Requisitos para el desarrollo de un enclavamiento ferroviario didáctico

EFD

Óscar Herrero Gordaliza

# Introducción

## Propósito

Este documento determina las funcionalidades descritas para un sistema de tiempo real que controla los elementos de una estación ferroviaria y establece movimientos seguros en los trenes dentro de la estación para impedir accidentes y colisiones. Para ello se ha tomado como referencia la normativa ferroviaria de ADIF.

## Definiciones y acrónimos

## 

**Figura 1:** Esquema de la estación

**ADIF:** Empresa administrativa española dedicada a la gestión de sistemas ferroviarios.

**Enclavamiento:** ordenador central que gestiona los movimientos de una estación a partir de la información recibida de los dispositivos físicos definidos en las siguientes definiciones.

**Sección de vía:** Carriles por donde circula un tren y donde se encuentran distintos elementos de vía, como pueden ser: circuitos de vía, agujas y señales. Representadas en la figura 1 como: CVE’1, CVE1, CVA1, CV1, CV2, CVA2, CVE2 y CVE’2.

**Agujas:** Elementos de campo encargados de modificar la dirección de un tren a vías alternativas de una estación. Representadas en la figura 1 como: 1 y 2.

**Señales:** Elementos visuales que informan del comportamiento pertinente que debe tener un tren en ese instante. Representadas en la figura 1 como: E’1, E1, R1, S1/1, S2/1, S2/1, S2/2, R2, E2 y E’2

**Circuitos de vía:** Dispositivo de detección de ocupación en una sección de vía, usada para determinar si un tren está en una sección o no.

**Bloqueos:** Elemento usado por el enclavamiento para representar las posibles estaciones colindantes.

**Ruta:** Conjunto de secciones de vía reservadas para un tren que va a realizar un movimiento dentro de la estación.

**Movimiento de paso:** Movimiento de transito por la estación sin estacionar en ella. El tren establece un movimiento directo si pasa por la vía principal CV1, pero si pasa por la vía secundaria CV2 el tren establece una parada para después reanudar su viaje.

**Deslizamiento:** Elemento definido por el enclavamiento para establecer una protección frontal, evitando la creación de otras posibles rutas. Siendo un sistema de protección frente a la posibilidad de rebasar la sección delimitada como final de movimiento.

**Proximidad:** Elemento definido por el enclavamiento como protección por el cual no se podrá establecer ninguna ruta por la misma entrada y en la misma dirección hasta que el tren haya llegado a su destino.

**Escape de material:** Indicador que tiene un enclavamiento de que un tren está realizando un movimiento no autorizado dentro de la estación

## Alcance

Este proyecto seguirá este esquema:

A screen shot of a computer

AI-generated content may be incorrect.

Figura 2. Descripción de los elementos del sistema

**Enclavamiento ferroviario didáctico:** ordenador con un software de tiempo real que controla el comportamiento de las señales y agujas a partir de la información aportada por: los dispositivos de ocupación de las secciones de vía, y los detectores de posición de las agujas.

**Controlador de Agujas:** Controlador físico (Se usará una ESP32) que lee y modifica los estados de las agujas, asegurándose del correcto funcionamiento de dichos elementos y notificando a la unidad en caso de un error.

**Controlador de secciones de vía:** Controlador físico (Se usará una ESP32) que realiza una lectura del estado de una sección de vía usada en la unidad central. En caso de errores o incidentes con la ocupación de una sección de forma intempestiva, este notificará al EFD.

**Controlador de señales:** Controlador físico (Se usará una ESP32) que se modifica los estados de las señales encendiendo los leds que se requieran para mostrar dicho estado.

**Registro de Señales:** Secuencia de 12 registros universales que se usaran para dar valor a las señales.

## ConOps

En esta sección se explicará el funcionamiento del enclavamiento describiendo ejemplos prácticos sobre la estación definida en la figura 1.

*NOTA GENERAL: Cada vez que el tren avanza por las secciones, las señales que estaban abiertas, con el foco verde encendido, se cierran mostrando aspecto de para, con el foco rojo encendido.*

### Movimiento de entrada

Una vez enviada una orden al enclavamiento de que un tren tiene que entrar en la estación. El sistema debe crear una ruta segura donde solamente dicho tren pueda transitar por ella hasta una de la sección de estacionamiento CV1 o CV2. Para ello, se tendrá que comprobar que una de las dos secciones CV1 o CV2 están libres, además de todas las secciones por las que se tienen pasar (CVE’1, CVE1, CVA1 o CVE’2, CVE2, CVA2). Posteriormente se reservarán dicha ruta para su uso, impidiendo que se establezca otro movimiento.

