



Metro

SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA DE LA PRIMERA LÍNEA DE METRO DE QUITO

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA METRO DE QUITO

GERENCIA DE EQUIPOS E INSTALACIONES

DESCRIPCIÓN DE SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA

GEI_OM_DT_SEN_V1.docx

Quito, 10 de julio de 2020

METRO

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	2
1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SEÑALIZACIÓN	4
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL	4
1.2. NORMAS	6
1.2.1. Normas Fundamentales	6
1.2.2. Normas por Subsistemas	7
1.3. ARQUITECTURA MODULAR EBI LOCK 950	8
1.4. EQUIPAMIENTO DE VÍA.....	10
1.4.1. Señales Luminosas modulares modelo LD-120 P de Electrans (ElectroSistemas Bach S.A)	10
1.4.2. Desvíos:	11
1.4.3. Sistema de Detección del Tren:	11
1.4.4. Sistema de Transmisión ATP al Tren.....	12
1.5. SISTEMA ATC.....	12
1.5.1. Arquitectura EBI Cab 800.....	13
1.5.2. SISTEMA DE CONTROL DE TRENES CTC	14
1.5.3. Arquitectura Sistema TMS (Sistema de Gestión de tráfico)	16
1.6. FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA.....	17
1.7. SISTEMA COMPLETO DE SEÑALIZACIÓN	18
1.8. MODOS OPERATIVOS DEL TREN	18
1.8.1. Modo M+20.....	18
1.8.2. Modo ATP	19
1.8.3. Modo ATO	20
1.8.4. Funcionalidad ATP	20
1.8.4.1. Supervisión de Velocidad Máxima (Ceiling Speed)	21
1.8.4.2. Supervisión de Velocidad Objetivo	22
1.9. RUBROS DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN	25

Lista de Figuras

Figura 1 Distribución de Enclavamientos y Controladores de Objetos Metro de Quito Línea 1 .	5
Figura 2 Señales de dos focos	10
Figura 3 Señales de cuatro focos.....	10
Figura 4 Desvío	11
Figura 5 Motor accionador	11
Figura 6 Circuitos de Vía.....	11
Figura 7 Elementos de cabina de los circuitos de vía TI21-M	12
Figura 8 Arquitectura EBI Cab 800	13
Figura 9 Arquitectura Sistema TMS.....	16
Figura 10 Arquitectura de sistema de señalización	18
Figura 11 Supervisión de la velocidad	21
Figura 12 Definición de distancias.....	23

Lista de Tablas

Tabla 1 Normas Fundamentales de Señalización.....	6
Tabla 2 Normas específicas de dispositivos de Señalización	8
Tabla 3 Rubros de Señalización	28

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SEÑALIZACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema de Señalización del Metro de Quito Línea 1 se implementará basado en la plataforma CITYFLO350 de Bombardier.

El Sistema de Señalización en la línea queda definida por 15 estaciones más un área de depósito, controladas por 4 enclavamientos para el control de varias estaciones y un único enclavamiento para el control del depósito, encargados todos estos enclavamientos de garantizar el tránsito seguro de trenes. Un enclavamiento controla una o más estaciones y su área de control estará limitada por las fronteras con los enclavamientos colaterales. Además, se instalará un sistema de supervisión de la operación en los trenes que operen la línea. Por último, el Sistema de Señalización incluye un sistema de gestión de tráfico, desde el cual el operador de línea podrá interactuar con todos los subsistemas.

El sistema de señalización implementado está basado en la solución CITYFLO350. Esta solución está compuesta por los siguientes componentes:

- Enclavamientos Electrónicos EBI Lock 950.
- Controladores de Objetos OCS 950.
- Comunicaciones Enclavamiento – Enclavamiento: mediante fibra óptica.
- Circuitos de vía EBITrack 300 – T21M para detección de tren y transmisión de códigos ATP.
- Señales LED.
- Accionadores de agujas electrohidráulicos para desvíos UIC con timonería asociada y cerrojo de uña.
- Accionadores de calces descarriladores electrohidráulicos para desvíos UIC con timonería asociada.
- Sistema de Ayuda al Mantenimiento (SAM/MDC).
- Supervisión y control de la vía principal por el PCC ubicado en el Patio Taller (EBI Screen 2000).
- Sistema ATC embarcado EBICab 800.
- Sistema ATO vía radio, para operación de tren en modo automático.

En el diseño del Sistema de Señalización se aseguran los siguientes parámetros de desempeño y características:

- Intervalo mínimo teórico entre trenes de 120 segundos.
- Velocidad media aproximada de 50-60 km/h.
- Velocidad de paso por las estaciones de 50 km/h.
- Velocidad en curvas y desvíos de acuerdo con los límites civiles de velocidad.

- Circulación unidireccional con supervisión del ATP (el headway de 120 segundos teóricos solo se asegurará en el sentido normal de circulación) y bidireccional en zona de agujas.
- Modos de conducción: ATP, ATO, M+20 y llave especial (by-pass).
- Nivel de seguridad y confiabilidad SIL 4.
- Plano de Vías Señalizadas (PVS) definido mediante simulación de marcha.
- Cambiavías no talonables en la vía principal.
- Cambiavías en el Patio Taller talonables para agujas simples.
- Bretelles no talonables para toda la línea, según diseño geométrico.
- Longitud mínima de circuito de vía igual a 50 m.
- Longitud máxima de circuito de vía igual a 350 m.
- Velocidad operacional máxima con supervisión del sistema ATC embarcado de 100 km/h.

Con el fin de responder a las necesidades de la Línea 1 de Metro de Quito se ha previsto la instalación de cinco enclavamientos, uno para el Patio Taller y cuatro para la línea. A continuación, se detalla la ubicación de los Enclavamientos y las Salas Técnicas Auxiliares:

- Enclavamiento de Patio Taller.
- Enclavamiento de Quitumbe, contará con Controlador de Objetos en:
 - Solanda.
- Enclavamiento de La Magdalena, contará con Controladores de Objetos en:
 - El Recreo.
 - San Francisco
- Enclavamiento de Universidad Central, contará con Controlador de Objetos en:
 - La Carolina
- Enclavamiento de El Labrador.

