

Los enclavamientos ferroviarios



Curso: 2012 / 2013

RESUMEN

Título: **Los enclavamientos ferroviarios.**

El presente trabajo de investigación trata sobre los enclavamientos ferroviarios, unos ingeniosos sistemas existentes en todas las estaciones ferroviarias que tienen el objetivo de controlar la posición de las señales, agujas y otros aparatos de vía de una determinada estación con el fin de evitar un posible error humano y garantizar la seguridad del tráfico ferroviario. En un inicio consistían en relacionar las palancas que movían las agujas y señales de una estación, mecánicamente, con unas barras movidas por las mismas palancas que inmovilizaban las palancas para evitar que fueran accionadas por error y no produjesen ningún accidente.

En el trabajo se ha realizado un estudio de los enclavamientos ferroviarios empezando por mostrar que son, en qué consisten, sus orígenes y las clases de enclavamientos que fueron surgiendo a raíz de la evolución que sufrieron desde los originarios, surgidos a finales del siglo XIX, que eran totalmente mecánicos hasta los sofisticados enclavamientos actuales que son electrónicos. Posteriormente se analiza más profundamente la lógica común que siguen los enclavamientos que se basa en relacionar las indicaciones que pueden dar las señales y semáforos de una estación entre ellas y con la posición de las agujas. Finalmente se muestra un caso particular de un enclavamiento de una estación concreta para acabar de entender el funcionamiento de estos sistemas mediante una maqueta, es decir, una reproducción a escala más reducida que la real de un enclavamiento llamado *Bouré* sobre la que se analizan todas las posibilidades que ofrece. También se ha realizado un simulador del mismo enclavamiento que refleja la lógica de los enclavamientos ferroviarios y las condiciones que ha de cumplir para poder accionar una señal o aguja de la estación. Al final del trabajo, se ha incluido un glosario para entender el significado de determinados tecnicismos y un anexo para completar la investigación sobre aspectos secundarios relacionados con el tema.

ÍNDICE

Introducción.....	- 4 -
1. Los enclavamientos.....	- 6 -
1.1 Los orígenes	- 6 -
1.2. Los primeros enclavamientos.....	- 8 -
1.3. Clases de enclavamientos	- 8 -
2. Elementos que intervienen en los enclavamientos.....	- 15 -
2.1. Los cantones.....	- 15 -
2.3. Las señales y las agujas	- 16 -
2.4. Los pasos a nivel	22
2.5. Los itinerarios.....	26
3. Funcionamiento de los enclavamientos	29
3.1. Los itinerarios en los enclavamientos	29
3.2. Fundamento y elementos de los enclavamientos	31
3.3. Elementos de accionamiento	31
3.4. Principios básicos. La incompatibilidad.....	32
3.5. Identificación de los aparatos.....	33
4. Análisis del funcionamiento de un enclavamiento	35
4.1. Los enclavamientos <i>Bouré</i>	35
4.1.1. Los orígenes	35
4.1.2. El mecanismo básico y las llaves.....	36
4.1.3. Las cerraduras de los aparatos	37
4.1.4. Cerradura central <i>Bouré</i>	38
4.1.5. Principios básicos de los enclavamientos <i>Bouré</i>	41
4.2. El enclavamiento de Plasencia	41
4.2.1. Las cerraduras y las llaves	43
4.2.2. El cuadro central <i>Bouré</i>	43

4.2.3. Aparatos de la estación	47
4.2.4. Los itinerarios	48
4.2.5. Análisis de los itinerarios del enclavamiento de la estación de Plasencia	50
4.2.6. Simulador del enclavamiento de Plasencia	54
Conclusiones.....	57
Agradecimientos.....	58
Bibliografía y webgrafía	59
Apéndice documental	61

INTRODUCCIÓN

Poca gente es conocedora del concepto enclavamiento ferroviario, a pesar de ser uno de los elementos fundamentales de las explotaciones ferroviarias. Mi afición al ferrocarril me ha llevado a interesarme a diferentes campos concretos del amplio mundo del ferrocarril, uno de ellos los enclavamientos ferroviarios que empecé a investigar de forma irregular hace un año ya que su funcionamiento se fundamenta en la lógica, saber cómo funcionaban y los mecanismos que emplean me instigó a decidir mi trabajo de investigación.

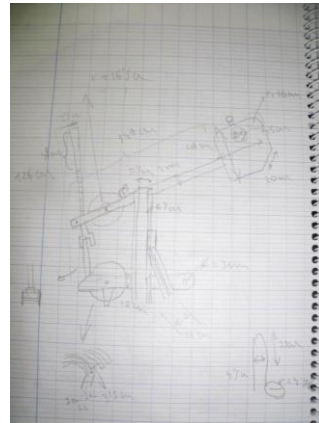
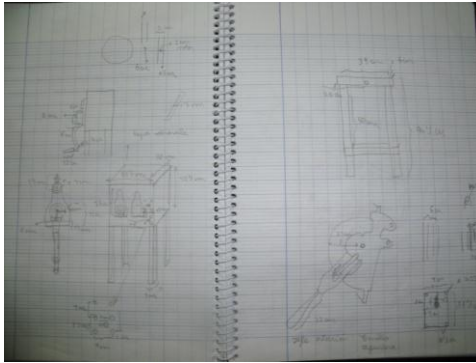
Los objetivos del presente trabajo y de la investigación realizada son mostrar un elemento del ingenio humano y de la tecnología tan desconocido por la mayor parte de la gente y mostrar su funcionamiento de forma clara, además aplicar los conceptos a una maqueta de un enclavamiento mecánico que permite demostrar el funcionamiento in situ. Por otro lado romper con la barrera de la reproducción de enclavamientos de la realidad en el ámbito del modelismo ferroviario e invitar a los modelistas a realizar sus propios sistemas.

Para hablar de los enclavamientos ferroviarios existen gran cantidad de tecnicismos y palabras propiamente ferroviarias y se ha tenido que trasladar a un lenguaje entendedor para todos. Los medios que dispone el trabajo son un glosario, un apéndice para complementar aspectos que no queden propiamente explicados en el cuerpo del trabajo y una estructuración ordenada y numerada además de numerosos dibujos y ejemplos.

Para investigar sobre ellos, he tenido que recurrir a recursos que son de difícil acceso como documentación oficial propiedad de Adif y Renfe u obsoleta, que poseen aficionados, pues poca existe en Internet. También me ha ayudado la consulta de preguntas o petición de información a numerosos interesados y conocedores del tema, además de visitar el enclavamiento de la estación de Balaguer pidiendo permiso al gestor de la línea FGC o ir al Centro de Interpretación de Móra la Nova (APPMI) quienes poseen enclavamientos restaurados y conocimientos sobre ello. Parte de la captación de información ha sido la recogida de información, dibujos y notas en una libreta.

Las dificultades que se han presentado durante la investigación se basan en la falta de documentación sobre los enclavamientos ferroviarios, por lo que he

tenido que recurrir a consultas o petición de información a conocedores y aficionados, citados en el apartado de agradecimientos y realizar visitas a museos y estaciones. La reproducción de un sistema real, también ha sido tarea complicada pues no tengo constancia que se haya hecho nunca y he tenido que buscar los materiales apropiados y plagiar el sistema mediante fotos que me han proporcionado personas vinculadas a los enclavamientos.



Libreta donde se recogió parte de la información a pie de vía, como medidas de referencia para realizar la maqueta y notas del funcionamiento de determinados elementos.

LOS ENCLAVAMIENTOS FERROVIARIOS

1.- LOS ENCLAVAMIENTOS

Un **enclavamiento ferroviario**, es un dispositivo que permite controlar el tráfico ferroviario en una estación de ferrocarril, capaz de accionar las señales, cambios de agujas, calces, semibarreras (de un paso a nivel) y otros elementos de vía que intervienen en el movimiento de los trenes y vehículos ferroviarios.

Además, impide el cambio o accionamiento de los elementos anteriores, si en la nueva posición, un resulta incompatible al otro, es decir, que podría llevar a un accidente o choque. Pongamos por caso, dos trenes situados en dos vías de una estación que se disponen a salir de ella hacía el mismo sentido, si el agente* de circulación encargado de dar la salida pone en verde las señales de sendas vías ordenando la salida de los dos trenes se podría producir un accidente, precisamente el enclavamiento evita este posible error humano y otros que se podrían dar.

1.1 Los orígenes.

El sistema de señalización y enclavamientos ferroviarios, está estrechamente vinculada al nacimiento del ferrocarril. Desde un primer momento era necesario disponer de guarda vías (agentes, que regulaban el tráfico ferroviario, como si se trataran de policías de circulación), que ordenaban el avance y la parada de los trenes de una estación. Pero la creciente demanda de este medio de transporte y el aumento del tráfico ferroviario expuso de manera evidente la insuficiencia del sistema de los guarda vías al tener que atender simultáneamente a varios trenes. Posteriormente, se desarrolló un sistema de banderines* de diferentes colores, situados a pie de vía, que indicarían a los maquinistas varias órdenes y que en España aún se conservan en la actual RGC (Reglamento General de Circulación)¹.

Al igual que existía un lenguaje visual mediante banderas y linternas (primero de aceite, petróleo y finalmente eléctricas), también se desarrolló un lenguaje

¹ FERNANDO MONTES. Los sistemas de señalización en el ferrocarril, p. 1.

sonoro por medio de un silbato, que acompañaba, en algunos casos, el lenguaje visual.

Por primera vez, en 1840, el guarda vía es sustituido por los primeros discos* llamados originalmente *Disc and Crossbar*, es decir, las primeras señales ferroviarias de origen francés y eran maniobrados a pie de disco². Se situaba junto a las agujas de entrada de una estación, protegiendo a la misma ya los trenes maniobrando o detenidos en ella. Por la noche, la indicación se transmitía por linternas de aceite.

En nuestro país fueron introducidos en 1872, este tipo de señales han sufrido una larga evolución hasta nuestros días, aunque operativas, pero accionadas desde la estación. El aumento de la velocidad de los trenes y su peso, hace que la distancia de seguridad y de frenado que ofrecía en un origen el disco aumentara³.

Pronto el disco quedó obsoleto. Así que se crearon nuevas señales que ofrecían más indicaciones, los semáforos^{4*}.

Muchas estaciones aumentaron considerablemente en número de agujas y señales y por tanto, era difícil coordinar todos estos aparatos* de forma segura. Para ahorrar en personal y guardagujas decidió concentrar todas las palancas de accionamiento de las agujas y las señales en un mismo edificio dispuestas de tal manera que un solo agente pudiera controlarlas y divisar la playa de vías, no obstante la persona encargada debía ser cuidadosa y seguir un procedimiento de maniobra de accionamiento de cambios y señales, el factor humano daba lugar a errores de secuencia de operaciones, dando lugar a situaciones peligrosas que a veces terminaban en graves accidentes².

²Fernando MONTES.op. cit., p. 31

³Mario FONTÁN ANTÚNEZ. *Señalización mecánica. Vía ancha española*, p. 10

⁴Mario FONTÁN ANTÚNEZ, op. cit., p. 46

1.2. Los primeros enclavamientos.

La solución a estos problemas, fue resuelta con los enclavamientos. Permitían una relación de las señales de acuerdo con la posición de las agujas². Estos sistemas pronto fueron montados en las cabinas de concentración de palancas y dieron resultados satisfactorios a pesar de su sencillez.

Los enclavamientos son el elemento vital de seguridad en el tráfico ferroviario, que impide la formación de rutas y autorización de movimientos entre trenes con itinerarios conflictivos, evita la apertura de una señal si ya existe otra ruta que pueda causar una incompatibilidad o choque entre trenes².

En España empezaron a aparecer desde 1880 con la implantación de enclavamientos mecánicos de tipo Siemens, Scheid-Bachman, Henning o Mackencia. La transmisión del movimiento de las palancas de accionamiento a las señales y aparatos se realizaba por medio de sistemas funiculares de cable galvanizado. Algunos de ellos aún siguen en servicio actualmente. Algo más tarde, aparecerían revolucionarios enclavamientos hidráulicos, tipo Bianchi-Servettaz⁵ o los enclavamientos eléctricos y electrónicos.

1.3. Clases de enclavamientos.

Diferentes empresas dedicadas a la fabricación de elementos mecánicos, tecnológicos o vinculados a la industria ferroviaria, han desarrollado varios enclavamientos. Primero muy sencillos y con el tiempo han ido desarrollando y evolucionando en función de las necesidades de las compañías ferroviarias y hacia una mejora de sus prestaciones.

Su evolución ha provocado que cada vez sean más fiables, con más prestaciones, más cómodos y toda una serie de ventajas respecto a los primeros.

Esta evolución gran abanico de enclavamientos ha sido posible gracias a su experimentación, con diferentes técnicas, diferentes mecanismos de

² Fernando MONTES, op. cit., p. 32

⁵ Fernando MONTES. Op. cit., p. 33

transmisión de movimiento y elementos fruto de la competencia entre industrias, buscando captadores de compañías ferroviarias interesadas y en sus productos.

Podemos distinguir los siguientes tipos:

- **Enclavamientos mecánicos:** los primeros enclavamientos que nacieron fueron de este tipo. Constan de un conjunto de palancas que permiten la transmisión de un movimiento de forma mecánica por medio de poleas, tornos e hilos de acero. Son aparatos hoy en día baratos, de relativa sencillez aunque ofrecen una fiabilidad y seguridad más que suficiente en líneas de débil tráfico. Las desventajas son su poca precisión, el gran número de espacio que ocupan respecto a los modernos enclavamientos eléctricos o electrónicos, el mantenimiento y revisión periódica que requieren y la poca comodidad ya que para mover los diferentes aparatos de vía a aplicar bastante fuerza a las palancas. Se basan en una serie de elementos (palancas o tornos) que permiten la maniobra de agujas, calces o señales que transmiten el movimiento ejercido sobre las palancas por medio de sirgas de acero a través de poleas paralelas a la vía hasta los aparatos a maniobrar.



Ejemplo de enclavamiento descentralizado, las agujas se mueven a pie de vía mediante marmitas (palancas tipo Roberts) y se relacionan con el resto de aparatos por un sistema de cerraduras Bouré. (Plasencia del Monte). [Carlos Fernando Marco Pérez].



Enclavamiento mecánico centralizado de palancas de tipo Siemens. Cada vez es más difícil encontrarse uno de estas bancadas operativas. (APPFI de Móra la Nova, 9/2012). [Juan Simón Muzás].

