PANEL GP CONTROLLER HV 6.2

Highlight

• **Operación Libre de Mantenimiento:** La remoción total de componentes mecánicos móviles y consumibles hidráulicos, sumada a la selección estricta de componentes de estado sólido con un amplio factor de servicio.

• **Arquitectura Monolítica "Todo en Uno":** Centralización absoluta de la lógica de control eléctrica más compleja de la locomotora dentro de un único módulo físico de grado ferroviario, suprimiendo la dependencia de tarjetas externas o módulos complementarios, simplificando el diagnóstico y la reparación.

• **Transductores e Instrumentación Integrados:** Incorporación nativa de todos los transductores de tensión, intensidad de corriente de tracción y sensores analógicos dentro del propio chasis del módulo. Esta disposición simplifica drásticamente el cableado estructural y mitiga ruidos e interferencias inducidas en los lazos de señal.

• **Compensación Dinámica por Altitud:** Algoritmo adaptativo en firmware que ajusta de forma continua los parámetros de excitación del generador principal en función de la presión barométrica absoluta, para optimizar el rendimiento térmico y de tracción en relieves geográficos extremos.

• **Diagnóstico Continuo de Motores de Tracción:** Supervisión en tiempo real de las variables eléctricas de los motores de tracción, protegiendo los rotativos contra sobrecargas e intensidades críticas mediante el cálculo dinámico de modelos térmicos integrales.

• **Interfaz HMI de Alarma y Visualización Incorporada:** Terminal gráfica integrada directamente en el ecosistema de cabina para el despliegue de variables operativas y el desglose de fallas, acelerando los tiempos de búsqueda de fallos (troubleshooting) en fosa sin requerir instrumentación externa.

• **Control de Debilitamiento de Campo (Field Shunting) y Serie / Paralelo:** Regulación digital precisa y progresiva de la derivación de corriente en los campos de los motores de tracción en función de la velocidad de marcha, forzando al motor diésel a trabajar de manera sostenida en su régimen de par máximo de mayor rendimiento **economizando el consumo de combustible hasta un 5%.**

• **Control Avanzado de Freno Dinámico:** Gestión electrónica estabilizada del lazo de frenado reostático, optimizando la excitación y la disipación térmica en los cajones de resistencias para garantizar una desaceleración segura y controlada.

• **Eliminación del Reóstato de Carga Hidráulico:** Reemplazo definitivo del motor y todos los elementos hidráulicos y de fluidos del reóstato de carga convencional, sustituyéndolos por un control estratégico de excitación de estado sólido libre de fricción y holguras.

• **Instalación Rápida con Mínima Modificación:** Diseño de reacondicionamiento (retrofit) concebido para montarse con alteraciones mínimas en el esquema eléctrico original de la locomotora, reduciendo las horas de inactividad de la máquina durante su actualización en el taller.

• **Conexiones Seguras mediante Terminales Faston con Tolerancia a errores de conexionado:** Capa física de interconexión estandarizada mediante bornes de fijación Faston de alta presión, garantizando una excelente conductividad eléctrica y una resistencia total a las vibraciones armónicas continuas de la vía.

• **Sensores Estándar de Mercado**: Todos los periféricos externos (sensores inductivos de RPM y transmisores industriales de 4-20 mA) utilizan estándares abiertos y referencias comerciales explícitas sin códigos ocultos. La operadora tiene total libertad para adquirirlos directamente en cualquier proveedor industrial o sustituirlos por marcas equivalentes, garantizando bajo costo operativo y disponibilidad inmediata.

• **Supresión del Velocímetro de Punta de Eje:** El firmware calcula la velocidad cinemática real y el deslizamiento de forma matemática a través de los transductores eléctricos de los motores de tracción, eliminando la necesidad de instalar, cablear y mantener captores mecánicos en las cajas de rodamientos de los ejes.

1. Descripción General

El Panel de Control GP Controller representa un salto generacional en la gestión eléctrica de locomotoras diésel-eléctricas. Al consolidar múltiples sistemas de control discretos y analógicos en una plataforma digital unificada de alta velocidad, el módulo establece un nuevo estándar en confiabilidad, rendimiento y facilidad de servicio en talleres.

2. Arquitectura de Control

Para garantizar la máxima estabilidad y precisión en la transferencia de potencia hacia los motores de tracción, el firmware implementa una estrategia de control de vanguardia basada en una estructura de lazo cerrado avanzada:

• **Control Preciso PID en Cascada:** A través del procesamiento matemático a alta velocidad ejecutado por el procesador de alto rendimiento, el sistema ofrece una excelente calidad de control de la excitación. El lazo funciona mediante una configuración en cascada donde un bucle externo vigila la potencia neta solicitada por el conductor y la curva estequiométrica del motor diésel, mientras que un bucle interno de alta velocidad regula de forma instantánea la corriente inyectada en el campo de excitación del generador principal, corrigiendo cualquier desviación en milisegundos.

• **Atenuación Estructural de Transitorios:** Esta arquitectura mitiga por completo las oscilaciones violentas de corriente causadas por variaciones abruptas de carga o cambios en la velocidad del convoy. Al estabilizar dinámicamente la corriente de campo, se reduce drásticamente el estrés térmico en las escobillas, bobinados y delgas del colector, optimizando la linealidad de la fuerza de tracción neta en la llanta.

Índice:

3. Dimensiones y anclaje…….. pág. 3.

4. Descripción funciones terminales de conexión…….. pág. 4.

5. Valores máximos absolutos ……..…….... pág. 5.

6. Valores de seguridad……..…..... pág. 6.

7.1 Descripción sistemas…… pág. 7.

8.1 Funcionamiento del sistemas……..... pág. 13.

9. Pantalla Menú ……..……..…….. pág. 19.

10.2 Alarmas de Alta Prioridad……..…….. pág. 23.

11.1. Alarmas de Baja Prioridad……..……..... pág. 26.

12. Configuración de Switches de Terminación de Nodos (Redes CAN Bus)…..… pág. 29.

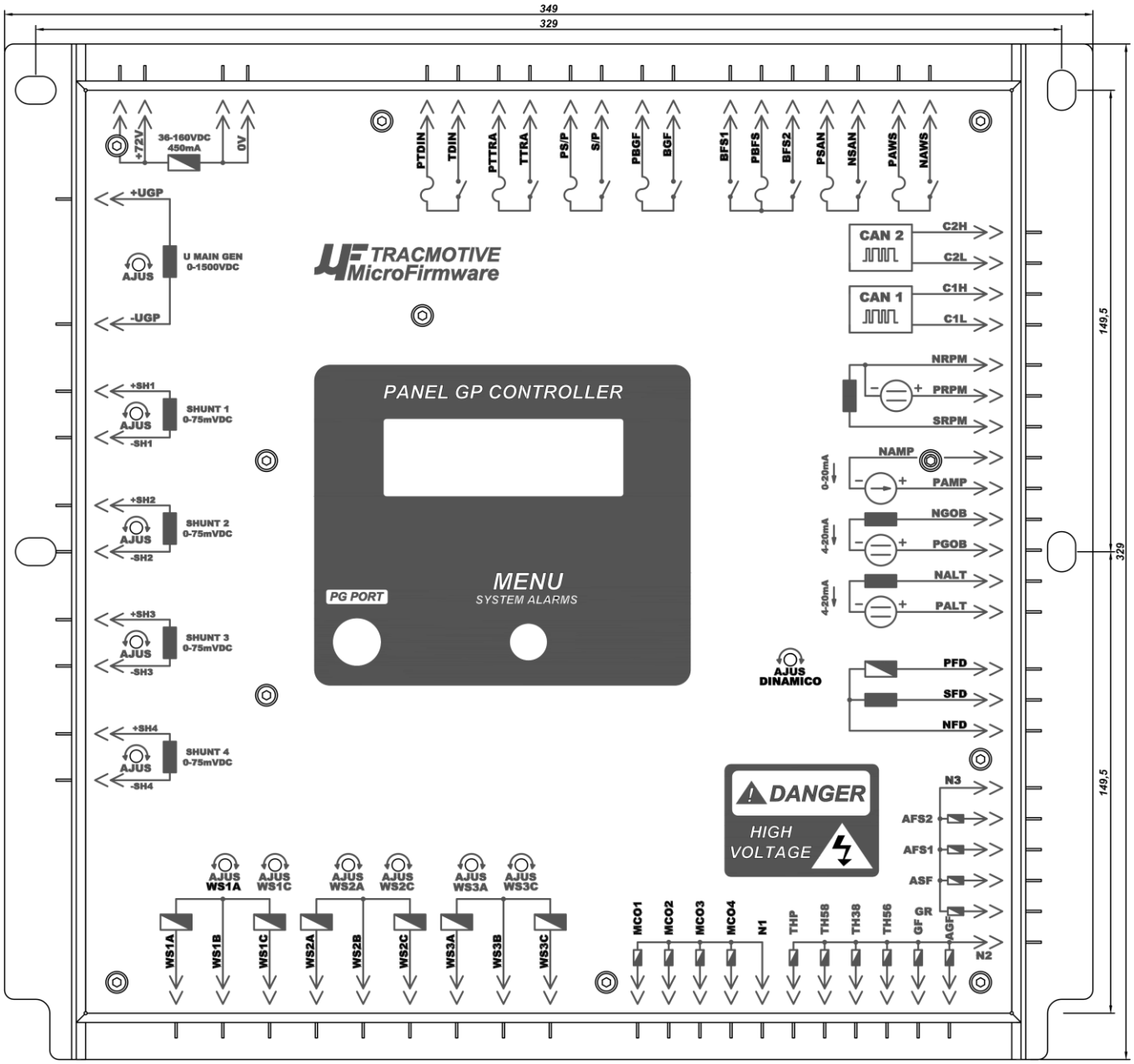
3. Dimensiones y anclaje.

Dimensiones del Gabinete:

- **Gabinete robusto de acero inoxidable de 1mm de espesor.**
- **Alto:** 329 mm
- **Ancho:** 349 mm
- **Profundidad:** 65 mm

Sistema de Anclaje:

- El equipo se fija mediante perforaciones roscadas diseñadas para pernos de **¼ de pulgada**.
- Las distancias exactas y la disposición de los centros de fijación se detallan en el **plano a continuación**.



⚠️ **ADVERTENCIA CRÍTICA DE SEGURIDAD**

TODAS LAS CONEXIONES DE ALTA TENSION: +/-UGP, +/-SHX Y WSXX DEBEN REALIZARSE CON FASTON HEMBRA CON CAPUCHON DE PVC EN SUS TERMINALES.

4. Descripción funciones terminales de conexión.

- **+72V.** Alimentación positiva circuito de batería.
- **0V.** Alimentación negativa circuito de batería.
- **PTDIN.** Alimentación positiva temporizador entrada contactores freno dinámico.
- **TDIN.** Retorno positivo temporizador entrada contactores freno dinámico.
- **PTTRA.** Alimentación positiva temporizador entrada contactores tracción.
- **TTRA.** Retorno positivo temporizador entrada contactores tracción.
- **PS/P.** Alimentación positiva transición contactores serie / paralelo.
- **S/P.** Retorno positivo transición contactores serie / paralelo.
- **PBGF.** Alimentación positiva contactor excitación de campo generador principal.
- **BGF.** Retorno positivo contactor excitación de campo generador principal.
- **BSF1:** Retorno positivo contactor 1 debilitamiento de campo motores de tracción.
- **PBSF**: Alimentación positiva contactores debilitamiento de campo motores de tracción.
- **BSF2:** Retorno positivo contactor 2 debilitamiento de campo motores de tracción.
- **PSAN:** Alimentación positiva circuito arenado automático.
- **NSAN:** Retorno positivo circuito arenado automático.
- **PAWS:** Alimentación positiva circuito indicador de patinaje.
- **NAWS:** Retorno positivo circuito indicador de patinaje.
- **C2H:** Puerto High CanBus canal baja prioridad.
- **C2L:** Puerto Low CanBus canal baja prioridad.
- **C1H:** Puerto High CanBus canal alta prioridad.
- **C1L:** Puerto Low CanBus canal alta prioridad.
- **NRPM:** Alimentación negativa sensor RPM.
- **PRPM:** Alimentación positiva sensor RPM.
- **SRPM:** Señal retorno positiva sensor RPM.
- **NAMP:** Señal negativa control amperímetro motores de tracción.
- **PAMP:** Señal positiva control amperímetro motores de tracción.
- **NGOB:** Señal negativa sensor reóstato de carga regulador de velocidad motor diésel.
- **PGOB:** Señal positiva sensor reóstato de carga regulador de velocidad motor diésel.
- **NALT:** Señal negativa sensor altitud.
- **PALT:** Señal positiva sensor altitud.
- **PFD:** Señal positiva enclavamiento freno dinámico.
- **SFD:** Señal de control intensidad freno dinámico.
- **NFD:** Negativo circuito freno dinámico.
- **N3.** Común negativo entradas digitales GR y AFSX.
- **AFS2.** Entrada digital positiva auxiliar contactor 2 debilitamiento de campo motores de tracción.
- **AFS1.** Entrada digital positiva auxiliar contactor 1 debilitamiento de campo motores de tracción.
- **ASF.** Entrada digital positiva auxiliar contactor shunt campo excitación generador principal.
- **GR.** Entrada digital positiva auxiliar relé puesta a tierra.
- **N2.** Común negativo entradas digitales THXX, GF y AGF.
- **AGF:** Entrada digital positiva contactor excitación de campo generador principal.
- **GF:** Entrada digital positiva habilitación tracción puntos 1 al 8.
- **TH56:** Entrada digital positiva aceleración puntos 5 al 6.
- **TH38:** Entrada digital positiva aceleración puntos 3 al 8.
- **TH58:** Entrada digital positiva aceleración puntos 5 al 8.
- **THP:** Entrada digital positiva aceleración puntos pares.
- **N1.** Común negativo entradas digitales MCOX.
- **MCO4.** Entrada digital positiva exclusión grupo 4.
- **MCO3.** Entrada digital positiva exclusión grupo 3.
- **MCO2.** Entrada digital positiva exclusión grupo 2.
- **MCO1.** Entrada digital positiva exclusión grupo 1.
- **WS3C.** Referencia tensión armadura 3C motores de tracción.
- **WS3B.** Referencia tensión armadura 3B motores de tracción.
- **WS3A.** Referencia tensión armadura 3A motores de tracción.
- **WS2C.** Referencia tensión armadura 2C motores de tracción.
- **WS2B.** Referencia tensión armadura 2B motores de tracción.
- **WS2A.** Referencia tensión armadura 2A motores de tracción.
- **WS1C.** Referencia tensión armadura 1C motores de tracción.
- **WS1B.** Referencia tensión armadura 1B motores de tracción.
- **WS1A.** Referencia tensión armadura 1A motores de tracción.
- **-SH4**. Referencia tensión negativa shunt 4 motores de tracción.
- **+SH4.** Referencia tensión positiva shunt 4 motores de tracción.
- **-SH3**. Referencia tensión negativa shunt 3 motores de tracción.
- **+SH3.** Referencia tensión positiva shunt 3 motores de tracción.
- **-SH2.** Referencia tensión negativa shunt 2 motores de tracción.
- **+SH2**. Referencia tensión positiva shunt 2 motores de tracción.
- **-SH1**. Referencia tensión negativa shunt 1 motores de tracción.
- **+SH1.** Referencia tensión positiva shunt 1 motores de tracción.
- **-UGP.** Referencia tensión negativa generador principal.
- **+UGP**. Referencia tensión positiva generador principal.

