

CIAF

Comisión de Investigación de Accidentes Ferroviarios

INFORME FINAL DE LA CIAF (IF) 43/2023

Fallo de señalización en Les Borges del Camp (Tarragona),
ocurrido el 18 de mayo de 2023

English summary included in page 23



“En ningún caso la investigación tendrá como objetivo la determinación de la culpa o la responsabilidad del accidente o incidente y será independiente de cualquier investigación judicial” (RD 623/2014, artículo 4.5)

Advertencia

El presente informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes Ferroviarios en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas probables y recomendaciones de seguridad.

Tal como especifica el RD 623/2014, de 18 de julio en su artículo 4, puntos 4 y 5:

“4. La investigación tendrá como finalidad la determinación de las causas del accidente o incidente de que se trate y el esclarecimiento de las circunstancias en las que éste se produjo con el fin de incrementar la seguridad en el transporte ferroviario y favorecer la prevención de accidentes”.

“5. En ningún caso la investigación tendrá como objetivo la determinación de la culpa o responsabilidad del accidente o incidente y será independiente de cualquier investigación judicial”.

Consecuentemente, el uso que se haga de este informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.

Comisión de Investigación de Accidentes Ferroviarios – CIAF

Subsecretaría
Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible
Gobierno de España
Paseo de la Castellana, 67
Madrid 28071
España

NIPO: 196-24-076-2

ÍNDICE

0. LISTA DE ABREVIATURAS	4
1. RESUMEN	5
2. LA INVESTIGACIÓN Y SU CONTEXTO	6
2.1. DECISIÓN Y MOTIVO	6
2.2. ÁMBITO Y LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.3. EQUIPO DE INVESTIGACIÓN	6
2.4. CANALES DE COMUNICACIÓN	7
2.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	7
2.6. INTERACCIÓN CON AUTORIDADES JUDICIALES	8
2.7. OTROS ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
3. DESCRIPCIÓN DEL SUCESO	9
3.1. EL SUCESO Y SUS CIRCUNSTANCIAS	9
3.1.1. Descripción	9
3.1.2. Víctimas y daños materiales	9
3.1.3. Interceptación de la vía	9
3.1.4. Personal y entidades	10
3.1.5. Material rodante	10
3.1.6. Infraestructura, instalaciones y comunicaciones	10
3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS	11
3.2.1. Cadena de acontecimientos previos	11
3.2.2. Actuaciones llevadas a cabo con relación al suceso	13
3.2.3. Plan de emergencias interno-externo	15
4. ANÁLISIS DEL SUCESO	16
4.1. COMETIDOS Y DEBERES RELACIONADOS CON EL SUCESO	16
4.2. MATERIAL RODANTE E INSTALACIONES TÉCNICAS	18
4.3. FACTORES HUMANOS RELACIONADOS CON EL SUCESO	19
4.4. MECANISMOS DE SUPERVISIÓN Y CONTROL RELACIONADOS CON EL SUCESO	19
4.5. SUCESOS ANTERIORES DE CARÁCTER SIMILAR	19
5. CONCLUSIONES	20
5.1. RESUMEN DEL ANÁLISIS Y CONCLUSIONES RELACIONADAS CON EL SUCESO	20
5.2. MEDIDAS ADOPTADAS DESDE EL SUCESO	20
5.3. OBSERVACIONES ADICIONALES	21
6. RECOMENDACIONES FINALES	22
APPENDIX: ENGLISH SUMMARY OF THE MAIN PARTS OF THE REPORT	23

0. LISTA DE ABREVIATURAS

ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
AESF	Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria
ASFA	Anuncio de Señales y Frenado Automático
BAU	Bloqueo Automático en Vía Única
CIAF	Comisión de Investigación de Accidentes Ferroviarios
CTC	Control de Tráfico Centralizado
CRC	Centro de Regulación y Control
EI	Equipo de Investigación
GAPI	Gerencia de Área de Programación e Instalaciones
IE	Investigador Encargado
PN	Paso a Nivel
PRR	Vagón particular cisterna de bogies
RC	Responsable de circulación
RFIG	Red Ferroviaria de Interés General
SGS	Sistema de Gestión de la Seguridad
V&V	Verificación y Validación de Alstom Group

1. RESUMEN

El día 18/05/2023 a las 19:00 horas el tren 55115 de la empresa RENFE Mercancías se aproximaba a la estación de Borges del Camp, donde se le recibía con itinerario dispuesto a vía 1 para notificarle que el paso a nivel (PN) del km 567+603 entre Les Borges del Camp y Riudecanyes-Botarell se encontraba sin protección. A la altura de la señal E1 el maquinista accionó el freno de emergencia, ya que apreció que la secuencia de señales no era la correcta, al no existir suficiente distancia de frenado entre dicha señal E1 de entrada y la señal de salida S1/1. El RC comprobó posteriormente que la secuencia de señales existente no se correspondía con la indicada en la Consigna Serie A en vigor.

La última actuación realizada relacionada con la señalización había sido una puesta en servicio el 27/02/2023, que incluía la "Centralización de Bloqueos Reus-Mora", en las estaciones del tramo: Els Guiamets, Marça-Falset, Pradell de la Teixeta, Riudecanyes-Botarell y Les Borges del Camp. La nueva versión de software instalada en esta fecha tenía un fallo en cuanto a la secuencia de señales para los itinerarios de entrada por vía principal a las estaciones anteriormente mencionadas. Como resultado del incidente no se produjeron víctimas mortales ni heridos.

Conclusión:

Los factores causales del suceso fueron:

- Se llevó a cabo el desarrollo del software partiendo de hipótesis erróneas relacionadas con el alcance de la actuación.
- No se hizo un seguimiento ni verificación de las hipótesis de partida, de manera que fueron tomadas como válidas en fases posteriores del proyecto.

Los factores contribuyentes del suceso fueron:

- No se incluyó en la campaña de pruebas del tecnólogo la prueba necesaria para detectar el error presente.
- Existió una falta de definición de la frontera del proyecto y de la concreción de las pruebas necesarias tanto por parte del tecnólogo como por parte del responsable de la infraestructura.

Se establecen 5 Recomendaciones dirigidas a la AESF para diversos implementadores finales.

