

MÁSTER EN SISTEMAS FERROVIARIOS

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA ICAI



TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DESARROLLO Y ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE UN  
SISTEMA MODULAR PARA DAR SOLUCIÓN DE  
ACCESIBILIDAD EN ANDENES DE LÍNEA DE ANCHO MIXTO**

Autora: Elizabet Ruiz Flores

Director: Francisco Paños Mangrané

Co-director: Joan Saura Serrat

MADRID

JULIO 2018

## INDICE

<b><i>CAPÍTULO I</i></b> .....	<b>6</b>
<b><i>Introducción</i></b> .....	<b>6</b>
1.1. Objetivos .....	7
1.2. Metodología de trabajo.....	7
1.3. Estructura de la memoria.....	8
<b><i>CAPÍTULO II</i></b> .....	<b>9</b>
<b><i>Estado del arte</i></b> .....	<b>9</b>
2.1. Características generales de la vía de ancho mixto .....	9
2.2. Implicaciones del tercer carril .....	10
2.3. Tramos con tercer carril en España .....	16
2.3.1. Tramos en funcionamiento .....	17
2.3.2. Tramos en construcción: Corredor Mediterráneo.....	19
<b><i>CAPÍTULO III</i></b> .....	<b>23</b>
<b><i>Estudio de gálibos</i></b> .....	<b>23</b>
3.1. INTRODUCCIÓN .....	23
3.2. NORMATIVA .....	23
3.3. JUSTIFICACIÓN DE LA NORMATIVA ESTUDIADA.....	23
3.3.1. Reglamento N° 1299/2014 .....	23
3.3.2. Instrucción Ferroviaria de Gálibos .....	28
3.5. ANDÉN.....	34
3.5.1 Análisis de la implantación de la vía mixta sobre la infraestructura .....	34
3.5.2 Análisis de la implantación de la vía mixta sobre el material rodante .....	38
<b><i>CAPÍTULO IV</i></b> .....	<b>45</b>
<b>Prototipo de borde de andén retráctil</b> .....	<b>45</b>

4.1. INTRODUCCIÓN .....	45
4.2. OBJETIVO.....	47
4.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....	47
4.4. MODOS DE FUNCIONAMIENTO .....	49
4.5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA .....	50
4.6. POSIBILIDADES DE IMPLANTACIÓN .....	54
<b><i>CAPÍTULO V</i></b> .....	<b>56</b>
<b><i>Resumen de costes del sistema</i></b> .....	<b>56</b>
<b><i>CAPÍTULO VI</i></b> .....	<b>58</b>
<b><i>Conclusiones</i></b> .....	<b>58</b>
<b><i>Aportaciones</i></b> .....	<b>59</b>
<b><i>Referencias</i></b> .....	<b>60</b>

*A mis compañeros de TRIA, por mostrarse atentos y dispuestos a ayudarme en todo momento,  
a mis compañeros del máster por hacer que todo esto haya sido mucho más fácil juntos,  
pero sobre todo a mi familia y en especial a mis padres, por su apoyo incondicional...*

## **FICHA TÉCNICA**

Desarrollo y estudio de implantación de sistema modular para dar solución de accesibilidad en andenes de línea de ancho mixto.

**Alumna:** Elizabet Ruiz Flores

**Director:** Francisco Paños Mangrané

**Co-director:** Joan Saura Serrat

**Programa cursado:** Máster en Sistemas Ferroviarios

**Curso académico:** 2017/18

### **Descripción breve del trabajo de fin de máster:**

Debido a la problemática de accesibilidad entre andén y coche que se ha presentado en algunas estaciones con tercer carril, el presente Trabajo de Fin de Máster tiene como objeto dar solución a esta problemática mediante el desarrollo de un sistema basado en un borde de andén retráctil.

En primer lugar se describirán las características generales de la vía de tres carriles (ancho mixto), con las implicaciones que tiene en electrificación, aparatos de vía, señalización, enclavamientos, entre otros. También se hará una breve descripción de las líneas en funcionamiento con tercer carril en España y de aquellas que están en proceso de construcción.

En segundo lugar, sobre una línea de ancho ibérico acondicionada con tercer carril, se va a realizar un análisis para determinar el gálibo de implantación de obstáculos de la línea siguiendo la ETI's del subsistema de infraestructura y la Instrucción Ferroviaria de Gálivos. También se realizará un análisis de implantación de la vía mixta sobre la infraestructura y sobre el material rodante, teniendo en cuentas las ETI's de infraestructura y de accesibilidad.

Para concluir, se plantearán los principios fundamentales para el desarrollo del sistema, explicando su funcionamiento, las características técnicas del peldaño, sus ventajas e inconvenientes, las posibilidades de implantación, así como una valoración de costes. Terminando con las conclusiones obtenidas en el trabajo.

# *CAPÍTULO I*

## *Introducción*

Como bien se sabe, el ancho de vía clásico de la red ferroviaria española (1.668 mm entre caras internas de carriles) es diferente del ancho estándar de la mayor parte de la red europea (1.435 mm). El ancho de vía empleado en España es muy similar al ancho normal portugués, por lo que suele denominarse ancho ibérico.

El ancho estándar (también denominado ancho internacional, o impropriamente ancho UIC) se emplea en la mayor parte de los países europeos y también en las nuevas líneas de alta velocidad españolas.

En 1992, con la inauguración de la primera línea de alta velocidad Madrid – Sevilla el ferrocarril dio un gran salto tecnológico. Se tomó la decisión de instalar ancho de vía estándar europeo, distinto del que tenía la red convencional existente hasta la fecha. Las nuevas líneas de alta velocidad que llegaron a continuación se construyeron también en ancho estándar, por lo que las “fronteras” entre la red de un ancho y otro se multiplicaron por todo el territorio.

Los trenes no pueden pasar normalmente de líneas de un ancho de vía a líneas con otro, por lo que la existencia de estas “fronteras” entre las redes de diferente ancho ha sido un problema para la explotación y para los clientes, que tradicionalmente ha hecho necesario el trasbordo o cambio de tren. Esta problemática hizo que se desarrollasen soluciones tecnológicas más o menos complejas para permitir el paso de los trenes de un ancho de vía a otro. Para solventar ese problema se han ensayado y aplicado acciones puntuales que pueden agruparse en tres tipos de soluciones:

- Facilitar, mejorar y hacer más sencillo el trasbordo y el cambio de vehículo.
- Emplear vías de tres carriles para que los trenes de cualquiera de los dos anchos de vía puedan pasar de una red a otra (con todos los problemas asociados que conlleva).
- Aplicación de sistemas que permiten a los trenes, o algunos de sus vehículos, cambiar el ancho de vía. Dentro de estos sistemas hay tres variantes:
  - Cambio de ejes de los vagones o coches.
  - Cambio de bogies completos.
  - Cambio de ancho de vía de un vehículo o un grupo de vehículos. (Tecnologías TRIA-OGI, BRAVA y RD).

La vía con tres carriles para permitir la circulación de trenes de dos anchos (1.435/1.668 mm) por una misma vía, tiene diversas y antiguas aplicaciones en España, pero limitadas históricamente a puertos, talleres, instalaciones de mercancías, fronteras con Francia, etc.

El presente Trabajo de Fin de Máster se centrará en las implicaciones que una línea de ancho ibérico acondicionada con tercer carril puede tener sobre la infraestructura, y en especial sobre los andenes, desarrollando el prototipo de un sistema basado en un peldaño retráctil para permitir y mejorar la accesibilidad de los viajeros en las estaciones con tercer carril.

## **1.1. Objetivos**

El objetivo del presente Trabajo de Fin de Máster es el desarrollo de un prototipo que mejore la accesibilidad de los viajeros al material móvil desde el borde de andén (o viceversa) en las estaciones con ancho mixto que requieran parada de un tren de ancho estándar. Como se verá más adelante, esta casuística no se había dado en España hasta la entrada del ramal de ancho internacional entre Valencia y Castellón, encontrándose la problemática citada en la estación de Sagunto.

Se diseñará un borde de andén retráctil, que en posición extendida prolongue el andén hasta el material móvil que circula en ancho estándar, pero en posición recogida no interfiera con el gálibo de ancho ibérico.

Se concluirá con una valoración de ventajas e inconvenientes del sistema y posibilidades de implantación futuras en España.

## **1.2. Metodología de trabajo**

1. Recopilación de información:
  - Normativa: Normativas de interoperabilidad de infraestructura y de accesibilidad. Instrucción ferroviaria de gálibos.
  - Recopilación de posición de puertas de diferentes series tipo de Renfe (Civia, 447/446, S100, etc.)
  - Estudio de la interferencia entre el tercer carril y los gálibos de circulación según el ancho de vía.
  - Costes a nivel operativo del cambiador de hilo, como solución puntual para evitar problemas de accesibilidad al material ferroviario en vías de ancho mixto.

2. Diseño de soluciones:
  - Diseño del prototipo del borde de andén retráctil.
  - Principio de funcionamiento.
  - Posibilidades de implantación del borde de andén retráctil.
3. Análisis económico
  - Valoración de costes del sistema.
4. Conclusiones:
  - Ventajas e inconvenientes del sistema.
  - Propuestas de implantación del sistema.
  - Valoración de la implantación del tercer carril como solución para los problemas de ancho en España.

### **1.3. Estructura de la memoria**

La presente memoria se ha estructurado de la forma siguiente:

En el Capítulo I, se describe una pequeña introducción de los inicios del doble ancho de vía que posee España.

En el Capítulo II, se desarrolla el estado del arte del tercer carril en España. Descripción general, implicaciones y su implantación en España.

El Capítulo III realiza un análisis para determinar el gálibo de implantación de obstáculos de una línea acondicionada con tercer carril, así como un análisis de implantación de la vía mixta sobre la infraestructura y sobre el material rodante.

En el Capítulo IV, se desarrolla el prototipo de un sistema que permita y facilite la accesibilidad de los viajeros al material móvil desde el borde de andén (o viceversa) en las estaciones con ancho mixto que requiera parada de un tren de ancho estándar.

En el Capítulo V, se recoge un resumen de los costes del sistema y se hace una valoración económica según las posibilidades de implantación de éste.

El Capítulo VI recoge las conclusiones.

Y por último, se listan las Referencias.

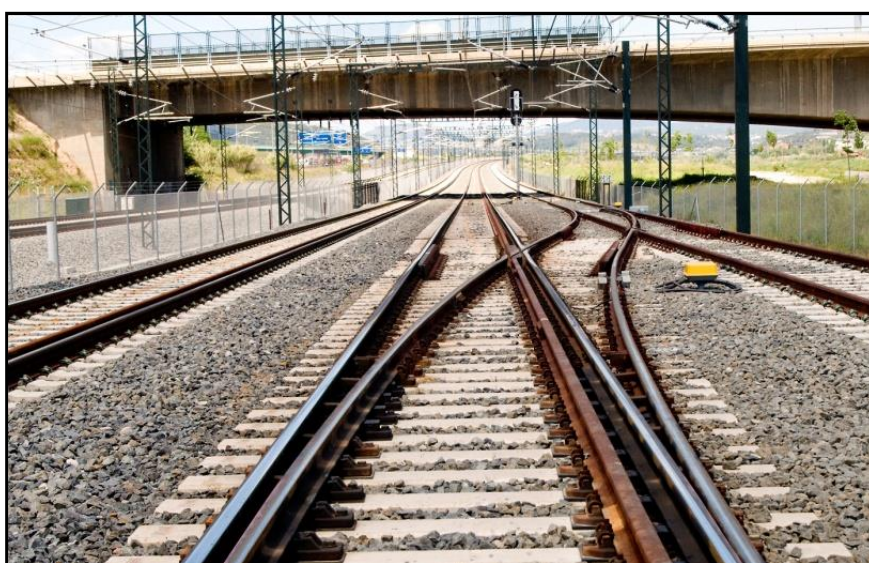


## *CAPÍTULO II*

### *Estado del arte*

#### **2.1. Características generales de la vía de ancho mixto**

La vía de ancho mixto consiste en aunar, en un mismo emparrillado de vía, los anchos ibérico e internacional. Ello se consigue mediante el montaje de un tercer carril entre los dos carriles preexistentes de ancho ibérico, quedando una vía de tres carriles en la que existe un hilo común a los dos anchos y dos carriles dedicados en exclusiva a cada ancho: ibérico y normal.



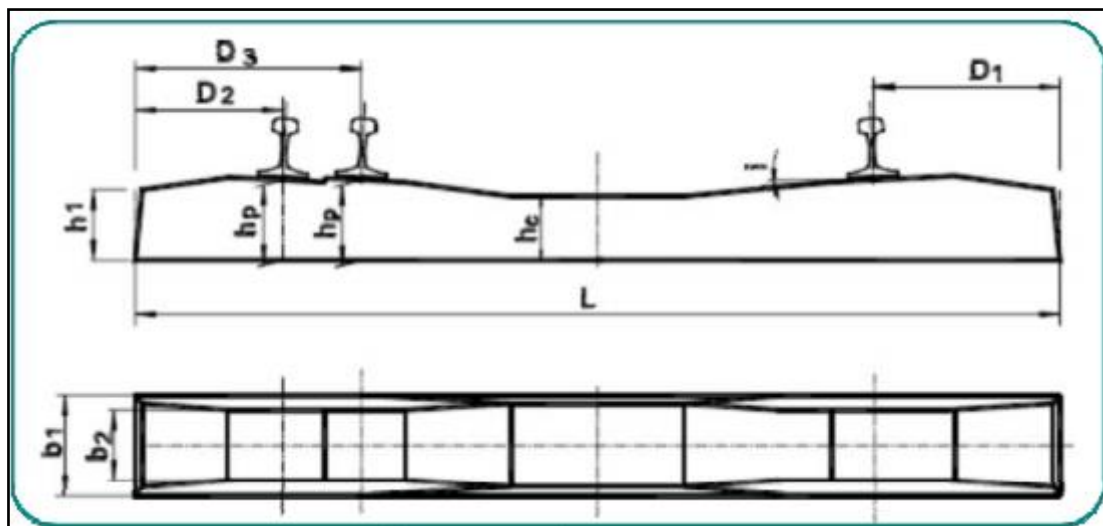
*Imagen 1. Escape en una vía de tres carriles. Nótese que el ancho internacional sólo está presente en la vía directa, mientras que la vía desviada es de ancho puro ibérico. Ello pone de manifiesto la complicación del tercer carril a la hora de diseñar y explotar aparatos de vía.*

La elección del lado en el que se encuentra el carril común depende de las necesidades de explotación de los trenes de ancho estándar.

El sistema de ancho mixto permite la coexistencia de trenes de los dos anchos sobre una misma vía, haciendo compatibles tráficos de características heterogéneas y facilitando la interoperabilidad entre las redes europeas y española, de manera que se rompe con el aislamiento ferroviario ibérico desde la infraestructura y sin tener que realizar ningún cambio de ejes en el material rodante.

Pero convertir una vía de ancho ibérico en una vía de ancho mixto no es tan sencillo como añadir directamente un tercer carril, ya que esta operación conlleva una serie de complicaciones importantes.

Para dar solución a este tipo de escenario se ha de instalar un tipo de traviesa especial (traviesa polivalente) de tres carriles que permite la circulación de los trenes por ambos tipo de vías, limitada operacionalmente a 200 km/h.



*Imagen 2. Características generales de la traviesa para ancho mixto.*

La implantación de este tipo de vía mixta, requiere a su vez de la implementación de otros elementos de vía como son la instalación de catenaria polivalente y una mayor potencia de electrificación, la modificación de los enclavamientos existentes, la actualización de los circuitos de vía, los sistemas de señalización, la modificación de los desvíos, y la implantación de nuevas normas funcionales de gestión de operación.

## **2.2. Implicaciones del tercer carril**

### **ELECTRIFICACIÓN**

En general, la presencia de líneas de ancho mixto comporta la circulación de trenes de diferentes procedencias también a nivel de electrificación. A nivel interno en España, actualmente se utilizan locomotoras y ramas de alta velocidad bitensión que pueden circular tanto en los 25KV AC de las líneas de alta velocidad como bajo los 3KV DC de las líneas convencionales con tercer carril. Es el caso, por ejemplo, de los trenes de mercancías entre la frontera francesa y la terminal de Morrot en Barcelona, que son traccionados por locomotoras 252 bitensión en ancho internacional. Estas locomotoras circulan bajo 3KVDC desde Morrot al Nudo de Mollet y en 25KV AC desde Mollet a Perpignan en Francia.

No obstante, se está estudiando desde hace años en España el desarrollo de la catenaria conmutable, la cual podría ofrecer una tensión de un tipo u otro según el tren programado. Así es necesario que la catenaria ofrezca disponibilidad para esas dos tensiones y la posibilidad de una conmutación eficiente de una a otra, siendo necesaria la reforma de toda la catenaria previamente existente, sus subestaciones y sus consumos asociados.

La solución es la instalación de dos hilos de contacto, del sustentador y los conductores con la sección que demanda la alimentación a 3 kV y los aisladores adecuados para 25 Kv, es decir, la solución más restrictiva a nivel de seguridad y a nivel de cargas eléctricas.

A toda catenaria se le da un descentramiento para que el contacto entre el pantógrafo y el hilo de contacto se produzca a lo largo de toda la mesa del pantógrafo, uniformizando los desgastes. La catenaria se descentra a  $\pm 20$  cm respecto del eje de la vía, de forma alternada en vanos consecutivos de catenaria. Ello crea el característico zigzag del hilo de contacto en planta. Para permitir la circulación de todas las combinaciones posibles de anchos de vía y pantógrafos, se ha definido una solución de compromiso, en la que los dos hilos de contactos se instalan con un descentramiento menor del habitual en ancho ibérico para permitir la circulación bajo catenaria a 3 kV por vía de ancho estándar.

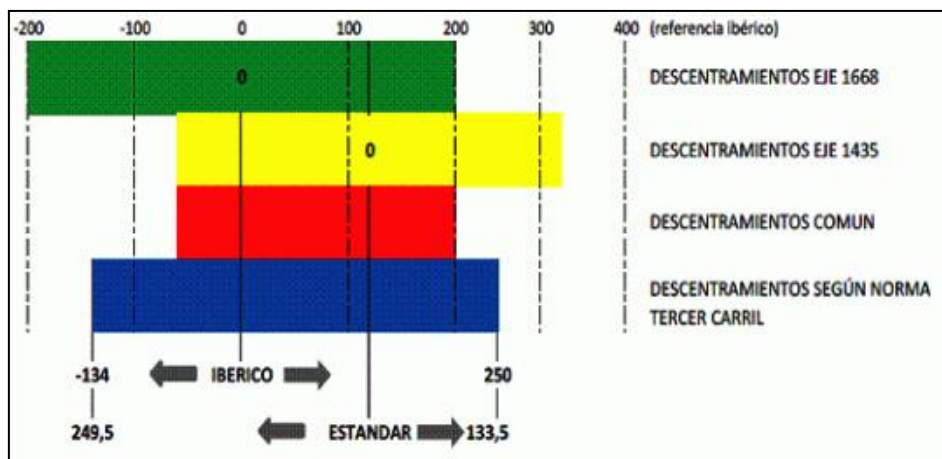
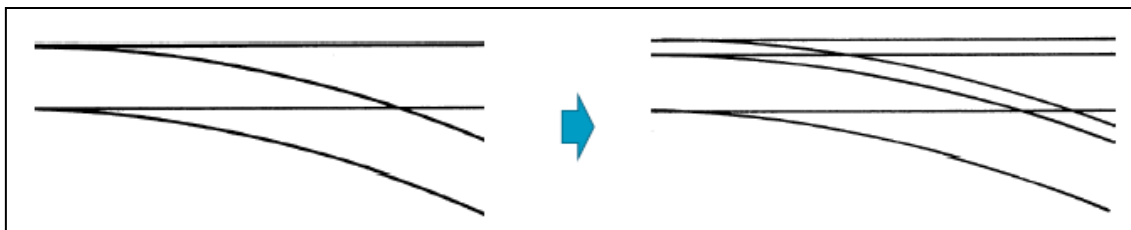


Imagen 3. Solución para el descentramiento (azul)

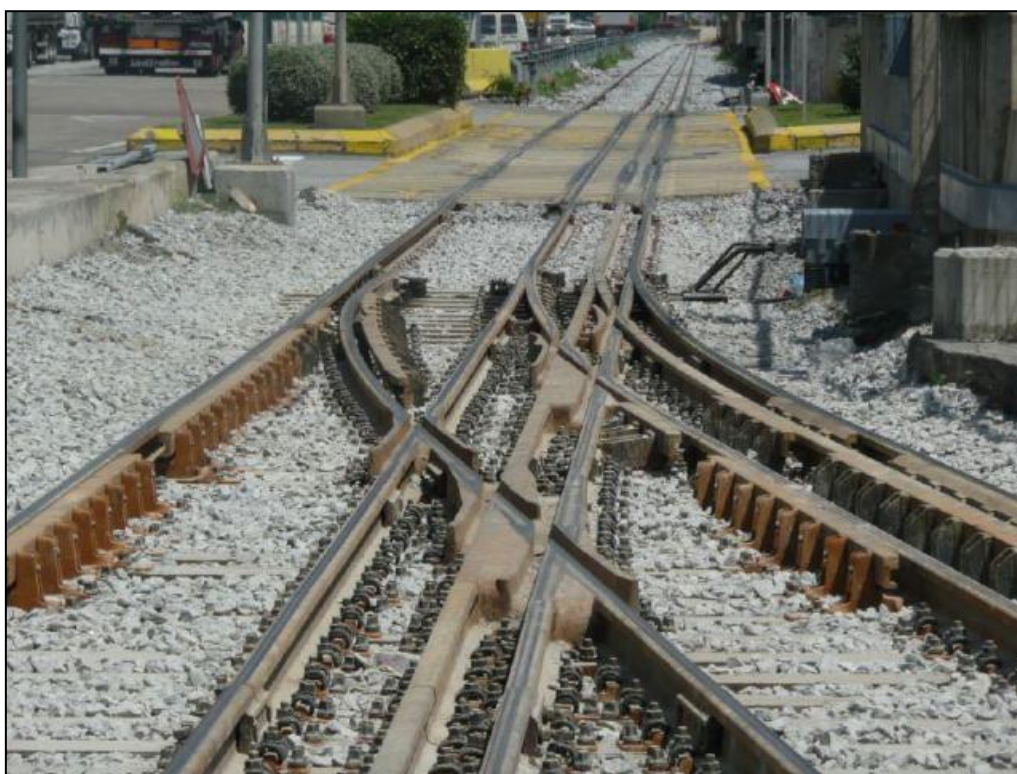
Las agujas aéreas deben también adaptarse a los diferentes tipos de aparato de vía.

## DESVÍOS

Las líneas de tercer carril conllevan una mayor complejidad, marcada entre otros factores por la separación y cruce de un número de carriles muy superior al de los desvíos convencionales, y a su afección a las prestaciones de la línea y a la calidad de rodadura de los vehículos.



