

Your Way
TO FUTURE MOBILITY

 **32^o CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL**
SOSTENIBILIDAD | PLANEACIÓN | MANTENIMIENTO

14-16 NOV 2023

Sede Colegio de Ingenieros Civiles
de México

MANTENIMIENTO VÍAS FÉRREAS

DR. ING. JESUS MEDRANO BOSQUE

- 01 INTRODUCCIÓN.**
- 02 EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO**
- 03 MANTENIMIENTO FERROVIARIO**
- 04 SUBSISTEMAS FERROVIARIOS**
- 05 GRUPO CAF: CAFTE**
- 06 CLAVES DEL MANTENIMIENTO FERROVIARIO**

ÍNDICE

Serie de **actividades planificadas y acciones correctivas** que se llevan a cabo a los **componentes** de los diferentes **subsistemas** que conforman un sistema.

Un mantenimiento deficiente conlleva impactos **económicos y sociales** que implican afectaciones directamente a **servicios esenciales** de la comunidad, tales como accesibilidad al empleo, a la educación y comunicación.



Es un proceso esencial para garantizar la **seguridad, eficiencia y confiabilidad** durante las todas las etapas del ciclo de vida de un sistema ferroviario y no solo garantiza la **puntualidad y reduce riesgos de accidentes**, sino también maximiza la **disponibilidad** de la infraestructura y **prolonga la vida útil** de los activos ferroviarios.

Seguridad

Fiabilidad/ Disponibilidad

Sostenibilidad

- 01 INTRODUCCIÓN.
- 02 EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO**
- 03 MANTENIMIENTO FERROVIARIO
- 04 SUBSISTEMAS FERROVIARIOS
- 05 GRUPO CAF

RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety)

Es un conjunto de indicadores cualitativos y cuantitativos que describen la confianza de que el sistema puede garantizar el funcionamiento tal y como se especifica y, a la vez, estén disponibles y sean seguros.

CENELEC- Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica

- **EN 50126 (RAMS)**
- **EN 50128 (SEÑALIZACIÓN)**
- **EN 50129 (ELECTRÓNICOS)**

FIABILIDAD

Probabilidad de que un elemento pueda llevar a cabo una determinada función en unas condiciones dadas y durante un intervalo de tiempo definido

DISPONIBILIDAD

Capacidad de un elemento para mantenerse en un instante cualquiera, dentro de un intervalo de tiempo determinado, en un estado adecuado para llevar a cabo una función.

MANTENIBILIDAD

Probabilidad de que una acción concreta de mantenimiento correspondiente a un elemento se pueda completar dentro de un intervalo de tiempo determinado:

SAFETY

Conjunto de actividades tendentes a la reducción de los niveles de riesgo que afectan a un sistema,

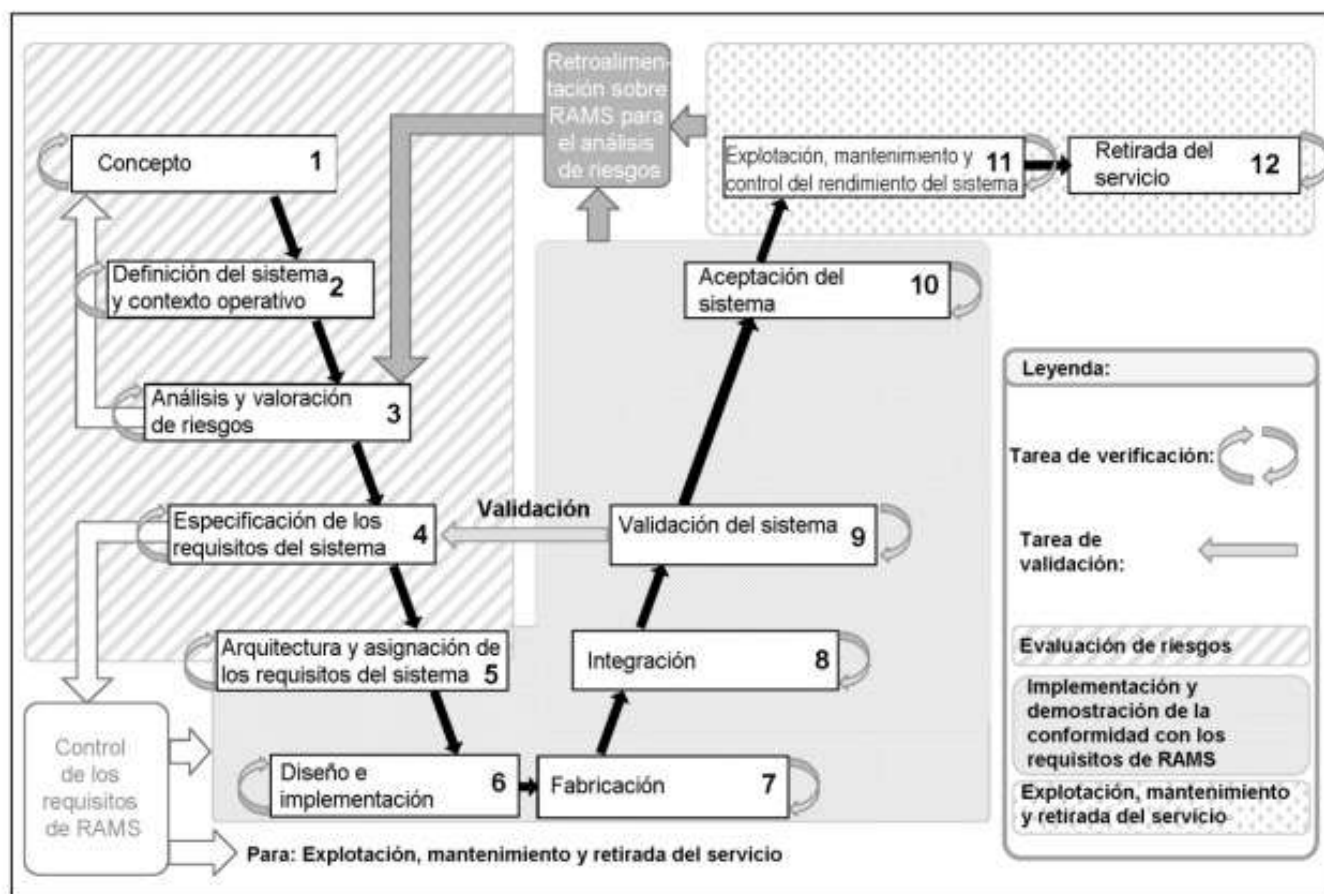


Figura 7 - Representación del ciclo en V

Ciclo en "V"

Secuencia de fases, con tareas que abarcan la vida total de un sistema desde su concepción original hasta llegar a ponerlo fuera de uso y eliminarlo.

Permite planificar, dirigir, controlar y vigilar todos los aspectos de un sistema, incluyendo las RAMS.

02 / EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO: METODOLOGÍA SAFETY.

El objetivo global del Plan de Seguridad es definir un proceso de seguridad que garantice que:

- El sistema no puede (o no contribuye significativamente a) causar muertes, daños personales y/o graves daños materiales.
- Ningún peligro del entorno tiene un impacto negativo en el sistema.
- Definir la estrategia de seguridad del proyecto.
- Definir la organización de seguridad del Consorcio, identificando los diferentes papeles y responsabilidades para las actividades de seguridad a nivel de sistema.
- Definir el criterio de evaluación y aceptación del riesgo.
- Definir y planificar las actividades y la documentación a entregar para la gestión de la seguridad a nivel de sistema.

Verificación y Validación

Confirmación mediante examen y aportación de pruebas objetivas de que los requisitos particulares y específicos han sido cumplidos.