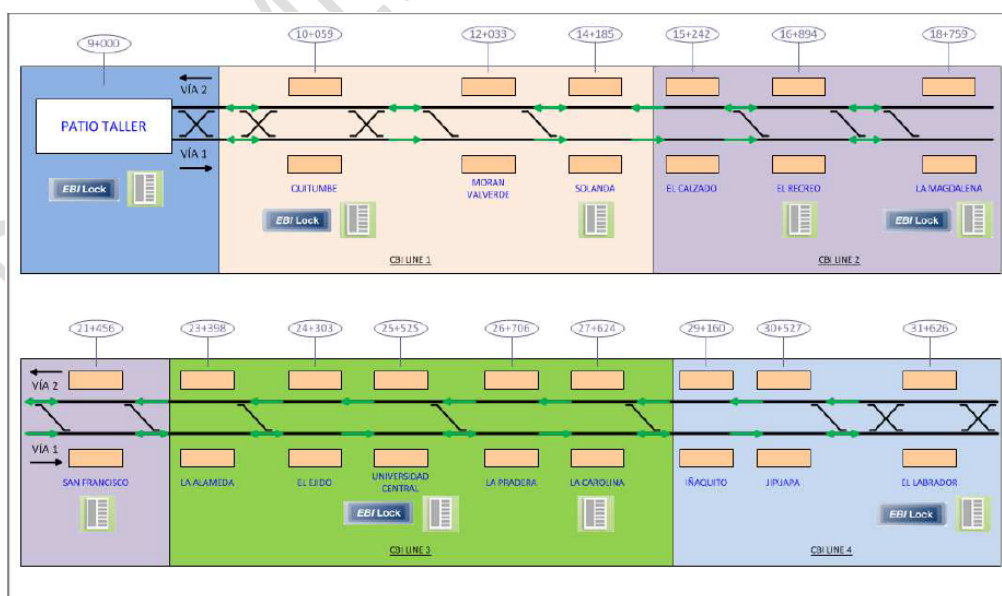


Figura 1 Distribución de Enclavamientos y Controladores de Objetos Metro de Quito Línea 1

Cada enclavamiento electrónico contara con un puesto de mando local.

Para la vía principal, los circuitos de vía permitirán tanto la detección del tren como la transmisión de códigos ATP. En el Patio Taller solo será posible la detección del tren.

Se ha previsto la instalación de una vía de pruebas ATP en el Patio Taller, con el fin de realizar pruebas dinámicas que permitan circular las unidades en modo ATP (activación modo ATP, captación correcta de telegramas, transiciones en circuitos de vía, paradas de tren ante un telegrama 0/0, permiso de apertura de puertas, etc.) y ATO (cambios de modo de ATP a ATO, apertura de puertas, permisos de salida en estaciones simuladas, etc.) dentro del ámbito de mantenimiento.

1.2. NORMAS

La solución propuesta asegura una alta coherencia y una simplificación de los procesos que garantiza el cumplimiento de las prescripciones de CENELEC para el desarrollo de sistemas de seguridad SIL 4, en conformidad con las normas:

1.2.1. Normas Fundamentales

Las normas fundamentales en las que se basa el sistema de señalización CITYFLO 350 que se encuentra instalado en la infraestructura de la Línea 1 de Metro de Quito son las siguientes:

ITEM	NORMA	EDICION	DESCRIPCION
1	BSI BS EN 50126-1	15/12/1999	Aplicaciones Ferroviarias – Especificación y demostración de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS) – Parte 1: Requisitos básicos y procesos genéricos.
2	BSI BS EN 50128	11/3/2001	Aplicaciones ferroviarias – Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento – Software para sistemas de control y protección del ferrocarril.
3	BSI BS EN 50129	7/5/2033	Aplicaciones ferroviarias – Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento – Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización.
4	ISO 9001	Cuarta 2008-11-15	Sistemas de gestión de la calidad - requisitos

Tabla 1 Normas Fundamentales de Señalización

1.2.2. Normas por Subsistemas

El Sistema de Señalización CITYFLO 350 está compuesto por los siguientes subsistemas principales:

- EBI Lock 950
- OCS 950
- EBI Track 300
- EBI Switch 700
- Señales

A continuación, se listan las normas específicas que han servido como base para el diseño de los equipos que componen los subsistemas anteriores.

EQUIPO	NORMAS	
EBI Track 300	EN50125-3:2002	Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para el equipo. Parte 3: Equipos para telecomunicaciones y señalización.
	EN50121-4:2006	Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética. Parte 4: Emisión e inmunidad de los aparatos de señalización y de telecomunicación.
OCS 950	EN50125-3:2003	Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para el equipo. Parte 3: Equipos para telecomunicaciones y señalización.
	EN50124-1:2003	Aplicaciones ferroviarias. Coordinación de aislamiento. Parte 1: Requisitos fundamentales. Distancias en el aire y líneas de fuga para cualquier equipo eléctrico y electrónico.
	EN50121-4:2006	Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética. Parte 4: Emisión e inmunidad de los aparatos de señalización y de telecomunicación.
	EN50159-2:2001	Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Parte 2: Comunicación segura en sistemas de transmisión abiertos.
	EN50159-1:2001	Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Parte 1: Comunicación segura en sistemas de transmisión cerrados.
	EN 60529:1991 (IEC529)	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
	EN 61010-1:2001 (IEC 61010-1:2001)	Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Parte 1: Requisitos generales.

EBI Lock 950	EN50159-1:2001	Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Parte 1: Comunicación segura en sistemas de transmisión cerrados.
	EN50159-2:2001	Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Parte 2: Comunicación segura en sistemas de transmisión abiertos.
	EN50121-4:2000	Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética. Parte 4: Emisión e inmunidad de los aparatos de señalización y de telecomunicación.
	EN50125-3:2003	Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para el equipo. Parte 3: Equipos para telecomunicaciones y señalización.
Señales	EN50125-3:2002	Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para el equipo. Parte 3: Equipos para telecomunicaciones y señalización.
EBI Switch 700 (IP54)	EN 60529:1991 (IEC529)	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).

Tabla 2 Normas específicas de dispositivos de Señalización

1.3. ARQUITECTURA MODULAR EBI LOCK 950

La estructura del enclavamiento EBI Lock 950 (ver Figura 3) está compuesta por dos módulos: la Unidad de Procesamiento y el Sistema de Control de Elementos de Campo (OCS).

La Unidad de Procesamiento del Enclavamiento es la encargada de procesar la lógica de señalización, el interfaz con el Puesto Local/ Central y el interfaz con los enclavamientos colaterales. El Sistema de Control de Elementos de Campo (OCS) es el encargado del control y supervisión de los elementos de campo.

El enclavamiento EBI Lock 950 ofrece una alta disponibilidad y un máximo nivel de seguridad, conseguido a través del uso de arquitecturas redundantes a todos los niveles, tanto en los distintos módulos que componen el enclavamiento, como a nivel de interfaz de comunicación con otros equipos y sistemas.

La Unidad de Procesamiento (IPU) ejecuta la funcionalidad relativa a:

- Reglas de Señalización.
- Interface con los Controladores de Objetos.
- Interface con los Enclavamientos Electrónicos Colaterales.
- Interface con el subsistema ATC.
- Interface con el subsistema TMS: Centro de Control de Tráfico (CTC) y Mando Local.

El enclavamiento elabora, en función de sus datos estáticos planificados y los dinámicos procedentes del estado de la señalización, la información ATP (velocidad máxima/objetivo, distancia objetivo...). Esta se enviará a través de los circuitos de vía al sistema embarcado donde se procesará y supervisará que la conducción se adecue a dicha información.

La IPU posee una arquitectura con redundancia dual del tipo "online – hot-standby" (1 de 2) e interfaces de comunicaciones duplicadas para lograr una fiabilidad y disponibilidad máximas.

