



MÁSTER UNIVERSITARIO EN SISTEMAS FERROVIARIOS
TRABAJO FIN DE MÁSTER Y AMPLIACIÓN

**DEMOSTRACIÓN DE LA INTEROPERABILIDAD TÉCNICA
Y OPERACIONAL DEL SISTEMA ERTMS MEDIANTE LA
COMPARACIÓN DE REGLAS DE INGENIERÍA Y
OPERACIONALES DE TRES ESTADOS MIEMBROS:
ESPAÑA, BÉLGICA E INGLATERRA**

ALUMNO: FEDERICO LUENGO CAPILLA

DIRECTORA: RAQUEL ARRIBA ARROYO

MADRID, 7 DE JULIO DE 2017

AGRADECIMIENTOS...

A Raquel Arriba, mi directora. Parte fundamental en la realización de este proyecto.

A Paloma Cucala y Antonio Fernández, por darme la oportunidad de realizar este proyecto y ayudarme en todo aquello que he necesitado.

A mis padres y hermano, sin ellos nada de mi educación sería posible.

CONTENIDO

1	Objetivos del proyecto	6
2	Contextualización	6
2.1	Sistemas de señalización ferroviaria: Sistema ERTMS	6
2.1.1	Del enclavamiento Manual al ERTMS / ETCS	6
2.1.2	Sistemas ATP	8
2.1.3	European Rail Traffic Management System -> Sistema ERTMS	9
2.2	Interoperabilidad técnica y operacional	11
2.3	Definición de las reglas de ingeniería y operacionales	13
2.3.1	Reglas de ingeniería	13
2.3.2	Reglas operacionales	13
3	Análisis de las reglas de ingeniería de España, Bélgica e Inglaterra	14
3.1	Funciones elegidas. Subset 026	14
3.1.1	Modos operacionales. Introducción	14
3.1.2	Autoridad de movimiento. Introducción.....	25
3.1.3	Transiciones de nivel. Introducción.....	31
3.2	Comparativa de funciones entre los estados miembros según la ERA	42
3.2.1	Comparativa de la autoridad de movimiento según el Subset 026-3.....	42
3.2.2	Comparativa de los modos de operación según la Subset 026-2	42
3.2.3	Comparativa de las transiciones de nivel según la Subset 026-4.....	44
4	Conclusiones y aportaciones	45
5	Contextualización de la ampliación.....	46
5.1	Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad.....	427
5.2	Sistema Control Comando y Señalización CCS	429
5.3	Gestión y Operación del Tráfico OPE	50
6	Puntos distantes entre los países miembros	50
7	Análisis de la ETI CCS y OPE	51
8	Formulaciones y propuestas de las ETIs para evitar ambigüedades en los países analizados	60
9	Referencias bibliográficas	61

FICHA DEL TRABAJO Y AMPLIACIÓN FIN DE MÁSTER

Objetivos del trabajo fin de master:

El primer objetivo sería el de contextualizar el propio trabajo mediante la introducción de los diferentes términos y conceptos necesarios para su comprensión:

- . Sistema de señalización ferroviaria: Sistema ERTMS.
- . Interoperabilidad técnica y operacional.
- . Definición de reglas de ingeniería y operacionales.

El segundo objetivo es la realización del análisis de las reglas de ingeniería para vías con ERTMS instalado de los países seleccionados: España, Bélgica e Inglaterra.

Para finalizar, se expondrán las conclusiones del análisis previo enumerando los puntos dónde se han identificado problemas de interoperabilidad entre países.

Aportaciones del proyecto fin de master:

A través de las conclusiones del análisis se demostrará (o no) la hipótesis de que existe interoperabilidad técnica y operacional en la red ferroviaria trans-europea.

Planificación de tareas:

En primer lugar, habrá una fase de contextualizar el trabajo y definir los objetivos del proyecto. Febrero 2017.

En segundo lugar, se realizará el análisis comparativo de las reglas de ingeniería y operacionales entre los distintos países miembros. Hasta mediados de Abril 2017

Planificación de tareas:

En primer lugar, habrá una fase de contextualizar el trabajo y definir los objetivos del proyecto. Febrero 2017.

En segundo lugar, se realizará el análisis comparativo de las reglas de ingeniería y operacionales entre los distintos países miembros. Hasta mediados de Abril 2017

Objetivos de la ampliación del trabajo fin de master:

El primer objetivo será el de identificar e introducir diferentes conceptos necesarios para la buena comprensión del trabajo realizado:

- . El concepto de Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI).
- . Definición del sistema Control-mano y señalización (CCS).
- . Introducción de la ETI CCS.
- . Introducción de la ETI OPE.

El segundo objetivo será la realización de un análisis de la ETI CCS y la ETI OPE teniendo en cuenta los puntos enumerados en las conclusiones del trabajo fin de master.

Para finalizar se propondrán formulaciones para evitar ambigüedades en las ETI's en los puntos identificados. Homogeneizar y uni-direccionar todo lo posible las interpretaciones de las normas aplicables para conseguir la interoperabilidad según el ERTMS y eliminar las barreras creadas tanto operacional como tecnológicamente.

Planificación de tareas:

Una vez que el análisis comparativo entre las diferentes reglas de ingeniería de los tres países especificados se ha realizado, la siguiente tarea consistiría en realizar un análisis de las especificaciones técnicas de interoperabilidad: Mediados de Mayo de 2017.

A continuación se hará una propuesta de mejora de formulación de las especificaciones: Junio 2017.

Preparación Presentación: Julio 2017

Alumno: Federico Luengo Capilla

Firma:



Directora: Raquel Arriba Arroyo

Firma:



1 Objetivos del proyecto

El **primer objetivo** sería el de contextualizar el propio trabajo mediante la introducción de los diferentes términos y conceptos necesarios para su comprensión

- Sistema de señalización ferroviaria: Evolución hasta llegar al Sistema ERTMS.
- Interoperabilidad técnica y operacional.
- Definición de reglas de ingeniería y operacionales.

El **segundo objetivo** es la realización del análisis de las reglas de ingeniería para vías con ERTMS instalado de los países seleccionados: España, Bélgica e Inglaterra.

Para finalizar y como **tercer objetivo**, se expondrán las conclusiones del análisis previo enumerando los puntos dónde se han identificado problemas de interoperabilidad entre países.

2 Contextualización

El contexto donde se desarrollará el proyecto será **la señalización ferroviaria**.

En primer lugar, se detallará la evolución sufrida por esta tecnología a lo largo de los años hasta llegar a nuestros días y la razón de ser del sistema ERTMS (European Railway Train Management System).

Posteriormente se introducirán los conceptos de interoperabilidad (técnica y operacional) y reglas de ingeniería (técnicas y operacionales).

2.1 Sistemas de señalización ferroviaria: Sistema ERTMS

2.1.1 Del enclavamiento Manual al ERTMS / ETCS

La Señalización Ferroviaria puede ser definida como el conjunto de sistemas utilizados para el control del tráfico de manera segura y principalmente, para prevenir colisiones de trenes. A través de los años, la ciencia y la tecnología se han puesto en función de satisfacer estos requerimientos. Después de un largo período de tiempo en el que los países europeos utilizaban sus propios sistemas, en la actualidad, el ERTMS/ETCS es el sistema de señalización más generalizado en Europa para Líneas de Alta Velocidad.

Todos los sistemas de seguridad ferroviaria tienen en común un concepto básico: los trenes no pueden colisionar entre sí sino se les permite ocupar la misma sección de vía a la vez (Figura 1).

Desde el origen de los ferrocarriles siempre ha existido la necesidad de desarrollar aplicaciones que permitan el control seguro del tráfico ferroviario. Con este fin, el nivel de desarrollo de la señalización ha estado sometido a un proceso de mejora continua que comenzó con las señales enclavamientos mecánicos de mano hasta llegar a las más modernas tecnologías electrónicas.

En los comienzos (1850), los ferrocarriles utilizaban personal (despachadores de trenes) distribuido a lo largo de la vía y cada cierto intervalo (bloques), los cuales con un cronómetro y señales de mano informaban a los maquinistas acerca del paso de los trenes. A principios del siglo XX se introdujeron los

semáforos mecánicos para asistir al personal de operaciones. Con la invención del telégrafo, y posteriormente del teléfono, fue posible que el personal de operaciones pudiera enviar mensajes (primero, un cierto número de sonidos audibles y después una llamada telefónica) para confirmar el paso de un tren y la liberación de una sección de bloqueo. Alrededor de 1930 se introducen las primeras señales ópticas. El sistema en su totalidad se denominó bloqueo telefónico. Con la sustitución de las señales de mano por señales mecánicas fijas, a partir de 1930, surge el bloqueo semiautomático. En la actualidad, la señalización ferroviaria se basa en bloqueo automático, el cual no requiere de operaciones manuales.

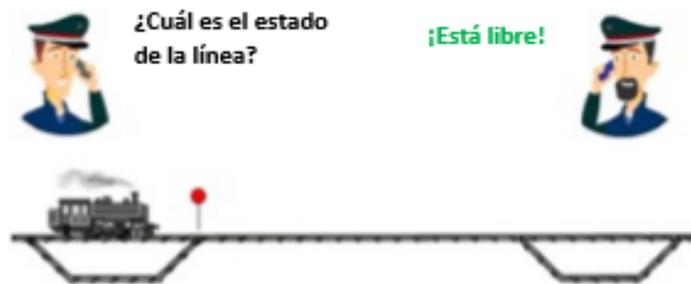


Figura 1. Sistema de bloqueo telefónico.

Para la detección de la presencia o tránsito de vehículos por una sección específica de la vía se pueden utilizar dos tipos diferentes de equipos:

1. Circuito de vía: emplea un dispositivo electromagnético (relé) y utiliza ambos rieles como conductores eléctricos. Al pasar un vehículo sobre la vía el contacto eléctrico con los dos rieles impide que circule corriente por el relé con lo cual la señal de bloqueo pasa a estado de peligro (u ocupado).

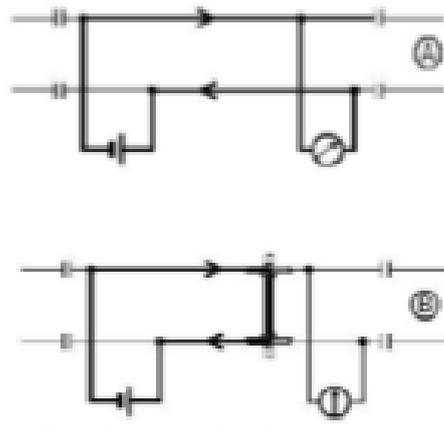


Figura 2. Circuito de vía libre (A) y ocupado (B)

2. En líneas férreas más modernas, al inicio y al final de cada sección, se colocan equipos denominados Contadores de Ejes. Un cabezal de conteo puede determinar la cantidad de ejes de material rodante que pasan sobre la vía y también es posible establecer la dirección de circulación con el uso de dos sistemas electrónicos de sensores de ruedas. Al comparar los resultados del conteo de ejes que

entran y salen es posible determinar el estado de la sección de vía (libre u ocupado). Según la Figura 3, hasta que el número de ejes contados por Ax2 (al salir el tren de TS1) no sea igual al resultado obtenido por Ax1 (al entrar el tren a TS1), la sección de vía TS1 deberá ser considerada “ocupada”.



Figura 3. Contadores de ejes para detectar ocupaciones de vía,

2.1.2 Sistemas ATP

A inicios de los años 80 y con el objetivo de incrementar la seguridad, se introducen en Europa sistemas de señalización ferroviaria más modernos, capaces de supervisar continuamente la velocidad del tren, siendo denominados: Sistemas de Protección Automática del Tren (ATP – Automatic Train Protection).

Los primeros sistemas ATP usaban una indicación de velocidad objetivo y avisos audibles para advertir al maquinista si rebasaba una señal en rojo (peligro) o si excedía una restricción de velocidad. En estos casos, el sistema aplicaba el freno automáticamente si el maquinista no respondía a las señales de advertencia. El modelo matemático de frenado constituye uno de los principios claves de un sistema ATP que es aplicable a todo vehículo terrestre. Este modelo permite predecir la velocidad máxima segura del vehículo a partir de los siguientes datos:

- La distancia objetivo (hasta un obstáculo potencial en la ruta),
- La velocidad actual,
- Las características físicas del vehículo.

Conociendo el patrón de la curva de frenado resulta fácil determinar cuál será la velocidad máxima de circulación de un vehículo para que pueda detenerse con seguridad en el punto objetivo o de peligro.



Figura 4. Modelo de frenado seguro

A través de los años, en Europa, se han desarrollado y puesto en operación varios sistemas ATP conforme a diferentes requisitos nacionales, normativas técnicas y reglas de operación. Resulta obvio que, en la era moderna, donde el mercado laboral ha traspasado las fronteras nacionales, el desarrollo independiente

de estos sistemas constituía una importante limitante para la integración europea, siendo esta una de las razones del surgimiento del programa ERTMS, fundamento de este proyecto..

A partir de la decisión tomada por el Ministro de Transporte Europeo en diciembre de 1989, la Unión Europea acometió un proyecto de estudio de los problemas concernientes a la señalización y el control de trenes. A finales de 1990, el Instituto Europeo de Investigaciones Ferroviarias (ERRI - European Institute of Railway Research) comenzó a pensar en el desarrollo de un sistema ATP que cumpliera requisitos de interoperabilidad y pudiera ser adoptado por todos los países europeos.

2.1.3 European Rail Traffic Management System -> Sistema ERTMS

El ERTMS/ETCS (European Rail Traffic Management System) ha sido seleccionado como sistema de mando, control y señalización y gracias a su nivel de estandarización, desde inicios del siglo XXI, la interoperabilidad de la red ferroviaria europea está garantizada.

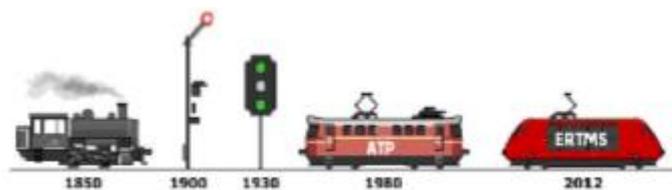


Figura 5. Evolución de los ATP nacionales al ERTMS/ETCS

Los componentes principales del ERTMS son el sistema de mando y control ETCS y la red de radiocomunicaciones GSM-R. El análisis de las principales características del ERTMS muestra los diferentes beneficios que se obtienen de la arquitectura del sistema en conjunto con la interoperabilidad, entre ellos, la seguridad, el costo, la accesibilidad y el mantenimiento.

2.1.3.1 NIVELES OPERACIONALES ERTMS / ETCS

El sistema ERTMS/ETCS puede operar en diferentes niveles funcionales, cuya definición depende de los sistemas instalados en la vía y de la forma en que la información se transmite al tren. Así pues, se tienen en la actualidad cuatro niveles de operación:

1. **NIVEL 0.** La ausencia de señales laterales es una de las ventajas más destacadas de la adopción de ERTMS/ETCS. Sin embargo, dado el caso que un vehículo equipado con este sistema sea utilizado en una ruta sin ETCS y Módulo de Transmisión Específico (STM - Specific Transmission Module), el equipo de abordo solo supervisará la velocidad máxima establecida, debiendo el maquinista observar las señales ubicadas al lado de la vía.
2. **NIVEL 1.** Existen unos dispositivos instalados a lo largo de la vía llamadas eurobalizas. Estas captan la información relativa a los aspectos de las señales a través de adaptadores y codificadores de telegramas (LEU Encoders) y en determinados puntos fijos la transmiten al tren de Autorizaciones de Movimiento (permiso para circular por una o más secciones de bloqueo) junto con otros datos relacionados con la ruta.

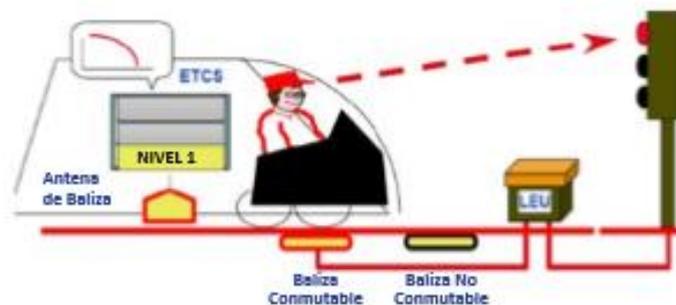


Figura 6. Nivel 1 ERTMS

El ordenador de a bordo conoce la velocidad a la que circula el tren, así como la distancia recorrida en cada momento. A su vez, teniendo en cuenta la información recibida de la vía, calcula continuamente la velocidad máxima permitida. Con estas informaciones es capaz de conocer la curva de frenado y por tanto de supervisar en seguridad el movimiento del tren. Debido a la transmisión discontinua de datos, el tren debe viajar sobre las eurobalizas para obtener la siguiente autorización de movimiento. El Nivel 1 constituye un sistema ATP/ATC de transmisión intermitente o semi-intermitente con señalización en cabina, interoperabilidad y bloqueo con señales fijas, el cual ha sido instalado en líneas de alta velocidad de Bélgica y en algunas vías de Inglaterra y España.

3. **NIVEL 2.** Este nivel se basa en la transmisión de las autoridades de movimiento por radio (en lugar de por Eurobalizas, como era el caso del Nivel 1). Las Autorizaciones de Movimiento se transmiten continuamente al maquinista a través del DMI (Driver Machine Interface) para permitir su circulación sobre la vía y la mayor parte de las señales se despliegan en cabina, sustituyendo así a las tradicionales señales al lado de la vía. De este modo, exceptuando algunos paneles indicadores como pueden ser señales principales y de límites, es posible operar sin señalización lateral. Los sistemas de separación de los trenes utilizan el término señales virtuales, por analogía con la señalización ferroviaria tradicional, ya que las indicaciones lumínicas fijas de la vía han sido transferidas a la Interfaz Maquinista-Máquina (DMI – Driver Machine Interface). Sin embargo, al mantenerse en uso dispositivos de detección de presencia tales como circuitos de vía, la supervisión de la integridad del tren aún permanece al lado de la vía. Todos los trenes reportan automáticamente su posición exacta y dirección de movimiento a los Centros de Bloqueo por Radio (RBC - Radio Block Center) a través de la red GSM-R.

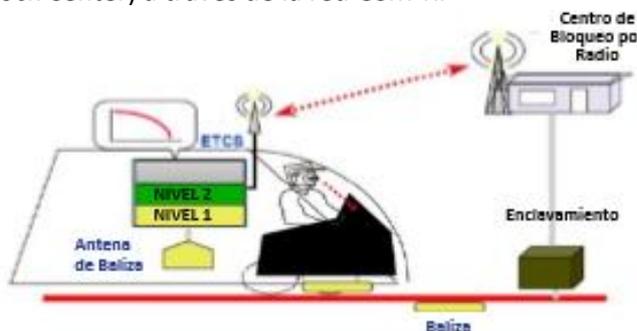


Figura 7. Nivel 2 ERTMS

Las eurobalizas se utilizan como dispositivos pasivos de posicionamiento o puntos electrónicos de referencia kilométrica. Entre dos balizas de posicionamiento, el tren determina su posición mediante sensores. Las balizas de posicionamiento se utilizan en este caso como puntos de referencia para corregir los errores de medición de distancia. El ordenador de a bordo supervisa continuamente los datos transferidos y la velocidad máxima permisible.