Podemos diferenciar dos tipos:

- **Centralizados:** el conjunto de elementos que permiten la maniobra de los aparatos de vía están reunidos en un solo punto o mesa de enclavamientos. Las palancas están interrelacionadas entre sí en la misma mesa para evitar las incompatibilidades que hablaremos después. La mesa suele estar protegida de las inclemencias externas bajo una caseta o torreta que debido a su situación permite la visualización general de la playa de vías.

- **Descentralizados:** los elementos de maniobra no están reunidos en un solo punto, es decir los elementos de maniobra están dispersos por toda la estación a pie de aguja, calce, aunque el accionamiento de las señales de entrada, avanzada y de salida, si tiene, suele estar situado en el andén cerca del edificio de viajeros para facilitar el trabajo al agente encargado de maniobrar los mismos.

El enclavamiento en sí es del tipo *Bouré*, que lo explicaremos detalladamente posteriormente, se basa en un conjunto de llaves que abren las cerraduras situadas en los elementos de accionamiento que fijan las agujas y señales en una posición determinada, dichas llaves se interrelacionan entre sí en un cuadro central situado en el gabinete de circulación donde se guardan las llaves. Son los enclavamientos más simples que existen.



Cerradura central "Bouré" donde se guardan todas las llaves de los aparatos de vía de la estación. Éste es un ejemplo de enclavamiento descentralizado. (Balaguer, 7/2012) [Juan Simón Muzás].



Enclavamiento electromecánico fabricado por la empresa americana GRSC (Grand Railway Signal Company). El enclavamiento de Móra la Nova fue el primer enclavamiento electromecánico de Europa, instalado en 1928. (APPFI de Móra la Nova, 9/2012) [Juan Simón Muzás].

- **Enclavamientos electromecánicos:** son una evolución de los enclavamientos mecánicos. Su funcionamiento, aspecto y aparatos es igual que los mecánicos aunque a lo largo del tiempo se ha sustituido elementos mecánicos por electrónicos y eléctricos que ofrecen mayor seguridad sin significar un gran desembolso. El grado de modernización varía según la estación y enclavamiento, así pues, no existe un patrón fijo para este tipo. Los elementos eléctricos y/o electrónicos son cerrojos electromecánicos, cerraduras *Bouré* eléctricas, cuadros electrónicos con comprobadores de acoplamiento de agujas y otros elementos, pasos a nivel automatizados relacionados con el enclavamiento.

También existieron enclavamientos electromecánicos de origen, la mayor parte de origen americano fabricados por GRSC (*Grand Railway Signal Company*) que movían las señales mecánicas i agujas por medio de un motor aunque la relación entre palancas (enclavamiento) era mecánico. Algunos de ellos se instalaron en estaciones españolas y supusieron un gran avance y punto de referencia en aquella época.

- **Enclavamientos hidromecánicos:** son enclavamientos que significaron un gran avance debido a la comodidad que ofrecía respecto a los enclavamientos de la época. Permitían el accionamiento de los elementos de forma más precisa, fina y sin la necesidad de aplicar la fuerza que requieren los enclavamientos mecánicos ya que los elementos transmisor del movimiento desde la mesa de enclavamientos hasta los aparatos a maniobrar es agua con glicerina (para evitar la congelación a temperaturas bajas) a través de unos tubos que iban paralelos a la vía⁵. La relación entre las palancas es exactamente igual a la de los enclavamientos mecánicos. Se solían utilizar en estaciones de considerables dimensiones con señales mecánicas y gran cantidad de elementos a maniobrar, ya que los tubos que contenían la mezcla de agua y glicerina se podían disponer mejor sin ocupar tanto espacio como las poleas y cables de los sistemas mecánicos.

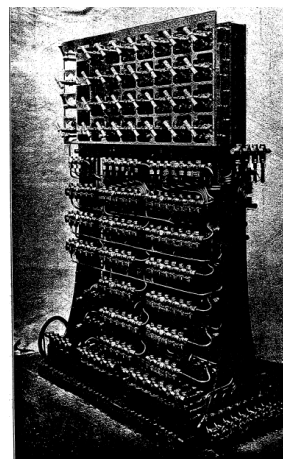
⁵ Mario FONTÁN ANTÚNEZ. *Señalización mecánica. Vía ancha española*, p. 23

La relación entre la posición de las palancas se realizaba mecánicamente mediante barras impulsadas por las mismas palancas.

- **Enclavamientos hidroneumáticos:** son similares a los enclavamientos hidráulicos, pero para el impulso del fluido que accionaba los aparatos utilizaba aire a presión que impulsaba el agua con glicerina para la maniobra de los mismos⁶. En vez de poseer palancas, la maniobra se hacía a partir de manetas. Son también centralizados y se utilizaban en estaciones grandes por las mismas razones que los enclavamientos hidráulicos. En España sólo se puso en funcionamiento uno en la estación de Madrid-Príncipe Pío y se denominaban MDM (Mínimo de Maniobra y Máximo de Movimiento)⁷.



Mesa de enclavamientos de tipo "Servettaz" de Algodor (Madrid). Observad la reducida dimensión de las palancas y el escaso espacio que ocupan en relación con el número. (Museo del Ferrocarril de Madrid, 10/6/2011). [Vía Libre].



Autocombinador MDM. Cabe destacar el reducido espacio que ocupaba y el gran número de aparatos que podía maniobrar. [Revista de Obras Públicas].

⁶ Manuel María ARRILLAGA López. Revista de Obras Públicas. Enclavamientos. Autocombinador MDM. p. 1.

⁷ Mario FONTÁN ANTÚNEZ. Señalización mecánica. Vía ancha española, p. 23

- **Enclavamientos eléctricos y electrónicos:** como es lógico pretende en líneas generales realizar la misma función que los enclavamientos con elementos mecánicos, no obstante utiliza energía eléctrica suponiendo una serie de ventajas sobre los medios mecánicos. Los enclavamientos electrónicos incorporan las ventajas en cuanto la rapidez en la transmisión de impulsos eléctricos y el espacio de componentes electrónicos de menores dimensiones. Estos últimos, sirven a sistemas de seguridad sofisticados como a líneas de alta velocidad.



Enclavamiento eléctrico de Fayón-La Pobra de Massaluca actualmente custodiado en el Centro de Interpretación de Móra la Nova. (APPFI de Móra la Nova, 9/2012). [Juan Simón Muzás].

- **Ventajas de los enclavamientos eléctricos i electrónicos respecto los mecánicos.**

1.- Tienen un campo de acción ilimitado, la transmisión mecánica tiene limitaciones como la distancia y la alineación ya que habrá que adaptarla a las curvas en su recorrido hasta llegar al aparato y existirán una serie de rozamientos en su recorrido que dificultaran su accionamiento, ocurre en transmisiones funiculares.

2.- Conseguir mandos* o comprobaciones más rápidos que los mecánicos.

3.- Ampliar y flexibilizar los campos de relaciones de dependencia, es decir, puede permitir establecer más de un itinerario a la vez. Cosa que los mecánicos no lo permiten

4.- Establecer más de una ruta, con diferentes preferencias. Podemos programar más de una ruta a la vez y que las vaya efectuando una tras otra, que la estación reciba un tren tras otro disponiendo automáticamente las

señales y agujas en la posición adecuada. Los mecánicos el accionamiento de cada aparato es individual y solo permite realizar una ruta a la vez.

5.- En caso de avería o emergencia, permite maniobrar los aparatos a pie de vía con mandos auxiliares (pulsadores, pedales) dicho servicio se denomina maniobra local*⁶.

En estos enclavamientos aparecieron por primera vez el concepto de mando por itinerarios* que permite establecer automáticamente una ruta pulsando dos pulsadores, uno de inicio de itinerario y otro de fin (por donde recorrerá el tren), de forma que las agujas y señales que afectan al recorrido por donde pasará el tren se posicionan y dan las indicaciones correspondientes. Estos enclavamientos, además, ofrecen una gran cantidad de servicios adicionales que no pueden dar los mecánicos.

Los impulsos eléctricos son llevados a un edificio auxiliar donde están ubicados todos los relés y permite mover agujas con potentes motores o señales luminosas.

Observamos las evidentes ventajas de los enclavamientos electrónicos y eléctricos sobre los tradicionales, es por ello que a lo largo de los últimos años se han ido imponiendo en la mayor parte de estaciones y líneas de nuestro país relegando a los enclavamientos mecánicos a líneas de débil tráfico.

⁶ RENFE *Manual de circulación nº 10. Enclavamientos ferroviarios.*, p. 13

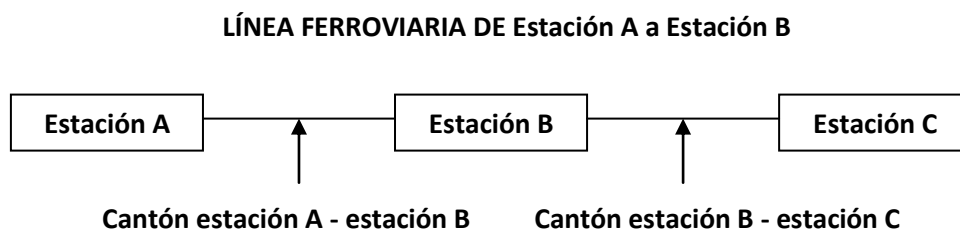
2.- ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LOS ENCLAVAMIENTOS.

2.1. Los cantones.

Los enclavamientos regulan el tráfico de una estación y no una línea entera, es decir, los trenes que discurren entre estaciones. A ello hemos de exceptuar los modernos enclavamientos electrónicos y centros de control centralizado (CTC) que permiten gobernar los aparatos y señales de varias líneas ferroviarias a distancia desde un gran puesto de control conociendo en todo momento su situación en la línea.

Un elemento importante en los enclavamientos ferroviarios son los cantones. Definimos **cantón** como un tramo de vía férrea en la que no puede haber más de un tren, para evitar la colisión entre ellos. El tramo comprendido entre estaciones, en líneas que no exista ningún tipo de bloqueo* es un cantón, por lo tanto entre dos estaciones solo puede circular un solo tren aunque dos trenes vayan en la mismo sentido.

Los enclavamientos tradicionales (no es el caso de los eléctricos y electrónicos) no dan cuenta del nombre de trenes que circulan entre estaciones, por lo que la tarea de asegurarse que puede circular un tren de una estación a otra (ocupar un cantón) a la hora de expedir un tren lo ha de llevar a cabo el agente o jefe de circulación de la estación comunicándose con el jefe de la estación hacia donde tiene que expedir el tren (estación colateral), el registro de ocupación y liberación de cantones se registra en unos libros denominados Libros de Bloqueo, cada estación dispone de un ejemplar.



Los cantones entre estaciones se denominan con el nombre de las estaciones que los comprenden.

Los cantones se nombran por las estaciones que existen a cada lado, por ejemplo si una estación es la de Lleida y la colateral es la de Balaguer el cantón comprendido entre ellas se denomina Lleida-Balaguer. La longitud de los cantones determina la cantidad de tráfico que puede soportar una línea, con cantones más largos menos trenes pueden circular al estar más tiempo ocupado un tren que recorra un cantón.

2.2. Las vías de una estación.

Otro elemento de una estación son las vías de una estación, según el uso que se le dan pueden clasificarse en tres clases:

- **Vía principal o vías principales:** vía por donde circulan las circulaciones que pasan sin parar en la estación, suele ser la vía con menos curvas y más directa para el paso de los trenes que no paran en la estación.
- **Vías de circulación:** comprende el conjunto de vías utilizadas para realizar cruces o paso de trenes que entren y salgan de la estación.
- **Vías de servicio interior o de apartado:** comprende el conjunto de vías utilizadas para apartar material (vagones, maquinaria de vía...etc.), son las vías muertas o menos utilizadas.

2.3. Las señales y las agujas.

Como hemos dicho antes, los enclavamientos regulan una serie de aparatos que de una estación. Las señales, las agujas o los calces de una estación son los elementos básicos que regulan el tráfico ferroviario y garantizan la seguridad de las circulaciones.

- Las señales.

Las **señales** o **semáforos** tienen la función de transmitir una determinada orden o anunciar el estado de la señal siguiente a partir de una pantalla o una luz de color. Se sitúan a pie de vía.

Primero hay que diferenciar:

- **Señal fija:** mástil con una pantalla superior fija que da una determinada indicación.
- **Señal mecánica o semafórica:** mástil con una o más pantallas maniobrables o brazo. Es decir, permite dar más de una indicación en función de la posición de la pantalla o brazo⁸.
- **Señal luminosa:** cumple la misma función que la señal mecánica, pero las indicaciones las transmite por una luz de color o una combinación de ellas⁷.



En la izquierda, señal fija (Sta. María y la Peña). [Juan Simón Muzás]. En el centro, señal semafórica o mecánica (Plasencia del Monte). [Carlos Fernando Marco Pérez]. En la derecha, señal luminosa (Huesca). [Juan Simón Muzás].

Las señales mecánicas o luminosas suelen instalarse en lugares usuales en las estaciones, dependiendo del lugar que ocupan y su función se pueden clasificar como:

- **Señal avanzada:** un tren al efectuar entrada en una estación es la primera señal que se encuentra. Informa sobre la indicación que da la señal de entrada. Se incorporó como resultado del aumento de velocidad de los trenes, para dar tiempo al frenar ante la señal de entrada (situada después de ella). Por su carácter informativo y enunciativo carece de posición de Parada.
- **Señal de entrada:** posterior a la señal avanzada. Protege la estación y a los trenes maniobrando o detenidos en ella con la indicación de Parada.

⁸ Mario FONTÁN ANTÚNEZ. *Señalización mecánica. Vía ancha española*, p. 46

La Señal de Entrada y la Señal Avanzada están interrelacionadas, es decir, que dependiendo de la indicación que dé la señal de entrada, la avanzada dará una u otra indicación. Imaginemos que no exista esta relación si la avanzada no anunciara que la señal de entrada da, por ejemplo, una orden de Parada, el maquinista no le daría tiempo a para ante la Señal de Entrada, por lo tanto es necesario anunciar la indicación que da la Señal de Entrada para que el maquinista le dé tiempo a reaccionar, pues un tren requiere decenas de metros para pararlo si va a una velocidad más o menos alta.

