



bizkaiko garraio partzuergoa
consorcio de transportes de bizkaia



Consortio de Transportes de Bizkaia

**Proyecto de Señalización para la implantación del 5ª coche en
la Línea de Ferrocarril Metropolitano de Bilbao.**

Documento 2:

Pliego de Prescripciones Técnicas

ÍNDICE

1. OBJETO	1
2. ALCANCE DEL SUMINISTRO	2
2.1 TRABAJOS Y SERVICIOS.....	2
2.2 DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR.....	3
2.2.1 <i>Antes del comienzo de la ejecución de los trabajos</i>	3
2.2.2 <i>Durante la ejecución de los trabajos</i>	4
2.2.3 <i>Durante las pruebas de recepción</i>	5
3. PRESTACIONES GENERALES A CUMPLIR POR LOS SISTEMAS	6
3.1 DISPONIBILIDAD Y FIABILIDAD	6
3.2 SEGURIDAD.....	7
3.2.1 <i>Seguridad de los datos almacenados</i>	8
3.2.2 <i>Seguridad de acceso</i>	8
3.2.3 <i>Seguridad intrínseca</i>	8
3.3 MANTENIBILIDAD.....	9
3.4 FLEXIBILIDAD.....	9
4. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE	10
4.1 REGLAMENTACIÓN Y LEGISLACIÓN GENERAL	10
4.1.1 <i>Normativa ferroviaria</i>	12
4.1.2 <i>Normativa Metro Bilbao</i>	12
4.1.3 <i>Normativa Técnica General</i>	13
4.1.3.1 Normativa Eléctrica.....	15
4.1.3.1.1 Normativa sobre aparatación eléctrica	15
4.1.3.1.2 Normativa sobre cuadros eléctricos.....	16
4.1.3.1.3 Normativa sobre S.A.I.s.....	16

4.1.3.1.4	Normativa sobre instalaciones de fuerza y alumbrado	16
4.1.3.1.5	Normativa sobre Cables.....	17
4.1.3.2	Normativa sobre sistemas de climatización	20
4.1.3.3	Normativa sobre características mecánicas generales	20
4.1.3.4	Normativa sobre montaje y obras.....	21
4.2	NORMATIVA DE SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA	21
4.3	NORMATIVA APLICABLE A LAS COMUNICACIONES.....	22
5.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	24
5.1	ENCLAVAMIENTOS.....	24
5.1.1	<i>Componentes.....</i>	<i>24</i>
5.1.1.1	Subsistema de mando y supervisión.....	24
5.1.1.2	Subsistema central.....	26
5.1.1.2.1	Funcionalidad.	26
5.1.1.3	Subsistema de interfaces con elementos de campo.	27
5.1.1.3.1	Funcionalidad.	27
5.1.1.4	Subsistema de interfaces con otros enclavamientos.....	28
5.1.2	<i>Características funcionales.....</i>	<i>28</i>
5.1.2.1	Características del hardware.....	31
5.1.2.2	Características del software	31
5.1.3	<i>Características técnicas</i>	<i>32</i>
5.1.3.1	Alimentación eléctrica	32
5.1.3.2	Diseño mecánico	32
5.1.3.3	Condiciones electromagnéticas	32
5.1.3.4	Condiciones ambientales	33
5.1.3.5	Seguridad y fiabilidad	33
5.1.3.6	Ubicación de los equipos	34

5.1.3.7	Montaje	35
5.1.3.8	Mantenimiento	35
5.1.3.9	Formación.....	36
5.1.4	<i>Armarios y bastidores.....</i>	<i>36</i>
5.2	PROTECCIÓN Y OPERACIÓN AUTOMÁTICA ATP/ATO.....	38
5.2.1	<i>Descripción general.....</i>	<i>38</i>
5.2.2	<i>El entorno de los sistemas ATP / ATO</i>	<i>39</i>
5.2.2.1	Estructura general	39
5.2.2.1.1	Puesto de Mando Central.....	39
5.2.2.1.2	Enclavamientos	39
5.2.2.1.3	Modos de conducción de trenes	40
5.2.2.1.4	Modo ATP	41
5.2.2.1.5	Modo Manual.....	41
5.2.2.1.6	Modo Especial.....	41
5.2.2.2	Alcance del suministro.....	42
5.2.3	<i>EL SISTEMA ATP</i>	<i>42</i>
5.2.3.1	Características generales.....	42
5.2.3.2	Parámetros de ATP a transmitir al tren.....	43
5.2.3.2.1	Velocidad máxima teórica.....	43
5.2.3.2.2	Velocidad objetivo.....	44
5.2.3.2.3	Distancia objetivo	44
5.2.3.2.4	Pendiente media.....	44
5.2.3.3	Funciones y cálculos del sistema ATP a bordo.....	45
5.2.3.3.1	Medición del tiempo	45
5.2.3.3.2	Determinación de la longitud del tren.....	45
5.2.3.3.3	Detección de desplazamiento.....	45

5.2.3.3.4	Determinación del sentido de marcha	45
5.2.3.3.5	Cálculo de la distancia recorrida	45
5.2.3.3.6	Detección del punto base	46
5.2.3.3.7	Cálculo de la distancia restante al objetivo.....	46
5.2.3.3.8	Cálculo de la velocidad.....	46
5.2.3.3.9	Velocidad permitida	47
5.2.3.3.10	Cálculo de la deceleración	47
5.2.3.4	Operación del sistema ATP	47
5.2.3.4.1	Activación.....	47
5.2.3.4.2	Autodiagnos y comprobaciones iniciales.....	48
5.2.3.4.3	Supervisión del desplazamiento y del retroceso	49
5.2.3.4.4	Supervisión de la velocidad máxima teórica	49
5.2.3.4.5	Supervisión de la velocidad objetivo.....	51
5.2.3.4.6	Deceleración y frenado	51
5.2.3.4.7	Restricciones respecto al objetivo	52
5.2.3.4.8	Concesión de permiso de apertura de puertas	54
5.2.4	<i>EL SISTEMA ATO</i>	55
5.2.4.1	Características generales.....	55
5.2.4.2	Operación del Sistema ATO.....	55
5.2.4.2.1	Arranque del tren.....	55
5.2.4.2.2	Regulación de velocidad	56
5.2.4.2.3	Parada de precisión	56
5.2.4.2.4	Actuación del ATO en la limitación de velocidad del ATP.....	57
5.2.4.2.5	Cambio entre modos ATP y ATO.....	58
5.2.4.2.6	Especificación funcional detallada.	58
5.2.4.3	Equipos de tierra.....	58

5.2.4.3.1	Circuitos de vía sin juntas	59
5.2.4.3.2	Codificadores	59
5.2.4.3.3	Balizas	61
5.2.4.4	Equipos a bordo del tren	63
5.2.4.5	Transmisión tierra - tren	65
5.2.4.5.1	Características generales	65
5.2.4.5.2	Descripción de los telegramas	65
5.2.4.5.3	Marcadores en el telegrama	67
5.2.4.5.4	Pérdida de telegramas tierra - tren	67
5.2.4.5.5	Características técnicas	68
5.2.4.5.6	Ubicación de los equipos	70
5.2.4.5.7	Montaje	71
5.2.4.5.8	Mantenimiento	71
5.2.4.6	Armarios y bastidores	72
5.3	EQUIPOS DE CAMPO	74
5.3.1	<i>Circuitos de vía</i>	74
5.3.1.1	Componentes	75
5.3.1.2	Características funcionales	76
5.3.1.3	Configuraciones	79
5.3.1.4	Características técnicas	79
5.3.1.4.1	Alimentación eléctrica:	79
5.3.1.4.2	Diseño mecánico:	80
5.3.1.4.3	Condiciones electromagnéticas:	80
5.3.1.4.4	Condiciones ambientales:	81
5.3.1.4.5	Seguridad y fiabilidad:	81
5.3.1.5	Ubicación de los equipos	82

5.3.1.6	Montaje	82
5.3.1.7	Mantenimiento	83
5.3.2	Señales	83
5.3.2.1	Componentes	84
5.3.2.2	Características funcionales	85
5.3.2.3	Características técnicas	87
5.3.2.3.1	Alimentación eléctrica:	87
5.3.2.3.2	Diseño mecánico:	87
5.3.2.3.3	Condiciones electromagnéticas:	87
5.3.2.3.4	Condiciones ambientales	88
5.3.2.3.5	Seguridad y fiabilidad:.....	88
5.3.2.4	Ubicación de las señales.....	89
5.3.2.5	Montaje	89
5.3.2.6	Mantenimiento	90
5.3.3	Accionamientos de aguja.....	90
5.3.3.1	Componentes	90
5.3.3.2	Características Funcionales	91
5.3.3.3	Características técnicas	91
5.3.3.3.1	Alimentación eléctrica:	92
5.3.3.3.2	Diseño mecánico:	92
5.3.3.3.3	Condiciones electromagnéticas.....	92
5.3.3.3.4	Condiciones ambientales:	93
5.3.3.3.5	Seguridad y fiabilidad:.....	93
5.3.3.4	Ubicación de los equipos	94
5.3.3.5	Mantenimiento	94
5.3.4	Cajas de conexionado.....	95

5.3.5	<i>Cables de señalización</i>	96
5.3.5.1	Tipos de cables.....	96
5.3.5.2	Tipos de instalación	106
5.3.5.3	Tendido de cables.....	107
6.	PRUEBAS Y ENSAYOS.....	110
6.1	INTRODUCCIÓN.....	110
6.2	ENSAYOS EN LOS ENCLAVAMIENTOS	111
6.2.1	<i>Pruebas en vacío</i>	112
6.2.1.1	Pruebas generales.....	112
6.2.1.2	Transferencia de control.....	112
6.2.1.3	Pruebas de movimientos.....	113
6.2.1.4	Comprobación de compatibilidades.....	114
6.2.1.5	Pruebas de bloqueo.....	115
6.2.1.6	Pruebas de vueltas automáticas.....	116
6.2.2	<i>Pruebas de concordancia</i>	116
6.2.2.1	Señales.....	116
6.2.2.2	Circuitos de vía.....	117
6.2.2.3	Accionamientos de aguja	117
6.2.2.4	Bloqueos.....	118
6.2.3	<i>Pruebas dinámicas</i>	119
6.3	PRUEBAS ATP/ATO.....	119
6.3.1	<i>Pruebas en vacío</i>	120
6.3.2	<i>Pruebas de concordancia</i>	120
6.3.3	<i>Pruebas dinámicas</i>	121

1. OBJETO

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas define y detalla las características de todos los equipos y elementos necesarios para las diferentes actuaciones que habría que realizar en las instalaciones de señalización existentes en Metro Bilbao para poder funcionar con Unidades de Tracción (UT) de 90 metros de longitud.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que la instalación de los nuevos sistemas no debe afectar a la normal explotación de las instalaciones existentes.

Desde el punto de vista funcional, los equipos de señalización se han dividido en los siguientes sistemas principales:

- Enclavamientos
- ATP/ATO
- Equipos de campo

Como norma general para todos los equipos y sistemas se debe tener en cuenta que sus interfaces hacia las unidades móviles, los enclavamientos colaterales, telemando y resto de instalaciones existentes, deben ser completamente compatibles con los instalados en el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao actualmente en explotación.

2. ALCANCE DEL SUMINISTRO

2.1 Trabajos y servicios

De forma general, el alcance de los servicios a realizar por el Contratista tras la adjudicación de los trabajos de diseño, fabricación, suministro, instalación, pruebas y puesta en marcha del Sistema de Señalización será:

- Replanteo general de los trabajos para contrastar el estado real de lo construido en las obras de trazado, vía y estaciones con lo previsto en el presente Proyecto de Licitación.
- Realización del Proyecto de detalle para su aprobación por la Dirección de Obra; contrastando, con las características propias del sistema ofertado y con los datos obtenidos en el replanteo general: implantación de equipos en vía y en cuartos técnicos, cotas, dimensiones, conexiones, etc.
- Modificaciones en los aparatos de vía y en el enclavamientos existentes.
- Diseño, fabricación, pruebas en fábrica, embalaje, transporte a obra, descarga, almacenamiento, traslado de residuos a vertedero y manipulación en obra de los equipos de señalización nuevos a colocar: enclavamientos electrónicos, circuitos de vía, señales, accionamientos de aguja, cajas de conexionado y cables; de acuerdo con lo indicado en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas y en los Planos, y de forma que se de servicio a la señalización del presente tramo del F.M.B. de forma integrada con las instalaciones existentes y con Telemando desde el P.M.C.
- Diseño, fabricación, pruebas en fábrica, embalaje, transporte a obra, descarga, almacenamiento, traslado de residuos a vertedero y manipulación en obra de los equipos de ATP / ATO del presente Proyecto: bastidores, codificadores y balizas; de acuerdo con lo indicado en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas y en los Planos, y de forma que se de servicio al funcionamiento de los sistemas ATP / ATO del presente tramo del F.M.B. de forma integrada con las instalaciones existentes.
- Pruebas en fábrica y ensayos de aceptación, de acuerdo con el Plan de Pruebas del suministro a entregar por el Contratista. Los protocolos de pruebas en fábrica deberán ser entregados una vez superadas las mismas.
- Montaje completo de las instalaciones, realización de ajustes y pruebas, y puesta en marcha hasta su perfecto funcionamiento.

- Ayudas de albañilería necesarias para la correcta ejecución de las presentes instalaciones.
- Coordinación con otros Contratistas de trabajos interrelacionados: obras civiles, vía, electrificación, comunicaciones, etc.
- Obtención de todos los permisos oficiales necesarios para la puesta en servicio de las instalaciones, generando y entregando la documentación pertinente.
- Entrega de documentación completa 'según lo construido': Planos, especificaciones, listas de materiales, protocolos de pruebas, manuales de operación y mantenimiento, licencias de software, etc.
- Formación a personal de Metro Bilbao en operación y mantenimiento, incluyendo el Plan de Formación y la documentación de apoyo necesaria.
- Mantenimiento de las instalaciones durante el período de garantía (2 años).

Todo ello deberá realizarse sin alterar la normal explotación del F.M.B., por lo que deberán observarse las situaciones provisionales previstas en el presente Proyecto y cualquier otra que se produzca en el desarrollo de los trabajos.

2.2 Documentación a entregar

El Contratista deberá entregar a la Dirección de Obra en cada fase del Proyecto la documentación que se indica a continuación. Toda la documentación técnica se facilitará en idioma castellano y en papel por triplicado, además de en soporte informático.

2.2.1 Antes del comienzo de la ejecución de los trabajos

Antes del comienzo de los trabajos, el Contratista deberá preparar y entregar la siguiente documentación:

- Organización del equipo del Contratista, tanto de ingeniería como de obra.
- Planificación de la ejecución de los trabajos, tanto de ingeniería como de obra.
- Proyecto constructivo de la instalación, que deberá ser aprobado por la Dirección de Obra. El Proyecto Constructivo incluirá la siguiente documentación:

- Memoria
 - Pliego de prescripciones técnicas
 - Planos y esquemas
 - Plan de Calidad: Control de Calidad y Aseguramiento de la Calidad.
 - Plan de Pruebas
 - Plan de Fiabilidad, Disponibilidad, y Mantenibilidad
 - Plan de Formación
 - Plan de Mantenimiento
 - Estudio de Seguridad y Salud
- Todos los informes y estudios que solicite la Dirección de Obra.

2.2.2 Durante la ejecución de los trabajos

A lo largo de la fase de ejecución de los trabajos, el Contratista deberá preparar y entregar con la antelación necesaria al uso de cada documento, la siguiente documentación:

- Plan de Seguridad y Salud.
- Implantaciones de equipos.
- Canalizaciones y recorridos de cables.
- Áreas de trabajo y acopios.
- Necesidades de terceros.
- Los informes y estudios que solicite la Dirección de Obra.

Asimismo, el Contratista deberá entregar los protocolos de prueba realizados en fábrica sobre los equipos pertinentes. Antes de la realización de las pruebas (15 días) deberá contactar con la Dirección de Obra para que ésta pueda considerar su

asistencia. La no asistencia de la Dirección de Obra no eximirá al Contratista de la calidad obtenida ni de sus obligaciones.

Por último, el Contratista deberá entregar a los Organismos pertinentes toda la documentación necesaria para legalizar las instalaciones. La copia de esta documentación y los Certificados obtenidos deberán ser entregados a la Dirección de Obra.

2.2.3 Durante las pruebas de recepción

Previamente a las pruebas de recepción (2 meses), el Contratista deberá facilitar los protocolos de prueba de cada sistema a la Dirección de Obra. Estos protocolos deberán ser entregados por triplicado una vez superadas las citadas pruebas.

Durante las pruebas de recepción, el Contratista deberá entregar la documentación final completa de todas las instalaciones “según lo construido” incluyendo los planos, las especificaciones de los equipos y los programas de software (con manuales, licencias y soporte fuente) de forma que se definan en detalle las instalaciones y que sirva como soporte técnico para la operación y el mantenimiento de los equipos instalados. Esta documentación “según lo construido” deberá incluir los manuales de instrucciones de Operación y de Mantenimiento.

Finalmente, el Contratista entregará la documentación necesaria para impartir la formación al personal de Metro Bilbao.

3. PRESTACIONES GENERALES A CUMPLIR POR LOS SISTEMAS

Debido a que los Sistemas de Señalización son esenciales para la normal explotación del Metro de Bilbao, deberán reunir las siguientes características generales:

3.1 Disponibilidad y fiabilidad

Se considera de la máxima importancia aumentar al máximo el intervalo entre averías de los equipos que mantienen a los sistemas en funcionamiento.

En las Especificaciones Técnicas de cada equipo y sistema se detallan los valores exigidos en cuanto a fiabilidad y disponibilidad. En lo relativo a la señalización, este objetivo se podrá conseguir por medio de:

- Una estructura óptima de los sistemas.
- El empleo de componentes y equipos que ofrezcan un tiempo medio entre fallos muy alto.
- El empleo de equipos y sistemas con redundancia.
- Un soporte técnico que garantice reparaciones rápidas.
- La utilización de un software probado.

La disponibilidad del sistema principal al primer fallo deberá ser total, lo que implica que deberán existir redundancias en los bloques principales.

Con respecto a la coincidencia de diversos fallos que puedan perturbar al funcionamiento global, la fiabilidad del sistema se determinará por medio de dos parámetros:

- El tiempo medio entre fallos (MTBF) que perturben el funcionamiento del sistema.
- El tiempo de parada (MTTR).

El tiempo medio entre fallos (Mean Time Between Failures, MTBF) es la media de los intervalos de tiempo que transcurren entre la terminación de las operaciones de mantenimiento correctivo para subsanar un fallo y la ocurrencia del siguiente fallo.

El tiempo de parada (Mean Time To Repair, MTTR) es la media de los intervalos de tiempo que transcurren entre la detección de un fallo y la finalización de su reparación.

En función de estos dos conceptos, la disponibilidad del sistema global se puede calcular como:

$$D = (MTBF) / (MTBF + MTTR)$$

Siendo:

- D = disponibilidad
- MTBF = tiempo medio entre fallos
- MTTR = tiempo de parada

El tiempo de parada o tiempo medio para reparar (MTTR) que se debe aplicar para el cálculo de la disponibilidad deberá considerar tanto el tiempo activo de reparación como el tiempo de retardo logístico.

El tiempo activo de reparación es el tiempo necesario para detectar y sustituir el elemento que ha fallado y restaurar el equipo. El tiempo de logística dependerá de la organización de mantenimiento.

Por lo tanto, para obtener una disponibilidad elevada, el tiempo medio entre fallos deberá ser lo más alto posible, y el tiempo de parada deberá ser lo más bajo posible.

En la Oferta se deberán especificar los parámetros anteriores (MTBF, MTTR y D) de cada equipo, con indicación expresa de la organización que permite asegurar el tiempo de logística indicado.

3.2 Seguridad

Las características de seguridad de los Sistemas de Señalización se consideran a tres niveles:

- Seguridad de los datos almacenados
- Seguridad de acceso
- Seguridad intrínseca

3.2.1 Seguridad de los datos almacenados

El sistema deberá ofrecer diversas medidas de seguridad para evitar o minimizar las pérdidas de datos.

Deberá existir redundancia de datos, de forma que se permita la disponibilidad del sistema global en caso de fallo. Esta redundancia de datos deberá estar constantemente actualizada, para garantizar en todo momento que los datos reales y los redundantes son idénticos.

3.2.2 Seguridad de acceso

El acceso al sistema se deberá controlar por medio de:

- Categorías de usuario: los usuarios podrán acceder o no a determinadas funciones del sistema, dependiendo de la categoría de usuario que tengan.
- Zonas de control: los distintos elementos del sistema estarán clasificados por zonas de control para determinar quién puede actuar sobre ellos y evitar actuaciones simultáneas y / o contradictorias de dos o más personas sobre un mismo elemento.
- Claves de acceso: el acceso de los usuarios al sistema estará controlado por medio de palabras clave (passwords) personalizadas.

3.2.3 Seguridad intrínseca

El sistema completo de señalización debe estar concebido y actuar en toda situación con una respuesta de seguridad intrínseca. De manera que ante cualquier tipo de fallo que pueda producirse el comportamiento del sistema nunca será más permisivo de lo que lo sería en su funcionamiento normal.

Las órdenes sobre elementos que tengan un comportamiento activo, deberán ser enviadas en tiempo real y de una forma continua, de manera que el retardo o la falta de comunicación con un elemento suponga la inactividad de este. Por ejemplo una señal se mantendrá abierta si recibe continuamente la orden de apertura.

Las comprobaciones de elementos de campo deben recibirse igualmente en tiempo real y constantemente. De manera que la pérdida del estado de cualquier elemento de campo que intervenga en una decisión provoque la anulación de la misma. Por

ejemplo la falta de comprobación de una aguja impedirá el envío de cualquier código ATP autorizando movimientos que atraviesen la misma.

3.3 Mantenibilidad

La estructura del sistema será modular y estará formada por unidades que realicen tareas específicas, a fin de conseguir una fácil comprobación y mantenimiento de cada unidad funcional.

En general, todos los equipos y sistemas deberán disponer de un sistema de autodiagnos que verifique su correcto funcionamiento.

Los fabricantes de todos los elementos que formen parte del suministro deberán disponer de oficinas de distribución y de servicios técnico en Bilbao o zona metropolitana.

3.4 Flexibilidad

El sistema en su conjunto deberá ser modular y permitir extensiones y modificaciones que permitan a Metro Bilbao ampliar las instalaciones.

Hasta donde sea posible, se deberán emplear en el sistema las Normas internacionales relativas a sistemas abiertos, tanto para hardware como para software.

4. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

A continuación se expone la Reglamentación y Normativa general que se debe aplicar en los trabajos de diseño, fabricación, suministro, instalación, pruebas y puesta en marcha del Sistema de Señalización del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao. Será también de aplicación la Normativa particular indicada en los puntos del Pliego correspondientes a cada equipo.

Como directiva general, se deberán cumplir todas las Normas de Metro Bilbao, y las de aplicación al proyecto de entre las vigentes: UNE, CEI, UIC, RENFE, UNESA, en su publicación más reciente en el momento de adjudicación de los trabajos.

También serán de aplicación cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos Oficiales que guarden relación con las obras del presente Proyecto, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas.

En caso de discrepancia entre las diferentes Normas, y salvo indicación expresa de lo contrario en el presente Proyecto o por la Dirección de Obra, se entenderá como válida la prescripción más restrictiva.

Si alguna de las disposiciones hace referencia a otras que hayan sido derogadas o modificadas, se entenderá que dicha derogación o modificación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

4.1 Reglamentación y Legislación General

Serán de aplicación:

- Pliego de cláusulas administrativas particulares que rigen la Licitación, Adjudicación y Desarrollo de este Contrato, aprobado por el Órgano de Contratación.
- Real Decreto 1098/2001 de 12 de Octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (texto refundido aprobado por Real Decreto Legislativo 2/2000 de 16 de Junio)

- P.C.A.G. Pliego de Cláusulas Administrativas para la contratación de obras del Estado de 31 de Diciembre de 1970.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995.
- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2004 de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención modificado por el Real Decreto 780/1998, de 30 de Abril
- Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE 23/4/1997).
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud de los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción (BOE 25/10/1997).
- Real Decreto 773/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización de equipos de protección individual.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de Noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1627/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de la construcción, modificado por Real Decreto 604/2006, de 19 de Mayo. Añade una disposición Adicional Única.

- Normas de Intervalos y Procedimiento de Ejecución de Trabajos en la red de Metro Bilbao.
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- Convenio Colectivo Provincial Siderometalúrgico.
- Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de Marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Ordenanza de Trabajo para la Industria Siderometalúrgica (O.M. 29/7/1970) (BOE 25/8/1970). Normas complementarias de la Ordenanza Siderometalúrgica para los Trabajos de Tendido de Líneas de Conducción de Energía Eléctrica y Electrificación de Ferrocarriles (O.M. 18/5/1973).

4.1.1 Normativa ferroviaria

- Normas y Especificaciones Técnicas de RENFE y ADIF.
- U.I.C. Normas de la Unión Internacional de Ferrocarriles.
- Reglamento Sector Ferroviario R.D. 2387/2004 de 30 de diciembre
- ENV 50121. Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética.
- Ficha UIC 704 R. Sistemas de transporte ferroviario. Compatibilidad electromagnética
- Ficha UIC 737 4R. Disposiciones para limitar las perturbaciones de las instalaciones a corrientes débiles originadas por la tracción eléctrica
- Ensayos realizados por el Instituto Europeo de Investigación Ferroviaria ENNRI.

4.1.2 Normativa Metro Bilbao

Será de obligado cumplimiento:

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Metro Bilbao.
- Plan Estratégico de Prevención y Control de Riesgos Laborales de Metro Bilbao
- Reglamento de Circulación y Señales de Metro Bilbao (MB-6-DT-016).