Tras establecer la ruta, se disponen las agujas en la posición requerida dependiendo de la sección a la que se quiera acceder. Siendo estas: la posición normal en caso de querer entrar a CV1 y la posición invertida en caso de querer a CV2.

Por último, se establecerán los estados de las señales para dar paso al tren siendo estas:

En caso de querer llegar a CV1 se encenderán: E’ 1, con solamente el foco verde encendido; E1, con solamente el foco verde encendido; y R1, con los dos focos blancos horizontales encendidos.

En caso de querer acceder a CV2 se encenderán: E’1, con los focos verdes y amarillos encendidos; E1, con solamente el foco verde encendido; y R1, con los dos focos blancos verticales encendidos.

*NOTA:* *Es análogo para el caso de establecer una ruta de entrada desde E2.*

*NOTA: Para cualquiera de los dos casos, las señales de salida SX/X se mantendrán en estado de parada con solamente el foco rojo encendido.*

### Movimiento de salida

Una vez enviada una orden al enclavamiento de que un tren tiene que salir de la estación. El sistema debe crear una ruta segura donde solamente dicho tren pueda transitar por ella hasta el punto de destino, siendo en este caso el nombre de la estación colindante. Para ello, se tendrá que comprobar que todas las secciones hasta la salida están libres para su uso. Siendo estás: CVA2, CVE2, CVE’2 o CVA1, CVE1, CVE’1. Tras la comprobación se reservarán todas y cada una de las secciones necesarias para el movimiento.

Tras reservar todas las secciones para su uso y establecer la ruta, se posicionan las agujas necesarias 1 o 2 en la posición pertinente para efectuar la salida. En caso de que la salida se efectúe desde la sección CV1 cualquiera de las dos agujas que se necesite se establecerá a posición normal, y si se establece desde la sección CV2 se establecerá la aguja requerida a posición normal. Dependiendo de cual sea la dirección de salida: Si se establece el movimiento a la salida de la izquierda se hará uso de la aguja 1. Si se establece la salida a la salida de la derecha, se establecerá la aguja 2.

Por último, tras establecer la ruta y posicionar las agujas en el estado debido. Se establecerán los estados de las señales:

Para la señal de salida pertinente denominada SX/X: Se encenderá solamente el foco verde para dar vía libre. El resto de los focos, tanto los focos de salida no utilizados como las señales de entrada, se mantendrán en estado de parada con solamente el foco rojo encendido. Por ejemplo: Si el usuario pretende establecer un movimiento hacia la salida derecha desde CV1, se deberá solamente encender el foco verde de la señal S2/1. En caso de ser desde la sección CV2 hacia la salida derecha será el foco S2/2. Si el usuario quiere establecer el movimiento desde CV1 hacia la izquierda solamente encenderá el foco verde de la señal S1/1. Y si se establece desde la sección CV2, se encenderá solamente el foco verde de la señal S2/2.

### Movimiento de paso

Una vez establecida la orden por el usuario al enclavamiento de que se quiere establecer un movimiento de paso de tren por la estación. El enclavamiento comprobará que una de las vías de estacionamiento CV1 o CV2 está libre, y que el resto de las secciones CVA1, CVA2, CVE1, CVE2, CVE’1, CVE’2 se encuentren también libres.

Una vez establecida la ruta, el enclavamiento comprueba si el movimiento se establece desde CV1 o CV2. Si se establece desde CV1 el paso es seguido. Si se establece desde CV2, el tren tendrá que parar delante de la salida pertinente, ya sea S1/2 o S2/2, dependiendo de la dirección a la que se quiera desplazar.

Tras establecer esta consigna, se posicionan las agujas correspondientes. En caso de que tren tenga que pasar por la sección CV2 se establecerá la aguja 1 y la aguja 2 a posición invertida, y si en el caso de que el tren tenga que pasar por CV1 las agujas 1 y 2 se establecerán en posición normal.