*Imagen 4. Desvío convencional frente a desvío de tercer carril.*

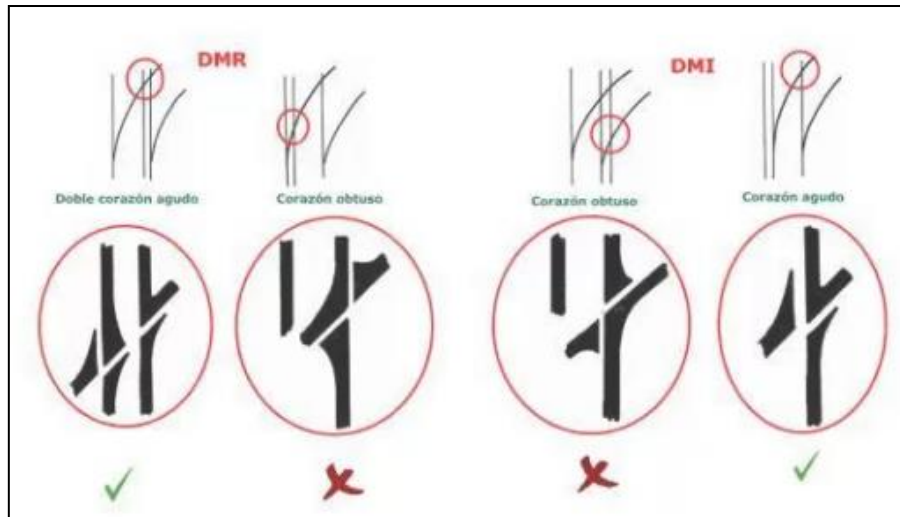


*Imagen 5. Desvío para vía de ancho mixto triple: ibérico, normal y métrico en el puerto de Barcelona.*

Esta complejidad aumenta cuando el objetivo es compatibilizar el paso de trenes de ancho ibérico y ancho estándar sobre una misma infraestructura con altas prestaciones.

En función de la posición del tercer hilo, del ancho que se desvíe (ibérico, estándar o ambos) y de hacia qué lado lo haga (izquierda o derecha) pueden producirse lo que se llaman corazones obtusos, en los que la laguna resulta tan grande que no permite el paso de la rueda a una velocidad aceptable. Hasta fechas muy recientes, los desvíos mixtos que permitían altas prestaciones tenían que ser “limpios”, es decir, que no generasen corazones obtusos. Esto condicionaba mucho la funcionalidad de la vía mixta, pero en la actualidad se ha superado con los desvíos mixtos con corazón obtuso de puntas móviles.





*Imagen 6. Posibilidades de desvío a derecha*

En la imagen anterior se aprecian, a modo de ejemplo, las posibilidades que existen para desvíos a la derecha. En los dos primeros se desvía la vía de ancho ibérico (DMR – Desvío Mixto Renfe) y en los dos últimos la vía de ancho estándar (DMI – Desvío Mixto Internacional). Como se puede observar, para evitar los corazones obtusos, el ancho ibérico se desvía hacia el lado del tercer carril y el de ancho estándar hacia el lado del carril común.

Todo lo expuesto anteriormente hace necesario el denominado cambiador de hilo para que el esquema de vía responda a la operatividad de las estaciones.



*Imagen 7. Cambiador de hilo.*

El paso del tren en ancho estándar por un cambiador de hilo exige, como en un desvío convencional, un itinerario, el correcto enclavamiento, el encerrojamiento y la comprobación del estado del aparato de vía completo.

La detección de los trenes en un tramo de ancho mixto exige la actualización de los circuitos de vía, de modo que pueda detectar también el ancho del tren que circula, estándar o ibérico, y comprobar la ocupación de cada cantón.

La solución está en un circuito de vía multifrecuencia válido para los dos anchos, que vincula contadores de ejes situados en los dos carriles más próximos y permiten la detección e identificación de trenes de ambos anchos.

### **SEÑALIZACIÓN**

Los equipos de señalización también necesitan ser actualizados para admitir circulaciones de los dos anchos en una misma vía. Las balizas del sistema ERTMS deben asegurar la comunicación con el tren independientemente de su ancho, lo que exige una redefinición de las reglas de aplicación, instalación y uso de las eurobalizas. La solución pasa por una baliza estándar y única para ambos anchos colocada en una situación excéntrica entre los ejes de vía de los dos anchos.



*Imagen 8. Instalación de los equipos y sistemas de manera excéntrica entre los ejes de la vía.*

La implantación de estos nuevos equipos (cambiadores de hilo, balizas, agujas mixtas, sistemas de detección de ancho) exige la definición de una especificación funcional y el diseño de nuevos enclavamientos para tramos con tercer carril con una lógica de señalización modificada.

## **ENCLAVAMIENTOS**

En 2011, Adif, en colaboración con Alstom, Thales, Dimetronic, hoy Siemens, y Electrans, inició el desarrollo de un nuevo enclavamiento electrónico para líneas con tercer carril con alta densidad de tráfico, con prestaciones similares a las de los enclavamientos en línea convencional.

Resolver el problema que plantea una alta densidad de tráfico con vehículos de diferente ancho en una misma vía planteaba el reto de conseguir funcionalidades que no tenían los primeros tramos de tercer carril.

Se trataba de ir más allá de lo conseguido en las líneas Tardienta-Huesca, de 22 kilómetros, y Olmedo-Medina del Campo de 14, ambas de tráfico moderado en las que los bloqueos no contemplan la sucesión de trenes, para ofrecer soluciones aplicables a la línea Barcelona-Figueras-frontera francesa una línea mixta, con tráfico intenso de trenes, casi de cercanías en algunos tramos.

El objetivo era permitir la sucesión de dos circulaciones seguidas de diferente ancho, y establecer un sistema sencillo que evitara, desde el punto de vista de la señalización, el tratamiento de doble vía como cuatro vías independientes por su ancho, loque hubiera disminuido la capacidad de la línea.

Finalmente se desarrolló un enclavamiento que satisface todos los requerimientos de la señalización en tercer carril y aporta prestaciones similares a las de una línea convencional.

El equipo aúna la máxima capacidad y la posibilidad de sucesión de circulaciones de diferente ancho al amparo del bloqueo automático, con una señalización muy similar a la de la red convencional, y una representación videográfica de las señales en el enclavamiento de nueva generación prácticamente idéntica a la de la de red convencional.

El nuevo desarrollo se puso en servicio con éxito en los enclavamientos de Rubí y Cerdanyola del Vallès, ambos de Alstom, que son los que controlan el tramo Castellbisbal – Mollet. Se trataba de enclavamientos del tipo Smartlock 300, a los que se les han incorporado nuevas herramientas de software.

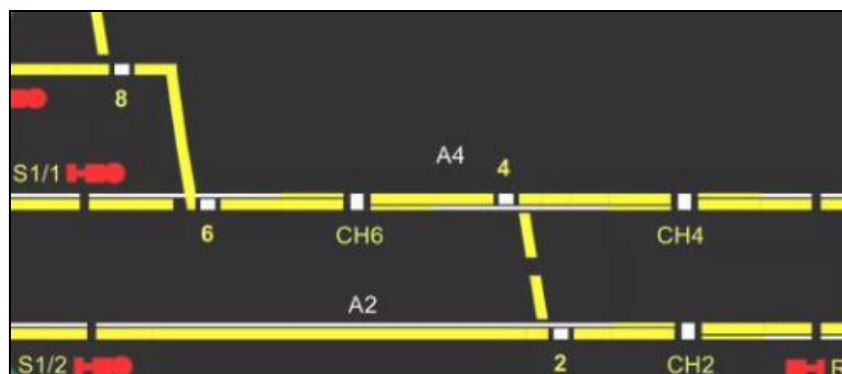


Imagen 9. En el esquema se aprecia la posición del tercer carril y los cambiadores de hilo (CH)

### 2.3. Tramos con tercer carril en España

En España, el tercer carril está en servicio comercial en las líneas Zaragoza - Huesca, Barcelona-Frontera Francesa y desde hace unos meses, Valencia-Castellón. Y se está instalando en la Variante de Loja, en la línea convencional Bobadilla - Granada, que se conectará a la nueva línea de alta velocidad Antequera-Granada y en el trayecto San Sebastián-Irún.

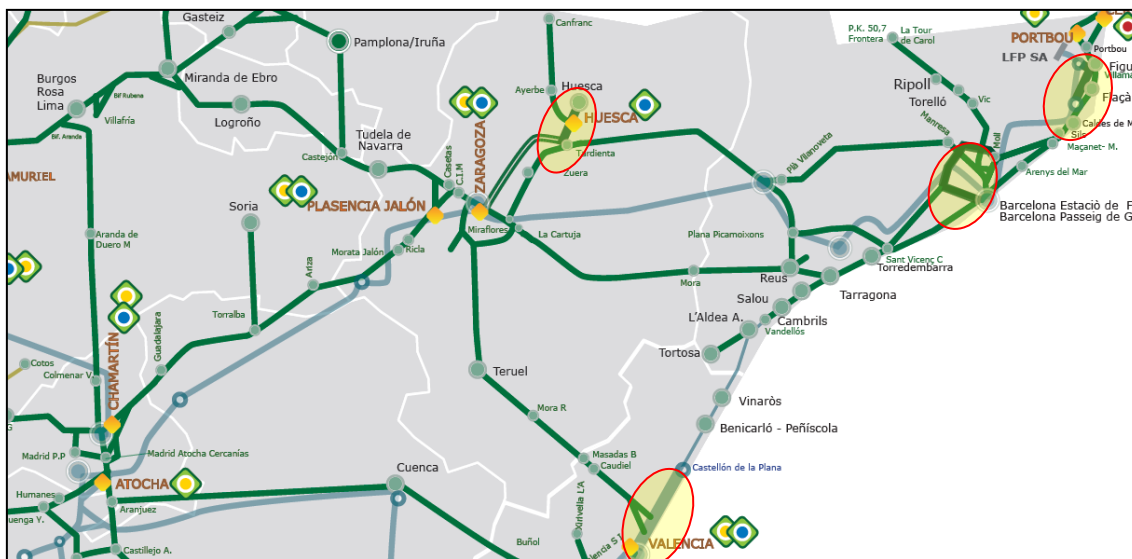
Existe, además, otro pequeño tramo equipado con tercer carril, que corresponde a la parte del soterrado de la línea C1 de Cercanías de Madrid, entre el barrio de Hortaleza y la T4 del aeropuerto de Barajas, de 4,7 kilómetros de longitud, equipado con doble vía mixta, con tres carriles que permiten la circulación en ancho ibérico, cercanías, y estándar internacional, en servicio desde 2011. No obstante, no circulan trenes de ancho internacional por no estar conectado el acceso ferroviario a Barajas con la red de alta velocidad en Chamartín.

El primer tramo de tercer carril instalado en España se construyó en 2002 con carácter experimental entre los municipios vallisoletanos de Olmedo y Medina del Campo, con una longitud aproximada de 21 kilómetros. El trayecto entre Olmedo y Pozal de Gallinas de esta línea experimental se aprovechó para conectar la línea de alta velocidad Madrid – Segovia - Valladolid desde Olmedo hasta el cambiador de Medina del Campo desde abril de 2008, pero desde la entrada en servicio de la línea de alta velocidad Olmedo-Zamora, en diciembre del año pasado, ha quedado destinado a la conexión con la base de mantenimiento.

Por último, cuenta también con esta tecnología el nuevo ramal de acceso a los talleres del Nuevo Complejo Ferroviario de Valladolid desde la línea de alta velocidad Valladolid – Palencia – León, de 7,5 kilómetros de longitud.



### 2.3.1. Tramos en funcionamiento



*Imagen 10. Ubicación de algunos de los tramos con tercer carril en servicio en España.*

#### **ZARAGOZA – HUESCA**

El tercer carril en servicio comercial se estrenó en España en la línea de ancho estándar que conecta las ciudades de Zaragoza y Huesca, que entró en servicio en diciembre de 2003. Se trata de 79,4 kilómetros de vía única, electrificada a 2x25Kv 50 Hz.

En el trayecto entre Zaragoza y el municipio oscense de Tardienta, de 57,7 kilómetros, se construyó una nueva vía en ancho estándar paralela a la de ancho ibérico.

En los 21,7 kilómetros que separan Tardienta de Huesca se instaló por primera vez el tercer carril en la vía de ancho ibérico, y se electrificó a 25 kV CA.

#### **BARCELONA – FRONTERA FRANCESA**

El segundo trayecto en el que se incorporó el tercer carril en España entró en servicio en diciembre de 2010, con la inauguración del primer corredor transfronterizo de mercancías en ancho internacional entre España y Francia, que conecta la zona portuaria de Barcelona con Perpiñán. Con una longitud total de 168 kilómetros, de los que 92 corresponden a líneas de ancho convencional en las que se instaló el tercer carril para su utilización en ancho estándar internacional.

Los 76 kilómetros restantes pertenecen a dos tramos de la conexión Barcelona-Figueras de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera francesa: el que discurre entre Mollet y

Girona Mercancías y el que lo hace entre Figueres Vilafant y la sección internacional Figueres – Perpiñán.

Así, en este corredor los trenes de mercancías alternan el uso de tramos con tercer carril con el de tramos de línea de alta velocidad, conforme al siguiente esquema:

- Centro Logístico de Morrot-Centro Logístico de Can Tunis - Castellbisbal: 25,7 kilómetros con tercer carril.
- Castellbisbal - Nudo de Mollet: 19 kilómetros con tercer carril.
- Nudo de Mollet: 3,5 kilómetros de línea de alta velocidad.
- Mollet- Centro Logístico de Girona: 70 kilómetros de línea de alta velocidad.
- Centro Logístico de Girona - Vilamalla: 41,2 kilómetros con tercer carril.
- Variante de Figueres: 4,5 kilómetros con tercer carril.
- Variante de Figueres-sección internacional: 3,6 kilómetros de línea de alta velocidad.



*Imagen 11. Tramo Castellbisbal a Mollet.*

### **TRAMO VALENCIA – CASTELLÓN**

Actualmente se tiene instalado el tercer carril desde Valencia hasta Castellón únicamente en una de las dos vías. Desde Valencia a Sagunto en la vía lado montaña y desde Sagunto a Castellón en la vía lado mar. Ello ha ocasionado problemas de interoperabilidad y accesibilidad

en la estación de Sagunto al tener que colocarse el tercer carril en el lado andén, provocando grandes distancias entre coche y borde de andén a inaugurarse el servicio AVE Madrid-Valencia-Castellón. La aparición de esta problemática fue el detonante para el desarrollo del presente proyecto.

### **2.3.2. Tramos en construcción: Corredor Mediterráneo**

El proyecto de implantación del ancho estándar internacional en el Corredor Mediterráneo es una prioridad, dado que comunica los principales núcleos de actividad de Levante y forma parte de uno de los grandes ejes de transporte europeos.

En diciembre de 2012 el Ministerio de Fomento presentó el plan de instalación del ancho estándar en el Corredor Mediterráneo y se han redactado los proyectos y licitado las obras.

En el periodo comprendido entre 2012 y 2016 se han asignado en los Presupuestos Generales del Estado aproximadamente 6.350 millones de euros al desarrollo de este Corredor, que ha pasado a formar parte de la red básica en la nueva definición de las Redes Transeuropeas de Transporte, aprobada por la Unión Europea en noviembre del año 2013.

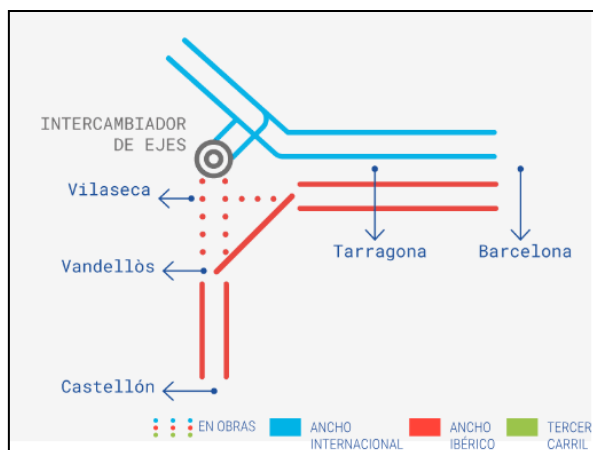
En la actualidad, se trabaja en tres tramos en esta gran vía ferroviaria: Valencia – Castellón, Vandellós – Tarragona y Vandellón – Castellón.

#### **TRAMO VANDELLÓS – TARRAGONA**

Las obras en este tramo de 62 kilómetros de longitud, se encuentran en ejecución. El nuevo trazado entre Vandellós y Tarragona será apto para alta velocidad y tráfico mixto.

En una primera fase se instalará doble vía en ancho ibérico hasta Vila-Seca/Reus, que conectará con la línea de ancho convencional Tarragona – Reus; y doble vía de ancho estándar que conectará el Corredor Mediterráneo desde Vandellós con la línea de alta velocidad Madrid – Barcelona – Frontera, a la altura del municipio tarraconense de Perafort.

En una segunda fase se preveía instalar en tercer carril en una de las vías, aunque finalmente parece que se ha decidido la transformación del ancho ibérico actual al internacional. La razón por la que se ha decidido finalmente no instalar tercer carril parece ser que la velocidad de los trenes de pasajeros y mercancías se veía considerablemente reducida.



*Imagen 12. Esquema del tramo Vandellós – Castellón y Vandellós – Tarragona*

### **TRAMO VANDELLÓS – CASTELLÓN**

En este tramo, de aproximadamente 150 kilómetros de longitud, se están desarrollando diversas actuaciones en el trayecto comprendido entre Castellón y Vinaroz. Entre Les Palmes y Benicasim se ha ejecutado la demolición y sustitución, en la vía II, de un tramo de unos 1.400 metros de vía en placa por traviesa polivalente.

Entre Vandellós y Castellón estaba inicialmente prevista la implantación del ancho estándar en ambas vías, si bien la planificación de las obras se ha ajustado a las necesidades expresadas por las operadoras ferroviarias. Así, se está desarrollando una primera fase con una vía de ancho mixto y otra de ancho convencional, para poner en valor las nuevas infraestructuras tan pronto se pongan en servicio, dando tiempo a las operadoras a adaptar su material rodante al ancho estándar.

No obstante, la evolución en la planificación actual del Corredor Mediterráneo hace pensar en que, en un escenario final, el tramo Tarragona-Castellón al completo será únicamente de ancho internacional, quedando el tramo Castellón-Valencia en su totalidad en ancho mixto para permitir el tráfico de trenes de cercanías del núcleo de Valencia en ancho ibérico y el resto de tráfico en ancho internacional.

### **VARIANTE DE LOJA**

Como parte del eje ferroviario transversal de Andalucía, se ha mejorado en ciertos tramos mediante variantes la línea convencional Antequera-Granada. De esta forma, la nueva línea ha

quedado configurada como una sucesión entre tramos de ancho mixto y tramos de variantes en alta velocidad y tramos no modificados de línea convencional en ancho ibérico:

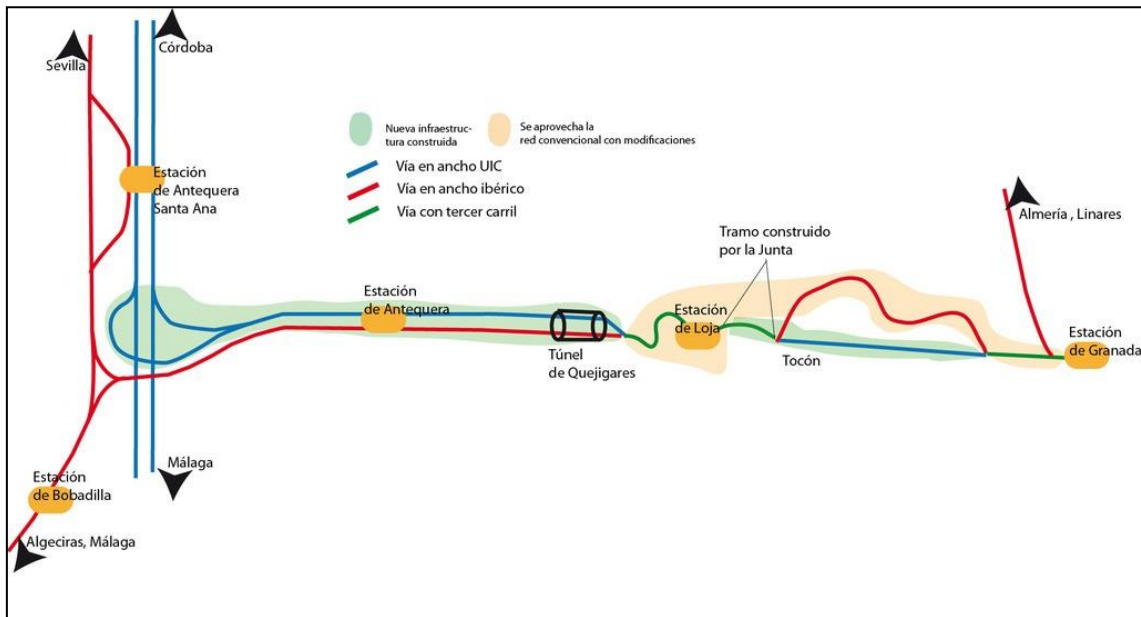


Imagen 13. Esquema de la línea Antequera-Granada

### TRAMO CASTELLBISBAL-TARRAGONA

Actualmente se está montando el tercer carril lo largo de la línea Barcelona-Vilafranca-Tarragona, en el tramo entre Castellbisbal y Sant Vicenç de Calders. Ello permitirá la circulación de trenes de ancho internacional entre la frontera francesa y el puerto de Tarragona.

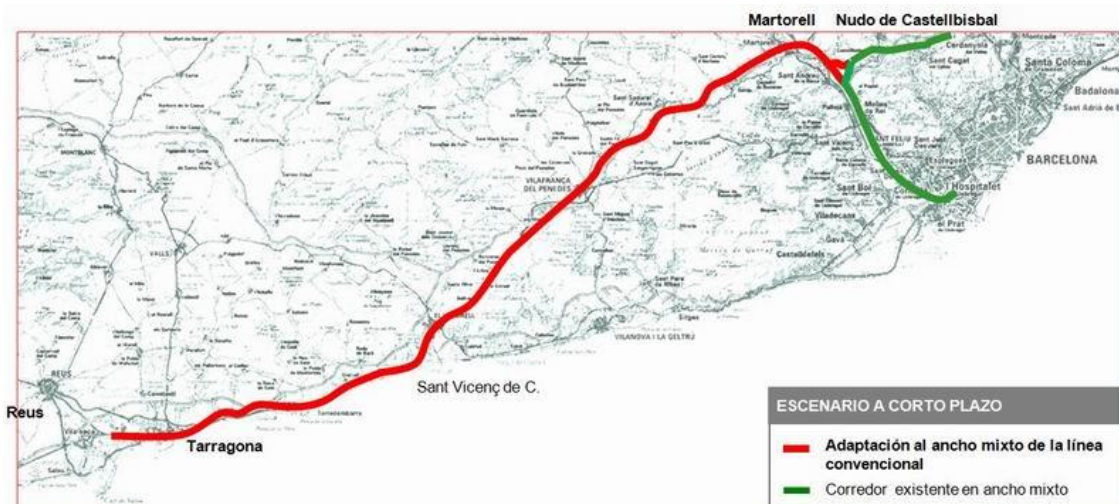


Imagen 14. Implantación del ancho mixto en la línea Barcelona-Vilafranca-Tarragona

Por lo tanto, en conclusión para el capítulo II, se puede afirmar que la creciente longitud de líneas con tercer carril permite prever que en el futuro existirán más casos como el de Sagunto, en el que trenes de ancho internacional de viajeros deberán dar servicio a estaciones en las que se habrá instalado el tercer carril del lado del andén, apareciendo problemas de accesibilidad que deberán ser resueltos. Esta casuística se prevé especialmente probable en la futura línea de ancho mixto entre Martorell y SantVicenç de Calders, en la que se está en estos momentos montando vía de ancho mixto sobre la línea actual de cercanías C4 de Barcelona. La liberalización del mercado ferroviario de viajeros en España puede conllevar la adjudicación del servicio de cercanías en esa línea a compañías operadoras con material de ancho internacional, por lo que se requiere solucionar el problema de la accesibilidad.