- Normas de Intervalos y Procedimiento de ejecución de trabajos en la red de Metro Bilbao. Normativa Técnica
- SE-1-DE—046 Norma de Seguridad para trabajos que afecten o puedan afectar al gálibo de vía

Procedimientos de Empresa:

- P-207-3. Requerimientos de personal de Contratas para trabajos en vía
- P-208-3. Requerimientos exigibles a la maquinaria pesada de vía

Instrucciones Operativas:

- IO-302-1. Norma general de utilización de EPI's
- IO-303-2 Norma general de utilización de ropa de alta visibilidad
- IO-371-1 Trabajos sin tensión.
- IO-372-1 Trabajos con tensión
- IO-374-1 Trabajos en proximidad
- IO-375-1 Trabajos eléctricos en locales de riesgo
Será normativa de referencia.
- IO-305-8 Procedimiento de corte nocturno de corte de tensión en catenaria
- IO-329-1 Carga y descarga de carriles
- IO-350-1 Norma general para el manejo de cargas
- IO-352-1 Norma general para el manejo de herramientas manuales
- IO-353-1 Norma general para el manejo de herramientas portátiles

4.1.3 Normativa Técnica General

Serán de aplicación:

- NBE-EA 95 Norma Básica de la Edificación. Estructuras de Acero en la Edificación.
- NTE Normas Tecnológicas de la Edificación

- Norma Europea, en su última edición.
- U.N.E. Normas UNE del Instituto Español de Normalización.
- Reglamento de Seguridad Contra incendios en Establecimientos Industriales recogido en el R.D. 786/2001 de 6 de julio de 2001.
- Real Decreto 1909/81 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, de 24 de Julio de 1981, referente a la Norma NBE CA-81 de “Condiciones acústicas en los edificios”, publicado en el Boletín Oficial del Estado el 7 de Septiembre de 1981.
- Real Decreto 2115/82 del 12 de Agosto de 1982, referente a la modificación de la norma NBE CA-81 sobre las “Condiciones acústicas en los edificios”, y corrección de errores, publicado en el Boletín Oficial del Estado los días 3 de Septiembre y 7 de Octubre de 1982.
- Decreto 2414/1961 de la Presidencia del Gobierno, de 30 de Noviembre de 1961, referente al “Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas” (capítulo III), y corrección de errores, publicados en el Boletín Oficial del Estado los días 7 de Diciembre de 1961 y 7 de Marzo de 1972, respectivamente.
- Orden del Ministerio de Gobernación del 15 de Marzo de 1963, referente a las “Instrucciones complementarias para la aplicación del reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas”, publicado en el Boletín Oficial del Estado el 2 de Abril de 1963.
- Ley 38/1972 de la “Jefatura del Estado”, de 22 de Diciembre de 1972, referente a la “Protección del ambiente atmosférico”, publicada en el Boletín Oficial del Estado el 26 de Diciembre de 1972.
- Decreto 833/1975 del Ministerio de Planificación del Desarrollo, de 6 de Febrero de 1975, referente al desarrollo de la “Ley de protección del ambiente atmosférico”, y corrección de errores, publicados en el Boletín Oficial del Estado los días 22 de Abril y 9 de Junio de 1975, respectivamente, junto con la modificación, publicada el 23 de Marzo de 1979 en el mismo Boletín.
- Real Decreto 2177/96 del Ministerio de Fomento, de 4 de octubre de 1996, referente a la Norma Básica NBE CPI-96 de “Condiciones de protección contra incendios en los edificios”, publicado en el Boletín Oficial del Estado el 24 de octubre de 1996.

4.1.3.1 Normativa Eléctrica

- R.E.B.T. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- R.C.E. Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Directiva B.T :73/23/CEE
- Directiva C.E.M :89/336/CEE
- Normas CENELEC: Instalaciones eléctricas de Baja Tensión
- C.E.I. Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional.
- UNESA Recomendaciones de la Unión Eléctrica, S.A.
- UNE 21 401.- Códigos para designación de colores.
- CEI 660.- Insulators – Test on indoor post insulators of organic material for systems with nominal voltages greater than 1000 V up to not including 300 kV.
- CEI 664: Ordenanza de aislamiento en redes de BT.

4.1.3.1.1 Normativa sobre aparata eléctrica

- UNE 60 898.- Interruptores magnetotérmicos.
- Normas internacionales de aparata de Baja Tensión
- UNE 60 947 : Aparata de Baja Tensión.
- UNE 20 109 : Aparata de mando de Baja Tensión.
- UNE 20 119 : Auxiliares de mando de Baja Tensión.
- UNE 20 129 : Interruptores y seccionadores de Baja Tensión de corte al aire
- UNE 60 309 : Tomas de corriente para usos industriales
- CEI 60694.- Estipulaciones comunes para las normas de aparata de alta tensión.

4.1.3.1.2 Normativa sobre cuadros eléctricos

- UNE EN 60 439.- Conjuntos de aparata de baja tensión.
- UNE EN 60 439.1: Diseño y construcción de cuadros eléctricos de Baja Tensión.
- UNE 20 098: Conjuntos de aparata de Baja Tensión montados en fábrica.
- CEI 695.2.1: Ensayos de comportamiento frente al fuego.

4.1.3.1.3 Normativa sobre S.A.I.s

- UNE EN 50 091.1; 1996: Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI). Parte 1: Prescripciones generales y prescripciones de seguridad.
- UNE EN 50 091.2; 1997: Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI). Parte 2: Prescripciones para la compatibilidad electromagnética (CEM).
- UNE EN 50 091.2 CORR; 1999: Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI). Parte 2: Prescripciones para la compatibilidad electromagnética (CEM).
- EN UNE 60 146.3: Convertidores en corriente continua con semiconductores.
- CEI 478: Alimentadores estabilizados en corriente continua.
- DIN 40 745: Baterías ácidas de recombinación de gas.
- DIN 41 179.1: Convertidores estáticos. Curvas de carga de baterías ácidas.
- DIN 45 635: Medida de ruido en máquinas.
- DIN VDE 0510: Instalaciones de baterías fijas.

4.1.3.1.4 Normativa sobre instalaciones de fuerza y alumbrado

- UNE 20 392; 1993: Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia con lámparas de fluorescencia. Prescripciones de funcionamiento.
- UNE 72 153; 1985: Niveles de iluminación. Asignación de tareas visuales.
- UNE 72 160; 1984: Niveles de iluminación. Definiciones.

- UNE 72 161: Niveles de iluminación. Especificación.
- UNE 72 162; 1985: Alumbrado de emergencia. Clasificación y definiciones.
- UNE 72 251; 1985: Luminarias para alumbrado de emergencia de evacuación. Condiciones físicas para las medidas fotométricas.
- UNE EN 60 598.2-22: 1993: Luminarias. Parte 2: Requisitos particulares. Sección 22: Luminarias para alumbrados de emergencia (versión oficial en 60 598.2-22; 1990)

4.1.3.1.5 Normativa sobre Cables

- IEC / CEI 423.- Diámetros normalizados.
- UNE 20 314.- Reglas de seguridad de material eléctrico para baja tensión.
- UNE 21 022.- Conductores de cables aislados.
- UNE 21 141.- Cables de aluminio y acero.
- UNE 2113.2; 1999: Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 2: Cable con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo.

Normas relativas a:

- Incendio:
 - IEC 3332.3.
 - UNE 20 431.- Características de los cables eléctricos resistentes al fuego.
 - UNE 20-432.3. Ensayos de cables sometidos al fuego.
 - CEI 695.2.1: Ensayos de comportamiento frente al fuego.
 - NF C 30070C1.
 - UNE 20427 P1.
 - IEEE 383.
- Emisión de halógenos:

- UNE 21147/1.
- IEC / CEI 754.- Sin emisión de halógenos / sin corrosividad.
- CEI 20-37.
- BS 6425/1.
- Toxicidad:
 - RAPT K-20.
 - CEI 20-37.
 - NF C 20454.
 - UIT/APTA.
 - NES 713.
- Corrosividad:
 - IEC 60754/2.
 - NF C 20453.
 - VDE 0472.
 - Pr. UNE 21147/2.
- Opacidad:
 - UNE 21172/1.
 - UNE 21172/2.
 - IEC 1034/1.
 - IEC 1034/2.
 - BS 6724.
 - CEI 20-37 P3.

- NES 711.
- RAPT K-20.
- UITP/APTA (2).
- Retardo de la llama:
 - UNE EN 50265-1.
 - UNE EN 50265-2-1.
 - IEC / CEI 332.- Prueba de propagación de llama / de incendio.
 - UNE 20 427.- Ensayo de propagación de la llama.
- Densidad de humos:
 - UNE EN 50268-1.
 - UNE EN 50268-2.
 - UNE 21 172.- Medida de la densidad de humos.
 - IEC / CEI 1034.- Sin desprendimiento de humos opacos.
- Toxicidad y corrosividad de humos:
 - UNE EN 50267-1.
 - UNE EN 50267-2-2.
 - UNE EN 50267-2-3.
 - IEC 60754-2
 - UNE 21 174.- Sin toxicidad.
- Bajo contenido en halógenos:
 - UNE EN 50267-1.
 - UNE EN 50267-2-1.

- IEC 60754-1

4.1.3.2 Normativa sobre sistemas de climatización

- NBE-CT: Condiciones térmicas.
- NBE-CA: Condiciones acústicas.
- Reglamento de Instalaciones de Calefacción y Ventilación, Instrucciones Técnicas (ITIC) del Ministerio de Industria.
- UNE 100 001: Climatización. Condiciones climáticas para proyectos.
- UNE 100 011: Calidad del aire en la climatización de locales.
- UNE 100 014: Climatización. Condiciones exteriores de cálculo.

4.1.3.3 Normativa sobre características mecánicas generales

- DIN 40 040.- Condiciones ambientales.
- DIN 40 050.- Grados de protección.
- EN 22 247.- Pruebas de vibraciones.
- EN 22 248.- Pruebas de impacto vertical.
- EN 50 121.- Compatibilidad electromagnética.
- EN 50 125.- Condiciones ambientales.
- EN 50 167.- Interferencias electromagnéticas.
- EN 50 169.- Interferencias electromagnéticas.
- EN 50 173.- Interferencias electromagnéticas, calidad del enlace.
- IEC / CEI 60 529.- Grados de protección.
- IEC / CEI 61 140.- Protección frente a choques eléctricos.
- UNE 36 086.- Chapa laminada en frío.

- UNE 41 952.- Falsos suelos.
- UNE 41 953.- Falsos suelos.
- Recomendaciones ATEG para aceros galvanizados.
- Recomendaciones INTA.

4.1.3.4 Normativa sobre montaje y obras

- UNE 20 060.- Condiciones de seguridad de herramientas eléctricas.
- UNE 20 460.- Instalaciones eléctricas en edificios.
- UNE 21 706.- Tubos y pértigas aislantes para trabajos en tensión.
- UNE 21 720.- Dispositivos de puesta en cortocircuito y a tierra para baja tensión.
- UNE 60 984.- Manguitos para trabajos en tensión.
- UNE 61 229.- Protectores rígidos para trabajos en tensión.

4.2 Normativa de Señalización Ferroviaria

Serán de aplicación:

- Reglamento de Circulación y Señales de Metro Bilbao.
- CENELEC EN 50 126. Ejercitación y demostración de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad.
- CENELEC EN 50 128. Comunicaciones, señalización y sistemas de proceso. Software para sistemas de control y protección ferroviaria.
- CENELEC EN 50 129. Comunicaciones, señalización y sistemas de proceso. Seguridad en sistemas electrónicos de señalización.
- R009-001: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y proceso. Fallos peligrosos y niveles de integridad de seguridad (SIL).
- R009-004: Aplicaciones ferroviarias. Asignación sistemática de requisitos de integridad de seguridad.

4.3 Normativa Aplicable a las Comunicaciones

Serán de aplicación:

- Ley 11/1998 General de Telecomunicaciones y RRDD que la desarrollan.
- EN 50081. Compatibilidad electromagnética. Norma genérica de emisión.
- EN 50082. Compatibilidad electromagnética. Norma genérica de inmunidad.
- ENV 50121. Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética.
- EN 50122-1. Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Parte 1: medidas de protección relativas a seguridad eléctrica y puesta a tierra en instalaciones fijas.
- EN 50122-2. Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Parte 2: medidas de protección contra los efectos de las corrientes vagabundas causadas por los sistemas de tracción eléctrica de corriente continua.
- EN 50124. Aplicaciones ferroviarias. Coordinación de aislamiento.
- EN 50125. Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para los equipos.
- EN 50126. Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS).
- EN 50128. Aplicaciones ferroviarias. Software para sistemas de protección y control de ferrocarriles.
- ENV 50141. Compatibilidad electromagnética. Norma básica de inmunidad. Perturbaciones conducidas debidas a campos de radiofrecuencias inducidos. Ensayos de inmunidad.
- EN 50159-1. Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Parte 1: Comunicación de seguridad en sistemas de transmisión cerrados.
- EN 50159-2. Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Parte 2: Comunicación de seguridad en sistemas de transmisión abiertos.
- EN 50261. Aplicaciones ferroviarias. Montaje de equipos electrónicos.

- EN 55022. Límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones radioeléctricas de los equipos de tecnología de la información.
- EN 60529/IEC 529. Especificación de los grados de protección proporcionados por los alojamientos (código IP).
- Directriz CCITT relativa a la protección de líneas de telecomunicación contra acciones nocivas de líneas eléctricas.

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La descripción siguiente presenta las instalaciones de los Sistemas de Señalización del ferrocarril metropolitano de Bilbao. El sistema de señalización permite la circulación de los trenes con seguridad y respetando el espaciamiento deseado.

Se divide en los subsistemas siguientes:

- Enclavamientos.
- Protección y operación automáticas ATP/ATO.
- Equipos de campo.

5.1 ENCLAVAMIENTOS

Los enclavamientos serán las instalaciones que gobernarán la compatibilidad de acciones y situaciones, de manera que garanticen la seguridad de las circulaciones en la vía. Esto se concretizará autorizando los movimientos solicitados únicamente mientras se cumplan todas las condiciones de seguridad.

La lógica de tratamiento de datos y la toma de decisiones estará programada en una estructura software que se ejecutará en un entorno de nivel de integridad de la seguridad (SIL4).

5.1.1 Componentes

Los enclavamientos dispondrán al menos de los siguientes subsistemas:

5.1.1.1 Subsistema de mando y supervisión.

Desde un punto de vista funcional, el subsistema de mando y supervisión será capaz de proporcionar los servicios siguientes:

- Petición de establecimiento y anulación de rutas.
- Petición de establecimiento y anulación de vueltas automáticas.
- Petición de movimiento independiente de cada aguja o escape.

- Petición de regulación de cada señal principio de ruta.
- Petición de cese de transmisión de códigos ATP.
- Inhibición de la acción sobre el subsistema. (Anulación de mandos).
- Petición normal y de emergencia del control sobre el enclavamiento.
- Petición de establecimiento y anulación del bloqueo con cada enclavamiento colateral, de forma independiente por cada vía.
- Petición de revisión de la integridad de las indicaciones.
- Representación independiente del estado de ocupación de cada circuito de vía.
- Representación de la traza de circuitos a recorrer por el tren para cada movimiento autorizado.
- Representación independiente del estado de enclavamiento de cada aguja.
- Representación independiente de la comprobación de posición de cada aguja.
- Representación del aspecto actual de cada señal luminosa en el campo.
- Representación de rutas en formación y en proceso de destrucción.
- Representación de indicaciones de alarma.

El conjunto de las representaciones en todo el subsistema deberá actualizarse en tiempo real. Las órdenes generadas por el elemento de mando activo deberán transmitirse en tiempo real.

El subsistema de mando y supervisión dispondrá de al menos tres módulos de interfases para operador:

- Cuadro de mando local.
- Mando local videográfico.
- Mando Centralizado.

5.1.1.2 *Subsistema central.*

El subsistema central será el órgano de decisión del enclavamiento. En él se recopilará y almacenará toda la información disponible: Entradas de campo, comandos del operador y estados internos. Esta información se procesará de acuerdo a la configuración y la lógica de tratamiento programada y como resultado se calcularán las órdenes y estados para todas las salidas del enclavamiento, tanto hacia los elementos de campo, como hacia los subsistemas de supervisión y mantenimiento.

El subsistema central es especialmente sensible en cuanto a las necesidades de disponibilidad por lo que dispondrá de una configuración física que garantice la disponibilidad del enclavamiento en los términos definidos en el apartado de disponibilidad y fiabilidad.

5.1.1.2.1 Funcionalidad.

En el subsistema central se almacenaran todos los datos genéricos y de configuración necesarios para definir la composición del enclavamiento y su estado instantáneo. Cada objeto del enclavamiento (señal, aguja, circuito de vía,...) estará representado por un conjunto de variables que definan perfectamente la naturaleza, características, y el estado actual del objeto. La funcionalidad del enclavamiento respetará las normas de circulación del FMB. Se proporcionarán las funciones necesarias tanto para el control individual de los aparatos como para su funcionamiento conjunto en el marco de los movimientos. Deberán poderse atender todas las peticiones del operador del sistema de mando, mientras se respeten las condiciones de seguridad de las circulaciones y las del cuadro de movimientos incluido en el Documento Planos.

El subsistema central dispondrá de una función de almacenamiento de información en un fichero histórico en el que se refleje con hora y fecha cada uno de los eventos significativos en el comportamiento de la instalación:

- Comandos del operador activo.
- Comprobación de cada aparato de campo.
- Indicaciones enviadas al sistema de supervisión.
- Ordenes enviadas a cada aparato de campo.

- Alarmas señaladas por el sistema.

El fichero de almacenamiento será conservado aun en caso de caída o desconexión del sistema y almacenará, como mínimo, los datos generados durante los últimos 5 días de explotación normal.

En caso de caída del sistema o falta de alimentación durante un tiempo suficiente como para consumir la energía almacenada en el SAI, el sistema reanudará al normalizarse la situación, sin que sea necesaria intervención sobre el mismo.

5.1.1.3 Subsistema de interfaces con elementos de campo.

Como medio para interactuar con todos los dispositivos instalados en campo, el enclavamiento dispondrá de una serie de módulos de interfaz que proporcionarán para cada tipo de elemento los parámetros necesarios para determinar perfectamente su estado. Se definen interfases para los siguientes tipos de objetos:

- Señales.
- Accionamientos de aguja.
- Circuitos de Vía.
- Genéricos.

El enclavamiento proporcionará como mínimo interfaces de seguridad, capaces de mantener el nivel de integridad de la seguridad SIL 4. Se podrán utilizar interfaces de un nivel SIL inferior para funciones no críticas para la seguridad como la detección de ciertos pulsadores o el encendido de algunas indicaciones.

Para una descripción más concreta de la interfaz con cada tipo de objeto ver el apartado específico de ese objeto.

5.1.1.3.1 Funcionalidad.

El interfaz proporcionado para cada objeto transformará el valor de la o las variables de entrada y salida asociadas al objeto para su tratamiento interno en el subsistema central en niveles de tensión y energía adecuados para la actuación directa sobre los objetos de campo. (Lámparas, motores, relés...)

5.1.1.4 *Subsistema de interfaces con otros enclavamientos.*

Con el objeto de poder autorizar movimientos más allá del límite geográfico controlado por el enclavamiento, éste dispondrá de los interfaces necesarios para intercambiar las informaciones de seguridad y auxiliares con los enclavamientos colaterales.

5.1.2 **Características funcionales.**

A continuación se presentan las principales características funcionales de la señalización del FMB.

- Movimiento individual de Agujas.
 - El enclavamiento permitirá el movimiento individual de las agujas independientes y conjunto de las agujas conjugadas. Será condición para autorizar este movimiento que la aguja no esté enclavada como parte de una ruta, que su circuito de vía este libre y en caso de formar parte de un escape que su conjugada cumpla estas mismas condiciones.
- Establecimiento de bloqueo.
 - El bloqueo entre dos enclavamientos enclavará la orientación del sentido de circulación para cada vía que los comunica de forma que se impida circular simultáneamente a dos trenes en sentido contrario. El bloqueo se podrá establecer de forma manual y automática. Bien por un comando directo del operador, bien por el establecimiento de un movimiento de salida. Para establecer el bloqueo, él mismo deberá encontrarse en estado neutro (sin ningún sentido de circulación definido), deberán estar libres todos los circuitos de vía entre los dos enclavamientos y no podrá estar enclavado ningún movimiento incompatible. La participación de los dos enclavamientos colaterales deberá ser activa. El enclavamiento que reciba una circulación deberá indicar continuamente la disponibilidad de su parte de la vía. Deberá igualmente indicar las condiciones necesarias para la apertura de la señal colateral que autorice a circular hasta el enclavamiento colateral.
- Anulación bloqueo.

- El bloqueo establecido entre dos enclavamientos podrá anularse de forma manual y automática. Bien por un comando del operador, bien por la anulación manual del movimiento de salida que lo requería, bien por la llegada de un tren al enclavamiento colateral. Para poder anular el bloqueo deberán encontrarse libres todos los circuitos de vía del trayecto entre las estaciones además no podrá haber ningún movimiento de salida enclavado por esa vía.
- Establecimiento de movimientos.
 - Cuando el operador lance una petición de establecimiento de movimiento, el enclavamiento realizará de forma automática todas las operaciones necesarias para autorizarlo:
 - Comprobará que no existan otros movimientos o partes de movimientos incompatibles enclavados o en proceso de formación.
 - Para los movimientos en sentido de salida, comprobará que el bloqueo por la vía de destino no se encuentre establecido en sentido contrario.
 - Comprobará que estén libres todos los circuitos de vía que formen parte del movimiento.
 - Para los movimientos de salida, establecerá el bloqueo.
 - Orientará y enclavará convenientemente las agujas que formen parte de la ruta o la protejan en sus flancos.
 - Encenderá con el color adecuado las señales que autoricen y señalen el movimiento, tanto la señal origen del movimiento como las intermedias hasta el destino.
 - Enviará las informaciones del estado del movimiento al sistema ATP/ATO.
- Anulación automática de movimientos.
 - Con el paso de la circulación en su secuencia de ocupación y liberación de circuitos de vía, se irán liberando los tramos de vía y elementos situados sobre ellos de manera que queden disponibles para el establecimiento de otros movimientos.
- Anulación manual de movimientos.

- El operador podrá solicitar una anulación manual del movimiento. La respuesta del enclavamiento estará condicionada por la ocupación de los circuitos de vía involucrados:
- Si todos los circuitos de vía de la ruta y de su proximidad están libres, el movimiento se anulará inmediatamente. En caso de que la formación del movimiento hubiera establecido un bloqueo en sentido de salida se anulará también éste.
- Si se encontrara ocupado algún circuito de vía considerado como proximidad del movimiento, la señal origen del movimiento se cerrará inmediatamente pero el movimiento no se desenclavará hasta haber transcurrido una temporización de protección. La temporización y el proceso de anulación se detendrán en caso de que la circulación rebase la señal cerrada origen del movimiento.
- Secuencias erróneas.
 - Si por error el paso de una circulación no realizara correctamente la secuencia de liberación, el movimiento o tramo del movimiento a partir de la secuencia incorrecta quedará enclavado.
 - Podrán anularse tramos de movimientos enclavados siempre que se encuentren libres todos los circuitos de vía del tramo.
- Sucesiones automáticas.
 - Podrá definirse para cada movimiento el restablecimiento automático del movimiento tras el paso una circulación.
- Vueltas automáticas.
 - Se podrán definir secuencias de establecimiento automático de movimientos a la llegada de las circulaciones, de manera que el enclavamiento autorice los movimientos de maniobra necesarios para que el tren de la vuelta.
- Degradación de aspectos.
 - En caso de que las condiciones para la apertura de una señal desaparezcan, la orden de encendido se aplicará a su aspecto más restrictivo.

5.1.2.1 *Características del hardware*

Se admitirán a licitación las configuraciones hardware de sistemas informáticos que estén internacionalmente admitidas como capaces de proporcionar los niveles requeridos en el apartado de seguridad y fiabilidad.

La respuesta hardware del sistema será segura ante fallos, de manera que la situación producida por cualquier fallo resulte más restrictiva que la existente antes de producirse el fallo.

Todas las entradas y salidas de los equipos instalados en cabina estarán protegidas contra cortocircuitos y sobretensiones de al menos 2500 V. Dispondrán de aislamiento galvánico y proporcionarán una rigidez dieléctrica de 1500 V.

El enclavamiento dispondrá de un sistema de registro permanente que permita la trazabilidad y reconstrucción de la historia de la actividad de la instalación, incluso tras una parada del sistema.

El tiempo total de respuesta del sistema desde que se produzca un evento en el campo hasta que se manifieste la respuesta en campo del enclavamiento no alcanzará los 3 segundos.

Para favorecer las labores de mantenimiento y repuestos de los sistemas, los pequeños equipos comerciales tipo PLC serán preferiblemente del mismo tipo y modelo que los instalados en los últimos enclavamientos.

5.1.2.2 *Características del software*

El licitador presentará en su oferta los mecanismos utilizados en el sistema propuesto para asegurar todos los requisitos de seguridad, fiabilidad y disponibilidad requeridos para este proyecto.

El sistema operativo deberá tratar la información recibida en tiempo real. Todas las decisiones de la lógica de control se tomarán basadas en información actual. Tanto la información recibida de estados del campo como las órdenes enviadas deberán refrescarse continuamente.

La estructura del software del enclavamiento estará constituida de módulos. Se dispondrá de módulos separados para la programación de la lógica de decisión y la configuración del enclavamiento. Este diseño estará preparado de manera que, en

caso de modificaciones se minimicen las pruebas y procesos para garantizar el respeto de la seguridad, la no regresión, y la funcionalidad.