Figura 8. Transmisión bidireccional a través del GSM-R.

El Nivel 2 constituye un sistema ATP/ATC continuo con señalización en cabina, interoperabilidad y secciones de bloqueo fijas.

4. **NIVEL 3.** Constituye una implementación de sistema de espaciamiento de trenes completamente a través de comunicación por radio y que no requiere de dispositivos de señalización fijos al lado de vía para la detección de la presencia de trenes. (circuitos de vía), ya que es capaz de controlar la integridad del tren abordo con un alto grado de fiabilidad. Al igual que en el ETCS Nivel 2, los trenes determinan su posición por sí mismo, a través de balizas de posicionamiento y sensores de vía. En este sentido, el Nivel 3 se aparta de la operación clásica con intervalos fijos, ya que el sistema calcula la distancia segura entre dos trenes.

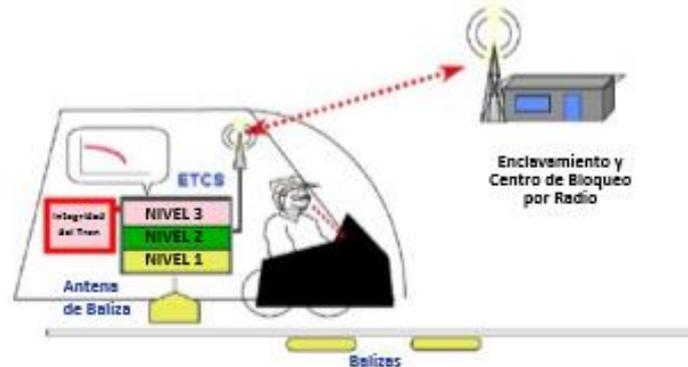


Figura 9. Nivel 3 ERTMS.

La autorización de movimiento es parte de la información relativa a la posición del tren e incluye la distancia actual hasta el siguiente tren. Esta solución denominada espaciamiento por distancia de frenado absoluto o bloqueo móvil permite un mejor aprovechamiento de la capacidad de la línea ya que reduce su segmentación. El nivel 3 está actualmente en proceso de desarrollo.

Resulta evidente que el un sistema de señalización único en la Unión Europea (el ERTMS) ofrece tantos beneficios tangibles como el número de países de Europa (y también fuera del continente europeo) que lo han adoptado. La amplia competencia en el mercado ferroviario asegura la mejora continua por los suministradores ferroviarios más reconocidos, así como la reducción de los costos. Este aspecto puede garantizar un rápido crecimiento de las transportaciones por ferrocarril, lo cual es fundamental para la integración dentro del continente europeo.

2.2 Interoperabilidad técnica y operacional

La interoperabilidad es la capacidad del sistema ferroviario trans-europeo de permitir la circulación segura e ininterrumpida de trenes que cumplen las prestaciones requeridas para estas líneas.

Dicha capacidad depende de un conjunto de condiciones reglamentarias, técnicas y operativas que deben cumplirse para satisfacer los requisitos esenciales establecidos en la Directiva 2008/57/CE sobre la Interoperabilidad del sistema ferroviario de la Comunidad Europea.

El objetivo de la interoperabilidad es establecer un nivel mínimo de armonización técnica de los distintos sistemas ferroviarios nacionales de la Unión Europea, así como un nivel mínimo de armonización operacional entre el operador y el gestor de infraestructuras, que permita conseguir un sistema ferroviario abierto e integrado a nivel europeo.

Para satisfacer los requisitos esenciales y garantizar la interoperabilidad, se adoptan con arreglo a la Directiva de Interoperabilidad (2008/57/CE) las ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INTEROPERABILIDAD (ETI). Dichas especificaciones pretenden armonizar las reglas que deben regir en una red ferroviaria común entre distintos países. Las ETIs definidas por la ERA se listan a continuación, apuntando en negrita las dos ETIs que son relevantes para el presente trabajo:

- Control y Mando y Señalización;
- Gestión de la operación y el tráfico;
- Infraestructura;
- Ruidos;
- Locomotoras y trenes de pasajeros;
- Personas con Movilidad reducida;
- Seguridad en túneles ferroviarios;
- Aplicaciones telemáticas para locomotoras y trenes de pasajeros.

Le corresponden a la AESF (Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria) el ejercicio de las funciones relacionadas con la interoperabilidad del sistema ferroviario de competencia estatal, que principalmente son:

- El otorgamiento de las autorizaciones de puesta en servicio de los diferentes subsistemas estructurales que integran el sistema ferroviario.
- La comprobación de que los subsistemas que integran el sistema ferroviario se explotan y mantienen de conformidad con los requisitos esenciales pertinentes.
- La supervisión del cumplimiento de los requisitos esenciales por parte de los componentes de interoperabilidad de conformidad con la normativa vigente.

El ERTMS constituye un programa internacional estándar creado para desarrollar una plataforma común que permita la interoperabilidad de los ferrocarriles y de los sistemas de señalización. La interoperabilidad se logra cuando un sistema es capaz de operar junto con otros de diferentes orígenes y dentro de límites predefinidos. Los objetivos principales de la interoperabilidad se basan en la necesidad de simplificar, mejorar y desarrollar los servicios internacionales de transporte por ferrocarril, contribuir a la creación gradual de un mercado nacional abierto y competitivo para el suministro de sistemas ferroviarios y servicios de construcción, renovación, restructuración y operación, así como establecer procedimientos estandarizados en Europa para evaluar la conformidad con los requisitos de interoperabilidad. Para este fin, entre los aspectos fundamentales relacionados con el logro de la interoperabilidad se consideró la definición de un conjunto de subsistemas y componentes de la plataforma, describiendo sus requisitos e interfaces esenciales al desarrollar las especificaciones técnicas y funcionales.

A finales de 1993, el Consejo de la Unión Europea emitió la directiva y tomó la decisión de crear un grupo de expertos denominado **ERTMS User's Group**, el cual estuvo integrado originalmente por los ferrocarriles de Alemania (DB), Italia (FS) y Francia (SNCF), aunque más tarde se unieron otras compañías ferroviarias europeas. El objetivo era materializar una estructura que permitiera definir las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (TSI - Technical Specification for Interoperability). En el verano de 1998 se funda la UNISIG para finalizar las TSI del proyecto ERTMS, organización que quedó integrada por las compañías europeas de señalización ferroviaria Alcatel, Alstom, Ansaldo Signal, Bombardier, Invensys Riel y Siemens. El sistema de mando y control seleccionado, con características de ATP/ATC estandarizado e interoperabilidad, fue denominado ERTMS/ETCS o simplemente ETCS. Para la comunicación entre trenes, equipos al lado de la vía y centros de control y regulación del tráfico ferroviario, fue seleccionada la norma internacional para comunicaciones y aplicaciones inalámbricas ferroviarias GSM-R. Por esta razón, el programa ERTMS puede ser definido como la combinación de los subsistemas ETCS y GSM-R.

2.3 Definición de las reglas de ingeniería y operacionales

La Normativa europea (ETIs) definen a nivel técnico (ETI de Control Comando y Señalización) y operacional (ETI de gestión de la operación y tráfico) el sistema ERTMS.

Este sistema de señalización nace después de que cada país tenga su propio sistema implantado. Es decir, la integración del sistema ERTMS en el sistema ferroviario nacional no es inmediata, es necesario adaptar el sistema y su operación al sistema existente.

Es por ello que cada estado miembro necesita un paso intermedio entre la normativa europea y su propia normativa, y este es el papel que juegan las Reglas de Ingeniería de vía y las Reglas Operacionales.

2.3.1 Reglas de ingeniería

En la ETI de Control Comando y Señalización, Anexo A, se encuentra el subset-026. Este subset define a nivel técnico el sistema ERTMS/ETCS.

Este subset debe ser aplicado por todos los estados miembros en su propio sistema ferroviario, el cual no ha sido contemplado a la hora de definir el sistema ERTMS, con lo que a nivel técnico, es posible que haya ciertas situaciones que se dan a nivel nacional, que no hayan sido contempladas en las especificaciones europeas.

Adicionalmente a esto, la normativa europea deja a la elección de cada estado miembro ciertos parámetros técnicos.

Las reglas de ingenierías de vía de cada estado miembro tienen por tanto dos objetivos:

- En primer lugar escoger el valor de los parámetros que quedan abiertos en la normativa;
- En segundo lugar cubrir las situaciones que se dan a nivel nacional que no pueden regularse a nivel europeo.

2.3.2 Reglas operacionales

Cada país tiene definidos ciertos procedimientos operacionales, como pueden ser:

- Iniciar misión;

- Entrar o salir de una estación;
- Maniobras;
- Terminar misión;
- ...

Además de los procedimientos más normales y comunes del sistema ferroviario, cada país tiene situaciones particulares a manejar.

La normativa europea que contempla estos procedimientos y su unión con el sistema ERTMS / ETCS es la el Anexo A de Especificación Técnica para la Interoperabilidad relativa a la Explotación y Gestión del tráfico (<http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Appendix%20A%20v4%20ES.pdf>)

Las situaciones particulares y de carácter nacional más arriba mencionadas quedan fuera de la normativa europea, y por tanto deberían quedar recogidas y cubiertas por las **reglas operacionales de cada país**.

3 Análisis de las reglas de ingeniería de España, Bélgica e Inglaterra

3.1 Funciones elegidas. Subset 026

En esta sección se van a introducir los aspectos técnicos que se han escogido para su comparación. Se expondrá lo que aparece en el subset-26.

3.1.1 Modos operacionales. Introducción

En el capítulo 4 del subset-26 se definen los modos de operación ERTMS /ETCS. El modo en el que se encuentra el sistema embarcado determina sobre quién recae la responsabilidad de la supervisión: el maquinista o el sistema embarcado.

Hay que recalcar que el modo es un estado del equipo embarcado (y no de la vía). El equipo embarcado pasará de un modo a otro dependiendo de la información que reciba de la vía o dependiendo de ciertas acciones del maquinista (introducción de datos de tren, encendido de cabina, etc).

Por tanto se estudian en el presente trabajo los aspectos relacionados con transiciones de modo automáticas debidas a información transmitida por la vía, así como los modos en los que el maquinista es el máximo responsable y deberá seguir indicaciones de vía para su operación.

Estos casos son:

- Paso a modo ON SIGHT (perfil de modo);
- Paso a modo TRIP;
- Circulación en modo STAFF RESPONSIBLE;
- Paso y circulación a modo SHUNTING (perfil de modo).

Para cada modo, en el subset-026 se proporciona la siguiente información:

- A) El contexto de utilización del modo y las funciones que lo caracterizan;
- B) Los niveles ERTMS / ETCS en los que se puede utilizar el modo;
- C) La responsabilidad correspondiente del equipo de a bordo ERTMS / ETCS y del conductor, una vez que el equipo esté en este modo;

Se mostrará al conductor una indicación clara del modo ERTMS / ETCS y del nivel ERTMS / ETCS (excepto, en los modos “aislado”, “no power” y “stand-by”).

A parte de los mencionados arriba, los diferentes modos de operación en los que un tren equipado con ERTMS puede encontrarse son:

Full Supervision	(FS)
On Sight	(OS)
Staff Responsible	(SR)
Shunting	(SH)
Unfitted	(UN)
Sleeping	(SL)
Stand By	(SB)
Trip	(TR)
System Failure	(SF)
Isolation	(IS)
No Power	(NP)
Non Leading	(NL)
STM European	(SE)
STM National	(SN)
Reversing	(RV)

Todos y cada de ellos serán motivo de análisis y comparación entre los diferentes países miembros siempre basados en la Subset 026-4.

3.1.1.1 Modos de operación en España

ON SIGHT (OS):

No podrán programarse dos perfiles de modos distintos (On Sight / Shunting). El inicio de la zona OS se definirá a **25 m** del circuito de vía de estacionamiento.

El perfil de modo OS se incluirá en los grupos de balizas previas y de avanzada.

El valor de la variable L_ACKMAMODE (distancia en la que se pedirá al maquinista que reconozca que se va a entrar en modo OS) será de 300 m. Si el punto de entrada en modo OS es en la señal principal, la variable D_MAMODE (distancia a la que se realizará la transición a modo OS) tendrá el valor 0.

En los casos especiales en las redes de cercanías en los que se opera en nivel 1 (la información llega por baliza, y no por radio): El grupo de balizas infill debe enviar un perfil de modo diferido. La ventana de

reconocimiento aparecerá entre el grupo infill y el grupo principal. El grupo de balizas principal enviará una entrada inmediata a OS ($D_MAMODE = 0$) de manera que cuando el tren lo lea, permanezca en modo OS.

STAFF RESPONSIBLE (SR):

Circulando en nivel 2, se podrá circular en modo SR una distancia infinita ($D_SR = 32767$).

En nivel 2, un tren que circule en SR a la velocidad máxima de este modo (definido en un valor nacional) y se aproxime a la zona de transición entre RBCs, si recibe una MA de FS ésta tendrá la longitud suficiente como para que el tren no tenga que frenar, salvo que las condiciones de señalización lo impidan.

No se utiliza el paquete 63: lista de balizas a sobrepasar en modo SR.

SHUNTING (SH):

El modo maniobras será seleccionado por el maquinista tras la apertura de la señal en aspecto de maniobras.

En nivel 2, el RBC aceptará el modo SH en todos los casos en los que lo solicite el maquinista. El sistema ERTMS de vía protegerá el límite de la zona de maniobras mediante balizas de límite de maniobras.

La orden de transición a modo maniobras (SH) será enviada por la vía en las señales interiores de las estaciones y nunca en las señales de entrada, salida, mangos y vías de topera.

REVERSING (RV):

No se empleará el modo Reversing en las líneas equipadas con ERTMS / ETCS en España.

El resto de modos no se mencionan en las reglas, ya que son estados del equipo embarcado y se considera que no tienen relevancia para la parte de vía.

3.1.1.2 Modos de operación en Bélgica (operando en nivel 1)

ON SIGHT (OS):

El paquete 80 para el perfil OS puede ser enviado por un grupo de balizas dependiendo del aspecto mostrado por la señal a la que está conectada el grupo (Tabla 1).

El modo OS es aplicable inmediatamente ($D_MAMODE = 0$ m);

$L_ACKMAMODE = 0$ m.

L_MAMODE = distancia entre la baliza $N_PIG = 0$ del grupo de balizas que transmite el paquete y el pie de la primera señal de parada principal o señal de parada simplificada a la que está conectada la BG (Tabla 1).

Signal type	<aspect>	P80 sent by BG with MA- or L1-function?
Non-controlled main stop signal	RP, D_<...>	Yes
	≠ RP, ≠ D_<...>	No
Controlled main stop signal	RP	Yes
	≠ RP	No
Linked and unlinked simplified stop signal	All	No

Tabla 1. ON SIGHT

STAFF RESPONSIBLE (SR):

Solo se menciona para diversas situaciones donde sería necesario seleccionar este modo, pero no hace referencia específica de cómo usarlo, debido a que consideran que es un estado del sistema embarcado y no es relevante para la parte de vía.

SHUNTING (SH):

El paquete 80 con perfil de modo Shunting puede ser enviado por un grupo de balizas dependiendo del aspecto mostrado por la señal a la que está conectada el grupo. (Tabla 2).

Es aplicable inmediatamente -> D_MAMODE=0 m al igual que en el caso de On Sight;

L_ACKMAMODE=0 m.

L_MAMODE=Longitud infinita (se podrá circular en modo SH infinitamente);

V_MAMODE=127 (valor nacional).

En modo Shunting no se tramitan listas de información de balizas. Durante el funcionamiento en SH, el maquinista deberá obedecer a las señales laterales.

Signal type	<aspect>	P80 sent by BG with MA- or L1-function?
Non-controlled main stop signal	All	No
controlled main stop signal	W	Yes
	≠ W	No
Linked simplified stop signal	All	No
Unlinked simplified stop signal [SIPR11576]	Open	Yes
	Closed	No

Tabla. SHUNTING

TRIP (TR):

En caso de TRIP con el punto más cercano de MA del tren, el conductor puede reanudar la marcha del tren sin haber contactado con la transmisión y recepción de autorización.

REVERSING (RV):

Este modo no es usado en Bélgica.

El resto de modos no se mencionan en las reglas, ya que son estados del equipo embarcado y se considera que no tienen relevancia para la parte de vía.

3.1.1.3 Modos de operación en Inglaterra

ON SIGHT (OS):

Aplicable tanto para ERTMS1 como ERTMS2.

La MA para este modo OS será el mínimo posible ya que siempre buscará el modo FS.

El modo OS no puede ser seleccionado por el maquinista.

Si el controlador no reconoce una transición al OS, el sistema ERTMS intervendrá con una aplicación de freno de servicio.

La velocidad máxima permitida, que no es la velocidad objetivo, es 40km/h.

Si solo se conoce el perfil de gradiente y velocidad para una parte del tren, el ERTMS ejecutará el modo OS indicándolo en el DMI.

Es el modo de operación ERTMS, que permite el movimiento restringido, a una velocidad y una distancia máximas definidas, en situaciones donde la ocupación de la vía no es conocida por el sistema. El conductor es responsable de verificar la ocupación de la pista cuando se mueve el tren. También se utilizará en los casos en que el régimen prevea condiciones de trabajo permisivas.

El tren cuando tenga seleccionado el modo OS podría entrar en una sección de la pista que puede ser ocupada por otro tren, u obstruida por cualquier tipo de obstáculo o entrar en una sección de la pista que no pueda ser detectada como clara.

STAFF RESPONSIBLE (SR):

SR es aplicable en los niveles 1 y 2 de la aplicación ERTMS.

Los movimientos de trenes en SR sólo deben realizarse cuando no se disponga de FS, LS y OS, ya que el conjunto de ERTMS a bordo supervisará el movimiento del tren de acuerdo con una velocidad de techo definida nacionalmente.

El modo SR se utilizará en cualquiera de las siguientes circunstancias operacionales:

- A) Pasar un EoA sin un MA de ERTMS.
- B) Durante el inicio de la misión (con una posición de tren no válida o desconocida).

Los movimientos en SR deben ser autorizados por el controlador y siempre que sea posible restringidos por:

- A) Limitar la distancia a la que se permite viajar el tren en SR con base en datos almacenados a bordo, recibidos del RBC o ingresados por el conductor.
- B) El RBC envía una lista de grupos de balizas esperados.
- C) Las balizas con un mensaje Stop in SR que disparará un tren que pasa en SR (a menos que la barra esté contenida dentro de una lista de grupos de balizas esperados).

SHUNTING (SH):

Es aplicable a los niveles 1 y 2 ECTS, 0 y NTC.

Permite la dirección del tren en cualquier posición.

El nivel de supervisión disponible en SH cuando se opera en los niveles 0 y NTC incluye la supervisión de la velocidad máxima. Sin embargo, cuando se opera en los niveles 1 y 2 es posible mitigar el riesgo de desbordamiento proporcionando comandos de parada automática (es decir, paquetes Peligro por Shunt) dentro de las balizas que protegen los límites de un área de derivación definida.