2. LA INVESTIGACIÓN Y SU CONTEXTO

2.1. DECISIÓN Y MOTIVO

El Real Decreto 623/2014, de 18 de julio, regula la investigación de los accidentes e incidentes ferroviarios en la Red Ferroviaria de Interés General española, asignando dicha función, en su artículo 5, a la Comisión de investigación de accidentes ferroviarios (CIAF).

El pleno de la CIAF nº 173, celebrado el 7 de junio de 2023, acordó la realización de un estudio preliminar para conocer circunstancias adicionales del suceso y para determinar si procedía una investigación formal.

El Pleno de la CIAF nº 178, celebrado el 22 de noviembre de 2023, en base a la información del estudio preliminar, acordó la investigación formal del suceso, de conformidad con los artículos 4.1, 9 d) y 14.2 del Real Decreto 623/2014 y en base a lo establecido en el artículo 7 b), que dispone que la CIAF podrá investigar los accidentes y los incidentes que, en condiciones ligeramente distintas, pudieran haber provocado accidentes graves.

2.2. ÁMBITO Y LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tiene como objetivo la descripción de las circunstancias y determinación de los factores causales, contribuyentes y sistémicos relacionados con el suceso.

Se analiza el proceso de desarrollo e implementación del proyecto planteado (Centralización de bloqueos Reus - Mora), así como las posteriores pruebas realizadas tanto por el tecnólogo como por ADIF.

2.3. EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

De conformidad con lo establecido en el artículo 9 e) del Real Decreto 623/2014, de 18 de julio, por el que se regula la investigación de los accidentes e incidentes ferroviarios y la Comisión de investigación de accidentes ferroviarios, se designa como Investigador Encargado (IE) a un Investigador Coordinador adscrito a la Secretaría de dicha Comisión.

El Investigador Encargado dirige al Equipo de Investigación (EI), conformado por otros tres investigadores adscritos a la Secretaría de la CIAF.

El Equipo de Investigación cuenta con el apoyo de los miembros del Pleno de la Comisión.

El "EI" goza de plena independencia funcional para el desarrollo de las labores investigadoras y seguirá las directrices marcadas por el presidente para la investigación del suceso.

2.4. CANALES DE COMUNICACIÓN

El jefe de área de investigación de accidentes de la Dirección Corporativa de Seguridad en la Circulación del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), mediante mensajería móvil (SMS) a las 17:40 horas del día 26 de mayo de 2023, comunicó a la Comisión de Investigación de Accidentes Ferroviarios que se había producido el suceso objeto de esta investigación. Esta comunicación se produjo 8 días después de la fecha del suceso.

La CIAF solicitó a ADIF información sobre las circunstancias del suceso tras la comunicación, siendo remitida vía email.

También se le solicitó información al tecnólogo del software, Alstom, la cual fue remitida vía email.

El día 22/05/2024 la CIAF recibió el Informe Particular de ADIF.

A la fecha de aprobación del presente informe no se ha recibido en la CIAF el Informe Particular de Renfe.

En cumplimiento del artículo 15.2 del Real Decreto 623/2014, de 18 de julio, por el que se regula la investigación de los accidentes e incidentes ferroviarios y la Comisión de Investigación de Accidentes Ferroviarios, se remitió el informe provisional a las siguientes entidades para que facilitaran información técnica pertinente para mejorar la calidad del informe de investigación: ALSTOM GROUP, ADIF, AESF, CGT, RENFE Mercancías y SEMAF.

Remitieron información: ALSTOM GROUP, ADIF, AESF y RENFE Mercancías.

2.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para el esclarecimiento de los hechos y la obtención de los distintos factores causales, contribuyentes y sistémicos que se mencionan en el presente informe se han utilizado las siguientes técnicas y métodos de investigación.

Se han realizado entrevistas con personal de la empresa Suministradora de Instalaciones Alstom, así como con el personal de la Gerencia de Área de Programación e Instalaciones (GAPI) de ADIF. Estas reuniones se han llevado a cabo tanto de manera presencial como por videoconferencia. Adicionalmente se han realizado reuniones internas de la CIAF por parte del EI.

Para la determinación de los factores causales, contribuyentes y sistémicos, se ha elaborado un árbol causal con la información recopilada.

2.6. INTERACCIÓN CON AUTORIDADES JUDICIALES

No procede.

2.7. OTROS ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

A fecha de aprobación del presente informe, no se ha recibido en la CIAF el informe particular de la empresa ferroviaria RENFE Mercancías.

3. DESCRIPCIÓN DEL SUCESO

3.1. EL SUCESO Y SUS CIRCUNSTANCIAS

3.1.1. Descripción

El suceso investigado consistió en un fallo de señalización. Tuvo lugar el día 18 de mayo de 2023 a las 19:00 h en el p.k. 573+750 de la línea 210, correspondiente a la estación de Les Borges del Camp, municipio de Les Borges del Camp, provincia de Tarragona.

Esta estación tiene como colaterales las estaciones de Reus y Riudecanyes-Botarell.



Figura 1 Plano de situación de la estación de Les Borges del Camp

Durante el incidente las condiciones meteorológicas eran buenas, permitiendo buena visibilidad, nublado, pero sin lluvia.

3.1.2. Víctimas y daños materiales

No se produjeron víctimas ni heridos, así como tampoco daños materiales.

3.1.3. Interceptación de la vía

Como consecuencia de la incidencia se produjo un retraso que afectó a dos trenes de Renfe Mercancías el día 19 de mayo de 2023, siendo el retraso acumulado para los mismos de 12 minutos.

3.1.4. Personal y entidades

Resultan relevantes para la investigación de este suceso las actuaciones previas del personal ferroviario siguiente:

- Responsable de Circulación de la banda de Tarragona del CRC de Zaragoza (El Portillo), personal de ADIF.
- Maquinista del tren 55115 de RENFE Mercancías.

Las entidades relacionadas con el accidente son las siguientes:

- **ADIF:** Administrador de Infraestructuras Ferroviarias.
- **RENFE Mercancías:** Empresa Ferroviaria del tren implicado en el suceso.
- **Alstom Group:** Tecnólogo suministrador de instalaciones del proyecto.

3.1.5. Material rodante

El tren implicado en el suceso era un tren de la empresa RENFE Mercancías compuesto por una locomotora de la serie 253 (253081) y 10 vagones PRR (vagón cisterna particular), de 187 metros de longitud y 963 toneladas.