El contratista proporcionará toda la documentación que describa funcional y técnicamente las características del sistema instalado con precisión. Esta documentación estará generada y controlada de acuerdo a un proceso de calidad tal y como lo establece la normativa ISO 9001.

Se prestará especial atención al control de versiones de los diferentes componentes del sistema que deberá permitir una trazabilidad completa y sencilla, asegurando la utilización de la versión adecuada en cada momento.

Entre los documentos entregados se encontrará el plan de verificación y validación con toda su estructura asociada y todos sus componentes.

5.1.3 Características técnicas

5.1.3.1 Alimentación eléctrica

El conjunto de los enclavamientos se alimentarán a 230 V c.a desde las acometidas del sistema S.A.I. convenientemente protegidas. El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión define los valores de fluctuación de la tensión de alimentación que los distintos equipos de los enclavamientos deberán poder soportar.

Cualquier otro nivel de tensión necesario para el funcionamiento correcto de los equipos del enclavamiento será suministrado por el adjudicatario del proyecto como parte del mismo.

5.1.3.2 Diseño mecánico

Todos los componentes del enclavamiento se instalarán protegidos en armarios normalizados. Cada uno de los elementos del enclavamiento así como el conjunto del mismo deberá soportar las condiciones ambientales propias de la instalación.

5.1.3.3 Condiciones electromagnéticas

Será de aplicación la normativa referente a las condiciones de compatibilidad electromagnéticas en instalaciones de comunicaciones y señalización EN 50121.

Se instalarán las protecciones necesarias para proteger los equipos de perturbaciones provenientes de descargas atmosféricas.

El conjunto de las instalaciones de señalización mantendrán la disponibilidad y seguridad de su respuesta en la presencia de perturbaciones electromagnéticas causadas por el resto de los sistemas instalados en el FMB, así como por otros sistemas ajenos a metro que ya se encontrarán presentes en el momento de la instalación:

- Subestaciones de tracción.
- Tensión de alimentación de la catenaria 1.500 V c.c.
- Corrientes de alimentación de las unidades, tanto directas como de retorno.
- Perturbaciones originadas por el sistema de tracción de las unidades.
- Fenómenos transitorios originados en interacción pantógrafo-catenaria.
- Influencia de los elementos de señalización.
- Sistemas de comunicaciones (telefonía, radio, megafonía, sistema TETRA, etc.).
- Redes de transporte de energía eléctrica (A.T. y B.T.) y de redes de telecomunicaciones próximas al trazado de la vía.

5.1.3.4 Condiciones ambientales

En lo que respecta a las condiciones ambientales, se utilizará el referente de las normas DIN 40 040 y EN 50 125 – 3.

La respuesta de los enclavamientos se mantendrá en sus niveles de disponibilidad y seguridad en ambientes de humedad no condensada y a una temperatura dentro del rango entre –5 y 60°C.

5.1.3.5 Seguridad y fiabilidad

El objetivo de seguridad del enclavamiento aceptará como máximo 10^{-10} fallos contra la seguridad por hora de funcionamiento, correspondiendo a un nivel de Integridad de la Seguridad SIL 4, tal y como se describe en la normativa CENELEC.

Para respaldar el proceso de diseño y desarrollo del enclavamiento se exigirá la documentación prueba del cumplimiento de las normas de aplicación siguientes:

- CENELEC EN 50 126: Ejercitación y Demostración de Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad.
- CENELEC EN 50 128: Comunicaciones, Señalizaciones y Sistemas de Proceso - Software para Sistemas de Control y Protección Ferroviaria.
- CENELEC EN 50 129: Comunicaciones, Señalización y Sistemas de Proceso – Seguridad en Sistemas electrónicos de Señalización.

La configuración del enclavamiento y la redundancia en sus componentes será tal que permita alcanzar el objetivo de fiabilidad de valor MTBF de 30.000 h. para el conjunto del enclavamiento.

La documentación que presenten los licitadores deberá incluir un estudio de fiabilidad y seguridad que muestre los valores propuestos en su sistema.

5.1.3.6 Ubicación de los equipos

La filosofía de implantación de los sistemas de señalización en el FMB es la centralizada. Esto facilita la alimentación de los distintos sistemas, la detección y resolución de averías y protege los equipos de actuaciones vandálicas. Siguiendo esta estrategia, la mayor parte de los equipos que formen parte del enclavamiento se instalarán en el cuarto de corrientes débiles. Serán excepciones los equipos siguientes.

- El cuadro de mando local. Que ira instalado en el cuarto del supervisor.
- Los equipos de vía. Que se situarán sobre ésta en la posición adecuada.
- La red de cables y cajas de conexión. Que estarán dispuestos de forma conveniente a lo largo del trazado de las vías.

Como parte de los anexos proporcionados en este proyecto, se proponen soluciones para la ubicación de los diferentes equipos y aparatos, tanto en el cuarto de corrientes débiles como en la vía. Estas soluciones servirán de guía para orientar a los licitadores en la elaboración de sus proyectos respectivos. La solución definitiva para cada caso

se realizará como resultado de la aprobación, por parte de la Dirección de Obra, del replanteo y el estudio concreto que realice el ganador del contrato.

5.1.3.7 Montaje

El proceso de montaje comenzará una vez aprobado el proyecto constructivo y realizado el replanteo necesario para definir la configuración de la solución mas adaptada a la situación real.

En caso de detectarse problemas u obstáculos para realizar el montaje según las condiciones previstas, el Contratista deberá aportar soluciones alternativas, que deberán ser supervisadas por la Dirección de Obra.

Todos los elementos a instalar en campo deberán permitir las labores de mantenimiento mecanizado de la vía sin alteración alguna.

Cada componente dispondrá de su correspondiente placa identificativa solidariamente unida al elemento e inalterable por las condiciones ambientales, en la que figurará la codificación que le corresponda.

Durante el periodo de montaje será de gran utilidad la coordinación entre los contratistas de los diferentes proyectos entre ellos y con el Metro de Bilbao. Se establecerán con antelación los planes generales y conjuntos de trabajo. Para las intervenciones se respetara el mecanismo de intervalos puesto en marcha por el FMB. Se buscará la optimización en la utilización de recursos y organización de los trabajos respetando el orden lógico de las actuaciones.

5.1.3.8 Mantenimiento

El licitador propondrá una operativa de mantenimiento de los enclavamientos. Asimismo proporcionará los datos y materiales necesarios para realizar el mantenimiento correctivo de las instalaciones y propondrá las acciones preventivas aconsejables para minimizar las actuaciones correctivas. Todo esto sin perjuicio del cumplimiento de los objetivos de disponibilidad.

El contratista asegurará el suministro de cualquier material de repuesto durante todo el ciclo de vida de las instalaciones.

5.1.3.9 Formación.

Tanto para el personal de mantenimiento como para el de explotación, el licitador propondrá e impartirá los cursos de formación necesarios para formar al personal de Metro en el manejo y mantenimiento de las instalaciones. El licitador proporcionará también toda la documentación y material necesarios para esta formación.

5.1.4 Armarios y bastidores

Los diferentes módulos del enclavamiento se instalarán en armarios y bastidores a colocar en el Cuarto Técnico de la estación, y que dispondrán de las siguientes características:

- Estarán contruidos en chapa de acero, y sus dimensiones serán las adecuadas para ubicar los equipos necesarios en su interior.
- Dispondrán de puerta anterior y posterior, con bombín de cierre normalizado. La ubicación del armario permitirá siempre el acceso por ambas puertas simultáneamente, estando estas abiertas en su totalidad. El ángulo mínimo de apertura de las puertas será de 120°. En caso de que el armario tenga una anchura superior a los 600 mm, dispondrá de dos puertas frontales.
- En sus laterales los armarios dispondrán de guías de refuerzo entre la cara anterior y posterior para proporcionar rigidez al conjunto. El mínimo de guías de refuerzo será de 3 por cada lateral del armario, y se fijarán a la estructura de soporte del mismo. Estas guías permitirán la instalación de otras guías de soporte de canalizaciones y guiado de los cables.
- El armario permitirá la instalación de elementos que permitan la modularización de los elementos en subconjuntos internos, para la separación de los diferentes servicios o instalaciones en caso que así se indique por la criticidad de los servicios que incorpore.
- En los espacios dedicados al tendido ordenado de los cables, se dispondrán los elementos de guiado de los mismos que sean necesarios (canal de alineación de cables, canalizaciones, estribos de alineación, ...). No se permitirá la instalación de ningún cable que quede fuera de un camino prefijado mediante los elementos adecuados. Los diferentes cables se encintarán mediante el elemento más adecuado al tipo de cable (bridas de nylon, bridas de velcro, cintas espirales, etc.), de forma que los diferentes cables queden instalados en mazos ordenados. En ningún caso los cables sufrirán

tensiones mecánicas excesivas o radios de curvatura demasiado pequeños que puedan hacer poco fiable la instalación.

- Cada armario dispondrá en su interior de una guía de alimentación para distribución eléctrica, con los interruptores automáticos necesarios dependiendo de los equipos alojados en su interior, quedando siempre un interruptor automático de reserva y dos enchufes tipo Schuko para conexión provisional de equipos de medida y prueba (tomas de tensión de servicio). La guía de alimentación siempre se situará en la parte inferior del armario y los interruptores se accionarán por la parte frontal del mismo. El sistema cumplirá todas las normativas referentes a evitar los contactos accidentales con las partes en tensión.
- La alimentación eléctrica principal del armario se realizará con una sola acometida de la sección adecuada al consumo previsto por los equipos que se instalen en el armario y que se conectará a la salida del correspondiente interruptor automático del cuadro General de Baja Tensión de Corrientes Débiles.
- El chasis del armario y los elementos metálicos se conectarán a la red de tierras del Cuarto Técnico de Corrientes Débiles. Los armarios quedarán fijados al falso suelo de forma que no se puedan mover libremente
- En montaje lineal de varios armarios no se instalarán las paredes intermedias, quedando todo el lineal como un único conjunto. Siempre se instalarán las paredes finales del conjunto lineal. Los diferentes armarios intermedios quedarán fijados de forma íntima mediante los elementos de ensamblaje correspondientes.
- La entrada y salida de cables de los armarios se realizara por pasos de cable sellados que eviten la entrada de polvo o pequeños roedores y proporcionen estanqueidad al conjunto.
- Todos los armarios irán etiquetados en el exterior de su puerta frontal y posterior con su identificación.

Como equipamiento mínimo, todos los armarios dispondrán de:

- Puerta anterior y posterior con cierre unificado. La puerta anterior será acristalada (metacrilato).
- Paredes laterales (sólo a instalar en los armarios finales del grupo de armarios).
- Elementos de unión para ensamblar los diferentes armarios de un mismo montaje lineal.

- Suelo modular, con escotadura estanca para la entrada y salida de cables.
- Guías de refuerzo laterales.
- Elementos de canalización de los cables en sus tendidos horizontales y verticales (estribos de alineación, liras organizadoras, etc.).
- Elemento de distribución de la alimentación.

El Contratista deberá presentar la ingeniería y diseño detallado de los armarios, que deberá ser aprobada por la Dirección de Obra. A la finalización de la obra se entregarán los planos definitivos. Esta ingeniería deberá contemplar reservas de espacio adecuadas.

5.2 Protección y operación automática ATP/ATO

5.2.1 Descripción general

El ATP (Protección Automática de Trenes) es un sistema de seguridad integral que garantiza que un tren se mueva siempre de acuerdo con las condiciones de seguridad impuestas por los enclavamientos. El ATP supervisa la velocidad constantemente, advirtiendo el momento preciso de aplicar los frenos, y aplicándolos en caso necesario para mantener el tren dentro del perfil de velocidad seguro.

El ATO (Operación Automática de Trenes) es un sistema que conduce automáticamente el tren entre estaciones, parándolo en la posición deseada del andén de la estación destino.

Los sistemas ATP / ATO a implantar deberán ofrecer plena compatibilidad con los equipos de Metro Bilbao actualmente en funcionamiento, tanto en vía como a bordo de los trenes.

Metro Bilbao tiene actualmente implantado el sistema ATP EBICAB 800 y el sistema ATO EBICRUISE 800, y las unidades en funcionamiento son las UT 500.

5.2.2 El entorno de los sistemas ATP / ATO

5.2.2.1 Estructura general

Los sistemas ATP / ATO forman parte del sistema de señalización en su conjunto. Los equipos y las funciones de los sistemas ATP / ATO se encuentran ubicadas, en parte a bordo de los trenes y en parte en los equipos situados en la vía.

Jerárquicamente los sistemas están gobernados por el PMC a través de los enclavamientos, quienes transmiten datos a los equipos a bordo de los trenes mediante los equipos en vía.

5.2.2.1.1 Puesto de Mando Central

El Puesto de Mando Central (PMC) es el sistema de control y supervisión de tráfico que selecciona itinerarios para cada tren en función del estado del tráfico en la Línea y el horario en vigor.

Asimismo, el PMC da la orden de salida de las estaciones, impone el tipo de marcha de los trenes y decide los momentos adecuados para incrementar o reducir el número de trenes en servicio.

Los tres tipos de marcha de trenes posibles son:

- **Marcha lenta:** Se aplica en condiciones de tráfico bajo. En este tipo de marcha el consumo bajo de energía tiene prioridad sobre la duración del trayecto.
- **Marcha normal:** Se aplica en condiciones normales de tráfico. El consumo de energía es bajo, pero no óptimo.
- **Marcha rápida:** Se aplica en condiciones de tráfico intenso. El ajuste al horario tiene prioridad sobre el ahorro de energía.

5.2.2.1.2 Enclavamientos

Los enclavamientos proporcionan las informaciones que definen la situación actual y se utilizan para seleccionar el telegrama ATP que debe transmitirse. El conjunto de todos los telegramas definidos para un determinado circuito de vía se encuentra almacenado en su tarjeta de control ATP.

5.2.2.1.3 Modos de conducción de trenes

Los modos posibles de conducción de trenes del F.M.B. teniendo en cuenta la supervisión de los sistemas ATP y ATO son:

5.2.2.1.3.1 Modo ATO

Es el modo de conducción empleado en situación habitual de explotación del F.M.B. También se conoce como '*Conducción automática*'. El sistema ATO conduce el tren bajo la supervisión del sistema ATP. El sistema ATP supervisa la velocidad máxima y las curvas de frenado debidas a cualquier restricción de velocidad.

Para que una unidad pueda circular en modo ATO se deben cumplir las siguientes condiciones:

- El sistema ATP ha de estar completamente operativo.
- La señal de salida de estación debe estar abierta.
- La señal SBO debe encontrarse apagada, tras haberse escuchado los tres pitidos que comprueban la recepción de la orden de salida en cabina.
- El Conductor debe actuar sobre el cierre de las puertas.
- El Conductor debe actuar sobre los dos botones habilitados en la parte derecha del pupitre de conducción, pulsando ambos simultáneamente durante al menos 1 segundo para que la Unidad reciba la orden de arranque.

Una vez activado, el sistema ATO regula los esfuerzos de tracción y frenado necesarios para establecer los tipos de marcha a partir de los telegramas recibidos desde la vía. Las balizas de parada de precisión (PSM) ubicadas en los andenes proporcionan al tren información exacta sobre su posición y distancia al punto de parada.

El sistema ATO optimiza las siguientes operaciones:

- Aceleración y frenado automático del tren en función de los datos proporcionados por el sistema ATP.
- Parada de precisión en los andenes.
- Diferentes niveles de marcha según los criterios establecidos por el programa de explotación.

5.2.2.1.4 Modo ATP

Es un modo de conducción manual, pero con supervisión completa por el sistema ATP.

El maquinista debe realizar todas las operaciones para controlar la unidad, tanto al acelerar como al frenar siguiendo las indicaciones que recibe en la cabina con la antelación suficiente para que el ATP no aplique los frenos de emergencia.

El sistema ATP supervisa la velocidad máxima, la velocidad objetivo y las curvas de frenado hasta cualquier restricción de velocidad.

El ATP evita que se vulneren las restricciones impuestas: Señales cerradas, límites de velocidad de la línea, desvíos en agujas, toperas, etc.

5.2.2.1.5 Modo Manual

En modo manual el sistema ATP sólo supervisa la velocidad máxima del tren, ya que no existe transmisión de datos de vía a tren. El Conductor controla la marcha del tren, aunque no puede superar la velocidad máxima programada en el sistema.

Cuando un tren opera en modo manual, la velocidad está restringida a 25 km/h. En este modo de operación, el sistema ATP no supervisará ningún objetivo y el sistema ATO estará pasivo.

Este modo se utilizará para itinerarios a contravía, algunas maniobras y movimientos en el interior de las Cocheras.

5.2.2.1.6 Modo Especial

El modo especial de conducción se utiliza cuando se produce un funcionamiento anómalo en el Sistema ATP embarcado. En este caso el sistema ATP está desactivado, lo que supone que no existe supervisión en absoluto.

El Conductor podrá acceder a este modo de conducción actuando sobre una llave especial. Para poder hacerlo necesitará autorización previa del PMC. En modo especial el conductor por propia iniciativa deberá respetar la limitación de velocidad de consigna.

Por otro lado, en cuanto el sistema ATP embarcado esté de nuevo operativo, el paso a modo ATP es automático.

5.2.2.2 Alcance del suministro

Actualmente Metro Bilbao explota las Líneas 1 y 2 del F.M.B. con los sistemas ATP / ATO en funcionamiento. En el presente suministro se deben incluir las modificaciones necesarias en los elementos existentes y los sistemas y elementos adicionales que se deben instalar en los nuevos tramos para que en ellos también sea operativo el sistema.

Los elementos de ATP / ATO existentes deberán modificarse, reprogramarse y / o ampliarse, según sea necesario, para incluir las transformaciones. El Contratista deberá realizar todos los trabajos necesarios para adaptar la instalación existente a los nuevos requisitos de ATP/ATO.

Los modos posibles de supervisión en este enclavamiento serán:

- Itinerarios establecidos con señal en verde: ATO, ATP, Manual
- Itinerarios a contravía: Manual
- Maniobras: ATP, Manual

5.2.3 EL SISTEMA ATP

5.2.3.1 Características generales

El ATP es un sistema de seguridad que garantiza en todo momento que un tren se mueve en concordancia con las condiciones de seguridad impuestas por los enclavamientos (permitiendo al tren desplazarse en los límites del itinerario establecido y según las condiciones de seguridad de vía libre y velocidades máximas fijadas). El sistema ATP realiza una supervisión continua de la velocidad del tren y puede funcionar tanto en conducción manual como automática.

Las características básicas que debe cumplir el sistema ATP son:

- Compatibilidad completa y absoluta con el sistema actualmente en funcionamiento, tanto equipos de campo como de cabina y embarcados
- Debe permitir la circulación de trenes con un intervalo entre ellos de 90 s en el tronco común de Línea 1 y Línea 2 y de 120 s en el ramal exterior de Línea 2

- Debe permitir la circulación de trenes de diferentes características (frenado, longitud, masa, aceleración, velocidad, etc.)
- Debe ser operativo para velocidades de hasta 100 km/h
- Funcionamiento tanto en conducción manual como en conducción automática
- Utilización de seguridad intrínseca en todos los procesos

5.2.3.2 *Parámetros de ATP a transmitir al tren*

El sistema ATP en su conjunto está compuesto por equipos situados en el PMC, en los enclavamientos y en vía, y por equipos embarcados en los trenes.

Su funcionamiento se basa en la transmisión continua de telegramas (información codificada en binario) desde los enclavamientos a los equipos ATP a bordo de los trenes, utilizando para ello los circuitos de vía.

Estos telegramas contendrán, entre otros, los siguientes datos que serán la base de los cálculos a realizar por los sistemas a bordo del tren:

- Velocidad máxima teórica
- Velocidad objetivo
- Distancia objetivo
- Pendiente media

5.2.3.2.1 Velocidad máxima teórica

Es la velocidad máxima permitida al tren en cada CDV y depende de la construcción física de la vía. Esta velocidad debe ser al menos 15 km/h inferior a la velocidad máxima segura. La velocidad máxima teórica podrá variar a lo largo de la vía, pero no variará en el tiempo. Este parámetro es independiente de la presencia de trenes en la línea y de restricciones de velocidad en otros puntos.

En zonas de agujas se transmitirá una velocidad máxima teórica al tren cuando se siga el itinerario recto y otra diferente con el desviado.

El sistema ATP permitirá transmitir al tren quince niveles diferentes y seleccionables de velocidad máxima teórica. Sus valores se adaptarán lo mejor posible a las características físicas del trazado.

5.2.3.2.2 Velocidad objetivo

La velocidad objetivo es la velocidad máxima que será de aplicación a cierta distancia por delante del tren (distancia objetivo). La velocidad objetivo impuesta al tren podrá tener su origen, bien por un decremento en la velocidad máxima teórica, bien por un obstáculo dinámico (CDV ocupado, señal cerrada, etc.). Por ello, la velocidad objetivo puede ser actualizada en cualquier momento como consecuencia de un cambio en las condiciones de la línea.

El sistema dispondrá de quince niveles diferentes de velocidad objetivo que correspondan directamente con los valores de velocidad máxima teórica.

5.2.3.2.3 Distancia objetivo

La distancia objetivo indicará la distancia existente desde el punto base (fijado por el tren en el inicio del circuito de vía, o por una baliza ATO) hasta el punto de aplicación de la velocidad objetivo. En otras palabras cuantifica el espacio del que dispone la unidad para modificar su velocidad.

El sistema permitirá seleccionar hasta 196 valores de distancia objetivo para ser transmitidos al tren desde los circuitos de vía.

5.2.3.2.4 Pendiente media

El valor de la pendiente media será empleado por el equipo ATP a bordo para modificar el grado de frenado utilizado en los cálculos de distancia de frenado. El valor de pendiente media será determinado considerando los siguientes factores:

- La pendiente que realmente afectará al tren durante el frenado hasta la velocidad objetivo, ya que el tren tiene una longitud considerable, y el valor de la pendiente refleja el impacto en la parte central del tren.
- Cualquier otro factor que podría influir en la capacidad de frenado del tren sobre la distancia de frenado hacia el objetivo.

El sistema permitirá el envío de catorce valores diferentes de pendiente media.

5.2.3.3 Funciones y cálculos del sistema ATP a bordo

El sistema ATP realizará las siguientes funciones internas y cálculos en todos sus modos de operación:

5.2.3.3.1 Medición del tiempo

El sistema ATP a bordo controlará el tiempo mediante un sistema con un oscilador de cristal, lo que permitirá una gran exactitud en su determinación.

5.2.3.3.2 Determinación de la longitud del tren

La longitud del tren deberá ser programada de manera fija en la unidad lógica de ATP. En caso de emplearse trenes de diferentes longitudes, deberá realizarse la programación adaptada a cada caso particular.

5.2.3.3.3 Detección de desplazamiento

El tacogenerador del sistema ATP a bordo empezará a generar pulsos en el momento en el que el tren comience a moverse. Si hay un fallo que impida el funcionamiento del tacogenerador, el ATP dispondrá de otras maneras de detectar que el tren se está moviendo:

- La medida de velocidad del sistema de tracción del tren
- La recepción de un nuevo marcador de circuito de vía
- El paso por una baliza de ATO

5.2.3.3.4 Determinación del sentido de marcha

El sentido de marcha será definido por una cierta secuencia de fases generadas por el tacogenerador. El sentido de movimiento del tren se determinará instantáneamente en el momento del arranque.

5.2.3.3.5 Cálculo de la distancia recorrida

El sistema ATP determinará la distancia recorrida por el tren mediante el cálculo de pulsos del tacogenerador. Este valor odométrico proporcionará la distancia recorrida en cada viaje.

Se efectuará una corrección del valor de distancia debida al radio real de la rueda que se defina. También se efectuará una corrección por patinaje o deslizamiento.

5.2.3.3.6 Detección del punto base

Para determinar la posición relativa del tren al objetivo, el valor de distancia objetivo del telegrama en un CDV se relacionará con un punto de referencia, denominado punto base.

Cuando el tren reciba información acerca del objetivo de un CDV, el valor de distancia será relativo al final del CDV anterior. Este será, por tanto, el punto base para la distancia objetivo del próximo CDV

El ATP a bordo detectará el fin de un CDV cuando haya una interrupción en la recepción de telegramas entre dos CDVs. No obstante, el simple hecho de que la recepción en un circuito de vía haya cesado no es suficiente para confirmar la detección de una junta, ya que esto puede deberse a alguna anomalía o perturbación en el sistema. El punto base quedará validado por la recepción consecutiva de mensajes con marcadores de circuitos de vía consecutivos.

El equipo ATP a bordo detectará el punto base con una cierta imprecisión. El cálculo de la distancia objetivo se ajustará con la tolerancia correspondiente.

En los casos en que sea necesario, tales como estacionamiento en andenes, la precisión será mejorada mediante la utilización de las balizas del sistema ATO. Las balizas también indicarán a qué lado del tren está el andén y la tolerancia aceptable para admitir la apertura de las puertas. Estas tolerancias serán normalmente superiores a las impuestas durante la parada de precisión que realiza el sistema ATO.

5.2.3.3.7 Cálculo de la distancia restante al objetivo

El sistema ATP a bordo calculará la distancia restante al objetivo sustrayendo la distancia recorrida desde el punto base del valor de la distancia objetivo recibido mediante telegramas. El ATP a bordo también restará un valor fijo correspondiente al máximo gálibo del tren desde su primer eje, y también restará la tolerancia que haya supuesto en la determinación de la posición del punto base.

5.2.3.3.8 Cálculo de la velocidad

La velocidad del tren será determinada por el sistema ATP a bordo mediante la frecuencia de pulsos generados por el tacogenerador. Las correcciones debidas al tamaño real de las ruedas y a los fenómenos de deslizamiento se realizan siguiendo los mismos procedimientos que cuando se determina la distancia recorrida.