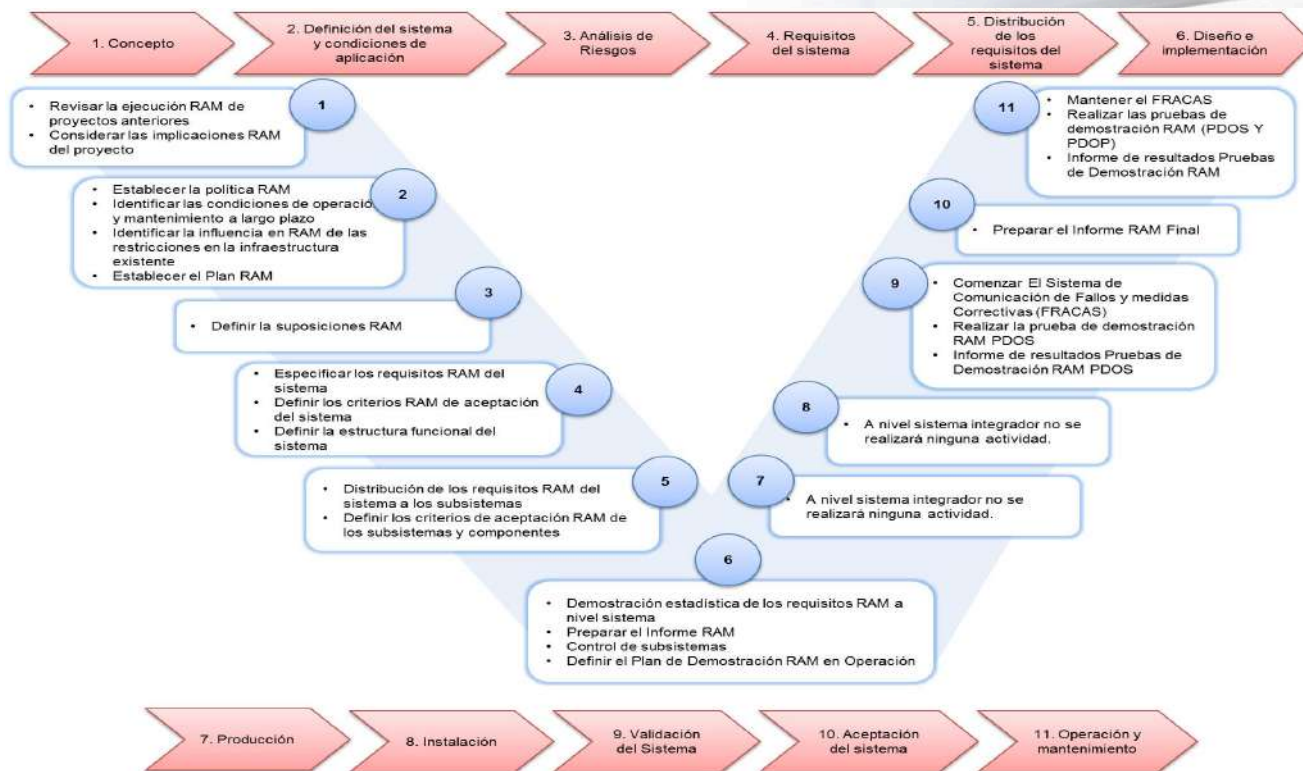
02 / EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO: ETAPA 4 -HAZARD LOG.

HAZARD		ELEMENTO	CAUSA	ORIGEN	LUGAR	ACCIDENTE	EVALUACIÓN PRELIMINAR RIESGO			MEDIDAS DE MITIGACIÓN				EVALUACIÓN FINAL RIESGO			ESTADO DEL HAZARD
Id.	DESCRIPCIÓN						S	F	RIESGO	Id.		DESCRIPCIÓN	ESTADO	S	F	RIESGO	
HL-1.6	Descarga de rueda	BOG	Comportamiento dinámico incorrecto	HT-1.6	IND	1.- Descarrilamiento	I	C	INTOLERABLE	SRR-	2.010	Se debe realizar un cálculo de seguridad frente a descarrilamiento de acuerdo a la norma aplicable en el proyecto, o en su defecto la norma EN 14363. Este cálculo se debe realizar para las peores condiciones: peor defecto de vía existente y suspensión secundaria tanto en inflado como en desinflado. Estos cálculos se deben validar mediante pruebas a vehículo terminado. (Nota aclaración: Con los ensayos planteados no se tiene un cumplimiento al 100% de la EN 14363, puesto que la norma pide un estudio estadístico tras obtener un número mínimo de tramos en unas condiciones determinadas (velocidad, aceleración no compensada, radio...). Lo que está planteado en ensayo es medir los parámetros descritos por la norma en la vía final y compararlos directamente contra los límites de la norma. El motivo es que el trazado no permite obtener los tramos indicados por la norma y sería necesario circular por otras infraestructuras para "recolectar" los tramos indicados. Con este planteamiento simplificado se cubre la seguridad del comportamiento dinámico en la vía particular.)	VALIDADO	I	F	DESPRECIABLE	CERRADO
										SRR-	3.001	Se ha de verificar mediante cálculo que si los topes de levante entre caja y bogie entran en contacto en circulación, no se incumplen los parámetros de seguridad (ratio Y/Q). En caso de que el ratio Y/Q se vea comprometido, se ha de garantizar que en circulación la distancia relativa entre caja y bogie no supera una distancia tal que haga que los topes de levante de secundaria entren en contacto.	VALIDADO				
	Perfil de rodadura fuera de límites admisibles									SRAC-	2.007	Se debe realizar una inspección periódica para comprobar el desgaste de las ruedas, procediendo a reperilarlos en caso necesario.	ACEPTADO				
	Rotura de suspensión secundaria									SRR-	2.027	Las dos balonas de cada bogie deben estar interconectadas, ya sea de forma directa o mediante una válvula compensadora, para garantizar una distribución de carga uniforme.	VALIDADO				
										SRR-	2.204	La suspensión secundaria debe incluir topes de compresión para que la caja apoye sobre ellos en caso de rotura de la suspensión secundaria.	VALIDADO				

02 / EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO: ETAPA 4-SRACS.

Id. SRAC	DESCRIPCIÓN	ORIGEN	RESPONSABLE	TRAZABILIDAD TRANSFERENCIA	ESTADO
SRAC-2.001	La Operadora debe definir en la Normativa Reglamentaria el procedimiento de actuación y limitaciones de circulación correspondientes para el caso de "ATP anulado".	SRAC-PHA. 001	O	Lista de SRAC exportados	TRANSFERIDO
SRAC-2.002	En caso de que el Conductor perciba que la aceleración-deceleración solicitada mediante el manipulador no corresponde con la aceleración-deceleración real del Tren, el Conductor debe parar inmediatamente el Tren y actuar de acuerdo al procedimiento definido por la Operadora para el caso de manipulador y/o tracción eléctrica en estado degradado.	SRAC-PHA. 002	PAB	C.15.97.400.00_A, sección 3.4.2.2.	ACEPTADO
SRAC-2.003	La Operadora debe definir en la Normativa Reglamentaria el procedimiento de actuación y limitaciones de circulación correspondientes para el caso de "manipulador y/o tracción eléctrica en estado degradado".	SRAC-PHA. 003	O	Lista de SRAC exportados	TRANSFERIDO
SRAC-2.004	El Conductor debe respetar las indicaciones de vía, de acuerdo a lo indicado en la Normativa Reglamentaria.	SRAC-PHA. 004	PAB	C.15.97.400.00_A, sección 3.	ACEPTADO
SRAC-2.005	La Operadora debe definir en la Normativa Reglamentaria el procedimiento de actuación y limitaciones de circulación correspondientes para el caso de "Hombre Muerto anulado".	SRAC-PHA. 005	O	Lista de SRAC exportados	TRANSFERIDO
SRAC-2.006	Se debe realiza una inspección periódica de los silentblocks de la biela de reacción del reductor para controlar si presentan grietas. Si están dañados, se deberá sustituir.	SRAC-PHA. 006	M	C.15.97.500.00_A, página 12, códigos 01-07-010, 01-07-011, 01-07-012; C.15.97.512.01_B, sección C.1.2.	ACEPTADO

02 / EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO: METODOLOGÍA RAM.