El Sistema Controlador de Objetos (OCS) es capaz de controlar una amplia variedad de elementos de campo (señales, circuitos de vía, agujas, calces...) a través de funciones específicas para cada tipo de elemento, p. ej., para el elemento señal detección de la fusión. Los controladores de objetos (OCS) pueden ser instalados con topología centralizada, distribuida o una combinación de ambas según los requisitos de cada administración o proyecto. El OCS es de tipo electrónico, basado en microprocesadores. Cada controlador de objetos gestiona las órdenes recibidas del IPU.

El software de ambos módulos se ha desarrollado de acuerdo con las recomendaciones de las normas CENELEC EN50126, EN50128 y EN50129 para sistemas con reacción segura ante fallo ("fail-safe") empleando técnicas de programación y codificación de datos diversificadas para lograr un nivel de integridad de seguridad SIL 4.

El diseño modular del software se ha desarrollado siguiendo una estructura en 3 niveles: básico, adaptación y aplicación. Esta estructura permite por un lado tener un nivel de independencia entre el software y hardware que garantice un software válido para toda la vida útil del enclavamiento y, por otro lado, tener una funcionalidad de lógica de señalización genérica que se pueda probar y validar de forma independiente a los datos de aplicación.

El diseño modular del hardware permite adaptar fácilmente su distribución en función de la topología del campo. Del mismo modo, se ha realizado una definición de módulos con el objetivo de minimizar el impacto de un fallo a nivel hardware.

El enclavamiento EBI Lock 950 posee la herramienta de mantenimiento que proporciona una interface entre la IPU y el personal técnico.

1.4. EQUIPAMIENTO DE VÍA

El enclavamiento controlará los siguientes elementos de campo:

1.4.1. Señales Luminosas modulares modelo LD-120 P de Electrans (ElectroSistemas Bach S.A)

- Señal de LEDs de dos focos: Verde y Rojo



Figura 2 Señales de dos focos

- Señal de LEDs de dos focos para el Patio Taller: Flecha Blanca a la Recta y flecha Blanca a la derecha o izquierda
- Señal de LEDs de cuatro focos: Verde, Rojo, Flecha Blanca a la Recta y Flecha Blanca a la derecha o izquierda



Figura 3 Señales de cuatro focos

- Señal de LEDs de tres focos: Verde, Rojo y Flecha Blanca (a la derecha o a la izquierda).
- Señal alfanumérica: dispondrá de una pantalla alfanumérica. Se instalarán dos señales a la entrada del Patio Taller, una en cada vía (par e impar), para indicar la vía de destino dentro del Patio. Se añadirán imágenes de las señales instaladas en el proyecto cuando se dispongan de ellas

1.4.2. Desvíos:

- Accionadores de Aguja electrohidráulicos para desvíos UIC modelo A700-H del fabricante Bombardier

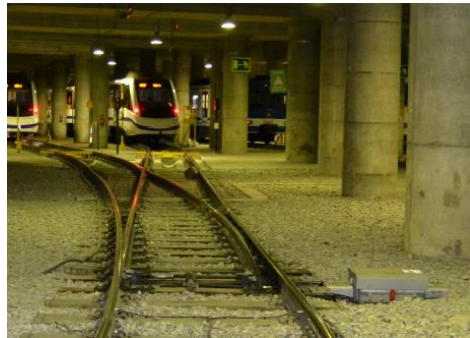


Figura 4 Desvío

Ejemplo instalación de motores (accionadores) en lateral de vía

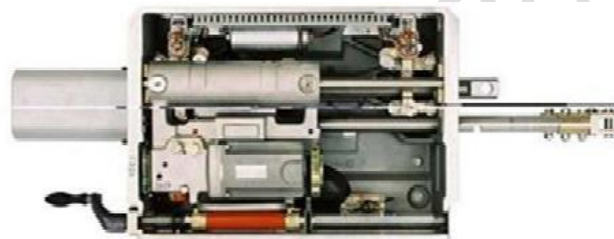


Figura 5 Motor accionador

Mecanismo de accionamiento de cambiavías A700-H

- Accionadores de calce descarrilador electrohidráulicos para desvíos UIC (Unión Internacional de ferrocarriles).
-

1.4.3. Sistema de Detección del Tren:

- Circuito de Vía tipo EBI Track 300 - TI21M



Figura 6 Circuitos de Vía

- Elementos de cabina de los circuitos de vía TI21-M



Figura 7 Elementos de cabina de los circuitos de vía TI21-M

1.4.4. Sistema de Transmisión ATP al Tren

- Circuito de Vía tipo TI21-M

1.5. SISTEMA ATC

La marcha de los trenes será supervisada y protegida de forma continua por el sistema ATC embarcado (EBI Cab 800).

En modo ATO, la función del maquinista se limita a ordenar la salida de la estación y a abrir/cerrar puertas.

El EBI Cab 800 supervisa la velocidad del tren de acuerdo al principio de “Distancia Objetivo”. Esto significa que conoce la distancia a la siguiente restricción de velocidad o punto de parada. Calcula la curva de velocidad del tren, en función de la información ATP recibida del enclavamiento y de sus datos de aplicación, y supervisa que la velocidad del tren se adecue a la misma. En caso de sobre-velocidad avisa al maquinista y, si tras un cierto intervalo de tiempo no ha reducido la velocidad del tren, actúa sobre el freno. El sistema no interviene mientras el maquinista cumpla las indicaciones, pero proporciona un uso más eficiente y seguro de la línea.

El EBI Cab 800 además incluye la funcionalidad de conducción automática ATO. Esta función permite que el sistema embarcado aplique tracción y freno de forma automáticas, además de detener el tren en el punto de parada previamente definido. En modo ATO, la función del maquinista se limita a ordenar la salida de la estación y a abrir/cerrar puertas. El sistema comunicará en cada una de las estaciones vía radio con el CTC y, tras su identificación, recibirá del CTC la instrucción de salida que contiene los datos referentes a la estrategia de conducción, próxima estación con parada, tiempo de parada en estación, punto de parada, salto de estación, destino del tren, lado de apertura de puertas, identificación del tren etc.

El sistema ATO vía radio, a través de la interfaz WATO permite establecer una comunicación bidireccional en las estaciones, permitiendo la transmisión instantánea de datos del tren hasta el Puesto de Mando Central (PCC) a través del sistema de gestión de tráfico (TMS):

- Proporciona un enlace de comunicación entre el TMS y el equipo ATO a bordo del tren.
- La comunicación se establece únicamente en los andenes, cuando el tren está detenido en el punto de parada definido.

Las principales funciones de la aplicación WATO son las siguientes:

- Comando de salida al tren. Información al tren sobre próximo andén de parada y estrategia de marcha.
- Comando de Permanencia (Dwell). Información al tren sobre tiempo para la salida del tren de andén.
- Enviar al TMS información de estado del ATC a bordo.
- Diálogo de Vuelta Automática en cabeceras, cambio de cabina.
- Transmisión de alarmas del tren al Puesto de Mando Central (PCC).