Cuando termine la transición a SH, se cerrará una sesión de comunicación existente con el RBC. Esto hará que no se disponga de la información normalmente transmitida por el ensamblaje de ERTMS a bordo del RBC y que los controles de emergencia que dependen de las comunicaciones de datos no serán efectivos. Hay ocasiones en que el nivel de supervisión ofrecido por SH puede ser suficiente para controlar los riesgos asociados con el movimiento, por ejemplo, cuando se realizan movimientos de baja velocidad. Mientras esté operando en SH, el conductor debe obedecer las señales del lado de la línea (si se proporciona) y llegar a un entendimiento claro con el señalizador / shunter antes de que comience cualquier movimiento.

Utiliza una versión de SH denominada PASSIVE SHUNTING (PS). Cuando sea seleccionada por el conductor, evitará que un conjunto de ERTMS en el modo SH pase al modo de espera (SB) cuando el pupitre de conducción está cerrado, permitiendo estar disponible inmediatamente cuando la cabina se vuelva a abrir para otros movimientos de maniobra.

El conductor sólo debe seleccionar PS si es responsable de controlar el movimiento de maniobra desde la cabina de conducción correspondiente

La PS puede utilizarse para facilitar un movimiento de maniobra que implique:

A) Un único conductor y dos o más unidades de tracción montadas ERTMS que funcionan independientemente entre sí (es decir, cuando están acopladas mecánicamente pero no conectadas electrónicamente).

B) Una unidad de tracción equipada con ERTMS que sólo tiene un EVC y dos DMIs ERTMS asociados.

Debe realizarse los movimientos de maniobra en el nivel más alto de supervisión disponible. La implantación del ERTMS debe soportar todas las operaciones de maniobra requeridas en cualquier lugar. El señalizador debe estar provisto de un control para activar y desactivar las zonas de maniobra en la línea de conducción. Cuando una zona de maniobra esté activa, el sistema ERTMS no debe permitir que un tren reciba una MA ERTMS en la zona de maniobra, a menos que haya disposiciones especiales. Para facilitar los movimientos de maniobra dentro de una posesión, debe ser posible operar en modo SH en cualquier lugar de la red ferroviaria.

FULL SUPERVISION (FS):

El ERTMS dispone de todos los datos de tren y de pista necesarios para la supervisión completa de los movimientos de los trenes contra un perfil de velocidad dinámico. Este es el modo de funcionamiento normal del ERTMS. Este modo no puede ser seleccionado por el conductor, sino que se introduce automáticamente cuando se cumplen todas las condiciones necesarias.

El modo de supervisión total (FS) es aplicable en los niveles de aplicación ERTMS 1 y 2.

FS es el modo de funcionamiento preferido, ya que proporciona el nivel más alto de supervisión disponible dentro del nivel de aplicación ERTMS elegido y el diseño del sistema debe maximizar su uso.

Para estar en FS, el ETCS de a bordo requerirá una MA de ERTMS que incluya información de autoridad de movimiento, velocidad y gradiente.

Si sólo se conoce la información del gradiente y la velocidad para una parte del tren (por ejemplo, sólo conoce la información del gradiente hacia delante de una señal o marcador de parada ERTMS que el tren está pasando actualmente), el tren pasará al modo FS, pero incluirá un mensaje en el DMI indicando que la información del gradiente y de la velocidad no está disponible para la longitud entera del tren. Este mensaje permanecerá hasta que el tren llegue a un lugar donde la información de gradiente y velocidad esté disponible para toda la longitud del tren.

Mientras en FS el DMI mostrará la siguiente información:

- A) Velocidad actual del tren.
- B) Velocidad permitida.
- C) Velocidad objetivo (dependiendo del estado de supervisión).
- D) Distancia a recorrer (dependiendo del estado de supervisión).

Si el conjunto de ERTMS a bordo detecta que el tren está viajando demasiado rápido o calcula que es probable que exceda la EoA o la ubicación supervisada (SvL), intervendrá aplicando freno de emergencia.

ISOLATION (IS):

Es el modo de funcionamiento ERTMS en el que se aísla el equipo de a bordo ERTMS integrado y no realiza las funciones de supervisión.

El modo de aislamiento (IS) es aplicable en los niveles de aplicación ERTMS 0, NTC, 1 y 2.

Se introducirá la IS cuando se haya aislado el equipo de a bordo ERTMS mediante el interruptor de aislamiento ERTMS.

El maquinista debe estar provisto de la información actual sobre la velocidad del tren para las operaciones en IS.

NO POWER (NP):

NP es aplicable en los niveles de aplicación de ERTMS 0, NTC, 1 y 2. Una transición a NP se iniciará automáticamente cuando se interrumpa la alimentación normal del equipo de ERTMS a bordo. Aunque una transición a NP hará que se pierdan todos los datos previamente ingresados, el equipo de ERTMS a bordo supervisará los movimientos del tren mediante la detección de movimiento en frío. Mientras esté el modo NO POWER seleccionado, el freno de emergencia estará aplicado, por tanto, para poder reanimar la marcha una vez establecida la alimentación al sistema, será la de quitar dicho freno.

El equipo de a bordo ERTMS debe incorporar un control (ERTMS reset) que permite a un usuario autorizado interrumpir temporalmente la alimentación del equipo ERTMS a bordo (es decir, invocar una transición al modo No Power (NP)) sin interrumpir la alimentación suministrada a otros sistemas de a bordo.

SYSTEM FAILURE (SF):

El modo de fallo del sistema (SF) es aplicable en los niveles de aplicación ERTMS 0, NTC, 1 y 2.

La detección de un fallo crítico de seguridad por el ERTMS de a bordo hará que transite a SF, excepto si el conjunto de ERTMS de a bordo funciona en los modos NL o SL.

La transición a SF hará que el ERTMS de a bordo comience automáticamente una aplicación de frenado de emergencia.

Si el conjunto ERTMS afectado está en NL o SL cuando se detecta el fallo crítico de seguridad, el sistema debe registrar los detalles del fallo si es posible y pasar automáticamente a SF al salir de NL o SL.

La desconexión del conjunto ERTMS afectado causará una transición a NP. La transición a NP podría eliminar un fallo intermitente dentro del equipo de a bordo del ERTMS y, por lo tanto, eliminar la necesidad de aislarlo. Los planes de contingencia de la empresa ferroviaria deben describir cómo se investigan y se gestionan a posteriori las transiciones a SF.

SLEEPING (SL):

El ERTMS cuando el sistema ERTMS de a bordo se encuentra en un vehículo que se está controlando a distancia, se usa el modo SLEEPING. Dado que el vehículo está bajo control remoto desde el vehículo principal, el equipo ERTMS de a bordo no realiza ninguna supervisión del movimiento del tren, sino que realiza una función de ubicación del mismo.

El modo de reposo (SL) es aplicable en los niveles de aplicación ERTMS 0, NTC, 1 y 2. Los movimientos del tren en SL serán normales cuando se requiera trabajo múltiple (es decir, cuando dos o más unidades de

tracción montadas estén acopladas físicamente y eléctricamente y donde sólo se requiera un conductor para controlar el tren). Normalmente, la transición a SL se iniciará automáticamente cuando el conjunto ERTMS a bordo detecte que se ha abierto un pupitre de conducción asociado a otro equipo de a bordo del ERTMS en otro lugar de la formación del tren (es decir, el tren está siendo conducido desde otra unidad de tracción equipada con ERTMS dentro de la red ferroviaria). Una vez que un conjunto de ERTMS haya pasado a SL, permanecerá en SL hasta que se pierda la señal de entrada de SLEEP y el tren se encuentre en un puesto o se abra el pupitre de conducción. El equipo de a bordo del ERTMS pasará automáticamente a Stand-by (SB).

Como mínimo, la señal de entrada para SLEEP debe perderse si la unidad de tracción se desacopla del resto del tren (por ejemplo, durante las actividades de desacoplamiento o escenarios de tren dividido). La función para la detección del desacoplamiento se refiere, por lo tanto, a la integración del ERTMS en el vehículo y no a un requisito del conjunto ERTMS de a bordo.

STAND BY (SB):

Es un modo predeterminado de ERTMS cuando se enciende el equipo de a bordo ERTMS. Cuando se enciende por primera vez, el equipo de bordo ERTMS realiza su autodiagnóstico y la prueba de los dispositivos externos, cuyos resultados se muestran al conductor. Cuando se abre un diálogo de conducción, el ERTMS a bordo del equipo asociado con esa cabina permanece en SB y la entrada / revalidación de datos puede tener lugar.

SB es aplicable en los niveles de aplicación de ERTMS 0, NTC, 1 y 2.

La transición a SB se iniciará automáticamente cuando se encienda el conjunto integrado ERTMS. Si se ha detectado un fallo, puede pasar posteriormente al modo de fallo del sistema.

SB será el modo de funcionamiento por defecto para el equipo de a bordo del ERTMS y es el modo inicial utilizado al inicio del proceso de misión.

El movimiento del tren debe ser permitido en SB para facilitar las actividades de acoplamiento y desacoplamiento, cuando se requieran movimientos de menos de aproximadamente 2 metros.

Facilitar estos movimientos en SB elimina la necesidad de cualquier interacción con el DMI, ya que no hay requisito para que el conductor seleccione un modo alternativo o ingrese datos de tren, proporcionando así niveles de productividad similares a los experimentados al operar trenes no equipados. Sin embargo, la seguridad se mejora mediante la supervisión de la suspensión.

UNFITTED (UN):

Es el modo de funcionamiento ERTMS utilizado para permitir movimientos de trenes en áreas que no están equipadas con equipo ERTMS en tierra. Los equipos Onboard ERTMS puede supervisar los movimientos de los trenes contra una velocidad máxima y las restricciones de velocidad temporales donde se dispone de información.

El modo UN es aplicable en el nivel 0 de la aplicación ERTMS.

El nivel de supervisión disponible en UN incluye la supervisión de la velocidad máxima.

Además de la supervisión de la velocidad máxima, es posible supervisar las Restricciones Temporales de Velocidad.

Al operar en UN, el conductor debe controlar el tren de acuerdo con la información proporcionada en la vía (por ejemplo, aspectos de la señal, carteles de velocidad, etc.).

TRIP (TR):

El modo TRIP (TR) es aplicable en los niveles de aplicación ERTMS 0, NTC, 1 y 2.

Una transición a TR se iniciará automáticamente cuando:

A) Comandado por el lado de la pista.

B) El conjunto ERTMS a bordo detecta que el tren ha pasado más allá del punto al que estaba autorizado a moverse.

C) El sistema ERTMS puede detectar que la seguridad del tren, si continúa, podría estar en peligro.

Al entrar en TR, el ERTMS de a bordo controlará el frenado de emergencia. Toda la información de MA y los datos de descripción de pista que se mantengan a bordo se borrarán y no se aceptarán nuevos datos.

La demanda de frenado de emergencia permanecerá activa hasta que el tren se detenga y el conductor haya reconocido la transición a TR.

El equipo ERTMS de a bordo indicará al maquinista, a través del DMI, el motivo de la transición a TR.

La información presentada al conductor en el DMI debe ser suficiente para permitir identificar la causa del evento.

El conductor debe interpretar una transición a TR como una situación peligrosa y tomar todas las medidas necesarias para salvaguardar el tren y a los pasajeros del tren (incluyendo la notificación del evento al controlador).

Si el señalizador tiene conocimiento de una transición a TR, debe tomar todas las medidas necesarias para contener el incidente.

Una vez que el tren afectado se haya detenido y el conductor haya reconocido la transición a TR, el equipo de bordo ERTMS pasará automáticamente al modo Post Trip (PT) excepto cuando opere en aplicación ERTMS Niveles 0 y NTC. Cuando se opera en el nivel de aplicación ERTMS 0 o NTC tras el acuse de recibo del evento TR, el equipo de a bordo del ERTMS cambiará automáticamente a SH, UN o SN. El modo en el que transitará el ERTMS de a bordo dependerá de la presencia de datos de tren válidos y del modo de funcionamiento ERTMS que se esté utilizando antes de que se produzca el evento TR. Todos los eventos TR deben ser investigados para comprender las circunstancias que rodean al mismo.

Las normas operacionales nacionales deben definir las modalidades de recuperación de un evento TR teniendo en cuenta los riesgos asociados a cada una de las posibles causas.

NON LEADING (NL):

Modo de funcionamiento ERTMS, que puede utilizarse cuando dos o más unidades de tracción que no están conectados eléctricamente para un trabajo múltiple por el maquinista y, por lo tanto, cada uno es accionado en tándem por su propio controlador. La unidad de tracción líder realiza la supervisión del movimiento del tren, por lo que el conjunto ERTMS de a bordo no realiza ninguna supervisión del

movimiento del tren, sino que realiza una función de localización del tren y proporciona una indicación de la velocidad real.

STM European (SE), STM National (SN):

Un Módulo de Transmisión Específica (STM) es un medio para implementar el elemento de a bordo de los sistemas nacionales de protección de trenes de clase B con una interfaz definida con el ERTMS de a bordo de modo que:

El ERTMS de a bordo puede gestionar de forma segura las transiciones entre la supervisión nacional del sistema de clase B y la supervisión del ERTMS.

El STM puede acceder a los siguientes recursos a través del equipo de a bordo ERTMS: DMI, JRU, odómetro, interfaz de tren y frenos según sea necesario.

Los sistemas nacionales de control de trenes AWS y TPWS, se pueden integrar con el equipo de a bordo ERTMS si se implementa como un módulo de transmisión específico (STM).

La información de los sistemas nacionales de control de los trenes que se aplique como STM podrá presentarse en el DMI, en una pantalla suplementaria conectada al ERTMS de a bordo o de manera compatible con los trenes no habilitados.

Todos los datos operacionales requeridos por un STM deben ser pre-configurados e ingresados automáticamente durante el inicio del proceso de la misión. La transferencia automática de datos al STM al inicio de la misión elimina la necesidad de introducir datos manualmente y asegura que un STM esté configurado correctamente y disponible si está seleccionado.

REVERSING (RV):

El modo RV es aplicable en los niveles de aplicación ERTMS 1 y 2.

Puede haber ocasiones en las que pueda resultar ventajoso realizar movimientos inversos sin necesidad de cambiar de cabina de conducción o entrar en SH (por ejemplo, para facilitar movimientos de derivación de rutina que impliquen movimientos de propulsión).

Existen ventajas de seguridad disponibles para los movimientos en el modo RV, ya que al conductor se le presenta la información de distancia objetivo.

La aplicación del ERTMS debe incluir todas las áreas donde el RV está autorizado y estas áreas deben ser definidas en las publicaciones locales e indicadas en el DMI.

El equipo de tierra ERTMS anunciará un área en la que RV está autorizado de antemano al montaje de a bordo del ERTMS.

El nivel de supervisión disponible en RV incluye la supervisión de la velocidad máxima y la supervisión de distancia a ir.

El DMI mostrará la velocidad del tren, la velocidad permitida y la distancia restante a recorrer. Sin embargo, el maquinista no debe considerar la velocidad y la distancia permitidas como objetivos, ya que es responsabilidad del maquinista limitar la distancia a recorrer en RV a un mínimo absoluto y a una velocidad que permita detener el movimiento del tren ante cualquier obstrucción, o cuando la persona que controla el movimiento lo indique.

Las normas operacionales nacionales deben definir cuándo se autoriza el uso del RV y cómo se debe gestionar la superación de la distancia a recorrer.

Además, el programa nacional del ERTMS debe realizar un análisis más a fondo para determinar si el RV debe utilizarse en caso de emergencia para permitir a los maquinistas realizar acciones evasivas si un movimiento de trenes excede una autoridad de movimiento del ERTMS y entra en un área de conflicto.

RV y SH facilitan el movimiento marcha atrás, pero la información de la distancia no se muestra en el DMI en SH. Por lo tanto, puede ser sensato autorizar RV en algunas áreas de derivación con el fin de obtener beneficios operacionales. Los movimientos de trenes en RV sólo debe permitirse cuando los riesgos asociados a tal movimiento puedan ser atenuados, ya que el ERTMS de a bordo sólo intervendrá una vez que se haya detectado que se ha superado la distancia de marcha atrás permitida.

Si un movimiento del tren que se realiza en RV excede la distancia a recorrer, se ordenará el freno de emergencia y se evitará cualquier movimiento adicional en la dirección inversa.

3.1.2 Autoridad de movimiento. Introducción

A lo largo de todo el subset-026 existen numerosas referencias al concepto de autoridad de movimiento y su aplicación. Este apartado pretende recopilar toda la información objetiva y literal relativa a este concepto que se ha considerado relevante para el análisis realizado.

- **Sección 3.8.1: Características de la MA**

La Autoridad de Movimiento (Movement Authority o MA) es la distancia que un tren tiene autorizada por la vía para moverse. Esta distancia es válida además durante un tiempo determinado indicado también por la vía.

El fin de la autoridad de movimiento (EOA) es el punto hasta el cual el tren está autorizado a moverse. La velocidad objetivo en el EOA es la velocidad permitida en el EOA; Cuando la velocidad objetivo no es cero, el EOA se llama el límite de autoridad (LOA). Esta velocidad objetivo puede ser limitada en el tiempo.

Si no existe superposición, el punto de peligro es un lugar más allá del EOA que puede ser alcanzado por el extremo delantero del tren sin riesgo de una situación peligrosa.

El final de una superposición (si se usa en el sistema de enclavamiento existente) es una ubicación más allá del punto de peligro que puede ser alcanzado por el extremo delantero del tren sin riesgo de una situación peligrosa. Esta distancia adicional sólo es válida para un tiempo definido.

Una velocidad de liberación es una velocidad bajo la cual se permite que el tren circule en las proximidades del EOA, cuando la velocidad objetivo es cero. Una velocidad de liberación puede estar asociada con el punto de peligro, y otra con la superposición.

La MA se puede dividir en varias secciones, la última se llama sección final.

- Se puede asignar un primer valor de tiempo de espera a cada sección. Este valor se utilizará para la revocación de la ruta asociada cuando el tren no haya entrado todavía en ella. Se llama el tiempo de espera de la sección.

- Además, se puede asignar un segundo valor de tiempo de espera a la sección final de la MA. Esta segunda salida se utilizará para la revocación de la última sección cuando esté ocupada por el tren; se denomina tiempo de espera de la sección final.

Un punto de peligro puede ser:

- el punto de entrada de una sección de bloque ocupada (si la línea se opera de acuerdo con los principios de bloques fijos)
- la posición del extremo trasero seguro de un tren (si la línea se opera de acuerdo con los principios del bloque móvil)
- el punto de ensuciamiento de un interruptor, situado para una ruta, en conflicto con la dirección de movimiento actual del tren (tanto para el modo de funcionamiento de bloque fijo como móvil).

Nota 1: Tradicionalmente, la superposición es un trozo de pista (más allá del punto de peligro), que se pone a disposición de un tren, para garantizar una situación no peligrosa, también en caso de que el conductor deba juzgar mal la distancia de parada del tren. En ERTMS / ETCS, la superposición puede utilizarse para mejorar la eficacia de la supervisión del frenado.