3.1.6. Infraestructura, instalaciones y comunicaciones

El suceso investigado tuvo lugar en la línea 210 de la Red Ferroviaria de Interés General en la estación de Les Borges del Camp. Las estaciones colaterales son Reus y Riudecanyes-Botarell.

El tramo es de vía única en ancho ibérico, electrificada a 3 kV con BAU con CTC, sistema de protección ASFA y velocidad máxima de 115 km/h en la zona del suceso. El tramo pertenece a la subred D de la RFIG. El sistema de comunicación es tren-tierra, canal 64.

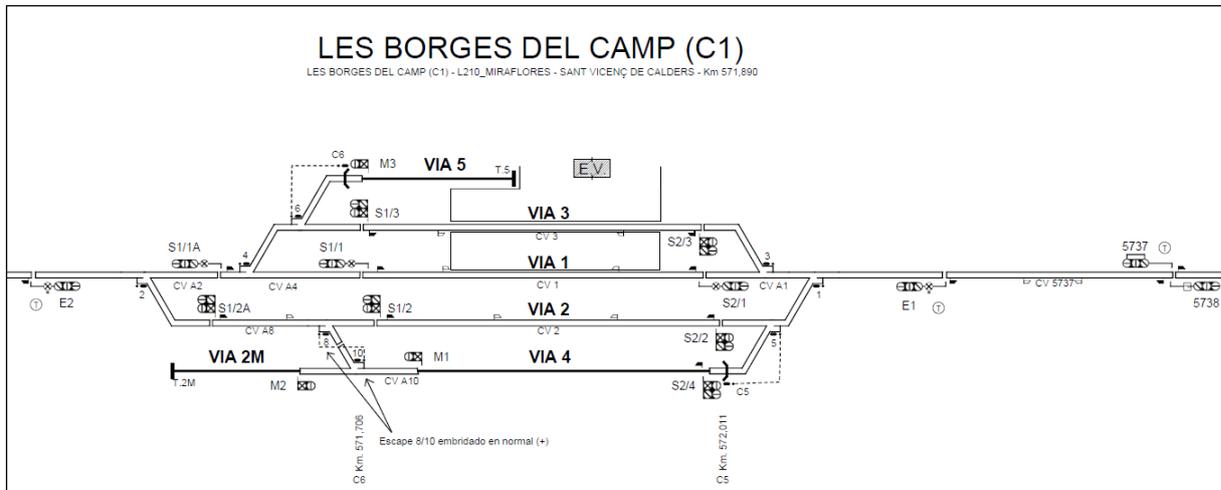


Figura 2 Esquema de la estación de Les Borges del Camp

La estación de Borges del Camp cuenta con una vía general y cuatro vías de apartado, una de las cuales acaba en mango. El suceso se produjo en la vía general (Vía 1), a la altura de la señal de entrada E1 lado Reus. La distancia entre esta señal de entrada E1 y la señal de salida de la vía general, S1/1 es de 444 metros. La señal avanzada de la señal de entrada es la 5737.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS

3.2.1. Cadena de acontecimientos previos

El día 18/05/2023 a las 19:00 el tren 55115 de RENFE Mercancías se aproximaba a la estación de Borges del Camp, donde se le recibía con itinerario dispuesto a vía 1 para notificarle que el paso a nivel (PN) del km 567+603 entre Les Borges del Camp y Riudecanyes-Botarell se encontraba sin protección. La secuencia de señales era la siguiente: la señal de salida de la estación de Borges del Camp S1/1 se encontraba en indicación de parada; la señal de entrada a la estación, E1, se encontraba en anuncio de parada; y la señal avanzada 5737 se encontraba en indicación de vía libre.

A la altura de la señal E1 el maquinista accionó el freno de emergencia ya que apreció que la secuencia de señales no era la correcta, al no existir suficiente distancia de frenado entre dicha señal E1 y la señal de salida S1/1. El maquinista se comunicó entonces con el RC para transmitirle que había tenido que hacer uso del freno de emergencia ya que apreció una secuencia de señales no adecuada.

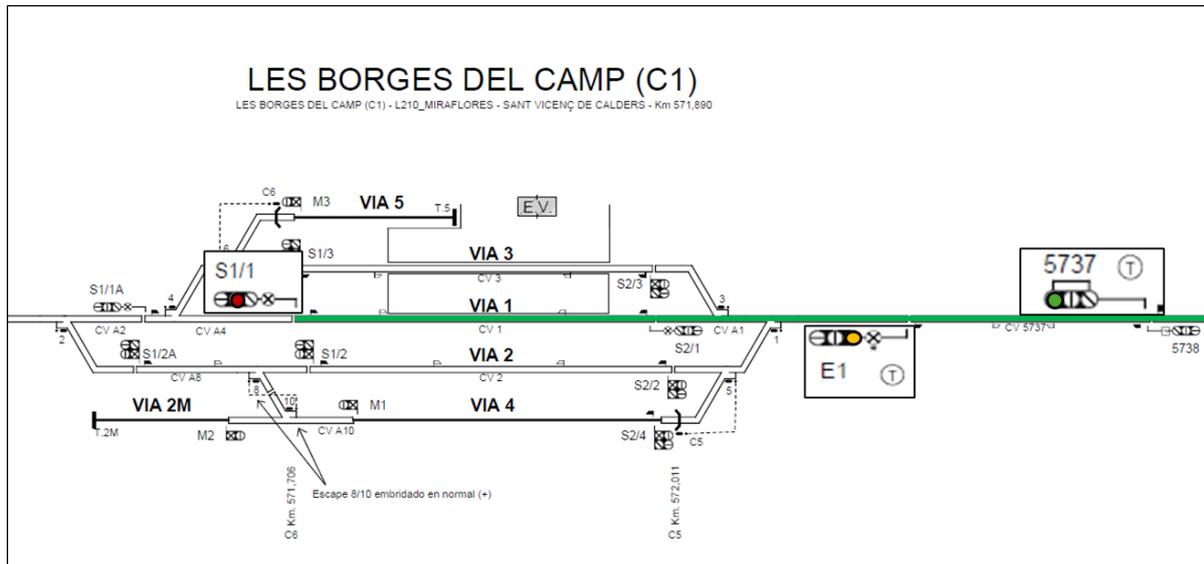


Figura 3 Itinerario dispuesto para el tren y estado de las señales

El RC consultó entonces la Consigna Serie A nº 2607 del 03/05/2022 de Les Borges del Camp para el movimiento nº15 (entrada lado Tarragona a vía 1) comprobando que la secuencia de señales correcta era la siguiente: si la señal de salida de la estación de Les Borges del Camp S1/1 se encuentra en indicación de parada, tanto la señal de entrada a la estación, E1, como la señal avanzada 5737, deben encontrarse en indicación de anuncio de parada.