Estas señales se consideran básicas para proteger una estación. En estaciones con enclavamientos más completos, existen otras señales como:

- **Señal de salida:** se sitúa en la salida de las estaciones y da órdenes de marcha o maniobras a los trenes detenidos o en circulación en el interior de ella.

Las podemos clasificar en:

- **Señal de salida interior:** se sitúan antes de las agujas de salida, dan órdenes de parada o autorizan las maniobras.
- **Señal de salida exterior:** se sitúan después de las agujas de salida, dan indicaciones de marcha (vía libre) o parada.

En la actualidad las señales de salida de las estaciones son únicamente señales interiores, es decir una para cada vía situadas antes de las agujas de salida. Incorporan los focos necesarios para dar indicaciones de parada, vía libre y maniobras de forma que elimina la necesidad de disponer de señales de salida exteriores.
















Otras señales, menos usuales, son:








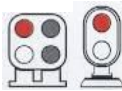


- **Señal de retroceso:** se sitúa después de la señal de entrada, inmediatamente antes de las agujas de entrada. Indica la posición de las agujas de entrada y a un tren que maniobra y tras rebasar las agujas le da autorización de retroceder a la estación e indica que vía va a tomar.

Las principales indicaciones que pueden dar las señales se pueden observar en los cuadros de las dos páginas siguientes hay de diferentes clases de señales y su equivalencia de unas con otras.

- Notas referentes al cuadro Indicaciones de las señales.

- El símbolo “-“ presente en las casillas indica que no existe la señal.
- Las señales bajas o también llamadas de maniobras, tienen restringida aplicación (1). Ordenan exactamente lo mismo que las señales altas o convencionales, pero las bajas se tienden a utilizar en vías secundarias de las estaciones para no estorbar la visibilidad de la salida de la estación al maquinista. Dentro de una estación realizan funciones de señal de salida de vías que no sean la principal o como señal de retroceso.
- El símbolo (*) presente en las casillas indica que no son señales habituales en la red, que están en proceso de extinción o ya lo están.
- Las pantallas se suelen utilizar como señales fijas en determinados casos, manteniendo la orden que indica. Por ejemplo la pantalla de parada (2) se suele utilizar para indicar el final de vía.
- Todas las Señales que pertenecen a la misma fila de “Denominación” indican exactamente lo mismo a pesar de tener diferente aspecto. De la misma manera todas las indicaciones de una señal de una misma columna corresponden a las indicaciones que puede dar una misma Señal cambiando la posición del brazo, abatiendo la pantalla, o combinando las luces.
- Las figuras de las señales del cuadro corresponden a como las ve el maquinista. Hay que tener en cuenta que por el lado contrario a por donde dan la indicación carecen de significado.
- Las figuras han sido recortadas de la siguiente página:
<http://cursoferroviario-trenastur.blogspot.com.es/2010/03/senales-renfe-ii-senales-fundamentales.html>

INDICACIONES DE LAS SEÑALES						
DENOMINACIÓN	ÓRDEN	ASPECTO				
		LUMINOSA	MECÁNICA SEMAFÓRICA	MECÁNICA COMPUESTA		PANTALLA
				SEMAFÓRICA	DISCO	
Vía Libre	Ordena al maquinista a circular sin nada que se opone			 *		-
Anuncio de Parada	Ordena al maquinista a ponerse en condiciones de parar ante la señal siguiente, final de vía, piquete de salida o vía de estacionamiento.			 *		 *
Anuncio de Precaución	Ordena al maquinista a no exceder de 30 km/h al paso por: - Agujas de entrada (si la presenta la señal avanzada). - Por las agujas de salida (si la presenta la señal de salida) - La señal siguiente o agujas situadas a continuación de ésta si no la presenta ni la señal de entrada ni la avanzada.		-	 *		 *
Parada diferida	Protege las estaciones sin señal de entrada. - Ordena al maquinista a ponerse en condiciones de parar ante el Punto Protegido y si nada se opone avanzar hasta la primera aguja que se encuentre de la estación. - No efectuará parada o reanudará la marcha cuando un agente de la estación le presente la indicación de avance con banderín o radiotelefonía.	-	-	-		 *

INDICACIONES DE LAS SEÑALES						
DENOMINACIÓN	ÓRDEN	ASPECTO				
		LUMINOSA	MECÁNICA SEMAFÓRICA	MECÁNICA COMPUESTA		PANTALLA
				SEMAFÓRICA	DISCO	
Parada	<ul style="list-style-type: none"> - Ordena al maquinista a parar ante la misma sin rebasarla. - Si contiene un letrero con la letra P, el maquinista reanudará la marcha sin nada que se opone después de efectuar parada ante la misma y circulará con marcha a la vista hasta la señal siguiente teniendo en cuenta que puede encontrarse un tren en cuyo caso tendrá que parar a 50 metros del mismo. Están presentes en trayectos con bloqueo entre estaciones. 				-	
		SEÑAL BAJA (1) 				
Maniobras autorizadas	Ordena al maquinista: <ul style="list-style-type: none"> - De un tren en la entrada de las estaciones. Parar ante la señal y reanudar la marcha sin nada que se opone con marcha de maniobras hasta el punto de estacionamiento o señal siguiente. - Si presenta el foco blanco destellos, no efectuará parada ante ella. - De un tren en el interior de las estaciones. Continuar con marcha de maniobras hasta la señal siguiente o piquete de estacionamiento. 			-	-	-
		SEÑAL BAJA (1) 				
Movimiento autorizado	Ordena al maquinista: <ul style="list-style-type: none"> - De un tren parado ante la señal. Empezar la marcha con marcha de maniobras hasta la señal siguiente atendiendo a lo que le ordene. - Un tren en movimiento. Circular normalmente. 			-	-	-

En estaciones sin señales de salida, las indicaciones de marche el tren, la señal de paso (Vía Libre), otras indicaciones que complementen las señales o en caso de emergencia (parada accidental*) serán dadas por el agente o jefe de estación. En este caso las indicaciones que del agente prevalecen sobre las de las señales. Dichas indicaciones se pueden ver en el apartado de “Objetos usados por el agente para dar órdenes” del Apéndice documental.

- Las agujas.

Las agujas, también llamadas cambios de agujas o desvíos, permiten que el tren tome una u otra vía. Tienen dos posiciones según permitan el paso del tren hacia una u otra vía. Los enclavamientos también tienen en cuenta la posición de las agujas en una estación, es decir, el recorrido que seguiría un tren al entrar o salir de una estación según la posición de los desvíos, este recorrido se denomina **ruta**.

2.4. Los pasos a nivel⁸.

Otro elemento a tener en cuenta en las estaciones es la presencia de pasos a niveles y que pueden influir en la funcionalidad de los enclavamientos.

Pasos a niveles sin guardar: solo disponen de indicaciones fijas de carretera de la presencia del paso a nivel. Suelen estar en caminos pecuarios o de débil tráfico.





Pasos a niveles guardados: dispone de sistemas **automáticos** que produce la bajada de las barreras al detectar una circulación. Hasta hace poco existían **manuales**, regulados por un agente.

Los pasos a niveles guardados pueden estar protegidos por **barreras o semi barreras o sin barreras**.



Paso a nivel sin guardar. No anuncian el paso del tren. (Collera, 10/2007). [ElComercio.es]

⁸ Gerencia de mantenimiento de infraestructuras RENFE *Semibarreras automáticas*. [vídeo].

PASOS A NIVEL		
AUTOMÁTICO	Sin barreras	Con barreras
		
	(Bargas) [J. de la Fuente]	(Balaguer, 7/2012) [Juan Simón Muzás]
MANUAL	Con cadenas	Con barreras
		
	(Roda de Mar) [ForoTrenes – EWS]	(Roda de Mar, 10/2004) [Bernat Borràs]

Estos pasos a niveles pueden estar situados:

- **En plena vía:** situados entre estaciones, disponen de sistemas de seguridad independientes al resto de las instalaciones, es decir, un sistema detecta la circulación y produce el cierre del paso hasta que se abre una vez ha pasado.
- **Enclavados:** situados en la estación o en la salida de ella, la apertura y cierre del paso está relacionado con el enclavamiento de la estación. No todas las estaciones tienen, pero si existe hay que proceder de la siguiente manera si hay que establecer un itinerario que signifique que exista el paso de una circulación por el: primero efectuar el cierre del paso a nivel i una vez verificado que se ha cerrado correctamente se podrá establecer el itinerario correspondiente.

Ello significa que si no cerramos el paso a nivel enclavado, no podremos abrir las señales que permitan una circulación por él.

- Los pasos a nivel enclavados.

Según el sistema utilizado la apertura, cierre y relación con el enclavamiento de la estación se efectúa de diferente forma.

Pasos a nivel manuales.

Los pasos a nivel manuales se abren y cierran por orden de un agente, los sistemas más primitivos constaban de una manivela que con un juego de dientes y engranajes movía una polea donde se enrollaba el hilo que bajaba y levantaba la barrera. Actualmente este sistema está fuera de uso en nuestra red y se utilizan cerrojos eléctricos en el caso que sean manuales.

En la mayor parte de los enclavamientos el cerrojo eléctrico que abre o cierra el paso a nivel lleva acoplada una cerradura *Bouré* la cual aloja una llave que queda prisionera en ella hasta que no se efectúa el cierre del paso a nivel. La llave al cerrar el paso se puede extraer e insertar en el enclavamiento para permitir establecer itinerarios que supongan invadir el paso, es decir que requieran cortar la circulación de la carretera. El paso a nivel no se puede abrir hasta que no devolvemos la llave a la cerradura del cerrojo.





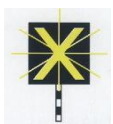
Sistemas de accionamiento de pasos a nivel automáticos. En la izquierda un cuadro donde se insertan o se extraen las llaves Bouré que abre y cierran el paso. (Coscurita, 3/2010). [Vía Libre]. En la derecha el sistema más primitivo (Balaguer, 7/2012). [Juan Simón Muzás].

Pasos a nivel automáticos.

Esta nueva generación de pasos a niveles, se cierran solos independientemente del resto de instalaciones o aparatos de vía. Dos pedales, uno situado a cada lado del paso a nivel y a una distancia suficiente para dar tiempo a que se cierre el paso a nivel, detecta la llegada de un tren y ordena la orden de cierre del paso. Una vez ha pasado por el paso, otro pedal situado a

pocos metros del mismo da la orden de apertura. También informa al maquinista de la situación del paso a nivel por el que va a pasar, es decir si está protegido, o no, o si tiene alguna avería que afecte a la seguridad del cruce.

La información es mostrada mediante unas pantallas situadas unos metros antes del paso a nivel, una en cada sentido de circulación. El aspecto que pueden presentar y las órdenes que dan son las siguientes:

INDICACIONES DE LAS SEÑALES DE PASO A NIVEL		
DENOMINACIÓN	ÓRDEN	ASPECTO
Paso a nivel protegido	Ordena al maquinista a circular normalmente por el PN sin nada que se opone	
	Ordena circular normalmente pero deberá atender al estado del PN por alguna avería e informar al Puesto de Mando o Jefe de Estación de la estación más próxima	
Paso a nivel sin protección	Ordena ponerse en condiciones de parar ante el PN sin rebasarlo hasta que no se adopten las medidas necesarias para no peligrar la seguridad del paso.	



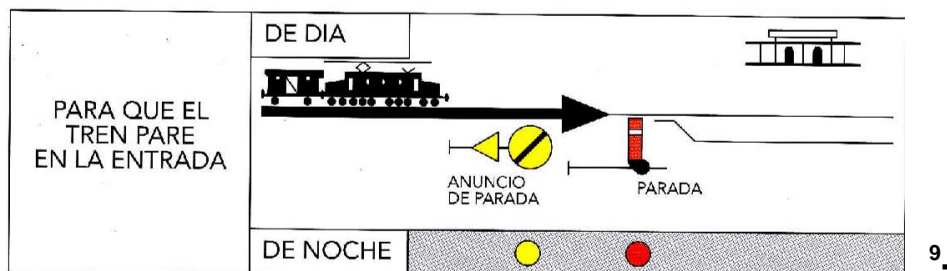
Señal de paso a nivel. Indica al maquinista el estado del paso que va a rebasar. (Plasencia del Monte). [Carlos Fernando Marco Pérez].

2.5. Los itinerarios.

Ahora veremos que posición suelen ocupar las señales y las indicaciones que pueden dar dentro de una estación. La concordancia de indicaciones que dan entre ellas y la posición que tienen las agujas que van a recorrer se le denomina itinerario y corresponde al movimiento que efectúa un tren en la estación. La posición normal* de los enclavamientos que sería con todas las señales en la posición más restrictiva (ordenado parada) y las agujas normalmente que apunten por la vía principal, es decir, corresponde al punto inicial para después actuar y autorizar un movimiento.

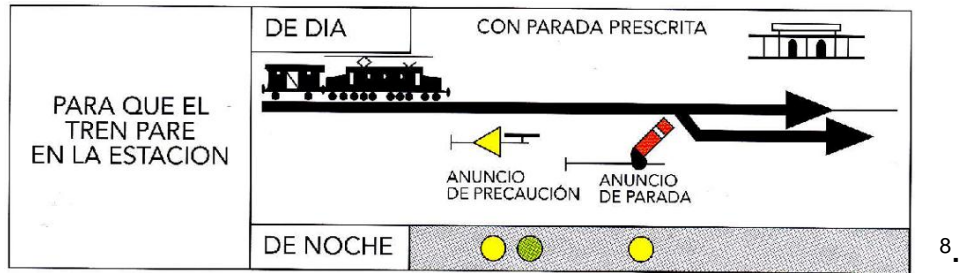
Los itinerarios están relacionados con la posición de las señales y de las agujas, para mostrarlos haremos uso de unos esquemas que muestran las indicaciones de las señales mecánicas más comunes (de día) o las luminosas (de noche). La primera señal que se encuentra el tren es la señal avanzada y la segunda la de entrada tal como se indica en la ilustración. En caso de duda con las indicaciones de las señales se recomienda consultar el cuadro “Indicaciones de las Señales” de las páginas 20 y 21.

- **De parada:** Ordena la parada de cualquier tren ante la señal de entrada de la estación. Se considera la posición normal* de las señales por dar la orden más restrictiva a un tren e impide la entrada de un tren a la estación.