Objetivo de la fiabilidad = $8 \cdot 10^{-5}$ fallos/hora

Objetivo de disponibilidad = 0,9999

Objetivo de mantenibilidad: MTBF = 14.500 horas, MTTR \leq 15 minutos

Ejemplos de Objetivos

02 / EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO: METODOLOGÍA RAM.

El objetivo principal de la Metodología RAM será de diseñar, desarrollar y entregar sistemas fiables, disponibles y mantenibles en el entorno especificado por el operador, basadas en el siguiente orden de ideas:

- Los requisitos RAM son entradas para el diseño.
- La fiabilidad de cada subsistema deberá ser gestionada de tal manera que los requisitos RAM a nivel sistema se cumplan.
- Garantizar la correcta transferencia de los requisitos RAM al operador y mantenedor.



02 / EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO: ETAPA 2- ANÁLISIS PRELIMINARES.

Se realiza un análisis **AMFEC** sirve para determinar todas las consecuencias posibles de los sucesos de fallo de todos los componentes, partiendo del conjunto de los eventos peligrosos o de fallo de los componentes o piezas.

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN	CLASE DE FALLO INDIVIDUAL
A	10^{-1}	Frecuente	Ocurre con frecuencia.
B	10^{-2}	Probable	Ocurre varias veces durante la vida útil.
C	10^{-3}	Ocasional	Ocurre alguna vez en la vida útil del componente.
D	10^{-4}	Remoto	Es difícil que ocurra pero cabe la posibilidad.
E	10^{-5}	Improbable	Es muy difícil que ocurra.

Probabilidad de fallo

Tipo	Grado	Descripción
I	Menor	Fallo potencial de alguna parte del sistema, sin lesiones al personal.
II	Crítico	El fallo ocurrirá sin daños importantes al sistema.
III	Principal	Daños importantes en el sistema y lesiones serias al personal.
IV	Catastrófico	Pérdida completa del sistema y muerte potencial.

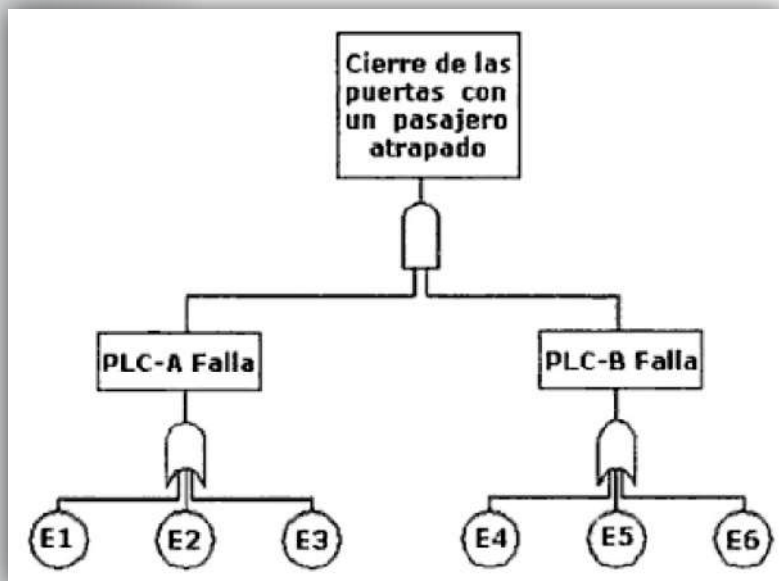
Grado de severidad

Pos.	Fallo	Fallos/h · 10E6	MTTR (min)	Efectos	Gravedad de los Fallos			
					I Catastr	II Crítico	III Marginal	IV Insignific
1	Una puerta no cierra de forma automática.	5,00	8	Alarma en cabina mando - Cerrar manualmente.			#	
2	Una puerta no abre de forma automática.	6,00	4	Alarma en la cabina - Abrir manualmente.				#
3	Falla el bus de comunicaciones.	4,50	5	Alarma en la cabina - Accionar.				#
4	Falla una línea de alimentación eléctrica.	8,00	6	Aviso al conductor. Línea 2 alimenta.				#

Análisis AMFEC

02 / EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO: ETAPA 5- ANÁLISIS POR ÁRBOL DE FALLOS.

Se lleva a cabo un análisis lógico y numérico, donde se realiza una reducción booleana y se representan las funciones de cada componente que presentan interacciones, dependencias o causas.



Árbol de fallos de cierre de puertas

- E1: Fallo alimentación eléctrica L1.
- E2: Fallo comunicación bus1.
- E3: Fallo autómatas PLC-A.
- E4: Fallo comunicación bus2.
- E5: Fallo autómatas PLC-B.
- E6: Fallo alimentación eléctrica L2.

Descripción Fallos	λ (Fallo/año)	λ (Fallo/hora)·10E6	Infiabilidad exponencial (en un año) (1-exp(- λ t))	Fiabilidad exponencial (en un año) (exp(- λ ·t))
E1: Fallo alimentación eléctrica L1	0,07008000	8,11	0,06768077	0,93231923
E2: Fallo comunicación bus1	0,03942000	4,56	0,03865314	0,96134686
E3: Fallo autómatas PLC-A	0,01576800	1,83	0,01564434	0,98435566
E4: Fallo comunicación bus2	0,03942000	4,56	0,03865314	0,96134686
E5: Fallo autómatas PLC-B	0,01576800	1,83	0,01564434	0,98435566
E6: Fallo alimentación eléctrica L2	0,07008000	8,11	0,06768077	0,93231923
A = PLC-A falla = E1 + E2 + E3 - E1·E2 - E1·E3 - E2·E3 + E1·E2·E3			0,11773957	0,99995907
B = PLC-B falla = E4 + E5 + E6 - E4·E5 - E4·E6 - E5·E6 + E4·E5·E6			0,11773957	0,99995907
C = Cierre de Puertas con un Pasajero Atrapado = A·B			0,01386261	0,99991815

Análisis cuantitativo de árbol de fallo de cierre de puertas

02 / EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO: METODOLOGÍA RAM.

La estrategia RAM define la demostración de los requisitos RAM de forma que el sistema permita alcanzar la disponibilidad de servicio necesaria, considerando en particular:

- Modos de fallo de la línea;
- Efecto de cada modo de fallo en la operación, mantenimiento y disponibilidad.
- Casos y frecuencia de ocurrencia de cada modo de fallo; y
- Tiempo necesario para restaurar y mantener el sistema en cada caso, incluyendo tiempo logístico, tiempo de viaje y tiempo de acceso.



02 / EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO: ETAPA 6- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En este apartado confirmaremos el tiempo medio de reparación (MTTR) con indicación del tiempo de recambio de componentes y del número de operarios necesario. Estudiaremos también la calidad del servicio (QoS). El objetivo de calidad del servicio está basado en el tiempo medio entre fallos que afecten al servicio (MTBFs), el tiempo medio para restaurar el servicio (MTTRs) y una disponibilidad determinada.

Comprobaremos si se cumplen los objetivos de disponibilidad y fiabilidad establecidos en la Etapa 1, teniendo en cuenta las redundancias implantadas en los subsistemas y todos los criterios de seguridad adoptados.

OPERACIONES POR REALIZAR	PERIODICIDAD		TIEMPOS DE INTERVENCIÓN (minutos)	Nº. OPERARIOS MANTENIMIENTO	CALIDAD DEL SERVICIO (QoS)	
	CICLOS	MESES			MTBF (horas)	MTTR (min)
Mecanismo Apertura/Cierre	-	6	2	1	500.000	2
Limpieza del perfil de rodamiento	-	6	5	1	181.818	5
Comprobación y ajuste de las ruedas	-	6	8	1	103.842	8
Comprobación topes elásticos de los carros	1.000.000	-	12	1	169.491	12
Cambiar piñones	2.500.000	-	25	1	103.842	25
Cambiar correa	2.500.000	-	4	1	64.725	4
Cambiar ruedas	2.500.000	-	30	1	275.482	30
Cambiar perfil de rodamiento	5.000.000	-	20	1	181.818	20

- 01 INTRODUCCIÓN.
- 02 EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO
- 03 MANTENIMIENTO FERROVIARIO**
- 04 SUBSISTEMAS FERROVIARIOS
- 05 GRUPO CAF: CAFTE
- 06 CLAVES DEL MANTENIMIENTO FERROVIARIO

03 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Tipos de mantenimiento.