MOVIMIENTOS		APARATOS						ASPECTO DE SEÑALES															
		MOTOR																					
		Ac 5	A 3	A 1	A 2	A 4	Ac 6	E 8	10	S1/1	S1/2	S1/3	S1/1A	S1/2A	M1	M2	M3	S2/1	S2/2	S2/3	S2/4	E1	5737
1	P.D. MIRAFLORES TARRAGONA POR VIA 1	+	+	+	+	+	+			⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖	(1)	⊖
2	ENTRADA LADO MIRAFLORES A VIA 1				+	+	+			⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖		⊖
3	ENTRADA LADO MIRAFLORES A VIA 2				-			+		⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖		⊖
4	ENTRADA LADO MIRAFLORES A VIA 3				+	-	+			⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖		⊖
5	R.A. de señal E2 a VIA 1				+	+	+			⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖		⊖
6	R.A. de señal E2 a VIA 2				-			+		⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖		⊖
7	R.A. de señal E2 a VIA 3				+	-	+			⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖		⊖
8	R.A. de señal E2 a VIA 4				-			-		⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖		⊖
9	R.A. de señal E2 a VIA 5				+	-	-			⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖		⊖
10	SALIDA hacia TARRAGONA de VIA 1	+	+	+														⊖	⊖	⊖	⊖	(1)	⊖
11	SALIDA hacia TARRAGONA de VIA 2	+		-														⊖	⊖	⊖	⊖	(1)	⊖
12	SALIDA hacia TARRAGONA de VIA 3	+	-	+														⊖	⊖	⊖	⊖	(1)	⊖
13	SALIDA hacia TARRAGONA de VIA 4	-		-														⊖	⊖	⊖	⊖	(1)	⊖
14	P.D. TARRAGONA MIRAFLORES POR VIA 1	+	+	+	+	+	+			⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
15	ENTRADA LADO TARRAGONA A VIA 1	+	+	+						⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
16	ENTRADA LADO TARRAGONA A VIA 2	+		-						⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
17	ENTRADA LADO TARRAGONA A VIA 2A	+		-				+		⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
18	ENTRADA LADO TARRAGONA A VIA 3	+	-	+				+		⊖	⊖	⊖	⊖	⊖				⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖

Figura 4 Extracto de la consigna Serie A de Borges del Camp (fuente: ADIF)

La última actuación realizada relacionada con la señalización había sido una puesta en servicio el 27/02/2023. Esta puesta en servicio se incluía dentro de las actuaciones del proyecto "Centralización

de Bloqueos Reus-Mora”, cuyo objetivo principal era incluir la gestión de las señales de los tramos de bloqueo en los enclavamientos de las estaciones del tramo: Els Guiamets, Marça-Falset, Pradell de la Teixeta, Riudecanyes-Botarell y Les Borges del Camp.

La empresa suministradora de las instalaciones fue Alstom Group, que ya había instalado en 2009 los softwares de los enclavamientos existentes antes de la actuación.

Como medida mitigadora del riesgo tras el suceso, y una vez comprobado que el fallo afectaba a todas las estaciones de dicho tramo, se procedió a retirar los fusibles de las lámparas del foco de Vía Libre (Verde) de las avanzadas de los enclavamientos afectados. De esa forma, las señales dejaban de ofrecer los aspectos de Vía Libre y Anuncio de Precaución.

3.2.2. Actuaciones llevadas a cabo con relación al suceso

El proyecto en el que se enmarcaba la actuación tenía como uno de sus objetivos modificar los bloqueos del tramo Reus-Mora. Anteriormente, los bloqueos se gestionaban con una comunicación descentralizada de armarios de campo, y se pretendía que fuesen gestionados desde los enclavamientos de las estaciones. Para ello, era necesario generar una nueva versión del software de enclavamiento, e incluir en el mismo el control de las señales intermedias entre estaciones.

El fallo en el software se debió a que durante el proceso de diseño se partió de una hipótesis errónea en cuanto a explotación de la línea, considerando que la secuencia de señales avanzada/entrada/salida era Verde-Amarillo-Rojo (V-A-R) para ese itinerario, cuando en realidad la secuencia indicada en la consigna era Amarillo-Amarillo-Rojo (A-A-R), debido a que no existía distancia de frenado suficiente entre la señal de entrada y la de salida.

Esta hipótesis errónea se mantuvo durante todo el proceso de desarrollo del software llegando a la versión final del mismo.

Una vez desarrollado el software por parte del tecnólogo Alstom, se realizan una serie de pruebas que garantizan tanto la funcionalidad esperada como la seguridad. En primer lugar, Alstom debe realizar las denominadas “pruebas internas de software” que se llevan a cabo en su laboratorio y en las que participa exclusivamente personal de Alstom. Posteriormente se realizan unas “pruebas conjuntas” en las que participan tanto personal de Alstom como personal de ADIF, en concreto, de la GAPI. Por último, se realizan unas pruebas de concordancia previas a la puesta en servicio, aunque estas pruebas no entran a valorar la funcionalidad del software, si no la concordancia entre la información proporcionada y el estado de las señales, circuitos de vía, u otros elementos.

Pruebas internas de software

Para la correcta realización de las pruebas internas, Alstom cuenta con diversas herramientas documentales que apoyan y garantizan el correcto desarrollo del proceso. Entre los documentos más relevantes se encuentran el *Protocolo de pruebas internas* que consiste en un catálogo de pruebas de software que pueden llevarse a cabo por parte de Alstom según qué tipo de desarrollo se esté realizando. Así, se incluyen una batería de pruebas aplicables a desarrollos de enclavamientos, bloqueos, etc. Basándose en este protocolo y en función del alcance del proyecto, el personal de Verificación y Validación (V&V) de Alstom, elabora una “Campaña de pruebas” consistente en un documento en el que se recogen las pruebas que deben realizarse para asegurar el correcto funcionamiento del producto software. Esta “Campaña de pruebas” es un documento que debe estar supervisado por personal del departamento de Safety de Alstom. La función del departamento de Safety es comprobar que la “Campaña de pruebas” elaborada por V&V es correcta y no compromete la seguridad.