5.2.3.3.9 Velocidad permitida

La velocidad permitida es la velocidad que el sistema ATP presentará en el velocímetro para indicar al Conductor la velocidad que no debe ser superada para evitar que intervenga el ATP. También se proporcionará este dato al sistema ATO.

La indicación de velocidad permitida será actualizada por el ATP al menos dos veces por segundo.

La velocidad para la que el ATP dará una advertencia acústica de frenado al Conductor será aproximadamente 3 km/h superior a la velocidad permitida.

5.2.3.3.10 Cálculo de la deceleración

Para el cálculo de la deceleración del tren se tendrán en cuenta los diferentes factores que la afectan, tales como la capacidad de frenado del tren, la pendiente en el tramo, tiempo de retardo en la actuación de los frenos y un margen de seguridad que contemple posibles desajustes de frenos, deslizamientos, no-shunt del último boogie del tren precedente y otros.

5.2.3.4 Operación del sistema ATP

5.2.3.4.1 Activación

Cuando la llave de activación de cabina no está insertada, los sistemas ATP / ATO estarán en estado desactivado.

El sistema está diseñado de forma tal que resulta imposible conducir el tren desde una cabina sin que se encuentre activado el sistema ATP. La única forma de anularlo será mediante su desactivación al utilizar la llave de modo Especial.

También existe una incompatibilidad entre la activación de las dos cabinas de un mismo tren.

5.2.3.4.2 Autodiagnos y comprobaciones iniciales

El sistema ATP realizará las siguientes comprobaciones.

Autochequeo inicial

El autochequeo se iniciará cuando se conecte el ATP / ATO a la alimentación y, posteriormente, cada vez que se activa el ATP / ATO. Si se detecta un error, la fase de chequeo terminará y se presentará un código de error en el panel indicador del Conductor. Si el error no puede ser solucionado directamente el tren tendrá que ser conducido en modo Especial a cocheras para su reparación.

El ATP supervisará que el tren no se mueva durante el autochequeo. El proceso comprenderá las siguientes fases:

- Chequeo interno, para comprobar la unidad lógica del ATP, la unidad lógica de ATO, y la comunicación ATP / ATO.
- Chequeo de la transmisión al sistema de control del tren, para comprobar la comunicación.
- Chequeo del tacogenerador, para comprobar el interface de la unidad lógica con el tacogenerador y verificar que éste tenga alimentación.
- Chequeo del selector de tamaño de ruedas, para comprobar los valores en la unidad lógica de ATP.
- Chequeo del inversor, del manipulador y de los relés de apertura de puertas, para comprobar el interface de la unidad lógica de ATP con estos equipos.
- Chequeo de la transmisión con las balizas ATO, para comprobar la transmisión y la recepción de la baliza. Para ello se emplea una baliza interna de prueba.
- Chequeo del interface hombre – máquina, para verificar que la unidad lógica de ATP puede enviar una indicación de error al panel de comunicación y para comprobar los pilotos, los pulsadores y los zumbadores.

Este autochequeo tendrá que ser confirmado por el Conductor mediante la pulsación del un botón.

Comprobación de los frenos de emergencia

La unidad lógica de ATP comprobará el relé de frenos de emergencia la primera vez que se activa la cabina después de establecer la alimentación. Si se hubiesen

cumplido más de 22 horas desde el último test del relé de los frenos de emergencia, el sistema ATP realizará una nueva prueba.

En la comprobación se suprimirá la alimentación al relé de frenos de emergencia y la unidad lógica del ATP verificará que la corriente circula a través de los contactos de retorno del relé. La corriente detectada será una prueba de que la línea del tren ha sido rota por los contactos principales y de que el relé será capaz de repetir esta acción la próxima vez que se interrumpa su alimentación. Esta comprobación se deberá efectuar tan rápidamente que los frenos de emergencia no lleguen a activarse.

Comprobación de la transmisión tierra - tren

En las salidas de Cocheras se encuentran instalados circuitos de vía de pruebas, de manera que antes de que el tren deje las Cocheras se verifique automáticamente que el sistema ATP es capaz de recibir los telegramas de la vía.

En cada circuito de prueba se encuentra una baliza que comunica al ATP embarcado que se encuentra en un circuito con transmisión de telegramas. Si el ATP no recibe telegramas cuando detecta la baliza se emite una alarma y se para el tren.

5.2.3.4.3 Supervisión del desplazamiento y del retroceso

El sistema ATP activará los frenos si el tren se mueve más de dos metros durante el autochequeo inicial y cuando no se establezca ningún modo de operación.

El sistema ATP activará los frenos si el tren se mueve más de dos metros hacia atrás si se ha establecido un modo de operación hacia adelante.

El sistema ATP activará los frenos si el tren se mueve más de dos metros hacia adelante si se ha establecido un modo de operación hacia atrás.

El sistema ATP permitirá movimientos de retroceso en el modo Manual con el inversor en la posición de marcha hacia atrás. Durante esta marcha el ATP supervisará una velocidad máxima de 15 km/h.

5.2.3.4.4 Supervisión de la velocidad máxima teórica

Esta supervisión será efectuada en los tres modos de conducción posibles bajo el sistema ATP, es decir Manual, ATP y ATO.

Para cualquier valor de la velocidad máxima teórica a supervisar mayor que cero, el ATP lo supervisará con cierta tolerancia. Si el valor es rebasado en 3 km/h en modo

ATP o Manual, se activará una alarma acústica. Esta alarma continuará sonando siempre que la velocidad no rebase el margen de 3 km/h. En el modo ATP, el ATP ordenará también al sistema de control de tracción que detenga la propulsión del tren. La propulsión del tren no se reanudará hasta que la velocidad del tren haya descendido por debajo de la velocidad máxima teórica y el manipulador esté en la posición de deriva.

Si la velocidad del tren rebasase la velocidad máxima teórica en 6 km/h en modo ATO, ATP o Manual, el ATP aplicará los frenos de servicio. Al reducirse la velocidad por debajo de la máxima teórica, el ATP hará parpadear el piloto ATP o Manual. Entonces el Conductor podrá liberar los frenos accionando el pulsador con el piloto parpadeante. Si la velocidad del tren rebasase la velocidad máxima teórica en 9 km/h en modo ATO, ATP o Manual, el ATP activará los frenos de emergencia. El Conductor será informado durante 5 segundos por la alarma acústica y se presentará un mensaje en la pantalla. Los frenos de emergencia no podrán ser liberados antes de la parada completa del tren.

Cuando un tren reciba un telegrama con valor de velocidad máxima teórica de 0 km/h, el equipo ATP a bordo inmediatamente cortará el circuito de tracción y activará los frenos de emergencia. El tren deberá permanecer parado mientras se reciba este valor. Por otro lado, cuando la cabina del tren llegue a un punto donde la velocidad máxima teórica ascienda a un valor mayor que el actual, el equipo ATP a bordo verificará que todo el tren haya sobrepasado dicho punto antes de permitir la aceleración a la nueva velocidad.

Cuando el tren se aproxime a un punto donde la velocidad máxima teórica se vea reducida, el equipo ATP a bordo será informado acerca del punto inicial de la restricción a través de la información objetivo en el CDV anterior. La supervisión de velocidad objetivo del ATP garantizará que el tren haya frenado a la velocidad inferior cuando el tren llegue al inicio de la restricción.

Independientemente de los mensajes recibidos desde la vía el ATP nunca permitirá una velocidad máxima teórica superior a 80 km/h.

En modo Manual la velocidad máxima teórica se definirá a bordo a un nivel de 25 km/h, si no se ha especificado otro valor de velocidad en la restricción del objetivo indicado en el último telegrama recibido antes de pasar al modo Manual.

5.2.3.4.5 Supervisión de la velocidad objetivo

El sistema ATP supervisará continuamente la velocidad objetivo en los modos ATO y ATP. Si la velocidad objetivo fuera mayor que la actual velocidad máxima teórica en el mismo telegrama al tren, el ATP a bordo utilizará la actual velocidad máxima teórica como velocidad objetivo.

El ATP a bordo calculará el momento preciso en que deben aplicarse los frenos para que el tren alcance la velocidad objetivo antes de rebasar físicamente el objetivo. En el cálculo, el ATP considerará los siguientes parámetros:

- La velocidad presente del tren
- La distancia restante al objetivo
- La pendiente de la vía hasta el objetivo
- La capacidad de deceleración del tren
- El tiempo de reacción del sistema de frenos
- Los márgenes necesarios para compensar los gálibos del tren

Al aproximarse el tren a un objetivo restrictivo, el ATP dará al Conductor dos advertencias, antes de intervenir con orden de activación de frenos de servicio. Si esto no reduce la velocidad lo suficiente, el ATP activará los frenos de emergencia.

5.2.3.4.6 Deceleración y frenado

El sistema ATP calculará continuamente la distancia requerida por el tren para alcanzar la velocidad objetivo desde la velocidad actual, empleando el valor de deceleración y el tiempo de retardo en la actuación de los frenos, así como la velocidad actual del tren.

El sistema comparará la suma de la distancia a recorrer durante la deceleración y durante el retardo con la distancia disponible al objetivo. Si esta última fuera menor, el ATP activaría los frenos de emergencia del tren.

Antes de activar los frenos de emergencia, el ATP hará actuar las advertencias y los frenos de servicio, según la siguiente secuencia:

- La primera advertencia, constituida por la presentación de la velocidad objetivo en el velocímetro, precederá la activación de los frenos de emergencia en ocho segundos.
- La segunda advertencia, constituida por una alarma acústica, precederá la activación de los frenos de emergencia en cuatro segundos.
- La orden de activación de frenos de servicio precederá la activación de los frenos de emergencia en dos segundos.

Por tanto, el Conductor será advertido por primera vez con una antelación de seis segundos antes de que intervenga el sistema ATP activando los frenos de servicio.

El sistema ATP ajustará los cálculos de tiempo para que el Conductor reciba las advertencias con la misma antelación independientemente del grado de pendiente del trayecto.

5.2.3.4.7 Restricciones respecto al objetivo

El telegrama tierra - tren podrá contener instrucciones dirigidas al equipo ATP de a bordo acerca de restricciones especiales en la aproximación o, eventualmente, rebase de un objetivo. Las posibles restricciones serán las siguientes:

Objetivo normal

Es el valor por defecto. Podrá tener dos modos de actuación:

En modo '*Parada absoluta*' (velocidad objetivo cero), el tren no podrá continuar hacia delante una vez alcanzada la posición en la que el ATP estime que se encuentra el punto objetivo de velocidad cero. Esta posición se encontrará siempre algunos metros antes de que el tren alcance el verdadero punto objetivo.

En modo '*Velocidad objetivo restringida*' (velocidad objetivo mayor que cero), el ATP permitirá al tren aproximarse al objetivo con la velocidad objetivo en modo de funcionamiento ATO o ATP. No se precisará un cambio de modo de funcionamiento.

Aproximación a parada

Cuando el tren haya alcanzado el punto donde el ATP estime que se sitúa el objetivo, el ATP permitirá al Conductor proseguir con la velocidad objetivo en modo ATP, mientras se reciban telegramas de vía a tren. Si se interrumpe la transmisión durante

más de un segundo, el ATP efectuará un frenado de emergencia sin ningún margen de distancia.

Parada y continuación en modo Manual

El tren deberá, en primer lugar, pararse antes del objetivo. Entonces el Conductor podrá admitir que el tren sobrepase el objetivo con la velocidad objetivo pulsando el pulsador Manual.

La velocidad máxima permitida cuando el tren pase el objetivo será igual a la velocidad máxima permitida en las cocheras si se ha seleccionado este valor como la velocidad objetivo en el telegrama tierra - tren. El sistema permitirá seleccionar otra velocidad si lo considera adecuado.

El ATP supervisará una curva de frenado hacia el objetivo incluso si se ha dado una velocidad mayor en el telegrama. Cuando el tren ha parado dentro de los 50 metros previos al objetivo se pedirá al Conductor que solicite el modo Manual. Si lo hace, se permitirá al tren sobrepasar el objetivo con la velocidad objetivo como velocidad máxima teórica.

Parada y continuación en modo ATP

El tren deberá, en primer lugar, pararse antes del objetivo. El Conductor podrá entonces admitir que el tren sobrepase el objetivo con la velocidad objetivo actuando sobre el pulsador ATP.

El ATP supervisará una curva de frenado hacia el objetivo incluso si se ha dado una velocidad mayor en el telegrama. Cuando el tren haya parado dentro de los 50 metros previos al objetivo se pedirá al Conductor que solicite el modo ATP. Si lo hace, se permitirá al tren sobrepasar el objetivo a la velocidad objetivo.

Liberación a modo Manual

El tren podrá entrar con la velocidad objetivo en el siguiente CDV, donde no se transmiten telegramas ATP, únicamente si el Conductor ha solicitado previamente el modo Manual. Si no lo hace, el ATP parará el tren antes de que alcance el objetivo.

La velocidad máxima permitida cuando el tren pase el objetivo será igual a la velocidad máxima permitida en las cocheras si se ha seleccionado este valor como la velocidad objetivo en el telegrama tierra-tren. El sistema permitirá seleccionar otra velocidad si lo considera adecuado.

El área posterior al objetivo puede estar incontrolada. El ATP supervisará una curva de parada hacia el punto objetivo incluso si se da un valor no nulo de velocidad en el telegrama. Cuando la velocidad del tren es menor que la velocidad objetivo, se solicitará al Conductor que pida el modo Manual. Si lo hace, el frenado se inhibe y el tren podrá sobrepasar el objetivo con la velocidad objetivo como nueva velocidad máxima teórica.

Liberación a modo ATP

El tren podrá entrar con la velocidad objetivo en el siguiente CDV, donde también se transmiten telegramas ATP, únicamente si el Conductor ha solicitado previamente el modo ATP. Si no lo hace, el ATP parará el tren antes de que alcance el objetivo.

El ATP supervisará una curva de parada hacia el punto objetivo incluso si se da un valor no nulo de velocidad en el telegrama. Cuando la velocidad del tren sea menor que la velocidad objetivo, se solicitará al Conductor que pida el modo ATP. Si lo hace, el frenado se inhibirá y el tren podrá sobrepasar el objetivo con la velocidad objetivo.

Sin modo ATO tras el objetivo

El tren podrá entrar con la velocidad objetivo en el siguiente CDV, en el que el modo ATO no está permitido. El Conductor deberá solicitar el modo ATP antes del objetivo. Si no lo hace, el ATP frenará el tren después de alcanzar el objetivo.

La velocidad objetivo es comunicada y supervisada del modo habitual. Se pedirá al Conductor que abandone el modo ATO y solicite el modo ATP.

5.2.3.4.8 Concesión de permiso de apertura de puertas

El sistema ATP supervisará la apertura de las puertas del pasaje. No obstante, el Conductor deberá tener la posibilidad de abrir las puertas independientemente del ATP/ATO, incluso si el ATP/ATO no ha dado permiso de apertura.

Las condiciones que deberán cumplirse para que el ATP conceda el permiso de apertura de puertas serán:

- El ATP ha detectado por lo menos dos balizas pertenecientes al andén de parada, y en la secuencia correcta.
- Se ha recibido correctamente de las balizas la información de que existe un andén al lado izquierdo o derecho o en ambos lados del tren.

- El ATP ha verificado que la posición del tren relativa al andén está dentro de las tolerancias dadas por las balizas.
- El ATP ha verificado que el tren está parado.
- En modo ATO, el ATP tiene que recibir una señal de confirmación de parada del ATO.
- En modo ATO, el Conductor no tiene que haber pulsado los botones de arranque.

El sistema ATP dará señales independientes de permiso de apertura al lado izquierdo y derecho.

El sistema ATP retirará directamente la señal de permiso de apertura en caso de que ya no se cumpla alguna de las condiciones arriba mencionadas.

5.2.4 EL SISTEMA ATO

5.2.4.1 Características generales

El ATO es un sistema que conduce automáticamente el tren entre estaciones, parándolo en una posición prefijada del andén.

La conducción de trenes entre dos estaciones podrá ser realizada en cualquiera de los tres tipos de marcha: Normal, rápida y lenta. El módulo de regulación del telemando de Tráfico, situado en el Puesto de Mando Central, seleccionará la marcha adecuada de cada tren en los tramos entre estaciones, empleando sus criterios de regulación de tráfico. Los tipos de marcha se comunicarán a los trenes a través de los telegramas que serán transmitidos por los CDV.

El funcionamiento del Sistema ATO se basará en balizas a colocar en la vía, que proporcionarán al tren información exacta sobre su posición y distancia recorrida, facilitándole así la parada de precisión en el andén.

Las balizas serán detectadas por una antena a bordo del tren cuando éste las sobrepase.

5.2.4.2 Operación del Sistema ATO

5.2.4.2.1 Arranque del tren

El sistema ATO arrancará el tren cuando el Conductor accione ambos pulsadores de arranque durante como mínimo 1 segundo, y cuando el sistema ATP conceda un permiso de movimiento razonable desde el punto de vista de señalización. Se deberá cumplir al menos una de las siguientes condiciones:

- Velocidad permitida ≥ 20 km/h.
- Distancia objetivo ≥ 50 m.

Si un tren conducido en modo ATO debiera pararse en un punto entre estaciones, el sistema ATO arrancará el tren automáticamente tan pronto como alguna de las dos condiciones anteriores se cumpla o se pueda acceder a la siguiente posición de parada en el andén.

5.2.4.2.2 Regulación de velocidad

El sistema ATO controlará la velocidad del tren, proporcionándole órdenes de frenado y propulsión a través del sistema de tracción. El ATO ajustará estas órdenes para evitar que se produzcan tirones y se mantenga el confort. El sistema ATO será capaz de ordenar diferentes valores de aceleración y deceleración en función del tipo de marcha.

Para los tipos de marcha normal y lenta, el sistema ATO utilizará la deriva. Esta operativa se realizará de modo que cuando el tren haya alcanzado la velocidad máxima, el ATO ordene marcha en deriva. Dicho estado se mantendrá hasta que la velocidad del tren haya bajado de un umbral predefinido. En ese momento el ATO acelerará de nuevo el tren hasta la velocidad máxima, reanudándose a continuación la marcha en deriva. El procedimiento se repetirá hasta que el tren se aproxime a una curva de frenado.

5.2.4.2.3 Parada de precisión

El sistema ATO utiliza balizas de parada de precisión para detener el tren en un punto exacto de los andenes. Este punto quedará definido por la ubicación de las citadas balizas.

Cuando el tren sobrepase las balizas de parada de precisión, el sistema ATO comprobará su identidad y leerá los valores de distancia y pendiente hacia la posición

de parada en el andén. Con estos datos, el sistema ATO calculará una curva de frenado hacia dicho punto empleando los valores de aceleración y sobreaceleración determinados por el tipo de marcha vigente.

El sistema ATO verificará que la posición es la correcta cuando el tren se haya detenido. Si en algún momento el ATO detectara que el tren ha parado fuera de las tolerancias antes de la posición deseada, se dará una pequeña orden de propulsión para desplazar el tren a la posición correcta. El Conductor no deberá tener que pulsar los botones de arranque en este caso.

Cuando el sistema ATO detecte que el tren se ha parado dentro de las tolerancias previstas sobre la posición correcta, emitirá una orden de frenado de estacionamiento y una señal de tren estacionado al sistema ATP. Mientras el ATP no reciba la señal de tren estacionado no permitirá la apertura de las puertas. El sistema ATP también realizará sus propias mediciones para comprobar que la posición de parada se encuentra dentro de las tolerancias de seguridad antes de permitir la apertura de las puertas.

La precisión de parada en un tren libre de fallos será:

- Con buenas condiciones ambientales: $\pm 0,5$ m
- Con malas condiciones ambientales: $\pm 1,0$ m

5.2.4.2.4 Actuación del ATO en la limitación de velocidad del ATP

El sistema ATP informará en todo momento al sistema ATO de los valores de las velocidades máxima teórica y objetivo, así como de la velocidad permitida al tren. Si debe realizarse un frenado como consecuencia de una limitación de velocidad por parte del sistema ATP, el ATO intentará no exceder los valores máximos permitidos para la deceleración expresada en (m/s^2) y vibración expresada en (m/s^3) en el tipo de marcha vigente. No obstante, si fuera necesario sobrepasar dichos valores para evitar un frenado por parte del sistema ATP, el ATO lo llevaría a cabo.

El sistema ATO comparará los valores de velocidad obtenidos por los sistemas de control del tren y del ATP para que ninguna discrepancia entre ambos ocasione una aplicación de frenos innecesaria por parte del sistema ATP.

Si el ATP detectase que resulta necesario efectuar un frenado, dará la orden al sistema de control del tren y forzará al ATO a desactivar la regulación de la velocidad del tren, es decir, se pasará del modo ATO al modo ATP.

Si el ATO tiene que parar el tren debido a que la velocidad permitida disminuye hasta cero, se ordenará la aplicación de los frenos de estacionamiento.

5.2.4.2.5 Cambio entre modos ATP y ATO

El Conductor podrá activar el modo ATO cuando el tren se encuentre previamente en modo ATP. Para ello, el tren deberá estar parado en un andén y el manipulador deberá encontrarse en la posición de deriva.

Estando en modo ATO, el conductor podrá solicitar el modo ATP en cualquier momento.

Si el conductor mueve el manipulador de la posición de deriva el tren directamente pasará a modo ATP, y tendrá que conducirse en este modo hasta llegar al próximo andén.

Cuando un tren conducido en modo ATP o ATO se aproxime a Cocheras, se pedirá al Conductor que solicite el modo Manual. El sistema ATP conmutará entonces a modo Manual.

5.2.4.2.6 Especificación funcional detallada.

Los sistemas ATP / ATO estarán constituidos por dos tipos de componentes:

- Equipos de tierra
- Equipos a bordo del tren

Por último, se quiere recalcar que es necesaria la completa y absoluta compatibilidad de los nuevos equipos de tierra a instalar con los existentes en los trenes, de forma que se mantenga la operativa global del sistema.

5.2.4.3 Equipos de tierra

Los equipos de tierra son los encargados de realizar las siguientes funciones:

- Obtención a través del enclavamiento de la información variable de la vía.

- Almacenamiento de la información fija de la vía.
- Elaboración a partir de los datos anteriores de las informaciones a enviar al tren.
- Formación de telegramas y envío de los mismos al tren.

El equipamiento de tierra de los sistemas ATP / ATO estará constituido por los siguientes componentes:

- Circuito de vía sin juntas
- Codificadores
- Balizas

5.2.4.3.1 Circuitos de vía sin juntas

Los circuitos de vía (CDV) proporcionan al sistema ATP /ATO el vehículo de transmisión para los telegramas con información variable.

Cuando se produzca la llegada de un tren y exista un itinerario enclavado, el equipo de control de ATP generará un telegrama y lo enviará continuamente en formato serie al transmisor del CDV. El transmisor modulará su señal de carril según los "unos y ceros" del telegrama. Las antenas embarcadas en el tren captarán el telegrama y lo comunicarán al equipo ATP a bordo. Este detectará la sincronización y validará el telegrama mediante el chequeo del código de redundancia.

En zonas de agujas y cruces la transmisión de tierra a tren podrá efectuar a través de un lazo específico en vez de mediante los carriles, por lo que dicho caso deberán disponerse estos bucles de forma adecuada.

Cuando el módulo ATP envíe un telegrama al transmisor del CDV, se empleará la frecuencia portadora de + 100 Hz para indicar un '1' lógico y la portadora -100 Hz para un '0' lógico. La velocidad de transmisión será de 200 bits por segundo (Bps).

El receptor de a bordo podrá detectar las ocho frecuencias distintas de portadora empleadas en los CDV, y detectar si ha recibido un '0' o un '1'.

5.2.4.3.2 Codificadores

Los codificadores serán los equipos de seguridad intrínseca que generarán todos los telegramas que pueden ser transmitidos al sistema ATP / ATO a través de los CDV del enclavamiento. Cada codificador podrá controlar uno o dos Circuitos de Vía.

Los Codificadores se colocarán en un bastidor que se ubicará en el Cuarto Técnico de Corrientes Débiles, y se conectarán al enclavamiento a través de los transmisores de los CDV. Los bastidores de los codificadores aparecen señalados en planos mediante el identificador ATP.

El codificador comenzará a enviar datos únicamente cuando un tren llegue y cortocircuite el Circuito de Vía (CDV ocupado). El criterio para desactivar la transmisión de telegramas a un CDV concreto será que la cabeza del tren que lo recorre ocupe el siguiente CDV.

La incompatibilidad existente entre la emisión de la señal de detección de tren y la transmisión de telegramas podría provocar problemas si se produce una falsa ocupación de un CDV. Esto se resuelve mediante una señal de entrada binaria al codificador que cambia de estado en función de la ocupación de CDVs sucesivos.

Además de esta señal, existen otros tres tipos de entradas a los codificadores que les permitirán seleccionar en cada momento el mensaje adecuado a enviar al tren, que son:

- Información de señales dentro del horizonte del CDV
- Información de la posición de las agujas dentro del horizonte a considerar
- Información especial

Los telegramas del sistema ATP estarán compuestos por una parte por datos de señalización, y por otra por bits adicionales destinados a la detección de errores y sincronización.