## *CAPÍTULO III*

### *Estudio de gálibos*

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

La implantación del ancho estándar en una línea existente puede dar lugar al incumplimiento de las prescripciones de la normativa de gálibos.

Hace pocos meses se ha puesto en servicio el tramo de línea de Sagunto – Castellón con tercer carril que permite la llegada del AVE a la capital de La Plana.

Para comprobar el cumplimiento de la normativa vigente de esta línea, se va a realizar un análisis general para determinar el gálibo de implantación de obstáculos de la línea, así como un análisis de implantación de la vía mixta sobre la infraestructura y sobre el material rodante, teniendo en cuentas las ETI's de infraestructura y de accesibilidad.

#### **3.2 NORMATIVA**

La normativa vigente que se ha tenido en cuenta para la redacción del presente Capítulo es la siguiente:

- Reglamento nº 1299/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema infraestructura en el sistema ferroviario de la Unión Europea.
- Corrección de errores del Reglamento nº 1299/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema infraestructura en el sistema ferroviario de la Unión Europea.
- EN 15273-3. Aplicaciones ferroviarias. Gálibos: Parte 3: Gálibo de implantación de obstáculos.
- Instrucción Ferroviaria de Gálibos aprobada de Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio.

#### **3.3. JUSTIFICACIÓN DE LA NORMATIVA ESTUDIADA**

##### **3.3.1. Reglamento N° 1299/2014**

##### **GÁLIBO DE IMPLANTACIÓN PARA LAS PARTES ALTAS**

El apartado 4.2.3.1. del Reglamento, regula el gálido de implantación de obstáculos. Según este apartado, para las partes altas se establece que se fijará de los seleccionados conforme al punto 4.2.1. Categorías ETI de línea.

A efectos de categorización ETI, las líneas por lo general se clasifican en función del tipo de tráfico (código de tráfico), caracterizado por los siguientes parámetros de prestación:

- Gálido
- Carga por eje
- Velocidad de la línea
- Longitud del tren
- Longitud del andén

Los parámetros de “gálido” y “carga por eje” se tratarán como requisitos mínimos, dado que restringen directamente los trenes que pueden circular por la línea. Sin embargo, los parámetros de velocidad de la línea, longitud del tren y longitud útil del andén se consideran parámetros indicativos, ya que no imponen restricciones al tráfico que puede circular por la línea.

Para líneas de tráfico mixto, la categoría de la línea será una combinación del código de tráfico de pasajeros y del código de línea de tráfico de mercancías.

Los niveles de prestación de cada tipo de tráfico se indican en el cuadro 2 y 3 del apartado 4.2.1. del Reglamento, y se exponen a continuación:

**Parámetros de prestación para tráfico de pasajeros**

Código de tráfico	Gálido	Carga por eje [t]	Velocidad en la línea [km/h]	Longitud útil de los andenes [m]
P1	GC	17 (*)	250-350	400
P2	GB	20 (*)	200-250	200-400
P3	DE3	22,5 (**)	120-200	200-400



Código de tráfico	Gálibo	Carga por eje [t]	Velocidad en la línea [km/h]	Longitud útil de los andenes [m]
P4	GB	22,5 (**)	120-200	200-400
P5	GA	20 (**)	80-120	50-200
P6	G1	12 (**)	n.d.	n.d.
P1520	S	22,5 (**)	80-160	35-400
P1600	IRL1	22.5 (**)	80-160	75-240

(\*) La carga por eje se basa en la masa teórica en condiciones de funcionamiento para cabezas tractoras (y para locomotoras P2) y en masa operativa bajo carga útil normal para vehículos capaces de transportar una carga útil de pasajeros o equipaje, como se define en el punto 2.1 de EN 15663:2009+AC:2010. Los valores de carga por eje \*\* correspondientes para vehículos capaces de transportar una carga útil para pasajeros o equipaje son 21,5t para P1 y 22,5t para P2, como se define en el apéndice K de la presente ETL.

(\*\*) La carga por eje se basa en la masa teórica en condiciones de funcionamiento para cabezas tractoras y locomotoras, como se define en el punto 2.1 de EN 15663:2009+AC:2010 y en masa teórica en condiciones de carga útil excepcionales para otros vehículos definidos en el apéndice K de la presente ETL.

*Tabla 1. Parámetros de prestación de tráfico de pasajeros.*

#### Parámetros de prestación para tráfico de mercancías

Código de tráfico	Gálibo	Carga por eje [t]	Velocidad en la línea [km/h]	Longitud del tren [m]
F1	GC	22,5 (*)	100-120	740-1 050
F2	GB	22,5 (*)	100-120	600-1 050
F3	GA	20 (*)	60-100	500-1 050
F4	G1	18 (*)	n.d.	n.d.
F1520	S	25 (*)	50-120	1 050
F1600	IRL1	22,5 (*)	50-100	150-450

(\*) La carga por eje se basa en la masa teórica en condiciones de funcionamiento para cabezas tractoras y locomotoras, como se define en el punto 2.1 de EN 15663:2009+AC:2010 y en masa teórica en condiciones de carga útil excepcionales para otros vehículos definidos en el apéndice K de la presente ETL.

*Tabla 2. Parámetros de prestación de tráfico de mercancías.*

Los datos de la línea objeto de estudio son los siguientes:

- Carga por eje: 22,5 t (Fuente: Manual de circulación)

- Velocidad máxima de la línea para tráfico de viajeros: 120 km/h (Fuente: Cuadro de velocidades máximas)
- Longitud máxima de los trenes: 350m trenes de viajeros y 500m (básica) y 550m (especial) para mercancías. (Fuente: Declaración de la red)
- Longitud de andenes aproximada: 200 – 400m.

De acuerdo con lo comentado anteriormente, los únicos requisitos mínimos son la carga por eje y el gálibo. Comprobando esos parámetros y el resto de requisitos indicativos, la categoría de tráfico de viajeros que aúna todas esas condiciones es la P4. Siendo el gálibo asociado a esta categoría el gálibo GB para ancho estándar.

Para el tráfico de mercancías, la categoría F2 es la que aúna todos los parámetros de la línea. Por lo que el gálibo exigido para esta categoría de mercancías en ancho estándar es el GB.

Los gálidos que establecen los cuadros anteriores son gálidos asociados a una vía de ancho estándar. Puesto que la vía objeto de estudio es de ancho mixto, hay que determinar el gálibo a implantar en la vía de ancho ibérico (1668 mm). Para este ancho, el Reglamento recoge en el punto 7.7.15.1. Gálibo de implantación de obstáculos, lo siguiente, citando textualmente:

*“En lugar del punto 4.2.3.1, para el sistema de ancho de vía nominal de 1668 mm, la parte superior del gálibo de implantación de obstáculos se fijará sobre la base de los gálidos establecidos en el cuadro 29 y el cuadro 30, que se definen en el anexo D, sección D.4.11, de la norma EN 15273-3:2013”.*

**Gálidos para tráfico de pasajeros en la red española**

Código de tráfico	Gálibo de partes superiores
P1	GEC16
P2	GEB16
P3	GEC16
P4	GEB16
P5	GEB16
P6	GHE16

*Tabla 3. Gálibo para tráfico de pasajeros en la red española*

Cuadro 30

**Gálibos para tráfico de mercancías en la red española**

Código de tráfico	Gálibo de partes superiores
F1	GEC16
F2	GEB16
F3	GEB16
F4	GHE16

Tabla 4. Gálibo para tráfico de mercancías en la red española.

Como resultado de todo lo expuesto anteriormente se puede obtener cuales son los gálibos a implantar en vías de ancho ibérico.

En el caso objeto de estudio, estas serían P4 y F2, resultando en ambos casos un gálibo de aplicación GEB16.

**GÁLIBO DE IMPLANTACIÓN PARA LAS PARTES BAJAS**

Al igual que para el gálibo de implantación de las partes altas, el gálibo de implantación de obstáculos para partes bajas se describe en el apartado 4.2.3.1. del Reglamento para la vía de ancho estándar y del apartado 7.7.15.1. para ancho ibérico.

Según normativa, el gálibo de implantación de obstáculos de partes bajas será GI2 para ancho estándar y GEI2 para ancho de vía nominal de 1668 mm.

A continuación, se muestran los contornos de ambos:

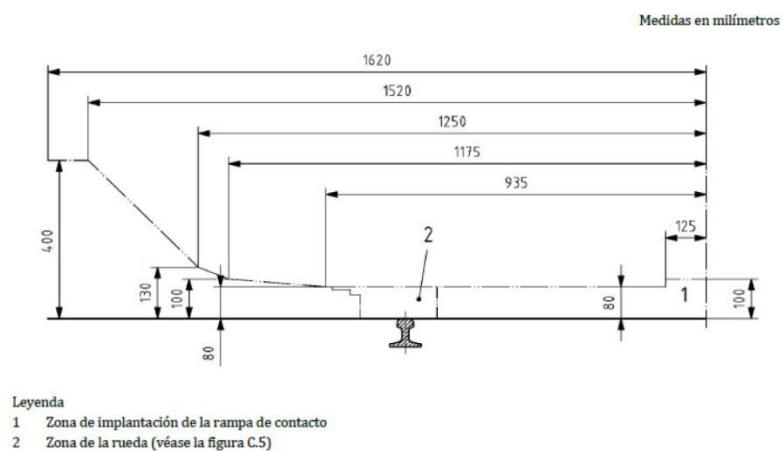


Imagen 15. Perfil de referencia del gálibo cinemático GI2

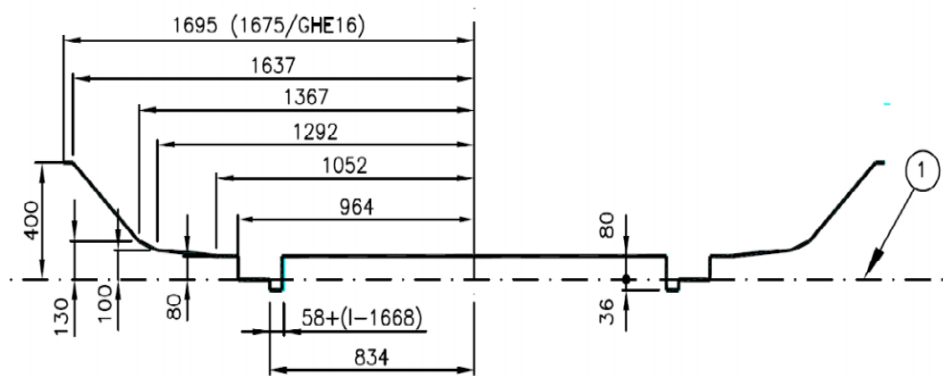


Imagen 16. Perfil de referencia del gálibo cinemático GEI2

### 3.3.2. Instrucción Ferroviaria de Gálbos

En general, el gálibo de implantación de obstáculos a respetar en líneas nuevas o acondicionadas será el gálibo uniforme de implantación de obstáculos.

Siguiendo la Instrucción Ferroviaria de Gálbos, una línea se considera nueva si crea un itinerario donde no exista ninguno con anterioridad. Por lo tanto, se considera que la actuación de instalar tercer carril en la línea no se encuentra recogida en la definición anterior, pudiendo adoptar entonces los criterios para líneas acondicionadas.

En situaciones excepcionales, como consecuencia de condicionantes técnicos o económicos, la Autoridad Ferroviaria podrá autorizar en determinados tramos o secciones de la línea un gálibo límite o nominal de implantación de obstáculos obtenido a partir de los parámetros de trazado de ese tramo o sección.

En el caso de vía con tres hilos, para la circulación simultánea de vehículos en ancho ibérico y estándar europeo, el gálibo de implantación de obstáculos será el envolvente de ambos.

En el apartado “1.3.2. Gálibo de implantación de obstáculos” de la IFG, se establecen los gálbos de implantación de obstáculos en las líneas con ancho de vía estándar o ibérico.

### **DEFINICIONES**

Según la norma UNE-EN 15273-3:2.014+A1:2017, Aplicaciones ferroviarias. Gálbos. Parte 3: Gálbos de implantación de obstáculos, el gálibo de implantación de obstáculos es el espacio en torno a la vía que no debe ser invadido por obstáculos, ni por vehículos que circulen

por las vías adyacentes, al objeto de preservar la seguridad en la explotación. En dicha norma se consideran tres tipos de gálidos de implantación de obstáculos:

- **Gálido límite:** Se define para un punto o tramo de línea. Delimita el espacio que no debe invadir ningún obstáculo en circunstancia alguna, a fin de permitir la circulación normal de los vehículos, más una reserva para considerar las variaciones tolerables de la posición de la vía que se producen entre dos operaciones normales de mantenimiento. Este gálido se utiliza, por ejemplo, para comprobar si es posible el paso de transportes excepcionales por un determinado punto.
- **Gálido nominal:** Se define para un punto o tramo de línea. Es similar al gálido límite, pero incorporando unos márgenes complementarios para la circulación de transportes excepcionales, incrementos de velocidad, etc.
- **Gálido uniforme:** Se define para una línea. Es un gálido nominal obtenido para una envolvente de parámetros (radios, peraltes, etc.) suficientemente desfavorables, que no se superan en la mayor parte de la línea. De esta forma se puede utilizar un único gálido para toda ella, comprobando que no se superan los parámetros de partida.  
Se define a partir de los contornos de referencia de los gálidos cinemático: GEB16, GEC16, GB, GC, GEE10 y GED10. No se considera el del gálido GEA16, pues se asimila al que se obtiene del GEB162.

### **GÁLIDO DE IMPLANTACIÓN DE OBSTÁCULOS PARA PARTES ALTAS**

A continuación se muestra el cuadro 1.2, del apartado “1.3.2. Gálido de implantación de obstáculos”, donde se indican los gálidos de implantación de obstáculos a respetar en las partes altas en función del tipo de línea (nuevas o acondicionadas) y del ancho de vía.

Tipo de línea	Galibo uniforme de implantación de obstáculos			Gálibo en situaciones excepcionales			
	Ancho de vía	1435 mm	1668 mm	Ancho mixto (tres carriles) <sup>(8)</sup>	1435 mm	1668 mm	Ancho mixto (tres carriles)
Líneas nuevas	GC	GEC16	GEC16+GC	(4) (5)			(8)
Líneas acondicionadas	GC GB <sup>(1)</sup>	GEC16 GEB16 <sup>(2)</sup>	GEC16+GC GEC16+GB <sup>(3)</sup> GEB16+GC <sup>(3)</sup> GEB16+GB <sup>(3)</sup>	(6)	(7)		

*Cuadro 1.2. Gálibos de implantación de obstáculos en partes altas a considerar en cada tipo de línea (ancho de vía 1435 mm y 1668 mm)*

- (1) Cuando mediante un estudio de viabilidad técnica y económica se demuestre la no conveniencia del gálibo GC.
- (2) Cuando mediante un estudio de viabilidad técnica y económica se demuestre la no conveniencia del gálibo GEC16.
- (3) Cuando mediante un estudio de viabilidad técnica y económica se demuestre la no conveniencia del gálibo GEC16+GC.
- (4) Cuando para algún tramo de línea exista un itinerario alternativo que cumpla el gálibo uniforme de implantación de obstáculos, la Autoridad Ferroviaria podrá autorizar excepcionalmente en dicho tramo, por condicionantes técnicos o económicos, un gálibo mayor o igual al gálibo límite de implantación de obstáculos, calculado con las características del tramo.
- (5) Cuando para algún tramo de línea no exista itinerario alternativo que cumpla el gálibo uniforme de implantación de obstáculos, la Autoridad Ferroviaria podrá autorizar excepcionalmente en dicho tramo, por condicionantes técnicos o económicos, un gálibo mayor o igual al gálibo nominal de implantación de obstáculos, calculado con las características del tramo.
- (6) La Autoridad Ferroviaria podrá autorizar excepcionalmente por condicionantes técnicos o económicos, algún tramo con un gálibo mayor o igual al gálibo límite de implantación de obstáculos GB, calculado con las características del tramo.
- (7) La Autoridad Ferroviaria podrá autorizar excepcionalmente, por condicionantes técnicos o económicos, algún tramo con el gálibo existente GHE16.
- (8) Gálibo envolvente definido por la combinación del gálibo considerado en cada ancho, teniendo en cuenta la posición del tercer carril.

*Tabla 5. Gálibos de implantación de obstáculos a respetar en las partes altas.*

Para las líneas acondicionadas, el gálibo que recomienda la IFG corresponde al GEC16, aunque permite la implantación del gálibo GEB16 cuando mediante un estudio de viabilidad técnica económica se demuestra la no conveniencia del gálibo GEC16.

**GÁLIBO DE IMPLANTACIÓN DE OBSTÁCULOS PARA PARTES BAJAS**

A continuación se muestra el cuadro 1.3, del apartado “1.3.2. Gálido de implantación de obstáculos”, donde se indican los gálidos de implantación de obstáculos a respetar en las partes bajas en cada tipo de línea.

Tipo de línea	Ancho de vía	
	1435 mm	1668 mm
Apta para transporte mediante autopista ferroviaria <sup>(1)</sup>	GI3	GEI3
No apta para transporte mediante autopista ferroviaria	GI2	GEI2

*Cuadro 1.3. Gálidos de implantación de obstáculos en partes bajas a considerar en cada tipo de línea (ancho de vía 1435 mm y 1668 mm)*

(1) El gálido de partes bajas apto para transporte mediante autopista ferroviaria se establecerá en los nuevos corredores de mercancías y tráfico mixto así como en aquellos acondicionamientos de corredores existentes que determine la Autoridad Ferroviaria. En el caso de líneas acondicionadas la implementación de dicho gálido deberá ir precedida de un estudio de viabilidad técnica y económica.

*Tabla 6. Gálidos de implantación de obstáculos a respetar en las partes bajas.*

El apartado “2.7.1. Contornos de referencia” de la IFG, establece los siguientes contornos de referencia para partes bajas de ancho ibérico:

- GEI1: material rodante apto para circular por vías equipadas con frenos de vía en posición activa y lomos de asno de las estaciones de clasificación.
- GEI2: material rodante no apto para circular por vías equipadas con frenos de vía en posición activa ni lomos de asno de las estaciones de clasificación. Los vehículos motores de maniobras utilizados en las estaciones de clasificación podrán tener el gálido GEI2 si van a pasar por lo lomos de asno con los frenos de vía en posición no activa.
- GEI3: material rodante apto para circular por vías condicionadas para transporte mediante autopista ferroviaria.

El apartado “2.8.1. Contornos de referencia” de la IFG, establece los siguientes contornos de referencia para partes bajas de ancho estándar:

- GI1: material rodante apto para circular por vías equipadas con frenos de vía en posición activa y lomos de asno de las estaciones de clasificación.

- GI2: material rodante no apto para circular por vías equipadas con frenos de vía en posición activa ni lomos de asno de las estaciones de clasificación. Los vehículos motores de maniobras utilizados en las estaciones de clasificación podrán tener el gálibo GI2 si van a pasar por los lomos de asno con los frenos de vía en posición no activa.
- GI3: material rodante apto para circular por vías acondicionadas para transporte mediante autopista ferroviaria.

Dado que la línea objeto de estudio es un acondicionamiento de una línea existente de un corredor de tráfico mixto, el gálibo mínimo que establece la IFG a implantar en partes bajas es GEI2 para ancho ibérico y GI2 para ancho estándar.

En las líneas de ancho mixto el gálibo de partes bajas será una envolvente del gálibo considerado en cada ancho.

### **CONCLUSIONES**

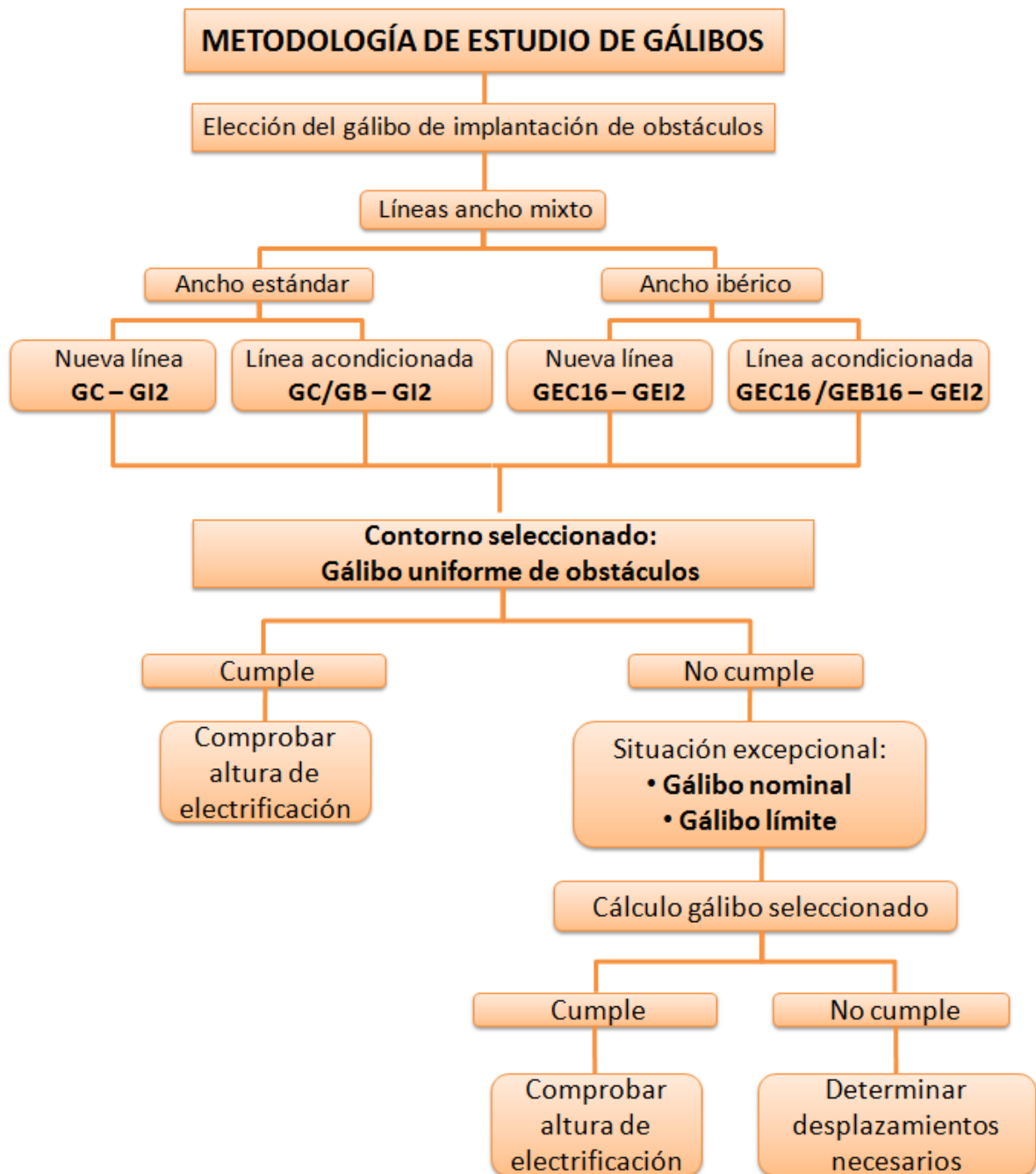
En general, el gálibo de implantación de obstáculos a respetar tanto en líneas nuevas como acondicionadas es el gálibo uniforme de implantación de obstáculos.