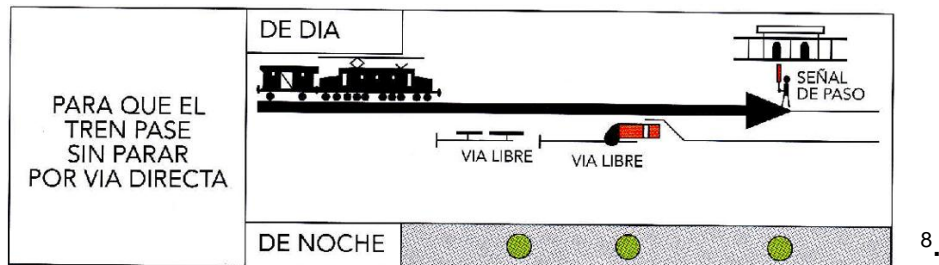


- **De entrada (E):** el tren entra en la estación para efectuar parada en ella. La señal Avanzada dará indicación de Anuncio de Precaución (el tren entrara por las agujas de entrada a una velocidad no superior a 30 km/h) y la señal de Entrada Anuncio de Parada (el tren debe parar en la estación). Se denomina también parada prescrita ya que se considera que está prevista.

⁹ Mario FONTÁN ANTÚNEZ. *Señalización mecánica. Vía ancha española*, p. 126. Ilustraciones extraídas del anexo.



- **De paso directo (PD o D):** el tren pasa sin parar por la estación a velocidad normal. La señal Avanzada y de Entrada darán indicación de Vía Libre. El jefe de estación debe mostrar el banderín enrollado a la vista del tren dando la orden de paso (ver el apartado “Objetos usados por el agente para dar órdenes” del Apéndice documental).



En los itinerarios de Entrada, el tren lo podrá hacer por cualquiera de las vías de circulación, pero en el itinerario de Paso Directo las agujas han de estar en la posición que permitan la entrada y la salida por la vía principal, sino no se puede establecerlo materialmente. La razón es que en los itinerarios de entrada las señales ordenan el paso por las agujas a desviada* a menor velocidad (de 30 a 50 km/h) ya que pueden tomar un desvío para entrar en la vía de apartado y parar en ella.

En el itinerario de Paso Directo el tren puede circular a velocidades mayores al no parar y pasar por la vía principal que tiende a tener menos desvíos y curvas

Muchas estaciones disponen de las señales más esenciales, que como hemos dicho son las señales de entrada y la señal avanzada, por lo que las maniobras y la salida de trenes de la estación es dada por el mismo jefe de estación una vez se ha asegurado que no existe ningún tren en el tramo comprendido entre

⁸ Mario FONTÁN ANTÚNEZ. *Señalización mecánica. Vía ancha española*, p. 126. Ilustraciones extraídas del anexo.

su estación y la estación colateral abierta a la que dirige el tren (cantón). Por lo que como más sencillo sea el enclavamiento, más intervención del factor humano hay presente con los posibles errores que pueden haber.

No todas las estaciones poseen señales para autorizar la salida o las maniobras de trenes en el interior de la estación. Si no existen la función de autorizar la salida y las maniobras, está a cargo de agentes de maniobras o el mismo jefe de estación después de asegurarse que la vía está libre de cualquier circulación hasta la estación siguiente. En trenes parados en una estación podemos establecer dos itinerarios:

- **De salida (S):** el tren sale de la estación. La señal de Salida correspondiente le da la orden de Marche el Tren para vías de circulación o vía principal (Vía Libre).
- **De maniobras (M):** el tren maniobra por las vías de la estación o para entrar en una vía de apartado. Requiere que las señales de Entrada y Avanzada den indicación de Parada y Anuncio de Parada, respectivamente para que protejan la estación y se puedan maniobrar libremente las agujas y el tren pueda invadir la vía principal para avanzar y retroceder a una u otra vía sin que haya el riesgo que un tren pueda entrar en la estación mientras duran las maniobras.

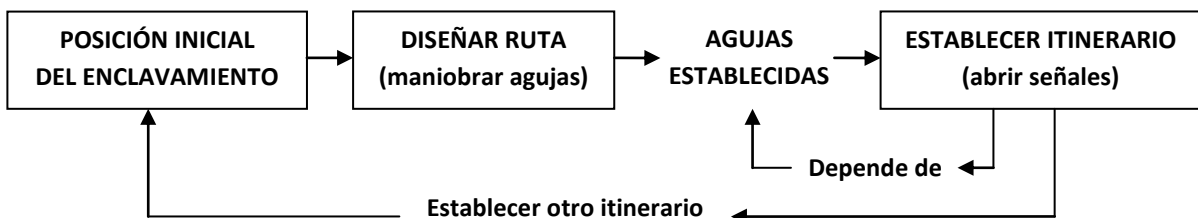
Finalmente, en algunas estaciones existe el llamado **Servicio Intermitente* (S.I.)** o Paso Directo en ambos sentidos. Dicho itinerario permite cerrar la estación a efectos de circulación, es decir, como si la pudiéramos rebajar temporalmente a categoría de apeadero siendo innecesaria la presencia de personal. Solo queda en servicio la vía principal para el paso de los trenes. Para acabar de conocer más sobre este último itinerarios se aconseja dirigirse al apartado “Itinerario de Servicio Intermitente (SI)” del Apéndice documental.

3.- FUNCIONAMIENTO DE LOS ENCLAVAMIENTOS.

3.1. Los itinerarios en los enclavamientos.

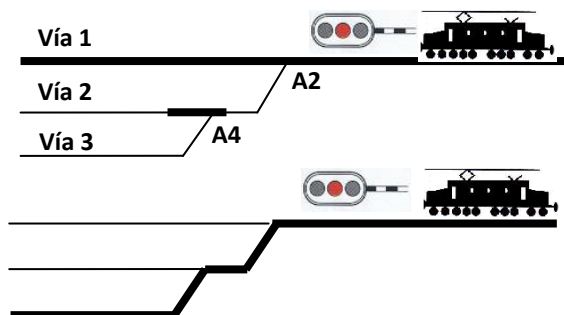
Para autorizar un movimiento, es decir, que una circulación discurra por la estación, hay que actuar de la siguiente manera:

- 1.- Actuar sobre las agujas y calces, si conviene, para diseñar la ruta que debe tomar el tren.
- 2.- Una vez establecidos, si no se produce ninguna incompatibilidad, abrir las señales por donde se espere la circulación (establecer un itinerario).



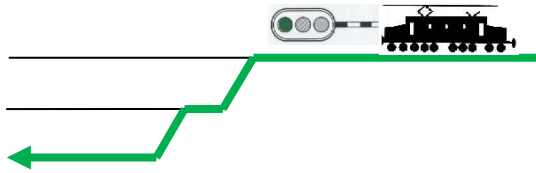
Los enclavamientos tradicionales había que establecer la ruta aguja por aguja accionando palancas es decir, ir diseñando un recorrido que luego deberá realizar el tren. El itinerario dicta la posición que deben estar las agujas y si la posición de todas ellas era correcta se permitía establecerlo. Establecer el itinerario es permitir el paso del tren por la ruta establecida, o sea que podemos abrir las señales que dan la indicación al maquinista de avanzar por la ruta en unas condiciones determinadas. Al abrir las señales se enclavan las agujas de la ruta para evitar que sea alterada durante el recorrido del tren.

Veamos un ejemplo de establecimiento de un itinerario:

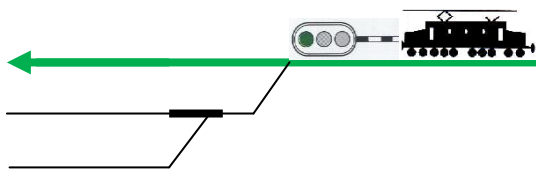


1.- El tren que vaya a recorrer el itinerario, esta esperando la orden de marcha. El itinerario que se quiere establecer es que entre por vía 3. Las agujas no están dispuestas.

2.- Hemos establecido la RUTA, es decir las agujas están dispuestas para que el tren haga el recorrido hasta la vía 3.



3.- Las agujas están bien dispuestas a vía 3, entonces podemos establecer ITINERARIO A VÍA 3. Una ponemos la señal en verde, las agujas se enclavarán no pudiéndolas mover, es decir no pudiendo alterar la ruta. Sería una incompatibilidad si pudiéramos alterar la ruta ya que el itinerario que autorizaríamos ya no sería el ITINERARIO A VÍA 3.



Si queremos establecer otro itinerario, por ejemplo, ITINERARIO A VÍA 1. No nos sirve la disposición de las agujas del itinerario anterior, ya que apuntan a vía 3. Abría que cerrar la señal, es decir, ANULAR EL ITINERARIO y volver a establecer la ruta que ha de tener el ITINERARIO A VÍA 1. Una vez establecido podremos autorizarlo abriendo la señal que permite el paso del tren.

A raíz del ejemplo vemos que los aparatos, en el caso del ejemplo presentado, en el punto 4, la aguja A2 puede estar dispuesta apuntando hacia la vía 2 o hacia la vía 3 y en cualquier de las dos posiciones podemos establecer el itinerario por vía 1. En cualquier enclavamiento, la posición de los aparatos que no afectan al itinerario pueden permanecer en cualquier posición.

Los modernos enclavamientos eléctricos y electrónicos, existe el concepto de mando por itinerarios de forma que pulsando un pulsador de inicio y otro fin de itinerario, se disponen todas las agujas en su posición y se abren las señales con la indicación correspondiente¹⁰.

¹⁰ RENFE Manual de circulación nº 10. Enclavamientos ferroviarios., p. 13

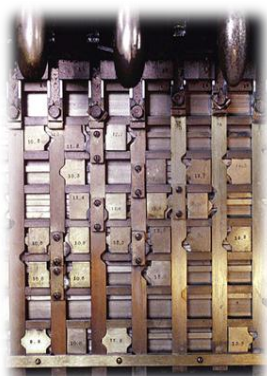
3.2. Fundamento y elementos de los enclavamientos.

Los primeros enclavamientos (mecánicos, electro-mecánicos, hidráulicos, e hidroneumáticos) se basaban en una relación de los elementos que accionaban aparatos de vía, a través de un entramado de barras en disposiciones verticales y horizontales donde cada barra era accionada por una palanca al mismo tiempo que lleva a cabo su labor sobre el aparato que maniobra. Estas barras poseen una serie de tacos y entallas que según la posición de la barra y la palanca evitan el movimiento de otras barras y por lo tanto de las palancas evitando las peligrosas incompatibilidades. Aunque existen variantes según las empresas que los fabricaban y el tipo, el elemento clave es este. Actualmente, en enclavamientos eléctricos y electrónicos se utilizan circuitos que las evitan.

3.3. Elementos de accionamiento.

Para comprender su funcionamiento lógico, es necesario clasificar los elementos de accionamiento según la tarea que llevan a cabo, ya sean palancas, tornos o pulsadores (en el caso de los eléctricos/electrónicos).

- **De señal²:** tienen la función de accionar una señal mecánica o luminosa y cambiar la indicación que ésta de.
- **De aguja:** maniobra las agujas.
- **De comprobación:** comprueba la posición de elementos de vía. Normalmente comprueban el correcto acoplamiento de los espadines de las agujas o posición de ellas al establecer un itinerario.
- **De calce:** abaten los calces de una vía de apartado.



Barras y tacos de bloqueo. Las barras son accionadas, a la vez, por las mismas palancas que accionan los aparatos de vía. Los tacos adheridos a las barras, evitaban el movimiento de otras y a la vez de las palancas en las cuales estaban relacionadas. Este era el fundamento de los enclavamientos de antaño. Enclavamiento electromecánico GRSC de Mora la Nova.

3.4. Principios básicos. La incompatibilidad.

Los principios básicos de los enclavamientos, son:

- 1.- No se puede efectuar la apertura de una señal para autorizar un movimiento antes de haber puesto todos los aparatos de la **ruta*** en la posición correspondiente¹¹.
- 2.- No se podrá cambiar ningún aparato relacionado con la posición de la ruta establecida, una vez se ha abierto la señal que autoriza al tren el paso por la ruta¹¹.
- 3.- No se podrá realizar la apertura de una señal para autorizar un movimiento incompatible* con otro ya autorizado¹¹.

Podemos decir que un movimiento de una circulación es incompatible a otro, cuando se produce una incompatibilidad.

La incompatibilidad, es la imposibilidad de poder autorizar un movimiento estando previamente autorizado otro¹². Las causas que puede producirla pueden ser por alguna de las cuatro circunstancias siguientes:

- 1.- Porque el movimiento exige que uno o varios aparatos estén en una determinada posición, y alguno de ellos no lo esté.
- 2.- Porque ambos movimientos aun siendo diferentes tienen un destino común (vía o sección de vía).
- 3.- Porque ambos movimientos de sentido opuesto (frontal) tienen un mismo destino (vía o sección de vía).
- 4.- Porque uno de dichos movimientos invade la ruta de deslizamiento* del otro.

¹¹ RENFE *Manual de circulación nº 10. Enclavamientos ferroviarios.*, p. 3

¹² RENFE, op. cit., p. 46

Los enclavamientos también tienen elementos de comprobación, más o menos desarrollados, según el tipo y las necesidades que se presentan, son ejemplos cerrojos mecánicos de comprobación, comprobadores eléctricos de posición.

Además de evitar incompatibilidades también:

- 1.- Evitan el vandalismo. Especialmente los accionamientos situados en la intemperie son muy robustos. Por ejemplo, las cerraduras *Bouré* con llaves enclavadas no se pueden extraer por mucha fuerza que se aplique, y vuelven a la posición inicial por acción del resorte del cerrojo que fija la regleta. Si se intentan extraer con herramientas, como alicates, las llaves están diseñadas para que se rompan por el cuello, no pudiendo extraer el cuerpo de la llave.
- 2.- Garantizan que se siga un orden determinado al establecer un itinerario y que en caso que sea detenido a mitad del proceso, no signifique un peligro para la circulación de los trenes. Por ejemplo el hecho de dejar de establecer una ruta no supone un peligro a la circulación, ya que no existe ningún itinerario establecido.
- 3.- Invertir un proceso que hemos realizado, por ejemplo si establecemos una ruta no deseada o anulamos un itinerario, podemos invertir los pasos hasta volver a la posición inicial

3.5. Identificación de los aparatos.

En todos los enclavamientos, los diferentes elementos (palancas, tornos...) que accionan los aparatos de vía, se numeran y nombran siguiendo una nomenclatura común para toda la Red (consultar el apartado “Denominación de los aparatos en los enclavamientos” del Apéndice documental). La nomenclatura permite identificar fácilmente el aparato, saber su función dentro de la estación y a la vía que afecta.