3.1 PREVENTIVO

Acciones planificadas y sistemáticas con el propósito de prevenir fallos, reducir el desgaste y maximizar la vida útil, basándose en:

- Inspecciones regulares
- Reparaciones regulares
- Pruebas
- Ajustes
- Reemplazos de consumibles

3.2 CORRECTIVO

Actividades de reparación y restablecimiento de la operación o el propio sistema, en respuesta a situaciones de emergencia, eventos no planificados, fallos, daños o problemas imprevistos; con la finalidad de minimizar interrupciones en el servicio y evitando situaciones peligrosas para los pasajeros y el personal ferroviario.

3.3 PREDICTIVO

Actividades planificadas y sistemáticas bajo análisis de datos o parámetros obtenidos de fuentes históricas con el propósito de prevenir el desgaste o posibles fallas potenciales. Se basa en inspecciones regulares, el reemplazo o ajuste de componentes en función de su vida útil y el monitoreo continuo para detectar problemas antes de volverse críticos.

03 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Recursos involucrados en el Mantenimiento.



RECURSOS TÉCNICOS

- Investigación, Desarrollo e Innovación
- Soporte y Asistencia
- Software para gestión
- Optimización de planes
- Diseño



RECURSOS ADMINISTRATIVOS

- Evaluación costes
- Compras
- Soporte Admón.
- Documentación, Datos, Dossiers
- Gestión económica-financiera y global.



RECURSOS HUMANOS y SyS

- Cualificación
- Riesgos Laborales
- Perfiles y Selección
- Condiciones Laborales
- Formación y Capacitación
- Calidad y Medio Ambiente



RECURSOS PRODUCTIVOS

- Mantenimiento Directo
- Métodos de Mantenimiento
- Calidad del Producto
- Materiales, Repuestos y Herramientas
- Control de Producción

El mantenimiento ferroviario requiere una combinación de recursos humanos (ingenieros e inspectores), tecnológicos (inspección y monitoreo), equipos o herramientas (máquinas, vehículos e instrumentos) y materiales, junto con una gestión eficiente (formación y calidad) y cumplimiento de normativas para garantizar la integridad y seguridad del sistema ferroviario.

FRECUENCIA DE
INTERVENCIONES

El mantenedor define las frecuencias operativas en función de km recorridos, horas de trabajo o bien, número de ciclos por una fecha determinada. Se deberá asegurar el nivel de disponibilidad global de la línea.

PLANIFICACIÓN GENERAL

Se distribuyen según los intervalos y frecuencias en un ciclo completo de mantenimiento, teniendo tolerancias con dependencia de la demanda de trenes o cualquier equipo en servicio.

TIEMPO ESPECÍFICO

La periodicidad del mantenimiento ferroviario varía según diversos factores, como el tipo de infraestructura, el volumen de tráfico, la velocidad de los trenes, y las condiciones climáticas.

La periodicidad específica se determina mediante evaluaciones de riesgo, análisis de datos de desgaste, y cumplimiento de estándares de seguridad. Las empresas ferroviarias suelen seguir programas detallados basados en la experiencia operativa y las mejores prácticas de la industria.

03 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Planificación.

Parte a visitar	Descripción tarea	I S	I B	IM 1	IM 2	IM 3	R I	R G	2R G	R roda do	2R roda do
Bogie	Inspección visual (incluye discos de freno)		x	x	x	x	x				
Bogie	Limpieza bogíes + bajo bastidor					x	x	x			
Bogie	Par de apriete					x	x	x			
Bogie	Desmontar + Montar								x	x	x
Eje montado	Medir distancia entre caras internas (DCI)				x	x	x				
Eje montado	Medir resistencia entre ruedas									x	x
Eje montado	Ultrasonidos eje					x	x	x	x	x	x
Eje montado	Partículas magnéticas									x	x
Eje montado	Desmontar + montar eje del bogie								x	x	x
BOGIE	Rodadura		x	x	x	x	x				
	Rodadura		x	x	x	x	x				
	Rodadura		x	x	x	x	x				

EJEMPLO DE PLAN DE MANTENIMIENTO

Cada proyecto dispone de un plan de mantenimiento, donde se indican las distintas actividades a realizar, el subsistema o componente al que pertenecen, frecuencias y duración, a manera de controlar y gestionar todos los recursos necesarios.



CICLO DE MANTENIMIENTO

Una serie de etapas que se realizan de manera continua para garantizar la operación segura y eficiencia del sistema.

Comienza con planificación e inspecciones según el plan de mantenimiento del subsistema. Posteriormente se realiza el mantenimiento cumpliendo con todos los protocolos y por último se lleva el seguimiento y registros de todos los recursos implementados durante todas las etapas. De esta manera, en ocasiones futuras se optimiza para ahorrar costos, tiempos muertos o en su caso recursos.

OPTIMIZACIÓN

Con base a la experiencia y análisis de tasa de fallos, tiempo de reparación (criterios RAMS), aumenta los parámetros de disponibilidad, fiabilidad y confort dependiendo del componente o equipo.

- 01 INTRODUCCIÓN.
- 02 EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO
- 03 MANTENIMIENTO FERROVIARIO
- 04 SUBSISTEMAS FERROVIARIOS**
- 05 GRUPO CAF : CAFTE

04 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO:
Subsistemas ferroviarios.