5. Valores máximos absolutos

Circuitos	Terminales	Mínimo	Máximo	Protección	Aislamiento Galvánico
Alimentación	+72V, 0V			Tiempo indefinido	1000Vdc
Voltaje		-160Vdc	160Vdc		
Intensidad		-7Adc	7Adc		
Entradas Digitales	MCOX, N1, THXX, GF, AGF, N2, GR, AFSX, N3			Tiempo indefinido	1000Vdc
Voltaje		-160Vdc	160Vdc		
Intensidad		-40mAdc	40mAdc		
Salidas Digitales	XTDIN, XTTRA, XP/S, XBGF, XBFSX, XSAN, XAWS			Fusible interno	1000Vdc
Voltaje		-160Vdc	160Vdc		
Intensidad		-5Adc	5Adc		
Entradas Analógicas	XGOB, XALT			Tiempo indefinido	1000Vdc
Voltaje		-160Vdc	160Vdc		
Intensidad		-200mAdc	200mAdc		
Salidas Analógicas	XAMP			Tiempo indefinido	1000Vdc
Voltaje		-160Vdc	160Vdc		
Intensidad		-200mAdc	200mAdc		
Sensor RPM	XRPM			Tiempo indefinido	1000Vdc
Voltaje		-160Vdc	160Vdc		
Intensidad		-200mAdc	200mAdc		
CAN Bus	CXX			Tiempo indefinido	1000Vdc
Voltaje		-160Vdc	160Vdc		
Intensidad		-200mAdc	200mAdc		
Entradas Voltimétricas	XUGP, WSXX			Tiempo indefinido	6000Vdc
Voltaje		-2000Vdc	2000Vdc		
Intensidad		-5mA	5mA		
Entradas Shunt	XSHX			Tiempo indefinido	6000Vdc
Voltaje		-1,7Vdc	1,7Vdc		
Intensidad		-250mAdc	250mAdc		

6. Valores de seguridad

Circuitos	Terminales	Mínimo	Máximo
Alimentación	+72V, 0V		
Voltaje		36Vdc	90Vdc
Intensidad		200mA	400mA
Entradas Digitales	MCOX, N1, THXX, GF, AGF, N2, GR, AFSX, N3		
ON Voltaje		60Vdc	90Vdc
ON Intensidad		8mAdc	13mAdc
Histéresis		1mA	
Salidas Digitales	XTDIN, XTTRA, XP/S, XBGF, XBFSX, XSAN, XAWS	-5Adc	5Adc
Entradas Analógicas	XGOB, XALT		
Voltaje		9Vdc	17Vdc
Intensidad		4mAdc	20mAdc
Salidas analógicas	XAMP		
Voltaje		0Vdc	17Vdc
Intensidad		0mAdc	20mAdc
Sensor RPM	XRPM		
Alimentación Voltaje		14Vdc	17Vdc
Alimentación Intensidad		20mAdc	28mAdc
Señal ON Voltaje		9Vdc	90Vdc
Señal ON Intensidad		2mAdc	23mA
Histéresis		0,5mAdc	
CAN Bus	CXX		
Frecuencia		20Kbps	20Kbps
Voltaje		0,5Vpp	4,5Vpp
Entradas Volimétricas	XUGP, WSXX		
Voltaje		-1500Vdc	+1500Vdc
Intensidad		-3,75mAdc	3,75mAdc
Entradas Shunt	XSHX		
Voltaje		-75mVdc	+75mVdc
Intensidad		-3,75mAdc	3,75mAdc

7.1. Descripción sistemas.

El **Panel GP Controller** ha sido concebido bajo una arquitectura de hardware universal adaptable a múltiples plataformas, fabricantes y configuraciones de locomotoras diésel-eléctricas (tales como series EMD, General Electric y ALCO).

Debido a esta versatilidad operativa, el presente manual establece los principios de funcionamiento, la arquitectura electrónica y las lógicas generales de control del equipo, complementándose con un **Documento Anexo** de Parametrización Específica. Dicho anexo define los valores nominales de operación, las curvas características de los motores de tracción y los umbrales exactos de protección calibrados en fábrica para cada clase y modelo de locomotora en particular.

7.2. Panel GP Controller

El Panel GP destaca por su diseño altamente centralizado, donde toda la arquitectura tecnológica se unifica en un único módulo integrado. Este gabinete monolítico aloja de forma interna las siguientes etapas fundamentales del sistema:

• **Sistema de Control y Procesamiento:** Centraliza los algoritmos inteligentes control, la gestión de alertas y las lógicas de protección del motor.

• **Etapa de Medición de Señales de Alto Voltaje**: Incorpora directamente los circuitos para la medición de voltajes y corrientes de los circuitos eléctricos de alto voltaje de propulsión. Estas etapas cuentan con aislación galvánica de seguridad de 6000 Vdc en servicio continuo y soportan transitorios de hasta 12800 Vdc, blindando por completo la electrónica digital contra arcos y cortocircuitos.

• **Procesamiento de Señales:** Concentra el filtrado, acondicionamiento y lectura de alta precisión de todos los sensores electrónicos.

• **Módulo de Comunicación:** Integra las interfaces necesarias para la telemetría, el diagnóstico y el enlace de datos con la cabina de la locomotora.

Esta integración total elimina por completo la necesidad de realizar interconexiones o cableados externos complejos entre diferentes tarjetas electrónicas. Al suprimir los arneses internos y los pines intermedios propensos a falsos contactos, se aumenta drásticamente la confiabilidad del sistema ante las vibraciones mecánicas continuas de la vía, simplificando de forma radical las tareas de instalación llave en mano y mantenimiento preventivo en el taller.

Robustez de Interconexión y Alta Confiabilidad.

Con el objetivo de maximizar la vida útil del equipo en ambientes ferroviarios severos, el módulo ha sido diseñado completamente libre de peines de conexión internos.

• Eliminación de Puntos Críticos de Falla: Al prescindir de conectores de pines tradicionales (que con el tiempo sufren fatiga mecánica por vibración continua), se erradica por completo el riesgo de falsos contactos o la apertura accidental de lazos de control en los circuitos.

• Conexiones Directas y Seguras: Todas las uniones internas de señales y potencia se realizan mediante métodos de fijación permanentes o mecánicamente inmunes a la vibración, garantizando la continuidad eléctrica permanente y un funcionamiento ininterrumpido del sistema de excitación.

Resistencia Térmica y Emplazamiento.

El módulo ha sido desarrollado bajo estrictos estándares de ingeniería para operar de forma confiable en entornos térmicamente exigentes para altas temperaturas: Los componentes electrónicos y la estructura del gabinete están calculados para soportar condiciones de calor extremo continuo, garantizando una disipación eficiente sin necesidad de ventilación forzada o aberturas que permitan el ingreso de contaminantes.

Transparencia de Medición y Conectividad Externa.

El sistema rompe con el esquema tradicional de bloques de terminales ocultos o conectores multipolo sellados, los cuales suelen dificultar las tareas de diagnóstico eléctrico en el taller:

• Puntos de Conexión Tipo Faston: Todas las conexiones externas de señales y control utilizan terminales tipo Faston expuestos.

• Transparencia de Medición en Tiempo Real: Este diseño permite a los técnicos e ingenieros acceder de manera directa, visual y segura a los puntos eléctricos activos. Se pueden realizar mediciones de voltaje, corriente o continuidad con el multímetro de forma inmediata y sin necesidad de desconectar el cableado ni desarmar el módulo.

• Ventaja sobre Borneras Ocultas: Elimina por completo el problema clásico de las borneras ciegas o enchufes herméticos donde los puntos de prueba quedan inaccesibles, acelerando drásticamente los tiempos de localización de fallas y mantenimiento preventivo.

Interfaz de Usuario y Diagnóstico Local (Display).

Para facilitar el monitoreo en el sitio y agilizar la toma de decisiones críticas por parte del personal de a bordo, el módulo incorpora un display digital integrado de forma directa en su panel frontal, estructurando el diagnóstico en tres capas lógicas autónomas:

• Visualización de Variables en Tiempo Real: Permite supervisar de forma continua y simultánea los parámetros operativos de tracción y excitación del sistema, tales como la potencia neta de la locomotora, el estado del reóstato de carga, los voltajes y tensiones instantáneas de los motores de tracción, el punto de aceleración activo del acelerador, las RPM del motor diésel, la posición del reóstato de mando del freno dinámico, el estado lógico de las señales de entrada/salida y la medición cruda de todos los sensores integrados.

• Gestión Centralizada de Alarmas: Ante cualquier anomalía crítica de la capa física o de fuerza (como una falla por puesta a tierra del circuito de alta tensión), el display interrumpe de forma instantánea la pantalla para mostrar la alerta de forma inmediata. Esta velocidad de despliegue faculta al personal técnico a actuar de manera preventiva antes de que la perturbación derive en un daño metalúrgico mayor o en una parada imprevista en plena vía.

• Diagnóstico Autónomo de Campo: Facilita la detección y el aislamiento de fallas mecánicas y eléctricas específicas —como el patinaje o deslizamiento individual de un motor de tracción determinado— . Esta capacidad analítica embebida elimina por completo la necesidad de

conectar herramientas de escaneo externas, computadoras adicionales o licencias de software de fábrica en la sala de máquinas, resolviendo el mantenimiento con total autonomía al pie de la locomotora.

7.3. Descripción Entradas Voltimétricas.

Las interfaces analógicas dedicadas a la supervisión y adquisición de los potenciales eléctricos de fuerza del circuito de propulsión están diseñadas para tolerar el entorno hostil de la sala de máquinas, estructurándose bajo los siguientes parámetros de ingeniería:

• Medición Bipolar de Alta Velocidad (16 bits): Las entradas de medición de la tensión del generador principal o alternador (XUGP) y las tensiones de armadura individuales de los motores de tracción (WSXX) operan mediante canales bipolares de corriente continua (DC) digitalizados a 16 bits. Esta arquitectura física permite medir tensiones en ambos sentidos dentro de un rango simétrico estricto de -2000 Vcc a 2000 Vcc.

• Capacidad de Diagnóstico Dinámico: Esta cualidad bipolar y simétrica del hardware faculta al firmware a realizar diagnósticos y un control fino de patinaje y deslizamiento en los motores de tracción en microsegundos, incluso durante los transitorios más severos donde las máquinas eléctricas son reconfiguradas en su capa de fuerza, tales como las transiciones cinemáticas de tracción a freno dinámico o los cambios de acoplamiento de serie a paralelo en donde las referencias de tensiones de armaduras se invierten.

• Calibración de Fábrica: Cada canal posee un reóstato de calibración de precisión ajustado en fábrica que no debe ser alterado bajo ninguna circunstancia operativa común. Debido a la excelente estabilidad térmica de los componentes seleccionados, solo se debe realizar una verificación de calibración obligatoria tras un período de 5 años de servicio continuo.

Protocolo Técnico de Verificación y Calibración (Taller)

Para el mantenimiento de los 5 años en el banco de pruebas, el electricista debe aplicar estrictamente el siguiente procedimiento secuencial de seguridad y estabilidad térmica:

1. Estabilización Térmica Inicial: Con el módulo desmontado en el banco, energizar el equipo con una tensión de control de 72 Vdc y esperar un período mínimo de 10 minutos antes de iniciar cualquier ajuste. Esta ventana temporal es de cumplimiento obligatorio por manual para permitir que todos los componentes analógicos, divisores de tensión y etapas operativas internas alcancen su temperatura de equilibrio de trabajo, garantizando la máxima repetitividad y la eliminación de derivas térmicas durante la lectura.

2. Conexión de Referencia de Seguridad: Con el equipo estabilizado térmicamente, conectar una fuente de alimentación de seguridad calibrada de 100 Vdc al canal analógico específico de alta tensión (XUGP o WSXX) que se desea verificar.

3. Contraste Simultáneo de Precisión: Conectar en paralelo un voltímetro digital con calibración e historial de certificación vigentes para medir el potencial real de la fuente.

4. Ajuste y Sincronismo por Software: Energizar el lazo de prueba y contrastar la lectura física del voltímetro patrón contra el valor numérico desplegado en tiempo real en el display frontal del módulo. El ajuste micrométrico se realiza introduciendo un destornillador plano aislado de 4 mm a través del orificio frontal correspondiente al canal bajo calibración, girando suavemente el potenciómetro hasta hermanar ambas lecturas.

5. Enclavamiento de Seguridad Operativa: Una vez validada la perfecta linealidad del canal, el orificio de calibración debe ser precintado y bloqueado mediante cinta de seguridad física, garantizando la inviolabilidad del ajuste frente a manipulaciones no autorizadas en campo.

7.4. Descripción de Entradas Voltímetricas de Shunt

Las interfaces de adquisición analógica encargadas de supervisar la intensidad de corriente que fluye a través de los campos de tracción operan mediante la lectura directa sobre los shunts del circuito, estructurándose bajo los siguientes parámetros de ingeniería:

• Medición Bipolar de Ultra-Alta Resolución (16 bits): Las entradas de medición de los shunts de los motores de tracción (XSHX) son de 16 bits y bipolares, diseñadas para capturar caídas de potencial en un rango simétrico estricto de -75mVdc a 75mVdc .

• Compatibilidad con Freno Dinámico: Esta capacidad de medición de ultra-alta precisión en ambos sentidos permite la lectura fidedigna de las intensidades de corriente en locomotoras que invierten el sentido de la intensidad al pasar del modo de tracción al modo de freno dinámico.

Protocolo de Calibración Inicial para Entradas de Shunt (XSHX)

Dado que los shunts originales de la locomotora poseen sus propias tolerancias de fabricación, puede ser necesaria una calibración inicial en la etapa de instalación del equipo para asegurar la perfecta correspondencia matemática entre la caída de milivoltios detectada y el amperaje real de tracción.

Para realizar este ajuste de precisión de forma segura en el taller, se debe aplicar estrictamente el siguiente procedimiento secuencial:

1. Estabilización Térmica Dinámica: Con el motor diésel de la locomotora en marcha y en caliente (temperaturas nominales de régimen), esperar un lapso mínimo de 10 minutos para que el módulo y el entorno eléctrico alcancen su punto de equilibrio de temperatura de trabajo, eliminando derivas analógicas.

2. Aseguramiento Mecánico Antideslizamiento: Calzar firmemente las llantas de la locomotora en ambos sentidos de marcha utilizando calzas de taller reglamentarias. Aplicar el freno independiente (freno de aire de la locomotora) al máximo de su presión de frenado.

3. Presurización y Estabilización de Carga: Colocar el acelerador en el Punto 1 en tracción y mantenerlo en esa posición de forma controlada hasta que las corrientes en el circuito de tracción se estabilicen por completo.

4. Medición Patrón por Instrumentación: Utilizar una pinza amperométrica calibrada y certificada para corriente continua. Para garantizar una lectura fidedigna y evitar distorsiones por campos magnéticos parásitos, asegurar estrictamente que las mordazas de la pinza estén perfectamente cerradas, limpias y concéntricas al cable de potencia del shunt que se desea calibrar.

5. Contraste y Ajuste: Contrastar visualmente la lectura arrojada por la pinza amperométrica patrón contra el valor de corriente (Amperios) desplegado en tiempo real en la pantalla frontal del módulo. En caso de desvíos, realizar el ajuste analógico con un destornillador aislado de 4 mm a través del orificio frontal correspondiente al canal XSHX hasta hermanar de forma exacta ambas mediciones.

6. Inviolabilidad y Precintado de Seguridad: Una vez verificada y validada la calibración lineal del lazo, el orificio de acceso al potenciómetro debe ser precintado inmediatamente con cinta de seguridad física.

⚠️ **ADVERTENCIA CRÍTICA OPERATIVA:**

Bajo ningún punto de vista ni circunstancia técnica debe ser alterada o falseada esta calibración con el propósito de enmascarar o compensar lecturas anómalas causadas por problemas reales en la capa de fuerza, tales como terminales sulfatados, cables mordidos, falsos contactos en contactores, fallas en inversores de marcha o degradación interna en los motores de tracción. Cualquier distorsión en la corriente de campo debe resolverse reparando mecánicamente el componente defectuoso antes de fijar el cero matemático del software.

7.5. Descripción Sensor RPM.

En las locomotoras que no cuentan con generador auxiliar del tipo alternador con excitación con rectificación semicontrolada o no esté integrado el Panel Diesel Controller, el sistema incorpora un sensor inductivo de tres hilos sin contacto mecánico que garantiza una lectura precisa y completamente inmune al desgaste, el cual se aloja de manera muy robusta y protegida en la tapa de inspección del gatillo de sobrevelocidad mediante una fijación roscada para leer la velocidad de giro directamente desde el contrapeso de uno de los árboles de levas de la locomotora.

En las locomotoras con sistema de rectificación semicontrolada para la excitación, la referencia de RPM del motor diésel se realiza a través del Panel SCR, que envía el valor instantáneo de las RPM mediante el CANbus 1 al Panel GP. Locomotoras sin alternador auxiliar y con integración del Panel Diesel Controller, la referencia de velocidad es desde el CANBus 2 conectado al controlador de inyección diésel.

La conectividad eléctrica del dispositivo se distribuye estrictamente en dos hilos dedicados a la alimentación (PRPM y NRPM) de 15Vdc – 30% y un tercer hilo exclusivo para la transmisión de la señal (SRPM), contando de forma integrada con una limitación electrónica contra cortocircuitos parametrizada a un máximo de 80 mA para resguardar la integridad del controlador principal. Asimismo, el software implementa una lógica de seguridad intrínseca por la cual limitará la potencia del motor diésel al 50% de su potencia nominal en caso de detectarse cualquier fallo en el componente o si el mismo llega a ser desconectado, asegurando una protección total ante la pérdida de sincronismo y evitando de forma electrónica que el motor se sobrecargue.

Instalación.

