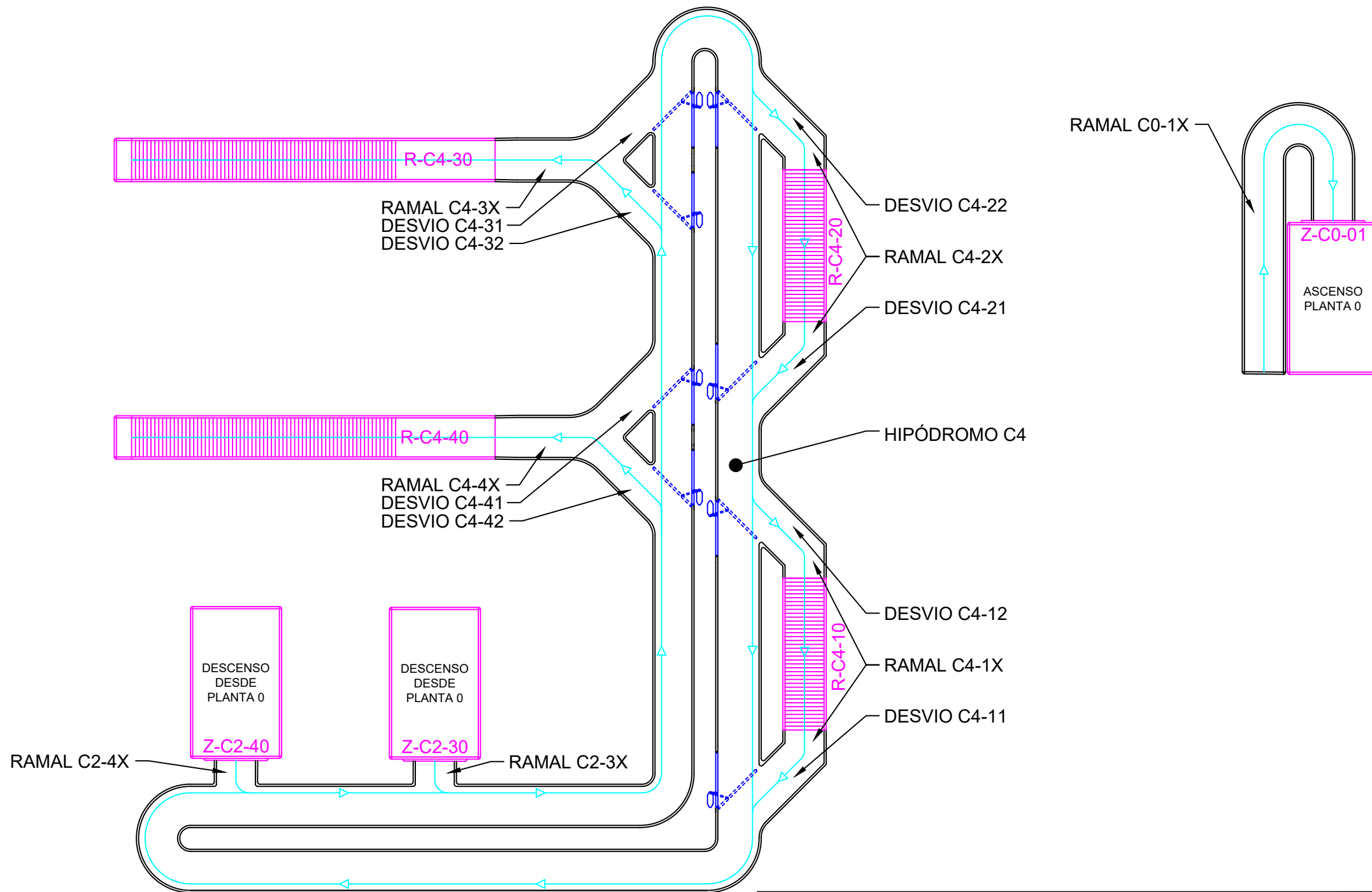
TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	03
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:200	PLANO	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJE SÓTANO 1
FECHA	ABRIL 2018		
		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	



LEYENDA	
	SENTIDO NORMAL
	SENTIDO INVERSO
	VERTI-BELT

TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	04
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:100	PLANO	IDENTIFICACIÓN DE HIPÓDROMOS, RAMALES Y DESVÍOS EN LA PLANTA 0
FECHA	ABRIL 2018		