No obstante, en mesas o cerraduras *Bouré* de grandes dimensiones se hace uso de unos carteles indicadores situados junto a las manetas, palancas y cerraduras que dan a saber que señales e itinerario establece y por que lado.

La mayor parte de las estaciones son de paso y se pueden establecer los mismos itinerarios por un lado u otro dependiendo por donde venga el tren. Cada lado se identifica por la ciudad o estación más importante de donde procede el tren que entra en una estación. Por ejemplo en la estación de Girona, podría identificarse cada lado de la estación por LADO BARCELONA y LADO PORTBOU.



Carteles indicadores de las manetas de un enclavamiento. Indican los itinerarios que se establecen al girar la maneta y la posición en la que deben encontrarse las palancas para establecerlo. (APPFI de Móra la Nova, 9/2012) [Juan Simón Muzás].

4. ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN ENCLAVAMIENTO.

Una vez tenemos claro los conceptos básicos para comprender de forma más concisa y rápida el funcionamiento de un enclavamiento ferroviario, nos centraremos en el estudio de un enclavamiento concreto. El objeto de estudio es un enclavamiento mecánico de llaves *Bouré*, a través de una reproducción de uno real.

4.1. Los enclavamientos *Bouré*.

4.1.1. Los orígenes.

Consiste en uno de los sistemas más antiguos y simples que relacionan los diferentes aparatos de una estación, inmovilizando un aparato determinado (calce, señal, aguja o barrera) mediante una cerradura que se instala normalmente en la palanca que maniobra el aparato.

Cada cerradura que inmoviliza físicamente un aparato determinado en una posición se abre con una llave. Y todo el conjunto de llaves de las cerraduras de una estación permanecen en un cuadro, denominado central, alojado en el gabinete de circulación*.



En la izquierda, cerradura central Bouré de Plasencia del Monte [Carlos Fernando Marco Pérez]. En la derecha, palanca inmovilizada en posición normal por una cerradura Bouré. En segundo plano, observamos la cerradura que inmoviliza la palanca en la segunda posición, con la llave móvil enclavada. (Balaguer, 7/2012) [Juan Simón Muzás].

En pleno siglo XIX, que una estación disponga de un enclavamiento significaba un gran desembolso y por lo tanto las estaciones poco importantes no disponían de modo que los aparatos se bloqueaban mediante cadena y candado. La falta de ellos suponía a veces momentos de peligro o accidentes.

Fue M. Bouré, un inspector principal de la explotación de los ferrocarriles franceses de París Lyon Mediterráneo inventó en 1897 un sistema muy ingenioso, sencillo y barato que en un inicio era para establecer un enclavamiento provisional en estaciones que carecían de él hasta que dispusiese de uno centralizado¹³. El resultado fue positivo y aún ahora se utilizan dichos sistemas de forma bastante amplia incluso complementan a enclavamientos electrónicos.

4.1.2. El mecanismo básico y las llaves.

Las llaves *Bouré* así como sus cerraduras son muy simples pero suplen a la perfección su función, podríamos compararlas a las llaves y cerraduras existentes antiguamente en las casas.

La **llave** conforma un cuerpo indivisible de acero inoxidable de característico color dorado. La longitud varía según el fabricante. Está formada por un cilindro hueco por el interior de 1.5 cm de diámetro exterior, en su parte inferior va adosado al paletón, la cabeza de la llave es de forma circular u ovalada de uno 3 cm a 2.5 cm de diámetro y en su parte superior existe un pequeño orificio que atraviesa la cabeza para unir la llave a otra o asegurarla en un tablero de llaves de repuesto.



Aspecto de una llave Bouré, todas ellas guardan de forma aproximada las mismas proporciones (izquierda). Interior de una cerradura Bouré, estos mecanismos no son visibles ya que quedan guardados dentro de la armadura de la cerradura (derecha). [Vicent R. Ferrer Hermenegildo]



¹³ E. MARISTANY. Revista de Obras Públicas nº 1147. Tomo II; Los enclavamientos, p 311.

Cada llave y las cerraduras que debe abrir tiene una boca diferente a otras, las cuales se consiguen con entalladuras de modo que una llave no puede penetrar si no coinciden la boca de llave y de la cerradura evitando que pueda abrir cerraduras que no tiene asignadas.

La **cerradura** consta en una espiga que asoma por el orificio de la cerradura, cada cerradura tiene una llave única de forma que ha de coincidir la forma del paletón con el del orificio de la cerradura. La espiga penetra por la cavidad del cilindro hasta el fondo. En la mitad del recorrido de giro de la llave está dispuesta la regleta que ha de desplazar, dicha regleta tiene una entalladura de modo que cuando gira la llave, el paletón se inserta en ella y hace avanzar la regleta. La posición de la regleta está asegurada por un cerrojo que es desplazado por el paletón de la llave, al girarla y retorna por acción de un resorte.



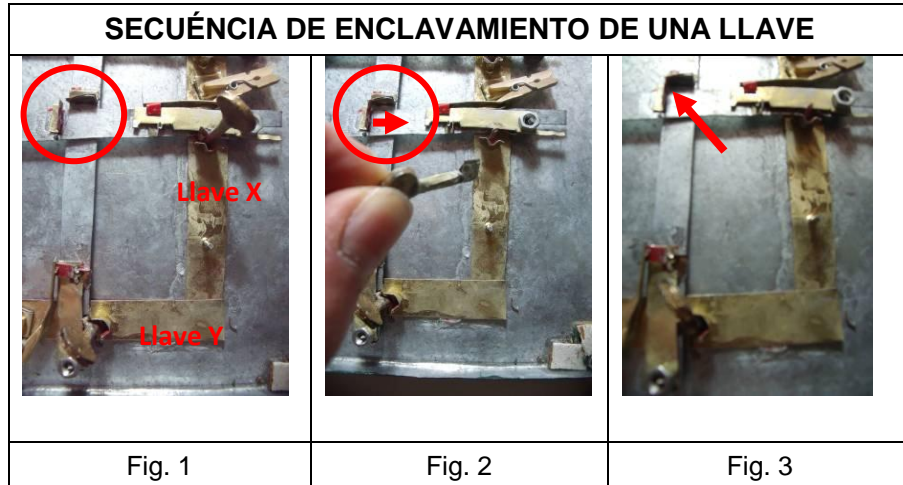
Secuencia de giro de una llave en una cerradura Bouré. (1) Se inserta la llave por el orificio. (2). Se gira de forma que el paletón retira el cerrojo y se inserta en la entalladura de la regleta y la hace avanzar. (3) Acaba de girar hasta que llega al tope y el cerrojo vuelve a asegurar la nueva posición retornando por acción de un resorte. [Vicent R. Ferrer y Hermenegildo].

4.1.3. Las cerraduras de los aparatos.

Las cerraduras que inmovilizan los aparatos son muy simples, suplen la función de un candado comercial, pero con una peculiaridad, que hasta que no se devuelve el aparato a la posición inicial es decir la posición que asegura la cerradura, no podremos extraer la llave. Esta relación de dependencia se consigue con un peculiar sistema que se puede conocer en el aparatado “Las cerraduras Bouré” del Apéndice documental

4.1.4. Cerradura central *Bouré*.

La dependencia entre el conjunto de llaves que abren las cerraduras de los aparatos de un enclavamiento *Bouré* de una estación está garantizada gracias a una cerradura central, que consiste en un cuadro donde se insertan las llaves móviles que abren las cerraduras de los aparatos de una estación. Cada orificio que aloja una llave tiene una cerradura como la mostrada, de modo que para extraer una llave de ella hay que girarla para que el paletón coincida con el orificio de la cerradura y la podamos extraer, al girarla el paletón mueve la regleta y acusa al cuadro central que la llave ha sido extraída. Al insertar una llave en ella también hay que girarla y la llave volverá a mover la regleta de su cerradura en sentido inverso. Las regletas de cada llave recorren, por su interior, la longitud del cuadro y se cruzan perpendicularmente unas a otras en la parte central del mismo. La relación entre regletas y por lo tanto entre las llaves (recordemos que al insertar o extraer una llave, ha de mover su regleta siempre) se efectúa a partir de un conjunto de tacos y entalladuras situadas a lo largo de las regletas que son la esencia del enclavamiento.



Supongamos, por ejemplo, que extremos una llave X de la cerradura, al girarla moverá su regleta con los tacos y entallas que disponga (Fig. 2), si queremos extraer otra llave Y que supusiera una incompatibilidad para el enclavamiento, los tacos de la regleta de la llave extraída han sido movidos de forma que coinciden con los tacos de la regleta de la llave Y que se quiere extraer, esta coincidencia provoca que la regleta de la llave Y quede inmovilizada (Fig. 3) de

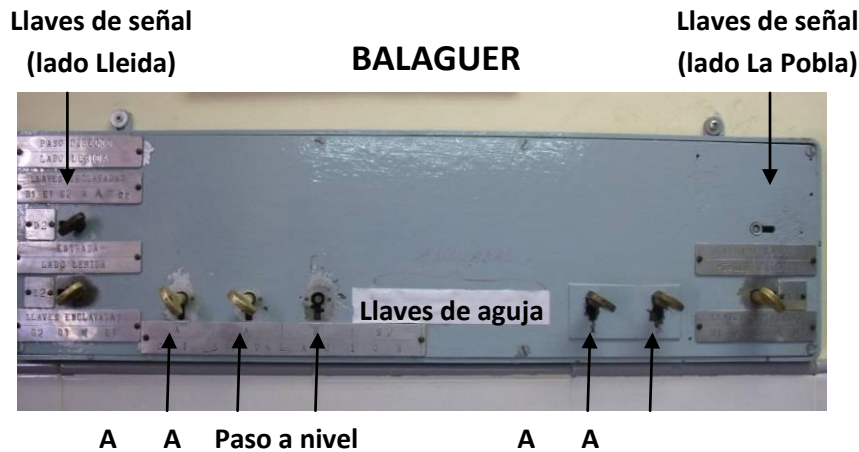
modo que también quedará la misma llave Y, no pudiéndose extraer y por lo tanto no pudiendo abrir la cerradura del aparato que puede abrir la llave Y que en una posición diferente de la palanca y por lo tanto de la aguja o señal que pudiera mover, a la que inmoviliza la cerradura pudiera producir una incompatibilidad.

Observamos que por lo tanto las llaves son testigos de la posición de los aparatos que inmovilizan, hemos visto que solo se puede extraer la llave de una cerradura que inmoviliza un aparato cuando está en su posición que guarda, por lo tanto la presencia de las llaves de los aparatos en la cerradura central acusa que los aparatos que inmovilizan están en la posición que inmoviliza la cerradura pero supongamos que extraemos una llave de la cerradura central, ello no significa que el aparato esta en otra posición ya que después de extraerla, podemos no abrir la cerradura. De todo deducimos que cada llave de la cerradura central acusa que un aparato está en una determinada posición.

Cada estación con este sistema de enclavamientos dispone de una cerradura central propia, que se diseña según las señales que disponga la estación, la disposición de las vías y la necesidad de la estación, por lo que no todas son iguales aunque si que existe un patrón determinado. Cada llave se numera según una nomenclatura que podéis consultar en el Apéndice documental.

En una cerradura podemos distinguir las llaves de aguja, que permiten desabrochar las cerraduras que inmovilizan agujas y las llaves de señal que permiten la apertura de las señales.

Las llaves de señal se disponen verticalmente en el cuadro y establecen itinerarios. A cada lado están los itinerarios que se pueden establecer de cada lado de la estación. Las llaves de aguja y de las barreras (paso a nivel), se disponen horizontalmente, en la parte baja del cuadro.



Cuadro Central Bouré de la estación de Balaguer. Aquí observamos la disposición típica de las llaves en los cuadros. (Balaguer, 7/2012). [Juan Simón Muzás].

La relación de dependencia entre las llaves, que evita las incompatibilidades, se realiza de la siguiente forma:

- 1.- Que para poder extraer la llave de señal se tenga la garantía que las llaves de aguja estén en posición correcta, lo cual se deduce por las llaves que se encuentran alojadas en el cuadro. Recordad que hasta que no se devuelve un aparato en posición inicial, no se puede abrochar la cerradura y obtener la llave que luego introduciríamos en el cuadro.
- 2.- Que una vez extraída la llave de señal que permite establecer un itinerario queden enclavadas en la cerradura central las llaves de aguja que intervienen en la ruta que se desea autorizar. De acuerdo a los principios de los enclavamientos no podemos variar la ruta establecida una vez que autorizamos el itinerario.
- 3.- Que una vez extraída una llave de señal, no se pueda obtener otra llave de señal de forma que no se puedan autorizar movimientos sobre la misma u otra vía.

4.1.5. Principios básicos de los enclavamientos *Bouré*.

Responden al igual que cualquier enclavamiento a los principios de incompatibilidad expuestos en el apartado de conocimientos teóricos, pero si los principios los adaptamos a este enclavamiento concreto que utiliza llaves, concluimos de todo lo expuesto que:

- 1.- Generalmente, los aparatos permanecen en posición normal cuando las llaves que abren las cerraduras permanecen en el cuadro central.
- 2.- Existen llaves de señal que abren las cerraduras que bloquean las palancas y tornos que las maniobran y llaves de aguja que abren las cerraduras que inmovilizan los cambios.
- 3.- Al extraer una de las llaves de la Cerradura Central, las llaves que permiten abrir otros aparatos y que pudieran producir incompatibilidades se enclavan no pudiéndolas extraer del cuadro central.
- 4.- Al abrir una de las cerraduras que inmoviliza un aparato (accionarlo), la llave no se puede extraer de la cerradura hasta que no se restablezca el aparato en posición normal.
- 5.- Para introducir y girar una llave siempre se hará en sentido horario. Para extraerla de cualquier cerradura, en sentido antihorario.

4.2. El enclavamiento de Plasencia.

El enclavamiento de la estación corresponde a una reproducción de un enclavamiento de tipo *Bouré*, el funcionamiento de un enclavamiento real, se ha descrito en apartados anteriores y el caso de esta reproducción se ajusta al real.

La estación que regula el enclavamiento, representa una estación de paso* de una línea de vía única. Corresponde a una estación secundaria por las pocas dimensiones de las instalaciones. Se ha decidido llamarla PLASENCIA.