Tal y como se describe en detalle en el apartado de los telegramas, los mensajes a transmitir al tren contendrán la siguiente información:

IDENTIFICACIÓN	VALORES	DESCRIPCIÓN
Velocidad	15	Velocidad máxima permitida en

máxima teórica		el presente CDV
Velocidad objetivo	15	Velocidad máxima permitida cierta distancia por delante
Distancia al objetivo	19 6	Distancia hasta la posición del objetivo
Pendiente al objetivo	14	Pendiente media de la vía calculada sobre la distancia de frenado al objetivo
Modo ATO permitido		Indica si se permite la operación en modo automático o no
ATP discontinuo		Indica si se permite al tren el paso por una zona de la línea sin transmisión de telegramas antes de alcanzar el objetivo
Restricciones del objetivo		Utilizadas cuando existan restricciones especiales en la aproximación al próximo CDV, como entrada a Cocheras o en contravía
Marcador del CDV	7	Posibilitará al ATP a bordo distinguir entre telegramas enviados desde diferentes CDVs

Otra parte del mensaje será elaborado en base a los datos recibidos del PMC, y deberá contener la siguiente información de ATO:

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Tipo de marcha	Rápida, normal o lenta
Salto de estación	Indicará al ATO si debe efectuar parada en la siguiente estación
Circuito de andén	Indicará al ATO si el tren se encuentra en un CDV de andén

En general, el transmisor y el receptor de cada CDV deben estar dispuestos en vía de forma que el tren siempre marche hacia el transmisor. En los CDV con ATP bidireccional (estación, agujas y maniobras), un relé debe intercambiar las conexiones del emisor y del receptor a los extremos correctos del CDV. Dicho relé debe efectuar un bloqueo con protección intrínseca antes de la conmutación. Estos relés serán controlados desde el enclavamiento.

5.2.4.3.3 Balizas

Para la transmisión de información fija se utilizarán balizas pasivas, que se colocarán entre carriles. La transmisión de telegramas desde la baliza será activada gracias a la energía que reciba de la antena de un tren que la sobrepase.

Las balizas estarán programadas con información fija y serán empleadas como indicadores para permitir al sistema ATO realizar una parada de precisión en los andenes. También se emplearán para enviar información ATP fija adicional.

Para cada andén y sentido de tráfico en el que se supone que el ATO efectuará paradas de precisión, existirán tres balizas colocadas en una secuencia fija predefinida antes del punto de parada. Las balizas se ubicarán según la siguiente disposición y distancias entre su centro geométrico y el extremo delantero de la antena de balizas del tren:

- Baliza 3: $D_3 \geq V_{\max}^2 / 2 \times (D - M_{\text{media}} \times 0,01)$
 - V_{\max} = Velocidad máxima donde el tren comienza a frenar antes del andén
 - D = Deceleración durante la parada de precisión en tipo de marcha lenta
 - M_{media} = Pendiente media al punto de parada
- Baliza 2: $D_2 = 49,5 \pm 0,5 \text{ m}$
- Baliza 1: $D_1 = 5,00 \text{ m}$

Si el ATO no detecta la baliza 3, entonces la 2 y la 1 no serán utilizadas para ninguna parada de precisión. Si se detecta la 3, pero no la 2 ó la 1, el ATO realizará la parada, aunque con menor precisión que si las hubiese detectado.

Cada baliza contendrá un mensaje de 255 bits a transmitir al tren. El mensaje contendrá la siguiente información ATO:

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Identificación de baliza	Código que identificará cada baliza como una de un grupo de tres. La identificación se empleará para verificar que la baliza detectada es la correcta y la esperada
Distancia	Distancia al punto de parada ATO en el andén
Pendiente	Pendiente media calculada sobre la distancia de la baliza

Además, el telegrama contendrá la siguiente información ATP:

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Andén izquierdo	Indicación de que existe un andén en el lado izquierdo del tren, referido al sentido de marcha. Este código se enviará en las dos últimas balizas antes del punto de parada
Andén derecho	Indicación de que existe un andén en el lado derecho del tren, referido al sentido de marcha. Este código se enviará en las dos últimas balizas antes del punto de parada
Tolerancia del andén	Tolerancia en la posición de parada en el andén que el tren debe satisfacer para que el ATP a bordo permita la apertura de las puertas. Las tolerancias pueden ser diferentes para el lado derecho y el izquierdo
Distancia ATP	Las balizas 1 y 2 darán una actualización de la distancia al CDV más próximo, donde el ATP a bordo puede tener activa una posición objetivo de parada
Marcador ATP	Valor del marcador del telegrama del circuito en el que se encuentra la baliza
Distancia de enlace	Distancia a la que se encuentra la siguiente baliza del trayecto. De este modo se puede detectar la falta de una baliza

5.2.4.4 Equipos a bordo del tren

Aunque los equipos del tren no sean objeto del Proyecto, se exponen a continuación algunas características de los mismos que pueden afectar al equipamiento de tierra.

El equipo de tren efectúa las siguientes tareas básicas:

- Recepción de los telegramas procedentes de tierra
- Cálculo de las curvas de velocidad
- Supervisión de la velocidad y actuación sobre el tren
- Información al conductor
- Medición de velocidad y distancia recorrida

Para ello dispone de los siguientes componentes:

- Unidades lógicas de ATP / ATO: son el núcleo fundamental del equipo de tren y en él radica la seguridad del sistema. Su función principal es procesar los datos recibidos de los equipos de tierra y del tren, construir las curvas de velocidad, supervisar la velocidad y en caso necesario actuar sobre la tracción y freno del tren. También es el encargado de efectuar el autochequeo inicial de todos los equipos del tren que intervienen en el ATP y de comprobar periódicamente su funcionamiento.
- Interface hombre - máquina: Es la encargada de recibir y enviar información al conductor del tren.
- Equipos de medida de posición y velocidad del tren.
- Conexiones directas con las siguientes funciones del vehículo:
 - **Salidas**
 - Frenos de emergencia: El sistema ATP / ATO debe ser capaz de aplicar los frenos de emergencia. Esta operación se realizará mediante un relé de seguridad cuyos contactos abrirán y cerrarán el bucle eléctrico de frenos del tren.
 - Relés para apertura de puertas: Cuando el sistema ATP detecte que el tren se ha parado en un andén provocará la excitación del relé de apertura de puertas correspondiente al lado en el que se encuentre el andén.
 - **Entradas**
 - Activación de cabina: Se producirá al introducir la llave. La detección de activación de cabina provocará que el ATP / ATO pase de un estado de reposo a un estado de alerta.
 - Inversor: Es una palanca con tres posiciones que se corresponden con la dirección de marcha: Adelante, neutra y de retroceso. El sistema ATP / ATO detectará la posición de adelante y de retroceso.
 - Manipulador: Manivela con la que se controla, en varios niveles, la propulsión y el frenado del tren. El sistema ATP / ATO deberá saber si ésta se encuentra en la posición de "deriva" para poder seleccionar el modo de funcionamiento adecuado.

- Pulsadores de arranque: Cuando el sistema esté en modo automático, el conductor deberá activar estos dos pulsadores para arrancar el tren.
- Llave "Especial": Llave que, al ser introducida y girada, apagará el sistema ATP/ATO y desactivará las funciones de ATP relacionadas con los frenos de emergencia y apertura de puertas. La llave también estará conectada a un piloto que indicará el modo de funcionamiento "Especial", es decir, manual sin ninguna supervisión de ATP.

5.2.4.5 Transmisión tierra - tren

5.2.4.5.1 Características generales

La transmisión tierra – tren deberá respetar las mismas características de las instalaciones actualmente existentes, tal y como se describen a continuación.

Las antenas del tren funcionan con una frecuencia portadora de 27,115 MHz, que se modula en amplitud con una señal de pulsos de 50 kHz a modo de señal de búsqueda de la baliza. El generador de portadora puede suministrar 12 W, pero sólo una pequeña parte de esta potencia, típicamente unos 5 mW con un máximo de 8 mW, se emite como radiación electromagnética desde la antena. El resto se acopla magnéticamente con la baliza y se va en las pérdidas internas.

La baliza debe responder con una señal de 4,5 MHz, que se atenúa inmediatamente para un '1' lógico y lentamente para un '0' lógico. En ambas direcciones, el acoplamiento entre la antena de a bordo y la baliza es únicamente magnético.

El receptor de a bordo medirá cuando la señal recibida supere un valor umbral y cuando vuelva a bajar por debajo de ese valor. El punto medio entre las dos distancias de referencia obtenidas definirá la posición de la baliza.

5.2.4.5.2 Descripción de los telegramas

Los códigos a utilizar para la transmisión tierra - tren a través de los CDV y para las transmisiones de las balizas poseerán la misma estructura matemática, basada en códigos del tipo BCH con bloques de código lineales y cíclicos.

La longitud de palabra de los telegramas a transmitir por los CDV será de 63 bits. 27 de ellos se utilizarán para la detección de errores de transmisión, 6 para la localización

del comienzo y final del telegrama, y 1 bit más para detectar cualquier inversión del telegrama.

Quedarán por ello 29 bits que se emplearán para transmitir codificados en binario los parámetros básicos del sistema al tren, desglosados de la forma que sigue:

- Marcador de circuito de vía: 3 bits
- Velocidad máxima teórica: 4 bits
- Velocidad objetivo: 4 bits
- Distancia objetivo: 8 bits
- Pendiente objetivo: 4 bits
- Selector de ATP / ATO: 1 bit

El uso de los 5 bits restantes dependerá del estado del bit indicador de ATP / ATO:

- Si el bit 'Selector de ATP/ATO' está a '0', se enviará información de ATP:
 - ATP permitido / no permitido: 1 bit
 - ATP continuo / discontinuo: 1 bit
 - Restricción de objetivo: 3 bits
- Si el bit 'Selector de ATP/ATO' está a '1', se enviará información de ATO:
 - Tipo de marcha: 2 bits
 - Circuito con andén: 1 bit
 - Salto de estación: 2 bits

Los telegramas serán enviados continuamente, y el primer bit de cada telegrama se transmitirá inmediatamente después del último bit del anterior. Como los telegramas no varían, la propiedad cíclica de la codificación BCH permitirá comprobar la redundancia en el receptor sin necesidad de saber donde termina un telegrama y empieza el siguiente.

Mediante este sistema, y caso de encontrar que la redundancia es la correcta, se detectará el comienzo de la parte de información del telegrama. Si hay algún problema con el chequeo de redundancia, la información no se usará y se pasará a otro bit para repetir de nuevo el chequeo. Esto significa que si se ha recibido un bit del telegrama defectuosamente, se deben realizar 63 cambios de bits hasta que se vuelva a aceptar otro telegrama. No se realizará corrección de errores.

La longitud de palabra de los telegramas transmitidos por las balizas será de 255 bits. De ellos 180 se utilizarán para transmitir datos al tren, mientras que el resto serán necesarios para la codificación.

5.2.4.5.3 Marcadores en el telegrama

Los telegramas irán asociados a cada circuito de vía, es decir, cada circuito de vía recibirá sus propios mensajes de los equipos de tierra de ATP / ATO. Tal y como se ha indicado anteriormente, los telegramas dispondrán de un marcador de circuito de vía al objeto de:

- Asegurar que el tren ha pasado una junta entre CDVs para que se pueda confirmar un punto base para el cálculo ATP de la distancia objetivo.
- Asegurar que el tren nunca pueda aceptar un mensaje recibido desde un CDV adyacente. Tal recepción podría suceder en el caso de cruce de telegramas debido a algún fallo en los equipos de campo.

Si el tren recibe un telegrama con un marcador que no se corresponde con la secuencia correcta, el resto del telegrama será ignorado y se ordenará la parada del tren.

Los telegramas de las balizas serán verificados en cuanto a sus códigos de redundancia. Las balizas también podrán llevar un marcador de CDV. Cuando se use, tendrá el mismo valor que el marcador del telegrama del CDV en el que está colocada la baliza. El equipo ATP a bordo comparará ambos marcadores (el de baliza y el de vía) para ver que son efectivamente iguales. Si resultan ser distintos se detendrá el tren.

5.2.4.5.4 Pérdida de telegramas tierra - tren

Si la recepción de telegramas se interrumpe en los modos ATP o ATO, el ATP frenará hasta detener al tren. El frenado se ordenará normalmente cuando el tren ha recorrido 6 metros más 2 segundos desde la última recepción.

El bit de ATP discontinuo en el telegrama de vía puede permitir al tren continuar hasta un objetivo en modo ATP o ATO incluso si no se reciben telegramas. Si el tren debiera pararse en el área sin código, este permiso será cancelado y deberá continuar en modo Manual.

5.2.4.5.5 Características técnicas

5.2.4.5.5.1 Alimentación eléctrica

Los Codificadores se alimentarán a través del enclavamiento, mediante una acometida de S.A.I. a 230 V c.a., debiendo poder soportar las variaciones de tensión máximas y mínimas previstas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

5.2.4.5.5.2 Diseño mecánico

Los Codificadores se ubicaran en armarios normalizados que se colocarán en el Cuarto Técnico de Corrientes Débiles, según se indica en los Planos del Proyecto.

Los equipos a instalar en vía tendrán que soportar un ensayo de vibraciones en las condiciones siguientes:

- Aceleración vertical de 2g
- Frecuencia y amplitud: 5 Hz – 1mm; 40 Hz – 0,2 mm
- Duración 10⁶ ciclos

Para resistencia delante de obstáculos se tendrá en cuenta lo indicado por la Norma DIN 40.040.

Con carácter general se tomarán como referencia las siguientes Normas Europeas de cara a validar el diseño mecánico:

- EN 22 247.- Pruebas de vibraciones
- EN 22 248.- Pruebas de impacto vertical

5.2.4.5.3 Condiciones electromagnéticas

Se tendrá en consideración la Norma Europea EN 50 121 sobre compatibilidad electromagnética, y en particular la parte 4, que hace referencia a señalización y comunicaciones.

De forma general, el sistema deberá estar debidamente protegido contra perturbaciones electromagnéticas susceptibles de influir en su funcionamiento, y en particular contra las que se deriven de su entorno. Entre estas posibles afecciones se encuentran:

- Presencia de catenaria alimentada a 1.500 V c.c.
- Intensidad de retorno de tracción en c.c. por los carriles, con especial atención a los posibles armónicos que se puedan producir.
- Subcentrales de tracción en las proximidades de la vía.
- Perturbaciones debidas al contacto entre el pantógrafo y la línea aérea de contacto.
- Perturbaciones debidas a los choppers, onduladores, motores y otros equipos de las unidades de metro.
- Influencia de los elementos de señalización.
- Sistemas de comunicaciones existentes en el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao (telefonía, radio, megafonía, sistema TETRA, etc.).
- Proximidad de líneas de transporte de energía eléctrica (A.T. y B.T.) y de redes de telecomunicaciones a lo largo de la vía.
- Sobretensiones y sobreintensidades provenientes de fenómenos atmosféricos (será de aplicación la norma IEC / CEI 1140).

5.2.4.5.4 Condiciones ambientales

Los equipos a instalar en vía estarán diseñados para trabajar en un rango de temperaturas comprendido entre -15 y 60°C.

Serán de aplicación las normas DIN 40 040 y EN 50 125 – 3.

Los equipos de vía, deberán tener la protección adecuada para montaje intemperie.

Los equipos de cabina deberán estar preparados para trabajar en un rango de temperaturas comprendido entre -5 y 60°C .

5.2.4.5.5 Seguridad y fiabilidad

El objetivo de seguridad del ATP/ATO se establece como máximo en 10^{-10} fallos contra la seguridad por hora de funcionamiento. Correspondiendo a un nivel de Integridad de la Seguridad SIL 4. Tal y como se describe en la normativa CENELEC.

Para respaldar el proceso de diseño y desarrollado del enclavamiento se exigirá la documentación prueba del respeto de las normas de aplicación:

- CENELEC EN 50 126: Ejercitación y Demostración de Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad.
- CENELEC EN 50 128: Comunicaciones, Señalizaciones y Sistemas de Proceso - Software para Sistemas de Control y Protección Ferroviaria.
- CENELEC EN 50 129: Comunicaciones, Señalización y Sistemas de Proceso – Seguridad en Sistemas electrónicos de Señalización.

La configuración del ATP/ATO y la redundancia en sus componentes será tal que permita alcanzar el objetivo de fiabilidad de valor MTBF de 30.000 h. para el conjunto del sistema.

La documentación que presenten los licitadores deberá incluir un estudio de fiabilidad y seguridad que muestre los valores propuestos en su sistema.

5.2.4.5.6 Ubicación de los equipos

La filosofía de implantación de los sistemas de señalización en el FMB es la centralizada. Esto facilita la alimentación de los distintos sistemas, la detección y resolución de averías y protege los equipos de actuaciones vandálicas. Los equipos ATP/ATO se instalarán en el cuarto de corrientes débiles. Serán excepciones los equipos siguientes:

- Los equipos de vía. Que se situarán sobre ésta en la posición adecuada.
- La red de cables y cajas de conexión. Que estarán dispuestos de forma conveniente a lo largo del trazado de las vías.

Como parte de los anexos proporcionados en este proyecto se proponen soluciones para la ubicación de los diferentes equipos y aparatos, tanto en el cuarto de corrientes débiles como en la vía. Estas soluciones servirán de guía para orientar a los licitadores en la elaboración de sus proyectos respectivos. La solución definitiva para cada caso se realizara como resultado de la aprobación, por parte de la dirección de obra, del replanteo y el estudio concreto que realice el ganador del contrato.

5.2.4.5.7 Montaje

El proceso de montaje comenzará una vez aprobado el proyecto constructivo y realizado el replanteo necesario para definir la configuración de la solución mas adaptada a la situación real.

En caso de detectarse problemas u obstáculos para realizar el montaje según las condiciones previstas, el Contratista deberá aportar soluciones alternativas, que deberán ser supervisadas por la Dirección de Obra.

Todos los elementos a instalar en campo deberán permitir las labores de mantenimiento mecanizado de la vía sin alteración alguna.

Cada componente dispondrá de su correspondiente placa identificativa solidariamente unida al elemento e inalterable por las condiciones ambientales, en la que figurará la codificación que le corresponda.

Durante el periodo de montaje será de gran utilidad la coordinación entre los contratistas de los diferentes proyectos entre ellos y con el Metro de Bilbao. Se establecerán con antelación los planes generales y conjuntos de trabajo. Para las intervenciones se respetará el mecanismo de intervalos puesto en marcha por el FMB. Se buscará la optimización en la utilización de recursos y organización de los trabajos respetando el orden lógico de las actuaciones.

5.2.4.5.8 Mantenimiento

El licitador propondrá una operativa de mantenimiento de los equipos ATP/ATO. Proporcionará los datos y materiales necesarios para realizar el mantenimiento correctivo de las instalaciones. Propondrá las acciones preventivas aconsejables para minimizar las actuaciones correctivas. Todo esto sin perjuicio del cumplimiento de los objetivos de disponibilidad.

El contratista asegurara el suministro de cualquier material de repuesto durante todo el ciclo de vida de las instalaciones.

5.2.4.6 *Armarios y bastidores*

Los Codificadores de los sistemas ATP / ATO se ubicarán en armarios a colocar en el cuarto de corrientes débiles de la estación, y que dispondrán de las siguientes características:

Estarán contruidos en chapa de acero, y sus dimensiones serán las adecuadas para ubicar los equipos necesarios en su interior.

Dispondrán de puerta anterior y posterior, con bombín de cierre normalizado. La ubicación del armario permitirá siempre el acceso por ambas puertas simultáneamente, estando estas abiertas en su totalidad. El ángulo mínimo de apertura de las puertas será de 120°. En caso de que el armario tenga una anchura superior a los 600 mm, dispondrá de dos puertas frontales.

En sus laterales los armarios dispondrán de guías de refuerzo entre la cara anterior y posterior para proporcionar rigidez al conjunto. El mínimo de guías de refuerzo será de 3 por cada lateral del armario, y se fijarán a la estructura de soporte del mismo. Estas guías permitirán la instalación de otras guías de soporte de canalizaciones y guiado de los cables.

El armario permitirá la instalación de elementos que permitan la modularización de los elementos en subconjuntos internos, para la separación de los diferentes servicios o instalaciones en caso que así se indique por la criticidad de los servicios que incorpore.

En los espacios dedicados al tendido ordenado de los cables, se dispondrán los elementos de guiado de los mismos que sean necesarios (canal de alineación de cables, canalizaciones, estribos de alineación, ...). No se permitirá la instalación de ningún cable que quede fuera de un camino prefijado mediante los elementos adecuados. Los diferentes cables se encintarán mediante el elemento más adecuado al tipo de cable (bridas de nylon, bridas de velcro, cintas espirales, etc.), de forma que los diferentes cables queden instalados en mazos ordenados. En ningún caso los

cables sufrirán tensiones mecánicas excesivas o radios de curvatura demasiado pequeños que puedan hacer poco fiable la instalación.

Cada armario dispondrá en su interior de una guía de alimentación para distribución eléctrica, con los interruptores automáticos necesarios dependiendo de los equipos alojados en su interior, quedando siempre un interruptor automático de reserva y dos enchufes tipo Schuko para conexión provisional de equipos de medida y prueba (tomas de tensión de servicio). La guía de alimentación siempre se situará en la parte inferior del armario y los interruptores se accionarán por la parte frontal del mismo. El sistema cumplirá todas las normativas referentes a evitar los contactos accidentales con las partes en tensión.

La alimentación eléctrica principal del armario se realizará con una sola acometida de la sección adecuada al consumo previsto por los equipos que se instalen en el armario, que se conectará a la salida del correspondiente interruptor automático del cuadro General de Baja Tensión de Corrientes Débiles.

El chasis del armario y los elementos metálicos se conectarán a la red de tierras del Cuarto Técnico de Corrientes Débiles. Los armarios quedarán fijados al falso suelo de forma que no se puedan mover libremente

En montaje lineal de varios armarios no se instalarán las paredes intermedias, quedando todo el lineal como un único conjunto. Siempre se instalarán las paredes finales del conjunto lineal. Los diferentes armarios intermedios quedarán fijados de forma íntima mediante los elementos de ensamblaje correspondientes.

La entrada y salida de cables de los armarios se realizara por pasos de cable sellados que eviten la entrada de polvo o pequeños roedores y proporcionen estanqueidad al conjunto.

Todos los armarios irán etiquetados en el exterior de su puerta frontal y posterior con su identificación.

Como equipamiento mínimo, todos los armarios dispondrán de:

- Puerta anterior y posterior con cierre unificado. La puerta anterior será acristalada (metacrilato).
- Paredes laterales (sólo a instalar en los armarios finales del grupo de armarios).

- Elementos de unión para ensamblar los diferentes armarios de un mismo lineal.
- Suelo modular, con escotadura estanca para la entrada y salida de cables.
- Guías de refuerzo laterales.
- Elementos de canalización de los cables en sus tendidos horizontales y verticales (estribos de alineación, liras organizadoras, etc.).
- Elemento de distribución de la alimentación.

El Contratista deberá presentar la ingeniería y diseño detallado de los armarios, que deberá ser aprobada por la Dirección de Obra. A la finalización de la obra se entregarán los planos definitivos. Esta ingeniería deberá contemplar reservas de espacio adecuadas.

5.3 Equipos de campo.

5.3.1 Circuitos de vía

El elemento de detección fundamental sobre el que se apoya la seguridad de las circulaciones es el circuito de vía. En el caso de Metro Bilbao los circuitos de vía proporcionan una funcionalidad bidireccional.

- En dirección campo cabina los circuitos de vía realizan la función de detección segura de materiales. La precisión de esta detección depende de la diferencia de longitud entre el circuito concreto y la del material detectado.
- En dirección cabina campo los circuitos de vía (codificados) son el vehículo de transmisión y radiación de la información suelo-tren para el ATP/ATO.

Los circuitos de vía deberán adaptarse completamente a los requerimientos actuales de las unidades equipadas de ATP/ATO, (UT 500 y UT 550). Serán capaces de realizar correctamente todas las funciones de detección y transmisión necesarias para el control automatizado de las circulaciones, tal y como se realiza en el resto de la línea e independientemente del sentido de circulación de las unidades que los recorran. Los planos del Documento nº4 representan el número, longitud, denominación y otros datos de interés para los circuitos de vía previstos en este proyecto.

Los circuitos de vía no interrumpirán la continuidad de los circuitos de retorno de tracción en continua. Al mismo tiempo su funcionamiento no se verá afectado por interferencias causadas por los circuitos de tracción.

En el caso de circuitos de vía en los que se encuentre alguna aguja, la funcionalidad completa del circuito estará asegurada para dirección y todos los movimientos previstos en el cuadro de explotación.

5.3.1.1 Componentes

De acuerdo con la instalación actual de Metro Bilbao, los CDV están compuestos por los módulos de cabina y de campo descritos a continuación. No obstante, serán aceptables otras configuraciones, siempre que se respete la funcionalidad y compatibilidad general del sistema.

Módulos de cabina:

Son los equipos que se ubicarán en los bastidores de los Cuartos Técnicos de Corrientes Débiles. Serán:

- **Módulos transmisores:** Existirán al menos 9 tipos de transmisores, en función de la frecuencia de emisión. Se utilizará un módulo transmisor por circuito. Dispondrán de un puerto serie para conexión a los módulos de control de ATP / ATO.
- **Módulos receptores:** Existirán al menos 9 tipos de receptores, en función de la frecuencia. Se podrán utilizar de uno a tres módulos receptores por circuito, en función de la configuración topológica.
- **Unidades de adaptación a línea:** Se utilizarán para adecuar las características eléctricas de las señales del emisor y del receptor al punto real de utilización de los equipos pasivos en vía, de forma que se minimicen las pérdidas en los cables. Existirá una unidad de adaptación por cada transmisor o receptor.
- **Fuentes de alimentación:** Se utilizarán para alimentar eléctricamente a los módulos transmisores y receptores. En general se instalará una por cada CDV.
- **Protecciones del sistema:** Se utilizarán fusibles de protección y se soportarán cortocircuitos y sobretensiones.
- **Interface para conexión de los codificadores de ATP/ATO** con los módulos transmisores de los CDV.