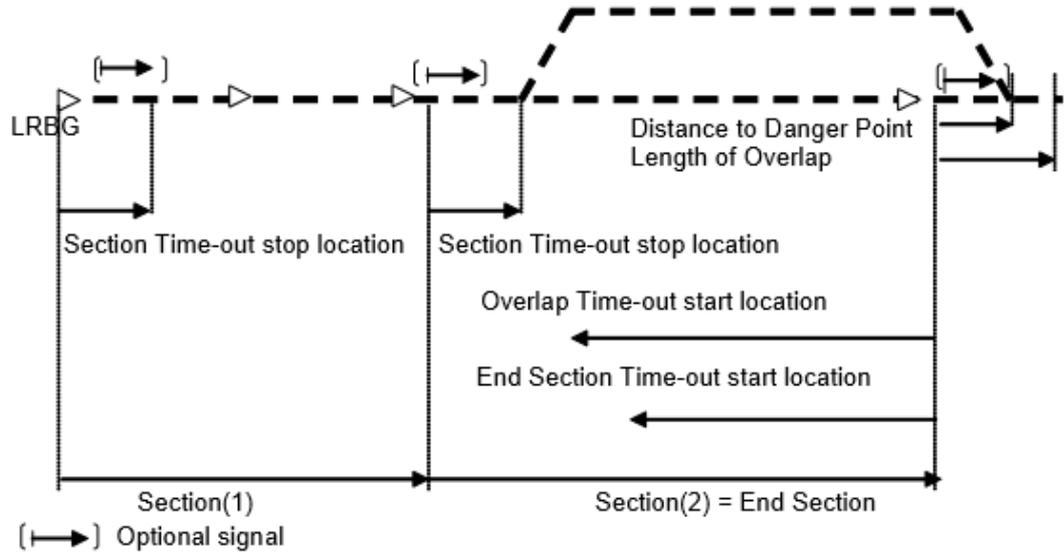
Nota 2: Los valores de tiempo límite pueden ser dados en la MA para hacer frente a las siguientes situaciones dependiendo de las operaciones de enclavamiento, es decir, los temporizadores a bordo sólo reflejarán la situación en tierra y cuando caducan (a bordo) las acciones tomadas Son restrictivas:

- Tiempo de espera de la sección o tiempo de espera para la velocidad en el EOA / LOA: Cuando un tren solicita una salida de ruta de una parte de la misma aún no ingresada por el tren que se aproxima.
- Tiempo de parada de la sección final: cuando el tren ha entrado en la última parte de una ruta, se puede retrasar el desbloqueo automático de la ruta para asegurarse de que el tren se ha detenido antes de poder mover cualquier interruptor dentro de la misma.
- Tiempo de espera para una superposición: Cuando el tren ha entrado en la última parte de una ruta, la superposición asociada con la ruta permanece válida durante cierto tiempo para asegurarse de que el tren ha detenido satisfactoriamente antes de su finalización de la autoridad. Si la superposición sigue desocupada cuando el temporizador expira, el enclavamiento revoca el solapamiento.

Nota 3: Si el equipo de tierra no tiene información suficiente para dar la distancia a End Of Authority (con una velocidad objetivo igual a cero) se puede dar una velocidad objetivo superior a cero (velocidad en LOA, límite de autoridad). Es la responsabilidad de la vía para asegurarse de que la distancia de seguridad más allá de la EOA / LOA es lo suficientemente larga como para frenar el tren de la velocidad objetivo a una parada sin ninguna situación peligrosa. Es responsabilidad del equipo de a bordo aplicar los frenos si no se recibe nueva información cuando se aprueba el Límite de autoridad.

• **Sección 3.8.3: Estructura de la MA**

La autoridad de movimiento se puede dividir en tramos más pequeños denominados secciones que suelen coincidir con distancias entre señales:

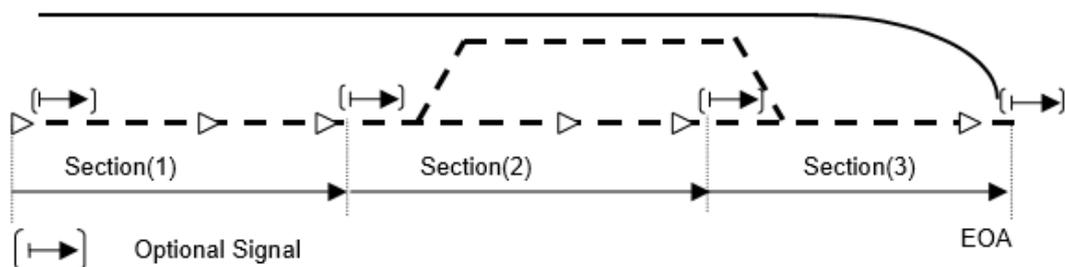


A cada sección que constituye una autoridad de movimiento se le puede asociar un tiempo en el cual es válida esa sección. Estos tiempos son manejados tanto por el equipo de abordaje como por la vía, y en caso de que el tiempo expire sin que el tren haya alcanzado un punto determinado dentro de la sección, la sección se cancela y la vía podría asignársela a otro tren. Estos temporizadores tienen sentido solo en caso de que en la sección siguiente haya un elemento de vía que controlar, por ej. una aguja.

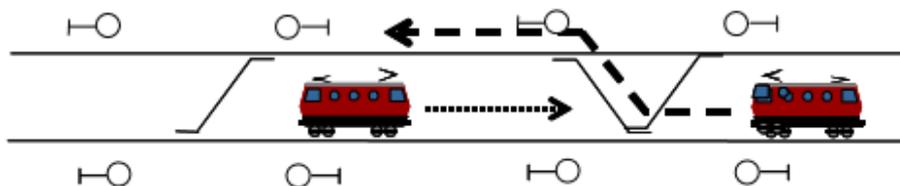
3.1.2.1 Autoridad de movimiento en España

La función autoridad de movimiento presenta en España las siguientes características aplicadas en sus reglas de ingeniería en el sector ferroviario, que mostraré a continuación:

No se empleará la funcionalidad de incompatibilidad de ruta (paquete 70). La renovación de las autoridades de movimiento se realizará de forma que el tren no entre en ningún caso en curva de frenado innecesaria. Esto significa que la distancia de frenado calculada por el tren, en base a la información de gradiente y SSP recibida de la vía y a las deceleraciones de la ETI o en los documentos de características de frenado para los trenes que circulan por las líneas convencionales (SUBSET-026-3), no debe superar en ningún caso la longitud disponible de MA.



La última sección tiene un temporizador especial diferente del resto de las secciones cuya función es asegurar que el tren se encuentra parado dentro de la última sección antes de accionar cualquier elemento de vía.



La distancia total de la autoridad de movimiento que normalmente coincide con la localización de la señal se denomina Final de la Autoridad de Movimiento o EoA (End of Authority).

Más allá del final de la autoridad de movimiento se encuentra el Danger Point o Punto de Peligro que es el punto que no puede ser rebasado por el tren. Normalmente este punto coincide con el piquete de la aguja en caso de que la señal proteja una aguja o con el corte del circuito de vía.

En caso de que la señal estuviera en rojo previamente pero el maquinista observa que el aspecto de la señal ha cambiado y necesite acercarse al grupo de balizas que está al pie de la señal para recibir la nueva información, se define la Velocidad de Liberación (Release Speed). Esta velocidad es suficientemente baja para permitir acercarse al EoA pero sin perder seguridad en la supervisión del movimiento del tren, es decir asegurando siempre que no sobrepasa el Danger Point.

Se puede definir también un punto más allá del Danger Point que es el Overlap, y cuya validez depende de un tiempo dado por la vía. Este valor en general no se utiliza en España

El Paquete 12 (Autorización de Movimiento) debe ser incluido en todos los grupos de balizas infill. El final de la autorización de movimiento se ubicará a pie de señal, salvo aquellas excepciones justificadas que se reflejen en el Programa de Explotación. En las toperas se ubicará en la misma topera. Se definen, de forma no exhaustiva, los siguientes posibles Puntos de Peligro:

- Piquete de las agujas
- Toperas. Se distingue entre mangos de seguridad y toperas terminales de estación.
- Juntas de circuitos de vía
- Puntas de aguja
- Inicio del circuito de vía del paso en los pasos a nivel enclavados.

Las velocidades de liberación enviadas por la vía no utilizarán las opciones “usar el valor nacional ni “usar la velocidad de liberación calculada por el equipo embarcado. La Velocidad de Liberación a aplicar se determinará en función de la distancia desde el EoA al punto a proteger (DP), corregida por los términos de gradiente. Cuando la distancia medida al DP sea superior a la que se determine mediante la tabla correspondiente a 30 km/h deberá programarse fija en vía y ser igual a 30 km/h y así sucesivamente de acuerdo a la tabla de velocidades en la que nos encontremos. En toperas se usará un valor de velocidad de liberación fijo de 10 km/h. La información de gradiente proporcionada por la vía deberá ser tal que el tren no entre en ningún caso en curva de frenado innecesaria. Esto significa que la distancia de frenado calculada por el tren, en base a la información de gradiente recibida de la vía y a las deceleraciones de la ETI (SUBSET-026-3) o en los documentos de características de frenado para los trenes que circulan por las líneas convencionales, no debe superar en ningún caso la longitud disponible de MA. Se enviará el perfil de gradiente correspondiente a la ruta establecida. En los casos de bifurcación de la línea donde el perfil de gradiente de la ruta desviada sea diferente del perfil de gradiente de las vías generales, se enviará en las balizas

conmutables en función del itinerario elegido. La información de gradiente proporcionada por las balizas infill de las señales avanzadas, debería suministrarse como información no infill. El perfil de gradiente (paquete 21) debe ser incluido en todos los grupos de balizas infill.

3.1.2.2 Autoridad de movimiento en Bélgica

Una autoridad de movimiento transmitida por una MA-BG siempre comienza en la baliza con el valor $N_PIG = 0$. Si el P12 es enviado por un grupo de balizas que cumple con la función IMA, el paquete 12 debe estar después del paquete 136 (información de relleno). El perfil de gradiente cubre toda la autoridad de movimiento. Esto significa que el modelado se realiza para la parte de seguimiento hasta el EOA / LOA. El perfil de gradiente se envía cada vez que se envía un P12. La función de selección de una MA y el suministro de información al movimiento considerado se lleva a cabo mediante el envío de los paquetes correspondientes en el IBG y las señales de SBG de acuerdo con el programa tal como se define en la FRS ([4]) [SRS 140]. Una MA siempre termina con un EOA. La MA en la zona de salida ETCS1 puede terminar con un VLOA para permitir que el convoy se desplace a la velocidad máxima permitida por las señales laterales. Por normal general, no tendremos un valor de MA nulo o inválido. Esto permite que los equipos transmisores de a bordo tengan toda la información necesaria para que el maquinista pueda continuar o comenzar a realizar el procedimiento de arranque (nivel ETCS1, Modo FS o el sistema operativo). Los datos de MA (distancia libre) debe ir acompañado por el modo de descripción y otro de información. Toda esta información a transmitir es:

- La autorización al perfil de modo: el modo FS u OS
- La información sobre la distancia libre
- El perfil de velocidad estática sobre la totalidad de la distancia libre
- El gradiente de perfil en toda la extensión que corresponde a la distancia libre
- La información del linking correspondiente

Esta información debe coincidir con la parte de ruta (circuito) que en realidad debe ser tomada por el tren y cubrir toda la porción de la vía (excepto vías unificadas y el encadenamiento de las cuales deberá describirse en el SRS).

Una MA debe ser válida durante un tiempo máximo de 10 minutos. A la expiración de este período de 10 minutos, la autorización de movimiento debe ser terminada en la primera señal descendente. La autoridad de movimiento referido al modo FS puede extenderse más allá de una señal cerrada. El perfil de velocidad estática básica (por defecto) siempre se corresponderá con el perfil más restrictivo. Al final de las zonas de transición ETCS1 (nivel 1 a nivel STM) en un área que no son aptos para la circulación de P120 / G100 a la velocidad máxima cuando el límite de velocidad es estrictamente mayor de 90 km / h, se pueden usar varios perfiles de velocidad: limitar la velocidad de HKM G100 a 90 km / hora, limitar la velocidad de HKM P120 a 100 km / hora y en la autorización cuando las condiciones de circulación de otros trenes viajan a la velocidad permitida por la infraestructura. Excepcionalmente, a fin de evitar el uso de múltiples perfiles de velocidad estática, es posible reducir la velocidad de los trenes P120 / G100 a través de señales de velocidad específicos con el fin de respectivamente a 100 y a 90 km / h. Por otra parte, en la transición de la zona ETCS1, un grupo de balizas debe mandar la prohibición de circulación a la velocidad máxima de los trenes P120 / G100, si la zona no es una zona adecuada para el movimiento a la velocidad máxima. Los límites de velocidad específicos planteados por las señales de velocidad indican el "plan" con suerte con el que debería conducir a un perfil de velocidad estático específico basado en las categorías definidas de trenes.

3.1.2.3 Autoridad de movimiento en Inglaterra

Para que un tren equipado con ERTMS pueda moverse, se requerirá de un permiso de movimiento. Puede ser dada por uno de los siguientes medios:

- Una Autoridad de Movimiento ERTMS (ERTMS MA).
- Una señal de tierra que muestra un aspecto de proceso.

Permiso para proceder:

- Para iniciar en SR (con la excepción de iniciar en SR a partir de una señal), o
- Aprobar una EoA, o
- Después de una transición a TR.

El método normal de permiso de un tren equipado por el ERTMS para desplazarse debe ser mediante la emisión de un MA ERTMS. Los MA de ERTMS de nivel 1 deben permitir que los trenes equipados se aproximen y pasen cerca de señales que muestren un aspecto de procedimiento para leer el grupo de balizas y recibir un ERTMS MA en adelante. La forma en que se transmite una MA de ERTMS depende del nivel de aplicación de ERTMS. Una MA ERTMS sólo debe emitirse una vez que el sistema ERTMS haya demostrado que se han cumplido todas las condiciones para que el movimiento del tren se realice de manera segura (es decir, que la ruta haya sido fijada, bloqueada y para un tránsito no permisivo. La información contenida en una MA ERTMS incluirá todos los datos necesarios al equipo de a bordo del ERTMS para proporcionar una supervisión continua de la velocidad y proteger contra el rebasamiento del movimiento autorizado. El ERTMS MA también puede incluir un cambio de modo ERTMS.

El ERTMS utilizará los datos contenidos en el ERTMS MA para calcular las curvas de frenado y las curvas de velocidad permitidas, de advertencia y de intervención contra las que se supervisa el movimiento del tren para limitar los riesgos asociados a la sobre-velocidad y proteger el SvL. La información sobre el ERTMS MA se mostrará en el ERTMS DMI y el conductor deberá controlar el tren de acuerdo con la información mostrada. Para estar en FS, el equipo de a bordo del ERTMS requerirá una MA que incluya información de la distancia, velocidad y gradiente para cada caso.

Las siguientes características se pueden utilizar para componer la información de autoridad de movimiento:

- La ubicación del fin de la autoridad (EoA) o límite de autoridad (LoA). Si se define una LoA, también se debe definir una velocidad objetivo.
- Ubicación del punto de peligro asociado con la EoA.
- Ubicación del final de la superposición disponible y un temporizador de liberación asociado.
- Velocidad de liberación asociada con la superposición y / o el punto de peligro (puede ser un valor definido o instrucción para realizar el cálculo el equipo de a bordo).
- Secciones MA y temporizadores asociados.

Una ruta debe ser cerrada antes de que pueda emitirse una autoridad de movimiento.

3.1.3 Transiciones de nivel. Introducción

Los diferentes niveles de aplicación ERTMS / ETCS (niveles cortos) son una forma de expresar las posibles relaciones operativas entre la vía y el tren. Las definiciones de nivel se relacionan principalmente con el equipo de tierra utilizado, con la forma en que la información de tierra llega a las unidades de a bordo y cuyas funciones se procesan en la vía y en el equipo de a bordo, respectivamente.

Se han definido diferentes niveles para permitir a cada administración ferroviaria individual seleccionar la vía de acceso de la aplicación ERTMS / ETCS adecuada, de acuerdo con sus estrategias, a su infraestructura de vía y al rendimiento requerido. Además, los diferentes niveles de aplicación permiten la interconexión de sistemas individuales de señalización y sistemas de control de trenes a ERTMS / ETCS.

A los efectos de una especificación coherente se ha definido un nivel 0. Este nivel se utiliza para el funcionamiento en líneas no equipadas (no equipadas) o en líneas, que están en puesta en servicio.

Un tren equipado con equipos de bordo ERTMS / ETCS siempre coopera con el equipo de tierra ERTMS / ETCS en un nivel definido de ERTMS / ETCS.

Todas las transiciones entre niveles se realizan de acuerdo con reglas bien especificadas. El ERTMS / ETCS puede configurarse para funcionar en uno de los siguientes niveles de aplicación:

- ERTMS / ETCS Nivel 0 (tren equipado con ERTMS / ETCS que opera en una línea sin ERTMS / ETCS o sistema nacional o con los sistemas ERTMS / ETCS en la puesta en marcha).
- Nivel ERTMS / ETCS STM (tren equipado con ERTMS / ETCS que funciona en una línea equipada con un sistema nacional al que se interconecta mediante el uso de un STM).
- Aplicación ERTMS / ETCS Nivel 1 con o sin transmisión de relleno (tren equipado con ERTMS / ETCS operando en una línea equipada con Eurobalises y opcionalmente Euroloop o Radio infill).
- Nivel de Aplicación ERTMS / ETCS 2 (tren equipado con ERTMS / ETCS que funciona en una línea controlada por un Radio Block Center y equipado con Eurobalises y Euroradio) con la comprobación de la integridad del tren y la integridad del tren realizada por la vía.
- Nivel de Aplicación ERTMS / ETCS 3 (similar al nivel 2, pero con supervisión de la integridad del tren y de los trenes a partir de la información recibida del tren). No será motivo de estudio en este proyecto.

Los niveles 1, 2 y 3 son compatibles hacia abajo. Esto significa que un tren equipado de nivel 3 puede operar en los niveles 1 y 2 y un tren equipado de nivel 2 en el nivel 1. El funcionamiento bajo STM no forma parte de la cadena de compatibilidad descendente.

Es posible transmitir información no destinada al ERTMS / ETCS, sino a otros sistemas a través de los canales de transmisión ERTMS / ETCS. Esta información es ignorada por ERTMS / ETCS.

En este documento sólo se analizarán las transiciones de nivel interoperables, es decir, aquellas en las que pueden verse involucrados el resto de los trenes europeos equipados con ERTMS/ETCS en su expansión por liberalizar el sector haciéndolo más competitivo.

Las transiciones de nivel se programarán siempre en las fronteras (entradas y salidas) de trayectos adyacentes equipados con distintos niveles de ERTMS/ETCS y en puntos singulares que permitan la recuperación del nivel o niveles prioritarios asignados a un mismo trayecto.