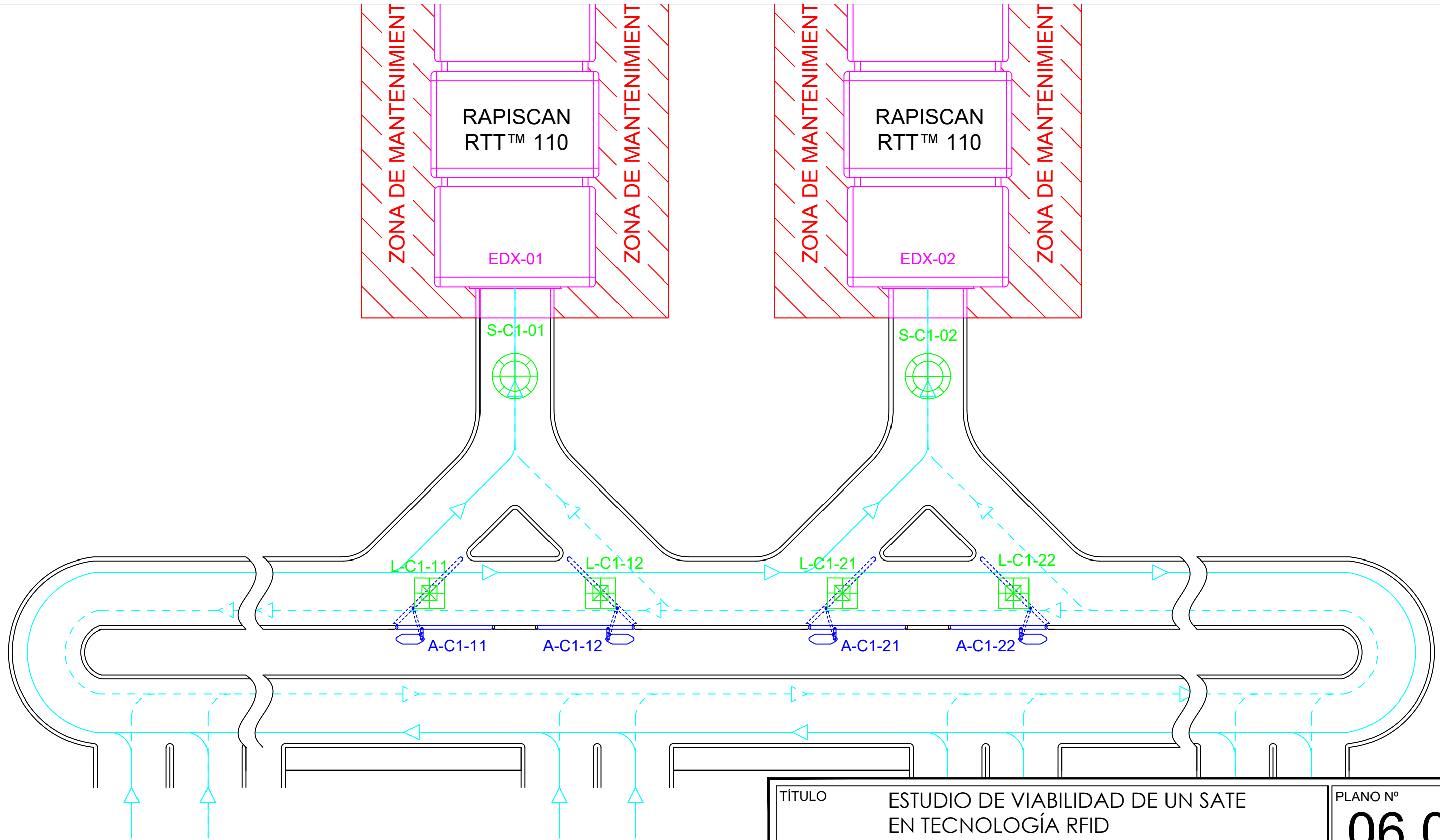




LEYENDA	
	SENTIDO NORMAL
	SENTIDO INVERSO
	VERTI-BELT

TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	05
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:100	PLANO	IDENTIFICACIÓN DE HIPÓDROMOS, RAMALES Y DESVÍOS EN EL SÓTANO 1
FECHA	ABRIL 2018		

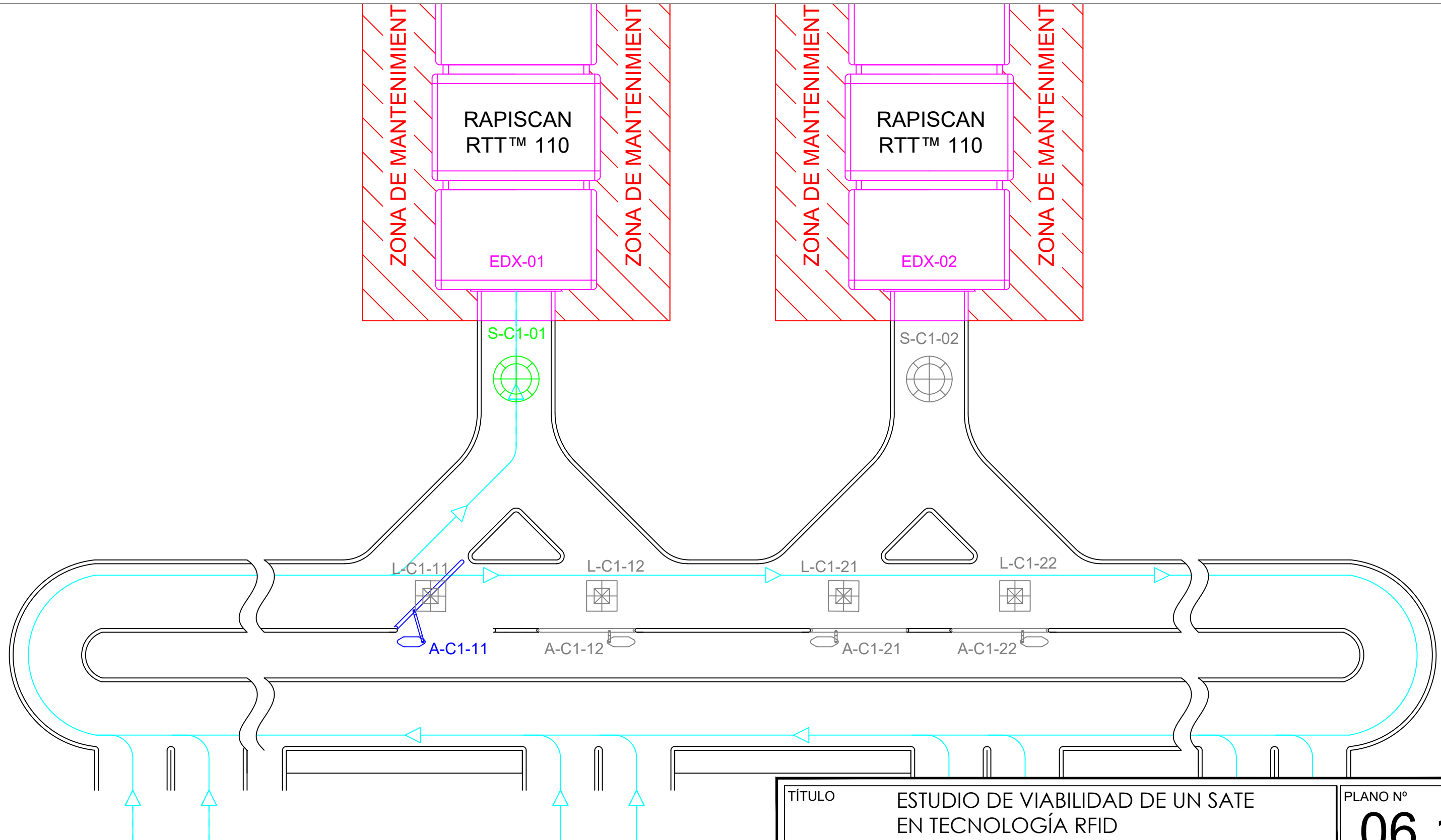




LEYENDA	
	SENTIDO NORMAL
	SENTIDO INVERSO
	VERTI-BELT
	SENSOR LÁSER
	SENSOR RFID

TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	06.0
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:50	PLANO	INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN LA COLECTORA - GENERAL
FECHA	ABRIL 2018		