1.5.1. Arquitectura EBI Cab 800

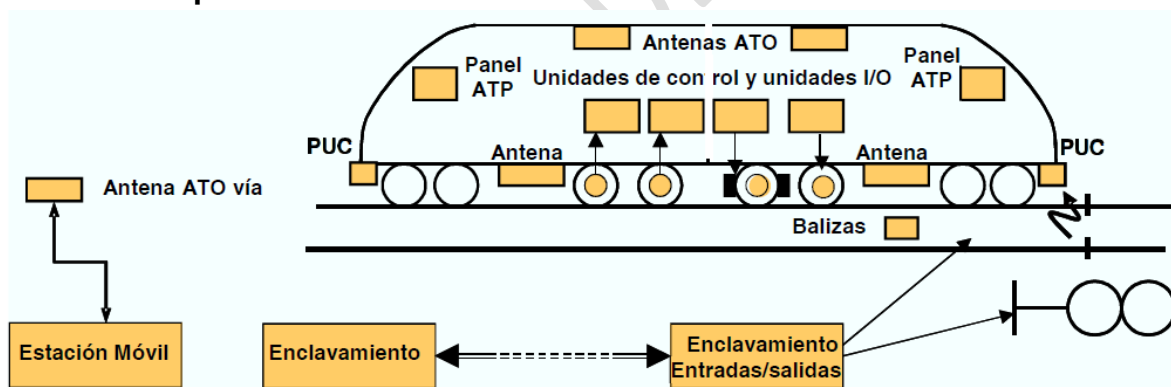


Figura 8 Arquitectura EBI Cab 800

La información ATP es enviada por el enclavamiento de forma continua a través de los circuitos de vía TI21M. Esta información es recogida por las antenas PUC (Pick Up Coils) instaladas en el tren bajo bastidor.

El correcto posicionamiento de los trenes en el andén es garantizado gracias a las balizas ATP (PSM) instaladas en la vía. La antena de balizas ATP (CAU) montada debajo del vehículo envía una señal de activación hacia el suelo mientras el vehículo circula. Cuando una baliza recibe esta señal, responde transmitiendo un telegrama que contiene la información sobre la posición número de parada e información sobre el lado de puertas que se debe habilitar en cada parada. Este telegrama es fijo.

1.5.2. SISTEMA DE CONTROL DE TRENES CTC

Las funciones de mando y control se realizarán a través del Centro de Control de Tráfico (CTC) y a nivel de enclavamiento a través de su correspondiente Mando Local.

La función principal del sistema CTC es permitir al operador de tráfico el control y supervisión del tráfico de la Línea 1. El CTC informa en tiempo real al operador de la situación de los trenes y de los elementos de vía mediante una representación gráfica y dinámica de la línea, de alarmas en formato de texto y aviso acústico.

En la línea 1 del Metro de Quito se integrará un CTC (EBI Screen2000 de Bombardier) con las siguientes características:

Plataforma HW comercial, basada en arquitectura PC.

- El sistema operativo utilizado es Microsoft Windows.
- El SW del sistema es modular, basado en arquitectura cliente servidor y desarrollado en lenguaje Visual C++. La metodología de análisis y diseño de SW asegura el uso de correspondientes técnicas de CENELEC EN50128.
- El sistema utiliza una base de datos externa, de tecnología SOLID, a la que se accede mediante conexiones ODBC. El producto utilizado es Solid Boost Engine, que es una base de datos relacional que cumple con las normas ANSI SQL-92 y ODBC 3.51.
- El sistema permite gestionar de forma concurrente una o más de las funciones:
 - Proceso de Indicaciones de estado de elementos de campo.
 - Proceso de Comandos de Operador.
 - Sistema integrado de Eventos.
 - Sistema integrado de Alarmas. Aviso acústico.
 - Gestión de Autoridad: Definición de operadores, privilegios, roles y áreas de control.
 - Supervisión de Integridad de Sistema: Watchdog.
 - Numerador de Trenes.
 - Gestión Automática de Rutas (control de despacho de tabla horaria).
 - Edición online de Horarios.
 - Creación offline de Horarios.
 - Regulación de Trenes.
 - Estimaciones de tiempos de paso de tren por estaciones.
 - Interface con otros sistemas del CCO (Interfaz TETRA-CTC para inicio de llamada e interface con el Sistema de Relojería).
 - Generación de ficheros para análisis histórico directo y análisis estadístico mediante sistemas externos: Registros de horario de trenes y de eventos.
 - Funciones para el mantenimiento y diagnóstico (detallado en el Manual de mantenimiento específico).
 - Funciones para la actualización de SW.
 - Moviola, tanto a nivel local de enclavamiento como a nivel global.

La función principal del sistema CTC es permitir al operador de tráfico el control y supervisión del tráfico de la Línea 1. El CTC informa en tiempo real al operador de la situación de los trenes y de los elementos de vía mediante una representación gráfica y dinámica de la línea, de alarmas en formato de texto y aviso acústico.

Las funciones de mando y control se realizarán a nivel de línea a través del Puesto de Control Central (PCC) existente en Patio Taller. A nivel de enclavamiento, las funciones de mando y control se realizan a través de los puestos de mando local. Los puestos de mando local podrán tomar el mando cuando se les ceda desde otro puesto o podrán tomar el mando por emergencia si fuera necesario controlando la región definida en cada uno de los enclavamientos.

La finalidad del sistema 'Numerador de Trenes' del CTC es la de identificar a todos los trenes que circulan dentro del área controlada por el sistema y mantener información referente a su posición de acuerdo con sus movimientos en la infraestructura. El numerador de trenes le asocia un identificador alfanumérico distinto a cada sección de vía ocupada, con el objeto de representar a cada tren real. Cuando el tren se mueve, genera en el CTC una ocupación en secuencia de las secciones de vía adyacentes a la primera.

El sistema supervisa la secuencia de ocupaciones y mueve el identificador a la sección (o secciones) de vía correspondientes. Los identificadores se representan en las imágenes de tráfico como una etiqueta sobre la sección de vía. El sistema desplaza los identificadores a medida que los trenes circulan por el sistema ferroviario, ayudando así al operador a mantener el seguimiento de todos los trenes.

Se instalarán los equipos necesarios para registrar los eventos en la moviola, tanto a nivel global en el CTC o en el puesto local ubicado en el mismo, como a nivel local para cada enclavamiento, en el puesto de jefe de estación/depósito o en la sala técnica de enclavamiento.

El propósito de la **Moviola** es permitir investigar incidentes, servir de traza para detectar problemas técnicos y servir de soporte a la formación del personal técnico y de operación. El sistema de moviola registra todos los eventos de proceso de las imágenes de tráfico y ventanas del sistema de eventos y alarmas para su posterior reproducción.

Además, el sistema de moviola proporciona una interfaz de usuario sencilla desde la que el operador podrá realizar las siguientes acciones:

- Seleccionar el instante de inicio de la reproducción
- Seleccionar la velocidad de moviola y lanzar la reproducción desde el punto de inicio
- seleccionado.
- Detener la reproducción para inspeccionar el estado del sistema en un punto de determinado o para seleccionar una nueva velocidad de avance antes de continuar la reproducción.