Por todo lo expuesto anteriormente, el gálibo de implantación de obstáculos propuesto es GC o GBy GI2 para vías ancho estándar y GEC16 o GEB16 y GEI2 para vías de ancho ibérico. En las líneas de ancho mixto el gálibo será una envolvente del gálibo considerado en cada ancho.

En situaciones excepcionales, como consecuencia de condicionantes técnicos o económicos, la Autoridad Ferroviaria podrá autorizar en determinados tramos o secciones de la línea un gálibo límite o nominal de implantación de obstáculos obtenido a partir de los parámetros de trazado de ese tramo o sección.

Por lo tanto, en todas aquellas secciones, en las que se ha detectado incumplimiento del gálibo uniforme de implantación de obstáculos, se ha realizado un estudio específico de gálidos. Siendo el proceso a seguir el que se recoge en el siguiente esquema:





### 3.5. ANDÉN

La implantación del ancho mixto en vías con tráfico de viajeros hace necesario adecuar sus andenes a la explotación de circulaciones en ambos anchos. Esto hace tener que adoptar una solución de compromiso en borde de andén, tanto para tráficos de ancho convencional como para tráficos de ancho estándar.

En el presente apartado, se va a exponer la problemática que la implantación del tercer carril en una línea provoca en los andenes.

#### 3.5.1 Análisis de la implantación de la vía mixta sobre la infraestructura

La Instrucción Ferroviaria de Gálibos establece las distancias desde eje a borde de andén para ambos anchos.

En el apartado “3.10.6. Distancia entre eje de vía y borde de andén” se recoge una tabla para líneas con ancho ibérico:

Altura del andén ( $h_a$ ), en mm.	Borde de andén	Radio de la curva ( $R$ ), en m					
		$R \geq 5000$ m		$5000 > R \geq 1000$ m		$1000 > R \geq 250$ m	
		Peralte ( $D$ ), en mm					
		$D=0$	$D=115$ mm	$D=0$	$D=115$ mm	$D=0$	$D=115$ mm
760	Exterior	1750	1750(*)	1755	1755(*)	1765	1765(*)
	Interior	1750	1795	1755	1800	1765	1810
680	Exterior	1745	1745(*)	1750	1750(*)	1760	1760(*)
	Interior	1745	1790	1750	1790	1760	1805

(\*) Para el caso de andén exterior y vía con peralte conviene utilizar el valor correspondiente a vía sin peralte, en previsión de un posible cambio durante la vida de la vía a peralte cero.

Tabla 7. Distancia entre el eje de vía y borde de andén en ancho ibérico.

En el apartado “3.11.6. Distancia entre eje de vía y borde de andén” se recoge una tabla para líneas con ancho estándar europeo:

Altura del andén ( $h_a$ ), en mm.	Borde de andén	Radio de la curva ( $R$ ), en m					
		$R \geq 5000$ m		$5000 > R \geq 1000$ m		$1000 > R \geq 250$ m	
		Peralte ( $D$ ), en mm					
		$D=0$	$D=100$ mm	$D=0$	$D=100$ mm	$D=0$	$D=100$ mm
760	Exterior	1675	1675(*)	1680	1680(*)	1690	1690(*)
	Interior	1675	1720	1680	1725	1690	1735
680	Exterior	1670	1670(*)	1675	1675(*)	1685	1685(*)
	Interior	1670	1715	1675	1715	1685	1730

(\*) Para el caso de andén exterior y vía con peralte conviene utilizar el valor correspondiente a vía sin peralte, en previsión de un posible cambio durante la vida de la vía a peralte cero.

Tabla 8. Distancia entre el eje de vía y borde de andén en ancho estándar.

La configuración homologada de ancho mixto está basada en la utilización compartida de uno de los 3 carriles para ambos anchos, por lo tanto las posibles situaciones que se encuentran en andenes de ancho mixto son las siguientes:

- Carril común situado en el lado más cercano del borde de andén.
- Carril común situado en el lado más alejado del borde de andén.

### **CARRIL COMÚN SITUADO EN EL LADO MÁS CERCANO DEL BORDE DE ANDÉN**

La implantación del ancho mixto en una línea que se explota en ancho convencional puede generar en las infraestructuras existentes interacción de las circulaciones de ancho estándar con los bordes de andén existentes, motivo por el cual es necesario abordar actuaciones de adecuación de los mismos.

Estas actuaciones consisten en modificar dichos bordes de andén de modo que en todo momento se respete la distancia mínima al borde de andén establecido en la normativa.

En esta situación, en la que el carril común está situado en el lado más cercano del borde de andén, el gálibo de los servicios de ancho estándar constituye el factor limitante, ya que son los servicios que quedarán más próximos al borde de andén. Esto es así, ya que el eje de vía se encuentra más cercano al andén que el correspondiente a tráfico de ancho convencional.

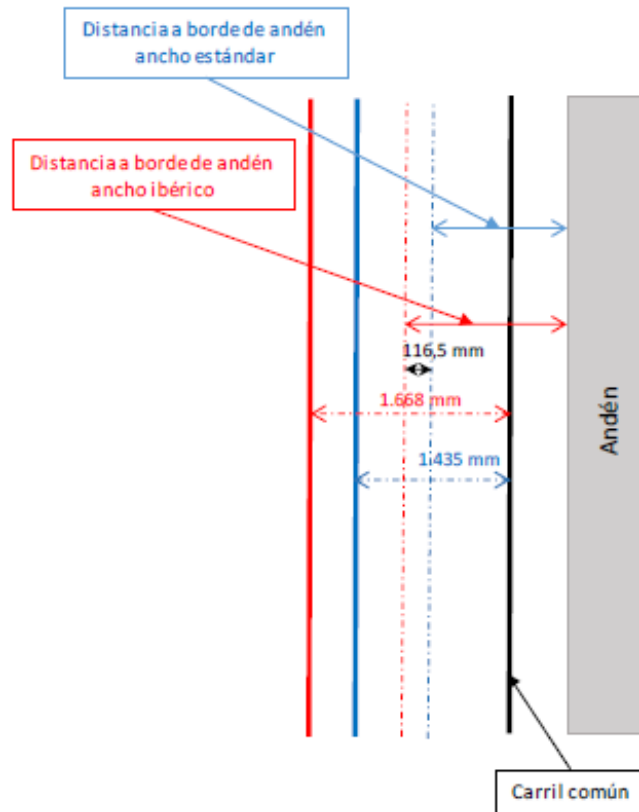


Imagen 17. Dibujo esquemático de las distancias entre eje de vía y borde de andén en una vía mixta con el carril común del lado cercano al andén

Tal como se puede apreciar en la imagen, el desfase entre los ejes de vías es de 116,5 mm. Para esta situación y según los valores establecidos por normativa para la vía de ancho estándar, ya que es la vía que en este caso condiciona, el incremento de la distancia desde eje de ancho ibérico al borde de andén a los valores establecidos por normativa es de 41,5 mm.

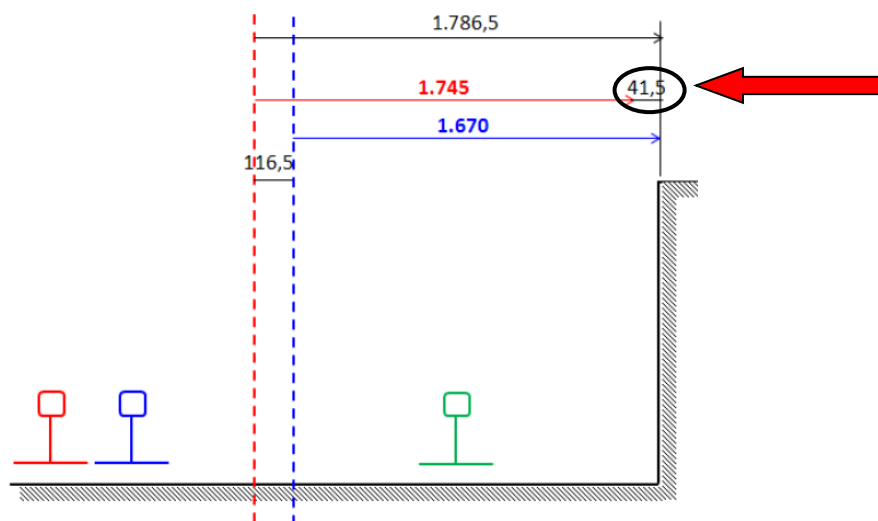
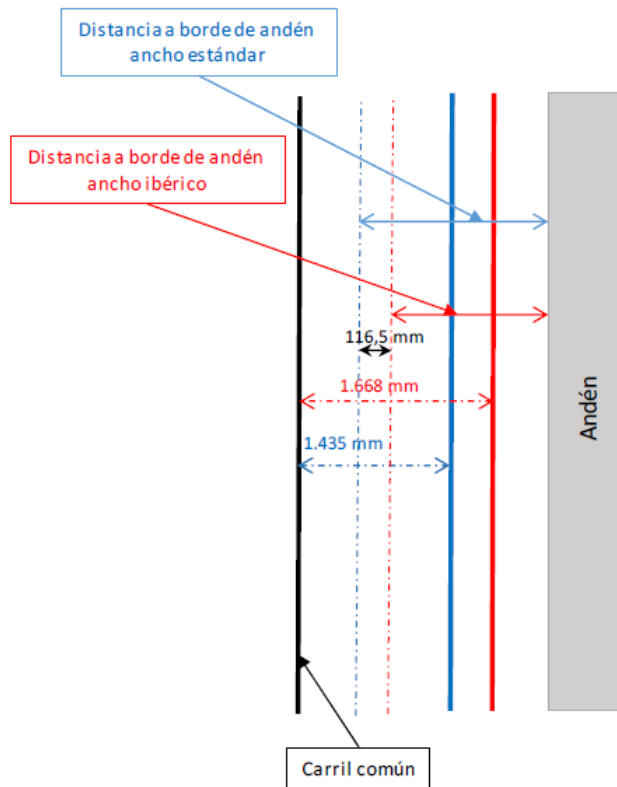


Imagen 18. Dibujo esquemático de las distancias entre eje de vía y borde de andén en una vía mixta con el carril común del lado cercano al andén

**CARRIL COMÚN SITUADO EN EL LADO MÁS LEJANO DEL BORDE DE ANDÉN**

La implantación del ancho mixto en una línea que se explota en ancho convencional puede generar en las infraestructuras existentes interacción de las circulaciones de ancho estándar con los bordes de andén existentes. En este caso, cuando el hilo común se sitúa en el lado más lejano del borde de andén, y siempre que se mantenga el eje de vía convencional, no genera problemas de interacción de las circulaciones con el borde de andén.

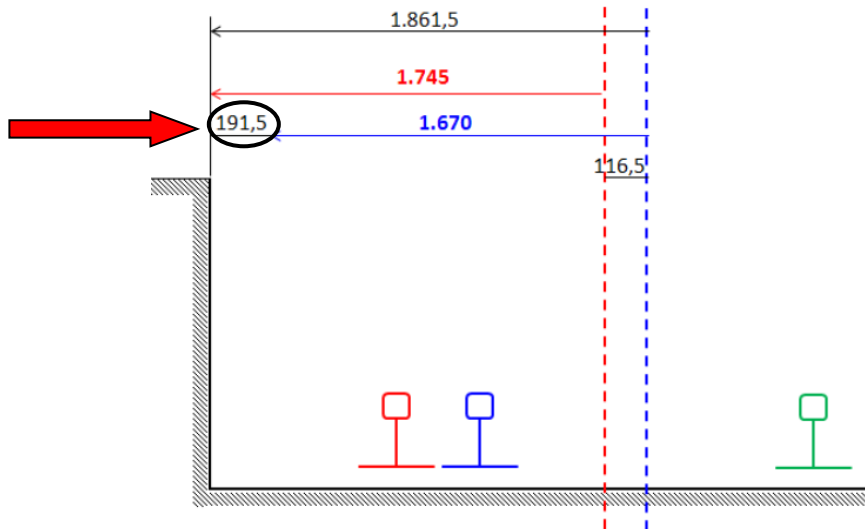
En esta situación, en la que el carril común está situado en el lado más lejano del borde de andén, el gálibo de los servicios de ancho convencional constituye el factor limitante, ya que su eje de vía se encuentra más cercano al andén que el correspondiente a tráfico de ancho estándar.



*Imagen 19. Dibujo esquemático de las distancias entre eje de vía y borde de andén en una vía mixta con el carril común del lado lejano al andén*

Para esta situación, y siendo la distancia de ancho ibérico la que condiciona, es la distancia desde el eje de vía de ancho estándar europeo a borde de andén la que incrementa el valor establecido por la normativa. En este caso el incremento supone 191,5 mm adicionales.

Esta situación en la que la distancia entre el eje de vía estándar y el borde del andén es mayor de lo establecido por la normativa vigente, se puede resolver para el caso de tráfico de viajeros, mediante los peldaños móviles que debería disponer el material móvil, o como se desarrolla en el presente trabajo, el propio andén.



*Imagen 20. Dibujo esquemático de las distancias entre eje de vía y borde de andén en una vía mixta con el carril común del lado lejano al andén.*

### 3.5.2 Análisis de la implantación de la vía mixta sobre el material rodante

La Especificación técnica de interoperabilidad relativa a la accesibilidad del sistema ferroviario de la Unión para personas con discapacidad y movilidad reducida se aplica entre a otros subsistemas, a la especificación técnica de interoperabilidad del subsistema de material rodante, «locomotoras y material rodante de viajeros», estableciendo en el punto 4.2.2.11. Posición del escalón para entrar y salir del vehículo” de la ETI, lo siguiente (cita textualmente):

*“Deberá demostrarse que el punto situado en el centro del borde exterior del peldaño de acceso de cada puerta de acceso de los viajeros a ambos lados de un vehículo en condiciones de servicio con ruedas nuevas colocadas centralmente en la vía se encuentra en el interior de la superficie descrita como «situación del escalón» en la figura 1 siguiente:”*

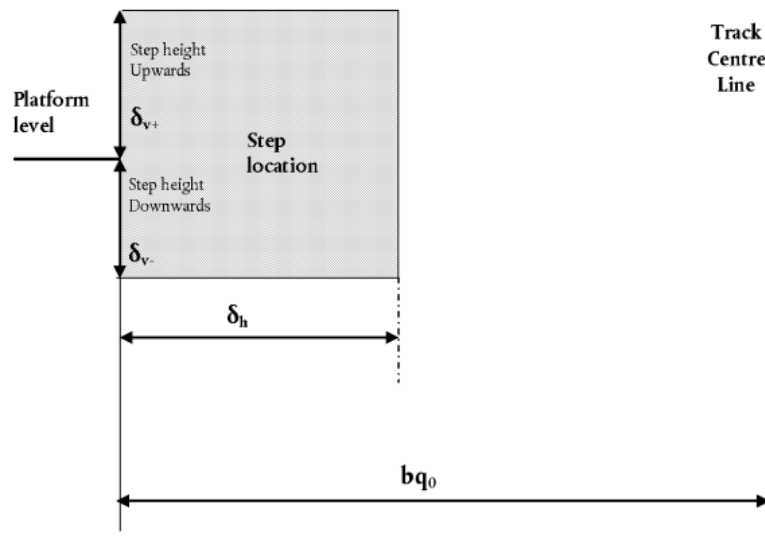


Imagen 21. Superficie donde debe situarse el escalón para entrar y salir del vehículo.

Los valores de los parámetros que determinan esta área dependerán del tipo de andén en el que se encuentre previsto que se detenga el material rodante. Estos parámetros están recogidos en los cuadros 7 y 8 de la ETI relativa a la accesibilidad del sistema ferroviario de la Unión para personas con discapacidad y movilidad reducida, para andenes de 550 mm y 760 mm.

	$\delta_h$ mm	$\delta_{v+}$ mm	$\delta_{v-}$ mm
en vía recta a nivel	200	230	160
en vía curva de radio de 300 m	290	230	160

Tabla 9. Valores  $\delta_h$ ,  $\delta_{v+}$  y  $\delta_{v-}$  para andenes de 550mm.

	$\delta_h$ mm	$\delta_{v+}$ mm	$\delta_{v-}$ mm
en vía recta a nivel	200	230	160
en vía curva de radio de 300 m	290	230	160

Tabla 10. Valores  $\delta_h$ ,  $\delta_{v+}$  y  $\delta_{v-}$  para andenes de 760mm.

En el apartado 7.3.2.6. de la ETI para personas con discapacidad y movilidad reducida aparecen para determinados casos específicos la posición del escalón para entrar y salir del vehículo. Entre dichos casos, se encuentra el caso específico de España para la red de ancho de vía 1668 mm. A continuación se exponen dichos valores:

En vía recta a nivel				
Posición del peldaño	Gálibo de implantación de obstáculos de la línea			
	GEC16 o GEB16	GHE16		Vía con tercer carril (nota 1)
		760 o 680 mm	550 mm	
$\delta_h$ mm	275	275	255	316,5
$\delta_{v+}$ mm	230			
$\delta_{v-}$ mm	160			
bq 0	1 725	1 725	1 705	1 766,5

**Tabla 11. Valores  $\delta_h$ ,  $\delta_{v+}$ ,  $\delta_{v-}$  y bq0 en una vía recta a nivel.**

En vía curva de radio 300 m				
Posición del peldaño	Gálibo de implantación de obstáculos de la línea			
	GEC16 o GEB16	GHE16		Vía con tercer carril (nota 1)
		760 o 680 mm	550 mm	
$\delta_h$ mm	365	365	345	406,5
$\delta_{v+}$ mm	230			
$\delta_{v-}$ mm	160			
bq0	1 737,5	1 737,5	1 717,5	1 779

Nota 1: Estos valores se aplicarán cuando el carril común esté situado en la posición más próxima al andén. Si el carril común está en la posición más alejada del andén, la posición del peldaño utilizable se adaptará a las medidas adecuadas en función del gálibo de implantación de obstáculos de la línea y de la altura del andén, tal como se define en las columnas correspondientes al ancho de vía de 1 668 mm con dos carriles.

**Tabla 12. Valores  $\delta_h$ ,  $\delta_{v+}$ ,  $\delta_{v-}$  y bq0 en una vía curva de radio de 300m.**

En el tramo objeto de estudio, la altura de los andenes existentes es de 680 mm. El apartado “4.2.9.2. Altura de los andenes” de la ETI de infraestructura establece que la altura nominal de los andenes son de 550 y 760 mm. A pesar de esto, tal y como se hace referencia en el apartado “7.7.15.6. Altura de andenes” de la ETI de infraestructura, para andenes que den servicio a viajeros procedentes exclusivamente de cercanías y media distancia, así como, a andenes que den servicio a combinaciones simultáneas de cercanías y media distancia con servicios de larga distancia, se permite una altura de andén sobre el plano de rodadura de 680 mm, por lo tanto, se mantienen las alturas de 680 mm existentes.

Los valores de parámetros para la altura de andén de 680 mm no se encuentran previstos para ancho estándar en la ETI de accesibilidad. Sin embargo, se puede estimar que los valores de



los parámetros no variarán puesto que para las dos alturas de andén interoperables 500 y 760 mm los valores son los mismos tanto en recta como en curva.

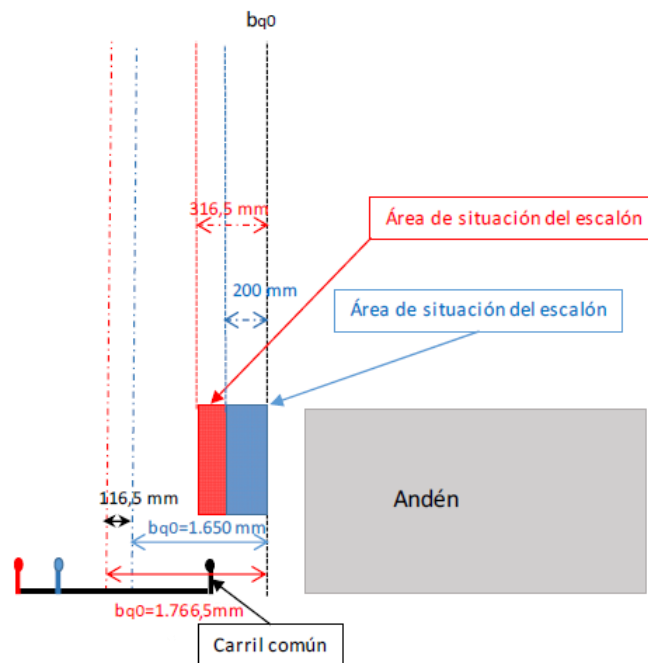
A continuación, se muestran los esquemas de la situación del peldaño en las dos situaciones.

**SITUACIÓN DEL PELDAÑO CON CARRIL COMÚN SITUADO EN EL LADO MÁS CERCANO DEL BORDE DE ANDÉN (RECTA)**

En esta situación en la que el carril común está más próximo al andén, es el eje de ancho estándar el que condiciona la distancia a borde de andén. La distancia máxima desde eje de vía de ancho estándar ( $b_{q0}$ ) es 1650 mm y esta distancia puede disminuirse 200 mm ( $\delta_h$ ), haciendo variar la distancia entre 1650 y 1450 mm.

En la tabla 11 del presente trabajo, procedente de la ETI relativa a la accesibilidad del sistema ferroviario de la Unión se establecen dentro de los casos específicos para el caso de España en ancho ibérico unos valores específicos en el caso de vía con tercer carril cuando el carril común esté más próximo al andén. Estos valores son para recta, un  $b_{q0}$  de 1766,5 mm y un  $\delta_h$  de 316,5 mm.

Dado que el eje en este caso se encuentra desplazado 116,5 mm, en la posición del peldaño más cercano al andén, ambos coinciden en ubicación.



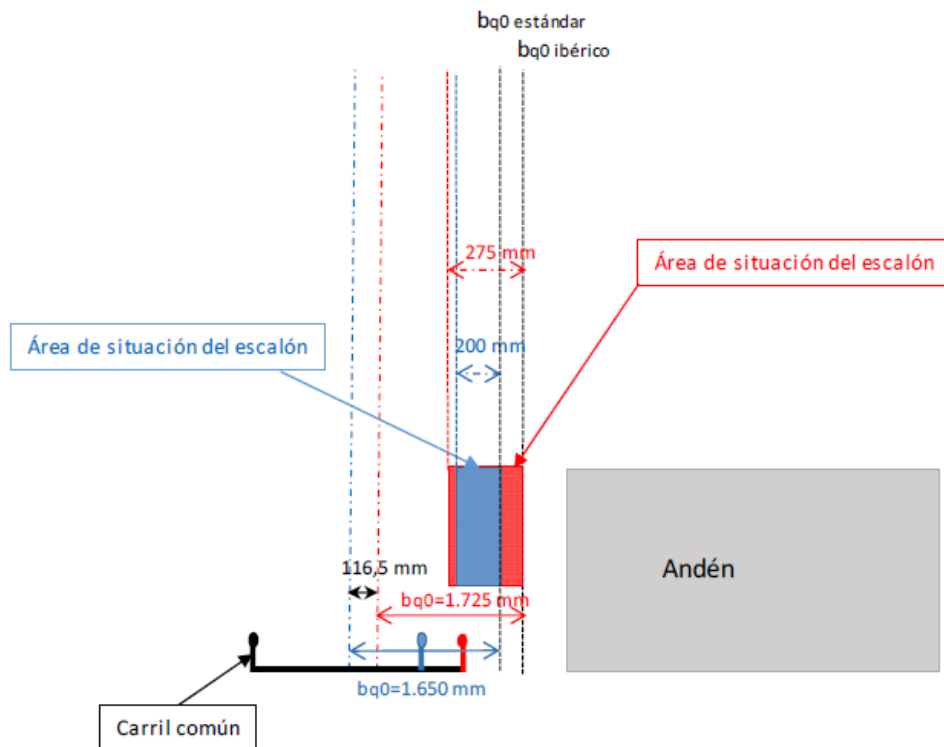
*Imagen 22. Dibujo esquemático de la distancia máxima desde el eje de vía al límite máximo del escalón del material móvil con el carril común del lado cercano al andén*

**SITUACIÓN DEL PELDAÑO CON EL CARRIL COMÚN SITUADO EN EL LADO MÁS LEJANO DEL BORDE DE ANDÉN (RECTA)**

Para esta situación, la ETI de accesibilidad del sistema ferroviario de Unión establece para los vehículos de viajeros que van a circular por ancho estándar los valores de  $b_{q0} = 1.650 \text{ mm}$  y  $\delta_h = 200 \text{ mm}$ , coincidiendo con los del apartado anterior.