La primera versión del documento “Campaña de pruebas” fue elaborada por V&V y revisada por Safety tal y como está previsto. Durante esta revisión, el departamento de Safety advirtió que faltaban pruebas que debían realizarse. En concreto faltaban las pruebas correspondientes al establecimiento de itinerarios de entrada y de maniobras de salida de los enclavamientos de acuerdo con el programa de explotación. Estas pruebas hubiesen detectado el error presente en la secuencia de señales, ya que era el itinerario de entrada a vía general el que producía una secuencia incorrecta.

En el caso de los itinerarios de entrada a vía general se produjo un error al considerar que las pruebas propuestas por Safety ya se habían realizado, y que llevó al departamento de V&V a no incluirlas en la “Campaña de pruebas”. Concretamente en las pruebas de bloqueo en la estación receptora, se probó en las avanzadas la repercusión para atrás al fundir cada foco de la señal, pero no se probó la secuencia de estas avanzadas en itinerarios de entrada a vía general.

Pruebas conjuntas de software

Tras la realización de las pruebas internas por parte de Alstom, se realizan unas pruebas conjuntas, también en laboratorio, entre el tecnólogo Alstom y ADIF. El desarrollo de estas pruebas conjuntas viene detallado en el documento ADIF-IT-205-002-001 “Realización de Pruebas en Fábrica” y que forma parte de su SGS. Según dicho procedimiento, “en las pruebas conjuntas con Adif se realiza un muestreo sobre la funcionalidad programada y la seguridad de los elementos instalados y de su integración en la línea que avala el tecnólogo”.

Este procedimiento cuenta además con una serie de Anexos, en los que se recoge como deben diseñarse y controlarse los resultados y las no conformidades de las pruebas conjuntas.

En estas pruebas tampoco se detectó la secuencia anormal de señales.

3.2.3. Plan de emergencias interno-externo

Como consecuencia del suceso no se activó ningún Plan de Emergencias.

4. ANÁLISIS DEL SUCESO

De la descripción de los hechos se pueden extraer las siguientes constataciones:

0. Se llevó a cabo una actuación cuya finalidad era que los bloqueos se controlasen desde los enclavamientos de las estaciones mediante un nuevo software de enclavamiento.
1. Para el desarrollo de este software se tomó una hipótesis de partida incorrecta, que incluía una secuencia avanzada/entrada/salida V-A-R (verde-amarillo-rojo) para un itinerario de entrada a vía general en lugar de la secuencia recogida en la consigna A-A-R (amarillo-amarillo-rojo).
2. No se hizo un seguimiento de que era una hipótesis y permaneció hasta la versión final.
3. Se diseñó una campaña de pruebas en la que no se incluyó la prueba concreta que podía detectar el fallo.
4. El personal que revisó la campaña de pruebas se dio cuenta de que faltaba una prueba y lo puso de manifiesto, pero por error no se corrigió en dicha campaña.
5. Las pruebas conjuntas con ADIF no detectaron el error presente.
6. Se realizó la puesta en servicio del software en febrero de 2023 y no se detectó el fallo hasta mayo de 2023.

4.1. COMETIDOS Y DEBERES RELACIONADOS CON EL SUCESO

Fase de elaboración del software de enclavamiento

El principal problema detectado y que dio origen al fallo de señalización está relacionado con la fase de diseño de la lógica del software que controlaría las señales de los bloqueos. Como el equipo de Ingeniería de Alstom no consideraba confirmados los datos de entrada, tomaron una hipótesis de partida que consistía en establecer una lógica para los itinerarios de entrada a las estaciones donde la secuencia de avanzada/entrada salida fuese Verde-Amarillo-Rojo. Esta secuencia sería válida si entre la señal de salida (en rojo) y la señal de entrada (en amarillo) existiese suficiente distancia de frenado, pero en el caso concreto de las estaciones objeto de la modificación, esta distancia era insuficiente como ocurre en ciertas ocasiones en las estaciones de la red. Por ello, la señal avanzada de la de entrada debe replicar el color amarillo de la señal de entrada, de manera que el maquinista tenga información con la suficiente antelación que le permita frenar el tren. En definitiva, la repercusión correcta era Amarillo-Amarillo-Rojo debido a una insuficiente distancia de frenado.

El equipo de Ingeniería de Alstom esperaba recibir una versión más actualizada de la tira de bloqueo, de manera que cuando se recibiese se confirmaría la hipótesis inicial. No obstante, al no haber

modificaciones en el programa de explotación, ni en la tira de bloqueo, esta comprobación no llegó a realizarse y la hipótesis inicial fue asumida como válida hasta el final de proyecto.

Fase de pruebas internas del software

Tal y como se ha expuesto en el punto 3.2.2, Alstom lleva a cabo unas pruebas internas del software que genera. Para ello cuentan con un Protocolo de pruebas internas, que consiste en un documento donde se recogen de manera numerada las pruebas que deben realizarse en función de cada caso. Además, se incluyen también directrices sobre como diseñar otras pruebas en caso de que no estén recogidas en este Protocolo.

En base a dicho Protocolo y a la naturaleza del proyecto, el equipo de V&V de Alstom, elabora una Campaña de pruebas que recoge aquellas que se adecúan a cada caso. Esta campaña se suele realizar en varias fases, de manera que da lugar a diferentes documentos, cada uno de ellos con diferentes fases de pruebas.

Cada uno de los documentos generados durante la campaña de pruebas es revisado por el equipo de Safety, que comprueba que efectivamente las pruebas son las adecuadas y que todas las pruebas necesarias están recogidas en la campaña.

Durante la revisión de la versión C de la Campaña de pruebas, el equipo de Safety se dio cuenta de que faltaba “probar los itinerarios de entrada y maniobras de salida al bloqueo, así como las señales, si no se habían probado ya”.

En una campaña de pruebas anterior se habían llevado a cabo pruebas relacionadas con los itinerarios de entrada de las receptoras, pero para el caso de fundido de lámparas, y no contra el programa de explotación de los enclavamientos. Este hecho llevó a error al equipo de V&V, que asumió que el haber probado estos itinerarios les eximía de una nueva prueba. De esta forma, el fallo en la lógica continuó sin ser detectado.