Por último, se establecerán los estados de todas las señales, según la vía de estacionamiento por la que se transite:

En el caso de establecerse una dirección de entrada desde el extremo izquierdo de la estación hacia CV1. Las señales E’1, E1 y S1/2 cambiarán el estado a vía libre con solamente el foco verde activado; y la señal R1 activará con los dos focos blancos horizontales para indicar que la aguja se encuentra a posición normal. En el caso de establecer el movimiento de entrada desde el extremo derecho hacia CV1. Las señales E’2, E2 y S1/1 se cambiarán al estado de vía libre con el foco verde activado; y la señal R2 se activará con los dos focos blancos horizontales para indicar que la aguja se ha establecido en posición normal.

En el caso de que la ruta se establezca hacia la sección CV2 desde el extremo izquierdo. Primero se abrirán las señales E’1 y E1 además de encender las dos luces blancas verticales de R1. Una vez el tren a llegado a la sección CV2, tras esperar unos segundos. La señal S2/2 se abre, mostrando un aspecto de vía libre con el foco verde encendido, y dando paso al tren para que siga su camino. En el caso de que el movimiento se establezca desde el extremo derecho. Se repetiría el proceso con las señales E’2, E2, R2 y S2/1.

### Escape de material

Siempre que se ocupe una sección de forma no esperada, secciones de agujas y, de entrada. El sistema detectará que se está estableciendo un movimiento sin autorización, y cerrará las todas las señales de estación y mostrará al usuario una notificación de que hay una falla de seguridad.

En el caso de que el escape de que el escape de material sea de entrada a la estación. Se intentará redirigir el tren a una sección segura en caso de que esté libre. En ese caso se abrirán las señales pertinentes. Hasta que se logre establecer una ruta, todas las señales se mantendrán cerradas.

En el caso de que el escape de material sea de salida, Se deberá notificar a la estación colindante de dicha fuga, y se formará una ruta hacia la salida para evitar posibles colisiones. Reservando cada sección para el movimiento y la aguja pertinente para evitar posibles descarrilamientos

# Descripción general

## Perspectiva del producto

El proyecto EFD define el comportamiento de un sistema de tiempo real encargado de monitorizar, y controlar de manera segura, los elementos de campo de la estación. Para ello leerá información de los elementos de campo (posición de agujas, señales y detectores de ocupación), y modificará sus estados para realizar rutas seguras hacia su destino.

## Funciones del producto

## Interfaces

**Interfaz de usuario:** Interfaz gráfica diseñada con Python que mostrará el comportamiento del sistema en tiempo real. Para ello se mostrará un esquema de la estación con todos los elementos que la componen: Secciones de vía, señales y agujas.

**Interfaz electrónica:** Conexiones físicas entre el sistema y los componentes de campo utilizados. Siendo estos: secciones de vía, señales y agujas

# Requisitos específicos

***Requisitos generales:*** Esta sección denota los comportamientos generales que debe realizar un sistema

**RG-10:** El sistema generará rutas para que el tren llegue a su destino seguro usando la información otorgada por los circuitos de vía y las agujas.

**RG-11:** El sistema recibirá una interrupción del usuario donde se define el origen de un movimiento que se quiera establecer.

**RG-20:** El sistema colocará las agujas en la posición pertinente para alcanzar su destino según indique la ruta que se quiera seguir. Ya sea para movimientos de entrada o salida.

**RG-30:** El sistema controlará las señales encendiendo y apagando los focos pertinentes. Dando información de la viabilidad de un movimiento.

**RG-40:** El sistema detectará la posición del tren para localizar la sección de vía en la que se encuentra.

***Requisitos de encendido del sistema:*** Esta sección establece el estado predefinido de todos los elementos al activar el sistema:

**ENC-10**: Todas las secciones de vía deben de estar en un estado no accesible hasta que:

**ENC-10.1**: Todas las agujas estén en posición normal y el sistema haya comprobado su correcto funcionamiento.

**ENC-10.2**: Todas las señales estén en estado de parada, siendo esta solamente la señal lumínica roja. Salvo, las señales de avanzada, denotadas como E’X, que se encontrarán es estado de anuncio de parada; encendiendo solamente la señal lumínica amarilla.

**ENC-20**: Una vez establecidos todos los estados para agujas y señales. Se liberan todas las secciones de vía y se ponen a disposición del sistema.

**ENC-30:** Todos los bloqueos de la estación, tanto el propio como los colaterales, se quedarán bloqueados hasta que se encuentren disponibles todos los elementos de campo.