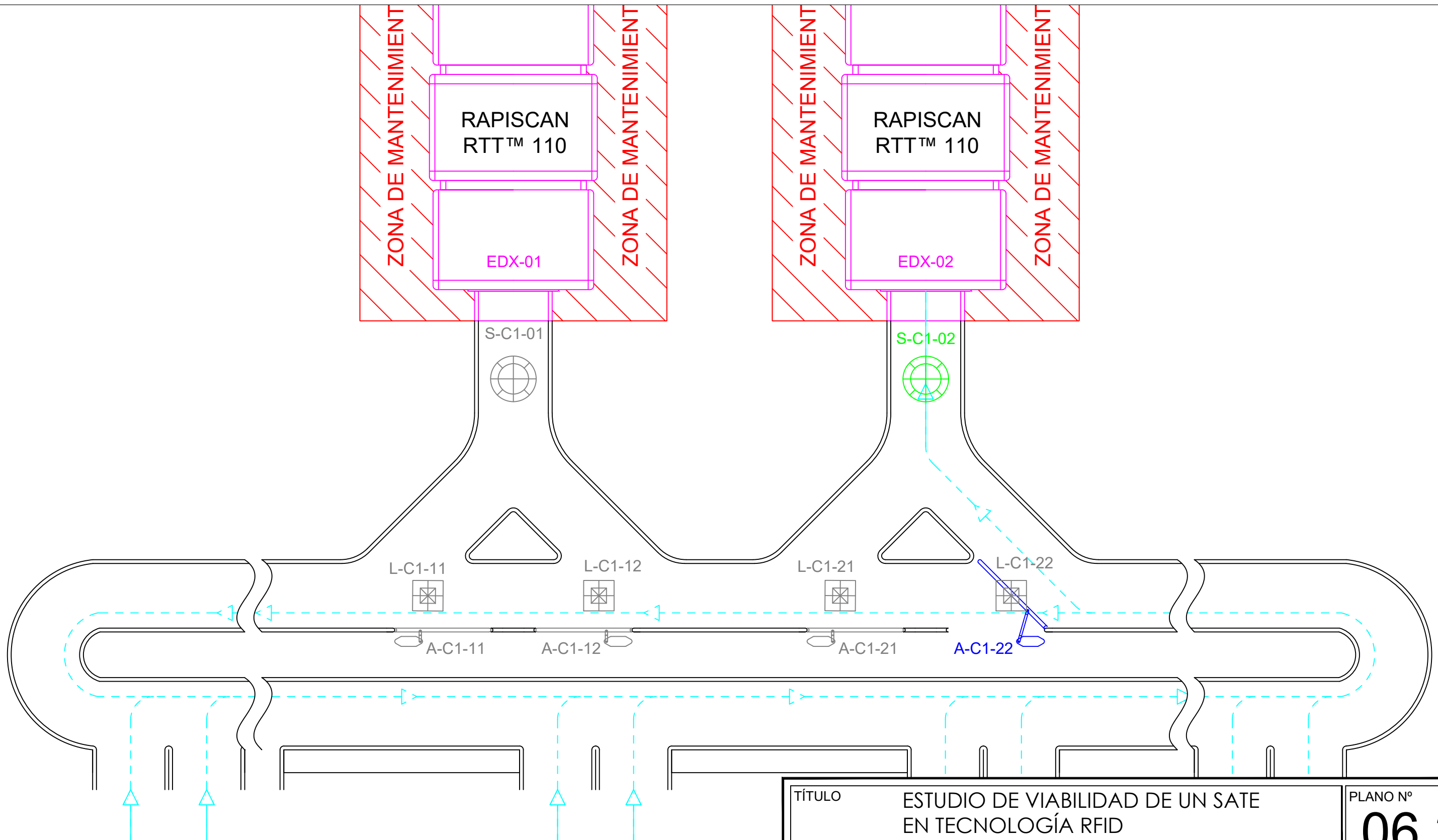




LEYENDA	
	SENTIDO NORMAL
	SENTIDO INVERSO
	VERTI-BELT
	SENSOR LÁSER
	SENSOR RFID

TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	06.1
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:50	PLANO	INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN LA COLECTORA - FLUJO ÚNICO POR C1-11
FECHA	ABRIL 2018		