Fase de pruebas conjuntas del software

Tal y como se ha expuesto en el punto 3.2.2, tras las pruebas internas de Alstom, ADIF realiza unas pruebas conjuntas basándose en la Instrucción Técnica ADIF-IT-205-002-001 “Realización de Pruebas en Fábrica”, que forma parte de su SGS. Para la realización de estas pruebas, la instrucción determina que deben elaborarse una serie de documentos que registren y controlen dichas pruebas, así como las no conformidades. Durante el proceso de investigación del presente suceso, y aunque aparecen

registradas las no conformidades, se ha podido comprobar que la GAPI no ha elaborado el Anexo 3 “Protocolo de pruebas estándar de bloqueo”.

En todo caso, las pruebas conjuntas realizadas tampoco detectaron el fallo presente, ya que el error no se podía detectar con un protocolo de pruebas estándar de bloqueo, al ser un error presente en una señal perteneciente al enclavamiento

4.2. MATERIAL RODANTE E INSTALACIONES TÉCNICAS

Una de las cuestiones estudiadas durante el proceso de investigación de este suceso, y que ha influido en los errores producidos tanto en la fase de diseño como de pruebas, es la falta de definición de la frontera entre el bloqueo y el enclavamiento.

Originalmente en el tramo Reus-Mora existían enclavamientos eléctricos en las estaciones. En el año 2009 se llevó a cabo la sustitución de estos enclavamientos, por enclavamientos electrónicos manejados por software. Para esta actuación era necesario establecer una interfaz entre el nuevo enclavamiento electrónico y el bloqueo, ya que este último no se modificaría en ese momento y seguiría controlado por relés.

Según la concepción clásica de enclavamiento, dentro de este se incluyen las señales que se encuentran en el interior de la estación, es decir, entre señales de entrada, y además dada la relación que guarda la señal avanzada con la señal de entrada, tradicionalmente dicha señal avanzada siempre se ha incluido dentro del ámbito del enclavamiento.

Durante la actuación llevada a cabo en 2009 se situó la interfaz que comunicaba el antiguo bloqueo descentralizado de relés con el nuevo enclavamiento en la señal de entrada cuando habitualmente dicha interfaz se ubicaba en un armario en la avanzada.

De esta forma, desde 2009 y hasta la actuación llevada a cabo en febrero de 2023, se dio una situación en la que la señal avanzada de la señal de entrada no estaba incluida en el software del enclavamiento, sino que seguía siendo controlada por relés.

Cuando se tomó la decisión de centralizar los bloqueos en los enclavamientos de las estaciones, no se evaluó correctamente la particularidad de la situación inicial, en la que una señal que tradicionalmente está incluida en el enclavamiento, en este caso concreto, se mantuvo fuera del software de este. Esta frontera entre bloqueo y enclavamiento no fue correctamente evaluada, ni considerada de manera diferente al resto de las señales del bloqueo. Por ello, cuando se probaron las señales de bloqueo, no se hizo hincapié en la relación de la señal avanzada con su correspondiente

señal de entrada. Se consideró desde un primer momento que el enclavamiento no iba a sufrir ninguna modificación, y, por lo tanto, no se contempló la repercusión sobre dicha señal.

4.3. FACTORES HUMANOS RELACIONADOS CON EL SUCESO

En este caso es destacable la actuación del maquinista del tren 51155 al percatarse de la incoherencia en la secuencia de señales. En primer lugar, actuó sobre el freno de emergencia al comprobar que no había suficiente distancia de frenado, con la intención de mitigar el posible riesgo, y por otro lado alertó al personal del CRC, que una vez comprobada la Consigna Serie A nº 2307, constató la falta de correspondencia entre esta y el aspecto de la señal de avanzada.

4.4. MECANISMOS DE SUPERVISIÓN Y CONTROL RELACIONADOS CON EL SUCESO

El motivo fundamental que llevó a la no detección del fallo reside en que la actuación se extendía más allá de la frontera del bloqueo, al afectar también a la señal avanzada. Todas las pruebas que implican la relación de la señal de avanzada con el resto del enclavamiento están recogidas en las pruebas específicas de enclavamientos respecto al programa de explotación.

Este error comenzó con una incorrecta concepción del alcance del proyecto, que se centraba exclusivamente en el bloqueo y sus pruebas asociadas.

La frontera entre el bloqueo y el enclavamiento debería haber sido objeto de especial atención tanto del tecnólogo como de ADIF.

4.5. SUCESOS ANTERIORES DE CARÁCTER SIMILAR

No se conocen sucesos anteriores de carácter similar.

5. CONCLUSIONES

5.1. RESUMEN DEL ANÁLISIS Y CONCLUSIONES RELACIONADAS CON EL SUCESO

Una vez analizados los datos disponibles y la documentación proporcionada, se consideran los siguientes factores:

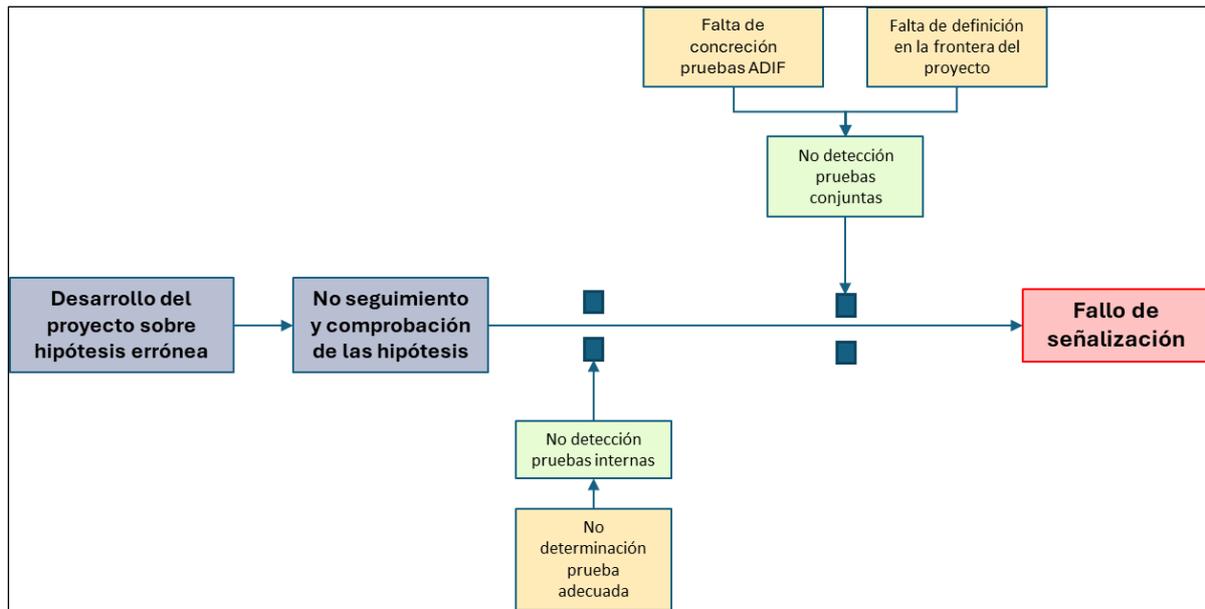


Figura 5 Árbol causal del suceso

Factores causales

1. Se llevó a cabo el desarrollo del software partiendo de hipótesis erróneas relacionadas con el alcance de la actuación. *Ver Recomendaciones 43/2023-1 y 43/2023-4*
2. No se hizo un seguimiento ni verificación de las hipótesis de partida, de manera que fueron tomadas como válidas en fases posteriores del proyecto. *Ver Recomendaciones 43/2023-1*

Factores contribuyentes

1. No se incluyó en la campaña de pruebas del tecnólogo la prueba necesaria para detectar el error presente. *Ver Recomendaciones 43/2023-2 y 43/2023-3*
2. Existió una falta de definición de la frontera del proyecto y de la concreción de las pruebas necesarias tanto por parte de Alstom como por parte de ADIF. *Ver Recomendaciones 43/2023-3 y 43/2023-4*

5.2. MEDIDAS ADOPTADAS DESDE EL SUCESO

Como medida inmediata tras el suceso, y una vez constatado el fallo de señalización se procedió a la retirada de lámparas y fusibles la madrugada del 18 al 19 de mayo de 2023. En concreto, se retiraron

las lámparas del foco verde de las señales avanzadas. De esta forma, las señales avanzadas dejaban de ofrecer los aspectos de Vía Libre y Anuncio de Precaución.

A continuación, y una vez comprobado que el origen del fallo de señalización se debía a un error en el software, se tomó la decisión de actualizar el software del enclavamiento, para modificar la funcionalidad, de forma que la señal de avanzada mostrara aspecto amarillo cuando la señal de entrada fuera igualmente amarilla, según se describía en la consigna. Esta nueva versión del software fue puesta en servicio los días 7 y 8 de junio de 2023, con lo cual, se solventó el fallo de señalización.

5.3. OBSERVACIONES ADICIONALES

Durante el proceso de investigación de este suceso, se ha detectado que el “Protocolo de pruebas estándar de bloqueo”, detallado en la IT- 205-002-001 carece de un desarrollo que concrete la forma en que se registre cada una de las pruebas realizadas. Análogamente puede extenderse esta carencia al resto de protocolos de prueba incluidos en dicha instrucción técnica. Se aprecia una falta de aplicabilidad de dichos protocolos a las diferentes funciones evaluadas en cada proyecto, así como una dificultad de registro de cada prueba. Así mismo, debe tenerse en cuenta que es necesario que dicho protocolo se pueda aplicar de manera transversal a todos los desarrollos independientemente de las pruebas internas de cada tecnólogo. *Ver Recomendación 43/2023-5*

6. RECOMENDACIONES FINALES

Destinatario	Implementador final	Número	Recomendación
AESF	ALSTOM	43/2023-1	Implementar mecanismos que aseguren la disponibilidad de datos de explotación antes de la generación del software y, en el caso de partir de hipótesis, diseñar métodos que realicen el seguimiento y validación de estas.
AESF	ALSTOM	43/2023-2	Establecer procedimientos de doble comprobación por parte del equipo de Safety sobre las campañas de pruebas diseñadas por V&V y especialmente sobre los errores que los primeros hayan detectado, para confirmar su gestión y solución.
AESF	ALSTOM	43/2023-3	Incluir en los procedimientos de Alstom mecanismos específicos que analicen las fronteras existentes y las nuevas que se creen, así como su alcance, y en su caso las pruebas necesarias para su correcta implementación.
AESF	ADIF	43/2023-4	Incluir en el SGS de ADIF mecanismos específicos que analicen las fronteras existentes y las nuevas que se creen, así como su alcance, y en su caso las pruebas necesarias para su correcta implementación.
AESF	ADIF	43/2023-5	Desarrollar herramientas tecnológicas que permitan una mayor agilidad tanto en el registro como en la realización de las pruebas detalladas en la IT-205-002-001 "Realización de pruebas en Fábrica", así como la mejora de dichos protocolos, que garantice un cumplimiento riguroso de los mismos.

Madrid, a 20 de junio de 2024

APPENDIX: ENGLISH SUMMARY OF THE MAIN PARTS OF THE REPORT

Commission Implementing Regulation (EU) 2020/572 of 24 April 2020 on the reporting structure to be followed by railway accident and incident investigation reports states (Article 3):

“Points 1, 5 and 6 of the Annex I shall be written in a second official European language. This translation should be available no later than 3 months after the delivery of the report”.

(Annex I establishes the structure to follow on the reporting).

This appendix contains the translation into English of points 1, 5 and 6 of the final report, according to that regulation.

In case of any doubt or contradiction, the corresponding **original Spanish text shall prevail**.

This report is a technical document that presents the approach of the Spanish National Investigation Body (CIAF) to the circumstances of the investigated occurrence, setting out its probable causes and safety recommendations.

As stated by Royal Decree 623/2014 of 18 July 2014, in particular Article 4 paragraphs 4 and 5 thereof:

“4. Investigation shall aim to determine the causes of the accident or incident, and clarify its circumstances, so that rail transport safety increases and accidents are prevented.”

“5. The investigation will not deal with allocation of blame nor liability for the accident or incident, and it will be independent of any judicial enquiry”.

Consequently, using this report for any other purpose than prevention of future accidents or incidents could result in wrong conclusions or interpretations.