1.5.3. Arquitectura Sistema TMS (Sistema de Gestión de tráfico)

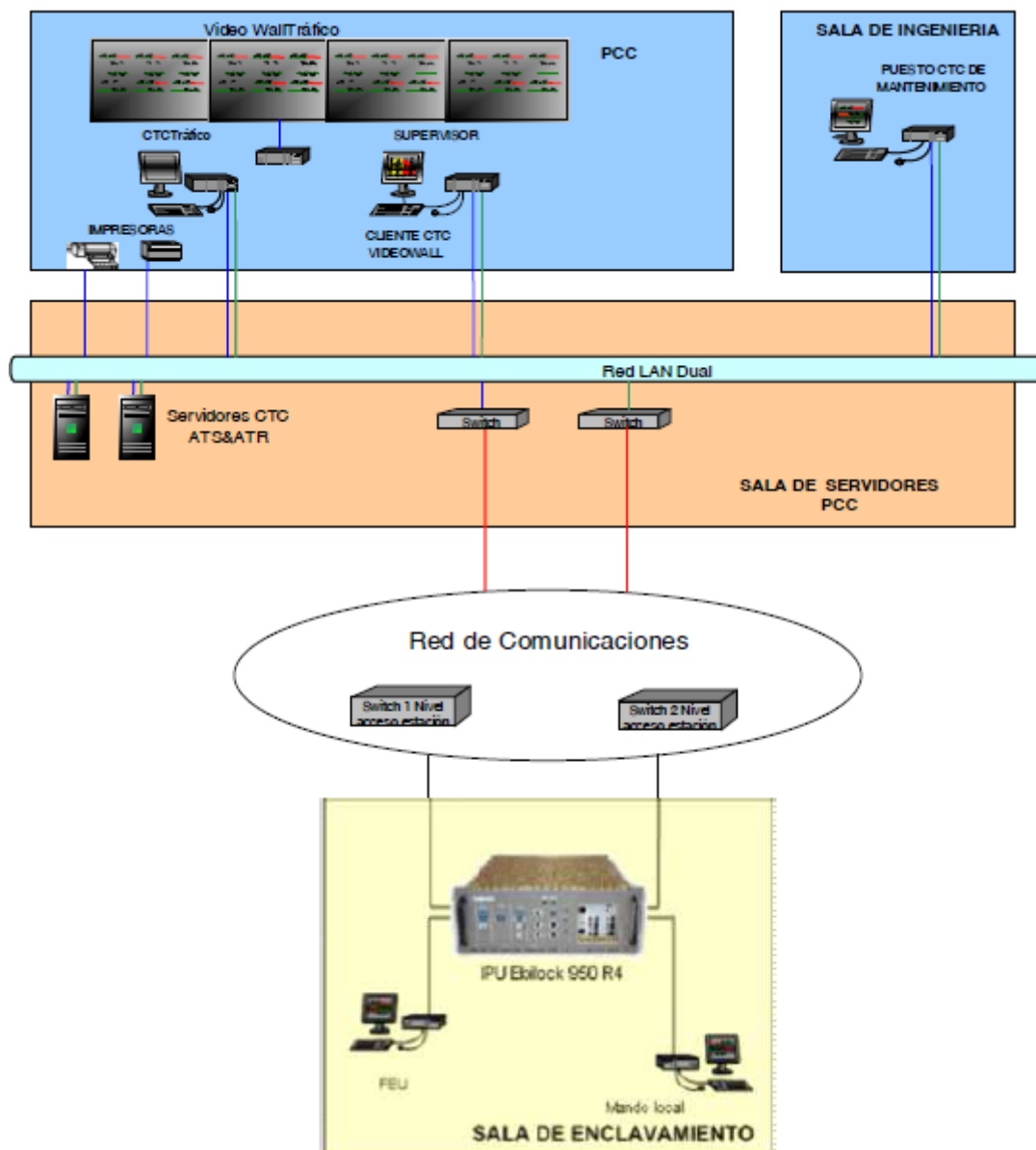


Figura 9 Arquitectura Sistema TMS

El sistema CTC está concebido con una arquitectura distribuida y redundante tipo hot-standby. Se definen tres tipos de equipos: los Servidores que contienen el núcleo SW del producto; los Clientes que se encargan de proporcionar y gestionar el interfaz de usuario para los operadores; y los equipos que permiten la interconexión entre los servidores y los clientes, así como la comunicación de los servidores con los enclavamientos.

1.6. FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

En la implementación de la funcionalidad del enclavamiento para Metro de Quito se ha considerado la existencia de dos tipos diferentes de señalización:

- Señalización ATP: la información sobre el estado de la vía se envía al sistema ATC embarcado.
- Señalización lateral luminosa: la información sobre el estado de la vía se muestra en las señales luminosas situadas a lo largo de la vía en sentido de circulación preferente.

La circulación de los trenes por la línea se podrá realizar con:

- Supervisión ATP, con cantón de circuito de vía y señalización lateral apagada. Este será el modo normal de operación y será el único en el que asegurará el cumplimiento del headway.
- Supervisión ATP, con cantón de señal a señal y señalización lateral encendida en sentido de circulación preferente; para el sentido no-preferente, existirá supervisión ATP y la señalización lateral existirá en la zona de agujas y para la realización de maniobras.
- Señalización lateral luminosa en sentido preferente; para el sentido no-preferente, la señalización lateral existirá únicamente en la zona de agujas y para la realización maniobras.

El sentido preferente se considera, por vía impar, en dirección de Quitumbe a El Labrador, por vía par en dirección de El Labrador hacia Quitumbe. Las señales ubicadas en sentido no preferente estarán apagadas normalmente, se encenderán cuando den protección de flanco, sean final de ruta en ruta de "Call-On" o sean inicio de ruta si el modo de operación es con señalización lateral encendida. Las señales ubicadas en sentido preferente en modo señalización lateral apagada, estarán siempre apagadas salvo que sean final de ruta en ruta de "Call-On", en los otros modos permanecerán encendidas.