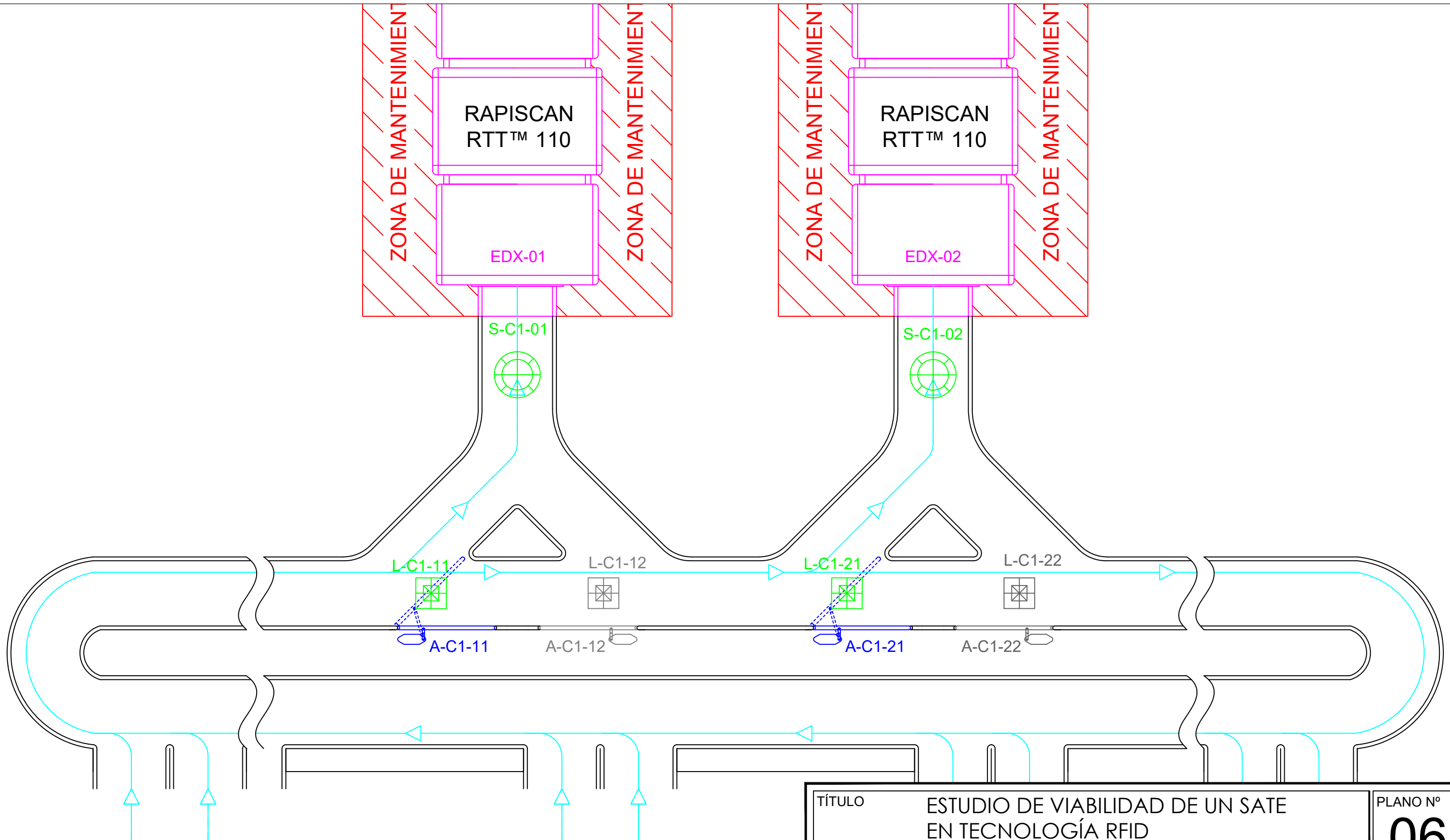




LEYENDA	
	SENTIDO NORMAL
	SENTIDO INVERSO
	VERTI-BELT
	SENSOR LÁSER
	SENSOR RFID

TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	06.2
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:50	PLANO	INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN LA COLECTORA - FLUJO ÚNICO POR C1-22
FECHA	ABRIL 2018		