3.1.3.1 Transiciones de nivel en España

No se programará una transición hacia un trayecto que no disponga del equipamiento de vía asociado al nivel que quiere programarse. En las transiciones programadas de entrada o salida entre trayectos con distintos niveles equipados, deberán establecerse sendas zonas de solape, equipadas en vía y controladas por los respectivos puestos de señalización de cada nivel. Las zonas de solape se establecerán a uno y otro lado de los puntos de transición, y su longitud vendrá determinada por la distancia de frenado correspondiente a la velocidad máxima en el punto de transición según el sentido que corresponda. La distancia de frenado se determinará teniendo en cuenta los valores mínimos de deceleración de la ETI (subset 026-3).

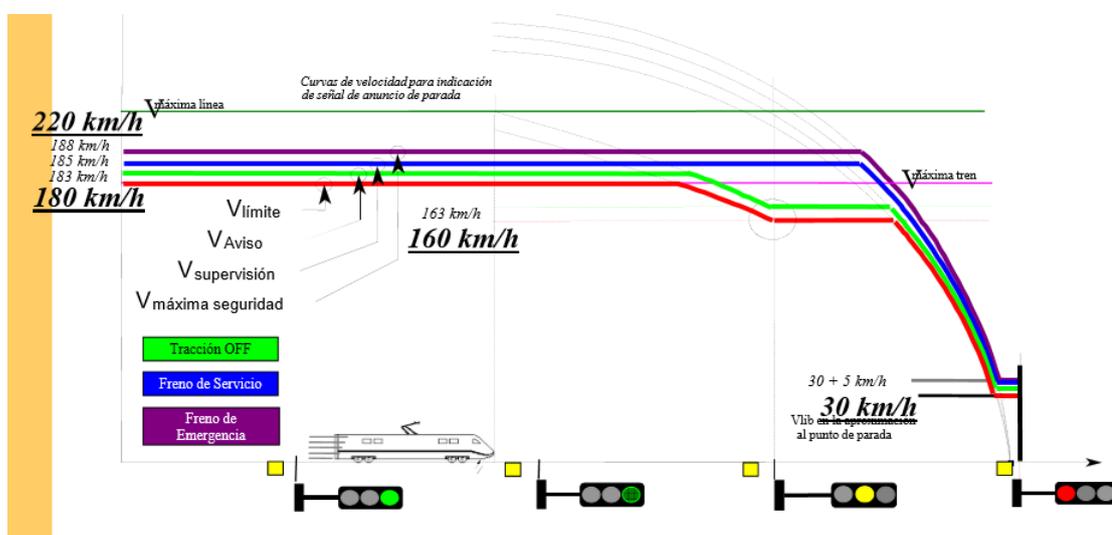


Figura 1. Diferentes curvas de frenado

Cuando la transición se produzca en curva de frenado, debido a que está cerrada alguna señal posterior a la transición, se adecuará la velocidad de salida para que no se produzcan saltos bruscos de velocidad debidos a las diferentes curvas de frenado de los diferentes sistemas.

Las zonas de solape podrán reducirse o desaparecer si técnicamente las limitaciones o condiciones que se establezcan en un trayecto gobernado por un nivel pueden anticiparse y comunicarse al puesto de señalización de otro nivel en el trayecto adyacente. Para un trayecto equipado con varios niveles, deberá establecerse una tabla que relacione aquellos desde el más prioritario al menos prioritario, dependiendo de cada aplicación específica. Los anuncios de transición, órdenes de conexión y órdenes de transición en vía deben programarse en grupos de al menos dos balizas. Los anuncios y las órdenes de transición nunca se darán como información infill.

En general, los grupos de balizas que informen de transición (anuncio, conexión y orden) deben estar enlazados (linking) con reacción de enlace de freno de servicio.

Solamente se enviará un anuncio de transición. La orden de transición será de ejecución inmediata (D_LEVELTR = now).

TRANSICIÓN DE NIVEL 1 A NIVEL 0

El anuncio de transición a Nivel 0 se realizará mediante el paquete 41 en un grupo de balizas previo a la orden de cambio, que deberá enviar además de la orden de transición una autoridad de movimiento de Nivel 0 así como las limitaciones de velocidad y condiciones de vía aplicables a dicha autoridad de movimiento.

La distancia programada en el anuncio será el resultado de sumar la distancia al punto de información que da la orden de transición más 50 m +5% de la distancia citada.

TRANSICIÓN DE NIVEL 0 A NIVEL 1

Las transiciones a Nivel 1 deberán anunciarse y ordenarse en trayecto y siempre antes de una señal con función de avanzada. La orden de transición deberá darse a la distancia en que sea visible la señal luminosa inmediatamente posterior a la transición.

En todas las transiciones a Nivel 1 la longitud de reconocimiento (L_ACKLEVELTR) será la equivalente a un tiempo de 5 segundos a la velocidad de ese tramo.

Solo se podrá dar una autoridad de movimiento de Nivel 1 más allá de la señal si el aspecto de ésta es permisivo para Nivel 0. La autoridad de movimiento de Nivel 1 se dará más allá del punto de transición cubriendo la zona de solape que garantice la velocidad esperada en el punto de transición, dependiendo del aspecto de la señal y, adaptando el perfil estático de velocidad a la velocidad máxima impuesta por el Nivel 0 a partir del punto de transición.

TRANSICIÓN DE NIVEL 1 A NIVEL 2

El anuncio de transición se dará en una baliza fija o conmutable de un grupo de al menos dos balizas mediante los paquetes 41 y 42 con distancia programada equivalente al tiempo necesario para que el equipo embarcado establezca la sesión con el RBC y pueda recibir una MA del Nivel 2.

La orden de transición se dará en baliza fija o conmutable de un grupo de al menos dos balizas mediante un paquete 41 con ejecución inmediata (D_LEVELTR = now).

Los paquetes con la orden de transición se enviarán en los grupos de balizas de pie de señal de las señales de entrada y bloqueo.

Una vez establecida la sesión de comunicación con el RBC, éste enviará la MA y la orden de transición a Nivel 2. La autoridad de movimiento de Nivel 1 se dará más allá del punto de transición cubriendo la zona de solape que garantice la velocidad esperada en el punto de transición.

TRANSICIÓN DE NIVEL 2 A NIVEL 1

El anuncio de transición se dará en una baliza fija o conmutable de un grupo infill mediante un paquete 41, pero no como información infill. La orden de transición se dará en baliza fija o conmutable de un grupo de señal absoluta mediante un paquete 41 de ejecución inmediata (D_LEVELTR = now).

Si el RBC envía el anuncio de transición a Nivel 1, lo hará una vez que reciba un informe de posición del tren indicando que ha pasado la baliza de anuncio de la transición.

El grupo de señal absoluta que da la orden de transición a Nivel 1 proporcionará la autoridad de movimiento de Nivel 1 así como cualquier limitación de velocidad o condición de vía que aplique en el trayecto de Nivel 1.

Solo se podrá dar una autoridad de movimiento de Nivel 2 más allá de la señal dónde se realiza la transición si el aspecto de ésta es permisivo para Nivel 1.

La autoridad de movimiento de Nivel 2 se dará más allá del punto de transición cubriendo la zona de solape que garantice la velocidad esperada en el punto de transición, adaptando el perfil estático de velocidad a la velocidad máxima impuesta por el Nivel 1 a partir del punto de transición. Como alternativa a la solución propuesta, que es la deseable, sería aceptable una solución basada en VLOAs que proporcione prestaciones similares.

TRANSICIÓN DE NIVEL 0 A NIVEL 2

El mensaje con el paquete 42 de conexión se instalará en una baliza fija o conmutable de un grupo de al menos dos balizas y a una distancia del punto de transición equivalente al tiempo necesario para el establecimiento de la conexión, el reporte de la posición por el tren y el cálculo de autorizaciones y limitaciones, según el modo, por el RBC. La orden de transición, junto con la autorización y limitaciones que correspondan, se dará por el RBC según las condiciones de vía garantizadas y en todo caso inmediatamente después del primer reporte de posición del tren en la nueva área de Nivel 2.

Las transiciones de N0 a N2 se deberán efectuar en una señal absoluta ubicada en el ámbito geográfico controlado por el primer RBC de la línea equipada con N2

TRANSICIÓN DE NIVEL 2 A NIVEL 0

Las transiciones a Nivel 0 deberán anunciarse y ordenarse en trayecto mediante grupos de balizas y siempre antes de una señal con función de avanzada. Si el RBC envía el anuncio de transición a Nivel 0, lo hará una vez que reciba un informe de posición del tren indicando que ha pasado la baliza de anuncio de la transición.

La orden de transición deberá darse a la distancia en que sea visible la señal luminosa inmediatamente posterior a la transición.

En todas las transiciones a Nivel 0 la longitud de reconocimiento (L_ACKLEVELTR) será la equivalente a un tiempo de 5 segundos a la velocidad de ese tramo. Solo se podrá dar una autoridad de movimiento de Nivel 2 más allá de la señal si el aspecto de ésta es permisivo para Nivel 0.

Cuando la orden de transición se de en una señal absoluta de salida con aspecto permisivo para Nivel 2 pero no permisivo para ASFA, singularmente la autoridad de movimiento de Nivel 2 acabará en la misma señal. En todos los demás casos con orden en una señal absoluta, la autoridad de movimiento de Nivel 2 se dará más allá del punto de transición cubriendo la zona de solape que garantice la velocidad esperada en el punto de transición.

Como alternativa a la solución propuesta, que es la deseable, sería aceptable una solución basada en VLOAs que proporcione prestaciones similares.

3.1.3.2 Transiciones de nivel en Bélgica

TRANSICIÓN A NIVEL 1

Para una ruta determinada, si se tiene que transmitir un orden de ejecución para la transición al nivel 1, $D_LEVELTR = 32767$.

La información si se ha de transmitir una orden de ejecución para el nivel 1 para una ruta determinada se incluye en el SPRLS del proyecto.

Para una ruta dada, si se debe transmitir una transición de anuncio al nivel 1, $D_LEVELTR = 1,05 * D (SIG1, SIG2) + D (SBG, SIG1) + 10 [m]$ con:

- $D (SIG1, SIG2)$ = Distancia entre la señal L1 1 y la señal L1 2
- $D (SBG, SIG1)$ = distancia entre la señal L1 1 y su SBG La información si se ha de transmitir un anuncio para la transición al nivel 1 para una ruta determinada se incluye en Los SPRLS del proyecto.

Si se envía un anuncio para la transición, $L_ACKLEVELTR = D (SIG1, SIG2) / 2 [SIPR12844]$ [SIPR11682]

En una orden de ejecución para la transición $L_ACKLEVELTR = 0$. [GRL.183]. El grupo de balizas que envía la transición también enviará toda la información necesaria para la transición a ejecutarse (MA, ISSP, perfil de gradiente, perfil de modo, etc.)

El paquete P41 para la transición al nivel 1, se envía la siguiente lista de niveles (en orden de prioridad):

	M_LevelTR	NID_STM	Priority
1) Level1	2	-	Highest
2) STM(SN TBL1+)	1	28	
3) STM(SN TBL2)	1	7	
4) STM(SN TBL1)	1	5	
5) STM(SN crocodile)	1	18	
6) STM(SN KVB)	1	8	
7) Level 0	0	-	Lowest

Tabla 2. Orden de prioridad según el paquete 41 de transiciones de nivel a NIVEL 1

TRANSICIÓN A NIVEL STM/NIVEL 0

El grupo de balizas L0-ANN envía el anuncio para la transición al nivel STM/0 (Specific Transmission Module). Una vez enviado el anuncio, será el grupo de balizas L0-EXE el encargado de enviar a la ejecución para la transición.

Para el grupo de balizas de anuncio L_ACKLEVELTR = distancia entre el grupo de balizas de anuncio y el grupo de balizas de ejecución dividido por 2. La ejecución de la orden al cambio de nivel será con la señal L_ACKLEVELTR=0.

El paquete P41 para la transición al nivel STM/0, se envía en la siguiente lista de niveles (en orden de prioridad):

	M_LevelTR	NID_STM	Priority
1) STM(SN TBL1+)	1	28	Highest
2) STM(SN TBL2)	1	7	
3) STM(SN TBL1)	1	5	
4) STM(SN crocodile)	1	18	
5) STM(SN KVB)	1	8	
6) Level 0	0	-	Lowest

Tabla 3. Orden de prioridad según el paquete 41 de transiciones de nivel a STM/NIVEL 0

3.1.3.3 Transiciones de nivel en Inglaterra

La implantación del ERTMS debe apoyar la transición entre los diferentes niveles de funcionamiento del ERTMS mientras un tren está en movimiento.

Para pasar de un nivel operativo ERTMS a otro durante el desplazamiento, es necesario realizar las siguientes funciones para que la transición se complete correctamente:

- A) Registro en la red GSM-R (sólo nivel 2).
- B) Establecimiento de una sesión de comunicaciones con el RBC (Nivel 2 solamente).
- C) Anuncio de transición.
- D) Recibir un MA ERTMS para moverse a través del borde de transición y más allá.
- E) Supresión de los sistemas a bordo de clase B (transiciones hacia / desde el nivel NTC).
- F) Transición.
- G) Reconocimiento de transición.

Aunque estas funciones se enumeran en un orden lógico de ocurrencia y como funciones separadas, pueden no suceder necesariamente en el orden enumerado y hay dependencias entre ellos, por ejemplo:

A) Para las transiciones al Nivel 2, el establecimiento de una sesión de comunicación con el RBC sólo puede ocurrir si el radio de datos GSM-R está registrado en la red GSM-R.

B) Para transiciones al Nivel 2, si el anuncio de transición es enviado por el RBC, esto dependerá del establecimiento de una sesión de comunicaciones con ese RBC.

C) El anuncio de transición y la recepción del MA ERTMS pueden ocurrir al mismo tiempo.

D) El reconocimiento de transición puede solicitarse antes de la transición.

E) El proceso de supresión de sistemas de Clase B implementados como STM comienza con la recepción del anuncio de transición, pero esto puede no ser el caso para sistemas de clase B incorporados no implementados como STM.

Para transiciones de ejecución exitosas al nivel 2, los datos GSM-R de a bordo debe estar registrado en la red GSM-R.

El ERTMS de a bordo intentará registrarse al encender de acuerdo con la información de ID de red almacenada de a bordo. La identidad de la red con la que se puede registrar y la orden de registro también puede transmitirse al tren por grupo de balizas, o puede seleccionarse de una lista proporcionada en el DMI e iniciada por el maquinista.

Si los datos GSM-R no están registrados en la red, no se podrá establecer una conexión con el RBC y no se emitirá un ERTMS MA. El maquinista requerirá permiso para pasar al nivel 2 del nivel 2, o continuar en el nivel anterior si es apoyado en el área nueva.

Para transiciones de ejecución exitosas al nivel 2, la radio de datos GSM-R a de bordo debe estar registrado en la red GSM-R. El ERTMS a de bordo intentará conectarse al encenderse de acuerdo con la información de ID de red almacenada en el equipo. La identidad de la red con la que se puede registrar y la orden de registro también puede transmitirse al tren por grupo de balizas, o puede seleccionarse de una lista proporcionada en el DMI e iniciada por el maquinista. Si la radio de datos GSM-R no está registrado en la red, no se podrá establecer una conexión con el RBC y no se emitirá un ERTMS MA. El maquinista requerirá permiso para pasar al nivel 2, o continuar en el nivel anterior si es apoyado en el área nueva. Normalmente, los conductores no deben ingresar la información de contacto de RBC como parte de una transición al nivel 2.

Para transiciones a la operación de nivel 2, el equipo embarcado del ERTMS necesitará establecer comunicación con el RBC correcto. Si no se puede establecer una conexión con el RBC, no será posible recibir un MA ERTMS para el área de Nivel 2 y puede que no sea posible recibir el anuncio de transición. El conjunto de ERTMS de a bordo de los trenes que atraviesan el límite de transición seguirá pasando al nivel 2 sin conexión con el RBC, pero posteriormente pasará al modo TR si procede del nivel 0 o del nivel NTC debido a que no hay MA ERTMS de a bordo.

Se deben anunciar todas las transiciones de nivel en ejecución. Sólo las transiciones a los Niveles 2 o NTC pueden ser anunciadas al equipo de a bordo del ERTMS a través del grupo de balizas o vía del RBC. Se entiende que esto no impide anuncios para los niveles 1 ó 0.

El anuncio de transición especifica una distancia para ir al punto en el que se realizará la transición al nuevo nivel (borde de transición) y la tabla de niveles soportados por el lado de la pista más allá del borde de transición en orden de prioridad (incluso si sólo un nivel es Permitido se considera como una tabla de prioridad). El sistema ERTMS de a bordo decidirá a qué nivel ordenado se realizará la transición en función de las prioridades recibidas y de los criterios de disponibilidad a bordo asociados a cada nivel. Se

seleccionará el nivel más alto de prioridad disponible. Si ninguno de los niveles ordenados está disponible, el ERTMS seleccionará el nivel ordenado con la prioridad más baja. Si el anuncio de transición resultara en un cambio de nivel, el ensamblaje ERTMS inmediatamente informará al maquinista sobre el cambio que se aproxima a través del DMI. El anuncio de transición también puede definir la ubicación desde la cual el controlador debe reconocer la transición. Requiere que un grupo de balizas se ubique en el borde de transición que transmite una orden para pasar inmediatamente al nivel requerido. Esta orden es el mismo mensaje usado para el anuncio de transición, pero con la distancia de transición a cero. Inmediatamente de recibir esta orden, el ERTMS embarcado realizará la transición al nivel requerido. Los principios y normas operacionales del ERTMS exigen que los maquinistas apliquen las reglas relacionadas con el nuevo nivel cuando se realice la transición al nuevo nivel. Sólo se pedirá a los maquinistas que reconozcan las transiciones de nivel como se indica en la Tabla a continuación ("Sí" indica aquellas transiciones de nivel en las que se solicitará al maquinista que lo reconozca, "No" en caso de que no):

Application Levels From:	Application Levels To:				
	0	NTC	1	2	3
0	—	Yes	No	No	No
NTC	Yes	Yes*	Yes	Yes	Yes
1	Yes	Yes	—	No	No
2	Yes	Yes	No	—	No
3	Yes	Yes	No	No	—

Tabla 3. Cambios de nivel validados

Si el maquinista no ha respondido a la solicitud de reconocimiento de transición dentro de los 5 segundos siguientes a la transición, el ERTMS de a bordo mandará una aplicación de freno de servicio que se liberará cuando el maquinista reconozca la transición de nivel. Este proceso de reconocimiento se muestra en la Figura 1 a continuación:

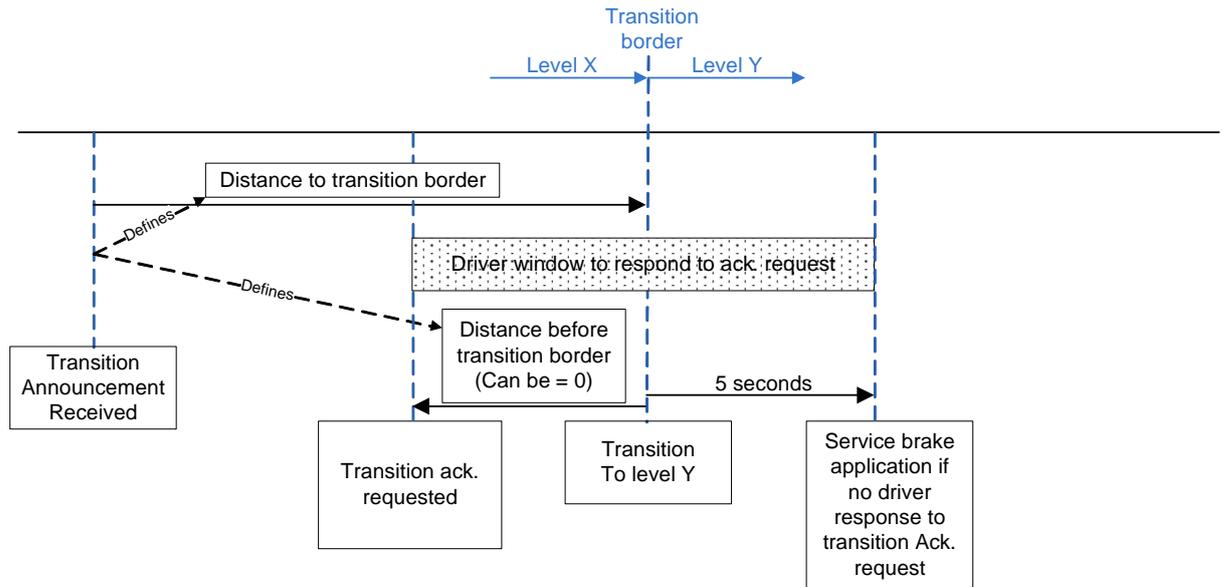


Figura 4. Proceso de mantenimiento

Normalmente, no se requiere que los conductores cambien manualmente los niveles; esto sólo se debe requerir en respuesta a una situación degradada.