1.7. SISTEMA COMPLETO DE SEÑALIZACIÓN

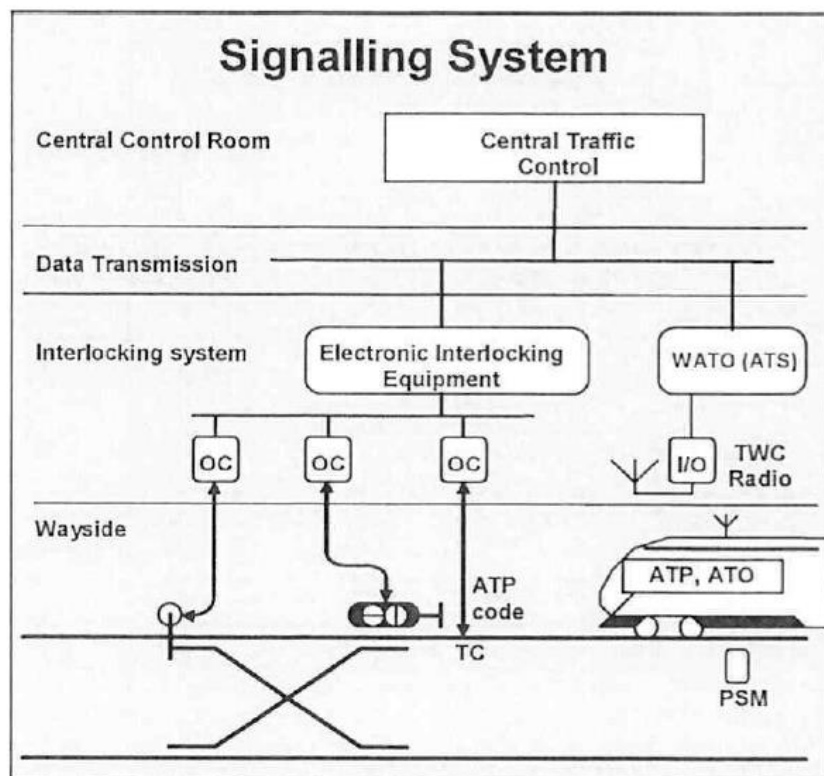


Figura 10 Arquitectura de sistema de señalización

1.8. MODOS OPERATIVOS DEL TREN

En este apartado se definen los distintos modos de funcionamiento del tren, cuando y como se usan. Los modos operativos definidos son: M+20, ATP y ATO. Además, existe un modo llamado Llave Especial (By-pass) en el cual el sistema ATC está desactivado y limitándose a visualizar la velocidad del tren a través del MMI.

1.8.1. Modo M+20

El modo M+20 es utilizado cuando el tren circula en áreas no equipadas con códigos de circuitos de vía y circulando a contravía.

El tren es manejado manualmente por el conductor. El modo M+20 se utiliza normalmente en el depósito o áreas no equipadas, donde el sistema ATC no recibe información de la vía.

El modo M+20 se solicita después de las pruebas de activación. El modo M+20 también se utiliza en la línea cuando el operador requiere que un tren pase a modo manual y cuando se circula en dirección contraria (marcha atrás).

En modo M+20 se supervisa una velocidad máxima de 20 km/h cuando se circula en dirección hacia delante y 10 km/h circulando hacia atrás.

Las magnitudes de velocidad objetivo y distancia objetivo están apagadas en el MMI en modo M+20, ya que no se realizan estas supervisiones.

Las principales acciones del sistema en modo M+20 son:

- Supervisión de la velocidad máxima del modo M+20.
- Control de los relés de permiso de puertas. La habilitación / deshabilitación de puertas se gestiona de acuerdo a las condiciones válidas para el modo M+20.
 - Supervisión de los límites de velocidad de circuito de vía dependiendo de las restricciones, si hay código, pero no está aún validado.
 - Supervisión de movimiento de deslizamiento (roll-away).
 - Determinación de cuándo el modo M+20 es inválido.

1.8.2. Modo ATP

El modo ATP es un modo de conducción manual con supervisión continua de la velocidad.

El sistema ATP supervisará que el maquinista no exceda la velocidad máxima en dirección hacia delante que ha calculado para cada circuito en función de los datos del equipo embarcado y de la información ATP recibida del enclavamiento.

Si el maquinista supera la velocidad máxima en +3km/h se aplica corte de tracción, en +6 km/h se aplica el freno de servicio y si lo hace en +9 km/h se aplica freno de emergencia.

El maquinista será el responsable de:

- Abrir y cerrar las puertas una vez que hayan sido habilitadas por el sistema ATP,
- Detener el tren sobre el punto de parada que habilita la apertura de puertas en cada andén.

El sistema ATP habilitará la apertura de puertas si ha recibido autorización del enclavamiento y se encuentra detenido en su posición de parada predefinida.

El modo ATP entrará automáticamente cuando:

- Reciba códigos de ATP que le definan el objetivo.

- exista un punto de suministro de datos válido (Datum Point) antes del objetivo. Se tendrá un punto de suministro de datos válido cuando en una transición entre dos circuitos de vía se reciba una secuencia de marcadores válida.

Acciones del sistema en modo ATP:

- Supervisión de velocidad y distancia objetivo de acuerdo a la información recibida en el código de circuito de vía.
- Control de habilitación de puertas.
- Supervisión de movimientos hacia atrás y roll-away.
- Determinar cuándo el modo ATP es inválido.
- Aplicación de freno hasta parada si se pierde el código de circuito de vía o éste no es válido. Se solicita al conductor su liberación una vez el tren está detenido y se ha de continuar en M+20.

1.8.3. Modo ATO

El modo ATO es un modo de conducción automática con supervisión continua de la velocidad. El sistema ATO realizará la conducción automática en dirección hacia delante actuando sobre la tracción y el freno de forma que puede ajustar la velocidad máxima en cada circuito al valor calculado por el sistema ATP.

El sistema ATO realizará la parada de precisión sobre el punto que habilita la apertura de puertas en cada andén. El maquinista será el responsable de:

- Abrir y cerrar las puertas una vez que hayan sido habilitadas por el sistema ATP.
- Autorizar la salida del tren de la estación.

El modo ATO se puede seleccionar cuando estando en modo ATP, se recibe del CTC la autorización de entrada en dicho modo y el maquinista autoriza la salida del tren de la estación.

1.8.4. Funcionalidad ATP

El enclavamiento envía al equipo embarcado la información ATP necesaria para su operación a través de circuitos de vía codificados. El control de los circuitos es realizado por medio de tarjetas electrónicas para control de circuitos de vía codificados (CTK).

El circuito de vía enviará a su transmisor la información que debe emitir cuando se ocupe con secuencia correcta. El sistema ATC recibe la información enviada por el enclavamiento a través de las antenas ATP o Pick Up Coils instaladas en el tren.

La información ATP enviada por el enclavamiento es codificada en un telegrama de 63 bits de longitud de los cuales 29 bits son datos útiles. El telegrama es modulado en frecuencia a partir de la frecuencia nominal de cada circuito de vía. La velocidad de transmisión del telegrama es de 2400 baudios (aproximadamente 3 telegramas por segundo).

1.8.4.1. Supervisión de Velocidad Máxima (Ceiling Speed)

El sistema ATC embarcado supervisa la velocidad máxima de operación en cada momento, advirtiendo e interviniendo si la velocidad actual es demasiado alta. La velocidad límite será el valor más bajo de todos los límites de velocidad aplicables al tren (el menor valor entre la velocidad máxima de operación, la velocidad objetivo, y la velocidad máxima del modo de operación).

La velocidad máxima teórica es la máxima velocidad que se permite al tren en el lugar en el que la cabina recibe la información desde el circuito de vía. La velocidad máxima se supervisa de manera continua en

todos los modos de funcionamiento: M+20 ATP y ATO. Esta velocidad máxima es independiente de la presencia de trenes en la línea y de restricciones en otros lugares. En modo M+20, la velocidad máxima teórica es un límite de velocidad restrictivo (el valor de velocidad máxima será 20 km/h.).