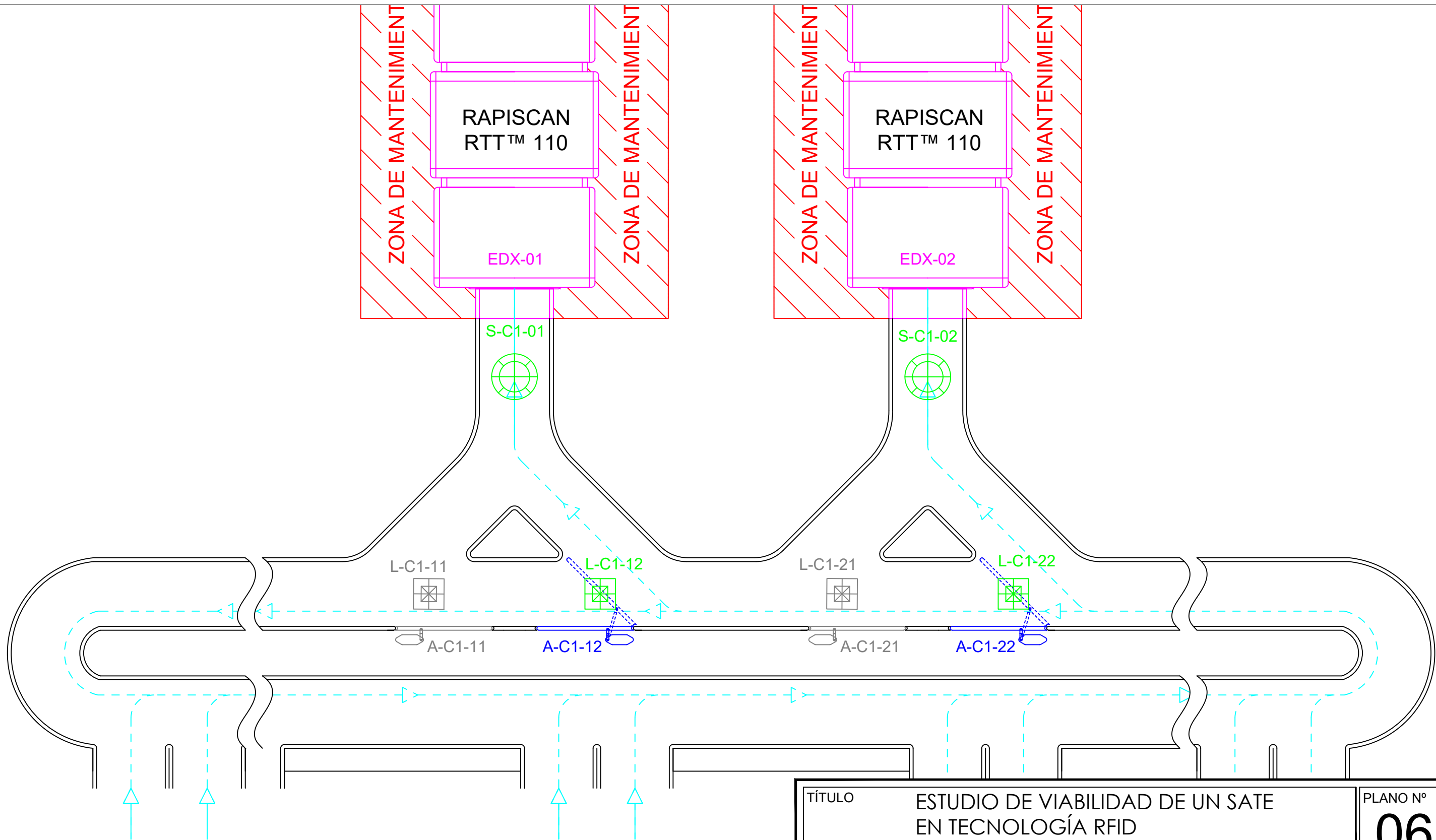




LEYENDA	
	SENTIDO NORMAL
	SENTIDO INVERSO
	VERTI-BELT
	SENSOR LÁSER
	SENSOR RFID

TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	06.3
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:50	PLANO	INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN LA COLECTORA - FLUJO DIVIDIDO NORMAL
FECHA	ABRIL 2018		

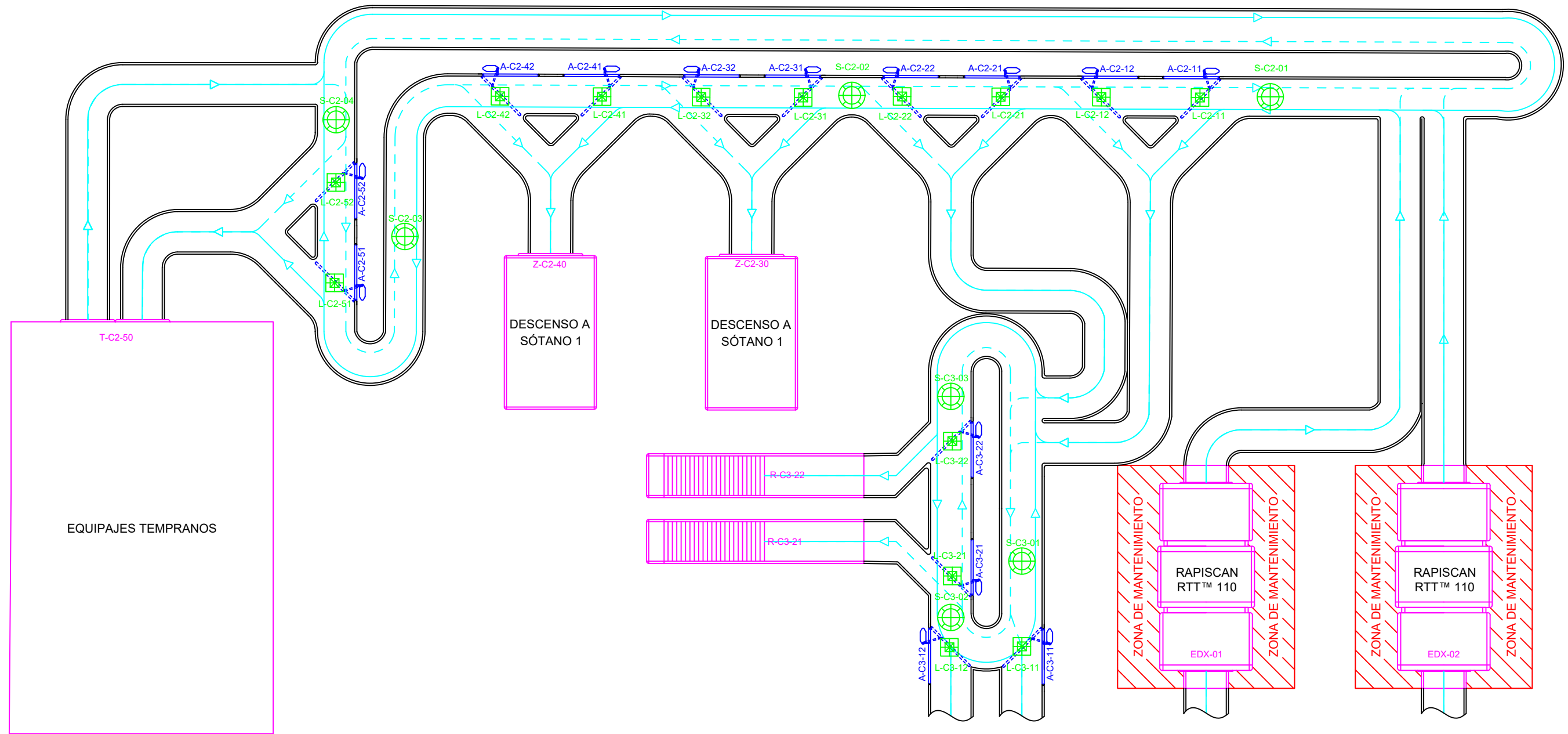




LEYENDA	
	SENTIDO NORMAL
	SENTIDO INVERSO
	VERTI-BELT
	SENSOR LÁSER
	SENSOR RFID

TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	06.4
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:50	PLANO	INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN LA COLECTORA - FLUJO DIVIDIDO INVERSO
FECHA	ABRIL 2018		