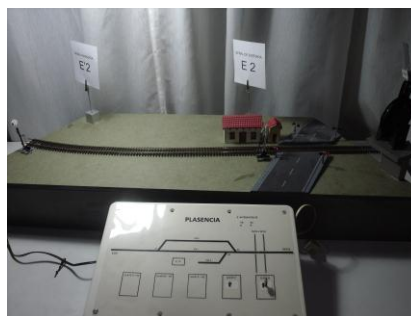
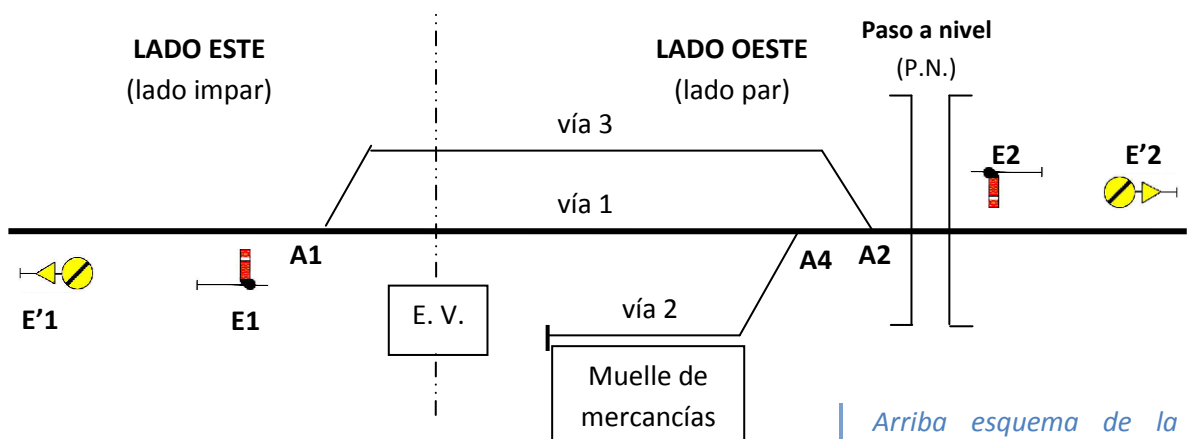
Dispone de las siguientes vías: por un lado la vía principal (vía 1) y una vía de cruce (vía 3); estas dos vías conforman las dos vías de circulación de la

estación. Y por otro lado una vía muerta que da acceso al muelle de mercancías de la estación la cual tiene la categoría de vía de apartado (vía 2).

La conexión de las vías se realiza mediante tres cambios de aguja, numerados siguiendo el criterio de numeración de vías agujas y señales (ver apartado “Denominación de vías, señales y agujas” del Apéndice documental). Los lados de la estación se han denominado ESTE y OESTE y se ha dado el valor impar al lado ESTE y par al lado OESTE, por lo que las señales y agujas de sendos lados tienen números pares o impares en su numeración. Observad que el nombre de los lados va al revés que la lógica de los puntos cardinales, ya que se sigue una norma de los sentidos e entrada.

La estación dispone de una Señal Avanzada y una Señal de Entrada en cada lado de la estación. Las Señales Avanzadas corresponden a un disco y las Señales de Entrada a una señal semafórica de brazo muy extendidas en nuestra red (ver cuadro “Indicaciones de las señales” de las páginas 21 y 22).

Finalmente citar la presencia de un paso a nivel justo después de la última aguja saliendo hacia el lado OESTE. Cabe decir que en la realidad no todas las estaciones disponen de pasos a nivel, pero sí que es un elemento bastante frecuente y por lo tanto se ha decidido incluir uno.



Arriba esquema de la estación de Plasencia. En la izquierda los dos módulos de la maqueta con las dos señales de cada lado y sus respectivas palancas de accionamiento. El paso a nivel se controla con el panel de mandos blanco.

4.2.1. Las cerraduras y las llaves.

Las llaves y las cerraduras son la base de un enclavamiento *Bouré*. Las cerraduras se han realizado mediante latón (procedente de cajas de bombones), plancha de acero de 1 mm de grosor, clavos (los cuales se les ha cortado parte de su longitud y que han servido a modo de espigas), para fijar el conjunto de los elementos se ha usado pegamento de cianocrilato. Las llaves también se han hecho de latón en su mayoría, la forma de la espiga y el paletón se ha fabricado con una pletina de latón y se ha enrollado alrededor de un clavo y con una pequeña prolongación de la misma pletina y tras doblarla repetidamente se consigue el paletón, situando una pequeña tira de latón en el paletón se consiguen las diferentes formas de las bocas de las llaves. Estas formas evitan que una llave de un aparato al extraerla, pueda servir para abrir una cerradura diferente a la asignada, ello se consigue con diferentes muescas y entalladuras de forma las cuales han de coincidir con la cerradura para que penetre en ella.



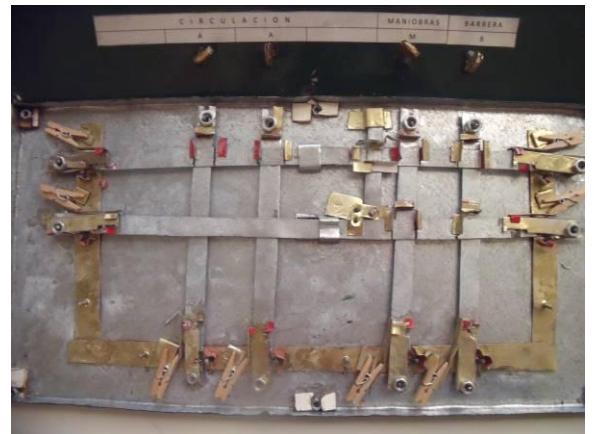
En la izquierda cerradura “Bouré” real que permite transmitir el impulso del giro de la llave en un movimiento rectilíneo de la barra. [Vicent R. Ferrer y Hermenegildo]. En el medio, una reproducción aproximada de una de estas cerraduras, observad los materiales con que están hechas el resorte del cerrojo que asegura la posición de la llave está hecho con una pincita miniatura que venden en comercios de regalos y detalles. Finalmente en la derecha, el tamaño de las llaves en comparación con una moneda [Juan Simón Muzás].

4.2.2. El cuadro central *Bouré*.

El cuadro central, donde se alojan todas las llaves de las cerraduras que inmovilizan las palancas que abren las señales, aseguran las agujas o cierran el paso a nivel, se relacionan en un cuadro. Las llaves se interrelacionan entre si mediante una serie de regletas impulsadas por las llaves al ser extraídas o insertadas en ella, las regletas se cruzan en la zona central de la cerradura y

disponen de una serie de entallas y tacos que según la posición de las regletas evita que una u otra regleta pueda ser movida y por consiguiente la llave que dependa.

La estructura del cuadro, así como su tapa, se ha realizado con chapa de acero de 1 mm la cual se ha conformado con ayuda de alicates y martillo, tal como se puede ver en las imágenes. El interior responde a la misma técnica empleada para fabricar las cerraduras, los tacos de las regletas se han hecho con tiras de latón fijadas con pegamento de cianocrilato en su lugar respectivo. Los orificios de las cerraduras se han realizado con broca de 9 mm y las entalladuras se han conformado con ayuda de unas tijeras de cocina especiales para romper huesos. Se pueden ver las fotografías del proceso en el apartado “Imágenes de la maqueta” del Apéndice documental.



Cerradura central Bouré de Plasencia. En la izquierda el aspecto externo de la misma con todas sus llaves en sus respectivas cerraduras. En la derecha aspecto interior que presenta la cerradura, observad como las regletas se cruzan unas con otras y los tacos que poseen con el fin de evitar las incompatibilidades. [Juan Simón Muzás].



Cuadro de llaves. Todo enclavamiento Bouré dispone de uno para que en caso de rotura o extravío de alguna llave hacer uso de ella después de desprecintarla del tablero. [Juan Simón Muzás].

RELACIÓN ENTRE POSICIONES DE LOS APARATOS E ITINERARIOS								
	ITINERARIOS	POSICIÓN DE SEÑALES Y ITINERARIOS						
Nº	DENOMINACIÓN	SEÑALES				APARATOS		
						A1	A4	A2
		E'1	E1	E2	E'2			
1	Paso Directo lado ESTE					+ ¹⁴	+	+
2	Paso Directo lado OESTE					+	+	+
3	Entrada lado ESTE					+/-	+	+/-
4	Entrada lado OESTE					+/-	+	+/-
5	Paso Directo en ambas direcciones (S. Intermitente)					+	+	+

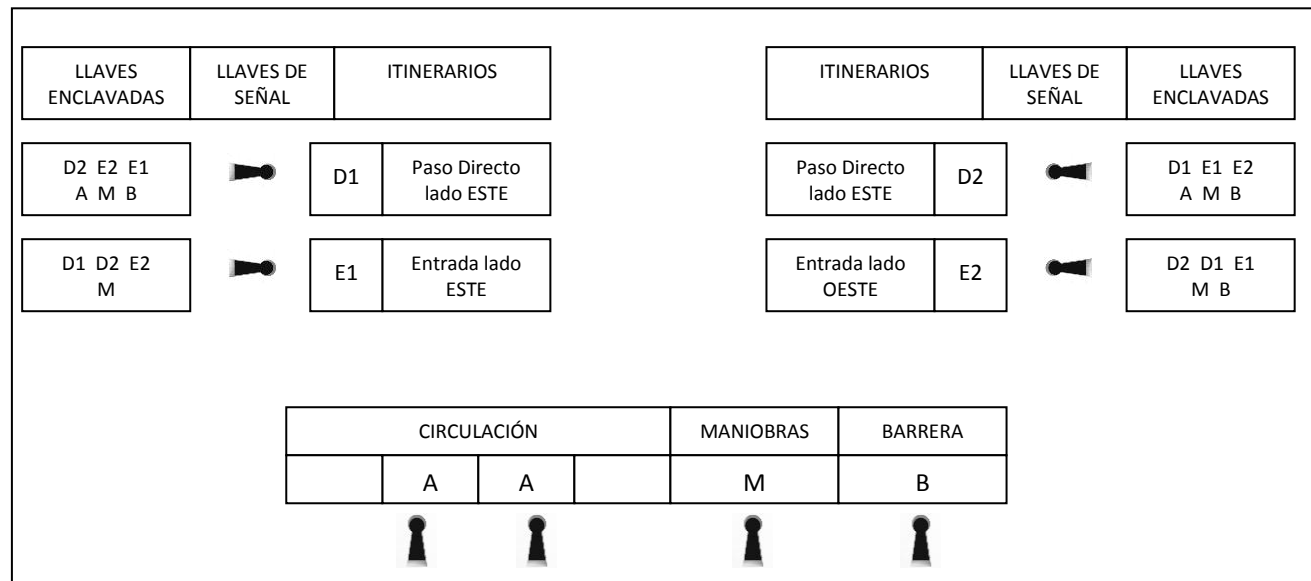
CUADRO DE INCOMPATIBILIDADES					
	1	2	3	4	5
1		X	X	X	X
2	X		X	X	X
3	X	X		X	X
4	X	X	X		X
5	X	X	X	X	

El cuadro de incompatibilidades muestra la incompatibilidad entre los itinerarios numerados del 1 al 5. En este enclavamiento como en cualquier otro mecánico un itinerario es incompatible con el resto por lo que solo se puede establecer uno cada vez; por esa razón todas las casillas ocupan una X indicando la incompatibilidad de uno con el resto.

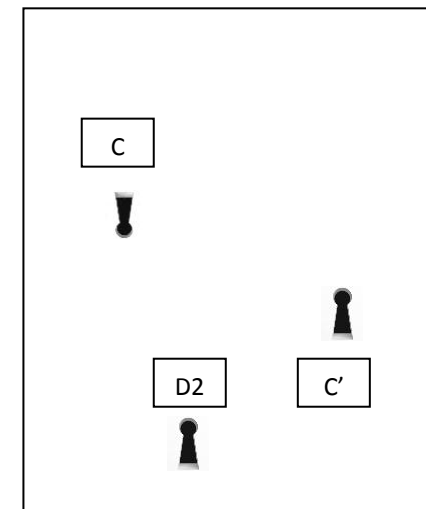
¹⁴ El símbolo "+" se refiere que la aguja correspondiente está en posición normal y el símbolo "-" que está en posición invertida. Ver el esquema de la estación de Plasencia.

RELACIÓN ENTRE LAS LLAVES Y LOS APARATOS		
APARATO	LLAVES	POSICIÓN QUE INMOVILIZAN LAS CERRADURAS
A1	A	La presencia de la llave en el cuadro conlleva a que la aguja está en posición normal (apuntando a vía 1)
A2	A	
A4	M	La presencia de la llave en el cuadro conlleva a que la aguja está en posición normal (apuntando a vía 2)
E1 / E'1	E1 / D1	La presencia de las llaves E2 o D2 significa que las Señales dan la orden de Parada en la Entrada.
E2 / E'2	E2 / D2	La presencia de las llaves E2 o D2 significa que las Señales dan la orden de Parada en la Entrada.
Paso a nivel	B	La presencia de la llave B en el cuadro significa que el paso a nivel está cerrado.
Cartelón cierre de estación	C	La presencia de la llave en el cuadro S.I. significa que el cartel C de cierre está instalado en el andén.

CUADRO CENTRAL “BOURÉ” DE PLASENCIA



CUADRO “BOURÉ” DE SERVICIO INTERMITENTE DE PLASENCIA



4.2.3. Aparatos de la estación.

Para manejar las cuatro señales que posee la estación, una señal Avanzada y una de Entrada por cada lado, el enclavamiento posee dos palancas, una sirve a las señales E1 y E'1 y la otra, a la E2 y E'2. Cada palanca posee dos cerraduras. Las dos palancas son idénticas.

Cada palanca tiene tres posiciones: la posición normal (palanca vertical al terreno) mantiene las señales del lado que sirva en la posición más restrictiva, la señal Avanzada en posición de Anuncio de Parada y la de Entrada en posición de Parada (Parada en la entrada). Las otras dos posiciones, que se consiguen moviendo la palanca hacia un sentido o hacia el otro permiten accionar las señales estableciendo el itinerario de Paso Directo o el de Entrada.