***Requisitos de movimientos de estación:*** En esta sección se especificarán los requisitos y especificaciones necesarias para establecer movimientos.

**MO-10:** Para que el sistema pueda establecer un movimiento de entrada una de las secciones de estacionamiento CV1 y CV2, estas se deben de encontrar libres, además de la secuencia de secciones que llegan hasta ellas.

**MO-20:** Para establecer un movimiento de salida desde cualquiera de las secciones CV1, CV2 y CV3 hacia un bloqueo, el sistema deberá asegurar que las secciones hacia la salida están libres y protegidas frente a cualquier colisión o accidente.

**MO-30:** Para establecer movimientos de paso en una estación, el sistema deberá especificar que es un movimiento de entrada a una sección de estacionamiento y un movimiento de salida desde la misma consecutivamente.

**MO-30.1:** En caso de que la vía directa CV1 no esté disponible, se deberá desglosar el movimiento en:

* un movimiento de entrada a una vía de apartado.
* un movimiento de salida hacia el bloqueo colateral pertinente tras 30s.

***Requisitos de movimientos de Agujas:*** Esta sección establece el comportamiento de las agujas en el sistema

**AG-10:** El sistema definirá las posiciones de una aguja con 3 estados:

* Normal
* Invertida
* No coincidente

**AG-20:** El sistema usará como posición predefinida la posición normal.

**AG-30:** El sistema determinará que la aguja está en una posición no coincidente cuando la posición real y relativa de la aguja no coincidan.

**AG-30.1:** El sistema determinará la posición real de la aguja leyéndola del dispositivo de campo.

**AG-40:** Una aguja no puede ser usada por más de un movimiento simultaneo.

***Requisitos de manejo de señales:*** Esta sección establece el comportamiento de las señales en el sistema.

**SN-10:** En una señal solo podrá haber un solo estado

**SN-20:** Las señales de avanzada solamente podrán tener uno de los siguientes estados:

* **Vía Libre:** el sistema encenderá solamente el foco verde
* **Parada:** el sistema encenderá solamente el foco rojo
* **Anuncio de desvío:** el sistema encenderá solamente los focos verde y amarillo

**SN-30:** Las señales de entrada solamente podrán tener uno de los siguientes estados:

* **Vía libre:** el sistema encenderá solamente el foco verde
* **Parada:** el sistema encenderá solamente el foco rojo

**SN-40:** Las señales de retroceso solamente podrán tener uno de los siguientes estados:

* **Parada**: El sistema encenderá solamente el foco rojo.
* **Avance por agujas en posición normal:** El sistema encenderá solamente los dos focos blancos verticales
* **Avance por una aguja en posición invertida:** El sistema encenderá solamente los dos focos blancos horizontales

**SN-50:** Las señales de salida solamente podrán tener uno de los siguientes estados:

* **Parada:** El sistema solamente encenderá el foco rojo
* **Vía Libre:** El sistema solamente encenderá el foco verde

***Requisitos de detección de ocupación:*** Esta sección contempla el comportamiento del sistema en el instante en el que detecta un tren sobre una sección de vía.

**DO-10:** El sistema leerá los detectores de posición para determina si hay un tren sobre ella.

**DO-20:** El sistema identificará dos estados sobre cualquier sección de vía:

* Libre
* Ocupado

**Requisitos de protección:**  Este apartado describirá los métodos para otorgar seguridad al sistema.

**PR-10:** Siempre que una sección de vía esté ocupada por un vehículo, la sección anterior estará reservada por el sistema para asegurar una distancia de seguridad.

**PR-20**: Siempre que el sistema establezca un movimiento, el sistema bloqueará la sección siguiente a la sección perteneciente al final de movimiento. Estableciendo una protección ante un deslizamiento del tren.

***Requisitos de Escape de Materia:*** En esta sección se contemplarán los casos básicos donde se ocupa una sección intempestivamente y cómo afrontar dichos escenarios.

**EM-10:** En caso de que el sistema detecte una secuencia de ocupación hacia un bloqueo sin tener establecida una ruta. El sistema avisará a la estación colindante de un escape de material.

**EM-20:** En caso de que el sistema detecte una secuencia de ocupación en los circuitos de avanzada de la estación, deberá de cerrar todas las señales de salida y entrada de la estación.

**EM-20.1:** Tras ocuparse la sección de entrada se deberá de establecer un movimiento de entrada.