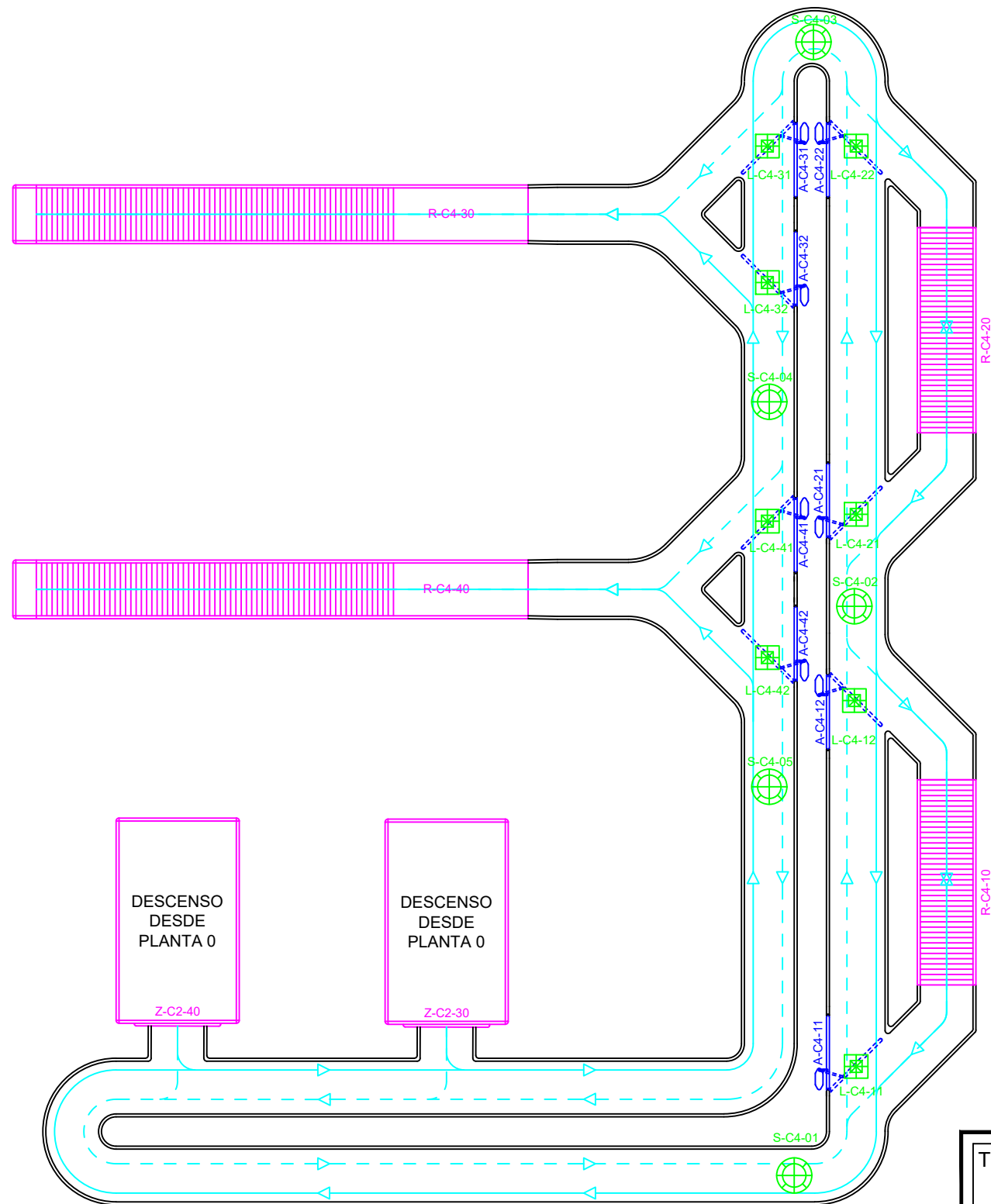


LEYENDA	
	SENTIDO NORMAL
	SENTIDO INVERSO
	VERTI-BELT
	SENSOR LÁSER
	SENSOR RFID

TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	07
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:100	PLANO	INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN LOS HIPODROMOS 2 Y 3
FECHA	ABRIL 2018		