La correcta instalación del sensor inductivo de gama alta Turck BI10U-M18-AP6X-H1141 requiere una preparación mecánica sobre la tapa de inspección del gatillo de sobrevelocidad de la locomotora, en la cual se debe realizar un marcado orientando el centro del mecanizado estrictamente en la parte superior de la pieza, posicionándolo a las 12 en punto según la analogía del reloj y a una distancia radial de 110 mm con una tolerancia de +/- 1 mm

respecto al centro geométrico de dicha tapa. En ese punto específico orientado al cenit, se procede a perforar el material utilizando una broca de 17 mm de diámetro para posteriormente labrar la rosca métrica correspondiente mediante un macho de roscar de M18 × 1.

Una vez acondicionada mecánicamente la tapa y montada en su lugar, se gira manualmente el motor hasta posicionar el contrapeso del árbol de levas perfectamente enfrentado con el orificio, introduciendo el sensor hacia la derecha hasta que su cara activa haga un tope físico suave contra la superficie del contrapeso, para luego desenroscarlo exactamente cinco vueltas completas hacia la izquierda a fin de establecer la separación de entrehierro (gap) óptima para una lectura de un pulso por revolución.

Para finalizar la calibración y garantizar que las vibraciones extremas de la sala de máquinas no alteren la distancia, se debe ajustar la contratuerca contra el cuerpo de la tapa de inspección aplicando un par de apriete máximo de 10 Nm, bloqueando mecánicamente el conjunto de manera definitiva sin sobrepasar el límite de torsión recomendado para proteger la estructura del componente.

Conexiones Sensor RPM	
Panel GP	Sensor
PRPM	1- Marron
NRPM	3- Azul
SRPM	4- Negro

7.6 Descripción de Interfaz de Control de Freno Dinámico

Las interfaces de control y adquisición analógica encargadas de gobernar el lazo de frenado reostático de la locomotora están estructuradas bajo un esquema de alta inmunidad eléctrica y aislamiento en la capa física:

• Aislamiento Galvánico e Interfaces de Fuerza: Los terminales PFD (Habilitación) y SFD (Referencia) conforman dos circuitos independientes acoplados con el terminal de retorno común NFD. Toda esta etapa analógica se encuentra completamente aislada galvánicamente del resto de los periféricos y de la CPU del controlador, blindando las etapas de baja señal contra ruidos inductivos y sobretensiones generadas por la conmutación de los contactores de potencia de frenado.

• Circuito de Habilitación de Freno Dinámico (PFD - NFD): Este canal lógico determina la activación y el ingreso seguro al modo de freno dinámico de la locomotora. Típicamente, este borne es alimentado en el esquema eléctrico original a través de los enclavamientos serie del relé de frenado BR. Su estado lógico alto se consolida al registrarse una tensión de 34 Vdc, demandando una intensidad de corriente de apenas 12 mAdc, lo que asegura un accionamiento totalmente compatible con la lógica tradicional sin sobrecargar los relés de cabina.

• Entrada de Referencia de Potencia de Freno Dinámico (SFD - NFD): Este canal analógico adquiere la consigna manual exigida por el maquinista, capturando la señal de voltaje proveniente de forma directa desde el reóstato de control de freno dinámico montado en el combinador del pupitre. La interfaz decodifica una señal de tensión continua comprendida en el rango de 0 a 72 Vdc, equivalente a una linealidad del 0% al 100% de la fuerza de frenado, operando con una elevada impedancia de entrada de 12 000 Ω para suprimir corrientes parásitas. Esta entrada se entrega estrictamente calibrada de fábrica a 72 Vdc para representar el 100% de la capacidad del freno dinámico, asegurando una respuesta lineal y predecible en las pendientes más pronunciadas.

7.7. Descripción Sensores Analógicos.

El sistema implementa una red de sensores analógicos basados en el estándar industrial de lazo de corriente de dos hilos con una escala de 4-20 mA, donde un valor de 4 mA representa estrictamente la medición equivalente a cero y una intensidad de 20 mA se corresponde de manera lineal con la máxima magnitud física de la escala parametrizada para cada variable. Para garantizar una inmunidad total al ruido electromagnético y evitar fallas por interferencias cruzadas en la sala de máquinas de la locomotora, cada canal de lectura del Panel GP Controller está equipado de forma independiente con su propia fuente exclusiva de alimentación regulada de 15 Vcc, la cual posee una tolerancia dinámica de hasta un -30% calculada según la demanda de carga específica del dispositivo conectado, limitando electrónicamente la intensidad máxima de corriente a solo 35 mA en caso de producirse un cortocircuito directo en las líneas. Asimismo, la robustez del hardware se eleva a estándares de seguridad crítica debido a que todos los canales admiten de forma integral errores de conexión e inversión de polaridad de hasta +/-160 Vdc, un blindaje electrónico excepcional que impide la destrucción de las etapas de procesamiento sensible ante contactos accidentales con las altas tensiones de los circuitos de potencia y resguarda por completo la operatividad del módulo principal durante los trabajos de mantenimiento en el taller. Complementando esta infraestructura de protección, el Panel GP Controller incorpora una aislación galvánica total de 1000 Vdc, lo que separa físicamente las etapas de baja potencia y procesamiento de los circuitos de fuerza y chasis de la locomotora, bloqueando de manera absoluta el paso de ruidos de conmutación severos, bucles de masa (ground loops) o descargas de alta tensión que pudiesen comprometer la estabilidad del firmware o dañar los componentes electrónicos del sistema.

Conexiones Sensores	
Panel GP	Sensor
PXXX	1
NXXX	2

7.8. Descripción Sensor control de carga del motor diésel GOB.

Para la supervisión y adquisición analógica de la posición del reóstato de carga integrado en el regulador de velocidad del motor diésel (gobernador Woodward), el sistema implementa una interfaz de medición hidrostática de alta precisión:

• Instrumentación Industrial de Grado Crítico: El sistema utiliza un transmisor de presión industrial de dos hilos WIKA Modelo A-10 (Referencia de fábrica: 12719260). El sensor cuenta con una escala calibrada de 0 a 10 bar y una señal de salida analógica estándar de 4 a 20 mAdc, ofreciendo una excelente repetitividad y un comportamiento lineal frente a las pulsaciones térmicas e hidráulicas del aceite del gobernador.

• Conectividad Eléctrica e Inmunidad: La interconexión al módulo central se realiza directamente mediante un cable de par trenzado de 0,5 mm^2 de sección, destinado a los bornes exclusivos de instrumentación identificados como PGOB (Alimentación Positiva) y NGOB (Alimentación Negativa). Este lazo cuenta con el blindaje de la fuente estabilizada común y el filtrado por software para suprimir interferencias inductivas.

• Modificación Mecánica y Eliminación de Desgaste: Con la instalación de este lazo de medición, el motor, las mangueras hidráulicas y el bloque mecánico del reóstato de carga convencional quedan completamente eliminados de la sala de máquinas. Mecánicamente, la toma del sensor de presión industrial WIKA A-10 se ejecuta de forma obligatoria en la salida inferior (puerto de presión servo) del regulador de velocidad. La salida superior del regulador queda fuera de servicio y debe ser obstruida herméticamente mediante un tapón ciego roscado de bronce para mantener la estanqueidad interna del circuito de aceite del gobernador.

Accesorios de montaje.

Adaptador montaje sensor salida hidráulica inferior regulador de velocidad: adaptador buje de rosca hembra G 1/4" (paralela) a rosca macho 1/4" NPT.

Tapón salida hidráulica superior regulador de velocidad: tapón ciego tipo cabeza hexagonal de bronce con rosca macho de 1/4" NPT.

7.9. Descripción Sensor altitud ALT.

Para compensar dinámicamente las variaciones de altitud y la presión atmosférica sin depender del regulador de velocidad del motor diésel, el sistema implementa un canal de medición barométrica absoluta independiente en la capa de instrumentación:

• Instrumentación Absoluta de Precisión: El sistema utiliza un transmisor de presión absoluta WIKA Modelo A-10 ((Referencia de fábrica: 14798586 / Código de configuración: A-10-6-BA310-GBSA)), configurado con un rango de medición estricto de 0 a 1 bar y una señal de salida analógica estándar de dos hilos de 4 a 20 mAdc. Esta calibración de vacío absoluto permite al firmware mapear con total linealidad matemática la densidad del aire en cualquier cota geográfica.

• Conectividad Eléctrica e Inmunidad: La interconexión eléctrica se realiza de forma directa hacia el controlador principal empleando un cable de par trenzado de 0,5 mm^2 de sección, conectándose estrictamente a las borneras identificadas como PALT (Alimentación Positiva) y NALT (Alimentación Negativa). Este lazo analógico se encuentra protegido por la fuente estabilizada central y filtrado por software para atenuar ruidos parásitos.

• Instalación Mecánica y Accesorio de Montaje: En el plano mecánico, este dispositivo no requiere conexión hidráulica a ninguna tubería. Se instala fijado de manera robusta en un orificio limpio y protegido en la estructura de la trompa corta de la locomotora, expuesto directamente a la atmósfera ambiente. Para su sujeción rígida contra el chasis metálico y la absorción de vibraciones, el procedimiento de taller exige como accesorio de montaje una tuerca de acero con rosca G 1/4" (hermanada con la rosca macho estándar del proceso de instrumentación WIKA), asegurando una fijación permanente a prueba de fatiga mecánica.

Esta disposición física permite al firmware medir la presión barométrica absoluta en tiempo real para corregir el mapa de excitación y optimizar la mezcla estequiométrica según la altura geográfica exacta por la que transita la locomotora.

Accesorios de montaje.

Tuerca de acero con rosca G ¼.

7.10. Entradas Digitales.

La adquisición de señales lógicas del esquema eléctrico tradicional de la locomotora está estructurada bajo una arquitectura de máxima robustez y segmentación física:

• Aislamiento y Blindaje ante Sobretensiones: El sistema consta de tres grupos de entradas digitales completamente aislados galvánicamente entre sí (N1, N2 y N3) y respecto a la CPU principal. Todos los canales de conmutación admiten una sobretensión transitoria o continua de hasta ±160 Vdc sin sufrir degradación por fatiga dieléctrica, brindando inmunidad absoluta contra arcos e inversiones de polaridad en el tablero eléctrico de 72 Vdc de la locomotora.

• Parámetros de Umbral de Estado Lógico: Para evitar activaciones falsas provocadas por voltajes parásitos, inducciones de cables adyacentes o sulfatación de contactos auxiliares, el estado lógico alto se consolida estrictamente a una tensión de 60 Vdc, demandando una corriente de 8 mA para activar de forma electrónica la línea de mando.

La distribución de los canales digitales de control se segmenta estrictamente bajo los siguientes grupos de referencia física:

1. Grupo de Configuración y Planta de Potencia (Bornes MCOX / Referencia Común N1)

Este bloque consta de cuatro entradas digitales destinadas de forma exclusiva a la lógica de corte y bypass del circuito de propulsión:

• MCOX (Entradas 1 a 4): Sensa la posición de las llaves mecánicas de exclusión individual de los motores de tracción y la configuración específica para la planta de potencia de la locomotora, permitiendo al firmware reconfigurar dinámicamente las rampas de excitación permitidas si un motor es sacado de servicio.

2. Grupo de Referencia de Marcha y Tracción (Bornes THXX, GF, AGF / Referencia Común N2)

Este bloque monitorea de manera continua las directivas de aceleración del motor diésel y el estado de los contactores pesados de control:

• THP, TH58, TH38, TH56: Entradas binarias destinadas a decodificar la referencia de los puntos de aceleración (Puntos 1 al 8) del motor diésel para coordinar la potencia eléctrica demandada con la inyección.

• GF (Generator Field): Entrada de validación lógica encargada de verificar la habilitación de la tracción en los puntos del 1 al 8, circuito que habilita la entrada del contactor de excitación del generador principal.

• AGF: Entrada digital acoplada al contacto auxiliar del contactor de excitación del generador principal, asegurando una realimentación física de la capa de potencia hacia el microprocesador.

3. Grupo de Protecciones y Transiciones Hidrodinámicas (Bornes GR, ASF, AFSX / Referencia Común N3)

Este bloque gestiona los enclavamientos de seguridad intrínseca y las etapas automáticas de velocidad de la locomotora:

• GR (Ground Relay): Entrada acoplada al contacto auxiliar del relé de puesta a tierra GR de alta tensión. Ante su activación, el firmware tacha las rampas de control en microsegundos para proteger la instalación.

• ASF: Entrada acoplada al contacto auxiliar del contactor shunt del campo de excitación del generador principal.

• AFS1 y AFS2: Entradas digitales enlazadas directamente a los contactos auxiliares de los contactores shunt 1 y 2 del campo de los motores de tracción (Field Shunting), permitiendo al firmware validar de forma exacta la ejecución física de las transiciones de debilitamiento de campo calculadas por software.

7.11. Salidas Digitales.

Las etapas de actuación y comando del sistema están diseñadas específicamente para gobernar cargas inductivas pesadas en corriente continua (DC) bajo un esquema de alta seguridad eléctrica y selectividad de fallos en la capa de fuerza:

• Aislamiento y Blindaje Fusible Dedicado: Todas las salidas lógicas de potencia operan mediante relés de grado industrial completamente aislados galvánicamente entre sí, contando con una protección interna mediante fusibles dedicados de 5 Adc por cada canal. Esta arquitectura evita fallos cruzados y confina eléctricamente cualquier cortocircuito en la periferia de la sala de máquinas.

• Excepción en la Etapa de Fuerza de Shunt: Como única excepción de diseño en el bus de fuerza, las salidas identificadas como BSF1 y BSF2 (destinadas a la conmutación de etapas de debilitamiento) comparten una línea de alimentación común a través del borne PBFS, resguardadas de forma conjunta por un único fusible integrado de 5 Adc.

La asignación funcional de las salidas digitales de potencia se distribuye estrictamente bajo las siguientes definiciones lógicas del firmware:

1. Gestión de Tiempos Muertos y Transiciones de Marcha (Bornes XTDIN, XTTRA, XP/S)

• XTDIN (Freno Dinámico Interlock): Salida de seguridad encargada del control de la temporización de los inversores y contactores pesados de armado de freno dinámico luego del régimen de tracción. Este retardo por software evita arcos eléctricos destructivos al asegurar la extinción total del magnetismo remanente en las máquinas antes de conmutar los contactores de fuerza.

• XTTRA (Tracción Interlock): Salida encargada del control de la temporización de los inversores y contactores de armado de tracción luego del régimen de freno dinámico, blindando el circuito de inversión mecánica.

• XP/S (Transición Serie/Paralelo): Salida destinada de forma exclusiva al control del relé de transición de la propulsión serie / paralelo, suavizando mecánicamente los cambios de acoplamiento de los motores bajo carga.

2. Control de Excitación y Debilitamiento de Campo (Bornes XXGF, XFSX)

• XXGF (Generator Field Control): Salida de potencia destinada de forma directa al control del contactor de excitación de campo del generador principal, actuando como el interruptor maestro del PID en cascada.

• XFS1 y XFS2 (Salidas XFSX): Canales lógicos encargados del control de los contactores pesados de debilitamiento de campo de excitación de los motores de tracción (Field Shunting), optimizando el consumo energético en regímenes de alta velocidad constante.

3. Automatización de Adherencia y Alertas Originales (Bornes XSAN, XAWS)

• XSAN (Arenado Automático): Salida digital destinada al control directo de las electroválvulas neumáticas de arenado automático, inyectando

arena en la vía de forma controlada y en pulsos precisos únicamente al detectar deslizamientos críticos por software.

• XAWS (Wheel Slip Indication): Salida de interfaz acoplada de manera directa al circuito de indicación lumínica y acústica original de patinaje de rueda de la locomotora, integrando el diagnóstico avanzado del módulo con el tablero clásico de la cabina.

7.12. Comunicación CAN Bus 1 Alta Prioridad (CAN-1).

El puerto digital de comunicación prioritario del sistema, compuesto en su bornera por los terminales específicos C1H (CAN High) y C1L (CAN Low), está reservado de forma exclusiva para el enlace de datos a alta velocidad con el driver de excitación de la locomotora. Con el objetivo de adaptarse de manera versátil a las diversas tecnologías de alternadores y generadores del parque tractivo internacional, la familia de productos TRACMOTIVE se integra de forma nativa mediante este puerto con los siguientes módulos de fuerza:

• PANEL SCR (Controlador de Disparo de Tiristores): Encargado de gobernar un puente rectificador trifásico semicontrolado. Configuración típica en locomotoras EMD modernas equipadas con un alternador auxiliar del tipo D14 dedicado al suministro del circuito de excitación principal.