ENERGÍA



VÍA



CATENARIA



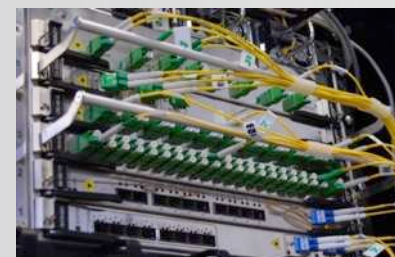
MATERIAL RODANTE



PEAJE



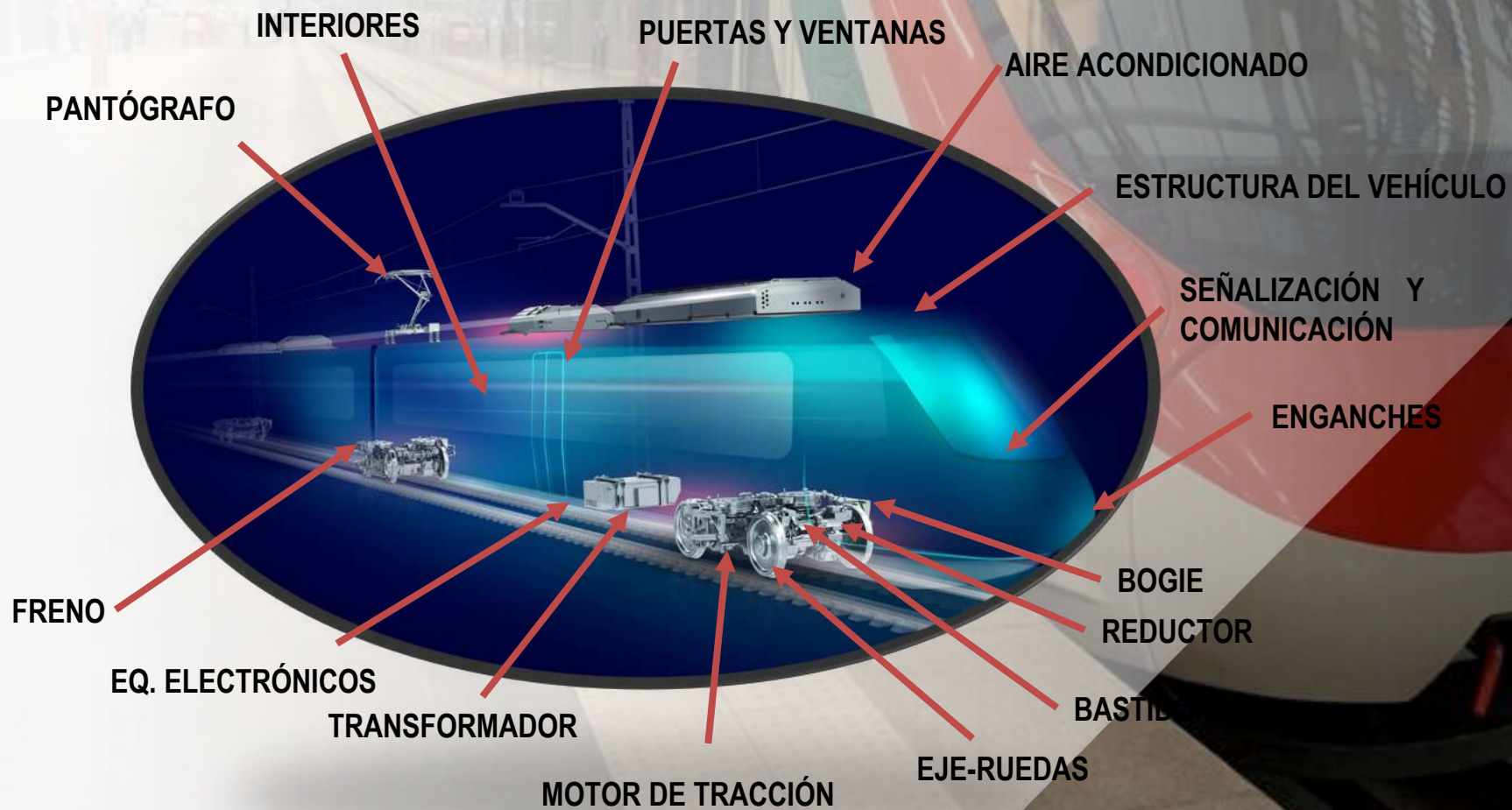
CENTRO DE CONTROL Y
SEÑALIZACIÓN



TELECOMUNICACIONES



ELECTROMECAÓNICOS



04 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Material Rodante.

El **mantenimiento preventivo** del material rodante se clasifica en:

- **Revisiones Sistemáticas:** en función del kilometraje o tiempo de operación y no requieren elevación del tren, son de ejecución rápida y sencilla (control, limpieza, ajustes y recambios estándares).
- **Revisión Intermedia:** realizada cada 720k km y se requiere levantar el tren o grandes desmontajes para realizar algunas tareas específicas.
- **Revisión General del Eje Montado:** realizada cada 1.2M km, cambio de rodadura para dejarlo a su estado inicial.
- **Revisión General:** devolver la unidad y todos sus subsistemas a su estado inicial. Engloba inspecciones, chequeo del equipamiento, ensayos (estáticos como dinámicos), sustitución de piezas deterioradas, renovaciones y re ensamblaje.

Operación de Mantenimiento			Intervalo básico	Tolerancia
Ciclo largo	Revisión Intermedia	RI	720.000 km	+/- 5 %
	Revisión Eje Montado	R Rodado	1.200.000 km	+/- 5 %
	Revisión General	RG	1.440.000 km	+/- 5 %
Ciclo corto	Inspección de seguridad	IS	15 días	+/- 30 %
	Inspección básica	IB	30 días	+/- 20 %
	Revisiones Modulares	IM1	45.000 km	+/- 10 %
		IM2	180.000 km	+/- 10 %
IM3		360.000 km	+/- 10 %	

Ejemplo: Mantenimiento Preventivo, programación con recorrido anual aproximadamente de 336.605 km/año/tren

04 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Material Rodante.

El **mantenimiento correctivo** incluye todas las actividades que no han sido previstas en el Plan de mantenimiento preventivo programado, ni son calificables como accidentes o vandalismo. La atención dependerá de la naturaleza de la avería y para cada caso particular. Toda avería será motivo de análisis causal (fallo aleatorio o esporádico).

- **Incidencias de explotación:** afectan funcionalidades del sistema, afectan la explotación
- **Averías en línea:** afectan funcionalidades del sistema, no afectan la explotación.
- **Averías en depósito o mantenimiento:** se detectan por operarios o conductores al realizar las actividades habituales de mantenimiento previstas.

Correctivo Paliativo o Reparación de una avería

Intervención provisional realizada por el operario de conducción o por un encargado de mantenimiento con los medios instalados a bordo en el material móvil con el objetivo de no bloquear la circulación de los demás vehículos. Salir en degradado adaptado al fallo con o sin viajeros

Curativo o Reparación

Intervención definitiva efectuada por un encargado de mantenimiento en el equipamiento y dispositivo averiado. Tras la reparación, el vehículo deberá recuperar todas sus características originales.

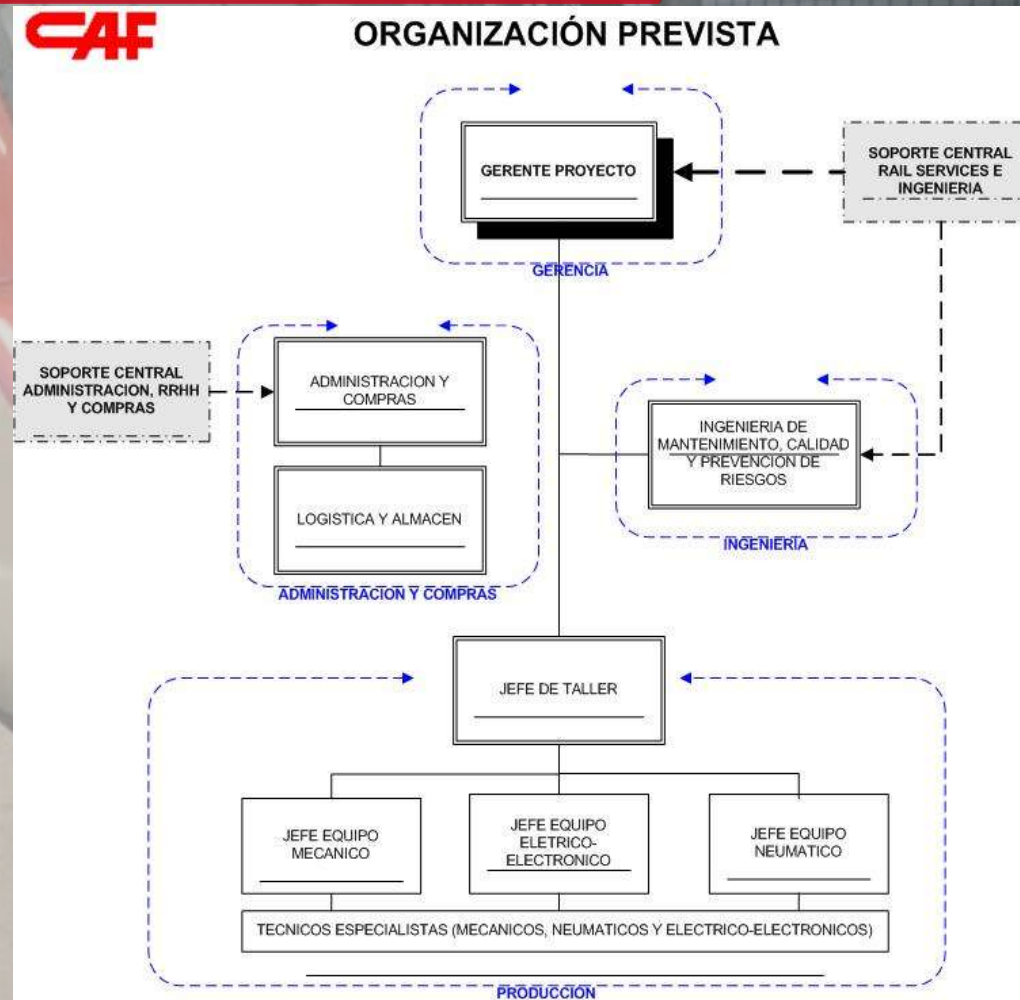
EJEMPLO DE SOLUCIÓN DE AVERÍAS- MANTENIMIENTO CURATIVO O REPARACIÓN

Durante este mantenimiento el tipo de actuación a llevar a cabo dependerá esencialmente de la naturaleza de la avería. A continuación, se presenta un ejemplo de solución de averías del equipo de climatización.