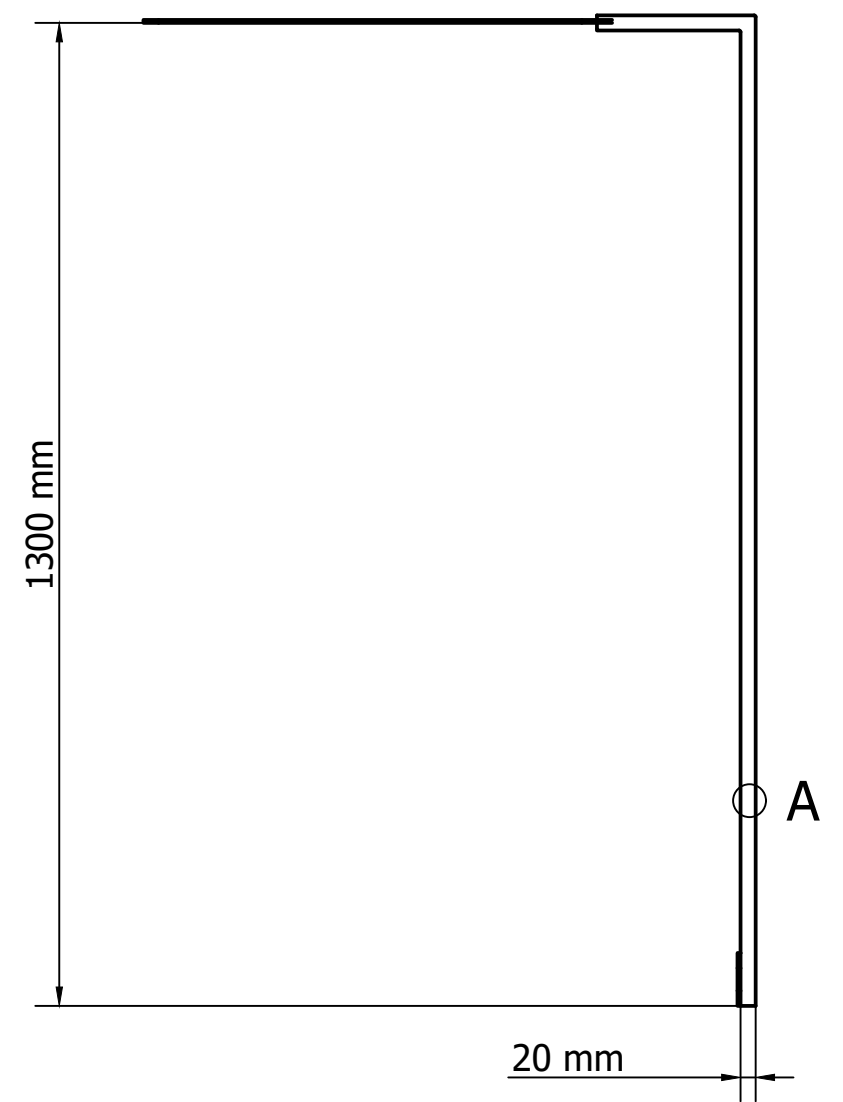
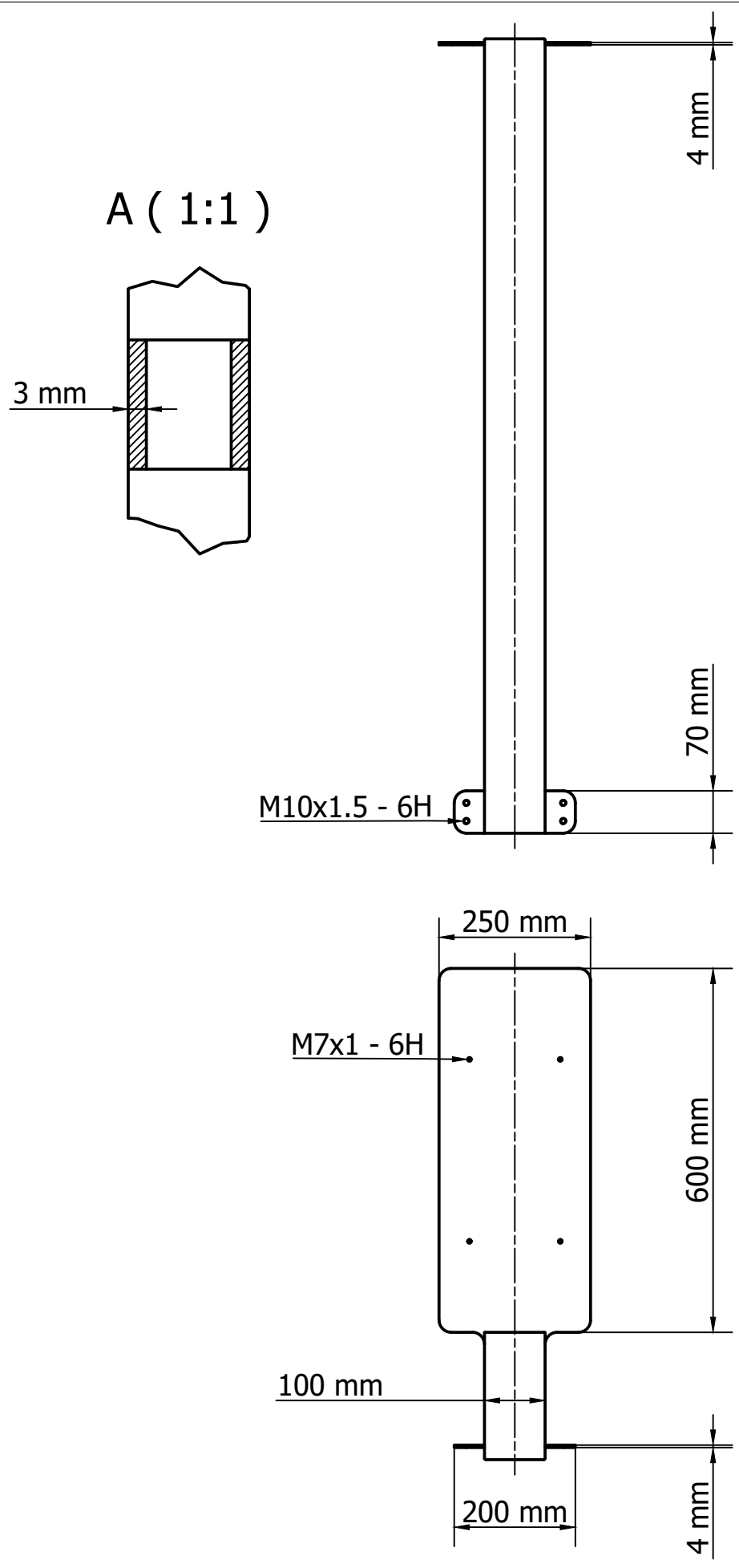
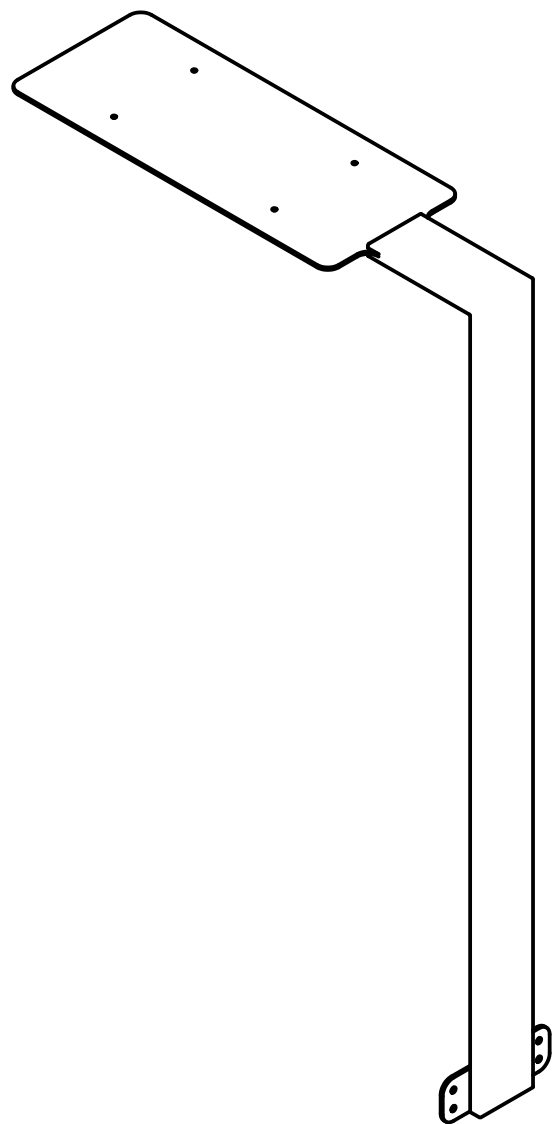
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