Módulos de campo:

Son los elementos del sistema que se colocarán en vía, y estarán constituidos por componentes pasivos. Podrán ser de los siguientes tipos:

- **Unidades de sintonía:** Se emplearán para acoplar la energía en cada CDV. En general existirá una unidad de sintonía por cada transmisor o receptor. Deberán operar tanto en CDV normales como en desvíos.
- **Lazos de sintonía:** Permitirán, junto con las unidades de sintonía, la separación eléctrica entre circuitos. Serán del tipo “en Z”. Consistirán en cables de cobre aislado de 95 mm² de sección o de aluminio de 120 mm².
- **Lazos de cortocircuito:** Se utilizarán en el extremo del último circuito de vía. Se compondrán de cables de cobre aislado de 95 mm² de sección o de aluminio de 120 mm².

5.3.1.2 Características funcionales

Los circuitos de vía serán del tipo circuito de audiofrecuencia sin juntas, es decir que la separación entre cantones será del tipo junta eléctrica, no siendo necesarias en general juntas aislantes. Solamente se admitirán juntas aislantes en las zonas de agujas (desvíos y bretelles) y en las de separación de frecuencias, valorándose que sean las mínimas posibles. Las juntas aislantes previstas se muestran en los Planos del Proyecto.

La longitud de los cantones delimitados por los CDV estará comprendida entre 25 y 350 m. La distancia máxima desde la cabina del enclavamiento hasta los aparatos de vía no será superior a 2 km.

El CDV detectará la presencia del tren por falta de tensión, es decir, por falta en la recogida de la señal de alimentación.

Para cumplir las funciones de detección de unidades y de transmisión de datos ATP/ATO a las mismas, los CDV operarán en el rango de frecuencias de 5 kHz a 9 kHz, y deberán ser capaces de modular la portadora a frecuencias del orden de 100 Hz (correspondientes a una velocidad de transmisión de 200 baudios). Esta es la frecuencia a la que el módulo codificador de ATP / ATO suministrará información al transmisor (a través de una conexión serie) para ser enviada a la unidad.

Cuando el transmisor detecte ausencia de datos a transmitir desde el codificador de ATP/ATO, generará una modulación de señal a 20 Hz, con el objeto de detectar la presencia o ausencia de una unidad en el cantón. La ausencia de señal de ATP / ATO será asumida por el sistema tras un periodo de al menos 200 ms sin transiciones de estado en el puerto de entrada del transmisor.

Siguiendo con la filosofía de la instalación actual, existirán 8 tipos de CDV con 8 frecuencias de funcionamiento, más una frecuencia que se utilizará como reserva.

Cada cantón delimitado por el transmisor y el receptor de dos CDV consecutivos funcionará a una única frecuencia, que podrá ser alguna de las siguientes:

FRECUENCIA DEL CDV	NOMINAL (Hz)	BAJA (Hz)	ALTA (Hz)
F1	6.100	5.900	6.300
F2	7.700	7.500	7.900
F3	6.900	6.700	7.100
F4	8.500	8.300	8.700
F5	5.700	5.500	5.900
F6	7.300	7.100	7.500
F7	6.500	6.300	6.700
F8	8.100	7.900	8.300
F9	5.300	5.100	5.500

Estas frecuencias sólo podrán emparejarse de la siguiente forma (frecuencias asociadas) F1/F2, F3/F4, F5/F6, F7/F8.

Para continuar con la asignación de frecuencias utilizada en el resto de la línea se respetaran las secuencias:

- F7/F8 en vía 1
- F5/F6 en vía 2.

En caso de necesidad, para separar CDVs de frecuencias no asociadas se utilizarán juntas aislantes, según se defina en los Planos. Los cortes con juntas aislantes se resolverán mediante juntas inductivas para garantizar los retornos de tracción. El Contratista será el responsable de garantizar los retornos de tracción. Se evitará que los retornos de tracción sean monocarril.

La separación eléctrica entre dos CDV de frecuencias asociadas contiguos se conseguirá sintonizando la inductancia de la vía existente entre los extremos del lazo de sintonía.

El conjunto formado por cada par de unidades de sintonía y el lazo en Z intermedio, constituye un sistema resonante para las frecuencias asociadas. En este conjunto cada unidad de sintonía presentará una alta impedancia (un polo) entre sus terminales para su frecuencia de trabajo, mientras que para la frecuencia asociada presentará una baja impedancia (un cero). De esta forma se asegura que aún bajo las peores condiciones de longitud del cantón, resistencia de balasto, intensidad circulante, etc., la amplitud de la señal que pueda pasar de la junta eléctrica nunca pueda producir la excitación accidental de otro CDV que opere a la misma frecuencia.

El ajuste de las unidades de sintonía permitirá una detección fiable de la unidad de tren dentro de un cantón para todas las combinaciones de longitud y configuración de CDV, tipo de vía (normal, con contracarril, ...) y condiciones de balasto.

El sistema deberá proporcionar una gran definición de los límites de los cantones, por lo que existirá mínimo solape (longitud de la junta en la caen dos CDV) y no habrá zonas muertas (longitud de la junta en la que no cae ningún CDV) para un valor de tren shunt inferior a los $0,3 \Omega$.

Según indica la Normativa de Metro Bilbao (Punto 5.7 de la norma Metro MB-8-EV-1-001), el CDV tendrá que garantizar un tren shunt de como mínimo $0,5 \Omega$ para una resistencia de balasto de $1,5 \Omega/\text{km}$, entendiendo por tren shunt aquella resistencia entre los dos carriles que produce la ocupación del CDV en cualquier lugar del mismo y en las condiciones más desfavorables.

De acuerdo con los criterios de explotación de Metro Bilbao, los CDV deberán estar diseñados para realizar sus funciones de detección de unidades en ambos sentidos de circulación por cada vía (Circulación normal y a contravía). Este funcionamiento es de especial interés en las zonas en las que se realicen maniobras: Bretelles, escapes, estacionamientos y cantones adyacentes a las agujas.

5.3.1.3 Configuraciones

Atendiendo a su topología, los CDV podrán configurarse en tres formas fundamentales:

- Lineal con alimentación en extremo y 1 receptor
- De agujas con 2 receptores
- De agujas con 3 receptores

La definición de la topología a utilizar en cada caso aparece descrita en los Planos del Proyecto.

En cuanto a la direccionalidad de la transmisión de datos ATP/ATO, los CDV podrán ser:

- Unidireccionales
- Bidireccionales

Serán bidireccionales (transmisión posible de datos en ambos sentidos de circulación) los CDV de estación, de desvíos, de bretelles, y los adyacentes a desvío y bretelles que sean usados por los trenes para realizar maniobras, así como los de trayecto que sean necesarios para garantizar la parada del tren ante una señal de maniobra en circulaciones a contravía. De cualquier forma la transmisión de códigos ATP/ATO se realizara siempre por lado del circuito de vía opuesto al de entrada del tren en sentido de circulación.

5.3.1.4 Características técnicas

5.3.1.4.1 Alimentación eléctrica:

Los diferentes módulos que componen los CDV se alimentarán desde las fuentes de alimentación propias que existirán en los bastidores del enclavamiento.

Estas fuentes de alimentación se alimentarán a su vez desde una acometida de S.A.I. a 230 V c.a. que también se ubicará en el enclavamiento y cuya definición se realiza en otro punto del presente Pliego. No serán admisibles alimentaciones descentralizadas en ningún caso ni para ningún elemento.

5.3.1.4.2 Diseño mecánico:

Los equipos a colocar en bastidores en el enclavamiento se ubicaran en armarios normalizados, de acuerdo con las características definidas en el correspondiente apartado del presente Pliego.

Los equipos a instalar en vía o en su entorno tendrán que soportar un ensayo de vibraciones en las condiciones siguientes:

- Aceleración vertical de 2g
- Frecuencia y amplitud: 5 Hz – 1mm; 40 Hz – 0,2 mm
- Duración 10⁶ ciclos

Para resistencia delante de obstáculos se tendrá en cuenta lo indicado por la Norma DIN 40.040.

Con carácter general se tomarán como referencia las siguientes Normas Europeas de cara a validar el diseño mecánico:

- EN 22 247.- Pruebas de vibraciones
- EN 22 248.- Pruebas de impacto vertical

5.3.1.4.3 Condiciones electromagnéticas:

Se tendrá en consideración la Norma Europea EN 50 121 sobre compatibilidad electromagnética, y en particular la parte 4, que hace referencia a señalización y comunicaciones.

De forma general, el sistema deberá estar debidamente protegido contra perturbaciones electromagnéticas susceptibles de influir en su funcionamiento, y en particular contra las que se deriven de su entorno. Entre estas posibles afecciones se encuentran:

- Presencia de catenaria alimentada a 1.500 V c.c.
- Intensidad de retorno de tracción en c.c. por los carriles.
- Subcentrales de tracción en las proximidades de la vía.
- Perturbaciones debidas al contacto entre el pantógrafo y la línea aérea de contacto.
- Perturbaciones debidas a los choppers, onduladores, motores y otros equipos de los trenes.
- Influencia de los restantes elementos de señalización.
- Sistemas de comunicaciones existentes en el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao (telefonía, radio, megafonía, sistema TETRA, etc.).
- Proximidad de líneas de transporte de energía eléctrica (A.T. y B.T.) y de redes de telecomunicaciones a lo largo de la vía.
- Sobretensiones y sobreintensidades provenientes de fenómenos atmosféricos (será de aplicación la norma IEC / CEI 1140).

5.3.1.4.4 Condiciones ambientales:

Los equipos a instalar en vía estarán diseñados para trabajar en un rango de temperaturas comprendido entre -15 y 60°C .

Serán de aplicación las normas DIN 40 040 y EN 50 125 – 3.

Los equipos de vía, además de lo anterior, deberán tener la protección adecuada para montaje intemperie. Asimismo, deberán estar equipados con una adecuada protección solar que evite funcionamientos anómalos.

Los equipos de cabina deberán estar preparados para trabajar en un rango de temperaturas comprendido entre -5 y 60°C .

5.3.1.4.5 Seguridad y fiabilidad:

Los CDV serán concebidos y realizados según el principio de seguridad intrínseca, de forma que cualquier defecto en el sistema del CDV (corte de cable, falta de emisión, etc.) se traducirá en falta de señal en la recogida y en consecuencia en ocupación del circuito.

De acuerdo con las directrices CENELEC para sistemas electrónicos de seguridad, el nivel de integridad y seguridad (SIL) que se exigirá al conjunto será el 4, lo que equivale a que el objetivo de seguridad fija un máximo de 10^{-10} fallos contra la seguridad por hora (MTBUF).

Respecto a fiabilidad, el tiempo medio entre fallos que no atenten contra la seguridad tendrá que ser superior a 100.000 horas (MTBF > 10^5 horas).

En referencia a fiabilidad y seguridad se deberán tener en consideración las recomendaciones y disposiciones indicadas en el apartado de enclavamientos. El Ofertante deberá justificar en su Oferta el cumplimiento de los niveles de seguridad y fiabilidad indicados.

5.3.1.5 Ubicación de los equipos

Los módulos de cabina se ubicarán en sus correspondientes armarios en los Cuartos Técnicos de Corrientes Débiles, con la implantación descrita en los Planos el Proyecto. Los módulos de campo se ubicarán según se indica en los Planos de vía del presente Proyecto.

5.3.1.6 Montaje

Previamente al montaje, el Contratista deberá realizar el correspondiente replanteo que valide la implantación. En caso de detectarse problemas u obstáculos para realizar el montaje según las condiciones previstas, el Contratista deberá aportar soluciones alternativas, que deberán ser aprobadas por la Dirección de Obra.

A la hora de instalar una junta eléctrica en vía (2 unidades de sintonía y un lazo de sintonía), es muy importante que en la zona comprendida por las dos unidades de sintonía no exista ninguna junta aislante en los raíles, aunque ésta haya sido puenteada.

Las frecuencias de las unidades de sintonía se deberán emparejar según se ha indicado en las características funcionales del presente Pliego.

La desviación del lazo de sintonía respecto del eje central de la vía deberá ser mínima. En general, las conexiones de los cables a la vía se realizarán mediante soldadura. Las

uniones soldadas no presentarán en ningún caso una resistencia superior a los 50 mΩ.

Los cables de conexión de cada unidad de sintonía a la vía deberán ir juntos y sin distancia entre ellos para evitar distorsiones en su inductancia.

Todos los elementos a instalar en campo deberán permitir las labores de mantenimiento mecanizado de la vía sin alteración alguna.

Cada componente de los CDV dispondrá de su correspondiente placa identificativa solidariamente unida al elemento e inalterable por las condiciones ambientales, en la que figurará la codificación que le corresponda.

5.3.1.7 Mantenimiento

Los CDV deberán estar diseñados de manera que el mantenimiento requerido sea mínimo, debiendo el Contratista aportar la documentación precisa para realizar las citadas labores de mantenimiento.

5.3.2 Señales

Las señales laterales son los dispositivos de campo que transmiten a los maquinistas las indicaciones visuales necesarias para la circulación.

El reglamento de circulación del Metro Bilbao recoge la funcionalidad y características exigidas para los diferentes tipos de señales.

En el sistema de señalización del FMB se utilizan tres tipos de señales:

- **Señales fijas fundamentales:** Protegerán y regularán los movimientos de las Unidades. Podrán ser señales de entrada, de salida, intermedias y de maniobras.
- **Señales fijas indicadoras:** Complementarán las órdenes de las señales fijas fundamentales. Podrán ser señales de límite de circulación, indicadores de dirección, indicadores de vía de destino, indicadores para la tracción eléctrica o cartelones.
- **Señales fijas de regulación:** Regularán las circulaciones, manteniendo entre las mismas un intervalo predeterminado. Son las Salidas Bajo Orden (SBO).

Siempre que sea posible, las señales se instalarán a la izquierda del tren en el sentido normal de la marcha.

Las características físicas, el diseño, las funcionalidades y la instalación de las señales se realizará siguiendo de forma estricta el Reglamento de Circulación y Señales de Metro Bilbao.

El contratista presentará dos soluciones para el tipo de señales luminosas: una solución basada en lámparas convencionales y otra solución basada en lámparas de tecnología de LEDs, indicando su repercusión en la configuración de las tarjetas LMP y el cableado desde el enclavamiento hasta las señales. En ambas soluciones, el contratista deberá proporcionar sus referencias y especificaciones para elección por parte de la Dirección de Obra de la solución a instalar.

5.3.2.1 Componentes

Las señales luminosas de circulación serán estancas, de fundición, del tipo modular y con focos incandescentes. En general, las señales luminosas dispondrán de los siguientes componentes:

- Focos: Son las luces que compondrán los diferentes aspectos de la señal. Pueden ser 2, 3 ó 4 ópticas de color verde, amarillo, rojo, blanco o violeta. En general, los focos serán apilables y poseerán dos lentes: Una interior que dará el aspecto correspondiente y otra exterior incolora para concentración del haz luminoso.
- Pantalla de contraste, de color negro pintada con orla reflectante blanca.
- Soporte: Las señales de superficie estarán apoyadas en un mástil excepto las que, por condiciones de gálibo, se deban soportar sobre un anclaje o soporte, que deberá estar homologado por Metro Bilbao. Las señales altas dispondrán de una escalera con protección en la parte posterior para acceso a los focos. En los trayectos soterrados las señales se soportarán al hastial mediante anclaje.
- Transformador de señal: Las bornas del primario se conectarán a una regleta de terminales que se alojará en la cabeza de la señal, y las del secundario se conectarán directamente a las bornas de los portalámparas de los focos. Los primarios de los transformadores aceptaran tensiones de 110 y 220 V. Los secundarios dispondrán de salidas escalonadas para poder ajustar la tensión en la lámpara independientemente de la longitud de los cables de conexión.

- Elementos de acceso: Las señales dispondrán de puertas de acceso en la parte posterior dotadas de ventanas de ventilación, y protegidas mediante candados del tipo normalizado por Metro Bilbao.

Los pilotos de maniobra de las señales de entrada o de salida de estación estarán formados por una sola luz provista de pantalla en forma redonda, pintada de negro y con la orla blanca. Se instalarán sobre el propio mástil de la señal, siempre que sus características geométricas lo permitan.

Los módulos de indicación (dirección, vía de destino, ...) se acoplarán a las señales fijas de entrada, salida y maniobra, y estarán formadas por pantallas metálicas cuadradas de fondo negro sobre las que se insertará la señal luminosa de forma adecuada mediante haces de fibra óptica.

5.3.2.2 Características funcionales

Las características funcionales de las señales a instalar bajo el presente Proyecto serán las necesarias para que las mismas cumplan de forma estricta el Reglamento de Circulación y Señales de Metro Bilbao.

Según su ubicación, las señales podrán ser de los siguientes tipos:

- Señales de entrada: Las situadas a la entrada de una estación.
- Señales de salida: Las situadas a la salida de una estación
- Señales de maniobra: Las situadas delante de un CDV de aguja para realizar maniobras y, de forma excepcional, para autorizar entradas a circulaciones a contravía
- Señales intermedias: Las situadas entre la señal de salida de una estación y la señal de entrada de la siguiente estación

Se colocarán señales en el sentido normal de la circulación y a contravía.

Atendiendo a su composición, las señales podrán ser de varios tipos:

- Señales de dos luces. Dependiendo de su finalidad podrán ofrecer los siguientes aspectos:
 - Verde – Rojo
 - Amarillo – Rojo

- Blanco – Violeta

- Señales de tres luces. Dependiendo de su finalidad podrán ofrecer los siguientes aspectos:
 - Doble rojo – Verde

 - Doble rojo – Amarillo

- Señales de cuatro luces. Dependiendo de su finalidad podrán ofrecer los siguientes aspectos:
 - Doble rojo – Amarillo - Verde

 - Doble rojo – Amarillo Intermitente - Verde

Los focos permitirán regular la intensidad de la luz.

Existirá en cada cabecera de andén, en el sentido normal de circulación, una señal luminosa de regulación denominada Salida Bajo Orden (SBO), cuya función es informar al Conductor cuándo debe realizar la salida de la estación.

La actuación de las SBO está ligada al módulo de regulación de tráfico, que se define en Proyecto correspondiente. Es una señal de ayuda a la regulación y por lo tanto independiente de la señalización general.

Su funcionamiento es el siguiente: En el momento en que un tren entra en el CDV de estacionamiento de una estación y el sistema de regulación está operativo, la señal SBO se enciende emitiendo destellos. Cuando los programas de regulación establecen que la Unidad puede salir, se envía un comando que hace que la señal SBO se apague.

Esta señal se instalará en la cabecera de andén, a la misma altura y con el mismo anclaje que las señales de circulación.

La señal de SBO intercambia información con el enclavamiento y con el cuadro PMC, a través de la electrónica de control SBO. La electrónica de control SBO irá alojada en el cuarto del enclavamiento.

5.3.2.3 Características técnicas

5.3.2.3.1 Alimentación eléctrica:

Las señales estarán alimentadas desde los Módulos de Control de Aparatos de Vía del enclavamiento, que a su vez se alimentarán desde una acometida de S.A.I. a 230 V c.a. que también se ubicará en el cuarto de corrientes débiles.

5.3.2.3.2 Diseño mecánico:

Las señales tendrán que soportar un ensayo de vibraciones en las condiciones siguientes:

- Aceleración vertical de 2g
- Frecuencia y amplitud: 5 Hz – 1mm; 40 Hz – 0,2 mm
- Duración 10⁶ ciclos

Para resistencia delante de obstáculos se tendrá en cuenta lo indicado por la Norma DIN 40.040.

Con carácter general se tomarán como referencia las siguientes Normas Europeas de cara a validar el diseño mecánico:

- EN 22 247.- Pruebas de vibraciones
- EN 22 248.- Pruebas de impacto vertical

5.3.2.3.3 Condiciones electromagnéticas:

Se tendrá en consideración la Norma Europea EN 50 121 sobre compatibilidad electromagnética, y en particular la parte 4, que hace referencia a señalización y comunicaciones.

De forma general, las señales deberán estar debidamente protegidas contra perturbaciones electromagnéticas susceptibles de influir en su funcionamiento, y en particular contra las que se deriven de su entorno. Entre estas posibles afecciones se encuentran:

- Presencia de catenaria alimentada a 1.500 V c.c.

- Intensidad de retorno de tracción en c.c. por los carriles, con especial atención a los posibles armónicos que se puedan producir.
- Subcentrales de tracción en las proximidades de la vía.
- Perturbaciones debidas al contacto entre el pantógrafo y la línea aérea de contacto.
- Perturbaciones debidas a los choppers, onduladores, motores y otros equipos de las unidades de metro.
- Influencia de los restantes elementos de señalización.
- Sistemas de comunicaciones existentes en el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao (telefonía, radio, megafonía, sistema TETRA, etc.).
- Proximidad de líneas de transporte de energía eléctrica (A.T. y B.T.) y de redes de telecomunicaciones a lo largo de la vía.
- Sobretensiones y sobreintensidades provenientes de fenómenos atmosféricos (será de aplicación la norma IEC / CEI 1140).

5.3.2.3.4 Condiciones ambientales

Las señales estarán diseñadas para trabajar en un rango de temperaturas comprendido entre -15 y 60°C.

Serán de aplicación las normas DIN 40 040 y EN 50 125 – 3.

Las señales serán completamente estancas, ya sean para instalación intemperie o en túnel y deberán estar equipadas con una adecuada protección solar permita su visibilidad en todas las condiciones de iluminación.

5.3.2.3.5 Seguridad y fiabilidad:

El funcionamiento de las señales estará diseñado con las técnicas de seguridad y redundancia necesarias para conseguir los requisitos en materia de seguridad y fiabilidad que se indican en este Pliego.

De acuerdo con las directrices CENELEC para sistemas electrónicos de seguridad, el nivel de integridad y seguridad (SIL) que se exigirá al conjunto será el 4, lo que equivale a que el objetivo de seguridad permita un máximo de 10^{-10} fallos contra la seguridad por hora (MTBF).

La fiabilidad de las señales vendrá dada por las horas de vida de las lámparas. Cuando se produzca la fusión de una lámpara, roja o violeta, en una señal el sistema deberá indicar el fallo al cuadro de mando local del enclavamiento y al PMC.

En referencia a fiabilidad y seguridad se deberán tener en consideración las recomendaciones y disposiciones indicadas en el apartado de enclavamientos. El Ofertante deberá justificar en su Oferta el cumplimiento de los niveles de seguridad y fiabilidad indicados.

5.3.2.4 Ubicación de las señales

Salvo modificación aprobada consecuencia del replanteo correspondiente, las señales se ubicarán en los puntos indicados en los Planos de vía del presente Proyecto.

5.3.2.5 Montaje

Previamente al montaje, el Contratista deberá realizar el correspondiente replanteo que valide la implantación. El replanteo debe asegurar la visibilidad continua de las señales desde la cabina de las Unidades a la mayor distancia posible.

En caso de detectarse problemas u obstáculos para realizar el montaje según las condiciones previstas, el Contratista deberá aportar soluciones alternativas, que deberán ser aprobadas por la Dirección de Obra.

Las señales se ubicarán, siempre que sea posible, a la izquierda de la vía y en un plano superior. Excepcionalmente podrán colocarse a la derecha cuando sea estrictamente necesario por mala colocación o nula visibilidad.

La ubicación de las señales con relación a los CDV se realizará de forma que la señal proteja zonas en las que el tren pudiese ocupar el CDV y, por tanto, cerrar su propia señal; es decir:

- En los CDV limitados por lazos en 'Z', las señales se colocarán coincidentes con el inicio del lazo, a la altura de la unidad de sintonía correspondiente al circuito al que protege la señal.
- En los lazos de cortocircuito la señal se colocará coincidente con el citado lazo de cortocircuito.
- Si existieran juntas aislantes la señal se colocará coincidente con la junta.

Las señales deberán permitir las labores de mantenimiento mecanizado de la vía sin alteración alguna.

Cada señal dispondrá de su correspondiente placa identificativa solidariamente unida e inalterable por las condiciones ambientales, en la que figurará la codificación que le corresponda.

5.3.2.6 Mantenimiento

Las señales deberán estar diseñadas de manera que el mantenimiento requerido sea mínimo, debiendo el Contratista aportar la documentación precisa para realizar las citadas labores de mantenimiento.

5.3.3 Accionamientos de aguja

Los accionamientos de aguja son los equipos que permitirán a los enclavamientos realizar la maniobra, retención y comprobación de las agujas de forma totalmente segura. Para ello se basarán en mecanismos que transformarán el movimiento de rotación de un motor eléctrico en un movimiento rectilíneo.

Como norma general, los accionamientos de aguja a instalar dentro del presente Proyecto deberán tener las mismas funcionalidades que los instalados en las Líneas 1 y 2 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao.

El contratista presentará 3 accionamientos de aguja de diferentes fabricantes con sus referencias y especificaciones para elección por parte de la Dirección de Obra del accionamiento a instalar.

5.3.3.1 Componentes

Los accionamientos de aguja constarán de una caja de protección en cuyo interior se alojarán los siguientes bloques de elementos:

- Sistema de accionamiento
- Timonería
- Sistema de supervisión y control

El sistema de accionamiento podrá ser eléctrico o electrohidráulico.

La timonería, compuesta por los elementos que unirán el sistema de accionamiento con los espadines (barra de accionamiento, embrague, barras de detección, cerrojos de uña, etc.), y estará diseñada para ancho de vía métrico.

El accionamiento dispondrá de una barra de tracción y dos barras de comprobación independientes, una para cada espadín.

5.3.3.2 Características Funcionales

Los accionamientos de aguja serán de tipo no talonable. El sistema estará concebido para que pueda ser instalado a un lado o a otro de la vía.

El accionamiento dispondrá de un mecanismo de actuación manual protegido por un candado normalizado, de forma que al introducir una manivela o pistola eléctrica por el orificio que al efecto existirá en la caja, la alimentación eléctrica del mecanismo de accionamiento quede desconectada y el enclavamiento pierda la comprobación de posición de la aguja.