Para el caso de vehículos a circular por el eje de ancho ibérico, el caso particular de la ETI establece los siguientes valores,  $b_{q0} = 1.725 \text{ mm}$  y  $\delta_h = 275 \text{ mm}$ .

Con estos valores, la diferencia entre las posiciones del escalón en su posición más desplegada, teniendo en cuenta la diferencia de implantación de ejes que implica la vía mixta, es de 191,5 mm.



*Imagen 23. Dibujo esquemático de la distancia máxima desde el eje de vía al límite máximo del escalón del material móvil con el carril común del lejano al andén*

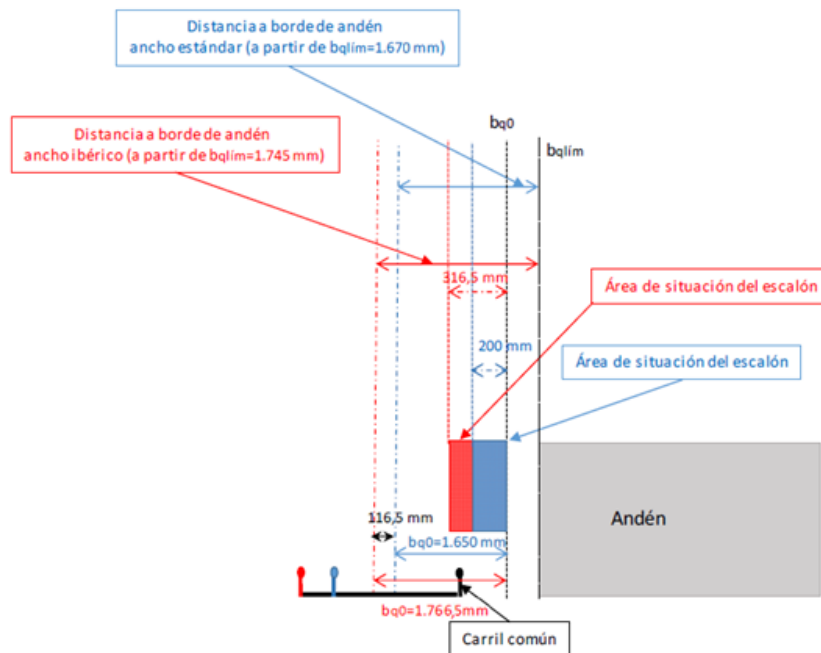
**CONCLUSIONES**

Según lo expuesto en los apartados anteriores, la distancia a borde de andén desde eje de vía condiciona y está relacionada con el hueco libre entre peldaño (del material móvil) y andén.

La distancia a borde de andén desde eje de vía se establece en la ETI del subsistema de infraestructuras y se establece sobre la base del gálibo límite de instalación  $b_{qlim}$ , mientras que la posición exterior del peldaño del vehículo de viajeros se establece en la ETI de accesibilidad del sistema ferroviario sobre el  $b_{q0}$ .

En la situación en la que el carril común es el más próximo al andén, el  $b_{qlim}$  de ancho ibérico queda desplazado 41,5 mm con respecto al  $b_{qlim}$  de ancho estándar (que es el ancho que condiciona en esta situación). Dado que el eje de vía se encuentra desplazado 116,5 mm, en este caso, la posición del peldaño más cercano al andén ( $b_{q0}$ ), coinciden en ubicación en ambos anchos (ibérico y estándar).

Se tiene una distancia horizontal del peldaño del vehículo al borde de andén, que varía entre 200 mm (mínimo) y 336.5 mm (máxima). Ver esquema siguiente:



*Imagen 24. Dibujo esquemático de las distancias más relevantes del análisis realizado en el presente apartado con el carril común del lado cercano al andén*

En la situación en la que el carril común es el más alejado al andén, es el eje de ancho ibérico que está ubicado en la posición que establece la normativa, por lo que no se analiza las distancias entre material móvil y la infraestructura.

En el caso del ancho estándar, se tiene una distancia horizontal del peldaño del vehículo a borde de andén ( $b_{qlim}$ ) que varía entre 211,5 mm (mínima) y 411,5 mm (máxima). Ver esquema siguiente:

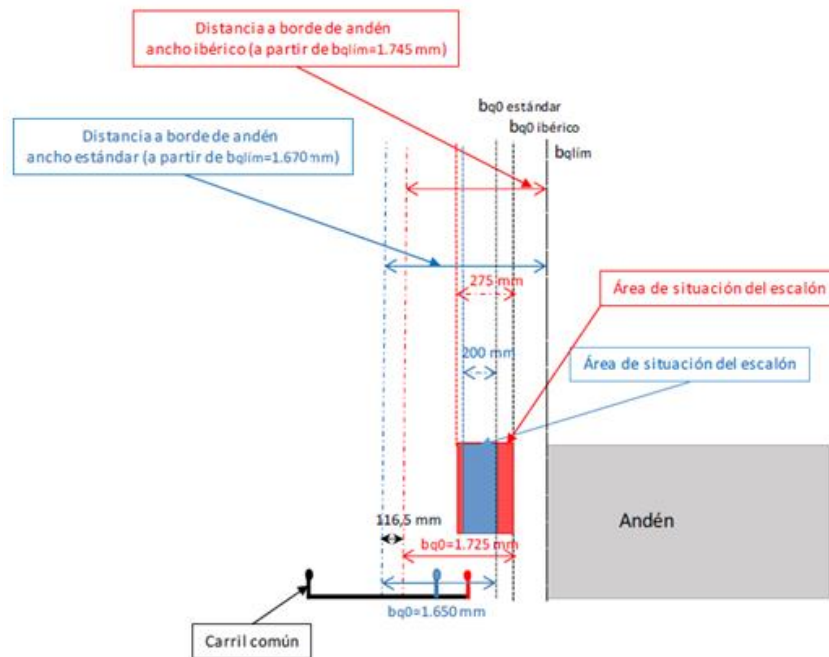


Imagen 25. Dibujo esquemático de las distancias más relevantes del análisis realizado en el presente apartado con el carril común del lado lejano al andén.

## *CAPÍTULO IV*

# **Prototipo de borde de andén retráctil**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

Del estudio de gálibos del apartado anterior, se puede concluir que acondicionar una línea de ancho ibérico a ancho mixto tiene una serie de implicaciones en los andenes de las estaciones entre otras muchas.

Estas implicaciones pueden limitarse a la posición del borde del andén, pero puede que ser mayor si se necesita ampliar entreje o se reduce la longitud útil del andén. Por lo tanto, el grado de afección es relevante.

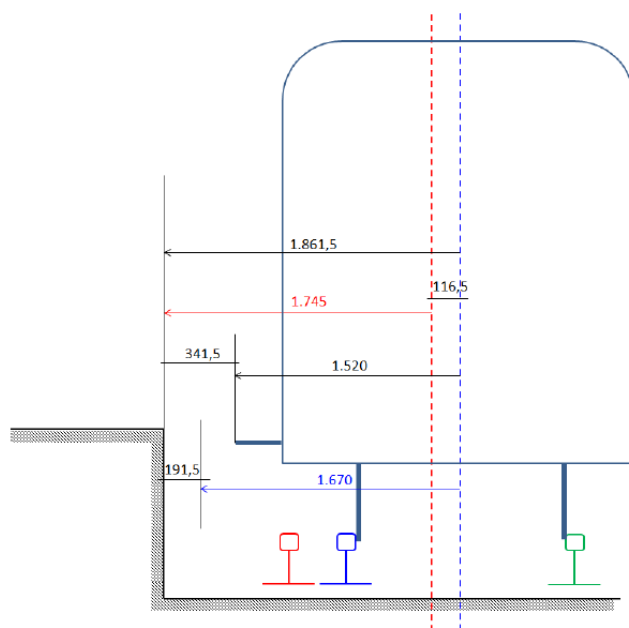
La problemática a la que se pretende dar solución con este trabajo es a la distancia que existe entre el borde del andén y el coche en algunas estaciones. Como se ha visto en el estudio de gálibos esta distancia varía dependiendo de donde esté situado el hilo común del tercer carril, es decir, si queda en el lado más próximo al andén, o por el contrario está situado en el lado más lejano al borde de andén.

En el apartado anterior se ha comprobado que la situación más crítica es cuando el hilo común se encuentra en el lado más alejado del andén, ya que la distancia mínima por normativa que queda entre el límite del ancho ibérico y el ancho convencional es 191,5 mm. Esta distancia se ve bastante reducida cuando es el lado común el que se sitúa más próximo al andén.

Por todo esto, en una estación con ancho mixto, siempre debería estar el carril común del lado más cercano al andén. Una de las posibles soluciones que se pueden llevar a cabo en una línea de ancho mixto, donde al paso por una estación, el carril común no está del lado “correcto”, sería instalar un cambiador de hilo al principio de la estación (ahora el lado común estaría bien situado) y al final de la estación, resolviendo así el problema en la estación y volviendo a situar el lado común según las necesidades de explotación de la línea.

En las situaciones en las que el hilo común está en el lado alejado del andén, los trenes que circulan por ancho estándar no paran en dichas estaciones, o en ciertas vías de dicha estación. Un ejemplo de esto ocurre en la vía 6 de ancho mixto de la estación de Castellón, en la que el carril común está del lado más alejado del andén. En esta situación, los peldaños del S100R que realiza los servicios de ancho estándar quedan alejados unos 34 cm del borde de andén. A continuación se

muestra un croquis del andén y un S100 en la vía de ancho estándar con su estribo desplegado, de modo que pueden observarse las distancias que presentan:



*Imagen 26. Situación actual en la vía 6 de ancho mixto de la estación de Castellón.*

La agencia estatal de seguridad ferroviaria (AESF) no considera apta esta configuración por distancia excesiva entre coche y borde de andén, pese al cumplimiento de la ETI's de Infraestructura y la ETI's relativa a la accesibilidad del sistema ferroviario de la Unión para personas con discapacidad y movilidad reducida. Para reducir esta distancia, se ha procedido al acercamiento del borde de andén a la vía (entre otras actuaciones) provocando la anulación del ancho ibérico en esta vía.

La vía 3 de la estación de Sagunto tiene la misma disposición del tercer carril y por lo tanto la misma problemática. En este caso, puesto que no se puede anular el ancho ibérico en esta vía, porque lo usan los Cercanías, se ha anulado la parada del AVE en dicha vía.

Entre las alternativas que se pueden barajar para dar una solución definitiva a esta problemática pueden ser:

- Reformar el material móvil.
- Instalar cambiadores de hilo.
- Borde de andén retráctil.

Este último punto, será la solución propuesta ante esta problemática en el presente trabajo.

## 4.2. OBJETIVO

El objetivo del presente capítulo es el desarrollo del prototipo de un sistema que permita y facilite la accesibilidad de los viajeros al material móvil desde el borde de andén (o viceversa) en las estaciones con ancho mixto que requiera parada de un tren de ancho estándar.

Se diseñará un borde de andén retráctil, que en posición extendida prolongue el borde de andén al material móvil que circula en ancho estándar, pero en posición recogida no interfiera con el gálibo de ancho ibérico.

En este apartado se describirá de manera concisa, el principio de funcionamiento del sistema, modos de funcionamiento, descripción técnica, ventajas e inconvenientes, así como las posibilidades de implantación que existen actualmente en España.

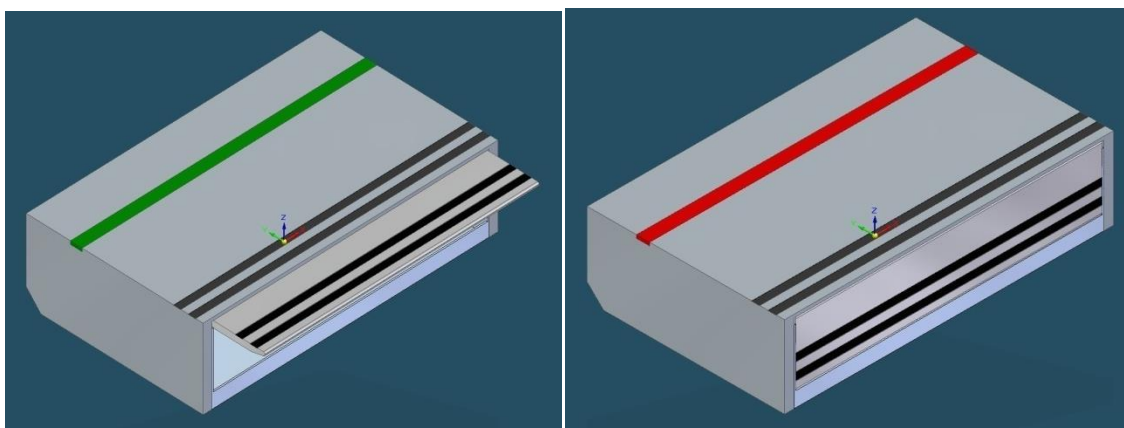
## 4.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento básico será el despliegue del peldaño cuando se detecte un tren en ancho estándar. El primer problema que se plantea es que no todos los trenes que circulen por ancho estándar tienen que parar en la estación, así que sería necesario evitar que el peldaño se desplegara cada una de las veces que un tren en ancho estándar entra en la estación y lo viable sería que simplemente se desplegasen cuando el tren va a parar en la estación.

En primer lugar, unos detectores de ejes situados en la vía detectarían que el tren que circula por la vía es de ancho estándar. Un operario situado en el andén podrá pulsar en un panel el botón que activará el despliegue del peldaño. Si el detector de ejes no detecta el tren, el botón que activa el despliegue del peldaño no estará operativo. Así se podrán evitar errores de despliegues para trenes que circulen con ancho ibérico.

Una vez que el tren entra en la estación, y esto es uno de los inconvenientes que puede presentar el sistema, siempre tendrá que parar en el mismo punto, con un margen de error de +/- 1 metro. Esto es así debido a que los peldaños estarán dispuestos coincidiendo con las puertas del tren. Hay que estudiar si esta solución es viable (hacer parar el tren siempre en el mismo punto, con un margen de error pequeño) porque si no habría que estudiar la posibilidad de implantación de este sistema a lo largo de toda la longitud del andén (alternativa menos viable ya que encarecería altamente el precio de la instalación). No obstante, la combinación del límite de estacionamiento de tren y la posición del andén abatible puede ser una solución total para este inconveniente.

Una vez que el peldaño se ha abatido y está en posición horizontal el sistema quedará enclavado y no podrá volver a su posición hasta que los contadores de ejes a la salida de la estación detecten que todos los ejes de entrada son iguales que todos los de salida. Además, el peldaño contará con células de carga que detectarán si el peldaño está sometido a alguna fuerza. De esta forma, se podrá detectar si hay alguna persona sobre el peldaño en el momento que se va a recoger el sistema, evitando el movimiento del mismo.



*Imagen 27: A la izquierda, borde de andén en posición extendida y a la derecha, borde de andén en posición recogida.*

Además de estas células de carga, el sistema está equipado con señales luminosas y con señales sonoras. Cuando el peldaño inicie el movimiento de despliegue la señal lumínica se iluminará en rojo y la señal sonora se activará, advirtiendo así a los pasajeros tanto visual, como acústicamente, del despliegue del peldaño.

Una vez que el peldaño esté en posición horizontal, la señal lumínica pasará a verde y la señal sonora se desactivará, indicando así a los viajeros que el movimiento del peldaño ha finalizado y que se encuentra listo para su uso.

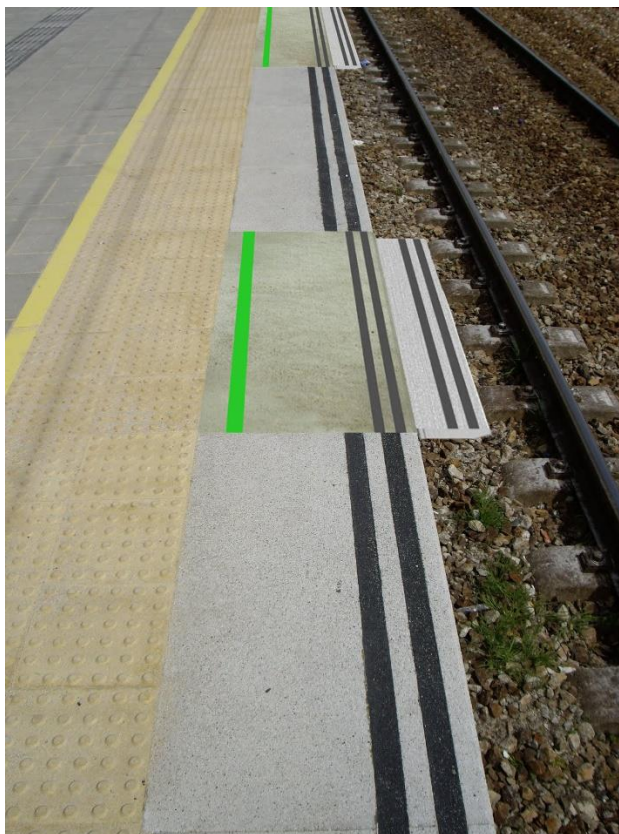
De la misma manera, cuando el peldaño inicie la fase de recogida, la señal visual volverá a iluminarse en rojo y las señales sonoras volverán a activarse, indicando así que el peldaño va a iniciar su movimiento.

Las señales se activarán unos segundos antes de iniciar el movimiento, pudiendo así anunciar a los viajeros que aún se encuentren sobre el peldaño que se va a iniciar el movimiento de éste. A su vez, la recogida el peldaño estará enclavada con los contadores de ejes, de tal forma que nunca se podrá recoger el peldaño hasta que el tren que ha parado en la estación la haya abandonado por



completo. De esta forma se minimiza la posibilidad de la presencia de viajeros sobre el peldaño en el momento de su recogida.

A continuación se puede ver una simulación del sistema incorporado en el andén:



*Imagen 28: Simulación de la implantación del peldaño retráctil en el borde de andén de una estación.*

#### 4.4. MODOS DE FUNCIONAMIENTO

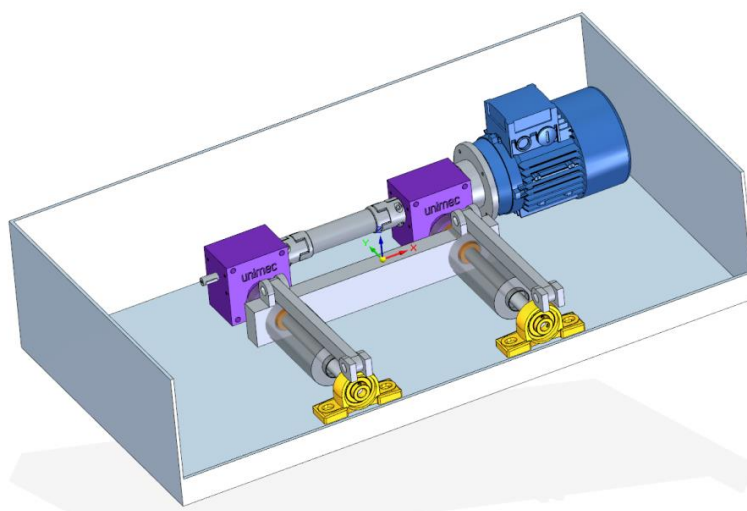
Los modos de funcionamiento del sistema serán:

- **NO DETECCIÓN DE TREN:** Cuando no detecta ningún tren ni en ancho ibérico ni en ancho estándar, el sistema queda bloqueado y el peldaño no podrá desplegarse.
- **DETECCIÓN DE TREN EN ANCHO IBÉRICO:** Cuando los contadores de ejes no detectan tren en ancho estándar, el peldaño no se despliega, y continúa bloqueado. Ni siquiera desde el andén, el operario pulsando al botón de inicio de despliegue, podría iniciar el movimiento, ya que, si los detectores no detectan los ejes de ancho estándar, el sistema permanece bloqueado.

- **DETECCIÓN DE TREN EN ANCHO ESTÁNDAR CON PARADA:** Cuando los contadores de ejes detectan que el tren que circula por la línea es de ancho normal y, a su vez, desde el Puesto de Mando se autorice el desbloqueo del sistema, el mando de despliegue quedará operativo, permitiendo a un operario pulsar el botón de despliegue del peldaño. Una vez que éste se ha abatido y está en posición horizontal, el sistema se vuelve a bloquear, para así evitar errores del operario de pulsar el botón de recogida por error. El sistema se recogerá de manera automática cuando los contadores de ejes detecten que todos los ejes han salido de la estación.
- **DETECCIÓN DE TREN EN ANCHO ESTÁNDAR SIN PARADA:** En este caso, aunque los contadores de ejes detecten que el tren entrante a la estación es de ancho internacional, será el puesto de mando el que no dará autorización al armario de control del sistema de despliegue para iniciar el movimiento, quedando el peldaño enclavado en posición recogida. En cualquier caso, cabe señalar que en caso de desplegarse el peldaño para un tren sin parada circulando en ancho normal, ello no conllevaría ningún tipo de interferencia a nivel de gálibo con el tren circulante, por lo que tampoco se generaría ninguna situación peligrosa.

#### 4.5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

El prototipo diseñado es un sistema modular, que podrá retirarse con facilidad para labores de mantenimiento. Cuando esto ocurre, otro módulo idéntico se incorpora en su lugar, evitando así la parada del sistema. Esto facilita el mantenimiento del sistema, siempre y cuando se disponga de módulos de reserva en buen estado de funcionamiento en todo momento.