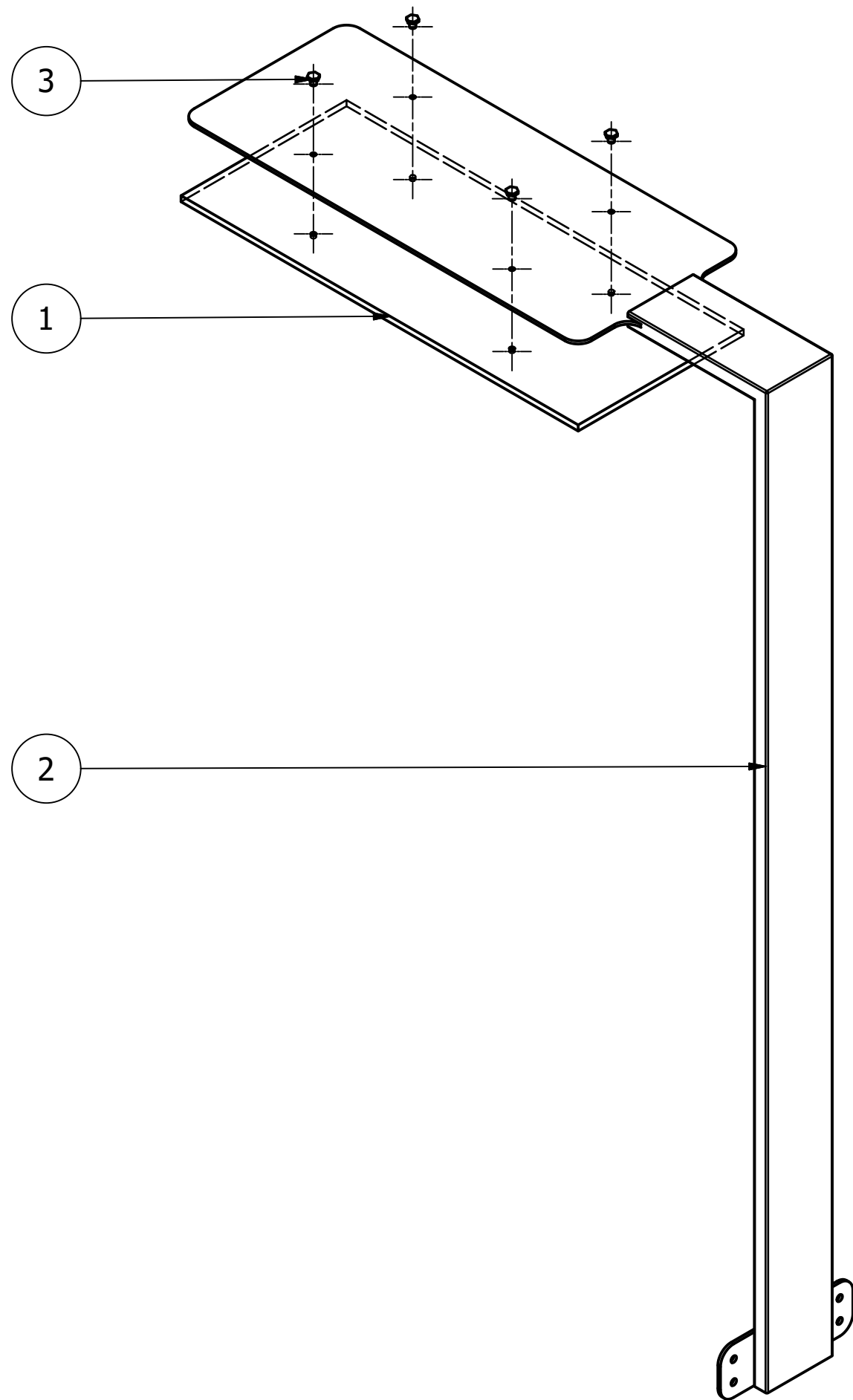
LEYENDA	
	SENTIDO NORMAL
	SENTIDO INVERSO
	VERTI-BELT
	SENSOR LÁSER
	SENSOR RFID

TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	08
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:100	PLANO	INSTALACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES EN CLASIFICADORA
FECHA	ABRIL 2018		






TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	09.0
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		
ESCALA	1:10	PLANO	SOPORTE DEL SENSOR UHF RFID -
FECHA	JUNIO 2018		PIEZA DEL SOPORTE
		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Antena RFID	Antena A7060 de TIMES-7
2	1	Soporte para la antena	
3	4	Tornillos	Tornillería de cabeza hexagonal M7x1

TÍTULO	ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SATE EN TECNOLOGÍA RFID	PLANO Nº	09.1
AUTOR	PABLO ALCARAZ		
SITUACIÓN	AEROPUERTO F.G.L. - GRANADA		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCALA	1:5	PLANO	
FECHA	JUNIO 2018	SOPORTE DEL SENSOR UHF RFID - DESPIECE	