En accionamiento manual, el giro de la manivela o de la pistola hará que se mueva un eje independiente que transmitirá el movimiento hacia el eje de la rueda del motor. El cambio de agujas hacia la derecha o hacia la izquierda se conseguirá en función del sentido de rotación que se imprima al mecanismo de giro.

Los accionamientos de aguja estarán diseñados de forma tal que se asegure la posición final de los espadines reteniéndola hasta la realización de la siguiente maniobra.

El sistema dispondrá de un mecanismo (embrague o similar) que, en caso de que no se pueda completar una maniobra por causas externas (existencia de obstáculos físicos, alto rozamiento espadín-deslizadora, etc.) proteja el motor eléctrico hasta que el tiempo de maniobra previsto finalice en el enclavamiento. En este caso el sistema generará la alarma correspondiente, indicando que la maniobra no se ha completado.

5.3.3.3 Características técnicas

Los accionamientos de aguja deberán cumplir las siguientes características:

- Distancia de cambio (carrera de maniobra de la barra de mando): 220 mm
- Fuerza de tracción: ≥ 5 kN regulable

- Fuerza de retención: ≥ 9 kN
- Tiempo de operación: $\leq 2,5$ s
- Comprobación independiente de los dos espadines mediante barras de detección
- Tolerancia máxima de comprobación del espadín acoplado: 3 mm

El sistema se encontrará sometido a presión únicamente durante la operación de cambio de posición de agujas.

5.3.3.3.1 Alimentación eléctrica:

Los accionamientos de aguja estarán alimentado desde el subsistema de interfaces con elementos de campo del enclavamiento, que a su vez se alimentarán desde una acometida de S.A.I. a 230 V c.a.

5.3.3.3.2 Diseño mecánico:

Debido a las elevadas solicitaciones mecánicas a las que estará sometido el accionamiento, su construcción deberá ser robusta, sin que existan elementos delicados o fácilmente deteriorables.

Los accionamientos de aguja tendrán que soportar un ensayo de vibraciones en las condiciones siguientes:

- Aceleración vertical de 2g
- Frecuencia y amplitud: 5 Hz – 1mm; 40 Hz – 0,2 mm
- Duración 10^6 ciclos

Para resistencia delante de obstáculos se tendrá en cuenta lo indicado por la Norma DIN 40.040.

Con carácter general se tomarán como referencia las siguientes Normas Europeas de cara a validar el diseño mecánico:

- EN 22 247 Pruebas de vibraciones
- EN 22 248 Pruebas de impacto vertical

5.3.3.3.3 Condiciones electromagnéticas

Se tendrá en consideración la Norma Europea EN 50 121 sobre compatibilidad electromagnética.

De forma general, el sistema deberá estar debidamente protegido contra perturbaciones electromagnéticas susceptibles de influir en su funcionamiento, y en particular contra las que se deriven de su entorno. Entre estas posibles afecciones se encuentran:

- Presencia de catenaria alimentada a 1.500 V c.c.
- Intensidad de retorno de tracción en c.c. por los carriles, con especial atención a los posibles armónicos que se puedan producir.
- Subcentrales de tracción en las proximidades de la vía.
- Perturbaciones debidas al contacto entre el pantógrafo y la línea aérea de contacto.
- Perturbaciones debidas a los choppers, onduladores, motores y otros equipos de las unidades de metro.
- Influencia de los elementos de señalización.
- Sistemas de comunicaciones existentes en el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao (telefonía, radio, megafonía, sistema TETRA, etc.).
- Proximidad de líneas de transporte de energía eléctrica (A.T. y B.T.) y de redes de telecomunicaciones a lo largo de la vía.
- Sobretensiones y sobreintensidades provenientes de fenómenos atmosféricos (será de aplicación la norma IEC / CEI 1140).

5.3.3.3.4 Condiciones ambientales:

Los accionamientos de aguja estarán diseñados para trabajar dentro de un rango de temperaturas comprendido entre - 15 y 60 °C.

Serán de aplicación las normas DIN 40 040 y EN 50 125 – 3.

Además de lo anterior, los accionamientos de aguja deberán tener la protección adecuada para montaje intemperie.

5.3.3.3.5 Seguridad y fiabilidad:

Los accionamientos de aguja deberán estar diseñados con las técnicas de seguridad y redundancia necesarias para conseguir los requisitos en materia de seguridad y fiabilidad que se indican en este Pliego.

De acuerdo con las directrices CENELEC para sistemas electrónicos de seguridad, el nivel de integridad y seguridad (SIL) que se exigirá al conjunto será el 4, lo que equivale a que el objetivo de seguridad acepte un máximo de 10^{-10} fallos contra la seguridad por hora (MTBF).

En cuanto a fiabilidad, se deberán asegurar 600.000 maniobras sin fallo que no atenten contra la seguridad.

En referencia a fiabilidad y seguridad se deberán tener en consideración las recomendaciones y disposiciones indicadas en el apartado de enclavamientos. El Ofertante deberá justificar en su Oferta el cumplimiento de los niveles de seguridad y fiabilidad indicados.

5.3.3.4 Ubicación de los equipos

Los accionamientos de aguja se ubicarán según se indica en los Planos de vía del presente Proyecto.

La caja motor se deberá instalar en un costado de la vía, de manera que quede fuera del gálibo del material móvil y no dificulte las operaciones de mantenimiento de la vía.

En lo referente a timonerías y posibles cerrojos externos, se dispondrán dentro de la caja de la vía, de manera que obstaculicen lo mínimo posible el mantenimiento de la vía. Se valorará positivamente que ocupen el lugar de una traviesa.

No se admitirán elementos por encima del plano de la vía.

5.3.3.5 Mantenimiento

Los accionamientos de aguja deberán estar diseñados de manera que el mantenimiento requerido sea mínimo, debiendo el Contratista aportar la documentación precisa para realizar las citadas labores de mantenimiento.

Como mínimo, el accionamiento deberá no requerir ninguna acción de mantenimiento, con excepción del engrase de la timonería, en un periodo de tiempo que sea el mínimo de los dos siguientes:

- 1 año
- 200.000 maniobras completas

5.3.4 Cajas de conexionado

En todos aquellos puntos de la línea en los que sea necesario alimentar uno o varios equipos de vía, como pueden ser señales, accionamientos, circuitos de vía, etc..., se instalarán cajas de terminales para el conexionado, tanto de los cables generales como de los secundarios que alimentarán a dichos equipos.

Estas cajas serán de chapa de acero galvanizado, estancas, y podrán ser de 50 a 100 bornas, dependiendo del número de conductores que acometan a la caja. En su interior irán montadas sobre perfil las regletas de conexión seccionables para el emborne de los cables, cuyas características serán:

- Rigidez dieléctrica (DIN VDE 0303/parte 2): > 150 kV/cm
- Resistencia específica (DIN VDE 0303/parte 3): 109 Ω x cm
- Resistencia superficial (DIN VDE 0303/parte 3): 1010 Ω
- Intensidad nominal: 35 A
- Tensión nominal: 750 V

Para el montaje, las cajas de terminales irán apoyadas sobre soportes, quedando la caja separada del terreno.

Las cajas de terminales serán de tipo estanco, y llevarán en la tapa una junta de goma para evitar la entrada de agua.

Las cajas llevarán las siguientes entradas de cables: dos las de 50 bornas y tres las de 100 bornas. En las de dos entradas, por una entrarán los cables generales y por la otra los secundarios. En las cajas de tres entradas, por la entrada central entran los cables generales y por las dos laterales los cables secundarios.

Todas las entradas llevarán chapas con un número determinado de taladros, dependiendo de las necesidades. Estos taladros llevarán un tubo flexible y armado unido a la chapa con un racord. Por este tubo entrará un cable; existiendo tantos

tubos como cables. El resto de taladros se cegarán mediante tapones roscados. Los tubos que lleven cables serán sellados con silicona para evitar la condensación.

5.3.5 Cables de señalización

5.3.5.1 Tipos de cables

Los cables de señalización podrán ser de los siguientes tipos:

- Cables unipolares
- Cables de cuadretes
- Cables de pares
- Cables multipolares

En general, todos los cables irán convenientemente armados para evitar deterioros.

Los códigos de colores y serigrafía de los cables de señalización se definirán durante la fase del Proyecto de Detalle, y deberán ser aprobados por el Director de Obra. Siempre que sea posible, estos cables irán tendidos por los hastiales y por el bajo andén de vía 1.

Cables unipolares

Estos cables se utilizarán para la unión de las cajas de sintonía con el carril, y tendrán las siguientes características:

- Conductor: cobre electrolítico de 35 mm² de sección
- Aislamiento: polietileno reticulado XLPE
- Formación del cable: cuerda clase 2
- Cubierta ignífuga: de goma vulcanizada exenta de halógenos
- Con armadura
- Comportamiento al fuego: cumplirá las siguientes normativas:
 - No propagador de la llama, según Norma UNE 20 432-1

- No propagador del incendio, según UNE 20 432-3 categoría C; IEC-332 categoría C; IEEE-383 / 74
- Sin emisión de halógenos, según UNE 21 147-1; IEC 754.1; BS 6425.1
- Sin toxicidad, según proyecto de Norma UNE 21 174; NFC 2054; RATP-K20
- Sin corrosividad, según IEC / CEI 754,2; NFC-20453
- Sin desprendimiento de humos opacos, según RATP-K20; UNE 21 172-1 y 2; IEC / CEI 1034-1 y 2

Cables de cuadretes

Los cables de cuadretes se utilizarán para llevar la señal desde los enclavamientos hasta los transmisores de los CDV, para la conexión del enclavamiento con el cuadro de mando local, y para el bloqueo entre enclavamientos. También se utilizarán para conectar los receptores de los CDV con sus correspondientes cajas de conexión.

Estos cables dispondrán de cubierta con protección antiinductiva, ignífuga y antirroedores. Serán de bajo factor de reducción. Los cables de cuadretes normalizados podrán ser de 1C, 3C, 5C, 7C y 10C.

Los cables serán unifilares, con conductor de cobre electrolítico puro, bien trefilado y uniformemente recocido, de sección perfectamente circular y uniforme. La superficie será lisa, limpia y brillante, y estará exenta de escamas, grietas o cualquier otro tipo de defecto. El diámetro nominal de los conductores será de 1,4 mm, salvo para los bloqueos y Cuadro de Mando Local, que será de 0,9 mm.

Para el aislamiento de los conductores se empleará polietileno de alta densidad. Cada conductor se aislará con una capa continua extrudida de polietileno sólido coloreado según clave, sin poro ni defecto alguno, lo que se comprobará mediante los correspondientes ensayos de rigidez dieléctrica. El espesor del aislamiento será tal que permitirá cumplir con las características eléctricas que se indican más adelante.

Los conductores aislados se agruparán en forma de cuadretes. Los cuadretes así formados se dispondrán en capas concéntricas para formar un núcleo cilíndrico, sobre el que se dispondrá una cinta de poliéster de 0,125 mm de espesor aplicada longitudinalmente y con un solape adecuado.

Con el objeto de obtener un núcleo lo más cilíndrico posible, la distribución por capas de los cuadretes será la siguiente:

Nº de cuadretes	Centro	Capa 1
1	1	-
3	3	-
5	5	-
7	1	6
10	2	8

Sobre la cinta de poliéster se colocará una cubierta CCTSSTI que protegerá al núcleo contra posibles interferencias de origen inductivo.

La cubierta CCTSSTI constará de una serie de capas concéntricas, que se distribuirán de la siguiente manera:

- Corona de conductores de cobre (CC): Estará formada por conductores de cobre electrolítico de 1,4 mm de diámetro. El número de conductores que compondrá la corona variará con el diámetro del núcleo, y será tal que permita alcanzar el factor de reducción deseado.
- Primera cubierta de poliolefina ignífuga (T): Estará constituida por el citado material, con un espesor nominal que variará de 1 a 2 mm, dependiendo del diámetro del núcleo.
- Flejes de acero (SS): Tendrán un espesor de 0,8 mm. El fleje interno se aplicará helicoidalmente con un hueco de unos 12 mm aproximadamente. El fleje externo se aplicará también helicoidalmente sin solapar, con un hueco de unos 12 mm aproximadamente, pero solapando simétricamente el hueco dejado por el primer fleje. Sobre el fleje externo se aplicará un compuesto termoplástico que rellenará las depresiones dejadas por los flejes.
- Segunda cubierta de poliolefina ignífuga (TI): Estará constituida por el citado material, que se extruirá sobre los flejes de acero.

La corona de conductores de cobre y los dos flejes de acero permitirán obtener el factor de reducción deseado, y las cubiertas de poliolefina dará sus características ignífugas.

El factor de apantallamiento de la cubierta estará de acuerdo con los datos de la tabla siguiente:

VALOR DE MEDIDA (V / km)	FACTOR DE REDUCCION 0,1	
	MÁXIMO	OBJETIVO
100	0,1	0,09
500	0,16	0,14

Las características eléctricas de los cables de cuadretes serán las siguientes:

- La resistencia de los conductores en corriente continua será menor que 11,9 Ω /km a 20° C. Cuando la medida se haga a temperatura diferente a 20°C, la resistencia indicada se corregirá según la expresión:

$$R_t = R_{20} [1 + 0,00393 (t - 20)]$$

Siendo t la temperatura de prueba en °C

- Desequilibrio máximo de resistencia:
 - Valor medio máximo: 1%
 - Valor máximo individual: 2%

La fórmula para el cálculo del desequilibrio de resistencia será la siguiente:

$$R \% = [(R_{\text{máx}} - R_{\text{mín}}) / (R_{\text{máx}} + R_{\text{mín}})] \times 100$$

- La resistencia de aislamiento será superior a 35.000 M Ω x km, medida entre 100 y 500 V c.c. y 15°C, después de un minuto de electrificación.
- La rigidez dieléctrica medida en corriente continua durante 1 minuto será superior a los siguientes valores:

- Entre conductores: 3.000 V
- De conductores a pantalla: 3.500 V
- La capacidad mutua a 20°C y medida a 1000 Hz tendrá un valor medio de 41 ± 4 nF/km
 - Respecto de los ensayos de fuego y humo, los cables de cuadretes deberán superar las siguientes pruebas:
- Propagación de llama: La prueba de propagación de llama se realizará según Norma UNE 20 432 – 1, equivalente a IEC / CEI 332 – 1
- Propagación de incendio: La prueba de propagación de incendio se realizará según Norma UNE 20 432 - 3 categoría C, equivalente a IEC / CEI 332 - 3 categoría C y a IEEE 383 / 74.

Cables de pares

Los cables de pares se utilizarán para llevar la señal desde los enclavamientos hasta las cajas de conexión de los receptores de los CDV.

Estos cables dispondrán de cubierta con protección antiinductiva, ignífuga y antiroedores. Serán de bajo factor de reducción. Los cables de pares normalizados podrán ser de 2P, 6P, 10P, 14P y 20P.

Los cables serán unipolares, con conductor de cobre electrolítico puro, bien trefilado y uniformemente recocido, de sección perfectamente circular y uniforme. La superficie será lisa, limpia y brillante, y estará exenta de escamas, grietas o cualquier otro tipo de defecto. El diámetro nominal de los conductores será de 1,4 mm.

Para el aislamiento de los conductores se empleará polietileno de alta densidad. Cada conductor se aislará con una capa continua extruida de polietileno sólido coloreado según clave, sin poro ni defecto alguno, lo que se comprobará mediante los correspondientes ensayos de rigidez dieléctrica. El espesor del aislamiento será tal que permitirá cumplir con las características eléctricas que se indican más adelante.

Cada uno de los pares irá individualmente apantallado, para lo que se envolverá con una cinta de poliéster de 0,975 mm que se dispondrá helicoidalmente con un solape adecuado, y con otra cinta de aluminio - poliéster de 0,030 mm de espesor que se

aplicará también helicoidalmente y con un solape adecuado. El lado del aluminio desnudo mirará al exterior del par.

A continuación, sobre esta segunda cinta se dispondrá de forma helicoidal otra cinta de poliéster de 0,025 mm de espesor, con un solape adecuado. Por último se aplicará un hilo de continuidad de pantalla de cobre estañado de 0,5 mm de diámetro, que hará contacto con el lado del aluminio de la cinta de aluminio - poliéster.

Los pares apantallados se cablearán en capas concéntricas para formar un núcleo cilíndrico, sobre el que se dispondrá una cinta de poliéster de 0,125 mm de espesor aplicada longitudinalmente y con un solape adecuado.

Con el objeto de obtener un núcleo lo más cilíndrico posible, la distribución por capas de los pares será la siguiente:

Nº Pares	Centro	Capa 1	Capa 2
2	2	-	-
6	6	-	-
10	2	8	-
14	4	10	-
20	1	6	13

Sobre la cinta de poliéster se colocará una cubierta CCTSSTI que protegerá al núcleo contra posibles interferencias de origen inductivo.

La cubierta CCTSSTI constará de una serie de capas concéntricas, que se distribuirán de la siguiente manera:

- Corona de conductores de cobre (CC): Estará formada por conductores de cobre electrolítico de 1,3 mm de diámetro. El número de conductores que compondrá la corona variará con el diámetro del núcleo, y será tal que permita alcanzar el factor de reducción deseado.
- Primera cubierta de poliolefina (termoplástico) ignífuga (T): Estará constituida por el citado material, con un espesor nominal que variará de 1 a 2 mm, dependiendo del diámetro del núcleo.

- Flejes de acero (SS): Tendrán un espesor de 0,8 mm. El fleje interno se aplicará helicoidalmente con un hueco de unos 12 mm aproximadamente. El fleje externo se aplicará también helicoidalmente sin solapar, con un hueco de unos 12 mm aproximadamente, pero solapando simétricamente el hueco dejado por el primer fleje. Sobre el fleje externo se aplicará un compuesto termoplástico que rellenará las depresiones dejadas por los flejes.
- Segunda cubierta de poliolefina ignífuga (TI): Estará constituida por el citado material, que se extruirá sobre los flejes de acero.

La corona de conductores de cobre y los dos flejes de acero permitirán obtener el factor de reducción deseado, y la cubierta exterior de poliolefina dará sus características ignífugas.

El factor de apantallamiento de la cubierta estará de acuerdo con los datos de la tabla siguiente:

VALOR DE MEDIDA (V / km)	FACTOR DE REDUCCION 0,1	
	MÁXIMO	OBJETIVO
100	0,1	0,09
500	0,16	0,14

Las características eléctricas de los cables de pares serán las siguientes:

- La resistencia de los conductores en corriente continua será menor que 11,9 Ω /km a 20° C. Cuando la medida se haga a temperatura diferente a 20°C, la resistencia indicada se corregirá según la expresión:

$$R_t = R_{20} [1 + 0,00393 (t - 20)]$$

Siendo t la temperatura de prueba en °C

- Desequilibrio máximo de resistencia:
 - Valor medio máximo: 1%
 - Valor máximo individual: 2,5%
 - La fórmula para el cálculo del desequilibrio de resistencia será la siguiente:

$$R \% = [(R1 - R2) / (R1 + R2)] \times 100$$

- Siendo R1 y R2 las resistencias individuales de los conductores de un par.
 - La resistencia de aislamiento será superior a 35.000 MΩ x km, medida entre 100 y 500 V c.c. y 15°C, después de un minuto de electrificación.
 - La rigidez dieléctrica medida en corriente continua durante 3 segundos será superior a los siguientes valores:
 - Entre conductores: 4.500 V
 - De conductores a pantalla: 1.500 V
 - Entre pantallas individuales: 250 V
 - La capacidad mutua a 20°C y medida a 1000 Hz tendrá un valor medio de 65 nF / km.
 - La inductancia medida a 10 kHz tendrá un valor medio de 0,65 ± 10% mH / km
- Respecto de los ensayos de fuego y humo, los cables de cuadretes deberán superar las siguientes pruebas:
- Propagación de llama: La prueba de propagación de llama se realizará según Norma UNE 20 432 – 1, equivalente a IEC / CEI 332 – 1
 - Propagación de incendio: La prueba de propagación de incendio se realizará según Norma UNE 20 432 - 3 categoría C, equivalente a IEC / CEI 332 - 3 categoría C y a IEEE 383 / 74.

Cables multipolares

Los cables multipolares se utilizarán para llevar la señal desde los enclavamientos hasta las señales y accionamientos de aguja. También se utilizarán para la conexión entre los enclavamientos y el Cuadro de Mando Local.

Estos cables dispondrán de cubierta con protección antiinductiva, ignífuga y antirroedores. Serán de bajo factor de reducción. Los cables multipolares normalizados podrán ser de 4, 7, 9, 12, 19, 27, 37 y 48 conductores.

Los cables serán multipolares, con conductor de cobre electrolítico puro, bien trefilado y uniformemente recocado, de sección perfectamente circular y uniforme. La superficie

será lisa, limpia y brillante, y estará exenta de escamas, grietas o cualquier otro tipo de defecto. La sección nominal de los conductores será de 1,5 mm².

Para el aislamiento de los conductores se empleará polietileno de alta densidad. Cada conductor se aislará con una capa continua extruida de polietileno sólido coloreado según clave, sin poro ni defecto alguno, lo que se comprobará mediante los correspondientes ensayos de rigidez dieléctrica. El espesor del aislamiento será tal que permitirá cumplir con las características eléctricas que se indican más adelante.

Los cables unipolares así formados se dispondrán en capas concéntricas para formar un núcleo cilíndrico, sobre el que se dispondrá una cinta de poliéster de 0,125 mm de espesor aplicada longitudinalmente y con un solape adecuado.

Con el objeto de obtener un núcleo lo más cilíndrico posible, la distribución por capas de los cables será la siguiente:

Nº Conductores	C e n t r o	C a p a 1	C a p a 2	C a p a 3
4	4	-	-	-
7	1	6	-	-
9	2	7	-	-
12	3	9	-	-
19	1	6	1 2	-
27	3	9	1 5	-
37	1	6	1 2	1 8
48	3	9	1 5	2 1

Sobre la cinta de poliéster se colocará una cubierta CCTSSTI que protegerá al núcleo contra posibles interferencias de origen inductivo.

La cubierta CCTSSTI constará de una serie de capas concéntricas, que se distribuirán de la siguiente manera:

- Corona de conductores de cobre (CC): Estará formada por conductores de cobre electrolítico de 1,2 mm de diámetro. El número de conductores que compondrá la corona variará con el diámetro del núcleo, y será tal que permita alcanzar el factor de reducción deseado.
- Primera cubierta de poliolefina ignífuga (T): Estará constituida por el citado material, con un espesor nominal que variará de 1 a 2 mm, dependiendo del diámetro del núcleo.
- Flejes de acero (SS): Tendrán un espesor de 0,8 mm. El fleje interno se aplicará helicoidalmente con un hueco de unos 12 mm aproximadamente. El fleje externo se aplicará también helicoidalmente sin solapar, con un hueco de unos 12 mm aproximadamente, pero solapando simétricamente el hueco dejado por el primer fleje. Sobre el fleje externo se aplicará un compuesto termoplástico que rellenará las depresiones dejadas por los flejes.
- Segunda cubierta de poliolefina ignífuga (TI): Estará constituida por el citado material, que se extruirá sobre los flejes de acero.

La corona de conductores de cobre y los dos flejes de acero permitirán obtener el factor de reducción deseado, y la cubierta exterior de poliolefina dará sus características ignífugas.

El factor de apantallamiento de la cubierta estará de acuerdo con los datos de la tabla siguiente:

VALOR DE MEDIDA (V / km)	FACTOR DE REDUCCION 0,1	
	MÁXIMO	OBJETIVO
100	0,1	0,09
500	0,16	0,14

Las características eléctricas de los cables multipolares serán las siguientes:

- La resistencia de los conductores en corriente continua será menor que 12,1 Ω /km a 20° C. Cuando la medida se haga a temperatura diferente a 20°C, la resistencia indicada se corregirá según la expresión:

$$R_t = R_{20} [1 + 0,00393 (t - 20)]$$

Siendo t la temperatura de prueba en °C

- La resistencia de aislamiento será superior a 25.000 M Ω x km, medida entre 100 y 500 V c.c. y 15°C, después de un minuto de electrificación.
- La rigidez dieléctrica medida en corriente continua durante 1 minuto será superior a los siguientes valores:
 - Entre conductores: 1.500 V
 - De conductores a pantalla: 2.000 V

Respecto de los ensayos de fuego y humo, los cables multipolares deberán superar las siguientes pruebas:

- Propagación de llama: La prueba de propagación de llama se realizará según Norma UNE 20 432 – 1, equivalente a IEC / CEI 332 – 1
- Propagación de incendio: La prueba de propagación de incendio se realizará según Norma UNE 20 432 - 3 categoría C, equivalente a IEC / CEI 332 - 3 categoría C y a IEEE 383 / 74.

5.3.5.2 Tipos de instalación

Se distinguirán dos tipos de instalación:

- Soterrada: los cables se instalarán bajo tubos de PVC embebidos en hormigón. Se instalarán por tubos independientes según sean cables de señales y accionamientos de aguja o de circuitos de vía
- Canalizada: mediante bandejas metálicas, procurando que queden ordenados y bien peinados.

A su paso por las arquetas, los cables se señalarán adecuadamente mediante una etiqueta rotulada, distinguiendo cables de señales y accionamientos de aguja y cables de circuitos de vía.

En las arquetas en las que se derive una caja de conexión se dejará una coca de cable para, en el futuro, poder modificar las conexiones en caso de deterioro de las mismas.

5.3.5.3 *Tendido de cables*

Suministro

Los cables serán entregados a la obra en bobinas o en rollos completos con el nombre del fabricante y una tarjeta de identificación unida al mismo, en el que se indicará el tipo de cable y de aislamiento/cubierta.