Cuando el tren alcanza una cierta posición a lo largo de la línea en la que la velocidad máxima teórica aumenta a un valor superior, el sistema ATC embarcado comprueba que la totalidad del tren ha pasado por ese lugar antes de permitir que el tren acelere hasta la nueva velocidad máxima teórica. Si un tren recibe una instrucción de velocidad máxima teórica cero, el ATC embarcado automáticamente frena el tren, que permanecerá parado mientras se siga recibiendo una instrucción de velocidad máxima teórica cero. Si la velocidad máxima teórica supervisada no es cero, el ATC la supervisará con una cierta tolerancia

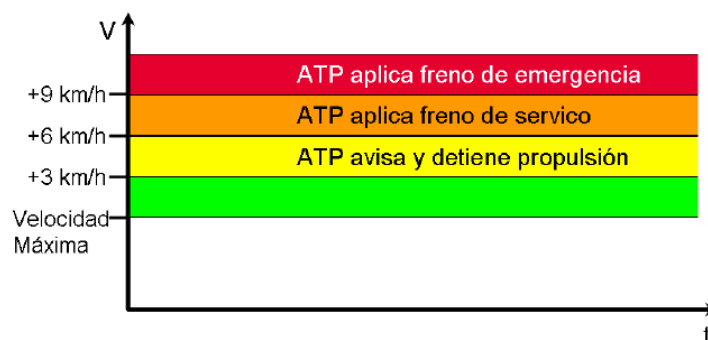


Figura 11 Supervisión de la velocidad

Si la velocidad máxima teórica nominal se sobrepasa en 3 km/h en modo ATP o M+20, el maquinista recibe un aviso acústico de disminuir la velocidad y el sistema ATC ordena corte de tracción. No se permite de nuevo la propulsión hasta que la velocidad del tren se haya reducido por debajo de la velocidad máxima teórica y el manipulador tracción/freno de la cabina del maquinista se haya situado en la posición de deriva.

Si la velocidad máxima teórica nominal se sobrepasa en 9 km/h en modo ATP, ATO o M+20, el ATC ordena la activación del freno de servicio, corte de tracción y freno de emergencia. El maquinista no puede liberar el freno de emergencia hasta que el tren esté completamente parado. De igual manera, la tracción no se recuperará hasta que el maquinista pase el manipulador por deriva.

Cuando la cabeza del tren llega a un lugar en el que el valor de velocidad máxima aumenta hasta un valor mayor, el sistema ATC comprobará que el tren rebese en su totalidad este lugar antes de permitir que se proceda a acelerar hasta la nueva velocidad máxima. Para estas situaciones es necesario que el sistema ATC conozca la longitud de tren correcta (por ejemplo, composición de tren simple o doble).

1.8.4.2. Supervisión de Velocidad Objetivo

El sistema ATC embarcado realiza una supervisión continua de la velocidad objetivo cuando se encuentra en modo ATP o ATO.

Si el tren se acerca a un objetivo más restrictivo sin adecuar su velocidad al mismo, el sistema ATC da dos advertencias al maquinista para que reduzca su velocidad antes de aplicarle freno de servicio. Si la aplicación del freno de servicio no es suficiente para alcanzar la velocidad objetivo aplicará freno de emergencia. Una velocidad objetivo más restrictiva puede aparecer por un cambio de velocidad en la línea debido al trazado, una limitación temporal de velocidad o la presencia de un tren circulando por delante. Por lo tanto, los valores velocidad objetivo y distancia objetivo puede actualizarse en cualquier circuito de vía de la línea.

El sistema ATC calcula la distancia que queda hasta el objetivo restando la distancia recorrida desde el último “punto de suministro de datos” al valor de distancia objetivo recibido en dicho punto. El sistema ATC embarcado también resta un valor fijo de distancia correspondiente al tipo de objetivo, la distancia eje del tren – cabeza y la tolerancia esperada en la determinación de la posición del “punto de suministro de datos”.

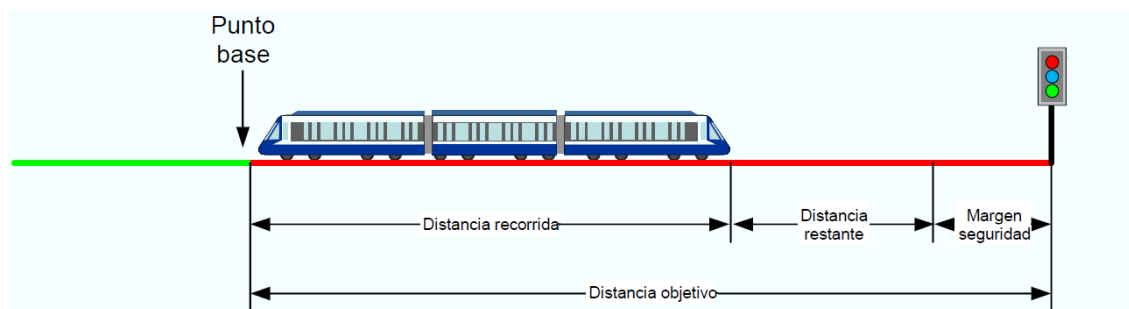


Figura 12 Definición de distancias

Si el Sistema ATC se encuentra en modo ATP/ATO y recibe una distancia objetivo 0 y una velocidad objetivo igual a 0, el sistema detendrá el tren y, una vez parado, quedará en modo ATP o podrá continuar en M+20 según el tipo objetivo recibido por parte del enclavamiento. En caso de continuar en modo M+20, se circulará a la velocidad máxima del modo hasta que se reciba un nuevo “punto de suministro de datos”.

Si el sistema ATC se encuentra en modo ATP/ATO y recibe un valor de velocidad objetivo mayor de 0, el sistema supervisará dicha velocidad como velocidad máxima. Como norma general, el sistema embarcado supervisará la velocidad más baja entre la máxima y la objetivo hasta que se tenga un “punto de suministro de datos”. Esta situación puede darse cuando el sistema ATC entra en modo ATP y recibe información del enclavamiento de que obtendrá un “punto de suministro de datos” válido antes de llegar al objetivo.

El sistema ATP utiliza el valor de “gradiente al objetivo” enviado por enclavamiento para corregir las curvas de frenado utilizadas en los cálculos de distancias de frenado. El valor del “gradiente al objetivo” es definido por el ingeniero de aplicación considerando el gradiente que tendrá el tren entre el punto donde se encuentra y el punto donde tiene el nuevo objetivo de velocidad.

Cuando el tren se aproxima a un objetivo, el sistema ATP indicará al maquinista en el MMI los datos del nuevo objetivo con el fin de que adecue su velocidad a los mismos.

Si pasados varios segundos el maquinista no adecua la velocidad, el sistema ATP generará una advertencia de tipo acústica y luminosa.

Si pasados varios segundos después de la advertencia la velocidad continua sin ser la adecuada, el sistema ATP ordenará la aplicación del freno de servicio. Si la aplicación del freno de servicio no es suficiente para lograr la velocidad objetivo se ordenará la aplicación del freno de emergencia.

Una vez que se ha alcanzado la posición del nuevo objetivo, la supervisión de objetivo se da por finalizada y se inicia la supervisión de la velocidad máxima.