Cada palanca posee dos cerraduras, una en cada lado que inmovilizan la palanca en la posición normal. Si queremos establecer un itinerario, si la cerradura no registra ninguna incompatibilidad con el itinerario que queremos establecer, podremos extraer una llave de Señal (D1, E1, D2 o E2) de la cerradura central y al insertarla en la palanca podremos mover la palanca y establecer el itinerario que permite la llave insertada (p. ej. Si insertamos la llave D1 estableceremos el Itinerario de Paso Directo lado ESTE que significa que las señales cambiarán su indicación para ofrecer este itinerario).

El paso a nivel se cierra una vez extraemos la llave B del cerrojo del paso a nivel. Si la extraemos se cerrará el paso y entonces la podremos introducir en el cuadro central para poder establecer los itinerarios que requieran que el paso esté cerrado.











Relación de la indicación de la señal de entrada con la palanca que la acciona. Para que la señal se las indicaciones de Anuncio de Parada (centro) o Vía Libre (derecha) hace falta insertar la llave correspondiente para poder mover la palanca. [Juan Simón Muzás].

4.2.4. Los itinerarios.

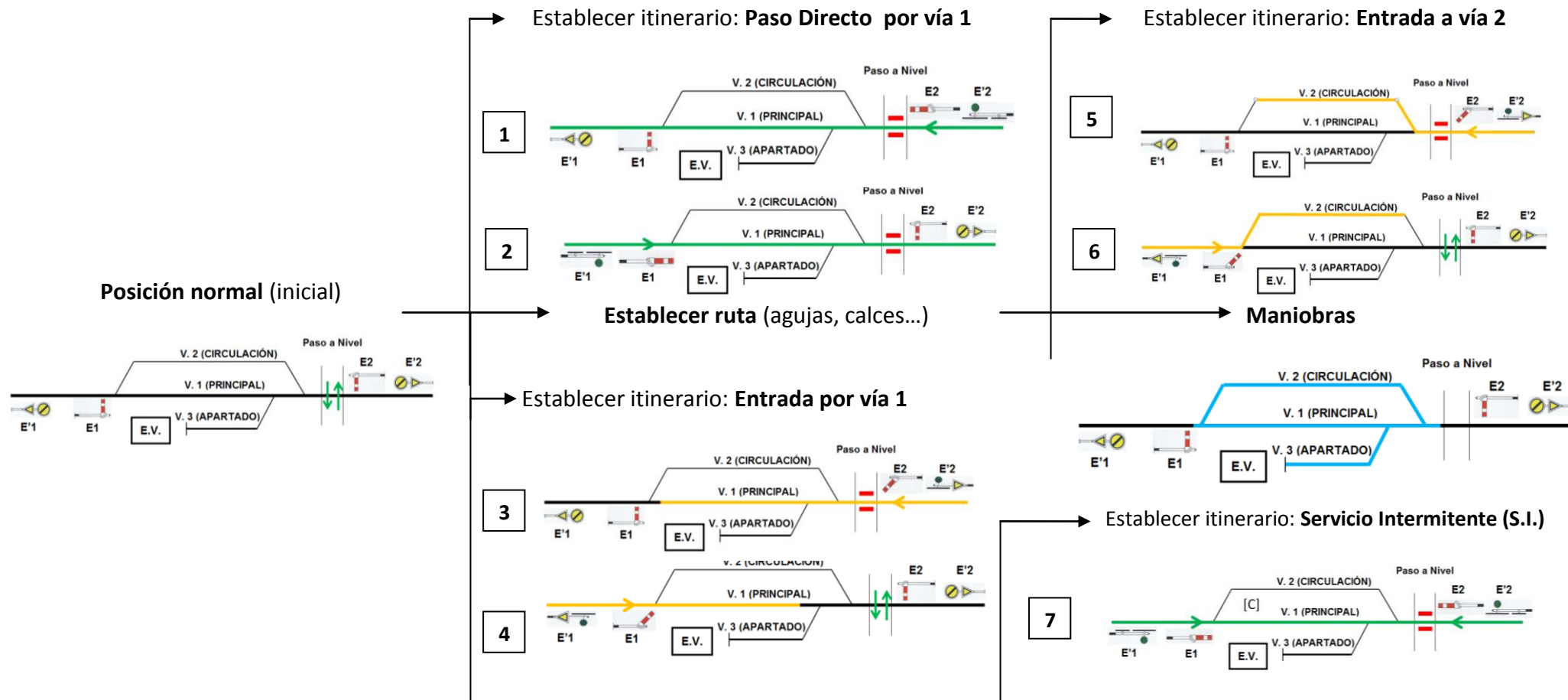
En el cuadro situado a continuación podemos ver de forma esquemática los itinerarios que podemos establecer con el enclavamiento. En todo enclavamiento se parte de una posición inicial llamada posición normal*.

La posición normal de las señales de nuestra estación es ordenar parada por cada lado de la estación, es decir, la señal Avanzada de cada lado dará orden de Anuncio de Parada y la Señal de Entrada Parada. En un enclavamiento, las señales suelen dar la orden más restrictiva, de forma que si un tren imprevisto entra en la estación o esta no se encuentra en disposición para recibir trenes, el tren deberá parar inmediatamente en la entrada de la estación, justo antes de las agujas. El paso a nivel está desprotegido o abierto, significa que permite el paso del tráfico de la carretera. En posición normal, las agujas A1, A2 y A4 estarán dispuestas permitiendo el paso por vía general (vía 1).

SITUACIÓN QUE PRESENTAN LOS APARATOS							
Señal Avanzada E'1	Señal de Entrada E1	Aguja A1	Aguja A4	Aguja A2	Paso a Nivel	Señal de Entrada E2	Señal Avanzada E'2
					 abierto		

A partir de esta situación inicial, podemos establecer cualquier itinerario siempre y cuando se cumplan las condiciones que lo exige. Si el itinerario exige que las agujas estén en una determinada posición, habrá que cambiarlas estableciendo una ruta o camino que seguirá el tren una vez podamos abrir las señales que dan autorización al tren que avance por la ruta establecida. Todo enclavamiento cumple la estructura del cuadro adjunto, partiendo siempre de una posición normal de los aparatos desde donde podemos establecer cualquier itinerario. Claro está que cada estación variará en número de vías y diferente disposición de playa de vías, ello condiciona al funcionamiento lógico del enclavamiento. Observamos también que en cada itinerario excepto el de Servicio Intermitente, movemos las señales de un lado, mientras que las otras permanecen ordenando la Parada en la entrada.

ITINERARIOS DEL ENCLAVAMIENTO DE PLASENCIA



4.2.5. Análisis de los itinerarios del enclavamiento de la estación de Plasencia.

Una vez conocida la situación a la que está sujeta el enclavamiento, procederemos a estudiar los itinerarios que podemos establecer, uno por uno. A cada itinerario le acompaña la función lógica que cumple, las cuales las podemos ver en el simulador del enclavamiento.









- Itinerarios de Paso Directo por vía 1.

1.- Paso Directo por vía 1 lado OESTE

Recordemos que para establecer Paso Directo en cualquier enclavamiento significa que la señal Avanzada y la Señal de Entrada del lado OESTE presentan la indicación de Vía Libre. A la vez, el jefe de estación deberá mostrar la Señal de paso desde el andén, con el banderín. Ordena a circular al maquinista en condiciones normales. El itinerario permite el paso de un tren que viene del lado OESTE que no pare en la estación.

Las condiciones para establecerlo son:

- RUTA: Las agujas A1, A2 y A4 permitan el paso por la vía principal (vía1).
- El paso a nivel esté cerrado.
- Que no esté establecido otro itinerario.









SITUACIÓN QUE PRESENTAN LOS APARATOS							
Señal Avanzada E'1	Señal de Entrada E1	Aguja A1	Aguja A4	Aguja A2	Paso a Nivel	Señal de Entrada E2	Señal Avanzada E'2
							

2.- Paso Directo por vía 1 lado ESTE.

Es exactamente igual al itinerario de Paso Directo por vía 1 lado OESTE, pero son las Señales Avanzada y de Entrada del lado ESTE las que dan la indicación de Vía Libre, para los trenes que proceden del ESTE. El jefe de estación debe mostrar la Señal de Paso desde el andén.

Las condiciones para establecerlo son:

- RUTA: Las agujas A1, A2 y A4 permitan el paso por la vía principal (vía1).
- El paso a nivel esté cerrado.
- Que no esté establecido otro itinerario.

SITUACIÓN QUE PRESENTAN LOS APARATOS							
Señal Avanzada E'1	Señal de Entrada E1	Aguja A1	Aguja A4	Aguja A2	Paso a Nivel	Señal de Entrada E2	Señal Avanzada E'2
							

Para establecer estos itinerarios, es decir, poder extraer de la cerradura central, la llave D1 para establecer paso Directo por el lado ESTE o D2 para establecer Paso Directo por el lado OESTE, hará falta que las dos llaves A de las agujas A2 y A4 estén en la cerradura central así como la llave M de la aguja A4 (ver cuadro "Relación entre las llaves y los aparatos") y la llave B del paso a nivel. Además tienen que las otras tres llaves de señal.









- Itinerarios de Entrada.

3, 5.- Entrada lado OESTE por vía 1 o por vía 2.

La Señal Avanzada presenta la indicación de Anuncio de Precaución y la Señal de Entrada la de Anuncio de Parada. Los itinerarios de entrada según el lado por donde entra el tren, son diferentes en cuanto a condiciones para establecerlo.

Las condiciones para establecerlo son:

- RUTA: Las agujas A1 y A2 pueden estar permitiendo el paso a vía 2 o a vía 1, independientemente una de la otra. Este itinerario no diferencia la vía de circulación por donde entra el tren. La aguja A4 permitiendo el paso por vía 2.
- El paso a nivel cerrado. El que entra por el lado OESTE debe cruzar la carreta por lo que debe estar cerrado (interrumpir el tráfico de la carretera).









SITUACIÓN QUE PRESENTAN LOS APARATOS							
Señal Avanzada E'1	Señal de Entrada E1	Aguja A1	Aguja A4	Aguja A2	Paso a Nivel	Señal de Entrada E2	Señal Avanzada E'2
					 cerrado		

4, 6.- Entrada lado ESTE por vía 1 o por vía 2.

Las señales del lado ESTE presentan la indicación de Anuncio de Precaución la Señal Avanzada y Anuncio de Parada la Señal de Entrada.

Las condiciones para establecerlo:

- RUTA: Las agujas A1 y A2 pueden estar permitiendo el paso a vía 2 o a vía 1, independientemente una de la otra. Este itinerario no diferencia la vía de circulación por donde entra el tren. La aguja A4 permitiendo el paso por vía 2.
- El paso a nivel abierto. El tren entra por el lado ESTE y para en la estación por lo tanto no cruza la carretera, por lo que no es necesario cerrarlo. En el momento que el jefe de estación tenga que expedir el tren hacia el lado OESTE entonces deberá cerrar manualmente.

SITUACIÓN QUE PRESENTAN LOS APARATOS							
Señal Avanzada E'1	Señal de Entrada E1	Aguja A1	Aguja A4	Aguja A2	Paso a Nivel	Señal de Entrada E2	Señal Avanzada E'2
					 abierto		

Para establecer el Itinerario de Entrada por un lado o por otro, es decir, para poder extraer las llaves E1 o E2 de la cerradura central en ambos casos no hará falta la presencia de las dos llaves A ya que el tren puede entrar por vía 1 o 2, pero sí que hace tiene que estar insertada la llave M de la aguja A4. La diferencia entre estos itinerarios, es que el Itinerario de Entrada del lado OESTE no requiere la llave B ya que el tren entra en la estación parando en ella sin interceptar el paso a nivel. Tienen que estar las tres llaves de señal .

- Maniobras.

Las maniobras no son un itinerario en la mayor parte de los enclavamientos. Maniobrar significa que un tren dentro de la estación, pueda moverse libremente, entrar y salir de una a otra vía y ello significa que el tren deberá de salir hasta después de las agujas de salida y retroceder hasta una nueva vía. Evidentemente, las señales de ambos lados deben permanecer ordenando la Parada en la Entrada para que en caso que un tren imprevisto entre en la estación no choque con el tren que maniobra en ella.

Se pueden realizar cuando el enclavamiento está en posición inicial (observar esquema) y entonces podemos extraer cualquier llave de agujas (las dos llaves A y a llave M) para maniobrar libremente las agujas y que el tren pueda maniobrar.

7.- Servicio Intermitente (SI). Paso Directo en Ambas Direcciones.

Consiste en un itinerario más complicado (ver “Itinerario de Servicio Intermitente” del Apéndice documental). Es el único itinerario que se utiliza el cuadro de Servicio Intermitente *Bouré*.

Este cuadro dispone de otra llave de Paso Directo (D2) de manera que es posible establecer el Paso Directo por un sentido (D1) y por el otro (D2). Para obtener la segunda llave hay que instalar una señal fija metálica que dispone la estación que indica al maquinista que la estación está cerrada.



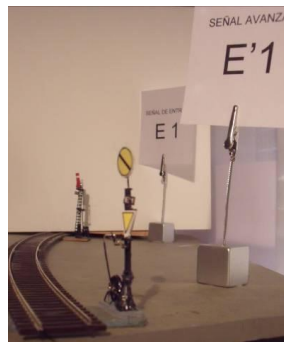
Cuadro Bouré auxiliar. Permite establecer el Servicio Intermitente, proporcionando una llave más de Paso Directo.

SITUACIÓN QUE PRESENTAN LOS APARATOS								
Señal Avanzada E'1	Señal de Entrada E1	Aguja A1	Aguja A4	Aguja A2	Paso a Nivel		Señal de Entrada E2	Señal Avanzada E'2
					Automático			

- **Ejemplo del funcionamiento del enclavamiento.**



1. Extraemos la llave B del cuadro del paso a nivel (al extraerla el paso se cierra) para establecer Paso Directo lado ESTE. Recordemos que para obtener la llave D1 hace falta que esté la llave B en el cuadro Bouré.