• PANEL DRIVER GP (Controlador Chopper por Batería): Convertidor electrónico de potencia del tipo chopper encargado de regular la excitación de campo tomando energía directa del banco de baterías principales de la locomotora. Configuración típica para generadores principales de corriente continua del tipo EMD D25.

• PANEL EA (Controlador Chopper para Excitatrices): Módulo de estado sólido diseñado para modular la excitación de máquinas excitatrices independientes. Configuración típica en locomotoras de la línea General Electric (GE) equipadas con generador auxiliar tipo EA.

Lógica de Intercambio Bidireccional y Seguridad de Lazo.

Este puerto opera bajo un protocolo de comunicación bidireccional continua en tiempo real, garantizando la perfecta sincronía entre la lógica de control y los componentes de fuerza:

1. Flujo de Datos desde el Panel GP Controller: El controlador central transmite al driver seleccionado el nivel preciso de excitación exigido por el lazo de control y la modalidad operativa actual (Tracción o Freno Dinámico). Esta señalización es crítica para coordinar la conmutación física de los circuitos y forzar la condena de disparo de tiristor ante la modalidad de frenado, tal como ocurre en la lógica de control del PANEL SCR.

2. Flujo de Datos hacia el Panel GP Controller: Los drivers de potencia devuelven de forma continua información clínica de diagnóstico de fallas y alertas internas del circuito de excitación (cortocircuitos, fallas de conmutación o sobretemperaturas en los semiconductores). Asimismo, en configuraciones equipadas con el PANEL SCR, este módulo aprovecha la lectura de las variables del alternador D14 para transmitir instantáneamente el valor de las RPM del motor diésel mediante este bus hacia el Panel GP Controller, permitiendo al procesador realizar los cálculos adaptativos de excitación en tiempo real sin requerir cableados analógicos adicionales.

7.13. Comunicación CAN Bus 2 Baja Prioridad (CAN-2).

El puerto digital de comunicación del sistema compuesto en su bornera por los terminales específicos C2H (CAN High) y C2L (CAN Low), está reservado de forma exclusiva para el enlace de datos a alta velocidad con los diferentes componentes de la familia de productos TRACMOTIVE. Fiel a los criterios de alta disponibilidad ferroviaria del ecosistema distribuido, este puerto opera bajo una lógica de tolerancia a fallos: si la red CAN-2 sufre una interrupción física o pérdida de enlace, la locomotora e ingeniería de tracción principal seguirán operativas de forma autónoma, aislando la anomalía informativa sin detener la Locomotora.

La red digital CAN-2 unifica en tiempo real los siguientes módulos de integración:

• PANEL DIESEL CONTROLLER: Módulo de control estequiométrico de inyección electrónica del motor diésel. Coordina de forma bidireccional las curvas de inyección con la rampa de excitación calculada por el Panel GP.

• PANEL PT100: Módulo de control inteligente de temperatura de la planta motriz. Gestiona la activación secuencial de electroventiladores mediante sondas redundantes y reporta los indicadores de estabilidad térmica.

• PANEL RV: Módulo regulador de voltaje de estado sólido para el generador auxiliar de la locomotora, estabilizando el suministro de control de baja tensión.

• PANEL HMI (Interfaz Hombre-Máquina y Herramienta de Diagnóstico): Terminal de visualización gráfica de alta resolución instalada en el pupitre del maquinista. Despliega un amperímetro analógico-digital de tracción, alertas unificadas y textos informativos.

Herramientas de Taller, Auditoría y Mantenimiento Integradas en el HMI.

Cuando el sistema se conmuta a las pantallas de servicio técnico en el taller, el Panel HMI centraliza las variables de toda la red CAN-2 a través de las siguientes funciones avanzadas:

• Caja Negra de Eventos Satelital: Grabación cronológica inalterable de las alarmas generadas por todos los módulos de integración. Cada disparo se indexa con fecha y hora UTC actualizada de forma satelital y las coordenadas en punto geodecimal exacto (GPS) del momento del fallo, brindando una trazabilidad operativa total.

• Supervisión y Graficación Dinámica: Visualización en tiempo real de todas las variables analógicas y digitales del ecosistema. Permite la graficación continua de señales en pantalla para evaluar transitorios eléctricos o mecánicos en el banco de pruebas.

• Análisis de Fallas: Buscador especializado de eventos de falla históricos, con capacidad de desplegar de forma gráfica las variables del ecosistema completas previas y posteriores al instante del disparo, aislando la raíz del problema de forma inmediata.

• Guías Técnicas: Despliegue automático de textos informativos de ayuda, soporte y orientación diagnóstica para guiar al electricista en la resolución rápida de la avería al pie de la locomotora.

• Extracción de Datos Externa: Incorporación de dos puertos USB mecánicamente robustos en el panel para la descarga directa de los historiales de eventos, registros analógicos y curvas de fallas hacia un PC portátil

8.1 Funcionamiento del Sistema.

8.2 Control de Excitación.

El funcionamiento global del Panel GP Controller se rige por una máquina de estados finita programada en el firmware, encargada de

validar de forma jerárquica los enclavamientos de seguridad en la capa de fuerza antes de habilitar la transferencia de energía hacia los bogies de la locomotora.

8.3. Secuencia de Control de Excitación y Encendido de Potencia

La inicialización del circuito de propulsión eléctrica ejecuta una secuencia automatizada estructurada bajo estrictos criterios de sincronismo y resguardo físico:

1. Validación de Condiciones Iniciales: El sistema monitorea de forma continua que se consolide el estado alto en la entrada digital GF (habilitación de tracción en los Puntos 1 al 8). Como condición, el firmware verifica que no esté presente ninguna Alarma de Alta Prioridad ni un bloqueo activo en los contactores de debilitamiento de campo de los motores de tracción.

2. Activación de la Salida de Fuerza: Una vez superados los candados lógicos, el controlador cierra de forma instantánea la salida digital de relé XXGF para energizar y accionar la bobina del contactor físico de campo de excitación del generador principal (Contactor GF original de la locomotora).

3. Lazo Cerrado de Confirmación y Tiempo Muerto: El sistema no inyecta potencia a hasta esperar la realimentación digital proveniente de la entrada AGF para confirmar mecánicamente que el contactor GF ha cerrado de forma efectiva sus contactos de fuerza. Una vez validada esta indicación, el firmware aplica un retardo de estabilización estricto de 1 segundo.

4. Habilitación del Control por Red: Transcurrido el segundo, el procesador central toma el mando dinámico e inicia la transmisión de datos binarios a alta velocidad a través del puerto CAN Bus 1 de alta prioridad, gobernando en tiempo real al driver de excitación correspondiente al hardware de la locomotora (PANEL SCR, DRIVER GP o PANEL DRIVER EA).

5. Matriz de Lazos de Control PID Multiplexados en Cascada

La calidad extrema de control y la estabilidad en la entrega de caballos de fuerza se logran mediante una arquitectura algorítmica de Lazos PID en Cascada. Estas ecuaciones matemáticas operan de forma simultánea y son multiplexadas dinámicamente por la unidad de procesamiento central en función del régimen de marcha y de las transiciones operativas continuas de la locomotora, asegurando que el lazo más restrictivo tome el control:

A- Lazos de Control Eléctrico y Dinámico de Tracción

• Control de Potencia del Generador Principal: Lazo maestro encargado de cruzar la demanda del maquinista con la capacidad de absorción del alternador.

• Control de Tensión del Generador Principal: Monitorea y limita el potencial eléctrico para evitar sobretensiones en los inducidos y arcos entre delgas.

• Control de Reóstato de Carga del Motor Diésel: Modula la excitación para hermanar la demanda eléctrica con la curva de par óptimo calculada en el gobernador por el lazo de presión del sensor GOB.

B- Lazos de Simetría Eléctrica y Balanceo de Corrientes (Shunts XSHX)

• Control de Intensidad Shunt 1, 2, 3 y 4: Supervisa de forma individual el amperaje inyectado en cada rama de motores para garantizar una distribución homogénea del torque motriz.

C- Lazos de Control de Adherencia y Anti patinaje Diferencial

• Control de Patinaje Diferencial por Intensidad Shunt 1, 2, 3 y 4: Detecta diferencias en el consumo de corriente en un motor específico, delatando la pérdida instantánea de fricción rueda-riel.

• Control de Patinaje Diferencial Voltimétrico WSX1, WSX2 y WSX3: Lazo que compara las tensiones cruzadas de las armaduras; ante un desbalanceo por embalamiento de un eje, recorta la excitación instantáneamente.

D. Lazos de Regulación del Sistema de Freno Dinámico (Reostático)

• Control de Intensidad de Armadura de Freno Dinámico: Supervisa el torque de frenado electromagnético generado por los motores de tracción funcionando como generadores.

• Control de Intensidad de Parrillas de Freno Dinámico: Monitorea el flujo de corriente total inyectado hacia los bancos resistivos.

• Control de Tensión de Parrillas 1, 2 y 3 de Freno Dinámico: Controla de forma individual el potencial en cada banco de disipación térmica, previniendo sobrecalentamientos, roturas mecánicas por expansión de las mallas o fallas en los motores sopladores del freno dinámico.

8.4. Sistema de Control de Patinaje y Gestión de Adherencia en Motores de Tracción

Para maximizar la transferencia de torque hacia los rieles y proteger la integridad mecánica de los bogies, el firmware del Panel GP Controller ejecuta de forma simultánea tres algoritmos de control de patinaje avanzados, operativos tanto en régimen de tracción como en el freno dinámico. Esta triple barrera de protección digital procesa las variables eléctricas al microsegundo para suprimir pérdidas de adherencia sin cortes abruptos de potencia.

1. Control de Patinaje Diferencial de Intensidad (Lazo Dinámico por Amperaje)

Este algoritmo controla de forma individual el consumo eléctrico en cada eje mediante la lectura de los shunts de los motores de tracción:

• Cálculo Dinámico de Desvío: Dependiendo del modelo específico de motor de tracción y de la intensidad instantánea total del circuito, el sistema calcula de forma continua la diferencia neta de corriente entre el motor de mayor consumo y el de menor consumo.

• Set-Point Variable: Esta diferencia matemática actúa directamente como el input de control para los cuatro lazos PID de control de intensidad diferencial. El punto de consigna (set-point) de esta protección es variable y se ajusta automáticamente en función de la intensidad de trabajo, permitiendo un margen de tolerancia más elástico en el arranque pesado y un control milimétrico e inflexible a regímenes de alta velocidad constante.

2. Control de Patinaje por Diferencia de Tensión en Armaduras (Lazo Voltimétrico)

Este lazo se apoya en la alta resolución de las entradas analógicas bipolares de 16 bits (WSXX) vinculadas directamente a las armaduras de los motores de tracción:

• Monitoreo Voltimétrico Cruzado: El sistema calcula las diferencias instantáneas de potencial eléctrico entre las armaduras de los motores de tracción, utilizando dicho diferencial como el input de los tres lazos PID de control de tensión de armaduras.

• Compensación Dinámica de Rodados: El set-point de este lazo es variable y depende estrictamente de la tensión actual del generador principal. Esta ponderación logarítmica es indispensable para permitir las compensaciones causadas por la diferencia en el diámetro de los rodados (desgaste desigual de las llantas) a medida que aumenta la velocidad de la locomotora, evitando de forma electrónica los falsos disparos por asimetría geométrica del rodado.

3. Algoritmo de Límite de Adherencia Crítica (Detección por Firma de Armónicos)

Este método representa la frontera tecnológica del sistema en la mitigación del deslizamiento, actuando de forma predictiva antes de que la rueda pierda el control físico sobre el riel:

• Cuando las llantas de la locomotora se encuentran en el punto crítico de deslizamiento inmediatamente anterior al patinaje violento, se produce un fenómeno mecánico de arrastre y deformación elástica del material en la zona de contacto rueda-riel. Esta fricción al límite genera oscilaciones mecánicas de alta frecuencia en los ejes.

• Captura Hidrodinámica por Shunt: Estas vibraciones mecánicas se propagan de forma inductiva hacia el circuito eléctrico, manifestándose en la corriente de los motores en forma de componentes armónicos específicos de componente alterna (AC). Dado que la respuesta de salida de los shunts de medición es instantánea y libre de los retrasos magnéticos y de histéresis que sufren otros transductores convencionales del mercado, el procesador captura esta señal al microsegundo.

• Filtrado Digital Pasabanda y Acción Limitante: El firmware procesa la componente AC de la lectura del shunt haciéndola pasar por un banco de filtros pasabanda digitales de alta velocidad. Si el algoritmo detecta la "firma armónica característica" de la fricción crítica, la máquina de estados interviene de inmediato y limita de forma controlada la potencia transmitida a un 95% estricto. Este leve recorte de potencia de tracción estabiliza la zona de contacto instantáneamente, impidiendo físicamente que se produzca la pérdida total de la adherencia y eliminando la necesidad de aplicar cortes de potencia totales o exceso de arenado en la vía.

8.5. Sistema de Control de Debilitamiento de Campo y Transición Serie/Paralelo

Para optimizar de forma continua la transferencia de energía mecánica a eléctrica, el firmware del Panel GP integra las ecuaciones características de flujo magnético de campo de los motores de tracción directamente en su núcleo de cálculo. Al procesar en tiempo real las mediciones de las tensiones del generador principal (XUGP), las tensiones individuales de armadura (WSXX) y las intensidades de corriente a través de las entradas de los shunts (XSHX), el sistema ejecuta funciones avanzadas de transición dinámica:

• Debilitamiento de Campo (Field Shunting) de Alta Precisión: El algoritmo determina el instante exacto para accionar los contactores a través de las salidas digitales XFSX. Al regular la derivación de corriente basándose en el comportamiento del flujo magnético real del motor de tracción, se lleva al motor diésel de forma sostenida a su punto de par máximo, garantizando su óptimo rendimiento térmico y un drástico ahorro de combustible en regímenes de alta velocidad. El sistema aplica una reducción de excitación que se anticipa a la entrada de los contactores de debilitamiento de campo de los motores de tracción, garantizando un par de tracción suave en las transiciones de debilitamiento de campo.

• Transición Serie/Paralelo Inteligente: La alternancia del acoplamiento de propulsión (controlada mediante la salida XP/S) se ejecuta bajo un modelo predictivo que optimiza el rendimiento, asegurando en que no se exceda el límite nominal de intensidad de corriente del generador principal, eliminando los transitorios térmicos en las maquinas eléctricas.

Antes de efectuar la transición, el sistema condena la excitación y desconecta de forma segura el contactor de excitación de campo del generador principal (GF o BF) , temporizando la transición para asegurar la imposibilidad de arcos eléctricos entre los contactores de propulsión serie y contactores de paralelo.

Lógicas de Seguridad Intrínseca

El firmware implementa protocolos de seguridad por hardware y software cruzados para mitigar fallas mecánicas en los contactores de propulsión:

1. Bloqueo de Arranque por Enclavamiento Mecánico: El sistema utiliza las entradas digitales auxiliares, AFS1 y AFS2 para auditar de forma permanente el estado real de los contactores físicos. En el caso de que alguno de los contactores de debilitamiento de campo quede bloqueado en posición de cierre, o si el sistema de fuerza se encuentra mecánicamente enclavado en paralelo por falla de un enclavamiento, la máquina de estados impedirá por software el inicio de la tracción desde cero (arranque en parado). Esto evita de forma electrónica exceso de corriente o recalentamientos en los inducidos en baja velocidad.

2. Retención de Seguridad por Falla de Alta Prioridad: Si durante la marcha en pleno régimen de debilitamiento de campo (Field Shunting activo) se registra y dispara una Alarma de Alta Prioridad, la máquina de estados aplica un protocolo de seguridad: los respectivos contactores de debilitamiento FS quedarán retenidos de forma segura por el firmware y no se abrirán bajo carga. El sistema mantendrá bloqueada esta condición de fuerza hasta que el maquinista desplace manualmente a la posición 0 el Controller de aceleración de cabina. Esta retención controlada impide de forma electrónica que la interrupción abrupta de la excitación genere un arco voltaico destructivo por fuerza contraelectromotriz (flashover) en los colectores de los motores de tracción, extinguiendo el campo magnético de manera segura.

8.6. Sistema de Limitación de Potencia

La potencia neta transferida hacia los circuitos de propulsión de la locomotora puede experimentar reducciones controladas respecto a su valor nominal debido a la intervención de los algoritmos de protección activa del firmware. El sistema administra de forma jerárquica tres canales independientes de limitación de potencia, parametrizados para salvaguardar la planta motriz y la estabilidad eléctrica ante anomalías operativas o geográficas:

1. Control de Carga y RPM del Motor Diésel: Lazo encargado de evitar las sobrecargas del motor diésel.

2. Control de Altitud Barométrica: Recorte predictivo gestionado a través del sensor absoluto ALT para adaptar la inyección a la densidad de oxígeno disponible según la cota geográfica.