AVERÍA	CAUSA	REMEDIO
El equipo no funciona	El voltaje de alimentación está fuera de los márgenes de trabajo o no hay tensión de batería	Comprobar si es correcta la conexión o si es un fallo del circuito eléctrico
	El motor evaporador no funciona	El interruptor automático está abierto, cerrarlo
		Comprobar la bobina del contactor
	Si están correctos cambiar el motor	
El presostato de aire no da la señal de flujo de aire suficiente	Verificar si la batería evaporadora o los filtros de aire están sucios	
	Comprobar el estado del ventilador evaporador o si gira en sentido opuesto	
El control de temperatura está averiado	Localizar y reparar la avería	
	Cambiar la tarjeta averiada	

RECURSOS DE PERSONAL

Un plan de mantenimiento define las necesidades de personal para la realización de las tareas de mantenimiento preventivo (técnicos especialistas) a los que hay que añadir los técnicos especialistas para la realización del mantenimiento correctivo.



04 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Material Rodante.

Área de Investigación, Desarrollo e Innovación

CAF ha creado un Centro Tecnológico Ferroviario en Beasain (España) con más de 250 especialistas, ingenieros y técnicos dedicados a la investigación, ingenierías, diseño, nuevos desarrollos, mantenimiento de trenes e ingeniería de mantenimiento.



Área de Ingeniería

Recibe información de primera mano acerca de los criterios de diseño y analiza los parámetros RAMS. Presta soporte técnico en la resolución de problemas.



Área de Mantenimiento

Recibe información más directa e interactiva para evaluar costes de mantenimiento y optimizar los planes de mantenimiento

- Estimación del Coste del Ciclo de Vida del material.
- Diseña Planes y Optimiza
- Investigación Nuevas técnicas de mantenimiento

Calidad y Medio Ambiente

Soporte Técnico y evaluación de actividades, diseño de los criterios de control y programación de auditorías. Comunicación con empresas certificadoras. Gestión de la calidad y el impacto medioambiental global.

Recursos Humanos y SyS

Prevención de Riesgos Laborales y definición de criterios de SyS. Descripción de perfiles y selección de plantillas. Formación y Desarrollo de Personal



Rail Services

Asistencia técnica de unidades de garantía y prestación de servicios de mantenimiento contratados. (Mano de obra directa e indirecta). Enlace entre departamentos de la empresa (sinergias de todas las actividades).



Depto. Gestión Económica

Análisis económico global y por proyecto
Obtención de condiciones financieras
Unificación de criterios
Soporte administrativo y estructura actividades comunes



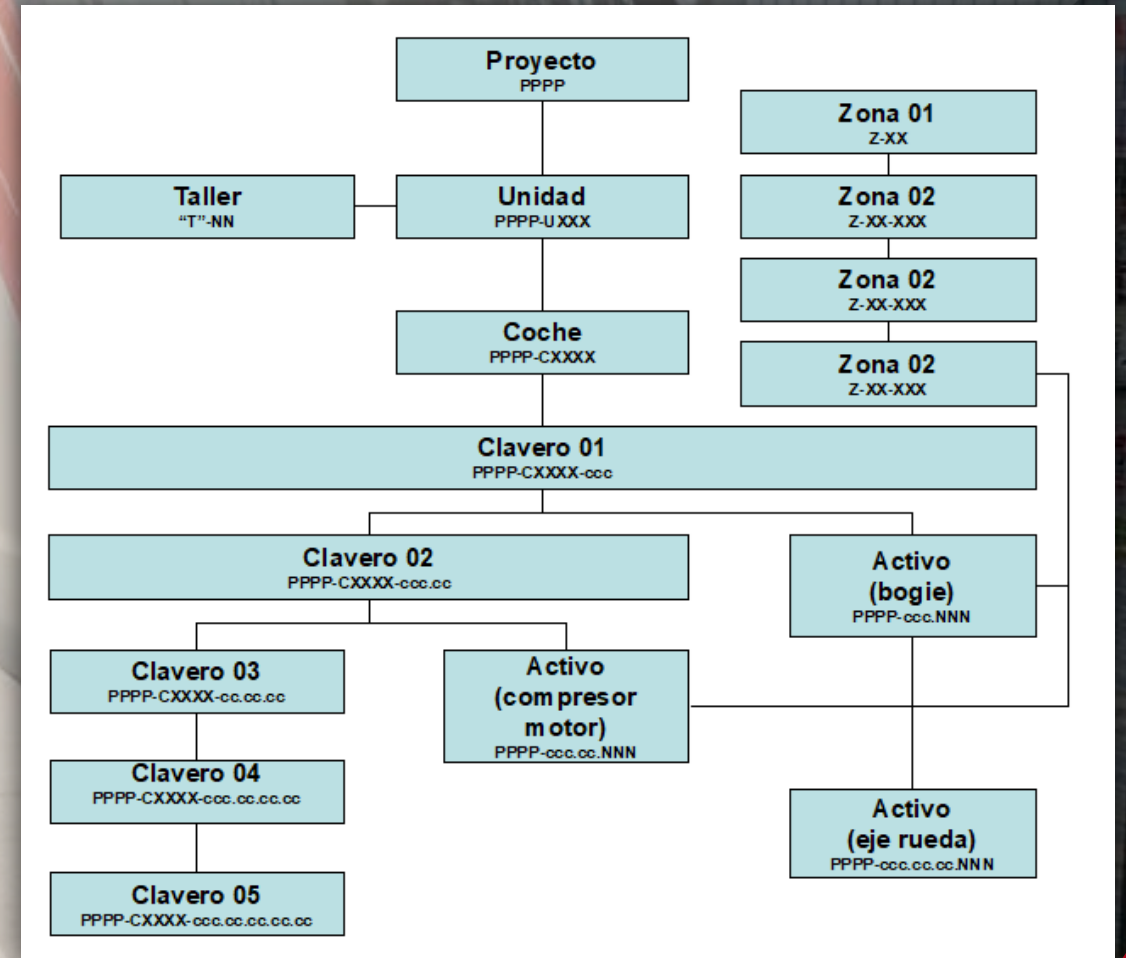
GESTIÓN DE ACTIVIDADES Y DE LA PRODUCTIVIDAD

En el sistema se dan de alta los trenes con todos sus sistemas, creando una estructura, donde se puede obtener información como el historial de intervenciones, medidores propios, posición de montaje, historial de trenes, identificación por código, etc. (ver figura. Cuadro de gestión de actividades).

Se definen medidores para controlar los kilómetros que hace una flota, tren, conjunto de vehículos. Nos permite diferenciar entre kilómetros hechos en explotación, en vacío, remolcado o cualquier otro tipo de kilometraje de interés.

GESTIÓN DE AVERÍAS, INCIDENCIAS, ACCIDENTES Y VANDALISMOS

Todo trabajo realizado en las unidades se introduce en el sistema, indicándose el tipo de trabajo, el equipo sobre el que se realiza y la unidad. Estos datos son introducidos en tiempo real, completada con los recursos utilizados, mano de obra y materiales.



GESTIÓN DE ALMACÉN

Se controla todo el ciclo de materiales mediante el sistema, desde la necesidad, compra, la entrada y hasta su aplicación en un tren. De esta manera se tiene información de proveedores, materiales y precios. Posterior a su recepción se controla el traspaso y su gasto en un determinado equipo. Se visualiza stock de materiales, consumos, definición de stock de seguridad, críticos y/o estratégicos. (ver figura. Gestión del Inventario).