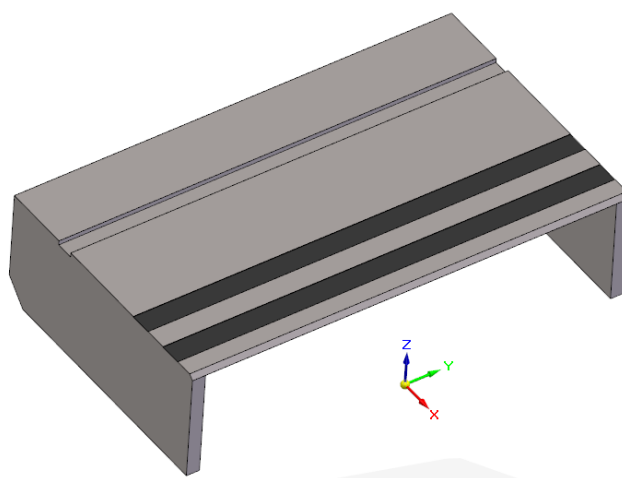


*Imagen 29: Parte modular del todo el sistema.*

El sistema estará formado por los siguientes elementos:

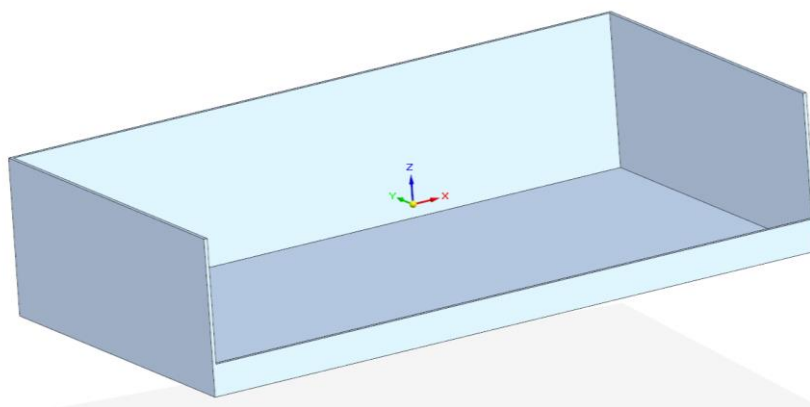
- **Prefabricado de hormigón:** es la pieza de borde de andén y el elemento que protege al sistema. Es de material vibromoldeado de alta resistencia, de color gris granítico, de dimensiones 900x600x220 mm.

Esta pieza llevará incorporada 2 tiras de carborundum de 5 cm de ancho conformada adecuadamente a la pieza. También lleva incorporada tiras de LED que darán las señales lumínicas con su correspondiente carcasa para su protección. En la página 7 de los anexos se puede observar un plano acotado de esta pieza.



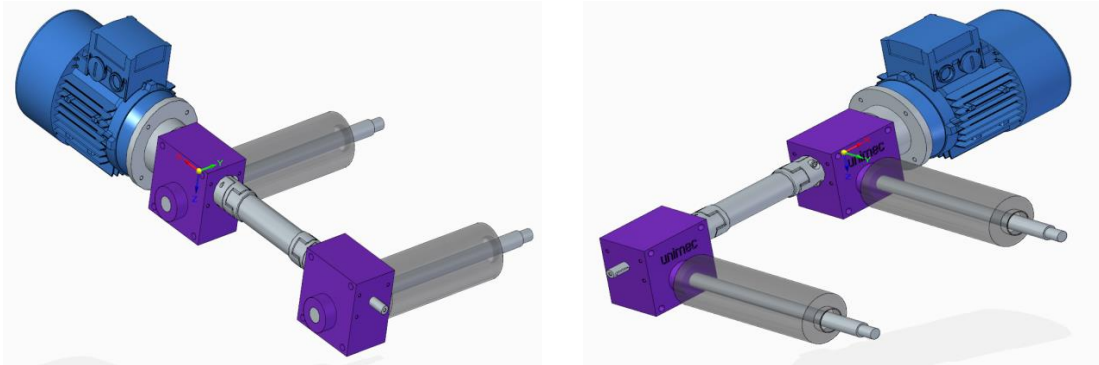
*Imagen 30. Prefabricado de hormigón.*

- **Carcasa interior de acero inoxidable:** esta es la pieza que hace al sistema modular. Es decir, es la pieza que para labores de mantenimiento se extrae completamente con todos los elementos del interior y se puede sustituir por otro módulo, sin necesidad de parar el sistema para labores de mantenimiento. Será de acero inoxidable. En la página 8 de los anexos se puede observar un plano acotado de esta pieza.



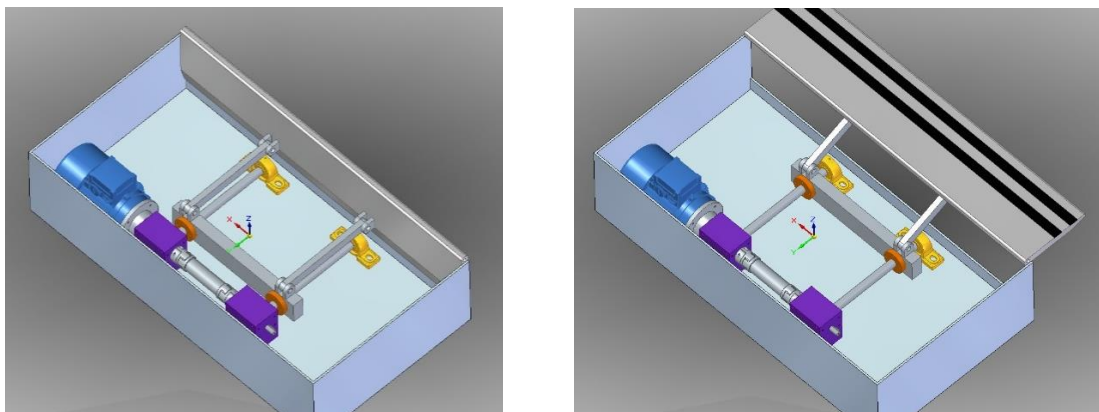
*Imagen 31. Carcasa interior de acero inoxidable.*

- **Accionamiento mecánico:** Este accionamiento está compuesto por un motor de 0.37 kW y 2 martinets de 180mm de carrera unidos por un acoplamiento. Como resultado de este accionamiento conseguimos un movimiento lineal de 1200mm/min. Este sistema está equipado también con sensores inductivos a modo de finales de carrera.



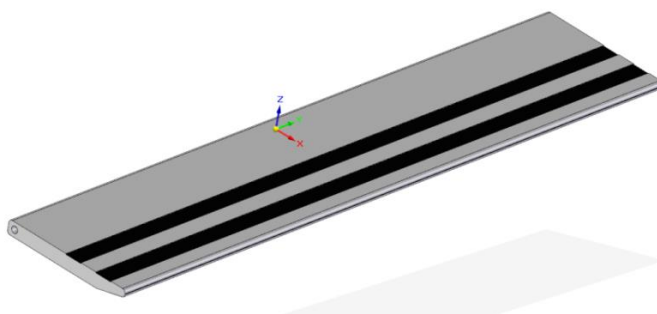
*Imagen 32. Accionamiento mecánico del sistema.*

- **Transmisión de abatimiento:** Son un conjunto de piezas que transforman el movimiento lineal del accionamiento mecánico en un movimiento de giro del peldaño.



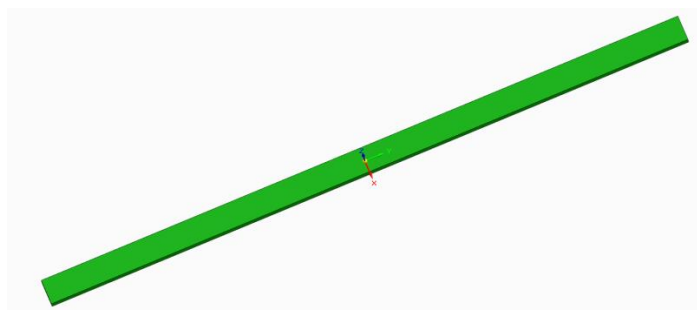
*Imagen 33. A la izquierda, peldaño en posición de recogida y a la derecha peldaño en posición prolongada.*

- **Peldaño:** es el elemento que se despliega o se recoge según el modo de funcionamiento. También lleva incorporado 2 tiras carborundum de 5 cm de ancho conformada adecuadamente a la pieza. Se ha diseñado de aluminio extrusionado. En la página 9 de los anexos se puede observar un plano acotado de esta pieza.



*Imagen 34. Peldaño con 2 tiras de carborundum.*

- **Tira LED:** Tira de LED RGB para emitir señales luminosas rojas y verdes para avisar de los movimientos.



*Imagen 35. Tira de LED RGB*

- **Carcasa LED:** Carcasa LED especial para suelos que queda instalada en el prefabricado de hormigón.
- **Alarma acústica:** Señal acústica para avisar acústicamente de los movimientos.
- **Células de carga:** Sistema de seguridad equipado para detectar si el peldaño tiene carga antes de empezar el movimiento de plegado del peldaño.

El sistema se ha diseñado de manera que la instalación sea sencilla y las actuaciones en el andén sean mínimas. En realidad, el diseño es una copia del borde de andén estándar que actualmente se coloca en la mayoría de estaciones cuando éstas son adaptadas para accesibilidad total. El peldaño abatible sustituye la pieza convencional de borde de andén al tener sus mismas dimensiones, por lo que la actuación queda reducida a las piezas que realmente se quieren cambiar.

Para su instalación se levantará el borde de andén existente, se acondicionará la superficie de apoyo y se instalará el nuevo borde de andén abatible. El tendido de cableado desde el armario de control hasta cada uno de los módulos abatibles se puede realizar por el borde inferior del andén o bien por cualquier canalización existente en el mismo.

#### **4.6. POSIBILIDADES DE IMPLANTACIÓN**

Como se ha visto anteriormente, la doble condición fundamental que debe cumplirse para que sea necesario instalar el andén abatible es:

- El hilo común de la vía mixta está del lado del lado de la entrevía (lado contrario al andén)
- Existen trenes de viajeros de ancho internacional con parada en la estación afectada.

Actualmente en España, únicamente los trenes de alta velocidad circulando por líneas de alta velocidad lo hacen en ancho internacional. Sólo la excepción de la línea Valencia-Castellón ha generado la situación de trenes de alta velocidad circulando en ancho normal sobre una vía de tres carriles. Puede incluso pensarse en el tramo Tardienta-Huesca, con tres carriles y circulación de trenes de A.V. en ancho internacional, pero dado que la disposición del tercer hilo en Huesca fue la correcta, no apareció esta problemática.

Supóngase que nos encontramos en la fase de diseño para la implantación del tercer carril en una línea existente de ancho ibérico. En esta situación, cabe preguntarse por qué lado de la vía será más favorable a nivel de explotación colocar el tercer hilo. Esto dependerá de:

- El hecho de que la introducción de cambiadores de hilo implica potentes restricciones de velocidad y, por ende, de capacidad en la línea. Si se quiere una línea de altas prestaciones en ancho internacional, hay que limitar al mínimo imprescindible los cambiadores de hilo.
- La posición del tercer hilo influye en la configuración de las vías de adelantamiento y apartado. En función del tratamiento que se les quiera dar a dichas vías, será más conveniente que el tercer carril vaya por un lado o por el otro. En otras palabras, depende del modelo de explotación que se quiera imponer en la línea.

Esta última casuística se da en la instalación del tercer carril en la línea Castellbisbal-Tarragona. Se ha adoptado por proyecto que el tercer hilo se colocará en lado interior por la vía 1 y en el lado exterior para la vía 2. Ello implica que todos los andenes de vía 1 quedarán alejados de los trenes de viajeros que pudieran pasar por esa línea en ancho internacional.

Obsérvese en la siguiente imagen para la implantación del tercer carril en el Corredor del Mediterráneo, como en vía 2, el andén siempre quedará alejado de los trenes en ancho internacional. En vía 1, se produce un cambio de lado del tercer hilo para favorecer la desviada en ancho ibérico en el cambio número 9, introduciéndose la consecuente limitación de velocidad sólo para vía 1.

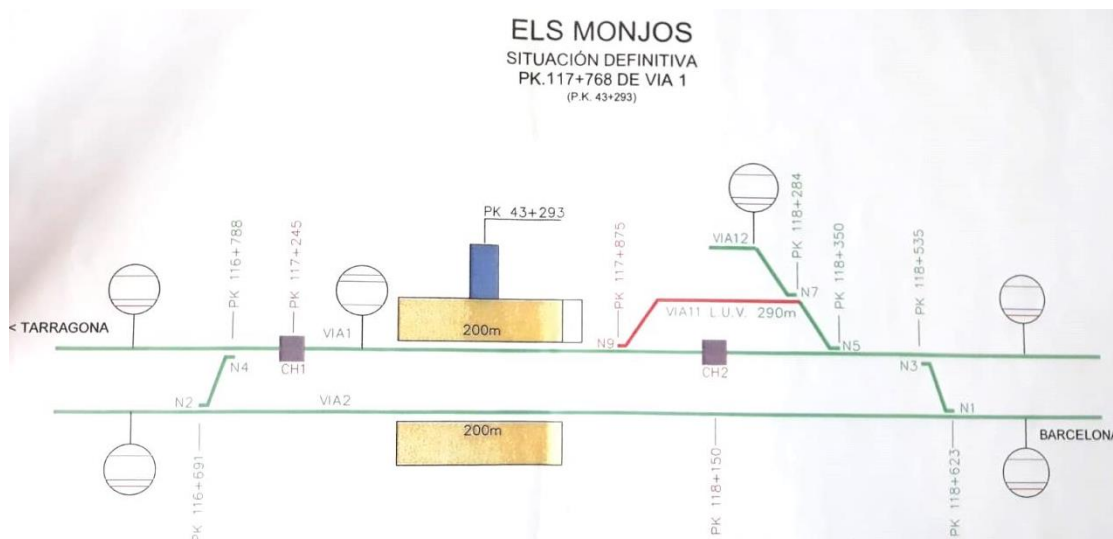


Imagen 36. Situación del tercer carril en la estación Els Monjos.

Por lo tanto, en este caso concreto, se podría instalar el andén abatible en los andenes de vía 2 de la línea para dar servicio a trenes de viajeros en ancho internacional.

## CAPÍTULO V

### Resumen de costes del sistema

Del trabajo de diseño realizado se obtiene el coste por unidad de peldaño abatible construido. Estos costes no contemplan el tiempo y los trabajos de instalación del peldaño en cada estación, siendo únicamente un reflejo del coste de fabricación del elemento en sí.

COSTES POR UNIDAD DE PELDAÑO			
ELEMENTO	UNIDAD	COSTE	TOTAL
PREFABRICADO HORMIGON	1	240,00 €	240,00 €
CARCASA INTERIOR METAL	1	150,00 €	150,00 €
ACCIONAMIENTO MECÁNICO	1	1.550,00 €	1.550,00 €
TRASMISIÓN ABATIMIENTO	1	200,00 €	200,00 €
PELDAÑO	1	200,00 €	200,00 €
TIRA LED IP65 (1m)	1	15,00 €	15,00 €
CARCASA LED SUELO IP67	1	30,00 €	30,00 €
ALARMA ACÚSTICA	1	40,00 €	40,00 €
INSTALACIÓN ELECTRICA	1	640,00 €	640,00 €
		<b>TOTAL</b>	<b>3.065,00 €</b>
COSTES POR ESTACIÓN			
ELEMENTO	UNIDAD	COSTE	TOTAL
CUADRO ELÉCTRICO	1	6.000,00 €	6.000,00 €
INSTALACIONES DE VÍA (contadores de ejes)	1		- €
		<b>TOTAL</b>	<b>6.000,00 €</b>

Estos costes están profundamente condicionados por la cantidad de peldaños que se quiera poner en una estación. Así, se pueden dar varias casuísticas:

- Instalar peldaños únicamente en aquellos puntos dónde se conoce a ciencia cierta que quedará ubicada una puerta.
- Instalar peldaños a lo largo de todo el andén para que cualquier tren en cualquier posición pueda tener parada.
- Soluciones intermedias entre las dos anteriores que combinen diferentes tipos de tren y diferentes puntos de estacionamiento.

Estas diferentes situaciones generan, por lo tanto, diferentes casuísticas:



- En andenes de hasta 400m para servicio a trenes de alta velocidad hasta en doble composición, si tiene que el coste puede oscilar entre los 49.400€ suponiendo que se atienden únicamente las 16 puertas del tren o 1,22 millones de euros, suponiendo que se instala el peldaño en los 400m de longitud del andén. Como se observa, la diferencia de precio es considerable.
- En andenes de cercanías, suponiendo andenes de 200m para trenes de la serie 465 en doble composición, con hasta 3 puertas por coche, los costes pueden oscilar desde 91.950€ en el caso de poner un peldaño por puerta, hasta los 610.000€ en el caso de cubrir todo el andén.

Como se observa, el coste es muy dispar en función de la superficie a cubrir. Si bien el peldaño individual tiene un coste de fabricación reducido, adaptar todas las estaciones de una línea de cercanías puede suponer un elevado coste. Todo dependerá, también, de si se considera que se respetan los límites de estacionamiento de tren en todos los casos, hecho que reduce la necesidad de la instalación de peldaños abatibles.

## *CAPÍTULO VI*

### *Conclusiones*

Realizado el estudio de forma detallada se puede llegar a las siguientes conclusiones, siendo todas ellas consecuencia de las unas de las otras:

- La implantación de la red de alta velocidad en ancho internacional y su expansión ha generado, a la larga, grandes interferencias entre los dos anchos de vía. Se podría decir que existen redes paralelas únicamente conectadas en ciertos puntos por los cambiadores de ancho de vía.
- Los cambios en la coyuntura económica desde los años 90 y 2000 hasta la actualidad, forzaron al máximo la obligación de economizar y ahorrar en la generación de nuevos trazados ferroviarios. Ello, ligado a la necesidad de hacer llegar el ancho europeo a más puntos de la red, conllevó el desarrollo intensivo de la solución de vía de ancho mixto con tres carriles.
- La solución de vía de ancho mixto es de una gran complejidad y ha comportado un desarrollo técnico muy elevado. Los aparatos de vía, enclavamientos, catenarias polivalentes y conmutables, etc... convierten a la vía de ancho mixto es una solución cara y compleja.
- En consecuencia de lo anterior, la vía de ancho mixto debería de implantarse de forma que sea lo más aprovechable posible, teniendo el mínimo impacto económico posible (aunque sea, por sí, una solución muy costosa) y optimizando al máximo las infraestructuras existentes.
- De lo anterior se ha demostrado durante el TFM que en algunos casos, la optimización en la colocación del tercer el hilo conlleva que primen las necesidades de explotación general de la línea por encima de las posibilidades futuras de servicio en ciertas estaciones concretas, generándose situaciones en las que dichas estaciones quedan fuera de los criterios de accesibilidad marcados por las normas europeas.
- Como solución a este problema puntual que aparecerá únicamente dentro de una casuística muy concreta, se desarrolla un prototipo de peldaño abatible que permite mantener el servicio en las estaciones en las que el tercer carril supone un problema para los trenes de ancho internacional de viajeros.

- La solución, sencilla en concepción y económica en desarrollo, puede ser aplicada de varias formas en función de las necesidades de cada estación y de los requisitos del propietario de la infraestructura, dando como resultado un abanico de costes muy amplio.

## *Aportaciones*

La aportación fundamental del prototipo desarrollada en este TFM consiste en dotar al ADIF de una solución funcional que podrá aplicar en los casos concretos en los que se den las condiciones explicadas con anterioridad. Es decir:

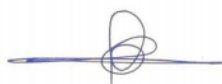
Línea de ancho mixto con posibilidad de que circulen por ella trenes de viajeros en ancho normal.

- A su vez, estaciones en esa línea con parada de dichos trenes de viajeros en ancho normal.
- A su vez, posición del tercer carril desfavorable respecto de la accesibilidad al andén.

En el caso que se den estas tres condiciones de forma simultánea, el presente TFM aporta una solución puntual y económica para permitir la explotación de las estaciones afectadas en dichas condiciones, sin tener que actuar de forma profunda en la infraestructura ni generar grandes trastornos a la operación de la estación, ya que se evita la demolición completa del andén.

Madrid, 5 de julio de 2018

ALUMNA



Elizabet Ruiz Flores

DIRECTOR



Francisco Paños Mangrané

CODIRECTOR



Joan Saura Serrat

## ***Referencias***

- [1] Ruth De San Dámaso Martín. *La vía de tres carriles. Situación actual y perspectivas*; Adif; 2011.
- [2] Alberto García Álvarez. *Cambiadores de ancho, trenes de ancho variable y tercer carril. Nuevas soluciones para un viejo problema*; *Revista Anales de Mecánica y Electricidad*; enero-febrero de 2007; 76:85.
- [3] Belén Guerrero. *Revista Vía Libre. Dónde y cómo del tercer carril*; abril 216; 57:66.
- [4] *REGLAMENTO (UE) No 1300/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la accesibilidad del sistema ferroviario de la Unión para las personas con discapacidad y las personas de movilidad reducida.*
- [5] *REGLAMENTO (UE) No 1299/2014 DE LA COMISIÓN de 18 de noviembre de 2014 relativo a las especificaciones técnicas de interoperabilidad del subsistema «infraestructura» en el sistema ferroviario de la Unión Europea.*
- [6] *Instrucción ferroviaria de gálibos.*
- [7] *Declaración sobre la red 2018. Adif.*
- [8] <https://elcorredormediterraneo.com/>
- [9] *¿En qué consiste el tercer carril? Conversión de vía de ancho ibérico a ancho mixto. Noviembre 2017. <https://ferroviando.com/>*

MÁSTER EN SISTEMAS FERROVIARIOS

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA ICAI



TRABAJO FIN DE MÁSTER

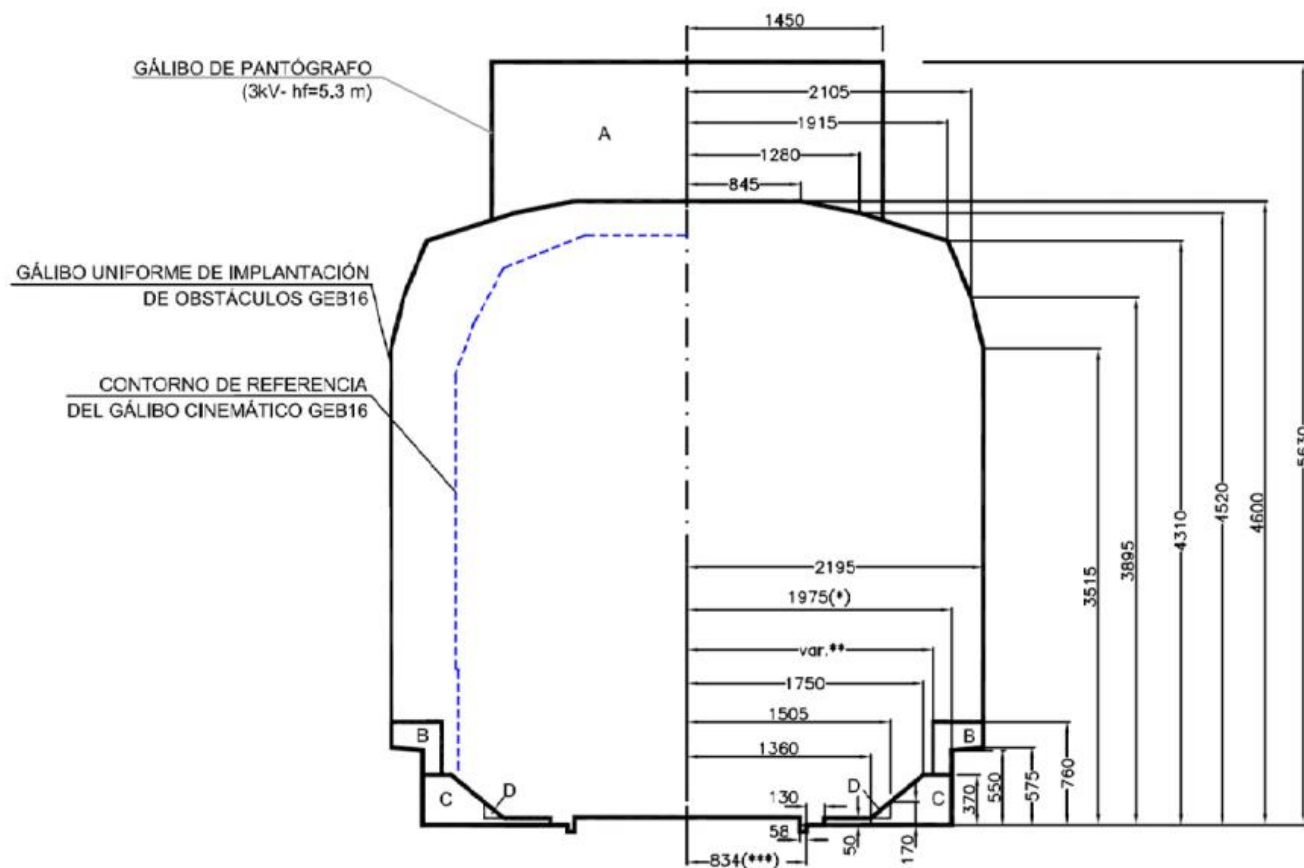
# **ANEXOS**

**JULIO 2018**

# Índice

A.1. GÁLIBO UNIFORME GEB16 .....	3
A.2. GÁLIBO UNIFORME GEC16 .....	4
A.3. GÁLIBO UNIFORME GB.....	5
A.4. GÁLIBO UNIFORME GC.....	6
A.5. PLANO 1. Prefabricado de hormigón .....	7
A.6. PLANO 2. Cajón portante .....	8
A.7. PLANO 3. Perdaño.....	9