3. Limitación por Motor Frío (Integración con Panel PT100): En configuraciones donde el ecosistema unificado TRACMOTIVE incorpora el módulo Panel PT100 (control inteligente de temperatura), el sistema

restringe de forma estricta la excitación máxima si el refrigerante se encuentra por debajo de su régimen térmico nominal, previniendo choques mecánicos y desgastes prematuros en camisas y pistones antes de alcanzar el equilibrio térmico de trabajo.

8.7. Lógica de Control de Carga y Supervisión Cinemática (Sensor GOB y RPM)

El firmware del Panel GP ejecuta un lazo cerrado cruzado que audita de forma simultánea la presión piloto del gobernador y el régimen de vueltas neto del cigüeñal:

• Regulación por Sensor de Carga (GOB): El sistema monitorea la señal analógica de 4-20 mA del transmisor WIKA acoplado al regulador de velocidad (Woodward). Analizando las presiones hidráulicas instantáneas y sus tiempos de respuesta/rampas de subida, el PID de Control de Carga recorta o incrementa la excitación para hermanar la demanda eléctrica con el par óptimo del diésel.

• Bypass de Emergencia por Obstrucción de Solenoide o Falla de Sensor: En caso de que se obstruya mecánicamente la bobina de control de carga (ORS) del regulador de velocidad, o ante una avería física en la capa de cableado del sensor GOB (lecturas fuera del rango 4-20 mA), la máquina de estados aplica un modo degradado seguro: el sistema limita rígidamente la potencia máxima al 70% nominal, garantizando la continuidad de la marcha de la locomotora y anunciando de forma explícita el fallo en el display frontal.

• Protección Autónoma por Caída de RPM (Bypass del Regulador Woodward): De forma paralela e independiente a las lecturas del lazo de presión del gobernador, el firmware audita continuamente las revoluciones netas. Si por una pérdida de rendimiento mecánico o combustión deficiente las RPM del motor diésel descienden un 5% por debajo de su umbral mínimo nominal para el punto de aceleración activo, el control de carga limitará drásticamente la potencia del generador de forma directa. Esta reducción de seguridad ignora las señales del sensor GOB para evitar que el alternador principal siga exigiendo torque a un diésel que se está cayendo de su régimen normal.

Para agilizar el mantenimiento técnico en la fosa del taller y la comprensión del fallo, la interfaz multiplexa el origen de la restricción, anunciando en pantalla de forma unívoca si la reducción de potencia es por régimen de RPM o por acción del regulador de velocidad a través del sensor GOB.

8.8. Lógica de Altitud Barométrica (Sensor ALT)

Dado que los dispositivos de compensación por altitud mecánicos e hidráulicos integrados en los reguladores de velocidad convencionales carecen de la resolución requerida y sufren descalibraciones severas y fugas crónicas de fluido debido al envejecimiento de sus fuelles barométricos, el sistema independiza por completo esta variable. El Panel GP Controller incorpora un lazo de control de altitud electrónico y autónomo de alta precisión, estructurado bajo las siguientes especificaciones de firmware:

• Mapa de Potencia Máxima por Cota Geográfica: El firmware aloja en su memoria no volátil un mapa optimizado que vincula de forma directa la presión atmosférica absoluta medida en tiempo real con la potencia máxima permitida para el generador principal. A medida que la locomotora asciende por relieves geográficos extremos de alta montaña, el algoritmo mide en el sensor ALT (WIKA A-10 absoluto) y recalcula instantáneamente el techo de excitación. Este ajuste estequiométrico compensa de forma milimétrica la pérdida de densidad de oxígeno, impidiendo el ahogamiento térmico del motor, el exceso de hollín en las lumbreras y las temperaturas destructivas en los múltiples de escape.

• Lógica de Contingencia por Falla Física de Capa: Al representar el sensor ALT el imput analógico que protege mecánicamente el motor en zonas de alta montaña, el software implementa un lazo de autodiagnóstico continuo ante condiciones de circuito abierto o cortocircuito (OPEN / SHORT). En caso de registrarse una falla o desconexión en el lazo del sensor ALT, la máquina de estados aplica un modo degradado seguro y recortará rígidamente la potencia máxima a un 75% nominal en motores turboalimentados y 50% en motores con sopladores roots. Esta limitación de potencia preventiva blinda al bloque motriz, asegurando que, si la máquina se encuentra en plena Puna a 5200 metros de altura y el sensor falla, no se inyecte un caudal de gasoil excesivo, permitiendo al mismo tiempo conservar la fuerza justa para continuar siendo operativa la locomotora.

Tanto la limitación por altitud como la falla del sensor son indicadas en el display del Panel GP Controller.

8.9. Lógica de Limitación por Temperatura del Motor Diésel (Integración CAN Bus 2 - Panel PT100)

En configuraciones donde el Panel GP Controller opera integrado en red con el Panel PT100 (módulo de control inteligente de temperatura), el sistema unificado TRACMOTIVE establece un lazo de comunicación bidireccional continuo a través del puerto CAN Bus 2. Esta sinergia digital faculta a la máquina de estados del Panel GP a multiplexar dinámicamente dos estrategias de protección termodinámica en función de la temperatura real del fluido refrigerante:

• Protección Dinámica por Motor Frío (Control de Desgaste): Si el motor diésel es arrancado en frío o se encuentra operando por debajo de su régimen térmico nominal de trabajo, el Panel PT100 transmite el estado térmico instantáneo al Panel GP Controller. El firmware de excitación restringe de forma automática y rígida el techo de potencia máxima permitida en las rampas del generador, impidiendo que el motor diésel sea sometido a cargas plenas antes de tiempo. Esta limitación previene de forma electrónica desgastes prematuros en camisas de cilindros, deformaciones elásticas en pistones y fatiga de material por choques térmicos, forzando un calentamiento progresivo y mecánicamente seguro.

• Mitigación Predictiva por Alta Temperatura (Control de Sobrecarga): En escenarios de exigencia severa prolongada, averías mecánicas en el sistema de enfriamiento (como persianas trabadas o fallas de ventilación) o temperaturas ambientes extremas en zonas desérticas, el sistema interviene antes de un colapso térmico. El Panel GP Controller recorta gradualmente la excitación y la potencia de la locomotora de forma lineal y predictiva al recibir las alarmas de precalentamiento del Panel PT100. Este derating estratégico estabiliza la temperatura del agua refrigerante, evitando activamente que se dispare la Alarma de motor caliente o que se generen paradas imprevistas por alta temperatura de aceite en plena vía, manteniendo la locomotora operativa a potencia.

8.10. Sistema de Regulación y Control Dinámico de Frenado Reostático

La gestión del lazo de frenado dinámico del Panel GP Controller opera mediante una máquina de estados independiente que redefine la

seguridad y la eficiencia en la retención del convoy, estructurándose bajo los siguientes parámetros de ingeniería y firmware:

8.10.1 Secuencia de Armado y Temporización Segura contra Arcos Voltaicos

La transición y el enclavamiento físico de los circuitos de fuerza se ejecutan bajo estrictos candados temporales para evitar arcos eléctricos:

• Mitigación de Arcos Eléctricos en Conmutadores: Al consolidarse el estado alto en la entrada digital de habilitación PFD, el sistema activa una rutina de seguridad que gobierna los inversores y contactores de armado de freno dinámico mediante la salida digital de relé XTDIN. Este retardo por software calcula el tiempo físico muerto necesario para extinguir por completo el magnetismo residual antes de permitir la rotación de las barras de cobre de los conmutadores de potencia, erradicando los fogonazos destructivos en el tablero.

• Supresión de Contactores de Debilitamiento: A diferencia de los esquemas originales de la locomotora (que acoplan y desacoplan contactores mecánicos para balancear de forma híbrida los circuitos de tracción y dinámico), el Panel GP Controller no energiza ni depende de contactores de debilitamiento de campo para esta transición. Realiza un control digital limpio, aislado e independiente del lazo de tracción, el cual incrementa un 20% la capacidad de freno dinámico efectivo al obligar a la totalidad de la energía a circular por los campos de excitación de los motores de tracción.

• Condena Automática de Tiristores vía CAN Bus 1: En configuraciones de locomotoras equipadas con sistemas de rectificación trifásica semicontrolada (alternador principal EMD AR10 con excitación por banco de tiristores), el ingreso al modo de frenado reostático exige la anulación del disparo en ramas específicas del puente rectificador para adaptar el comportamiento eléctrico de la máquina. El Panel GP ejecuta esta orden de forma 100% digital: el firmware anula un tiristor automáticamente transmitiendo la bandera de control a través del bus CAN 1 de alta prioridad directo al Panel SCR. Esta arquitectura de red elimina por completo la instalación de relevadores auxiliares, contactores o interlocks mecánicos externos tradicionalmente utilizados en los esquemas originales para anular el disparo físico del tiristor.

• Transición de Salida de Frenado: Una vez que el maquinista desarma el frenado dinámico y la señal del terminal de habilitación PFD pasa a estado bajo, el firmware bloquea la excitación y activa un retardo de seguridad controlado a través de la salida XTTRA antes de autorizar el cierre físico de los contactores neumáticos de tracción, blindando la instalación contra cortocircuitos cruzados.

8.10.2 Lógica de Corriente de Espera (Standby) y Modulación Dinámica por Umbral

Para maximizar la respuesta de frenado a bajas velocidades y resguardar térmicamente los rotativos en paradas prolongadas, el procesador ejecuta un algoritmo adaptativo de dos etapas:

1. Estado Estático (motores de tracción detenidos): Con el freno dinámico armado pero la locomotora completamente detenida, el sistema inyecta una corriente fija de standby de exactamente 50 A hacia los campos de excitación de los motores de tracción. Esta corriente base magnetiza los núcleos de los motores sin sobrecargar térmicamente los bobinados de excitación mientras las armaduras carecen de rotación.

2. Transición al Estado Dinámico (motores de tracción girando): Al ponerse en movimiento la locomotora, los transductores internos del módulo comenzamos a censar la corriente generada en las armaduras de los motores de tracción. En el instante en que esta intensidad supera el umbral crítico de 15 A, el firmware toma el mando total y modula la corriente de campo en lazo cerrado continuo, escalando la potencia de frenado según la consigna lineal del 0% al 100% recibida desde el terminal SFD (referencia del reóstato del combinador).

3. Lazo de Parada en Retención: Si la locomotora se detiene por completo manteniendo la palanca de freno dinámico al máximo, en el instante en que la intensidad generada en las armaduras desciende por debajo del umbral de 15 A, el firmware condena la rampa de excitación y regresa instantáneamente a la corriente de standby segura de 50 A, evitando de forma electrónica la fatiga térmica de los aislantes en condiciones de RPM cero.

8.10.3 Automatización Segura, Inmunidad a Sobrecargas y Diagnóstico de Parrillas

El Panel GP Controller quita la responsabilidad del cuidado del circuito de las manos del operador, delegando la integridad de los componentes al procesador:

• Operación Libre de Estrés para el Maquinista: Aunque el hardware incorpora algoritmos de protección en tiempo real por sobrecorriente en el banco de parrillas y sobrecorriente en los campos de excitación, el maquinista no necesita monitorear constantemente el amperímetro de cabina. Los controles PID en cascada e interactivos mantienen las intensidades clavadas en sus valores máximos seguros de diseño. El freno dinámico puede llevarse del 0% al 100% de forma instantánea y violenta sin temor a disparar alarmas de sobrecarga o colapsar el sistema.

• Derating Predictivo por Merma de Ventilación Térmica: Durante la operación en modo de freno dinámico, el motor diésel de la locomotora debe acelerar de forma automática a un régimen de revoluciones predeterminado para forzar al soplador principal a inyectar el caudal de aire necesario para enfriar las armaduras de los motores de tracción que están disipando energía. Si por una anomalía mecánica, falla del gobernador o limitación térmica el motor diésel no logra alcanzar o sostener las RPM nominales de ventilación exigidas, la máquina de estados del Panel GP Controller calculará el desvío cinemático y limitará de forma lineal la potencia máxima de freno dinámico en función de la merma real de ventilación de los motores de tracción. Este recorte algorítmico protege de forma electrónica el aislamiento de los rotativos contra sobrecalentamientos destructivos por bajo flujo de aire, manteniendo la máxima retención segura posible sin fundir los componentes de campo.

• Control Patinaje Voltimétrico en Frenado: Los lazos de medición de las tensiones de armadura (WSXX) continúan activos durante el freno reostático. El firmware utiliza estas lecturas para calcular desbalances voltímetricos cruzados, detectando y mitigando el patinaje (bloqueo por deslizamiento de ruedas) en modo de freno dinámico, regulando la excitación para evitar planchaduras en las llantas.

• Supervisión Motor de Forzado de Aire de Parrilla: Las armaduras de los motores de tracción que se encuentran conectadas de forma directa a la sección de la parrilla que aloja el motor eléctrico del soplador de aire del freno dinámico son utilizadas como un canal de diagnóstico. El firmware vigila permanentemente el comportamiento eléctrico del motor del soplador de aire, disparando una Alarma de Alta Prioridad inmediata si el soplador se abre o entra en cortocircuito, deteniendo la excitación antes de que los bancos resistivos se averíen por falta de disipación térmica forzada.

8.11. Protección Sobrecargas Motores de Tracción

Para resguardar la vida útil de las máquinas rotativas de propulsión y evitar degradaciones catastróficas en el aislamiento de los devanados, el firmware del Panel GP Controller ejecuta un algoritmo de supervisión térmica predictiva en tiempo real estructurado bajo los siguientes parámetros de ingeniería:

• Imagen Térmica por Variación de Resistividad: El sistema no depende de captores de temperatura físicos. En su lugar, calcula la variación de la resistividad óhmica intrínseca del cobre en función de la temperatura. Al cruzar los valores instantáneos de las entradas de tensión de armadura (WSXX) y las intensidades de corriente medidas por los shunts (XSHX), el procesador resuelve matemáticamente la resistencia del cobre, proyectando una imagen térmica interna exacta del motor.

• Integración de Curvas de Sobrecarga (I^2t): Esta imagen térmica es integrada dinámicamente en el tiempo con las curvas de sobrecarga y la constante de tiempo térmica provistas por el fabricante del motor de tracción, permitiendo al sistema discriminar de forma precisa entre un esfuerzo transitorio severo (como el arranque inicial) y una sobrecarga sostenida peligrosa.

• Lazo de Limitación Activa: Una vez que el algoritmo determina que la capacidad de sobrecarga permitida por el fabricante ha sido totalmente agotada, la máquina de estados interviene de inmediato sobre el lazo cerrado PID: el sistema limita la corriente en los motores de tracción a un 80% estricto de la corriente máxima en servicio continuo especificada por el fabricante, reduciendo la rampa de excitación para forzar el enfriamiento de los componentes eléctricos de los motores.

• Algoritmo Adaptativo de Restablecimiento: El tiempo de penalización y liberación de la protección de limitación de corriente no es fijo. El firmware calcula la tasa de disipación de calor en función del comportamiento histórico de las temperaturas proyectadas, las intensidades remanentes y el régimen de RPM instantáneo del motor diésel (el cual gobierna mecánicamente el soplador principal y determina el caudal real de aire de refrigeración inyectado a los motores), normalizando las rampas de potencia únicamente cuando el cobre regresa a su zona térmica segura.

8.12. Arenado Automático

El sistema incorpora una gestión inteligente de arenado automático destinada a recuperar la adherencia crítica rueda-riel y optimizar al máximo el consumo de insumos operativos:

• Activación por Detección de Patinaje: Cuando los lazos de supervisión detectan un deslizamiento de ruedas —ya sea mediante el control diferencial de intensidad entre motores (WSI) o por el desequilibrio de tensión de armaduras (WSU)—, el firmware activa de forma inmediata la salida de relé SAN, actuando directamente sobre el circuito de las electroválvulas de arenado.

• Temporización con Retardo a la Desconexión: Una vez extinguida la condición de patinaje, la salida SAN incorpora una temporización con retardo a la desconexión (Off-Delay), manteniendo el aporte de arena durante un breve intervalo adicional para consolidar la tracción sobre el riel y evitar conmutaciones intermitentes en las electroválvulas.

• Umbral de Economía de Arena: Con el objetivo de economizar arena y evitar su proyección ineficiente a altas velocidades, el sistema restringe la actuación de la salida SAN únicamente cuando la locomotora circula por debajo de su velocidad de potencia de arrastre (definida como la velocidad mínima continua a la cual la locomotora puede desarrollar su potencia nominal).