GESTIÓN DE DOCUMENTACIÓN

Toda la documentación relacionada con el mantenimiento (normas, planos,...) puede ser integrada dentro de sistema. De este modo está accesible para su consulta en un mantenimiento preventivo o correctivo.

La documentación necesaria para en el trabajo en el taller (ordenes de trabajo, consistencias de mantenimiento preventivo,...) se generan desde el propio sistema.

Nº ref.	Componente	Identificación	Cantidad	Comentarios	PAE	PRP	MTBF PRP	Plazo de suministro	Plazo de suministro o con ruptura	Plazo de entrega tras reparación
1 SUBSISTEMA ELECTRICO - CAPTACION										
1.1	Pantógrafo	C.00.562.76.00 1	6		2	4	60.000	Junto con la entrega de unidades	40 semanas	2 días intervención + 2 días entrega
2 SUBSISTEMA NEUMÁTICO										
2.1	Panel de control freno coche extremo	C.00.562.21.00 1	6			6	90.000	Junto con la entrega de unidades	52 semanas	3 días intervención + 3 días entrega
2.2	Panel auxiliar cabina	C.00.562.21.00 2	3			3	110.000	Junto con la entrega de unidades	52 semanas	1.5 días intervención + 3 días entrega

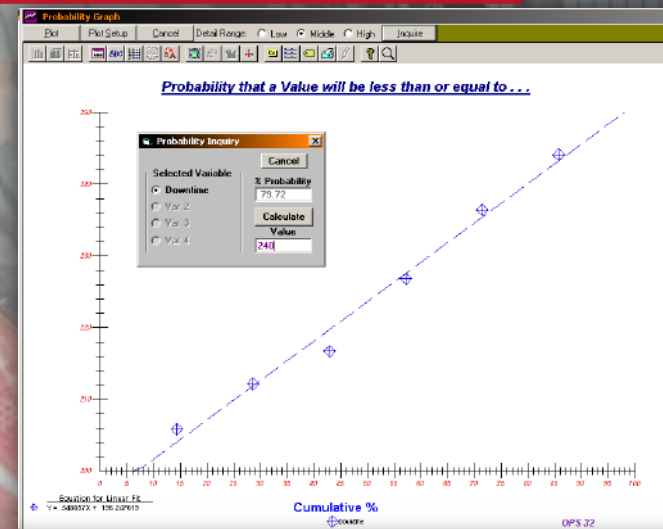
Gestión del Inventario

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El sistema permite hacer análisis estadísticos de modo que permita predecir el comportamiento del tren y hacer un mantenimiento predictivo. Además se pueden incorporar al análisis datos obtenidos de otras fuentes y relacionarlos con los datos introducidos en el sistema.

CALCULO DE ÍNDICES

Se definen y calculan índices relacionados con el funcionamiento del tren o relacionados con las tareas de mantenimiento. Se controlan los índices acordados con el cliente pudiéndose hacer un seguimiento en tiempo real de ellos.



04 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Via.

Principales tipos de mantenimiento en vía:

Mantenimiento preventivo: vigilancia intensiva, continua e “in situ” de los elementos constitutivos y geométricos.

Mantenimiento predictivo: no previsible y no programable con antelación, consiste en informes, generado por un tren laboratorio, que permite deducir tendencias de cara a predecir posibles incidencias.

El objetivo de las inspecciones es de detectar los defectos existentes en la infraestructura, estableciendo la programación de las actuaciones en función de los defectos y el grado de urgencia (Planes de mantenimiento).

El mantenimiento se realiza a aquellos elementos de infraestructura y superestructura:

- Materiales de vía en general
 - a) Aparatos de vía
 - b) Rieles
 - c) Balasto
 - d) Durmientes



04 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Sistema de Catenaria.

Uno de los procedimientos principales para determinar el estatus y registrar los esfuerzos dinámicos presentes en la interacción entre Pantógrafo-Catenaria, se realiza una inspección dinámica por medio de un vehículo auscultador que proporciona gráficos de alturas, elevaciones y descentramientos del hilo de contacto producidos.

Las actividades que normalmente se realizan son: corrección de alturas, corrección de descentramientos, limpiezas, ajustes, etc. Estas actividades son realizadas con ayuda de un vehículo dotado con pantógrafo, grúa y plataforma de tendido.

Los elementos fundamentales durante el mantenimiento a la Línea Aérea de Contacto pueden ser mecánicos, rígidos o flexibles tales como:

- Aisladores
- Seccionadores
- Anclajes de Poste
- Ménsulas
- Postes
- Pórticos y Siluetas
- Equipos de Compensación
- Cable sustentador
- Hilo de Contacto
- Péndolas
- Accionamientos
- Retorno corriente de tracción
- Feeders
- Red de Cables
- Circuitos de Tierra



CASO DE EJEMPLO:

CORRECCIÓN DE ALTURAS-

Ajuste y corrección de altura nominal establecida por proyecto incluida tolerancia de medida del equipo registrador. Ajuste de diferencias resultantes entre puntos de apoyo mayores a 10mm a excepción de los seccionamientos que por diseño la catenaria puede estar el hilo de contacto más alto.

Los puntos o zonas en los que el hilo de contacto difiera en su altura una magnitud mayor a +/- 2 cm de la nominal establecida, 5,30 m, deberán ser ajustados.

04 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Sistema de Energía.

Mantenimiento a instalaciones y equipamiento de Subestaciones de Tracción, Alumbrado y Fuerza, Equipos de mando y control y equipos locales/línea.

- Celdas de Protección
- Transformadores MT/BT.
- Alimentación Alumbrado de Emergencia: Cargador de Baterías y Banco de Baterías
- Tableros Eléctricos
- PLC's o RTU's
- Softwares
- Red de Cables de alimentación y potencia.
- Red de Cables de Control y Mando
- Circuitos de Tierra
- Equipamiento de línea
- Equipamiento en General



04 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Centro de Control/ Señalización / Telecom

Se clasifican en tres niveles de mantenimiento en función de su atención y por personal, primero (personal técnico con disponibilidad 24 horas), segundo (técnicos especialista, en remoto) y tercero (fabricantes o suministradores, alta complejidad).

Los puestos centrales de control, supervisan todos los parámetros que afectan directamente a la explotación del sistema. Las averías detectadas por la Dirección de Explotación tienen el más alto grado de prioridad.

Los elementos de los diferentes equipos para su reparación o remplazo pueden ser:

- Equipos de comunicaciones (GSM-R, concentradores, antenas, software, hardware, módulos)
- Equipos de señalización (balizas, señales luminosas, enclavamientos, detección auxiliar)