SUMMARY

On May 18th, 2023 at 19:00, RENFE Mercancías freight train 55115 was approaching Borges del Camp station, where it was received with an itinerary set for track 1. The purpose was to notify the driver that the level crossing at km 567+603, between Les Borges del Camp and Riudecanyes-Botarell, was unprotected. At signal E1, the train driver applied the emergency brake, as he noticed that the signal sequence was not correct, as there was not enough braking distance between the E1 entry signal and the S1/1 exit signal. The signaller subsequently verified that the existing signal sequence did not correspond to that indicated in the current Instructions of Borges del Camp interlocking.

The last action carried out related to signaling had been a commissioning on February 27th, 2023, which included the "Centralization of Reus-Mora Blocks", at the stations of the section: Els Guiamets, Marça-Falset, Pradell de la Teixeta, Riudecanyes-Botarell and Les Borges del Camp. The new software version installed on this date had a fault regarding the signal sequence for main track entry itineraries to the aforementioned stations. As a result of the incident, there were no fatalities or injuries.

CONCLUSIONS

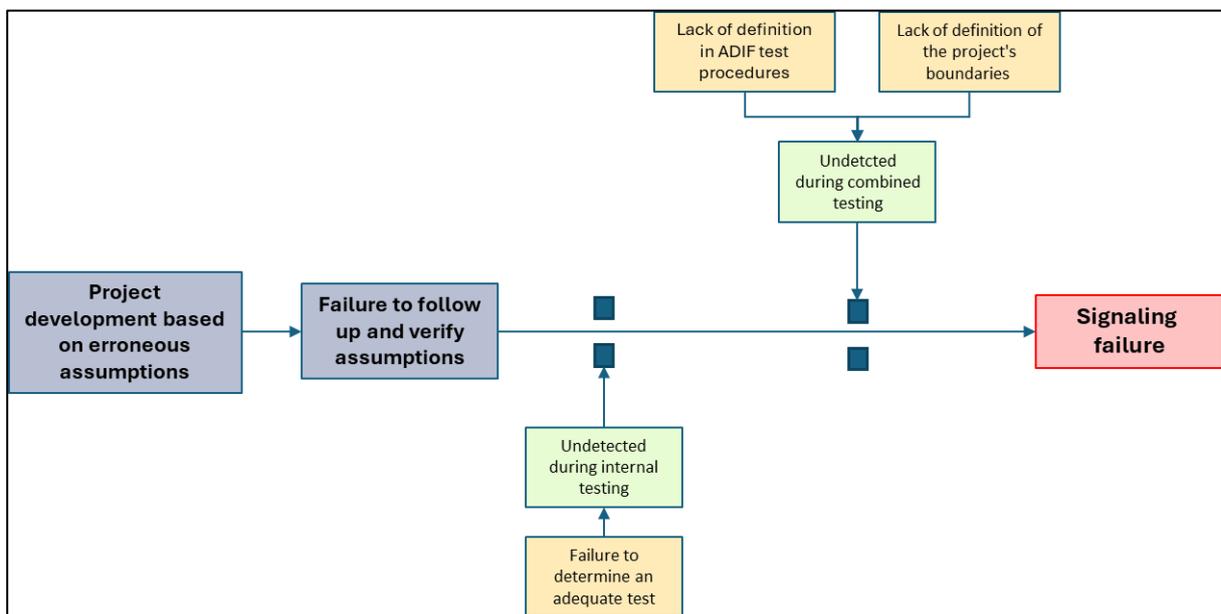
After analysing all documentation and data, the following factors are considered:

Causal factors:

1. The software development was based on erroneous assumptions regarding the scope of the project. *See Recommendations 43/2023-1 and 43/2023-4.*
2. There was no follow-up or verification of the initial assumptions, so they were taken as valid in later phases of the project. *See Recommendations 43/2023-1*

Contributing factors:

1. The necessary test to detect the present error was not included in the technologist's testing campaign. *See Recommendations 43/2023-2 and 43/2023-3.*
2. There was a lack of definition of the scope of the project and the specification of the necessary tests by both Alstom (technologist) and ADIF (infrastructure manager). *See Recommendations 43/2023-3 and 43/2003-4.*



MEASURES TAKEN SINCE THE INCIDENT

As an immediate measure following the incident, and once the signalling failure was confirmed, the lamps and fuses were removed in the early morning of May 18-19th, 2023. Specifically, the lamps were removed from the green light of the advance signals. In this way, the advance signals no longer offered the aspects of Clear Track and Announcement of Caution.

Next, and once it was verified that the source of the signalling failure was due to a software error, it was decided to update the interlocking software to modify the functionality so that the advance signal would show a yellow aspect when the entry signal was also yellow, as described in the Instruction. This new version of the software was commissioned on June 7-8th, 2023, thus resolving the signalling failure.

ADDITIONAL REMARKS

During the investigation process of this incident, it has been detected that the "Standard interlocking testing protocol", detailed in IT- 205-002-001 (the related procedure of the infrastructure manager) lacks a development that specifies how each of the tests performed is recorded. Similarly, this deficiency can be extended to the rest of the test protocols included in this technical instruction. There is a lack of applicability of these protocols to the different functions evaluated in each project, as well as a difficulty in recording each test. Likewise, it should be taken into account that it is necessary for this protocol to be able to be applied transversally to all the developments regardless of the internal tests of each technologist. *See Recommendation 43/2023-5*

SAFETY RECOMMENDATIONS

Addressee	Final Implementer	Number	Recommendation
AESF (NSA-ES)	ALSTOM (software developer)	43/2023-1	To implement tools to ensure the availability of operating data prior to software generation and, in the case of setting hypotheses, to design methods to monitor and validate them.
AESF (NSA-ES)	ALSTOM (software developer)	43/2023-2	To establish double-checking procedures by the Safety team on the test campaigns designed by V&V, and especially on the errors detected by the former ones, in order to confirm their management and solution.
AESF (NSA-ES)	ALSTOM (software developer)	43/2023-3	To include in Alstom's procedures specific tools that analyse existing and new boundaries to be created, as well as their scope and, if applicable, the necessary tests for their correct implementation.
AESF (NSA-ES)	ADIF (IM)	43/2023-4	To include in ADIF's SMS specific tools to analyse existing and new boundaries, as well as their scope and, if applicable, the necessary tests for their correct implementation.
AESF (NSA-ES)	ADIF (IM)	43/2023-5	To develop technological tools that allow greater agility both in the registration and in the performance of the tests detailed in IT-205-002-001 "Performance of Factory Tests", as well as the improvement of these protocols, to ensure strict compliance with them.