8.13. Alarma de Patinaje

El sistema gestiona la señalización preventiva en cabina mediante un escalonamiento progresivo de umbrales antes de intervenir con el arenado automático:

• Interacción con el Circuito Original (AWS): La salida digital AWS se integra directamente con el circuito original de alarma visual y sonora de patinaje de la locomotora, alertando de inmediato al personal de conducción sobre una pérdida incipiente de adherencia rueda-riel.

• Actuación por Umbral Específico: Esta salida se dispara cuando las diferencias de intensidades entre motores de tracción (WSI) o los desequilibrios de voltajes de armaduras (WSU) superan el límite máximo calibrado específicamente para cada modelo y clase de motor de tracción.

• Escalonamiento Preventivo: La alarma AWS está calibrada para activarse a un umbral inferior al del arenado automático (SAN), funcionando como un aviso temprano que permite al maquinista anticipar el comportamiento del tren antes de que el sistema requiera proyectar arena sobre la vía.

8.14. Operación en Modalidad Planta de Potencia (HEP / Generación Estacionaria)

Cuando el controlador se configura para operar en modalidad Planta de Potencia, el sistema adapta automáticamente sus lazos de control y protecciones para suministrar energía eléctrica externa de manera continua y segura:

• Anulación de Protecciones Diferenciales y Patinaje: Quedan automáticamente anulados los sistemas de detección de patinaje diferencial por corriente y por voltaje, así como el accionamiento del arenero automático. Esta inhibición permite admitir las asimetrías naturales de corriente provocadas por las distintas longitudes e impedancias de los cables de conexión hacia la carga externa o planta de potencia.

• Inhabilitación del Freno Dinámico: El sistema de frenado dinámico queda completamente anulado mientras permanezca activa la configuración de planta de potencia.

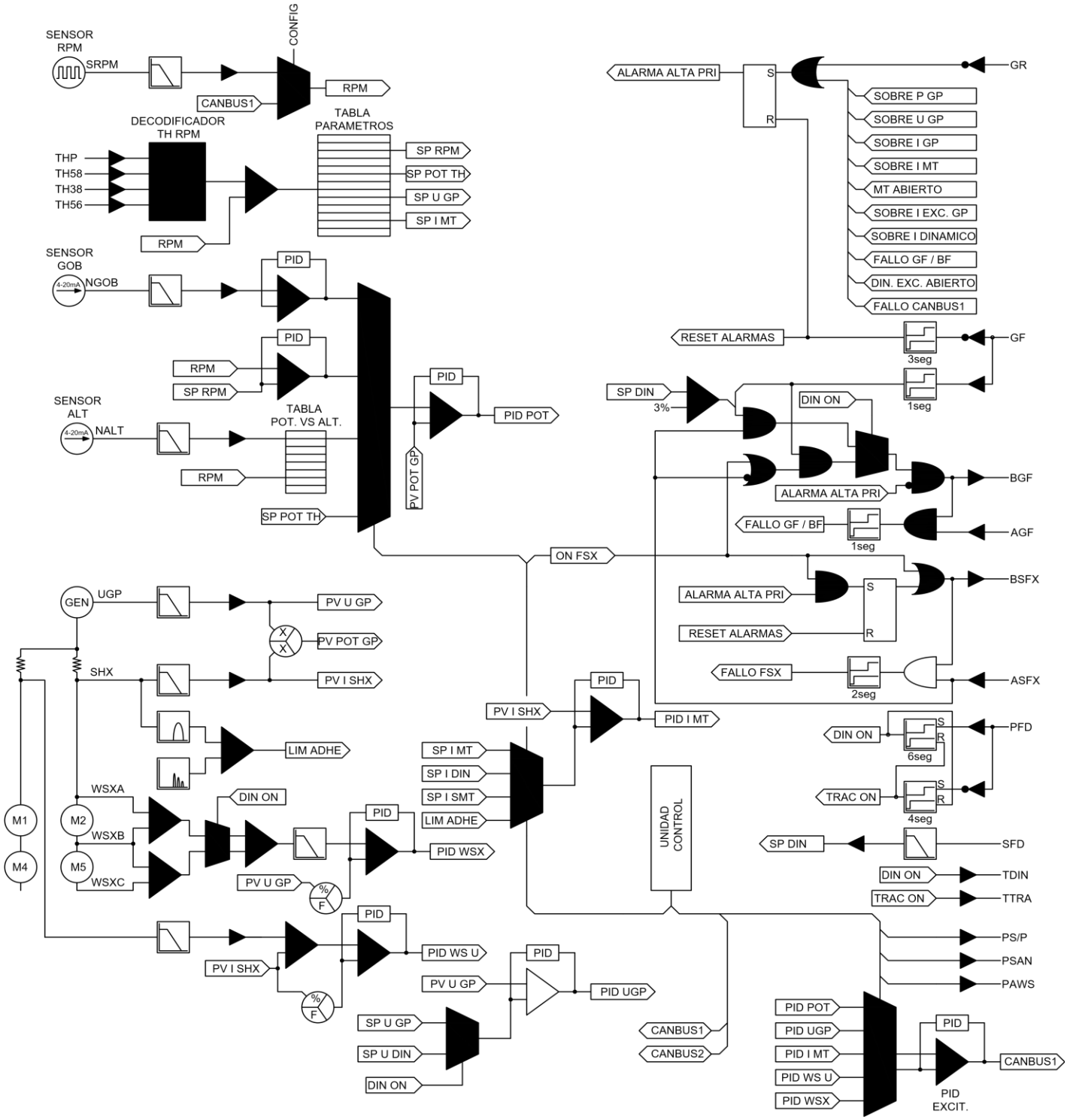
• Procedimiento Planta Potencia: Para consultar el procedimiento de habilitación, conexionados en esta modalidad, consulte el “Documento Anexo” donde especifica el procedimiento por Clase de Locomotora.

⚠ **ADVERTENCIA CRÍTICA DE SEGURIDAD OPERATIVA**

Bajo ningún motivo la locomotora puede traccionar mientras permanezca configurada en modalidad Planta de Potencia.

Antes de liberar nuevamente la unidad para servicio ferroviario normal, el personal técnico debe verificar obligatoriamente que el controlador haya sido restablecido a su configuración normal de operación, asegurando la rehabilitación plena de las protecciones diferenciales y el freno dinámico.

8.15. Diagrama de Funcionamiento.



9.1. Pantalla Menú.

El sistema implementa una interfaz de operación monolítica de alta robustez táctil mediante un único pulsador multifunción instalado en el panel frontal, diseñado para que el operario navegue de forma secuencial por las distintas pantallas del menú y visualice todas las variables de excitación sin necesidad de teclados matriciales complejos. Este componente integra un sistema de retroiluminación por LED de color rojo que funciona en sincronía con el módulo de diagnóstico para proporcionar una evaluación visual instantánea sobre el estado de criticidad de la locomotora mediante dos frecuencias de conmutación bien diferenciadas:

• Destello a 2 Hz (Baja Prioridad): Si el pulsador parpadea de forma intermitente a una frecuencia de dos veces por segundo (2 Hz), el firmware indica la presencia de alarmas de baja prioridad (alertas operativas) que requieren atención preventiva, pero permiten continuar con la marcha de la locomotora.

• Encendido Continuo (Alta Prioridad): Si la retroiluminación roja permanece encendida de forma fija, el sistema advierte sobre la existencia de alarmas de alta prioridad (fallas graves) que comprometen la integridad del sistema de tracción o freno dinámico e implican o forzarán la excitación a cero del generador principal.

Esta configuración permite al personal del taller o de conducción evaluar el estado general del equipo a gran distancia en la sala de máquinas con solo mirar el ritmo de la luz. En el plano del software, los mensajes de alarma en formato de texto se despliegan en la pantalla de forma completamente automática y ordenados de manera estricta por su nivel de prioridad, anteponiendo siempre la falla más grave. Cuando un texto de alarma interrumpe la visualización actual, el operador tiene la facultad de regresar temporalmente a las pantallas comunes del menú manteniendo presionado el pulsador multifunción por más de 1 segundo; tras ejecutar esta acción de descarte, el firmware enmascara el aviso para que los textos de esa alarma no vuelvan a interrumpir la pantalla durante un período fijo de 3 minutos, a menos que el usuario decida ingresar de forma voluntaria al menú específico de alarmas para revisarlas.

9.2 Menú POTENCIA

Esta pantalla principal de operación del HMI local centraliza en tiempo real las variables eléctricas de propulsión, el reparto de corriente y los lazos de limitación activos de la locomotora. El menú se estructura en dos pantallas dinámicas independientes (Tracción y Freno Dinámico) que conmutan de forma automática según la posición de los enclavamientos de marcha.

9.2.1. Pantalla TRACCIÓN

UGP: 600.3V	**P: 923HP**
I12: 360.0A	**RPM:728**
I34: 358.2A	**LR: 98%**
I56: 368.9A	**TH: 6**

Columna Izquierda: Variables Eléctricas de Propulsión

• UGP (Tensión del Generador Principal): Muestra con resolución de décimas de voltio el potencial eléctrico instantáneo en bornes del generador principal o alternador rectificado (ej. 600.3V).

• I12 (Corriente Rama Motores 1-2): Despliega la intensidad de corriente continua medida en el primer shunt correspondiente al grupo de motores de tracción 1 y 2 (ej. 360.0A).

• I34 (Corriente Rama Motores 3-4): Despliega la intensidad de corriente continua medida en el segundo shunt correspondiente al grupo de motores de tracción 3 y 4 (ej. 358.2A).

• I56 (Corriente Rama Motores 5-6): Despliega la intensidad de corriente continua medida en el tercer shunt correspondiente al grupo de motores de tracción 5 y 6 (ej. 368.9A). (Nota de diagnóstico: La comparación simultánea de estas tres líneas permite verificar de forma inmediata la simetría de reparto de torque entre bogies).

Columna Derecha: Potencia, Régimen Motriz y Multiplexación de Limitaciones

• P (Potencia Neta de Tracción): Indica la potencia eléctrica efectiva instantánea entregada por el generador principal expresada en caballos de fuerza (ej. 923HP), calculada matemáticamente por el procesador cruzando tensión y corrientes totales.

• RPM (Velocidad del Motor Diésel): Muestra las revoluciones por minuto reales del cigüeñal adquiridas desde el captor inductivo, el Panel SCR o el bus CAN (ej. 728).

• Campo Dinámico de Limitación Activa (LR: 98%): Este tercer renglón ejecuta una multiplexación dinámica en tiempo real para informar al técnico qué lazo del Selector de Mínima Precedencia está gobernando o restringiendo la potencia de la máquina en ese instante exacto, conmutando automáticamente entre las siguientes leyendas:

1- LR (Load Regulator): Indica el porcentaje lineal de posición virtual del reóstato de carga del gobernador (ej. LR: 98%), reflejando que la limitación de potencia responde a la demanda estequiométrica y cinemática del motor diésel.

2- ALT (Altitude): Advierte que el mapa barométrico ha tomado el control, recortando la potencia máxima permitida en función de la presión atmosférica absoluta medida en altura geográfica.

3- WSI (Wheel Slip Current): Indica que el lazo PID de patinaje diferencial por intensidad (lectura en shunts) está actuando activamente para frenar un deslizamiento de ruedas incipiente.

4- WSU (Wheel Slip Voltage): Señala la intervención instantánea del lazo PID de patinaje diferencial voltimétrico (desbalance en armaduras WSXX) para estabilizar la adherencia.

5- IMT (Motor Traction Current): Advierte que el sistema está limitando la excitación para no superar la intensidad máxima segura de los motores de tracción o por la actuación de la protección térmica integral (I^2t).

6-ADHER (Adhesion Limit): Advierte que el algoritmo predictivo de Límite de Adherencia Crítica (filtrado digital pasabanda de armónicos AC en los shunts) detectó oscilaciones mecánicas de arrastre rueda-riel y está recortando preventivamente la potencia transmitida al 95% para evitar la pérdida total de adherencia.

• TH (Punto de Aceleración Activo): Refleja el punto de marcha solicitado desde el combinador de cabina del maquinista (ej. TH: 6, correspondiente al Punto 6 de aceleración).

9.2.2. Pantalla DINÁMICO

Esta pantalla se activa de forma automática en el display local cuando la locomotora ingresa en régimen de frenado reostático (al consolidarse la habilitación PFD y cumplirse el enclavamiento de seguridad). Despliega en tiempo real las variables eléctricas críticas de disipación térmica, la excitación de los campos de los motores y los lazos de limitación activos:

UGP: 60.3V	**P: 923HP**
DINAMICO	**RPM:728**
Arm: 280.2A	**CAMPO**
Cam: 207.9A	**FD: 56%**

Columna Izquierda: Estado y Corrientes de Frenado Reostático

• UGP (Tensión del Generador Principal): Muestra con resolución de décimas de voltio el potencial eléctrico en bornes del generador principal durante la etapa de excitación de frenado (ej. 60.3V).

• DINAMICO (Indicador de Modo Activo): Leyenda fija de confirmación visual que alerta al personal técnico que la máquina de estados se encuentra operando exclusivamente bajo los lazos de control y protección del freno dinámico.

• Arm (Corriente de Armadura): Despliega en tiempo real la intensidad de corriente continua generada por las armaduras de los motores de tracción hacia los cajones de resistencias de disipación (ej. 280.2A). (Nota de diagnóstico: Esta variable gobierna la transición automática desde la corriente de standby de 50 A al superar el umbral de 15 A en movimiento).

• Cam (Corriente de Campo): Indica la intensidad de corriente continua exacta inyectada en los bobinados de excitación de los motores de tracción para modular el par de retención electromagnética (ej. 207.9A).

Columna Derecha: Potencia de Frenado, Régimen y Multiplexación de Limitaciones

• P (Potencia de Freno Dinámico): Indica la potencia eléctrica efectiva instantánea de retención disipada por el sistema de freno dinámico expresada en caballos de fuerza (ej. 923HP).

• RPM (Velocidad del Motor Diésel): Refleja las revoluciones por minuto reales del motor diésel (ej. 728), parámetro auditado continuamente por el firmware para asegurar el caudal de aire de ventilación forzada en los motores de tracción.

• Campo Dinámico de Limitación Activa (CAMPO): Este tercer renglón ejecuta una multiplexación dinámica en tiempo real para informar al técnico qué lazo está restringiendo o gobernando la excitación del freno dinámico en ese instante exacto, conmutando automáticamente entre las siguientes leyendas:

1-CAMPO: Indica que la limitación de excitación responde al límite máximo seguro de la corriente de campo de excitación de los motores de tracción.

2- ARMAD: Advierte que el sistema está restringiendo la excitación para mantener dentro de márgenes seguros la corriente máxima de armadura de los motores.

3- WSU: Señala la intervención instantánea del lazo PID de patinaje diferencial Voltimétrico (desbalance en armaduras WSXX) para evitar el bloqueo o deslizamiento de las ruedas durante el frenado.

4- POT: Indica que la restricción responde al límite de potencia máxima de disipación del sistema de freno dinámico (incluyendo recortes térmicos o por merma de ventilación).

5- ADHER (Adhesion Limit): Advierte que el algoritmo predictivo de Límite de Adherencia Crítica (filtrado digital pasabanda de armónicos AC en los shunts) detectó oscilaciones mecánicas de arrastre rueda-riel y está recortando preventivamente la potencia transmitida al 95% para evitar la pérdida total de adherencia.

• FD (Porcentaje de Control de Freno Dinámico): Expresa de forma lineal del 0% al 100% la consigna de fuerza de retención solicitada por el maquinista desde el reóstato del combinador de cabina, adquirida a través de la entrada aislada SFD (ej. FD: 56%).

9.3. Menú MOTORES TRACCION

Esta pantalla especializada del HMI local proporciona una visualización en tiempo real sobre el estado térmico, el balance de corrientes entre ramas y la actuación de los tres lazos de control de adherencia de los motores de tracción. Permite al personal técnico diagnosticar con precisión desequilibrios electromecánicos y la ubicación exacta de cualquier deslizamiento rueda-riel:

SCMT:23%	**SOBRECAGA**
I> 1+2:420.3A	**WSU:5**
I< 5+6:392.8a	**WSI:5+6**
difI: 27.5A	**LA:5+6**

Columna Izquierda: Balance Térmico y Diferencial de Corrientes

• SCMT (Porcentaje de Sobrecarga Térmica de Motores): Muestra el porcentaje acumulado de la imagen térmica calculada de los motores de tracción (ej. SCMT: 23%). Cuando los motores agotan su curva de sobrecarga y el sistema activa la protección al 100%, este valor pasa a indicar el porcentaje restante necesario para completar el ciclo de enfriamiento seguro.