ANEXO

COMPONENTES DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN

DOCUMENTO DE TRABAJO

1.9. RUBROS DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN

Código del Rubro	Descripción
DIDOTX013	Cable de tierra 1x4 AWG de Cu desnudo. Puesta a tierra de soportes.
DIJECMQ01	Puesto mando videográfico para estación, software, antivirus, gastos licencia.
DIJECMQ55	Puesto mando videográfico para Depósito de Quitumbe.
DIJECMQ60	Puesto mando videográfico para Puesto Central.
DIJECTQ06	Enclavamiento Electrónico principal Quitumbe.
DIJECTQ07	Enclavamiento Electrónico auxiliar Solanda.
DIJECTQ08	Enclavamiento Electrónico principal El Recreo.
DIJECTQ09	Enclavamiento Electrónico principal La Magdalena.
DIJECTQ10	Enclavamiento Electrónico principal San Francisco.
DIJECTQ11	Enclavamiento Electrónico principal Universidad Central.
DIJECTQ12	Enclavamiento Electrónico principal La Carolina.
DIJECTQ13	Enclavamiento Electrónico principal El Labrador.
DIJECTQ15	Enclavamiento Electrónico Depósito Quitumbe.
DIJECTQ56	Sistema de mantenimiento y supervisión del enclavamiento.
DIJECW4Q2	Puerto y cableado de conexión desde la cabina de andén hasta el cuarto de enclavamiento.
DIJECWQ34	Equipo climatización de 15 kW para cuarto de enclavamiento.
DIJECWQ77	Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) de 20 kVA. (90 minutos).
DIJECWQ78	Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) de 30 kVA. (90 minutos).
DIJECWXQ6	Módulo para el control y diagnóstico de equipos auxiliares.
DIJEVL055	Señal alfanumérica con fibra óptica en cocheras.
DIJEVL410	Señal de túnel de dos focos, tipo led.
DIJEVL412	Señal para topera de dos focos, tipo led.
DIJEVL415	Señal alta de dos focos, tipo led para cocheras.

Código del Rubro	Descripción
DIJEVL420	Señal de túnel de tres focos, tipo led.
DIJEVL440	Señal de túnel de cuatro focos, tipo led.
DIJEVL442	Señal de túnel de cuatro focos, tipo led con paso de vía en zona hormigonada.
DIJEVM006	Accionamiento eléctrico para desvío, con cerrojo de uña y paso de vía, en zona hormigonada.
DIJEVM007	Accionamiento eléctrico para diagonal, con cerrojo de uña y paso de vía, en zona hormigonada.
DIJEVM008	Accionamiento eléctrico para bretelle, con cerrojo de uña y paso de vía, en zona hormigonada.
DIJEVM051	Accionamiento eléctrico para desvío, en cochera.
DIJEVM053	Accionamiento eléctrico para bretelle, en cochera.
DIJEVM301	Calce.
DIJEVP042	Equipamiento para control de 4 toperas.
DIJEVP050	Sensores para topera.
DIJEVPQ01	Equipamiento para control de 23 toperas en Depósito.
DIJEVT031	Circuito de vía sin juntas para trayecto o estacionamiento, para A.T.P. reversible.
DIJEVT049	Circuito de vía sin juntas para zona de desvío con A.T.P.
DIJEVT051	Circuito de vía sin juntas para zona de diagonal con A.T.P.
DIJEVT053	Circuito de vía sin juntas para zona de bretelle con A.T.P.
DIJEVT061	Circuito de vía sin juntas para trayecto o estacionamiento.
DIJEVT071	Circuito de vía sin juntas 1 transmisor, 2 receptores, para zona de agujas.
DIJEVTQ21	Circuito de vía de A.T.P.
DIJEVW031	Retorno agujas cable de cobre aislado de 150mm ² .
DIJPVX051	Baliza pasiva para la localización del equipo de A.T.P. de tren.
DIJTCQ001	Servidor de Aplicación del A.T.S. en configuración Hot-Standby.
DIJTCQ003	Suministro de una red de almacenamiento SAN.
DIJTCQ004	Servidor de Base de Datos en configuración Hot-Standby.

Código del Rubro	Descripción
DIJTCQ006	KVM (Keyboard Video Mouse) para configuración de equipos en armario.
DIJTCQ007	Servidor de Interfaces Externos.
DIJTCQ009	Servidor de Pantalla Videowall.
DIJTCQ010	Servidor de regulación y enrutamiento automático.
DIJTCQ012	Servidor para Mantenimiento Centralizado.
DIJTCQ013	Puesto de operador para integraciones con dos monitores.
DIJUAX002	Cable armado de 2 pares apantallados, de 1.4 mm.Ø señal o circuito de vía.
DIJUAX003	Cable armado de 3 pares apantallados, de 1.4 mm.Ø señal o circuito de vía.
DIJUAX006	Cable armado de 6 pares apantallados, de 1.4 mm.Ø señal o circuito de vía.
DIJUAX010	Cable armado de 10 pares apantallados, de 1.4 mm.Ø señal o circuito de vía.
DIJUAX014	Cable armado de 14 pares apantallados, de 1.4 mm.Ø señal o circuito de vía.
DIJUAX301	Cable armado telefónico 1x4x1.3mm.Ø.
DIJUAX303	Cable armado telefónico 3x4x1.3mm.Ø.
DIJUAX305	Cable armado telefónico 5x4x1.3mm.Ø.
DIJUAX310	Cable armado telefónico 10x4x1.3mm.Ø.
DIJUSX002	Cable de 2 pares apantallados, de 1.4 mm.Ø señal o circuito de vía.
DIJUSX003	Cable de 3 pares apantallados, de 1.4 mm.Ø señal o circuito de vía.
DIJUSX006	Cable de 6 pares apantallados, de 1.4 mm.Ø señal o circuito de vía.
DIJUSX010	Cable de 10 pares apantallados, de 1.4 mm.Ø señal o circuito de vía.
DIJUSX014	Cable de 14 pares apantallados, de 1.4 mm.Ø señal o circuito de vía.
DIJUSX301	Cable telefónico 1x4x1.3mm.Ø.
DIJUSX303	Cable telefónico 3x4x1.3mm.Ø.
DIJUSX305	Cable telefónico 5x4x1.3mm.Ø.
DIJUSX310	Cable telefónico 10x4x1.3mm.Ø.

Código del Rubro	Descripción
DIJUWX021	Perfil guía 1.00m.
DIJUWX251	Empalme cable hasta 19 conductores.
DIJUWX255	Empalme cable más de 19 conductores.
DIJWVQ001	Equipo Electrónico vía de pruebas dinámica, en Depósito.
DIJWVXQ11	Equipo de control para las vías de pruebas estáticas de A.T.P. y A.T.O. en Depósito.
DIJWWQ010	Equipo embarcado A.T.P./A.T.O.
DIJWWQ030	Red Privada de Señalización.
ZDIJEVTQ21	Juntas Inductivas para el retorno de energía de tracción
ZDIJOCX160	Sistema de ATO Vía Radio EbiLock 350

Tabla 3 Rubros de Señalización