## A.1. GÁLIBO UNIFORME GEB16



Criterios de aplicación para este gálibo uniforme:

- . Radio mínimo en planta (Rmin): 250 m
- . Radio mínimo de acuerdo vertical (Rv): 2000 m
- . Sobreancho máximo: 30 mm
- . Peralte máximo: 160 mm
- . Insuficiencia de peralte máxima (Imax): 175 mm
- . Via en balasto, en mal estado
- . Catenaria CA-160, altura de hilo de contacto (hf): 5,3 m
- . Pantógrafo de ancho 1950 mm y trocadores no aislados

Notas al dibujo:

(\*): Borde de acera de evacuación en túneles

(\*\*): Borde de andén en estaciones; consultar cuadro (3.15)

(\*\*\*): Cota nominal, sin sobreancho

Zonas especiales:

A: Zona para paso del pantógrafo

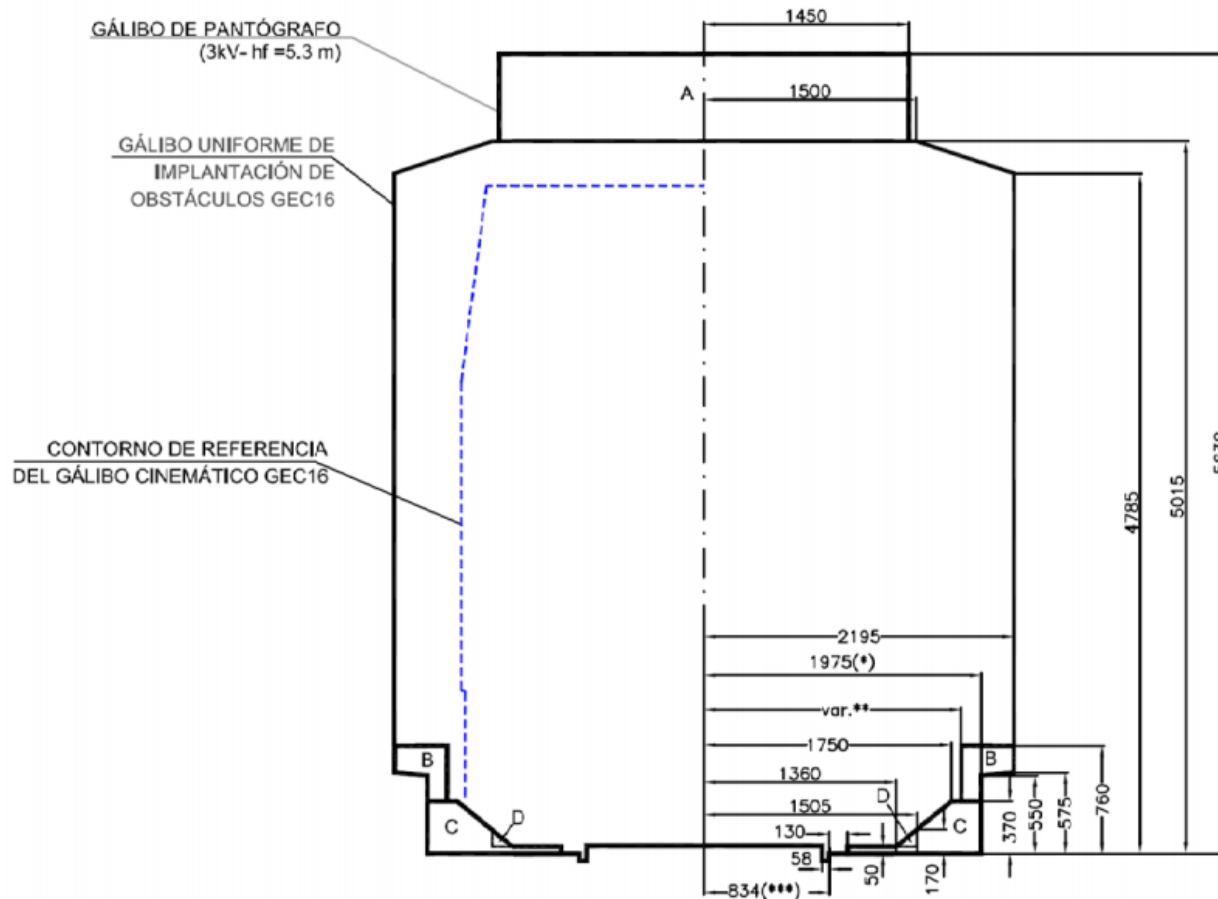
B: Zona para andén en estaciones

C: Zona para equipos de vía. Gálbos GEI1, GEI2 y GEI3

D: Zona para equipos de vía. Gálbos GEI1 y GEI2

C+D: En el caso de elementos no asociados a la vía se rebajará la cota del gálibo uniforme 15 mm.

## A.2. GÁLIBO UNIFORME GEC16



Criterios de aplicación para este gálibo uniforme:

- . Radio mínimo en planta ( $R_{min}$ ): 250 m
- . Radio mínimo de acuerdo vertical ( $R_v$ ): 2000 m
- . Sobreancho máximo: 30 mm
- . Peralte máximo: 160 mm
- . Insuficiencia de peralte máxima ( $l_{max}$ ): 175 mm
- . Vía en balasto, en mal estado
- . Catenaria CA-160, altura de hilo de contacto (hf): 5,3 m
- . Pantógrafo de ancho 1950 mm y trocadores no aislados

Notas al dibujo:

(\*): Borde de acera de evacuación en túneles

(\*\*): Borde de andén en estaciones: consultar cuadro (3.15)

(\*\*\*): Cota nominal, sin sobreancho

Zonas especiales:

A: Zona para paso del pantógrafo

B: Zona para andén en estaciones

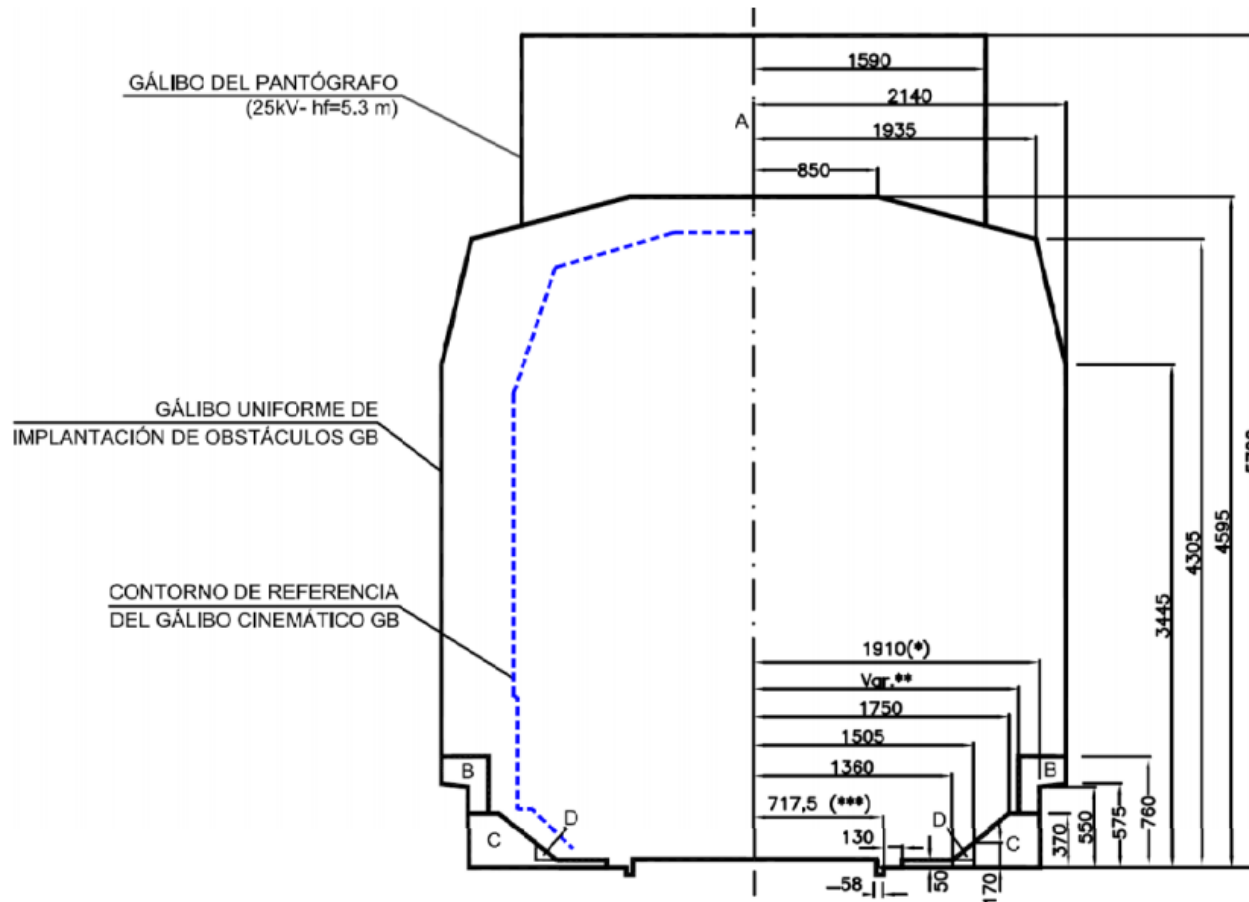
C: Zona para equipos de vía. Gálivos GEI1, GEI2 y GEI3

D: Zona para equipos de vía. Gálivos GEI1 y GEI2

C+D: En el caso de elementos no asociados a la vía se rebajará la cota del gálibo uniforme 15 mm.



### A.3. GÁLIBO UNIFORME GB



Criterios de aplicación para este gálbo uniforme:

- . Radio mínimo en planta (Rmin): 250 m.
  - . Radio mínimo de acuerdo vertical (Rv): 2000 m.
  - . Sobreecho máximo: 30 mm.
  - . Peralte máximo: 160 mm.
  - . Insuficiencia de peralte máxima (Imax): 150 mm.
  - . Vía en balasto, en mal estado
  - . Catenaria EAC-350, altura de hilo de contacto (hf): 5,3 m.
  - . Pantógrafo de ancho 1950 mm y trocadores no aislados
- Notas al dibujo:

(\*): Borde de acera de evacuación en túneles

(\*\*): Borde de andén en estaciones: consultar cuadro (3.22)

(\*\*\*): Cota nominal, sin sobreecho

Zonas especiales:

A: Zona para paso del pantógrafo

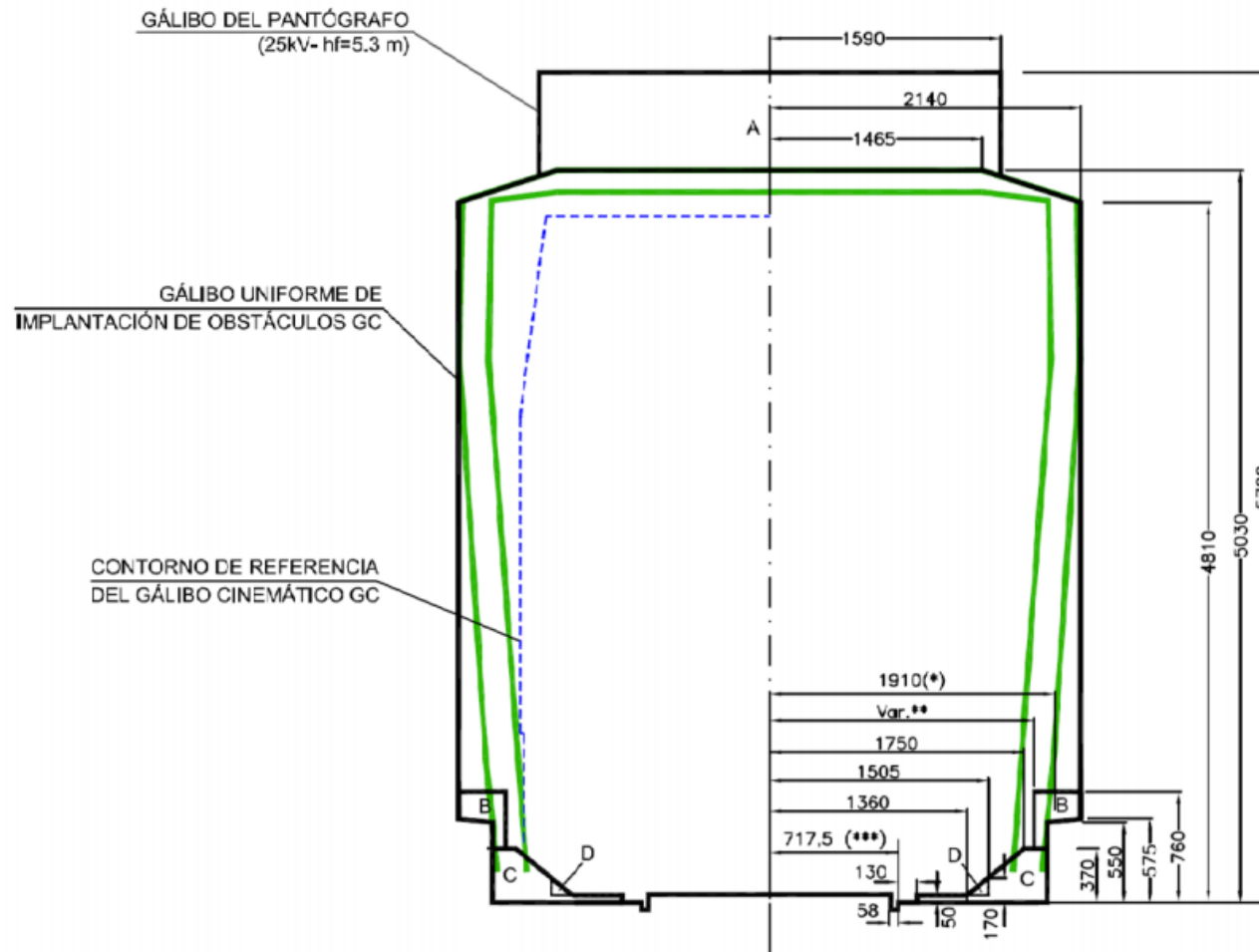
B: Zona para andén en estaciones

C: Zona para equipos de vía. Gálbos GI1, GI2 y GI3

D: Zona para equipos de vía. Gálbos GI1 y GI2

C+D: En el caso de elementos no asociados a la vía se rebajará la cota del gálbo uniforme 15 mm.

## A.4. GÁLIBO UNIFORME GC



Criterios de aplicación para este gálbo uniforme:

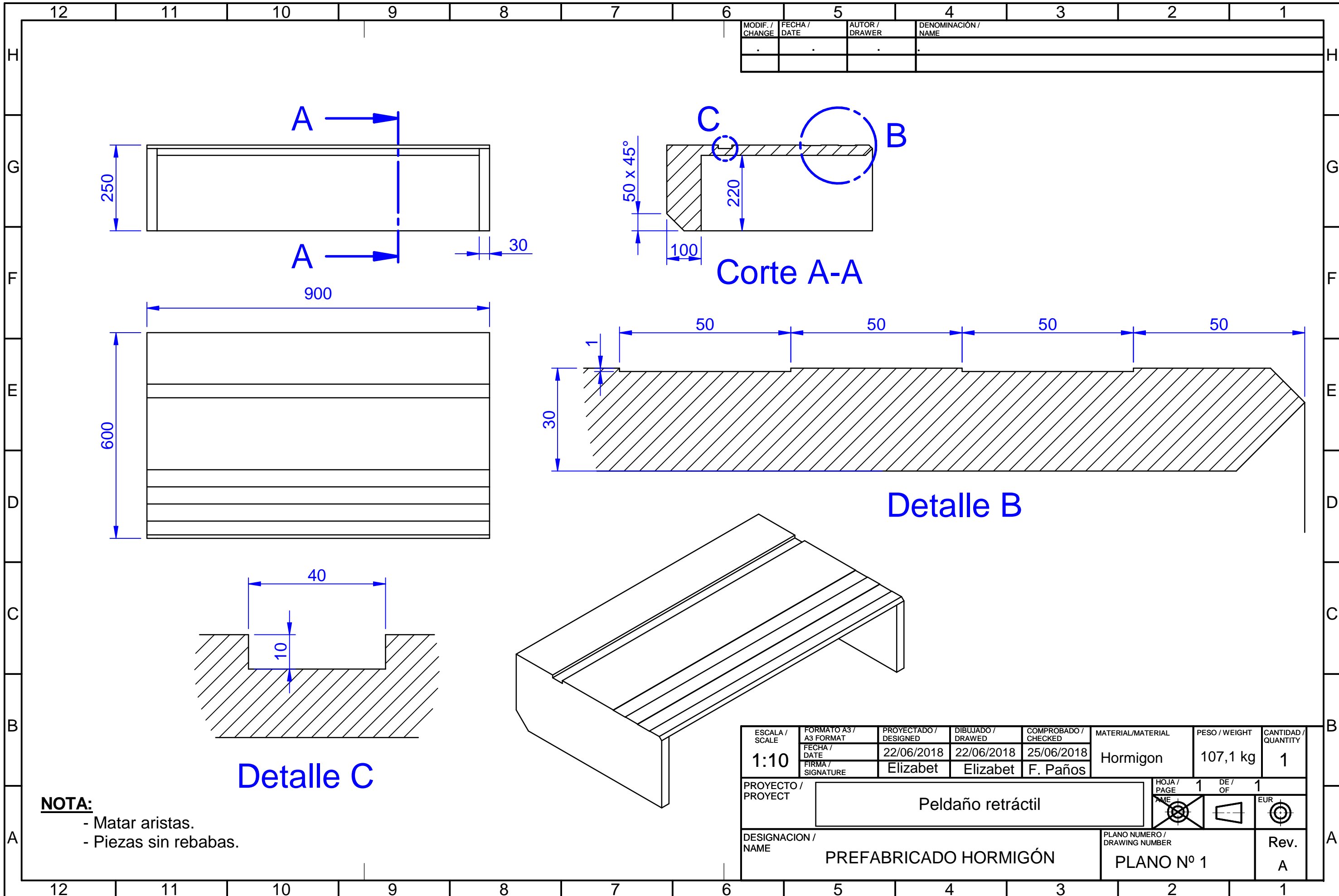
- . Radio mínimo en planta (Rmin): 250 m
- . Radio mínimo de acuerdo vertical (Rv): 2000 m
- . Sobrancho máximo: 30 mm
- . Peralte máximo: 160 mm
- . Insuficiencia de peralte máxima (Imax): 150 mm
- . Via en balasto, en mal estado
- . Catenaria EAC-350, altura de hilo de contacto (hf): 5,3 m
- . Pantógrafo de ancho 1950 mm y trocadores no aislados

Notas al dibujo:

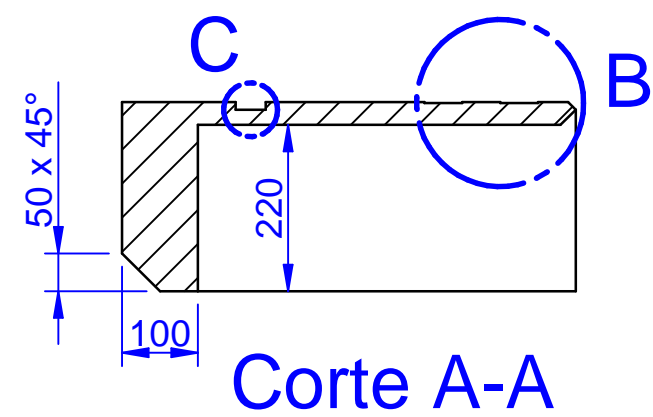
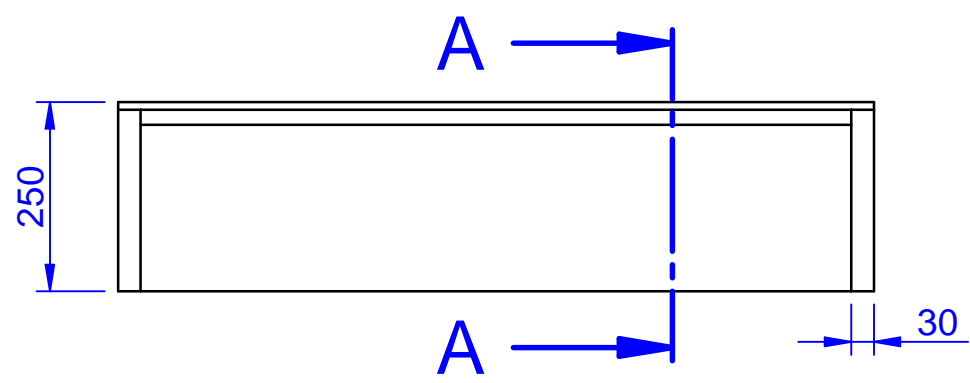
- (\*) : Borde de acera de evacuación en túneles
- (\*\*) : Borde de andén en estaciones; consultar cuadro (3.21)
- (\*\*\*) : Cota nominal, sin sobrancho

Zonas especiales:

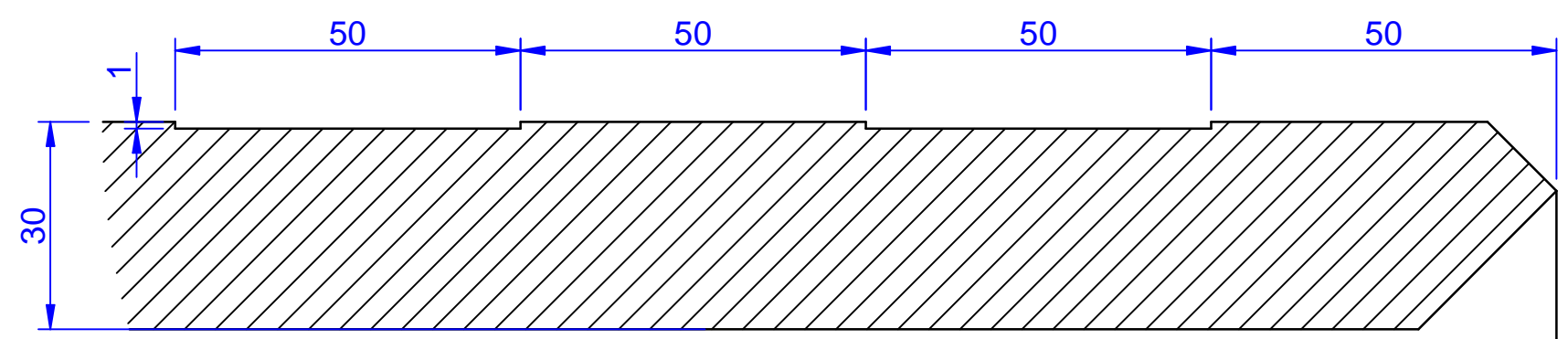
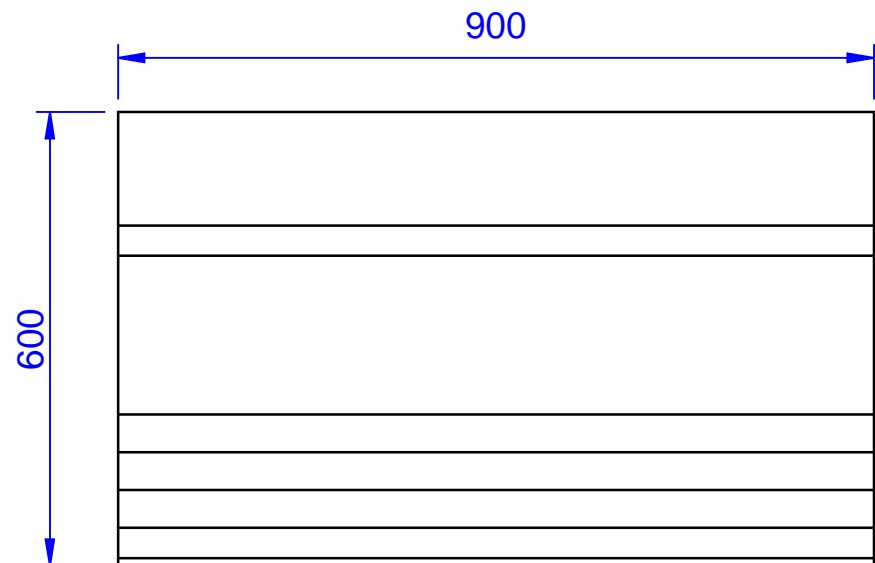
- A: Zona para paso del pantógrafo
- B: Zona para andén en estaciones
- C: Zona para equipos de vía. Gálbos GI1, GI2 y GI3
- D: Zona para equipos de vía. Gálbos GI1 y GI2
- C+D: En el caso de elementos no asociados a la vía se rebajará la cota del gálbo uniforme 15 mm.