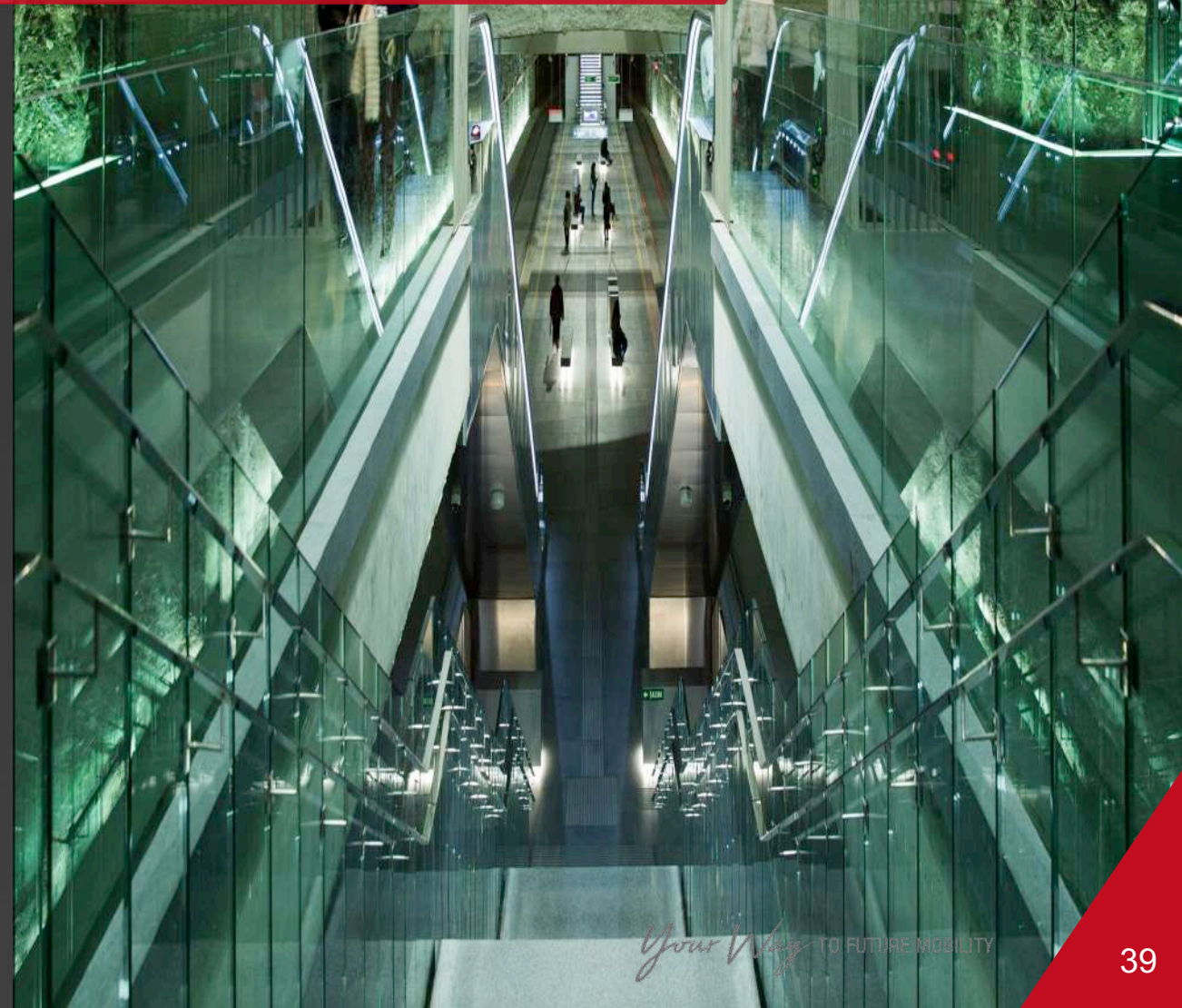


04 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Electromecánicos

De manera general el mantenimiento se realiza a las instalaciones:

- Eléctricas,
- Hidráulicas y sanitarias.
- Sistemas de protección contra incendios
- Climatización, y ventilación.
- Elevadores.
- Escalera.

Es especialmente relevante el mantenimiento Normativo (mantenimiento preventivo)



04 / MANTENIMIENTO FERROVIARIO: Sistema de Peaje.

Las actividades principales para realizar el mantenimiento preventivo son la calibración de dispositivos de medición para garantizar la precisión en la captura de datos de peaje, limpieza y lubricación de los componentes mecánicos para prevenir el desgaste prematuro.

Se implementan mejoras y actualizaciones de los sistemas de peaje para incorporar tecnologías más eficientes y avanzadas.

Mantenimiento y actualización regular del software utilizado en los sistemas de peaje para garantizar su compatibilidad y seguridad.

El mantenimiento es esencial para asegurar la precisión en la recolección de tarifas y la satisfacción tanto de operadores y usuarios.



- 01 INTRODUCCIÓN.
- 02 EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO
- 03 MANTENIMIENTO FERROVIARIO
- 04 SUBSISTEMAS FERROVIARIOS
- 05 **GRUPO CAF: CAFTE**
- 06 CLAVES DEL MANTENIMIENTO FERROVIARIO

En la vanguardia de la tecnología

Tramway without catenary.
Key development in sustainable urban mobility.

2007
CAF's first charter: **Sistema de Ferrocarriles Suburbanos de México** (Suburban Railway System of Mexico)



2009

GRUPO CAF
bzkaia
BIZKAIA FERROVIARIA

2011
First catenary-free lower charging energy system (SCIE). Conventional and non-conventional electrification: **Zaragoza Tramway**



CAF
Transport Engineering
CAF TRANSPORT ENGINEERING

Turnkey projects

2013
Kaohsiung Tramway, Taiwan.
First tramway in the world entirely without catenary.



2014
Inter-city Mexico-Toluca contract



2014
Launch of Shift2Rail programme. CAF is one of the eight founding members CAF T&E, actively participating in the programme.

2015
Acquisition of Mexican subsidiary **CMFS**

CAF
Turnkey & Engineering
CAF TURNKEY ENGINEERING

2016
SCIE contract for Luxembourg tramway
First 100% SCIE development by CAF T&E



2017
• Integration of subsidiary **BWB Engineering Consultancy**
• First project **Electric Bus Opportunity Charger, Valladolid**



Proprietary energy modelling software **Railneos.**

2018
3 comprehensive turnkey projects awarded:
• **Australia (Parramatta and NSW)**
• **Liège-Belgium Tramway**
• **Mauritius Metro Express**

Implementation of **BIM** in comprehensive transport projects.



2019
• **JNET Jerusalem Tramway**
• Development of Corella Test Track
• Integration of **ENNERA**
• **E-Bus Opportunity Charger:** Irún, Pamplona, Bilbao



First Green Smart Depot project.

Digitalisation

Diversification in mobility solutions

Internationalisation

Somos **CAF Turnkey & Engineering**, la unidad de negocio del Grupo CAF que **lidera el desarrollo de proyectos integrales de infraestructura sostenible para la movilidad**.

Integramos todos los sistemas ferroviarios y de autobuses eléctricos, adaptándonos a los requisitos y necesidades de cada cliente.

Nuestras soluciones están orientadas a mejorar la calidad de vida de las personas y reducir el impacto ambiental, porque comprendemos que una movilidad mejor debe contribuir al desarrollo sostenible de la región.

+15

Años de
Experiencia

+700

Profesionales

+20

Proyectos Internacionales
de Movilidad

CAF TURNKEY & ENGINEERING ARE ALSO:

BWB

A CAF GROUP COMPANY

CS

A CAF GROUP COMPANY

- 01 INTRODUCCIÓN.
- 02 EL MANTENIMIENTO DESDE LA ETAPA DE DISEÑO
- 03 MANTENIMIENTO FERROVIARIO
- 04 SUBSISTEMAS FERROVIARIOS
- 05 GRUPO CAF: CAFTE
- 06 CLAVES DEL MANTENIMIENTO FERROVIARIO

- Es un proceso esencial para garantizar la **seguridad, eficiencia y confiabilidad** maximizando la **disponibilidad** de la infraestructura y **prolonga la vida útil** de los activos ferroviarios.
- Es un proceso que inicia en **las primeras etapas de diseño del sistema ferroviario**, se controla y monitorea durante las fases de ejecución (**metodología RAMS**) para finalmente demostrarse en la primera etapa de la puesta en operación (**demostración RAM**).
- En un proceso que requiere una combinación de **recursos humanos** (ingenieros e inspectores), **tecnológicos** (inspección y monitoreo), **equipos o herramientas** (máquinas, vehículos e instrumentos) y materiales, junto con una **gestión eficiente** (formación y calidad) y **cumplimiento de normativas** para garantizar la integridad y seguridad del sistema ferroviario.
- Es un proceso dinámico que está en continua **evolución buscando la optimización y mejora** de las actividades de mantenimiento para garantizar la **calidad del servicio**.



¡Gracias!
Eskerrik asko!
Thank You!
Merci!
תודה

Dr. Jesús Medrano Bosque