La carga y descarga de las bobinas deberá hacerse con sistemas adecuados de elevación. En caso de carecer de estos, para bobinas de poco peso podrá improvisarse una rampa, por ejemplo con tabloncillos y un montón de tierra o arena. El sistema de tirar la bobina desde la caja de un camión, aunque sea sobre un lecho de arena, es completamente inadecuado para cualquier tipo de cable.

No deben hacerse rodar las bobinas un largo trecho, y para prolongados almacenajes se procurará que queden defendidas de la acción directa del sol y la lluvia.

En el caso de existir duelas de protección rotas durante el transporte, se inspeccionará concienzudamente el cable para comprobar que no ha sufrido daño.

Tendido

Previo al tendido del cable se tenderá el cable piloto. En la punta del cable se colocará la camisa adecuada al diámetro del cable a tender, y entre el cable piloto y la camisa se colocará un quitavuellos adecuado al esfuerzo y a la camisa utilizada.

Para el tendido, el cable deberá desenrollarse por la parte superior de la bobina, evitando que se produzcan curvaturas demasiado pronunciadas por irregularidades en el tiro.

En la medida de lo posible, en la entrada de los tubos se evitará que el cable roce el borde de los mismos.

Durante el tendido del cable se controlará el desarrollo del mismo a lo largo de la canalización, sobre todo en aquellos puntos donde se prevea un mayor rozamiento (arquetas, curvas, cruces con otros servicios, etc...).

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. Por ningún concepto se apalancará el cable durante el tendido para forzarle o ceñirse a las curvas del trayecto. La temperatura del cable durante la operación de tendido, en toda su longitud y durante todo el tiempo de la instalación en que esté sometido a curvaturas y enderezamientos, no debe ser inferior a 0° C. Esta temperatura se refiere a la del propio cable, no a la temperatura ambiente. Si el cable ha estado almacenado a baja temperatura durante cierto tiempo, antes del tendido deberá llevarse a una temperatura superior a los 0° C manteniéndole en un recinto caldeado durante varias horas inmediatamente antes del tendido.

Durante las operaciones de tendido, es aconsejable que el radio de curvatura de los cables no sea inferior a $10 \times (D+d)$, siendo D, el diámetro exterior del cable y d, el diámetro de un conductor.

Los esfuerzos de tracción no deberán aplicarse a los revestimientos de protección, sino a los conductores de cobre o aluminio, recomendándose que las solicitaciones no superen los 6 kg/mm² de sección del conductor unipolar de cobre. De cualquier forma, los esfuerzos a los que podrán ser sometidos los cables en función del aislamiento y la sección de los conductores serán los especificados por el fabricante.

Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m.

Las puntas de los cables deberán estar perfectamente identificadas, de modo que se sepa la correspondencia entre los extremos de cada cable y de cada línea. Dicha identificación se realizará utilizando etiquetas de plástico rotuladas con marcador indeleble y además, si se han tendido varias líneas y proceden y/o van a diferentes puntos, se identificará en cada línea mediante etiquetas los puntos de procedencia.

Los cables que se tiendan en bandeja se instalarán en general en una capa como máximo, dejando un 40% del ancho de la bandeja como reserva para usos futuros.

Los cables se tenderán perfectamente peinados y por grupos, fijándose regularmente a las bandejas mediante abrazaderas.

Verificaciones

Las verificaciones a realizar serán:

- Comprobación del esfuerzo de tracción al que se ha sometido el cable cuando el tendido se haga con cabestrante, anotándose el esfuerzo máximo con el que se haya realizado la operación.
- Verificación de que los cables han sido identificados.

6. PRUEBAS Y ENSAYOS

6.1 INTRODUCCIÓN

Las pruebas que realizará el contratista estarán enfocadas a verificar y validar la adecuación de los diferentes sistemas suministrados a las exigencias de las siguientes especificaciones de referencia:

- Especificaciones funcionales y técnicas de los pliegos de este proyecto.
- Normas aplicables del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao.
- Normas internacionales de aplicación en cada caso.

Se realizaran como mínimo las fases de pruebas siguientes:

- Pruebas en vacío. Realizadas normalmente en las instalaciones del fabricante donde se ensamblen los sistemas bajo pruebas. Los elementos de campo no disponibles serán simulados adecuadamente para comprobar la funcionalidad.
- Pruebas de integración. Que demuestren que los distintos sistemas que deben interactuar en la explotación comercial, trabajan correctamente juntos.
- Pruebas de concordancia. En el enclave final de la instalación y con todos los elementos definitivos. Estas pruebas demostraran que cada elemento particular esta conectado y se interpreta adecuadamente por todos los subsistemas.
- Pruebas dinámicas. Con todas las instalaciones reales, incluidos trenes, que realicen los mismos recorridos y funciones que tendrán que proporcionar en su explotación comercial.

Durante el proceso de fabricación el Contratista procederá a la realización de las diferentes pruebas y ensayos exigidos, además de otros que puedan ser propuestos por la Dirección de Obra.

En los siguientes apartados se definen las condiciones y pruebas mínimas que los diferentes sistemas deben superar para poder ser aceptados. No obstante, el Contratista deberá facilitar un Protocolo detallado de Pruebas de aceptación para cada

uno de los sistemas que instale, protocolo que deberá ser aprobado por la Dirección de Obra.

Antes de la realización de las pruebas en fábrica (15 días), el Contratista deberá contactar con la Dirección de Obra para que ésta pueda considerar su asistencia. La no asistencia de la Dirección de Obra no eximirá al Contratista de la calidad obtenida ni de sus obligaciones.

En caso de que el sistema no supere alguna de las pruebas se anotará tal situación en las hojas del protocolo, debiendo el Contratista realizar posteriormente las mejoras y cambios que considere oportuno en el sistema para la superación de la prueba. El ensayo fallido deberá ser repetido hasta su superación.

En caso de que al realizar el Protocolo de Pruebas exista algún fallo que obligue a realizar modificaciones importantes del sistema, el Contratista deberá (a juicio del Director de Obra) repetir completamente el Protocolo de Pruebas del sistema.

El Contratista deberá entregar los protocolos y certificados de las pruebas realizadas en fábrica firmados por los equipos una vez superadas las mismas.

Por otro lado, el Contratista deberá realizar las pruebas de recepción de los diferentes equipos y sistemas para poder solicitar la recepción provisional de los mismos.

6.2 Ensayos en los enclavamientos

Las pruebas del enclavamiento podrán realizarse con el Cuadro de Mando Local o con el Mando Videográfico. Deberá demostrarse también por medio de pruebas, que todos los interfaces hombre-maquina (mando local, mando videográfico, PMC) generan las mismas acciones en el enclavamiento con los mismos comandos y que representan correctamente cada estado de cada objeto.

Como paso previo a los ensayos, para poder realizar las pruebas en vacío del enclavamiento se necesitará simular la respuesta al enclavamiento de los objetos de campo, por lo que el Contratista deberá suministrar un sistema provisional conectable al enclavamiento con todos los elementos necesarios (tarjetas electrónicas, interruptores, relés, etc) que permitan simular en el Cuarto Técnico de Corrientes Débiles todas las situaciones posibles de los siguientes elementos:

- Circuitos de vía.

- Señales.
- Accionamientos de aguja.
- Enclavamientos colaterales.

Inicialmente el sistema provisional estará configurado de forma que los CDV estén simulados como libres y los enclavamientos laterales sin bloqueo.

La ocupación y liberación de sucesivos CDV permitirá simular el movimiento de un tren.

6.2.1 Pruebas en vacío

6.2.1.1 Pruebas generales.

- Con todos los elementos en funcionamiento, al desconectar la alimentación general (simulando un apagón general incluido el SAI) y volver a conectarla, todos los subsistemas y elementos se ponen en funcionamiento normal sin necesidad de acciones especiales. reflejando el estado actual de los elementos de campo y con completa operatividad.
- Para cada elemento o subsistema que esté duplicado por disponibilidad, comprobar que apagando cualquiera de ellos, la funcionalidad que realizan sigue normalmente operativa, y se recibe la alarma correspondiente en los sistemas de supervisión.
- Comprobar que el contenido de los ficheros históricos almacenados en los sistemas de supervisión como en el enclavamiento reflejan convenientemente las acciones ejecutadas.

6.2.1.2 Transferencia de control.

Para cada uno de los interfaces hombre-maquina para control del enclavamiento se realizaran las siguientes pruebas:

- En todos los interfaces (mando local, mando videográfico, PMC) las representaciones de todos los objetos se actualizan simultanea y correctamente tengan o no el mando concedido.
- En cada momento, sólo uno de los interfaces puede tener el mando sobre un mismo objeto.

- Sin el mando concedido, ninguna de las órdenes de la interfase es ejecutada por el enclavamiento.
- La transferencia normal del mando entre un interfaz y otro se realiza cuando el mando se cede y estando libre otro interfaz lo solicita.
- La toma forzada del mando se realiza cuando el interfaz correspondiente lo solicita.

6.2.1.3 Pruebas de movimientos.

Para cada uno de los movimientos del Cuadro aprobado se realizarán las siguientes pruebas:

- Desorientar todas las agujas que protegen el movimiento que se desea probar.
- Ordenar el movimiento desde el sistema de mando activo observando que orienta correctamente sólo las agujas que forman parte o protegen el movimiento. Si el movimiento es de salida se establece el bloqueo que necesita.
- Verificar que solo estas agujas dan comprobación de enclavadas y que no pueden ser desorientadas por órdenes directas de movimiento. Esta última verificación sólo será necesaria en el primer movimiento que incluya a una aguja, de forma que sólo se realice una vez en cada aguja del enclavamiento.
- Verificar que toda la traza del movimiento da comprobación en amarillo.
- Verificar la correcta apertura de la señal que autoriza el movimiento.
- Regular la señal con el pulsador de regulación y verificar que ésta se cierra sin desenclavar las agujas ni la traza del movimiento.
- Volver a ordenar el movimiento y comprobar que se reabre la señal.
- Anular artificialmente el movimiento, sin tren en la proximidad, verificando que la señal se cierra, que se desenclavan las agujas y la traza del movimiento. Si el movimiento era de salida, se normaliza el bloqueo.
- Anular artificialmente el movimiento con una presencia de tren en cada uno de los CDV de proximidad, comprobando:
 - Que la señal de cierra.

- Que la traza del movimiento desde la señal de principio hasta la primera aguja destella indicando la actuación del diferímetro de anulación.
 - Que la señal se puede volver a abrir antes de que el diferímetro termine de contar.
 - Que el diferímetro se para si el tren rebasa la señal antes de que éste termine su cuenta.
 - Que si el diferímetro termina su cuenta el movimiento se desenclava por completo. Si el movimiento es de salida se normaliza el bloqueo correspondiente.
 - Hacer que un tren simulado rebase la señal y complete el movimiento previsto, observando:
 - Que si el movimiento no es de circulación normal (maniobra, VUT, ...), el citado movimiento se va desenclavando circuito a circuito al paso del tren.
 - Que si el movimiento es de circulación normal, la señal se cierra al paso del tren y la señal se reabre al liberarse el conjunto de los circuitos de vía de la ruta. (Se realizan sucesiones automáticas).
- Comprobar que, después de tener el movimiento establecido, la ocupación de cada CDV solicitado cierra la señal y no desenclava las agujas. Comprobar que con la liberación de cada CDV solicitado, la señal vuelve a abrirse si el movimiento es de circulación normal, y en cambio no se vuelve a abrir si el movimiento no es de circulación normal.
 - Verificar que, después de tener el movimiento establecido, la falta de comprobación de cada aguja solicitada cierra la señal. Verificar que con la comprobación de cada aguja solicitada, la señal vuelve a abrirse si el movimiento es de circulación normal, y en cambio no se vuelve a abrir si el movimiento no es de circulación normal.
 - Comprobar que existe incompatibilidad del movimiento establecido, si es el caso, con un bloqueo desde el enclavamiento colateral. Serán compatibles, con el bloqueo en contra, las maniobras protegidas por una señal absoluta.

6.2.1.4 Comprobación de compatibilidades

Tomando como base cada movimiento del cuadro de compatibilidades comprobar que con el movimiento establecido se pueden establecer y retirar cada uno de los movimientos compatibles. Que los movimientos incompatibles son rechazados.

6.2.1.5 Pruebas de bloqueo

- Comprobación de que el bloqueo se puede establecer manualmente con órdenes directas.
- Comprobación de que el bloqueo se puede anular manualmente con órdenes directas.
- Comprobación de que se establece el bloqueo al establecer un movimiento hacia el enclavamiento colateral.
- Comprobación de que se anula el bloqueo al anular un movimiento hacia el enclavamiento colateral.
- Comprobación de que el bloqueo no se puede establecer cuando el enclavamiento colateral tenga una maniobra establecida en sentido contrario, a no ser que esté protegida por una señal absoluta.
- Se hará circular un tren desde el enclavamiento en pruebas hasta el enclavamiento colateral, entrando en este último; lo que se producirá cuando se libere el CDV anterior a la señal que autoriza el paso a dicho enclavamiento colateral. En estas circunstancias verificar que:
 - Si el movimiento que autorizó el tren a invadir el trayecto no es de circulación normal, el bloqueo se anula.
 - Si el movimiento que autorizó el tren a invadir el trayecto es de circulación normal, el bloqueo no se anula.
 - Si el movimiento que autorizó el tren a invadir el trayecto es de circulación normal, pero ha sido anulado por el factor de circulación antes de que el tren llegara al enclavamiento colateral, el bloqueo se anula.
 - Si el movimiento que autorizó el tren a invadir el trayecto no es de circulación normal, pero el factor de circulación ha vuelto a establecer dicho movimiento (siempre que no pida libres todos los CDV del trayecto) antes de que el tren llegara al enclavamiento colateral, el bloqueo no se anula.
- Comprobación de que el bloqueo no se puede establecer si existe algún CDV del trayecto ocupado.
- Comprobación de que el bloqueo no se puede establecer en los dos sentidos a la vez.

- Comprobación de que el bloqueo no se puede establecer si existe algún movimiento en el enclavamiento contrario en sentido de salida, a no ser que se trate de una maniobra y que esta se encuentre protegida por señales absolutas.
- Comprobación de que el bloqueo no se puede anular si existe algún CDV del trayecto ocupado.

6.2.1.6 Pruebas de vueltas automáticas

Para cada secuencia de movimientos en vueltas automáticas comprobar que:

- Que se pueden establecer y retirar independientemente las vueltas automáticas.
- Que existe incompatibilidad entre las distintas vueltas automáticas que partan de la misma señal.
- Que la maniobra hacia la bretelle se establezca automáticamente con el circuito de vía de estacionamiento ocupado.
- Que la maniobra de vuelta hacia el otro estacionamiento se establezca automáticamente cuando el tren que recorre la primera maniobra se detiene en el circuito de destino.
- Que el ATP esta continuamente operativo.

6.2.2 Pruebas de concordancia.

Se realizaran en el enclave final de la instalación y con todos los elementos de campo definitivos. Estas pruebas demostrarán que cada elemento particular esta conectado, se maneja y se interpreta adecuadamente por todos los interfaces de control y supervisión.

Se supone que cada elemento se encuentra ya instalado y conexionado con los valores de todos sus parámetros representativos convenientemente ajustados.

6.2.2.1 Señales

Para simular la fusión de los aspectos de una señal se quitarán las lámparas correspondientes. Para finalizar se repondrán todas las lámparas que se hayan quitado de cada señal.

Para cada señal se realizarán, al menos, las siguientes pruebas:

- Comprobar para cada aspecto posible de la señal que el estado en campo es el mismo representado por el enclavamiento.
- Comprobar que al fundirse una lámpara roja o violeta de una señal cuando la señal estaba en ese aspecto, la señal queda apagada, indicándose el defecto en el enclavamiento. Comprobar que desaparece la alarma al reponer la lámpara fundida.
- Comprobar que al fundirse una lámpara roja de una señal general cuando la señal tiene aspecto doble rojo–blanco, la señal queda apagada, indicándose el defecto en el enclavamiento. Comprobar que desaparece la alarma al reponer la lámpara fundida.
- Comprobar que al fundirse la lámpara permisiva de una señal mientras la señal presenta ese aspecto, la señal queda en aspecto de parada. Según el caso, en rojo en violeta o en doble rojo. El nuevo aspecto se representa en el enclavamiento.
- Comprobar que en las señales de límite de circulación, al ir fundiendo de una en una sus lámparas, el resto permanecen iluminadas.

6.2.2.2 Circuitos de vía

Se realizarán, al menos, las siguientes pruebas para cada una de ellos:

- Comprobar que ocupando y liberando el circuito de vía en campo el estado es representado por el enclavamiento.
- Comprobar que al ocupar y liberar un solo circuito de vía, los demás permanecen y se representan libres.

6.2.2.3 Accionamientos de aguja

Se realizarán, al menos, las siguientes pruebas para cada una de ellos:

- Para las posiciones directa y desviada comprobar la concordancia de la posición de la aguja en campo con la representada en el enclavamiento.
- Comprobar que al mandar la aguja a la posición directa, mediante la orden correspondiente, del sistema de Mando la aguja se mueve y comprueba a esa posición.
- Comprobar que al mandar la aguja a la posición desviada, mediante la orden correspondiente, del sistema de Mando la aguja se mueve y comprueba a esa posición.

- Con la aguja comprobando, tanto en posición directa como desviada, abrir la tapa del accionamiento y verificar que la aguja pierde la comprobación, y que no se puede mandar eléctricamente.
- Con la aguja comprobando, tanto en posición directa como desviada, introducir la manivela, verificar que la aguja pierde la comprobación, y que no se puede mandar eléctricamente.
- Con la aguja sin enclavar, comprobar que al cambiar su posición con la manivela, el enclavamiento pierde la comprobación mientras la manivela esta dentro del accionamiento y recupera la posición real de la aguja cuando se retira la manivela.
- Con la aguja enclavada, comprobar que al cambiar su posición con la manivela, el enclavamiento pierde la comprobación mientras la aguja no recupere su posición inicial y se retire la manivela.
- Para cada posición de la aguja, directa/desviada comprobar que al mandarla eléctricamente mientras se impide con una galga de 5 mm que termine su recorrido, la orden de movimiento dura 10 segundos, durante los cuales patina el motor.
- Comprobar, para cada posición de la aguja, que ocupado el circuito de vía de aguja no se admiten órdenes de movimiento de la aguja.
- Comprobar, para cada posición de la aguja, que si se ocupa su circuito de vía mientras la aguja se encuentra en movimiento, el movimiento no se detiene sino que continúa hasta finalizar el recorrido.

6.2.2.4 Bloqueos

Para cada vía entre dos enclavamientos colaterales (A y B) se realizaran como mínimo las pruebas siguientes:

- Comprobar que cada uno de los enclavamientos colaterales puede establecer y anular el bloqueo en sentido de salida.
- Para cada estado del bloqueo comprobar que en ambos enclavamientos el sentido del bloqueo se representa igual simultáneamente.
- Ocupando en secuencia continua e individualmente cada uno de los circuitos de vía del trayecto entre los dos enclavamientos, comprobar que el estado del bloqueo no puede modificarse desde ninguno de los dos enclavamientos y sea cual sea su estado.

- Con el bloqueo establecido en cada sentido, comprobar que el enclavamiento receptor no puede establecer ningún movimiento con final en la vía por la que llega el bloqueo.
- Con el bloqueo establecido a contravía, comprobar que al simular la circulación completa de un tren a contravía el bloqueo se libera al entrar el tren en su estación de destino.
- Con el bloqueo establecido en sentido normal, comprobar que al simular la circulación completa de un tren en sentido normal, el bloqueo permanece establecido aun tras el paso del tren.

6.2.3 Pruebas dinámicas.

Par optimizar el uso y gasto que supone el utilizar circulaciones reales, se realizaran de forma conjunta para los enclavamientos y el ATP/ATO. Las pruebas se realizarán con una UT-500 que dispondrá de todos los equipos ATP/ATO correctamente instalados y operativos, estando dotada de la última versión de software de ATP.

6.3 PRUEBAS ATP/ATO.

Las pruebas del ATP/ATO estarán destinadas a verificar y validar los equipos ATP/ATO de vía.

La interfase entre los equipos de vía ATP/ATO y la lógica del enclavamiento se realizara por medio de contactos de salidas del enclavamiento que transmitirán individualmente a los codificadores de ATP/ATO las informaciones “todo-nada” que cada circuito de vía necesite para elegir el telegrama adaptado a cada situación. El contratista deberá proporcionar para cada circuito de vía las listas de informaciones necesarias para definir todos los telegramas que el circuito de vía podrá transmitir y las informaciones utilizadas como combinación para activar la emisión de cada uno de ellos.

El objetivo de las pruebas ATP/ATO será, en síntesis, comprobar que cada combinación activa su telegrama, y que éste se recibe correctamente a bordo, de forma que el tren reacciona según lo esperado: respetando las limitaciones de velocidad en cada punto para el ATP y llevando el tren entre estaciones con regularidad y confort para el ATO.

6.3.1 Pruebas en vacío.

Las pruebas en vacío deberán hacerse coincidir con las pruebas de integración con la lógica del enclavamiento. De esta forma se comprobara a un tiempo que el enclavamiento proporciona las informaciones de activación de telegramas, siempre y solamente cuando se producen las situaciones previstas. Por otro lado que el codificador proporciona el telegrama definido. Para ello se deberá disponer de las tablas de telegramas con sus condiciones de activación y de los instrumentos de medida adecuados para identificar los telegramas. Las medidas de los telegramas deberán tomarse en las bornas de salida al campo para el circuito de vía.

- Pruebas de Transmisión.
 - Para cada circuito de vía se realizara la secuencia de activación y paso del tren comprobando que la transmisión se activa y desactiva cuando el tren aborda y abandona el circuito de vía. En los circuitos de aguja se debe verificar en las dos posiciones de la aguja y para los dos sentidos de circulación. (4 pruebas por aguja). En todos los circuitos bidireccionales, se comprobará que hay transmisión tanto en sentido normal como contravía. El sistema de conmutación del sentido de transmisión física de los telegramas, deberá activarse con la orden de transmitir a contraria.
- Pruebas de activación de telegrama.
 - Siguiendo la tabla de activación de cada telegrama, se simularán para el enclavamiento las condiciones que deben activar cada telegrama comprobando que el codificador lo presenta en su salida.
 - El Contratista deberá presentar el método las pruebas y certificados necesarios para demostrar que el codificador solo generara los telegramas previamente definidos y solamente cuando se presente la combinación de entradas prevista.

6.3.2 Pruebas de concordancia.

Suponiendo que la integración del enclavamiento, (circuitos de vía y salidas de activación de telegramas), con el sistema ATP/ATO se haya podido realizar en fabrica, las pruebas de concordancia descritas para los circuitos de vía asegurarán también las

del sistema ATP/ATO. En caso contrario habrá que hacer en el propio enclavamiento las pruebas descritas en el apartado anterior.

6.3.3 Pruebas dinámicas.

Se utilizarán las unidades como una herramienta para las pruebas dinámicas de los equipos ATP/ATO de suelo. Se establecerán los movimientos y se provocaran o simularan las condiciones necesarias en los enclavamientos y/o el campo para probar todos los movimientos con circulaciones reales.

Con el tren circulando en modo ATP se realizaran al menos las pruebas siguientes:

- Velocidad máxima en CDV
 - Se verificará que la velocidad máxima que se permite alcanzar para cada tipo de movimiento en cada CDV corresponde con los límites de velocidad establecidos por MB.
- Distancia de parada ante señal en rojo
 - Para cada señal del recorrido se debe verificar que cuando presenta el aspecto de parada, el tren se detiene ante ella sin que su testero la rebase.
- La supervisión de los objetivos en modo ATP se probara en los siguientes casos:
 - Velocidad objetivo > 0
 - Doble objetivo, primer objetivo más restrictivo.
 - Doble objetivo, segundo objetivo más restrictivo.
 - En tramo sin códigos.
 - Paradas en trayecto
 - Parada en estación.
 - Con frenos de servicio deshabilitados.
 - Supervisión de rebase de parada absoluta.

En modo ATO el movimiento del tren se encuentra continuamente sujeto a las restricciones ATP. Las pruebas ATO deben mostrar que el sistema es capaz de conducir el tren en todas las circunstancias normales sin necesidad de que el ATP llegue a activar los frenos. El ATP actuara solamente en caso excepcional.

En cada uno de los circuitos de andén se probaran las transiciones entre los distintos tipos de marcha. Las pruebas siguientes se realizaran para los tres tipos de marcha (normal, lenta, rápida) y en todos los trayectos entre estaciones:

- Arranque de estación
- Comportamiento entre estaciones.
- Variación en la velocidad máxima teórica en trayecto.
- Deceleración.
- Parada de precisión con señal de salida cerrada
- Parada de precisión con señal de salida abierta
- Parada previa al punto de parada de precisión
- Parada posterior al punto de parada de precisión
- Salto de estación
- Programación de balizas ATO

En caso de necesidad se realizaran también las siguientes pruebas:

- Indicador de inhibición de baliza.
- Supervisión de objetivo, en tramo sin códigos.
- Parada y continuación en modo MANUAL (desde modo ATO).
- Parada y continuación en modo MANUAL (desde modo ATP).
- Parada y continuación en modo ATP (desde modo ATO).
- Liberación a modo MANUAL (desde modo ATO).

- Liberación a modo MANUAL (desde modo ATO), sin reconocimiento del Conductor.
- Liberación a modo MANUAL (desde modo ATP).
- Liberación a modo MANUAL (desde modo ATP), sin reconocimiento del Conductor.
- Liberación a modo ATP (desde modo ATO).
- Liberación a modo ATP (desde modo ATO), sin reconocimiento del Conductor.
- Entrar en zona de prohibición de modo ATO.
- Entrar en zona de prohibición de modo ATO, sin reconocimiento del Conductor.