• I> (Rama de Mayor Consumo / Armadura en Dinámico): En régimen de tracción, identifica automáticamente qué grupo paralelo registra la mayor intensidad de corriente continua y su valor exacto (ej. I> 1+2: 420.3A). Al conmutar la locomotora a freno dinámico, este renglón cambia dinámicamente a la leyenda Arm, desplegando la corriente total de armadura de los motores.

• I< (Rama de Menor Consumo / Campo en Dinámico): En régimen de tracción, identifica el grupo paralelo que presenta el menor consumo de corriente y su valor instantáneo (ej. I< 5+6: 392.8A). En modo de freno dinámico, este renglón conmuta a la leyenda Cam, mostrando la intensidad de corriente inyectada en los campos de excitación de los motores de tracción.

• difI (Diferencia Neta de Intensidades): Calcula y despliega en tiempo real la resta exacta entre la rama de mayor consumo y la de menor consumo (ej. difI: 27.5A), variable que alimenta directamente al lazo PID de patinaje diferencial por intensidad.

Columna Derecha: Estado Térmico y Localización de Patinaje

• Estado Térmico Dinámico (SOBRECARGA / ENFRIANDO): Este renglón superior informa la tendencia térmica del cobre de los bobinados, alternando entre SOBRECARGA (cuando la temperatura está en ascenso por encima del régimen continuo) y ENFRIANDO (cuando los motores están disipando calor hacia su zona segura). Si la leyenda SOBRECARGA

parpadea de forma intermitente, advierte que los motores alcanzaron el límite térmico máximo y se encuentra activa la limitación de corriente de los motores de traccion al 80%.

• WSU (Patinaje por Tensión en Armadura): Indica de forma unívoca el número específico del motor de tracción individual que está experimentando un deslizamiento detectado por el lazo voltimétrico WSXX (ej. WSU: 5, señalando patinaje en el motor 5).

• WSI (Patinaje Diferencial por Intensidad): Identifica el grupo paralelo de motores que presenta una caída abrupta de corriente por pérdida de adherencia (ej. WSI: 5+6, correspondiente al paralelo de los motores 5 y 6).

• LA (Límite de Adherencia Predictivo Activo): Advierte si el algoritmo de detección de armónicos AC en los shunts ha intervenido recortando la potencia al 95%, señalando exactamente cuál es el grupo paralelo que origina la oscilación mecánica rueda-riel (ej. LA: 5+6).

9.4. Menú SHUNT

Esta pantalla de supervisión directa del HMI local permite visualizar en tiempo real la lectura individual de cada uno de los cuatro canales de shunt instalados en el circuito de potencia y verificar la intensidad total resultante del generador principal:

SH1:360.3A	**IGP:1086.0A**
SH2:367,6A	
SH3:358,1A	
SH4:186,3A	

Columna Izquierda: Lecturas Individuales por Canal de Shunt

• SHX (Intensidad Canal Shunt 1): Muestra la corriente continua instantánea medida en el primer shunt de potencia (ej. 360.3A).

Columna Derecha: Cálculo Dinámico de Corriente Total

• IGP (Intensidad Total del Generador Principal): Indica la corriente eléctrica total entregada por el generador principal (ej. 1086.0A). Este parámetro es calculado matemáticamente de forma continua por el firmware tanto en régimen de tracción como en modo de freno dinámico en función de la configuración específica de los shunts, garantizando que el técnico visualice siempre la intensidad real del generador principal sin importar la topología de conexión de las ramas.

9.5. Menú WS (Supervisión Voltimétrica de Armaduras y Generador Principal)

Esta pantalla de diagnóstico del HMI local permite visualizar en tiempo real las lecturas bipolares de los seis canales independientes de medición de tensión de armadura (WS1A, WS1C, WS2A, WS2C, WS3A, WS3C), junto con el séptimo canal dedicado a la medición directa de la tensión del generador principal (UGP). Su objetivo es facilitar al personal de taller la verificación rápida del equilibrio de tensiones entre los seis motores de tracción y comprobar la integridad de los divisores internos de alta tensión:

W1A:138.3V	**W3A:137,7V**
W1C:-134,8A	**W3C:-135,8V**
W2A:137,1A	**UGP:274.9V**
W2C:-136,3A	

Columna Izquierda: Canales Voltimétricos de Armadura (Ramas 1 y 2)

• WXA (Canal 1 - Tensión Armadura 1A): Muestra la tensión continua instantánea medida en la armadura del primer motor de tracción (ej. 138.3V).

• WXC (Canal 2 - Tensión Armadura 1C): Muestra la tensión continua instantánea medida en la armadura del segundo motor de tracción con su polaridad real respecto a la referencia de medición (ej. -134.8V).

Columna Derecha: Canales Voltimétricos de Armadura (Rama 3) y Canal Principal (UGP)

• UGP (Canal 7 - Tensión del Generador Principal): Muestra la lectura del séptimo canal analógico de alta tensión, dedicado exclusivamente a medir de forma directa el potencial total en bornes del generador principal (ej. 274.9V), permitiendo al técnico contrastar de inmediato la suma de las caídas de tensión individuales de los seis motores contra el potencial neto entregado por el generador.

9.6. Menú SENSORES (Supervisión de Freno Dinámico y Lazos de 4-20 mA)

Esta pantalla de diagnóstico del HMI local permite visualizar en tiempo real las señales de mando provenientes del combinador de freno dinámico de cabina, el estado de temporización de conmutación de potencia (TDIN) y la integridad física de los transmisores analógicos industriales (GOB y ALT). Permite al personal de taller comprobar de inmediato la continuidad del cableado y la calibración de los lazos de instrumentación:

DINAMICO	**SENSORES**
PFD: ON	**GOB: OPEN**
SFD: 38.3V	**ALT:980hPa**
TDIN: ON	

Columna Izquierda: Señales de Mando y Conmutación de Freno Dinámico

• DINAMICO (Encabezado de Sección): Identifica el grupo de señales correspondientes al circuito de control de frenado reostático.

• PFD (Habilitación de Freno Dinámico): Muestra el estado lógico instantáneo (ON / OFF) de la entrada digital aislada que recibe la orden de armado de freno dinámico desde el pupitre de conducción.

• SFD (Consigna Analógica de Freno Dinámico): Despliega el nivel de tensión continua exacta recibida desde el potenciómetro o reóstato de mando del freno dinámico del maquinista (ej. 38.3V), permitiendo verificar la linealidad de la palanca en todo su recorrido.

• TDIN (Salida de Temporización de Freno Dinámico): Refleja el estado lógico (ON / OFF) de la salida digital de relé encargada de comandar los inversores y contactores de armado de freno dinámico una vez cumplido el retardo de seguridad contra arcos eléctricos.

Columna Derecha: Diagnóstico Multiplexado de Transmisores Analógicos

• SENSORES (Encabezado de Sección): Identifica el bloque de auditoría de capa física para los transmisores de lazo de corriente de dos hilos (4-20 mA).

• GOB (Sensor de Control de Carga del Regulador): Este campo ejecuta una multiplexación dinámica en tiempo real. Cuando el lazo opera sin fallas, despliega el valor físico de presión hidráulica expresada en PSI medido en el regulador de velocidad; ante una anomalía de cableado,

sustituye el valor numérico por las banderas OPEN (lazo abierto o sensor desconectado, corriente ≤ 3 mA) o SHORT (cortocircuito directo entre líneas, corriente ≥ 28 mA).

• ALT (Sensor Barométrico de Altitud): Al igual que el canal anterior, multiplexa dinámicamente la lectura real de presión atmosférica absoluta expresada en hectopascales (ej. 980hPa) cuando el circuito está sano, o despliega OPEN / SHORT en el instante en que detecta una interrupción o cortocircuito en el cableado del transmisor.

9.7. Menú ENTRADAS DIGITALES 1

Esta pantalla del HMI local funciona como un analizador lógico en tiempo real para el primer bloque de entradas digitales aisladas de alta tensión (72 Vcc). Permite al personal de taller auditar de forma instantánea el estado de los selectores de exclusión de motores de tracción y las líneas de mando del acelerador:

MCO1:ON	THP:ON
MCO2:OFF	TH58:OFF
MCO3:OFF	TH38:OFF
MCO4:OFF	TH56:OFF

Columna Izquierda: Selectores de Exclusión de Motores (Motor Cut-Out)

• MCOX (Exclusión Motor / Rama X): Muestra el estado lógico instantáneo (ON / OFF) de la llave física de corte o exclusión del primer motor o grupo de tracción, permitiendo confirmar que el firmware reconoce la anulación de esa rama para recalcular las protecciones.

Columna Derecha: Líneas de Aceleración del Motor Diésel (Throttle)

• THP (Línea de Aceleración Puntos Pares — Bobina A): Muestra el estado lógico (ON / OFF) de la línea de aceleración del motor diésel correspondiente a los puntos pares de marcha (bobina A).

• TH58 (Línea de Aceleración Puntos 5-8 — Bobina B): Indica el estado lógico (ON / OFF) de la línea de aceleración del motor diésel correspondiente a la bobina B.

• TH38 (Línea de Aceleración Puntos 3-8 — Bobina C): Despliega el estado lógico (ON / OFF) de la línea de aceleración del motor diésel correspondiente a la bobina C.

• TH56 (Línea de Aceleración Puntos 5-6 — Bobina D): Refleja el estado lógico (ON / OFF) de la línea de aceleración del motor diésel correspondiente a la bobina D (la cual comanda también la parada del motor diésel cuando actúa de forma aislada).

9.8. Menú ENTRADAS DIGITALES 2

Esta pantalla del HMI local funciona como un analizador lógico en tiempo real para el segundo grupo de entradas digitales aisladas de alta tensión. Permite al personal de taller auditar de forma instantánea el estado de los enclavamientos principales de excitación, las protecciones de puesta a tierra y los contactos auxiliares de retorno de los contactores sin necesidad de instrumentos externos:

GF:ON	ASF1:ON
AGF:ON	ASF2:OFF
GR:ON	
ASF:ON	

Columna Izquierda: Habilitación de Excitación, Tierra y Campo Shunt

• GF (Generator Field — Habilitación de Campo del Generador): Muestra el estado lógico instantáneo (ON / OFF) de la señal de mando que autoriza el armado del lazo de tracción.

• AGF (Auxiliary Generator Field — Contacto Auxiliar de Campo): Indica el estado lógico (ON / OFF) del contacto auxiliar físico del contactor principal de excitación (GF O BF). Permite confirmar en tiempo real que el contactor cerró o abrió mecánicamente en concordancia con la orden emitida por el controlador.

• GR (Ground Relay — Relé de Puesta a Tierra): Despliega el estado lógico (ON / OFF) de la entrada dedicada a supervisar la actuación del relé de protección por falla de aislamiento o derivación a masa en el circuito de alta tensión.

• ASF (Auxiliary Shunt Field — Auxiliar Campo Shunt del Generador): Refleja el estado lógico (ON / OFF) del contacto auxiliar del contactor dedicado al campo de excitación shunt en aquellas locomotoras equipadas con generador principal de tipo dinamo.

Columna Derecha: Contactos Auxiliares de Debilitamiento de Campo (Field Shunt)

• ASF1 (Contacto Auxiliar Debilitamiento Etapa 1): Muestra el estado lógico instantáneo (ON / OFF) del contacto auxiliar físico correspondiente al primer grupo de contactores de debilitamiento de campo (SF1).

• ASF2 (Contacto Auxiliar Debilitamiento Etapa 2): Indica el estado lógico instantáneo (ON / OFF) del contacto auxiliar físico correspondiente al segundo grupo de contactores de debilitamiento de campo (SF2).

9.9. Menú SALIDAS DIGITALES

Esta pantalla del HMI local proporciona una supervisión directa sobre el estado lógico de los ocho canales de salida digitales del Panel GP. Permite al personal técnico auditar en tiempo real las órdenes de conmutación emitidas por el firmware hacia los inversores, los contactores de excitación, el sistema de arenado y la señalización de cabina:

TDIN:OFF	BSF1:OFF
TTRA:ON	BSF2:OFF
SP:OFF	SAN:OFF
BGF:OFF	AWS:OFF

Columna Izquierda: Inversores, Serie-Paralelo y Campo Principal

• TDIN (Salida de Temporización de Freno Dinámico): Muestra el estado lógico (ON / OFF) de la salida encargada de comandar los inversores y contactores de armado del circuito de freno dinámico una vez cumplido el retardo de seguridad.

• TTRA (Salida de Temporización de Tracción): Indica el estado lógico (ON / OFF) de la salida destinada a gobernar los inversores y contactores de potencia en modo tracción luego de validar el enclavamiento de seguridad temporizado.

• SP (Salida de Transición Serie-Paralelo): Despliega el estado lógico (ON / OFF) de la salida encargada de comandar el relé de transición para la conmutación de acoplamiento serie-paralelo de los motores de tracción.

• BGF (Bobina Contactor de Campo del Generador): Refleja el estado lógico (ON / OFF) de la salida de potencia que energiza la bobina del

contactor principal de excitación del generador (GF o BF), tanto en tracción como en freno dinámico.

Columna Derecha: Debilitamiento de Campo, Arenado y Alarma

• BSF1 (Bobina Contactor Debilitamiento Etapa 1): Muestra el estado lógico (ON / OFF) de la salida que comanda la activación del primer grupo de contactores de debilitamiento de campo de los motores de tracción (SF1).

• BSF2 (Bobina Contactor Debilitamiento Etapa 2): Indica el estado lógico (ON / OFF) de la salida que gobierna la activación del segundo grupo de contactores de debilitamiento de campo de los motores de tracción (SF2).

• SAN (Salida de Control de Arenado Automático): Despliega el estado lógico (ON / OFF) de la salida encargada de activar las electroválvulas de arenado sobre los rieles cuando los lazos de control detectan una pérdida crítica de adherencia (PAWS).

• AWS (Salida de Alarma Patinaje): Expone el estado lógico (ON / OFF) del relé de alarma de patinaje conectado al circuito original de indicación de patinaje de la locomotora.

10.1 Menú ALARMAS.

Al acceder al Menú ALARMAS, el operador puede visualizar la totalidad de las advertencias y fallas críticas que se encuentran latentes o retenidas, sirviendo como el punto de consulta definitivo luego de haber ejecutado un reset de visualización de alarmas (enmascaramiento temporal de 3 minutos mediante la pulsación larga del botón multifunción).

10.2 Alarmas de Alta Prioridad

Siguiendo la filosofía de seguridad crítica de la familia TRACMOTIVE, las Alarmas de Alta Prioridad agrupan aquellas fallas eléctricas, mecánicas o de comunicación que representan un riesgo inminente de daño catastrófico para el generador principal, los motores de tracción o las parrillas de freno dinámico.

Comportamiento del Sistema y Acción de Protección

• Visualización Automática por Orden de Prioridad: Ante la ocurrencia de una o más fallas críticas, el sistema toma el control del display local y despliega automáticamente los mensajes de alarma en texto claro ordenados estrictamente según su jerarquía de prioridad.

• Señalización Visual Permanente: El indicador LED de alarma en el panel frontal queda encendido de forma continua hasta que se ejecute un procedimiento válido de reposición.

• Corte Inmediato de Potencia (GF o BF): El firmware condena de forma instantánea la excitación del generador principal y desactiva la salida del contactor de campo del generador principal.

• Retención Segura de Contactores de Debilitamiento (SFX): En caso de que los contactores de debilitamiento de campo (BSF1 / BSF2) se encuentren actuando en el momento de la falla, el sistema los mantiene retenidos para evitar su apertura física bajo plena carga eléctrica y prevenir arcos voltaicos destructivos.

Procedimiento de Reposición (Reset)

• Las alarmas de alta prioridad quedan enclavadas y no se reponen automáticamente, aunque desaparezca la condición que originó la falla.

• Para ejecutar el rearme, el maquinista debe llevar el combinador de aceleración a posición cero (ralentí) y aguardar un retardo de seguridad de 3 segundos (siempre que la condición de falla crítica ya haya cesado).

10.3. Referencia de Tensión del Generador Principal Invertida (REFERENCIA UGP INVERTIDA)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! REFERENCIA UGP INVERTIDA

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando el sistema detecta un error de polaridad en el cableado de instrumentación, al encontrarse invertidos los conductores de la señal de referencia de tensión del generador principal (+UGP y -UGP).

10.4. Referencia de Tensión de Armadura Invertida (REFERENCIA WSXX INVERTIDA)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! REFERENCIA WSXX INVERTIDA

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando el sistema detecta un error de polaridad en el cableado de instrumentación, al encontrarse invertidos los conductores de la señal de referencia de tensión del transductor de armadura correspondiente (+WSXX y -WSXX).