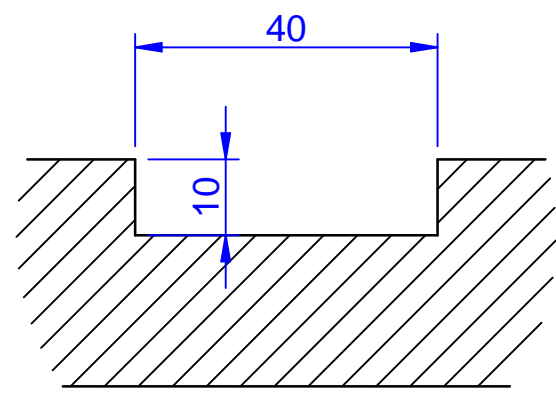
MODIF. / CHANGE	FECHA / DATE	AUTOR / DRAWER	DENOMINACIÓN / NAME
.	.	.	.



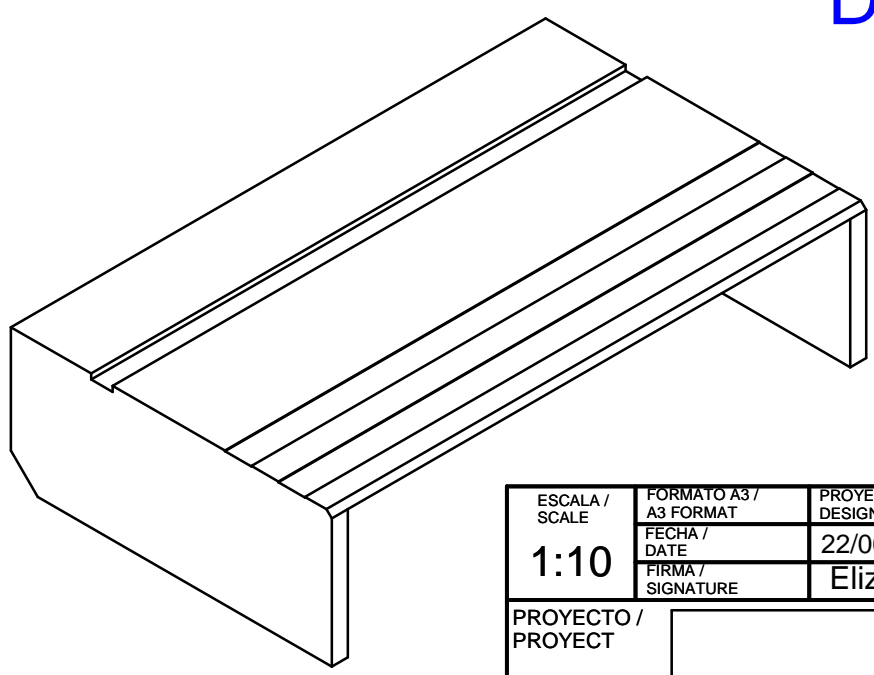
Corte A-A



Detalle B



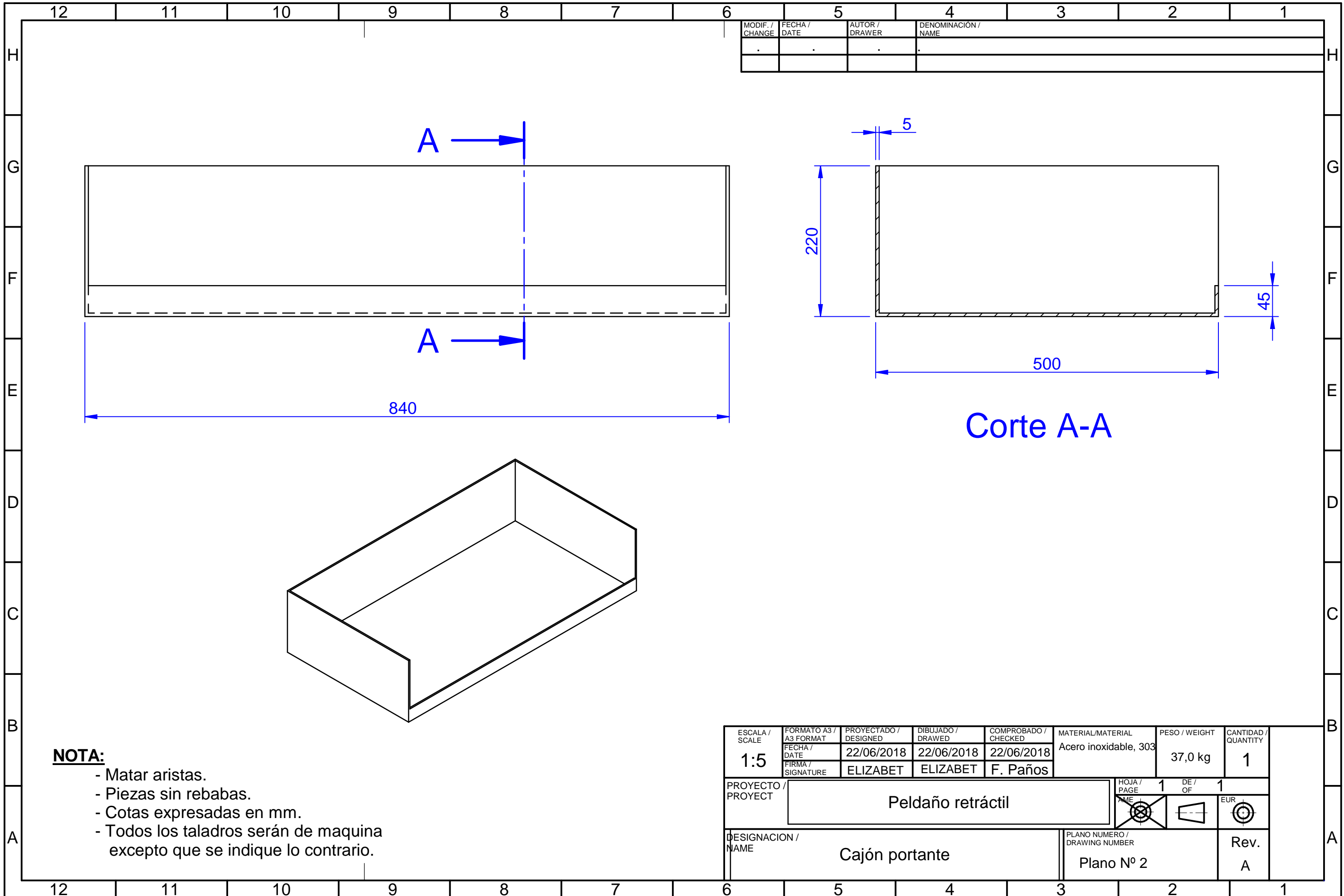
Detalle C



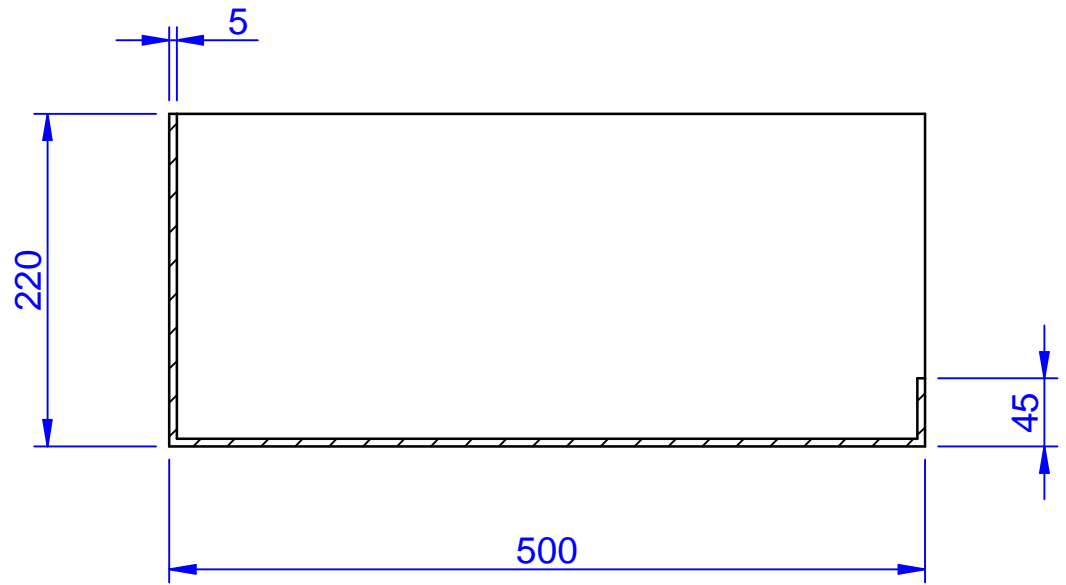
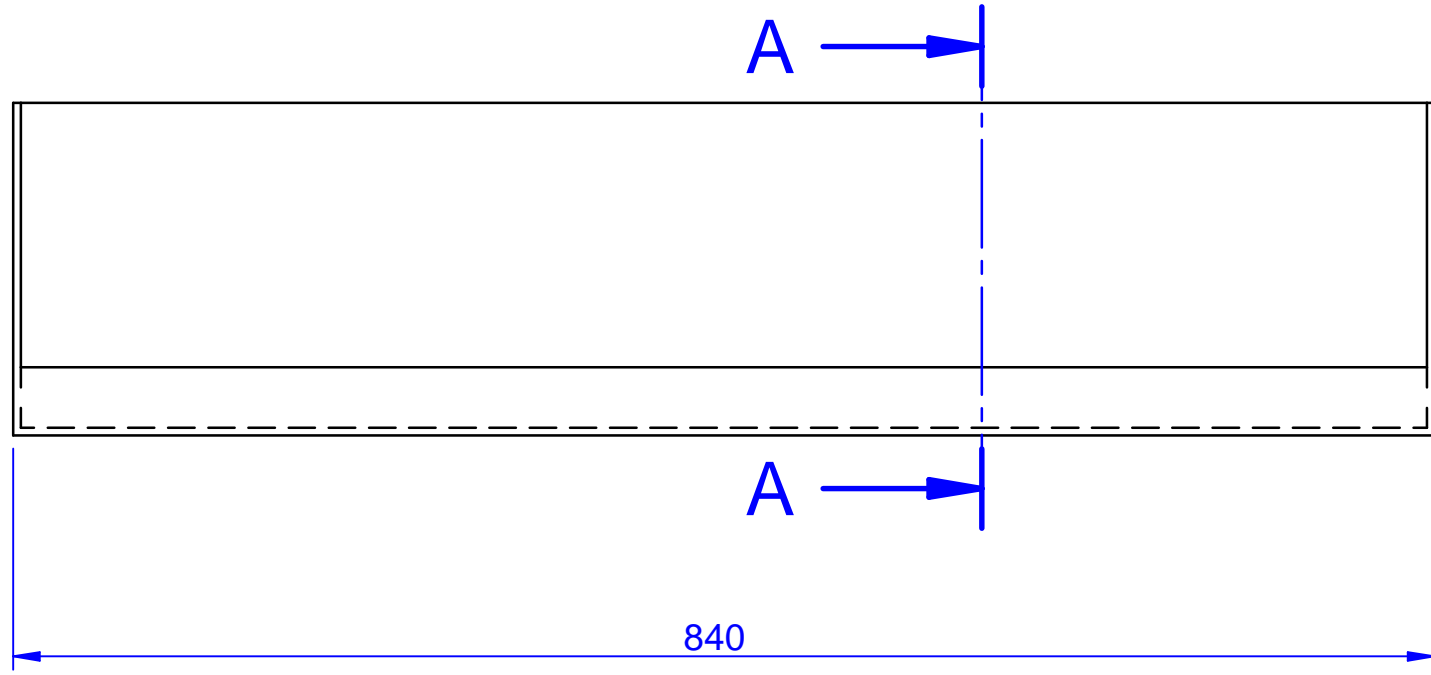
**NOTA:**  
 - Matar aristas.  
 - Piezas sin rebabas.

ESCALA / SCALE	FORMATO A3 / A3 FORMAT	PROYECTADO / DESIGNED	DIBUJADO / DRAWN	COMPROBADO / CHECKED	MATERIAL/MATERIAL	PESO / WEIGHT	CANTIDAD / QUANTITY	
1:10	FECHA / DATE	22/06/2018	22/06/2018	25/06/2018	Hormigon	107,1 kg	1	
	FIRMA / SIGNATURE	Elizabet	Elizabet	F. Paños				
PROYECTO / PROYECT	Peldaño retráctil				HOJA / PAGE	1	DE / OF	1
DESIGNACION / NAME	PREFABRICADO HORMIGÓN				PLANO NUMERO / DRAWING NUMBER	PLANO Nº 1		Rev. A

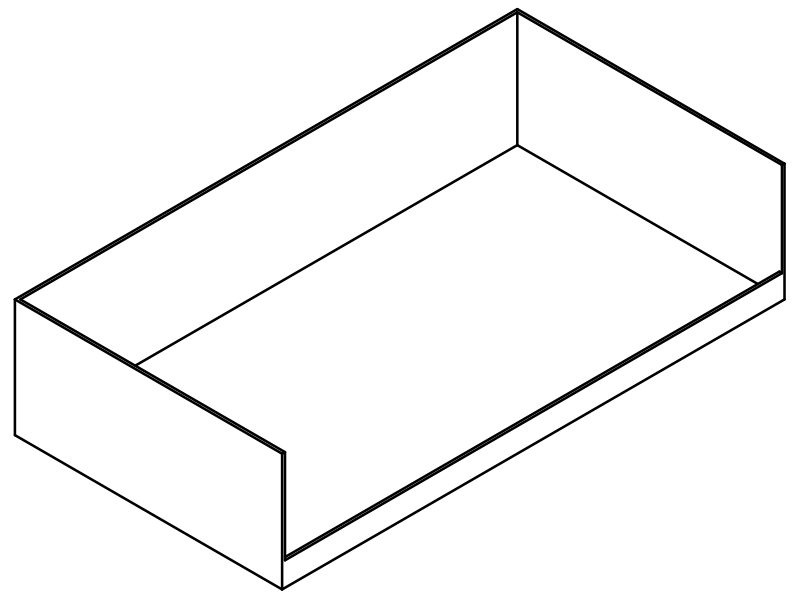
ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE INGENIERÍA Y TÉCNICA DEL TRANSPORTE TRIA S.A., PROHIBIDO COPIARLO O REPRODUCIRLO SIN AUTORIZACIÓN PREVIA. THIS DRAWING IS OWNED BY INGENIERÍA Y TÉCNICA DEL TRANSPORTE TRIA S.A., COPY OR REPRODUCTION IS FORBIDDEN WITHOUT PREVIOUS NOTICE.



MODIF. / CHANGE	FECHA / DATE	AUTOR / DRAWER	DENOMINACIÓN / NAME
.	.	.	.



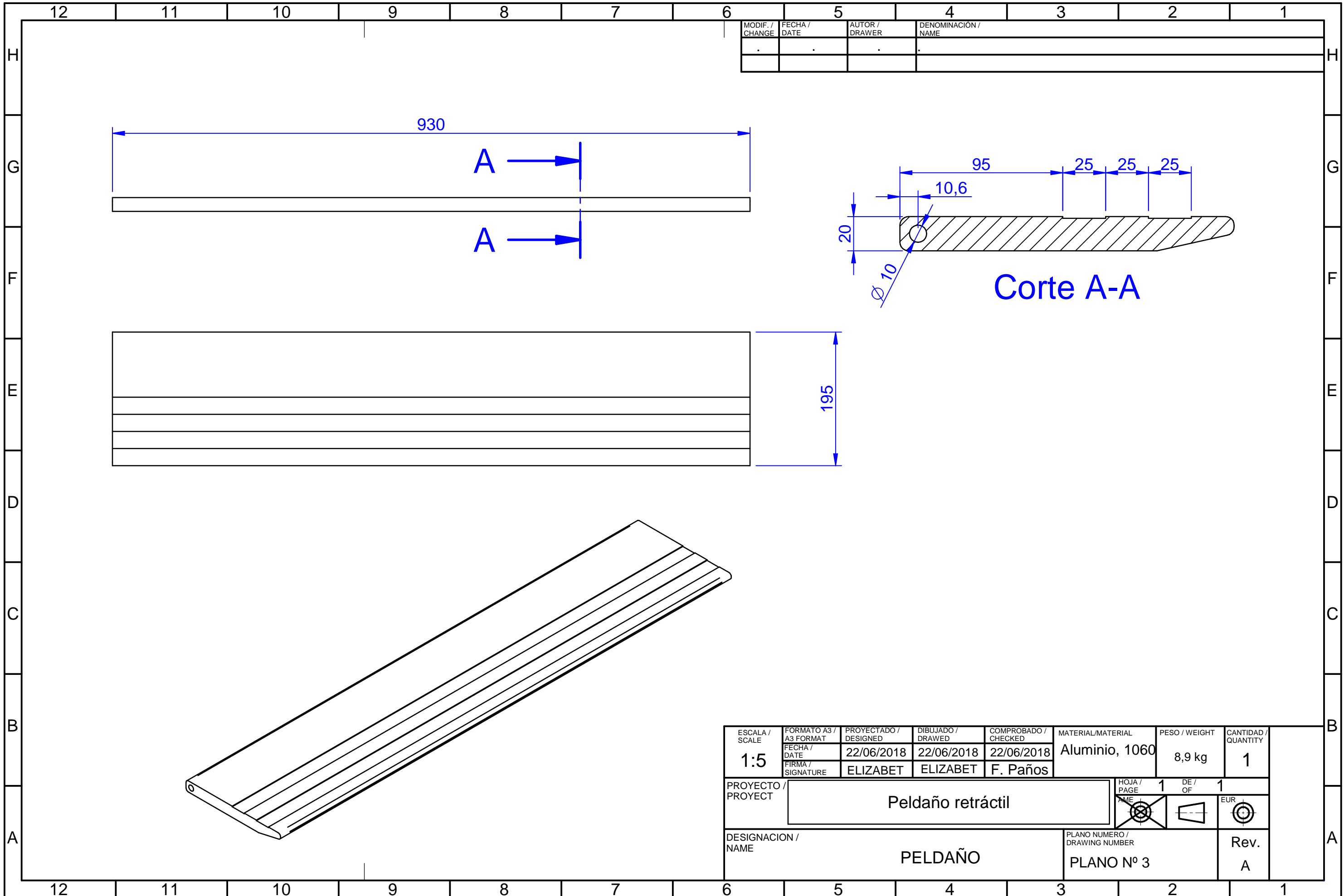
**Corte A-A**



- NOTA:**
- Matar aristas.
  - Piezas sin rebabas.
  - Cotas expresadas en mm.
  - Todos los taladros serán de maquina excepto que se indique lo contrario.

ESCALA / SCALE	FORMATO A3 / A3 FORMAT	PROYECTADO / DESIGNED	DIBUJADO / DRAWED	COMPROBADO / CHECKED	MATERIAL/MATERIAL	PESO / WEIGHT	CANTIDAD / QUANTITY	
1:5	FECHA / DATE	22/06/2018	22/06/2018	22/06/2018	Acero inoxidable, 303	37,0 kg	1	
	FIRMA / SIGNATURE	ELIZABET	ELIZABET	F. Paños				
PROYECTO / PROJECT	Peldaño retráctil				HOJA / PAGE	1	DE / OF	1
DESIGNACION / NAME	Cajón portante				PLANO NUMERO / DRAWING NUMBER	Plano Nº 2		Rev. A

ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE INGENIERIA Y TECNICA DEL TRANSPORTE TRIA S.A., PROHIBIDO COPIARLO O REPRODUCIRLO SIN AUTORIZACION PREVIA. THIS DRAWING IS OWNED BY INGENIERIA Y TECNICA DEL TRANSPORTE TRIA S.A., COPY OR REPRODUCTION IS FORBIDDEN WITHOUT PREVIOUS NOTICE.



MODIF. / CHANGE	FECHA / DATE	AUTOR / DRAWER	DENOMINACIÓN / NAME
.	.	.	.

ESCALA / SCALE	FORMATO A3 / A3 FORMAT	PROYECTADO / DESIGNED	DIBUJADO / DRAWED	COMPROBADO / CHECKED	MATERIAL/MATERIAL	PESO / WEIGHT	CANTIDAD / QUANTITY
1:5	FECHA / DATE	22/06/2018	22/06/2018	22/06/2018	Aluminio, 1060	8,9 kg	1
PROYECTO / PROJECT	FIRMA / SIGNATURE	ELIZABET	ELIZABET	F. Paños	PLANO NUMERO / DRAWING NUMBER	PLANO Nº 3	Rev. A
DESIGNACION / NAME	Peldaño retráctil			HOJA / PAGE	1	DE / OF	1