Los maquinistas pueden ingresar manualmente el nivel de operación requerido como parte del inicio del procedimiento de misión o cambiar manualmente el nivel ERTMS a través del DMI si el tren está en un puesto sin tener que rehacer el inicio del procedimiento de misión.

Cuando se requiera la selección manual de un nivel de funcionamiento o, para las selecciones NTC de nivel, un sistema particular de Clase B, se debe proporcionar a los conductores información suficiente para apoyar la selección precisa del nivel / sistema apropiado.

. El sistema integrado ERTMS debe configurarse de tal manera que sólo los niveles soportados dentro de un área determinada estén disponibles para la selección manual.

Cuando se requiera una selección manual de Nivel 2, los maquinistas deben tener acceso a la identidad de la red GSM-R ya la información de contacto de RBC para apoyar el registro del radio de datos GSM-R y el establecimiento de una sesión de comunicaciones con el RBC.

En condiciones normales de funcionamiento, cuando los trenes sean compatibles con la infraestructura, el régimen de transición de nivel no impondrá limitaciones de uso en el itinerario marcado.

En operaciones degradadas, cuando los trenes sean compatibles con la infraestructura, se deben minimizar las limitaciones de uso en el enrutado debido a las disposiciones de transición de nivel.

Un tren equipado que se aproxime a un límite de transición a una zona en la que, además del nuevo nivel operativo, el nivel anterior a la frontera siga soportado más allá de la frontera de transición, debe permitirse continuar a través de la frontera de transición sin tener que cambiar de niveles y sin tener que detenerse, si no pueden cumplirse las condiciones necesarias para la transición. Así, por ejemplo, un tren que opera en el Nivel NTC que se aproxima a un borde de transición a un área equipada tanto para Nivel

2 como NTC debe continuar en el Nivel NTC sin necesidad de detenerse si no pueden cumplirse las condiciones para la transición al Nivel 2.

Puede haber fronteras de transición adicionales definidas en otros lugares a lo largo de la ruta para soportar la capacidad de un tren equipado para poder transitar al nivel apropiado en un punto después del borde de transición inicial. La disposición y el número de estas fronteras adicionales podrían depender de la tasa de fallos de transición y de la longitud del área.

En la medida de lo posible, las disposiciones de transición de nivel deben optimizarse para todos los trenes equipados en la ruta y no deben limitarse por los trenes equipados con un rendimiento de frenado insuficiente.

Las notificaciones y actividades de los maquinistas asociados a una transición de nivel deben ser, en la medida de lo posible, coherentes desde todas las aproximaciones potenciales al límite de transición de nivel.

En las uniones convergentes, los trenes equipados deben estar en un nivel operativo soportado antes de entrar en la línea. Esto reduce el riesgo de que un tren equipado no transite teniendo un impacto operacional sobre la línea que está siendo unida.

Los trenes equipados que operen dentro de una zona de transición nivel, pero que no tengan la intención de cruzar la frontera de transición, no deben verse afectados por las disposiciones de transición de nivel. Si bien se acepta que, en tales circunstancias, no sería posible evitar la presentación de información relacionada con la transición en el DMI, el sistema ERTMS no debe exigir a los maquinistas de los trenes equipados que respondan a los mensajes ERTMS relacionados con la transición que aparecen en el DMI.

La vía debe estar provista de un método para atrapar a los trenes que cruzan una frontera de transición hacia una zona en la que el tren es incompatible con los niveles de operación soportados. Las reglas operacionales deben definir cómo se gestionan los trenes que atraviesan una frontera de transición hacia una zona donde el tren es incompatible con los niveles de operación soportados. También el sistema debe ser capaz de evitar la entrada a un nivel en el que el maquinista no posee la competencia necesaria para conducir el tren en el nuevo nivel.

El Grupo de Trabajo de Armonización Operacional de la ERA ha acordado el diseño, pero no los requisitos de aplicación, para una señalización común de Transición de Nivel.

Los conductores de los trenes equipados que pasen a un nuevo nivel deberán disponer de la información necesaria y apropiada de la vía antes o en la frontera de transición de nivel para apoyar operaciones seguras y eficientes en la nueva área. Esto incluye, pero no se limita a:

- A) Información TSR y ESR.
- B) Información de enrutamiento.

La velocidad de los trenes equipados que transitan entre los niveles del ERTMS debe controlarse adecuadamente para la nueva zona. Esto podría requerir la condición del enclavamiento (incluidos los aspectos de la línea y el enrutamiento), el perfil de velocidad y TSR / ESR para la nueva ruta, y cualquier restricción de velocidad relacionada con el sistema de Clase B que se tenga en cuenta en el ERTMS MA para cruzar la transición frontera. Por ejemplo, si las curvas de frenado del ERTMS son menos restrictivas que las del sistema de Clase B, puede haber una advertencia o intervención de clase B después de la

transición. Esto debe considerarse para los bucles OSS de TPWS inmediatamente después de un borde de transición y para cualquier transición futura hacia / desde otros sistemas ATP, por ejemplo, CBTC o GW-ATP.

Los maquinistas de los trenes equipados deben recibir información de restricción de velocidad en o al acercarse a la frontera de transición de manera apropiada al nivel operativo del tren después de la transición. Los indicadores del lado de la pista requeridos para soportar restricciones convencionales de velocidad temporal y de emergencia incluyen:

- A) Imanes permanentes AWS.
- B) Indicadores de emergencia (ESR solamente).
- C) Paneles de advertencia.
- D) Indicadores de velocidad.
- E) Indicadores de terminación.
- F) Juntas de cancelación de AWS.

Las alarmas proporcionadas para detectar movimientos no autorizados más allá de un borde de transición de nivel deben ser efectivas para movimientos no autorizados por cualquier tren que pueda acercarse al borde de transición de nivel.

Los controles proporcionados en una frontera de transición para detener trenes en una emergencia deben ser efectivos para cualquier tren que pueda acercarse a la frontera de transición nivel.

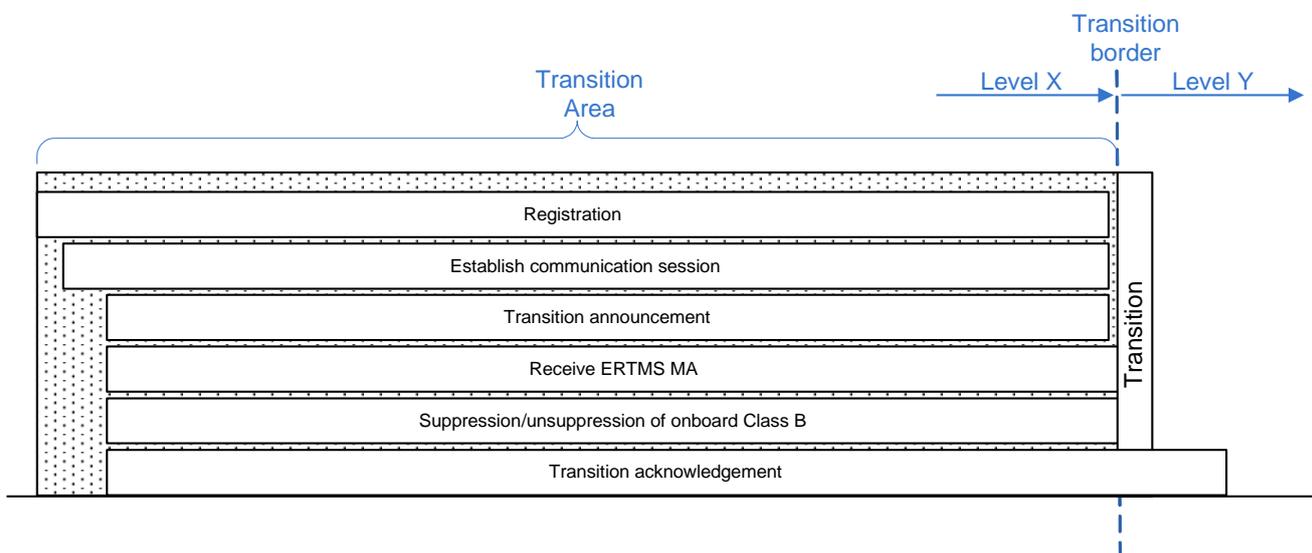


Figura 5 Información en las áreas de transición

3.2 Comparativa de funciones entre los estados miembros según la ERA

En este capítulo se comparará las funciones de la norma que han sido seleccionadas como motivo de estudio en este proyecto.

3.2.1 Comparativa de la autoridad de movimiento según el Subset 026-3

La autoridad de movimiento presenta claras diferencias de interpretación en los tres países analizados según la Subset 026-3 de la ERA. A continuación, pasaré a definir las más evidentes:

- En primer lugar, en España no se usa la opción de incompatibilidad de rutas eliminando la posibilidad de poder tener en una MA un espacio de superposición con el tren delantero para conseguir un LOA si no es capaz de detenerse en el EOA.
- En las reglas españolas, en ningún caso la distancia de frenado del tren podrá superar la distancia de la autoridad de movimiento, a diferencia de lo que dice el subset 026-3, donde se podría superar este punto siempre y cuando se cumplan unas condiciones de vía y de solape requeridas.
- Destacar también unas tablas de velocidad que se publican para las vías españolas si al medir la distancia al DP (Danger Point) es superior al que se determina inicialmente. Son velocidades que Adif en este caso aplica completamente de manera propia.
- Las reglas belgas se muestran mucho más rigurosas con la información que la ERA expone en sus documentos (Subset 026-3). Dejan poco margen a la interpretación, ajustándose de manera muy fiel a cada uno de los puntos que se citan en dicho documento. Algunos de estos puntos son:
 - Todos y cada uno de los requisitos necesarios para poder expedir una MA.
 - Adjunta las velocidades que el tren deberá llevar en cada una de las secciones de la MA.
 - Cita cada uno de los paquetes que deberá incorporar los grupos de balizas.
 - Da un tiempo máximo 10 min para dar validez al MA autorizado.
- Las reglas inglesas dan bastante flexibilidad a la hora de redactar este punto interoperable. Por ejemplo, para expedir una MA se requieren tres variables:
 - Velocidad
 - Distancia
 - Perfil de gradiente,y da por información complementaria opcional:
 - La ubicación del fin de la autoridad (EoA)
 - Ubicación del punto de peligro asociado con la EoA.
 - Ubicación del final de la superposición disponible y un temporizador de liberación asociado.
 - Velocidad de liberación asociada con la superposición y / o el punto de peligro.
 - Secciones MA y temporizadores asociados.

3.2.2 Comparativa de los modos de operación según la Subset 026-2

Los modos de operación son uno de los puntos más importantes a la hora de poder tener en una comunidad de países, una interoperabilidad técnica y operacional capaz de liberalizar el sector ferroviario con garantías de progreso y fiabilidad. Es por ello, por lo que fue una de las funciones indispensables en el

desarrollo de este proyecto. A continuación, se mostrarán las diferencias más relevantes entre los tres países analizados:

Consideraciones generales:

- Primeramente, se observa que no todos los modos de operación son motivo de estudio en los países miembros, lo que demuestra una disconformidad en la interoperabilidad a la hora de tratar estos puntos en un futuro común.
- Los modos operacionales citados en Bélgica detallan mucho más las distancias, parámetros enviados por las balizas, aspectos de las señales... quedando pocos puntos abiertos a la interpretación propia.
- Una clara diferencia que denota la situación actual de una interoperabilidad entre los países miembros es que el modo Reversing (RV) solo es aplicable en Inglaterra. En España y Bélgica no se hace uso de este modo operacional.
- En Inglaterra, al contrario que los otros dos países analizados, desarrollan todos los modos operacionales. Pero se diferencia claramente de las reglas belgas y españolas en el contenido. Mientras España y sobre todo Bélgica dan muchos más detalles de datos técnicos en el modo analizado, las reglas inglesas presentan las circunstancias que se han de dar para estar o cursar el modo en cuestión. Desarrolla teóricamente todo lo expuesto en el documento Subset 026-4.
- Las reglas belgas y españolas ya predisponen de unos conocimientos que el lector debe de tener para entender la prosa de sus modos. En cambio, las inglesas detallan más los requisitos básicos, información requerida y mostrada que el equipo de a bordo hará sobre el DMI. Esto es debido a que por el momento no cuenta con demasiada experiencia y se limita a poner lo mismo que pone en la normativa europea.
- Haciendo una comparativa con la Subset 026-04, las reglas inglesas plasman prácticamente en su totalidad todo lo reflejado en el documento de la ERA acerca de los modos de operación. Su interpretación es clara en cuanto a la semántica, sin embargo, no muestra los valores técnicos que serían necesarios implementar para desarrollar los modos de operación sin posibilidad de interpretación ni margen de actuación del maquinista. Sorprende los puntos abiertos que deja en sus reglas (los mismos que en la Subset 026-4) plasmando lo lejos que se sitúan en la carrera hacia la interoperabilidad europea.

Sobre modo On Sight

- En España para entrar en modo OS el maquinista siempre debe reconocerlo sobre el DMI a 300m de la entrada a modo OS (L_ACKMODE es igual a 300m, lo que significa que se le pedirá confirmación al maquinista).
- En Bélgica, cuando el paquete 80 con perfil de modo OS llega al sistema embarcado, el EVC transitará inmediatamente a OS (D_MAMODE=0 m). Además, no se le pide al maquinista que lo reconozca (L_ACKMAMODE=0 m). La velocidad permitida en el modo OS vendrá dada por un valor nacional.
- En España el paquete 80 con perfil de modo OS, podría ir en una baliza infill.

- En Bélgica el paquete 80 con perfil de modo OS, no va jamás en balizas infill, solo en grupos de balizas de señales principales y en grupos de balizas que ordenen transición a nivel 1.

Sobre el modo REVERSING:

- Ni en España ni en Bélgica está permitido circular en modo REVERSING. Sin embargo, en Inglaterra sí.

Sobre el modo SHUNTING:

- En Bélgica, cuando el paquete 80 con perfil de modo SH llega al sistema embarcado, el EVC transitará inmediatamente a SH (D_MAMODE=0 m). Además, no se le pide al maquinista que lo reconozca (L_ACKMAMODE=0 m). La velocidad permitida en el modo SH vendrá dada por un valor nacional.
- Las reglas españolas permiten que el maquinista en todo momento pueda cursar el modo SHUNTING siempre que la vía envíe los parámetros requeridos.
- Las reglas belgas hacen un cuadro de prioridades según el cual el maquinista deberá proceder o no a entrar en modo SHUNTING u ON SIGHT dependiendo de la información que reciba a través del paquete 80.

3.2.3 Comparativa de las transiciones de nivel según la Subset 026-4

Las transiciones de nivel son uno de los puntos de análisis más importantes al que haré referencia en este documento. La comparativa entre los diferentes estados miembros será referente a la subset 026-2 de la ERA, donde se hace referencia a las transiciones de nivel.

A continuación, pasaré a revelar las diferencias y similitudes en las reglas asociadas a las transiciones de nivel entre los países miembros.

- No se hace referencia de las mismas transiciones en los países. España analiza las fronteras de paso entre los niveles 0, 1 y 2 entre todos ellos. Bélgica sin embargo sólo estudia la posibilidad de transiciones entre los niveles 0 y 1. Por último, Inglaterra hace más hincapié en el nivel 2 que, sobre el resto, pasando de puntillas y dejando mucho margen de la gestión al equipo de a bordo.
- En la transición del nivel a 0/STM, las reglas españolas sólo hacen referencia a las variables necesarias para poder realizar el cambio: la autoridad de movimiento, así como las limitaciones de velocidad y condiciones de vía. No menciona de dónde se suministrará esa información a diferencia de a Subset 026-2. Tampoco se menciona nada acerca de cómo controlar la integridad del tren (información importante citada en la Subset 026-2).
- En Bélgica, no se hace referencia de los requisitos necesarios para poder realizar una transición al nivel 0, dando por hecho un control del tren por parte del maquinista mediante la información que le transmiten las balizas de anuncio. Lo que si ofrece es una tabla de prioridades en función de la información enviada en el paquete 41.
- En Inglaterra los maquinistas pueden ingresar manualmente el nivel de operación requerido como parte del inicio del procedimiento de misión o cambiar manualmente el

nivel ERTMS a través del DMI si el tren está en un puesto sin tener que rehacer el inicio del procedimiento de misión.

- Las reglas inglesas contienen una tabla la cual muestra las transiciones que debe reconocer el maquinista y las que no es necesario. Indica también que, si en un tiempo de 5 segundos el maquinista no reconoce el cambio de nivel requerido, el tren aplicará freno de emergencia.
- En las reglas españolas, las transiciones de nivel deberán anunciarse y ordenarse en trayecto y siempre antes de una señal con función de avanzada. Solo en el caso de pasar al Nivel n a un Nivel n-1, se permite realizar la transición posteriormente de pasar la señal de avanzada. Esto es una peculiaridad solo existente en España. La Subset 026 no indica cómo ni de donde se enviará la información para que el maquinista sepa y prepare al tren para hacer su entrada a otro nivel de ERTMS.
- Las reglas belgas determinan de forma muy clara y concisa los requisitos necesarios para poder realizar una transición de nivel. Por ejemplo, para poder realizar una transición al Nivel 1, se necesita transmitir: MA, ISSP, perfil de gradiente, perfil de modo, así como los SPRLS del proyecto.
- Las reglas inglesas no hacen distinción entre niveles a la hora de realizar una transición (salvo si es a nivel 2 que incluyen ciertas restricciones). Así pues, los requisitos son: registro en la red GSM-R (sólo nivel 2), establecimiento de una sesión de comunicaciones con el RBC (Nivel 2 solamente), anuncio de transición, recibir un MA ERTMS para moverse a través del borde de transición y más allá, supresión de los sistemas a bordo de clase B (transiciones hacia / desde el nivel NTC), la transición respectiva y el reconocimiento de transición por parte del maquinista.
- Una gran diferencia que se da en las reglas inglesas con respecto al resto de los países analizados es que se puede reconocer la transición de nivel sin este haber ocurrido físicamente, es decir, sin que el tren esté en ese momento funcionando bajo el nivel reconocido.
- Solo Inglaterra hace referencia de cómo actuar en caso de no funcionar el RBC a la hora de realizar la transición de nivel. En caso de no poder realizar una conexión con el RBC cuando se quiere transitar al Nivel 2, no se podrá realizar dicha transición, quedando el tren bajo el mismo nivel de conducción que disponía. En caso de querer realizar una transición a un nivel inferior, si que se podría realizar la transición. La Subset indica las condiciones de vía y de información que debe tener el maquinista a la hora de poder realizar la transición, pero no habla explícitamente de las prioridades de cambios ni cómo debe realizarse.