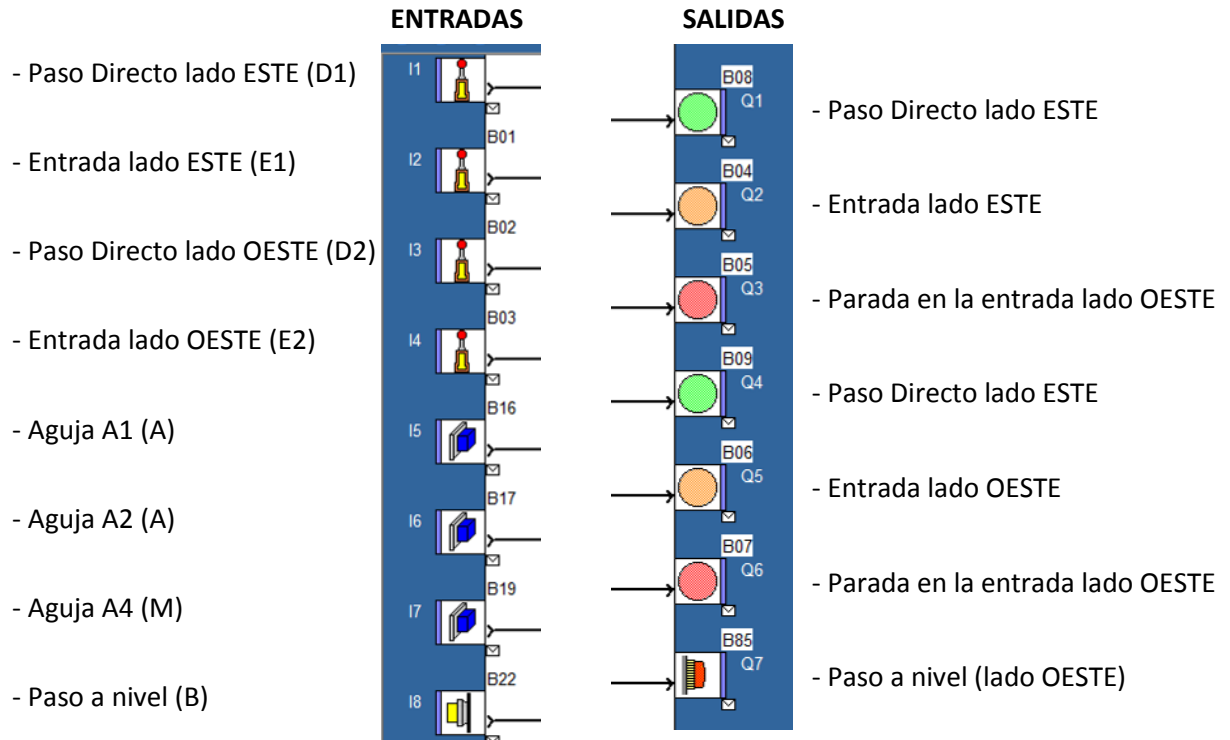


2. Insertamos la llave B en el cuadro Bouré. Si están las tres llaves de aguja (dos llaves A y una M) significará que las agujas están apuntando a vía 1 por lo que podemos extraer la llave D1 para poder mover la palanca que moverá las señales para establecer Paso Directo.

4.2.6. Simulador del enclavamiento de Plasencia.

Para poder representar de forma sencilla y materializar la lógica del enclavamiento, se ha hecho un simulador del mismo enclavamiento de la estación de Plasencia con el programador **ZelioSoft 2** de Schneider que se utiliza para controlar circuitos eléctricos pero que responde perfectamente al objetivo del trabajo. Es necesario explicar las simbologías del programa para poder conocer que elementos representa ya que como he dicho no es un programa diseñado para representar enclavamientos.

En el margen izquierdo encontramos las entradas del programa. Cada entrada corresponde a una llave del enclavamiento ya sea de Aguja de Señal o cualquier otro aparato. En el margen derecho aparecen las salidas representados con seis círculos que corresponden a los itinerarios que permite establecer y una séptima salida que muestra el estado del paso a nivel del lado OESTE. Para cualquier duda, cada entrada y salida se ha etiquetado con una explicación a la que se puede acceder pulsando una vez sobre el icono



Las agujas están en posición normal cuando los botones azules correspondientes a las agujas A1, A2 y A4 están apretados con luz azul de acuerdo con el funcionamiento del enclavamiento también corresponde a la presencia de las tres llaves de aguja A y M. El paso a nivel está cerrado cuando el botón amarillo correspondiente al paso está pulsado y también significa que la llave B está insertada el cuadro central *Bouré*. Finalmente las palancas correspondientes a los itinerarios cuando están en posición vertical, significa que no hay ningún itinerario establecido, pero si se accionan dos palancas a la vez, es decir establecer dos itinerarios a la vez, ambos lados pasan a dar el orden de parada en la entrada ya que el programa no permite el bloqueo de ninguna entrada. Observad que una vez establecido el itinerario si lo alteramos (cambiar agujas o paso a nivel) y no se cumple alguna de las condiciones necesarias para establecerlo el itinerario desaparecerá ordenando parada en la entrada.

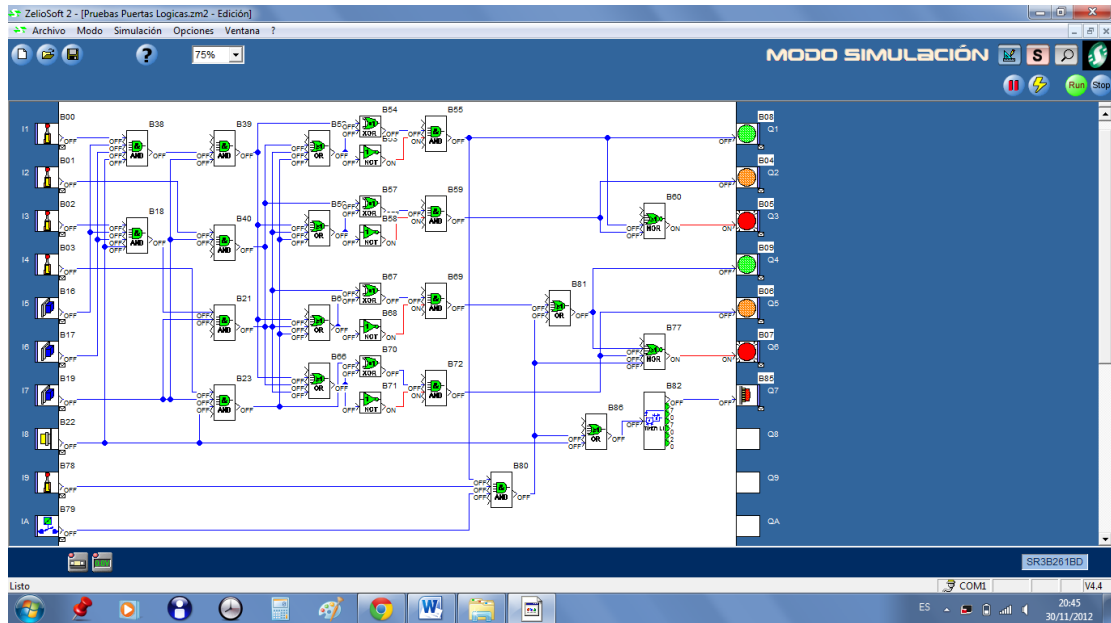


Imagen del aspecto del simulador. Observad las entradas en la parte izquierda y las salidas en la parte derecha.

En la parte central aparecen los símbolos de las Puertas Lógicas, con sus funciones y conexiones entre ellas desde las entradas hasta llegar a las salidas. En el apartado siguiente analizaremos los itinerarios del enclavamiento haciendo uso del simulador para conocer las incompatibilidades y condiciones.

Para hacer uso de la simulación, abrimos la carpeta que lo contiene. En el margen superior derecha aparecerá la leyenda “MODULO EDICIÓN”. Posteriormente pulsando el icono donde aparece una “S” en negro entraremos en el “MODULO SIMULACIÓN” y finalmente pulsamos de nuevo en el icono circular “Run”. Podemos ver si se puede, o no establecer un itinerario, si no se puede que incompatibilidad se produce y porque se produce.

Para hacer el simulador he tenido que recurrir a libros, los cuales aparecen citados en el apartado de Bibliografía del trabajo, para consultar las Puertas Lógicas.

CONCLUSIONES

Realizar un trabajo de investigación sobre los enclavamientos ferroviarios me ha permitido conocer con más profundidad, aunque no toda la que esperaba, unos sistemas que acostumbran a obviarse pero que son la base de cualquier explotación ferroviaria.

Me ha gustado elegir este tema para el trabajo de investigación ya que doy a conocer unos sistemas desconocidos por la mayor parte de la gente, además pienso que es un trabajo original en cuanto al tema que abordo. No obstante también me he encontrado con numerosas dificultades, empezando por la escasa información que existe a mano, ya sea en Internet o en bibliotecas cercanas, por lo que durante el verano he ido a museos dedicados al ferrocarril o a estaciones para que conocedores de estos sistemas me informasen. Otras dificultades ha sido la realización de la maqueta ya que necesitaba material técnicas adecuadas e imágenes del interior de las cerraduras *Bouré* que finalmente conseguí gracias a la colaboración de aficionados al ferrocarril que me ayudaron decisivamente, a todos ellos les reconozco su ayuda en el apartado de agradecimientos.

He aprendido también a programar un chip PICAXE que he utilizado para que controle el paso a nivel así como de forma indirecta, también me ha permitido acabar de aprender cómo realizar y presentar un trabajo escrito siguiendo las pautas que nos han dado y que me servirán para futuros trabajos en la universidad y aprendiendo a usar herramientas de Word.

No descarto continuar investigando más sobre los enclavamientos después de este trabajo ya que aún que he recogido mucha información, aún queda por investigar y mantengo la misma ilusión con la que empecé.

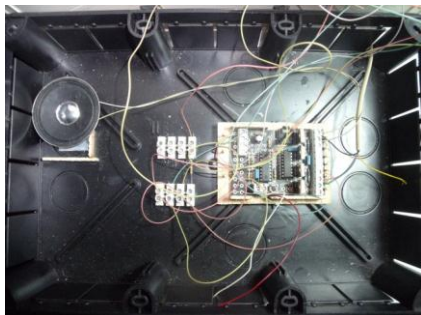


Imagen del chip PICAXE 18x que regula el paso a nivel junto al altavoz. Este trabajo también me ha servido para conocer el funcionamiento y programación de estos chips.

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mis agradecimientos por su aportación de conocimientos, documental o fotográfica y atenderme amablemente a mis cuestiones y visitas concertadas a Vicente R. Ferrer Hermenegildo, Miquel Bodro de la Asociación dels FC de les Comarques Gironines, Alberto Peña y Fernando Díez González socios de la Asociación Soriana de Amigos del Ferrocarril (ASAF), a Jorge García Benito, usuario de Tranvía Portal; Carlos Fernando Marco Pérez. Vaya mi agradecimiento también al personal de la estación de Balaguer en especial a Emilio Aguilar y a los miembros del Centro de Interpretación de Móra la Nova (APPFi) en especial a Tomás Claramunt.

BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA

- Bibliografía

Mario FONTÁN ANTÚNEZ. *Señalización Mecánica. Vía Ancha Española*.

Madrid: Revistas Profesionales S.L., 2006.

AAVV. *Tecnología Industrial 2n Batxillerat*. Madrid: McGraw Hill, 2008.

- Documentos en soporte electrónico

Fernando MONTES. *Los sistemas de señalización en el ferrocarril: su*

evolución. [en línea]. Enero - febrero 2007. Disponible desde Internet:

https://www.icaei.es/publicaciones/anales_get.php?id=1399 [Consulta: jueves 5 de julio de 2012].

C. ESCOLAR. Caminos de Hierro del Norte. *Instrucciones para la numeración de Agujas, Señales y Vías en las estaciones*. [en línea]. Madrid, 24 de febrero de 1931. Disponible desde Internet:

https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:6v8k0rBCjRsJ:rt000kf1.eresmas.net/cdfmagazine3.pdf+numeraci%C3%B3n+de+v%C3%ADas,+se%C3%B1ales+y+agujas&hl=es&gl=es&pid=bl&srcid=ADGEEShqD9AsARf9W7cFP378PT77AfI4_pzUYRmM2ENE6GL3gUPACjDghbl2r-gambPvH4RA52xmVc6O2JlzOIgn2ZJ532HIDW70YDQgDTzvoe6AZjmQ9TFDjA4SFJVIKdudn6pk2Xyw&sig=AHIEtbSY3j1bnsd25i4jjJC8pi5jxnSJLA

Eduardo Gibert, MARISTANY. *Revista de Obras Públicas* nº 1147. Tomo II; *Los enclavamientos por medio de cerraduras sistema Bouré*. [en línea]. 1897.

Disponible desde Internet: http://ropdigital.ciccp.es/result_busqueda.php?pg=0

Joan Carles COTS. *Reglamento para los guardagujas. Numeración de agujas*. 1999. Disponible desde Internet: (la misma dirección que *Instrucciones para la numeración de Agujas, Señales y Vías en las estaciones*).

Manuel María ARRILLAGA López. *Revista de Obras Públicas* nº 1688.

Enclavamientos. Autocombinador MDM. [en línea]. Madrid, Enero de 1908.

Disponible desde Internet:

http://ropdigital.ciccp.es/result_busqueda.php?pg=0

RENFE *Enclavamientos ferroviarios de RENFE. Manual nº 10.* [en línea].

Disponible desde Internet:

http://www.documentacionfuencarralavld.es/Renfe/JKIT_PDA/MANUAL%20CI R/MCI/MCIT10.HTM [Consulta: 1-09-2012].

- Referencia páginas web.

FERROPEDIA. *Calce.* <http://ferrocarriles.wikia.com/wiki/Calce> [Consulta: viernes 13 de julio de 2012].

FERROPEDIA. *Compañías anteriores a RENFE*

http://ferropedia.es/wiki/Compa%C3%B1%C3%ADa_de_los_Caminos_de_Hi erro_del_Norte_de_Espa%C3%B1a [Consulta: domingo 2 de septiembre de 2012].

JMCPRL. *Eslingas de cables de acero.*

http://www.jmcpri.net/ntps/@datos/ntp_221.htm [Consulta: domingo 19 de agosto de 2012].

WIKIPEDIA. *Lente de Fresnel.* http://es.wikipedia.org/wiki/Lente_de_Fresnel [Consulta: viernes 13 de julio de 2012].

WIKIPEDIA. *Semáforo de ferrocarril.*

http://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1ales_de_ferrocarril [Consulta: viernes 13 de julio de 2012]

- Documentos audiovisuales.

Semibarreras automáticas. [vídeo]. RENFE Gerencia de mantenimiento de infraestructuras.

Disponible desde Internet: <http://www.youtube.com/watch?v=Ik9m2hQ06Ng>