4 Conclusiones y aportaciones

Después de tener esta experiencia en un tema tan interesante como es el ERTMS, me queda la sensación de que hay aún mucho camino por recorrer si queremos conseguir una interoperabilidad técnica y operacional al alcance de todos y cada uno de los países miembros implicados en el sector.

He conseguido tener una visión mucho más detallada y realista de las reglas técnicas y operacionales en distintos países.

He conseguido pelearme con documentos complejos en nivel de detalle y de comprensión que me han permitido profundizar en conocimientos que sin este proyecto hubiesen sido improbables.

He trabajado guiado por una directora fantástica que me ha permitido desarrollarme en mis conocimientos en la materia mucho más de lo esperado.

La ERA está en camino de conseguir una estandarización mediante las ETIs técnicas y operaciones basadas en la experiencia adquirida por los distintos países con el sector ferroviario en pro de liberalizar dicho sector.

Aunque las propuestas y normativas que aplican en sus documentos (la ERA) son de un carácter técnico detallado, deja aún en la baseline 2 ciertos puntos abiertos e interpretables a cada uno de los diferentes países implicados. Con ello se ha obtenido una serie de diferencias que dificultan y mucho el poder tener una interoperabilidad europea. En la baseline 3, se están limando muchos de estos puntos que según se va haciendo camino por los distintos países, se irán consiguiendo homogeneizar toda esta maraña de normas vigentes en cada uno de los países miembros.

Desde este proyecto se ha intentado plasmar de una forma sencilla pero evidente, las diferencias más evidentes en algunas de las funciones más representativas dentro de la normativa europea.

Se ha analizado los puntos más distantes entre los países miembros: España, Bélgica e Inglaterra en cuanto a reglas técnicas y operacionales.

Se ha demostrado la robustez y el nivel de detalle que poseen Bélgica y España (con mucha más experiencia en el sector) que Inglaterra en las reglas de ingeniería.

5 Contextualización de la ampliación

La ampliación del TFM será una continuación del trabajo desarrollado en la parte central del mismo. Consistirá en, una vez contextualizado los términos y documentos de los cuales me basaré en la realización del estudio, analizar las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI). Más en profundidad se desarrollarán las ETI's CCS y las ETI's OPE de cada uno de los países miembros basadas en baseline 2 y que tendrá la Subset 026 como documento central tal como se ha visto en el trabajo anterior.

La mayoría de los proyectos existentes en la actualidad están basados en la Baseline 2 (versión 2.3.0 del subset-026). Sin embargo, durante el proceso de implantación, un cierto número de correcciones y aclaraciones fueron identificadas como necesarias para asegurar la interoperabilidad y la seguridad entre los sistemas de los diferentes suministradores.

El grupo UNISIG (Union Industry of Signalling), que está formado por las compañías de señalización ferroviaria más grandes de Europa, propusieron una lista con una serie de cambios en las especificaciones necesarios para eliminar errores, inconsistencias y ambigüedades.

Estas propuestas de cambio (Change Request) fueron revisadas y acordadas con la ERA (European Railway Agency) incluyéndose en una nueva versión del subset-108 (v.1.2.0).

El subset-026 (ETCS system requirements specifications) junto con el subset-108 v1.2.0 (este último subset es una lista de change requests) forman lo que se conoce como versión 2.3.0d.

Esta versión, es la que se ha analizado ya que, en teoría, asegura la interoperabilidad técnica requerida para las aplicaciones ETCS existentes que están focalizadas principalmente en líneas de alta velocidad.

Posteriormente, se citarán los puntos más distantes entre los países miembros en relación a la Subset 026 en pro de conseguir la interoperabilidad técnica y operacional buscada desde la ERA.

Por último y como aportación principal de esta ampliación al TFM, se formularán algunos de los puntos abiertos de las ETI's donde los países están tomando más distancia entre si para aunar criterios y así poder conseguir una estandarización en las reglas tanto de ingeniería como operacionales en todos y cada uno de los países miembros.

5.1 Especificación Técnica de Interoperabilidad ETI

La Directiva de Interoperabilidad (2008/57/CE) establece. las razones y directrices generales para que, todos los estados que forman parte de la Unión puedan conseguir un sistema ferroviario interoperable y seguro.

Esta Directiva es un paso muy importante ya que establece un objetivo claro. Además, al salir en forma de Directiva, impone a los estados miembros a conseguirlo de manera obligatoria, ya que tiene carácter normativo.

La Directiva impone la adopción de las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI) que definen las normas técnicas, operacionales y funcionales requeridas para satisfacer dichos requisitos esenciales. Cada subsistema es objeto de una ETI y, así mismo, una ETI puede abarcar uno o más subsistemas.

La Agencia Ferroviaria Europea (ERA) es responsable del desarrollo de las ETI y son aprobadas por la Comisión Europea. Puede consultarse el estado actual de las diferentes ETI en su página (<http://www.era.europa.eu/Core-Activities/Interoperability/Pages/TechnicalSpecifications.aspx>).

Antes de entrar en qué consiste y qué recogen las diferentes ETI's, se muestra una cronología de las ETIs vigentes elaborada por la Agencia Ferroviaria Europea:

MASTER UNIVERSITARIO DE SISTEMAS FERROVIARIOS

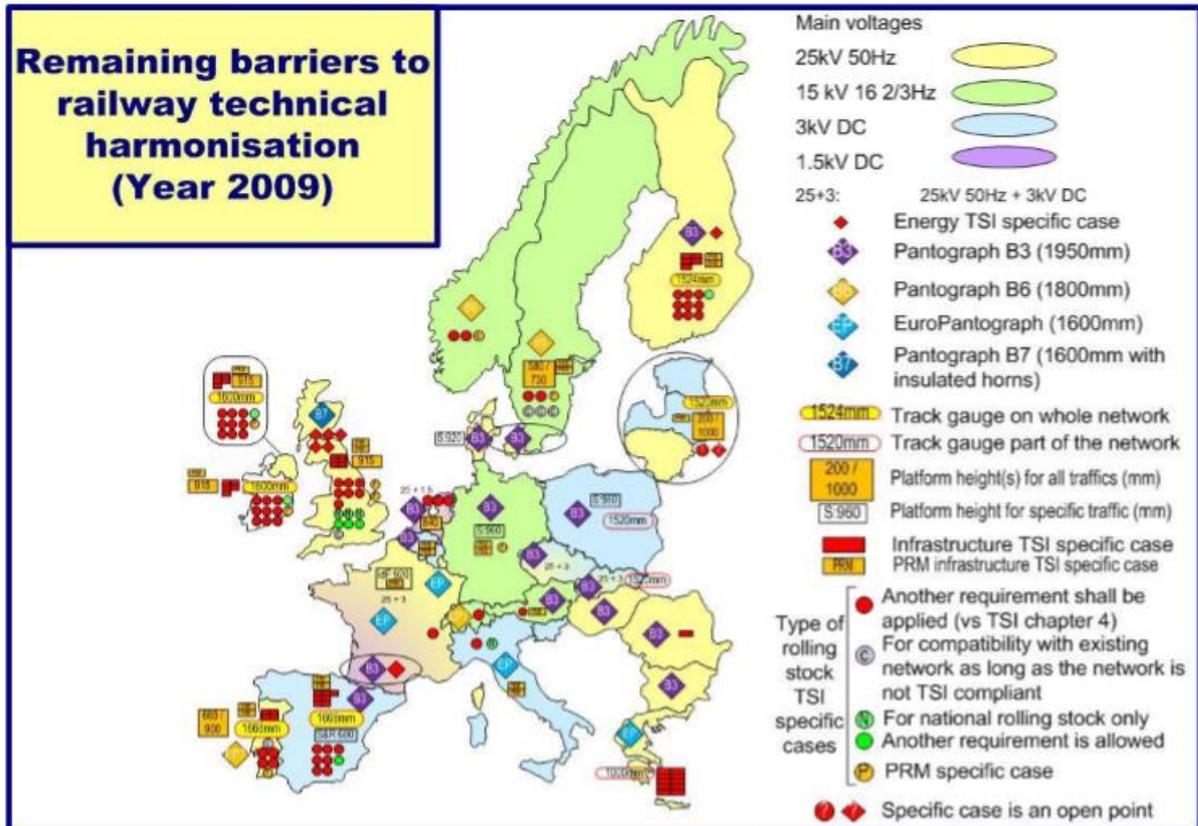
Year	INF		ENE		TSI SRT	TSI PRM	RST			CCS		Year
	HS TSI INF	CR TSI INF	HS TSI ENE	CR TSI ENE			HS TSI RST	CR TSI LOC&PAS	CR TSI WAG	TSI NOI	HS TSI CCS	
1999												1999
2000											Decision 1999/569 on basic parameters EIF: 29/07/1999	2000
2001											Decision 2001/260 on basic parameters	2001
2002	Decision 2002/732 (1st HS INF TSI) EIF: 30/11/2002		Decision 2002/733 (1st HS ENE TSI) EIF: 30/11/2002				Decision 2002/735 (1st HS RST TSI) EIF: 30/11/2002				Decision 2002/731 (1st HS CCS TSI)	2002
2003												2003
2004								Decision 2004/446 (on basic parameters) (CR only)	Decision 2004/446 (on basic parameters) (CR only)	Decision 2004/447 (amendment Annex A)	Decision 2004/447 (on basic parameters)	2004
2005												2005
2006								Decision 2006/66 (1st NOI TSI) (CR only) DoA: 8/8/2006	Decision 2006/66 (1st NOI TSI) (CR only) DoA: 8/8/2006	Decision 2006/679 (2nd HS CCS TSI) DoA: 7/11/2006	Decision 2006/679 (1st CR CCS TSI) DoA: 28/9/2006	2006
2007										Decision 2007/153 (amendment Ann. A) DoA: 6/3/2007	Decision 2007/153 (amendment Ann. A) DoA: 7/3/2007	2007
2008	Decision 2008/217 (2nd HS INF TSI) EIF: 21/12/2007 DoA: 1/7/2008		Decision 2008/284 (2nd HS ENE TSI) EIF: 6/3/2008 DoA: 1/10/2008		Decision 2008/163 (1st SRT TSI) EIF: 21/12/2007 DoA: 1/7/2008	Decision 2008/164 (1st PRM TSI) EIF: 27/12/2007 DoA: 1/7/2008	Decision 2008/232 (2nd HS RST TSI) EIF: 21/2/2008 DoA: 1/9/2008	Decision 2006/861 (1st CR WAG TSI) DoA: 31/01/2008		Decision 2008/386 (amendment Ann. A) DoA: 1/6/2008	Decision 2008/386 (amendment Ann. A) DoA: 1/6/2008	2008
2009								Decision 2009/107 (amendment) DoA: 1/7/2009			Decision 2009/561 (amendment ch.7) DoA: 1/9/2009	2009

Year	INF		ENE		TSI SRT	TSI PRM	RST			CCS		Year	
	HS TSI INF	CR TSI INF	HS TSI ENE	CR TSI ENE			HS TSI RST	CR TSI LOC&PAS	CR TSI WAG	TSI NOI	HS TSI CCS		CR TSI CCS
2010											Decision 2010/79 (amendment Ann. A) DoA: 1/4/2010	Decision 2010/79 (amendment Ann. A) DoA: 1/4/2010	2010
2011		Decision 2011/275 (1st CR INF TSI) DoA: 1/6/2011		Decision 2011/274 (1st CR ENE TSI) DoA: 1/6/2011	Decision 2011/291 (amendment) DoA: 1/6/2011		Decision 2011/291 (1st CR LOC&PAS TSI) DoA: 1/6/2011		Decision 2011/229 (2nd NOI TSI)				2011
2012	Decision 2012/462 (Amendment of Decision 2002/732 etc.) DoA: 24/1/2013		Decision 2012/462 (Amendment of Decision 2002/733 etc.) DoA: 24/1/2013				Decision 2012/462 (Amendment of Decision 2002/735 etc.) DoA: 24/1/2013		Decision 2012/462 (Amendment of Decision 2006/66 etc.) DoA: 24/1/2013		Decision 2012/696 (amendment annexes A and G) DoA: 23/7/2012		2012
Decision 2012/464/EU: amending Decisions 2006/861/EC, 2008/163/EC, 2008/164/EC, 2008/217/EC, 2008/232/EC, 2008/284/EC, 2011/229/EU, 2011/274/EU, 2011/275/EU, 2011/291/EU etc. DoA: 24/1/2013											Decisions 2012/462 and 2012/463 (amendment) DoA: 24/1/2013	Decision 2012/463 (amendment) DoA: 24/1/2013	2013
2013									Regulation 2013/241 (2nd WAG TSI) EIF: 13/4/2013 DoA: 1/1/2014		Decision 2012/88 (1st merged CCS TSI) DoA: 1/1/2013		2013
2014									Regulation 1236/2013 amendment EIF: 4/12/2013 DoA: 1/1/2014				2014
2015	Regulation 1299/2014 (1st merged INF TSI) EIF/DoA: 1/1/2015		Regulation 1301/2014 (1st merged ENE TSI) EIF/DoA: 1/1/2015		Regulation 1303/2014 (2nd SRT TSI) EIF/DoA: 1/1/2015	Regulation 1300/2014 (2nd PRM TSI) EIF/DoA: 1/1/2015	Regulation 1302/2014 (2nd LOC&PAS TSI) EIF/DoA: 1/1/2015	Regulation 2015/924 amendment DoA: 01/07/2015	Regulation 1304/2014 (3rd NOI TSI) DoA: 1/1/2015		Decision (EU) 2015/14 (amendment) DoA: 1/7/2015		2015
2016											Commission Regulation (EU) 2016/919 (Recast) EIF: 05/07/2016		2016

Tabla 4. Cronología de evolución de las ETI's en la ERA

Las ETI's se desarrollan con el objetivo de armonizar las redes ferroviarias europeas, mediante el establecimiento de los requisitos fundamentales que debe cumplir cada sub-sistema ferroviario, identificando, particularmente, aquellos que son críticos desde el punto de vista de la interoperabilidad y de la seguridad. Desde su creación, el año 2004, la Agencia Ferroviaria Europea, ERA (European Railway Agency) es responsable de su redacción y revisión junto con UNISIG.

En el año 2009, aún teníamos todas estas barreras técnicas y operaciones en el marco europeo:



Es por ello por lo que nace todo este proyecto, para poder unificar un único sistema capaz de permitir circular un tren a través de la red ferroviaria europea sin la necesidad de estar equipados de un sistema embarcado con multitud de posibilidades dependiendo del país transitado.

5.2 Sistema Control Comando y Señalización CCS

El sistema de Control Comando y Señalización consiste en los siguientes componentes interoperables:

- ETCS de a bordo, incluyendo sus interfaces con:
 - o El sistema de odometría;
 - o El maquinista (Driver Machine Interface)
 - o El registrador jurídico;
 - o El STM (Specific Transmission Module)
 - o El sistema de radio GSM-R (voz y datos)
- El sistema de odometría;
- El sistema de Radio (voz y datos)
- Tarjeta SIM

(cuadro 5.1a de la TSI CCS : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0919&from=EN>)

La ETI CCS establece los requisitos esenciales que deben cumplir el sistema de Control Comando y Señalización para garantizar la interoperabilidad relativos a:

- la seguridad,
- la fiabilidad,
- la salud,
- la protección medio ambiental,
- la compatibilidad técnica y
- los requisitos esenciales específicos de cada subsistema

Los requisitos esenciales intentan cubrir todos los aspectos técnicos y funcionales del sistema, pero esto es muy complejo de conseguir: cada estado miembro tiene sus peculiaridades.

Si nos centramos en la parte técnica, que es el objetivo del presente trabajo, cada estado miembro confecciona unas reglas propias cuyo objetivo es el de cubrir los puntos que se dejan abiertos en la ETI, así como las particularidades que pueda tener su propia red ferroviaria. Estas reglas técnicas se conocen como **reglas de ingeniería**.

A fin de cuentas, la ETI junto con las reglas de ingeniería de cada país, constituyen todos los datos técnicos que son necesarios conocer por el equipo embarcado y por la vía para poder generar circulaciones seguras, eficaces y confortables para el viajero.

Para la realización de esta ampliación, me he basado en el Anexo A de la ETI CSS, en el [Set of specifications # 1 \(ETCS baseline 2 and GSM-R baseline1\)](#) y concretamente en el subset-026.

5.3 ETI OPE

Otro punto importante dentro de las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad es la parte operacional. A diferencia de las reglas de ingeniería, estas muestran los puntos e información en los que el maquinista y/o sistema embarcado tiene que tener presente a la hora de realizar algún movimiento, solicitud de maniobra, ...

El objetivo de la ETI OPE es el de armonizar los procedimientos operacionales dentro de la Unión, como pueden ser:

- Circulación en modo maniobras;
- Empezar una misión;
- Finalizar una misión;
- Gestión de situaciones degradadas;
- ...

Para este análisis me basaré en el Anexo A de la ETI OPE [Operation and traffic management - OPE TSI](#), que es donde se detalla la propuesta de armonización de procedimientos operacionales. Como nos sucede con la ETI CCS, cada país desarrolla sus reglas operacionales que serán de extrema importancia a la hora de conseguir una interoperabilidad entre maquinistas de distintas empresas operadoras.

6 Puntos distantes entre los países miembros: España, Bélgica e Inglaterra

Una vez realizado el análisis de las funciones más significativas en cuanto a la interoperabilidad técnica y operacional en los países motivo de estudio, se resumirán brevemente los puntos distantes en dichas

funciones. Los principales puntos distantes en las funciones analizadas junto con una breve introducción son (en el siguiente punto de la ampliación se desarrollará con más detalle):

- **El modo ON SIGHT (OS).** Hay ciertas variables dentro del paquete 80 con información distinta dependiendo del país en el que te encuentres para querer transmitir lo mismo. Con ello, nos encontramos que según el país donde estés operando, la información de balizas será distinta para transitar al modo OS.
- **El modo SHUNTING (SH).** Al igual que ocurre en la función anterior, dependiendo del país en el que analices sus reglas técnicas, te encuentras una serie de variables que contienen información distinta para un mismo objetivo, ya que los países implicados tramitan este modo de forma diferente.
- **El modo REVERSING (RV).** En este modo aún se evidencia con más claridad la diferencia de criterios entre los distintos países a la hora de poner en marcha un proyecto tan ambicioso como es el ERTMS. En España y Bélgica no está permitido el modo REVERSING mientras que en Inglaterra sí.
- **La Autoridad de Movimiento (MA).** Función muy importante que presenta diferencias notorias que hacen actualmente no clarificar una interoperabilidad técnica y operacional acorde a las necesidades en el sector. En España no se renueva una autoridad de movimiento si las curvas de frenado no garantizan no superar la distancia definida por la MA anterior. Sin embargo, en Bélgica e Inglaterra sí que está permitido una renovación de la MA teniendo la curva de frenado solapada con la posición de la cola del tren siguiente.
- **Transiciones de nivel.** Al haber definidos dos niveles ERTMS / ETCS principales (nivel 1 y 2, porque el nivel 3 aún no lo tiene instalado ningún país), cada país es libre de escoger qué nivel quiere instalar en sus vías y qué estrategia de inversiones en equipo escoger. El primer escollo viene cuando dos países limítrofes deciden instalar niveles diferentes: imaginamos España decide instalar nivel 1 y Francia decide instalar directamente nivel 2. En la frontera el equipo embarcado necesitará llevar antena GSM-R para poder circular por Francia, pero esta antena no sería necesaria para circular por España, ya que en nivel 1 la información se transmite por baliza.

Una gran diferencia que se da en las reglas inglesas con respecto al resto de los países analizados es que se puede reconocer la transición de nivel sin este haber ocurrido físicamente, es decir, sin que el tren esté en ese momento funcionando bajo el nivel reconocido.

7 Análisis de las ETIs CCS y OPE

En este capítulo se desarrollarán los puntos más significativos en los que se ha notificado una diferencia en las funciones analizadas para conseguir una interoperabilidad técnica y operacional entre los países miembros. Para realizar el desarrollo de cada uno de los puntos, se ha analizado que dice la norma en las especificaciones de la ERA (ETI CCS Y ETI OPE) en cada uno de sus apartados implicados en función de las reglas de ingeniería y operacional.

MODO ON SIGHT

La Subset 026-4 recoge cada uno de los modos definidos en el ERTMS/ETCS. El paquete 80 es el encargado de transmitir la información necesaria para este modo de operación. Está formado por los siguientes parámetros:

Content	Variable	Length	Comment
	NID_PACKET	8	
	Q_DIR	2	
	L_PACKET	13	
	Q_SCALE	2	
	D_MAMODE	15	
	M_MAMODE	2	OS, SH
	V_MAMODE	7	
	L_MAMODE	15	
	L_ACKMAMODE	15	
	N_ITER	5	
	D_MAMODE(k)	15	
	M_MAMODE(k)	2	OS, SH
	V_MAMODE(k)	7	
	L_MAMODE(k)	15	
	L_ACKMAMODE(k)	15	

Tabla 5. Paquete 80 modo ON SIGT

En las reglas de ingeniería belgas, el modo ON SIGHT transita inmediatamente, es decir, la variable $D_MAMODE = 0$ m y $L_ACKMAMODE = 0$ m. Esto quiere decir que la distancia de aviso al maquinista en el DMI con la información de transitar al modo en cuestión es 0 m.

Sin embargo, en España esta distancia de aviso por parte de la variable es de 300 m ($L_ACKMAMODE = 300$ m):

Name	Length of the acknowledgement area in rear of the start of the required mode		
Description			
Length of variable	Minimum Value	Maximum Value	Resolution/formula
15 bits	0 cm	327.670 km	10 cm, 1m or 10 m depends on Q_SCALE

Tabla 6. L_ACKMAMODE

Para ambos países la variable $M_MAMODE = 0$, que nos especifica que transitamos al modo ON SIGHT. Esta variable según tome el valor 0 o 1 nos indica la transición al modo ON SIGHT o SHUNTING respectivamente:

Name	Required mode for a part of the MA		
Description			
Length of variable	Minimum Value	Maximum Value	Resolution/formula
2 bits			
Special/Reserved Values	00	On Sight	
	01	Shunting	
	10 – 11	Spare	

Tabla 7. Variable M_MAMODE

En las reglas inglesas no definen nada de distancias de aviso al maquinista ni de transición inmediata o no. Se limita a reflejar lo que recoge la Subset 026-4, dejando esa información libre de interpretación.

Otro punto dentro de este modo que nos encontramos con una clara diferencia es que la Subset 026-4 nos indica que el maquinista dispone de 5 segundos para reconocer la transición al modo referido. Pasados este tiempo, si el maquinista no ha reconocido este nuevo escenario, el ERTMS aplicará freno de emergencia. Con ello, en España el tren nunca podrá entrar al modo ON SIGHT sin haber antes reconocido la transición. Las reglas belgas e inglesas en cambio, si que dan la posibilidad de recorrer una cierta distancia en modo ON SIGHT sin el reconocimiento previo. Esto denota el conservadurismo español por parte de sus reglas a diferencia del resto de los países miembros.

MODO SHUNTING

La Subset 026-4 recoge cada uno de los modos definidos en el ERTMS/ECTS. El paquete 80 es el encargado de transmitir la información necesaria para este modo de operación. Está formado por los siguientes parámetros:

Content	Variable	Length	Comment
	NID_PACKET	8	
	Q_DIR	2	
	L_PACKET	13	
	Q_SCALE	2	
	D_MAMODE	15	
	M_MAMODE	2	OS, SH
	V_MAMODE	7	
	L_MAMODE	15	
	L_ACKMAMODE	15	
	N_ITER	5	
	D_MAMODE(k)	15	
	M_MAMODE(k)	2	OS, SH
	V_MAMODE(k)	7	
	L_MAMODE(k)	15	
	L_ACKMAMODE(k)	15	

Tabla 8. Paquete 80 Modo SHUNTING

En España, el modo SHUNTING (maniobras) será seleccionado por el maquinista tras la apertura de la señal en aspecto de maniobras. En nivel 2, el RBC aceptará el modo SH en todos los casos en los que lo solicite el maquinista.

El paquete 80 por tanto, enviará la variable M_MAMODE = 1:

Name	Required mode for a part of the MA		
Description			
Length of variable	Minimum Value	Maximum Value	Resolution/formula
2 bits			
Special/Reserved Values	00	On Sight	
	01	Shunting	
	10 – 11	Spare	

Tabla 9. Variable M_MAMODE

Al transitar inmediatamente al modo SH tras haber sido seleccionado por el maquinista, la variable D_MAMODE = 0:

Name	Incremental distance to the next change of mode within the MA		
Description			
Length of variable	Minimum Value	Maximum Value	Resolution/formula
15 bits	0 cm	327.670 km	10 cm, 1m or 10 m depends on Q_SCALE

Tabla 10, Variable D_MAMODE

Como en el modo anterior, las reglas inglesas no especifican nada de distancias a reconocer, valores de los parámetros, aspectos de las señales o envíos de paquetes dependiendo a que modo transita. Se limita a recoger la información que la Subset muestra en su documento 026-4.

En Bélgica, para transitar a este modo el comportamiento de las variables es muy similar al OS:

Es aplicable inmediatamente (D_MAMODE=0 m) y L_ACKMAMODE=0 m.

L_MAMODE = Longitud infinita (se podrá circular en modo SH infinitamente).

V_MAMODE=127 (valor nacional). La velocidad de circular en este modo la delega la Subset en el valor nacional permitido por cada tipo de vía en los distintos países:

Name	Required mode related speed		
Description			
Length of variable	Minimum Value	Maximum Value	Resolution/formula
7 bits	0	600 km/h	5 km/h
Special/Reserved Values	121 – 126	Spare	
	127	Use the national speed value of the required mode	

Tabla 11. Variable V_MAMODE

En modo Shunting no se tramitan linking de información de balizas. Durante el funcionamiento en SH, el maquinista deberá obedecer a las señales laterales.

MODO REVERSING

La Subset 026-4 recoge cada uno de los modos definidos en el ERTMS/ECTS. El paquete 80 es el encargado de transmitir la información necesaria para este modo de operación. Está formado por los siguientes parámetros:

Content	Variable	Length	Comment
	NID_PACKET	8	
	Q_DIR	2	
	L_PACKET	13	
	Q_SCALE	2	
	D_MAMODE	15	
	M_MAMODE	2	OS, SH
	V_MAMODE	7	
	L_MAMODE	15	
	L_ACKMAMODE	15	
	N_ITER	5	
	D_MAMODE(k)	15	
	M_MAMODE(k)	2	OS, SH
	V_MAMODE(k)	7	
	L_MAMODE(k)	15	
	L_ACKMAMODE(k)	15	

Tabla 12. Modo REVERSING

El modo REVERSING genera gran desunión dentro de los países miembros a la hora de activarlo o no. En concreto, en los países motivo de análisis en este proyecto, dos de ellos no utilizan este modo en sus vías (España y Bélgica) mientras que Inglaterra (quizás por su inexperiencia en el sector) permite el uso de él tal cual recoge la Subset 026-4.

La información sobre este modo ha sido reflejada en el punto 3.1.1.3, ya que desarrolla textualmente la información recogida de la Subset 026-4.

AUTORIDAD DE MOVIMIENTO

Función importantísima a la hora de desarrollar una interoperabilidad técnica y operacional dentro de una red ferroviaria internacional.

El paquete que recoge toda la información necesaria para el equipo embarcado es el Paquete 12 y 15 según estemos en nivel 1 o nivel 2 y 3 respectivamente:

Content	Variable	Length	Comment
	NID_PACKET	8	
	Q_DIR	2	
	L_PACKET	13	
	Q_SCALE	2	
	V_MAIN	7	
	V_LOA	7	
	T_LOA	10	Can be set to "no time out"
	N_ITER	5	Set to zero if V_MAIN = 0 or if only one section in the MA
	L_SECTION(k)	15	
	Q_SECTIONTIMER(k)	1	
	T_SECTIONTIMER(k)	10	
	D_SECTIONTIMERSTOPLOC(k)	15	
	L_ENDSECTION	15	
	Q_SECTIONTIMER	1	
	T_SECTIONTIMER	10	
	D_SECTIONTIMERSTOPLOC	15	
	Q_ENDTIMER	1	
	T_ENDTIMER	10	
	D_ENDTIMERSTARTLOC	15	
	Q_DANGERPOINT	1	
	D_DP	15	
	V_RELEASEDP	7	
	Q_OVERLAP	1	
	D_STARTOL	15	
	T_OL	10	
	D_OL	15	
	V_RELEASEOL	7	

Tabla 13. Paquete 12 para nivel 1. Variables para MA

Content	Variable	Length	Comment
	NID_PACKET	8	
	Q_DIR	2	
	L_PACKET	13	
	Q_SCALE	2	
	V_LOA	7	
	T_LOA	10	Can be set to "no time out"
	N_ITER	5	Set to zero if only one section in the MA
	L_SECTION(k)	15	
	Q_SECTIONTIMER(k)	1	
	T_SECTIONTIMER(k)	10	
	D_SECTIONTIMERSTOPLOC(k)	15	
	L_ENDSECTION	15	
	Q_SECTIONTIMER	1	
	T_SECTIONTIMER	10	
	D_SECTIONTIMERSTOPLOC	15	
	Q_ENDTIMER	1	
	T_ENDTIMER	10	
	D_ENDTIMERSTARTLOC	15	
	Q_DANGERPOINT	1	
	D_DP	15	
	V_RELEASEDP	7	
	Q_OVERLAP	1	
	D_STARTOL	15	
	T_OL	10	
	D_OL	15	
	V_RELEASEOL	7	

Tabla 14. Paquete 15 para nivel 2 y 3. Variables para MA

En España no se permite compatibilizar la ruta (paquete 70, que no es motivo de estudio en este proyecto) a diferencia de lo que indica la Subset 026-3 que da la posibilidad de utilizar dicha compatibilidad.

Una gran diferencia encontrada en esta función entre los diferentes países analizados es que en España no se renueva una autoridad de movimiento si las curvas de frenado no garantizan no superar la distancia definida por la MA anterior. Sin embargo, en Bélgica e Inglaterra si que está permitido una renovación de la MA teniendo la curva de frenado solapada con la posición de la cola del tren siguiente. Analizando lo que nos indica la norma (Subset 026-3), esta posibilidad de solape está contemplada y permitida bajo estrictas medidas de seguridad:

“El final de una superposición (si se utiliza en el sistema de enclavamiento existente) es una ubicación más allá del punto de peligro que puede ser alcanzado por el extremo delantero del tren sin riesgo de una situación peligrosa. Esta distancia adicional sólo es válida durante un tiempo definido”

En Bélgica una autoridad de movimiento transmitida por una MA-BG siempre comienza en la baliza con el valor N_PIG = 0. Si el P12 es enviado por un grupo de balizas que cumple con la función IMA, el paquete 12 debe estar después del paquete 136:

Description	Defines location reference for all data contained in the same radio message or balise/loop telegram respectively, following this packet.		
Transmission media	Balise, loop or infill radio		
Content	Variable	Length	Comment
	NID_PACKET	8	
	Q_DIR	2	
	L_PACKET	13	
	Q_NEWCOUNTRY	1	
	NID_C	10	If Q_NEWCOUNTRY = 1
	NID_BG	14	

Tabla 15. Paquete 136. Infill location reference

Esto es una aportación exclusiva que hace Bélgica en sus reglas técnicas y operacionales a diferencia del resto de los países miembros.

Otra de las diferencias claras en esta función es la información que envían los paquetes mediante los eurolazos. Una vez más Bélgica vuelve a ser el país con los parámetros más claramente definidos. Además de los valores obligatorios que rige la norma, los datos de MA debe ir acompañado por el modo de descripción y otro de información. Toda esta información a transmitir es:

- La autorización al perfil de modo: el modo FS u OS
- La información sobre la distancia libre
- El perfil de velocidad estática sobre la totalidad de la distancia libre
- El gradiente de perfil en toda la extensión que corresponde a la distancia libre
- La información del linking correspondiente

España sin embargo se limita a mandar los valores obligatorios:

- Longitud de sección
- Perfil de gradiente
- Perfil de velocidad

Las reglas inglesas vuelven a ser un fiel reflejo de lo mostrado en la Subset 026-3 con lo que su aportación al análisis es nulo en esta función.

La Subset 026-3 nos dice los valores que son obligados cumplimientos y los que son opcionales. A continuación, se muestran algunos de ellos:

“Para cada sección que componga la MA, se proporcionará la siguiente-e información;

A) Longitud de la sección

B) Opcionalmente, el valor de tiempo de espera de la sección y la distancia desde el comienzo de la sección a la sección.

3.8.3.3 Además, la sección final de la MA puede incluir:

A) Sección final Valor de tiempo de espera y distancia desde la posición final Ubicación de inicio del tiempo de espera hasta el final de la última sección

B) Información del punto de peligro (distancia desde el final de la sección al punto peligroso, velocidad de liberación relacionada con el punto de peligro)

C) Información de superposición (distancia desde el final de la sección al final de la superposición, tiempo de espera, distancia desde la posición de inicio del tiempo de espera de superposición hasta el final de la sección, velocidad de liberación relacionada con la superposición)” Subset 026-3.

Adicionalmente a los paquetes 12 y 15, son necesarios enviar los paquetes 21 y 27:

Content/	Variable	Length	Comment
	NID_PACKET	8	
	Q_DIR	2	
	L_PACKET	13	
	Q_SCALE	2	
	D_GRADIENT	15	
	Q_GDIR	1	0 = downhill 1= uphill
	G_A	8	
	N_ITER	5	
	D_GRADIENT(k)	15	
	Q_GDIR(k)	1	0 = downhill 1= uphill
	G_A(k)	8	

Tabla 16. Paquete 21. Perfil de gradiente

Content	Variable	Length	Comment
	NID_PACKET	8	
	Q_DIR	2	
	L_PACKET	13	
	Q_SCALE	2	
	D_STATIC	15	
	V_STATIC	7	
	Q_FRONT	1	
	N_ITER	5	
	NC_DIFF(n)	4	
	V_DIFF(n)	7	
	N_ITER	5	
	D_STATIC(k)	15	
	V_STATIC(k)	7	
	Q_FRONT(k)	1	
	N_ITER(k)	5	
	NC_DIFF(k,m)	4	
	V_DIFF(k,m)	7	

Tabla 17. Paquete 27. International Static Speed Profile

8 Formulaciones o propuestas de ETIs para evitar ambigüedades en los puntos analizados

Después de analizar cada una de las reglas técnicas y operacionales de la ERA, cada una de las reglas de ingeniería de los países miembros y su posterior comparación, se propone lo siguiente en pro de conseguir impulsar la interoperabilidad técnica y operacional entre los distintos países integrantes de la red trans-europea ferroviaria y de homogenizar los puntos abiertos que permite la norma gestionar a los países implicados:

- **Desarrollar las baseline's por corredores y no por países miembros.**

¿Qué quiero decir con esto? Dado que es muy difícil conseguir limar todos y cada uno de los puntos abiertos existentes en las diferentes baseline's (actualmente la baseline 3 está aún desarrollándose) y eliminar las interpretaciones que la propia norma permite, sería crear intereses operacionales en corredores y aplicar a los países implicados en dicho corredor, una normativa individualizada para ellos.

Se crearían intereses comerciales entre los países integrantes en el corredor, fomentándose la cooperación entre ellos para estandarizar una normativa que les permita integrar la interoperabilidad técnica y operacional.

Sería más fácil poner de acuerdo a un grupito de países que a todo un continente, creando normativas robustas individualizadas que permita operar libremente a todas aquellas empresas

que les interese gestionarlo. Perfiles de modo como el REVERSING o el SHUNTINH serían motivo de análisis entre esos países tomando decisiones que les beneficien mutuamente. Con ello se abrirían barreras comerciales y se crearían lazo de unión entre los corredores que vayan siendo rentables y operables con perspectiva de crear poco a poco una red de corredores interoperables.

9 Referencias bibliográficas

SUBSET-026-2

SUBSET-026-3

SUBSET-026-4

SUBSET-026-7

<http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Appendix%20A%20v4%20ES.pdf>

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0919&from=EN>

PSI (TC,ETCSsys,z) 06 programming RLS 4.5 E

PSI (TC,ETCSsys,z) ETCS1FS SRS 2.2 F

PSI (TC,ETCSsys,z) FRS 2.2 F

ERTMS - Requisitos funcionales y Reglas de Ingeniería ERTMS Nivel 1 y Nivel 2 v2.4.6

Network Rail - ERTMS Ops Concept Issue 1 - 28.03.2013

rssb-ertms-oc iss 2

<https://www.rssb.co.uk/standards-and-the-rail-industry/standards-explained/technical-specifications-for-interoperability>

SISTEMA_EUROPEO_DE_CIRCULACION_TRENES-ERTMS-ETCS.pdf

http://www.scf.es/sites/default/files/files/areas/seguridad_en_la_circulacion_adif/Manuales_de_Circulacion/MC-24-