10.5. Referencia de Intensidad de Shunt Invertida (REFERENCIA SHX INVERTIDA)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! REFERENCIA SHX INVERTIDA

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando el sistema detecta un error de polaridad en el cableado de instrumentación, al encontrarse invertidos los conductores de medición de caída de tensión del shunt correspondiente (+SHX y -SHX).

10.6. Sobre Potencia del Generador Principal (SOBREPOTENCIA GP)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! SOBREPOTENCIA GP

Condición de Disparo: Esta protección crítica actúa cuando la potencia eléctrica neta entregada por el generador principal supera el 120% de su valor nominal de forma sostenida durante más de 5 segundos.

10.7. Sobre Intensidad del Generador Principal (SOBREINTENSIDAD GP)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! SOBREINTENSIDAD GP

Condición de Disparo: Esta protección actúa de forma instantánea cuando la intensidad de corriente continua entregada por el generador principal supera el 120% de su intensidad nominal.

10.8. Sobrevoltaje del Generador Principal (SOBREVOLTAJE GP)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! SOBREVOLTAJE GP

Condición de Disparo: Esta protección actúa de forma inmediata cuando la tensión del generador principal supera el 115% de su tensión nominal establecida.

10.9. Sobreintensidad de Campo de Excitación del GP (SOBREINTENSIDAD CAMPO EXCITACION GP)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! SOBREINTENSIDAD CAMPO EXCITACION GP

Condición de Disparo: Esta protección actúa de forma inmediata cuando la intensidad de corriente continua del campo de excitación del generador principal supera el 120% de su intensidad nominal establecida.

10.10. Campo de Excitación del GP Abierto (CAMPO EXCITACION GP ABIERTO)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! CAMPO EXCITACION GP ABIERTO

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando se detecta una interrupción o circuito abierto en el lazo de campo de excitación del generador principal.

10.11. Fallo de Comunicación CAN Bus 1 (FALLO CAN BUS 1 EXCITACION GP)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! FALLO CAN BUS 1 EXCITACION GP XXXXXXXXXXX

Condición de Disparo: Esta protección actúa de forma inmediata al detectarse una desconexión física o cortocircuito en las líneas de comunicación del CAN Bus 1 que vincula al Panel GP con el Driver de Excitación. Como medida intrínseca de seguridad ante la pérdida de enlace, el propio Driver de Excitación condena de manera instantánea y autónoma el campo del generador principal sin depender de la orden externa del Panel GP.

La falta de alimentación del driver de excitación XXXXXXXXXX es otro de los motivos del disparo de esta alarma. En las locomotoras equipadas con D14 o generador AC que alimentan el Panel SCR, puede deberse a la falta de alimentación de AC que alimenta el driver.

10.12. Sobreintensidad en Grupo Motriz (SOBREINTENSIDAD GRUPO MOTRIZ XX)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! SOMBREINTENSIDAD GRUPO MOTRIZ XX

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando la intensidad de corriente medida en el grupo motriz vinculado al shunt correspondiente (XX) —ya sea en configuración serie o en paralelo— supera el 120% de la intensidad nominal de los motores de tracción.

10.13. Grupo Motriz Abierto (GRUPO MOTRIZ XX ABIERTO)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! GRUPO MOTRIZ XX ABIERTO

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando se detecta una interrupción o apertura física en el circuito del grupo motriz vinculado al shunt correspondiente (XX), tanto en configuración serie como en paralelo.

10.14. Sobreintensidad de Motor de Tracción (SOBREINTENSIDAD MOTOR X)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! SOBREINTENSIDAD MOTOR X

Condición de Disparo: A través del análisis cruzado entre las lecturas de los shunts y las tensiones individuales de armaduras, el sistema compara en tiempo real el comportamiento de los motores de tracción. Esta protección se dispara de inmediato cuando detecta una sobreintensidad anormal en el motor X, originada por un fallo interno del propio motor, conexiones eléctricas invertidas o un bloqueo mecánico en el eje.

10.15. Motor de Tracción Abierto (MOTOR X ABIERTO)

ALARMA ALTA PRIORIDAD! MOTOR X ABIERTO

• Condición de Disparo: El sistema discrimina la apertura eléctrica de un motor de tracción individual (X) adaptando su lógica de diagnóstico según el acoplamiento activo del circuito de potencia:

• En configuración serie: Los transductores de voltaje (WS) evalúan las diferencias de caída de tensión entre armaduras para identificar de inmediato cuál de los motores acoplados ha quedado en circuito abierto.

• En modalidad paralelo: Los transductores de voltaje (WS) contrastan la tensión medida en cada armadura individual contra la intensidad total que alimenta a ambas ramas en paralelo, aislando con precisión el motor que ha perdido continuidad.

10.16. Fallo en Circuito de Campo de Grupo Motriz (FALLO CIRCUITO CAMPO GRUPO XX)

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
FALLO CIRCUITO CAMPO
GRUPO XX

Condición de Disparo: Los transductores de voltaje de armaduras (WS) y el transductor de tensión del generador principal (GP), trabajando en conjunto con los transductores de intensidad (SHUNT), evalúan de forma continua la conductividad del lazo de campos de excitación de los motores de tracción, así como la integridad de los inversores y contactores vinculados al grupo XX. Esta protección se dispara cuando el balance eléctrico detecta una pérdida de continuidad o anomalía en el circuito de campo de dicho grupo.

10.17. Sobreintensidad de Armadura en Freno Dinámico (SOBREINTENSIDAD ARMADURAS DINAMICO)

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
SOBREINTENSIDAD
ARMADURAS
DINAMICO

Condición de Disparo: Esta protección actúa de forma instantánea cuando la corriente circulante por las parrillas resistivas y las armaduras de los motores de tracción durante el frenado dinámico supera el 120% de la intensidad nominal admisible de las parrillas de freno dinámico.

10.18. Sobreintensidad de Campos de Motores de Tracción en Freno Dinámico (SOBREINTENSIDAD CAMPOS MT DINAMICO)

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
SOBREINTENSIDAD
CAMPOS MT
DINAMICO

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando la intensidad de corriente circulante por los campos de excitación supera el 120% de la intensidad de servicio continuo de los motores de tracción durante la operación de freno dinámico.

10.19. Campos de Motores de Tracción Abiertos en Freno Dinámico (CAMPOS MT ABIERTOS DINAMICO)

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
CAMPOS MT ABIERTOS
DINAMICO

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando se detecta una interrupción o circuito abierto en el lazo de excitación de los campos de los motores de tracción durante el freno dinámico. Generalmente ocurre durante la secuencia de armado del frenado dinámico, cuando los contactos de fuerza de los inversores y/o contactores no logran cerrar de forma efectiva durante la conmutación de tracción a freno dinámico.

10.20. Fallo del Ventilador Forzador de Freno Dinámico (FALLO FORZADOR DINAMICO)

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
FALLO FORZADOR
DINAMICO
TEMPERATURA PARRILLAS

Condición de Disparo: Mediante la medición continua de la corriente y la tensión en las parrillas resistivas, el sistema diagnostica el estado operativo del motor del ventilador forzador de aire del freno dinámico. Esta protección actúa si el motor forzador se encuentra bloqueado mecánicamente, en circuito abierto o presenta fallas en sus escobillas. Asimismo, la alarma se dispara por sobretemperatura crítica en las parrillas de freno dinámico, detectada indirectamente a través del incremento anormal de su resistividad eléctrica.

10.21. Fallo de Realimentación en Freno Dinámico (FALLO REALIMENTACION DINAMICO)

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
FALLO REALIMENTACION
DINAMICO

Condición de Disparo: Durante la operación de frenado dinámico, el sistema contrasta de forma continua la tensión medida en las parrillas resistivas contra la corriente circulante por las armaduras de los motores de tracción. Si no existe correspondencia eléctrica entre ambas variables al aplicar excitación de frenado, la protección se dispara de inmediato. Esta falla puede originarse por la desconexión de la referencia del shunt de corriente de armaduras en dinámico, por pérdida de la señal de referencia de tensión de armaduras en dinámico, o bien por una apertura física en el lazo de potencia de las armaduras (tales como fallas en los inversores de freno dinámico o contactos principales abiertos).

10.22. Puesta a Tierra (PUESTA A TIERRA (GR))

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
PUESTA A TIERRA (GR)
Ugr:506.3V TH:6
Pgr: 1365HP FS:1

Condición de Disparo: Esta protección actúa de forma inmediata cuando el relé de tierra (GR) detecta una derivación o falla de aislamiento en el circuito de potencia de alta tensión.

Registro Congelado en Pantalla (Snapshot de Diagnóstico): En el instante exacto en que se produce la falla a tierra, el display congela y muestra los parámetros operativos críticos del sistema para facilitar el diagnóstico en taller:

• Ugr: Tensión del generador principal medida en el momento exacto de la puesta a tierra (en Voltios).

• Pgr: Potencia eléctrica desarrollada por el generador principal al producirse la falla (en HP).

• TH: Punto de aceleración activo del motor diésel en el instante del disparo.

• FS: Estado lógico (OFF / 1 / 2) de los contactores de debilitamiento de campo de los motores de tracción al ocurrir la derivación.

10.23. Alta Temperatura de Motor Diésel con Inhibición de Tracción (ALTA TEMPERATURA MOTOR DIESEL SIN TRACCION)

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
ALTA TEMPERATURA
MOTOR DIESEL
SIN TRACCION

Condición de Disparo: Cuando el Panel GP opera integrado con el Panel PT100 y la temperatura del líquido refrigerante alcanza el umbral crítico de alarma de motor caliente estipulado por el fabricante, el sistema inhibe de inmediato la tracción para eliminar la demanda de carga sobre el motor diésel y frenar el sobrecalentamiento. La operación normal se restablece de forma automática una vez que la temperatura del refrigerante desciende por debajo del margen de histéresis establecido por el fabricante del motor.

10.24. Error de Secuencia de Fase en Panel SCR (ERROR SECUENCIA FASE PANEL SCR)

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
ERROR SECUENCIA
FASE PANEL SCR

Condición de Disparo: En locomotoras equipadas con sistema de excitación mediante rectificación semicontrolada, esta protección actúa cuando el sistema detecta que la secuencia de disparo de los tiristores de rectificación se encuentra invertida. Para ejecutar el procedimiento técnico de verificación y corrección, remítase directamente al “Manual Panel SCR”.

10.25. Fallo Tensión D14

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
FALLO TENSION D14
XXXXXXXXXXXXXXX

Condición de Disparo: En locomotoras equipadas con sistema de excitación mediante rectificación semicontrolada, esta protección actúa cuando el sistema detecta que la tensión del generador auxiliar de excitación D14 se encuentra por debajo o por encima de los valores seguros de operación. La línea variable (XXXXXXXXXXXXXXX) indica dinámicamente en pantalla si la condición corresponde a BAJA TENSIÓN o ALTA TENSIÓN.

10.26. Fallo de Contactor de Excitación del GP (FALLO CONTACTOR EXCITACION GP (XX))

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
FALLO CONTACTOR
EXCITACION GP (XX)

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando se detecta una discordancia lógica entre la orden de mando emitida por el controlador y la confirmación física de retorno del contactor de excitación correspondiente (GF o BF). El disparo ocurre si el contactor no se acciona al recibir la orden, si su contacto auxiliar no cierra de forma efectiva o si el contactor queda bloqueado mecánicamente (pegado) cuando debería abrir.

10.27. Fallo de Retroalimentación de Excitación del GP (FALLO RETROALIMENTACION EXCITACION GP)

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
FALLO
RETROALIMENTACION
EXCITACION GP

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando el sistema ordena y aplica excitación al campo, pero no detecta respuesta de tensión generada en bornes del generador principal. Esta anomalía puede originarse por cables desconectados en la referencia de medición de tensión (UGP), o bien por una interrupción física en el lazo de excitación, bobinas de campo excitación del GP, conexiones, contactor de campo GF o BF, fusible abierto o falta de contacto en las escobillas de excitación (en alternadores) o escobillas de fuerza (en dinamos).

10.28. Fallo de Contactores de Debilitamiento de Campo (FALLO BLOQUEO CONTACTORES FSX)

ALARMA ALTA PRIORIDAD!
FALLO BLOQUEO
CONTACTORES FSX

Condición de Disparo: Esta protección actúa cuando, al iniciar la marcha en tracción desde velocidad cero, el sistema detecta que los contactores de debilitamiento de campo de los motores de tracción (FS1 / FS2) han quedado bloqueados mecánicamente en posición cerrada, impidiendo un arranque seguro a pleno campo.

11.1. Alarmas de Baja Prioridad.

Las Alarmas de Baja Prioridad del Panel GP operan bajo la misma filosofía de señalización y gestión que toda la familia TRACMOTIVE, notificando al operador condiciones anómalas que requieren atención técnica o precaución operativa, pero que no exigen la parada inmediata ni la condena total de la potencia de tracción.

• Señalización Visual en Pantalla: Ante la activación de una alarma de baja prioridad, el indicador luminoso del pulsador MENU destella de forma intermitente a una frecuencia de 2 Hz, mientras que el display local presenta los textos descriptivos de forma automática y estricta por orden de prioridad.

• Acción sobre el Sistema de Tracción: Dependiendo de la naturaleza y severidad de la condición detectada, el controlador ejecuta una de las siguientes acciones:

• Advertencia Informativa: El sistema únicamente informa el evento y alerta al operador en pantalla sin restringir las prestaciones de la locomotora.

• Limitación Preventiva de Potencia: El sistema reduce de manera controlada la potencia máxima entregada por el generador principal para proteger los componentes involucrados y permitir continuar la marcha de forma segura hasta su revisión en taller.

11.2. Patinaje por Diferencial de Tensión (PATINAJE WSU MOTOR X)

ALARMA BAJA PRIORIDAD!
PATINAJE WSU
MOTOR X

Condición de Activación y Efecto: El sistema identifica el número de motor de tracción (X) que presenta deslizamiento o patinaje mediante la comparación continua de las tensiones individuales de armadura. Al detectarse la anomalía, se activa el lazo de control de patinaje WSUX, reduciendo de forma progresiva la excitación del generador principal hasta que los diferenciales de tensión entre armaduras se normalicen.

11.3. Patinaje Grupo por Diferencial de Corriente (PATINAJE WSI GRUPO XY)

ALARMA BAJA PRIORIDAD!
PATINAJE WSI
GRUPO XY

Condición de Activación y Efecto: Esta protección actúa cuando se detecta un patinaje simultáneo (al unísono) de los motores de tracción X e Y pertenecientes al grupo motriz alimentado por el mismo shunt, situación en la cual no llega a manifestarse una diferencia de tensión entre armaduras (WSU). Al registrarse el desequilibrio de intensidad entre ramas paralelas, el sistema reduce de forma controlada la excitación del generador principal hasta restablecer la adherencia y normalizar las corrientes.

11.4. Limitación de Potencia por Motor Diésel Frío (MOTOR FRIO POTENCIA LIMITADA)

ALARMA BAJA PRIORIDAD!
MOTOR FRIO
POTENCIA LIMITADA

Condición de Activación y Efecto: En configuraciones donde el Panel GP opera integrado con el Panel PT100, esta protección actúa mientras el motor diésel no haya alcanzado su temperatura mínima operativa segura. Durante esta condición térmica, el sistema limita automáticamente la potencia de tracción disponible al 36% de la potencia nominal hasta que el motor alcance el régimen térmico adecuado.

11.5. Limitación de Potencia por Alta Temperatura de Motor Diésel (MOTOR CALIENTE POTENCIA LIMITADA)

ALARMA BAJA PRIORIDAD!
MOTOR CALIENTE
POTENCIA LIMITADA

Condición de Activación y Efecto: En configuraciones donde el Panel GP opera integrado con el Panel PT100, esta protección actúa cuando la temperatura del motor diésel se eleva por condiciones ambientales extremas, operación severa o deficiencias en el sistema de refrigeración. El controlador reduce de manera proporcional la potencia entregada en función del gradiente térmico registrado, con el objetivo de anticipar una condición crítica de sobretemperatura y evitar paradas intempestivas del motor diésel en servicio.

11.6. Sobrecarga Térmica de Motores de Tracción (SOBRECARGA MOTORES DE TRACCION)

ALARMA BAJA PRIORIDAD!
SOBRECARGA
MOTORES DE TRACCION

Condición de Activación y Efecto: Esta protección actúa cuando la curva acumulada de sobrecarga térmica en los motores de tracción supera los límites recomendados por el fabricante. Ante esta condición, el controlador limita automáticamente la corriente de tracción al 80% de la intensidad nominal de servicio continuo hasta que los motores completen su ciclo de enfriamiento y retornen a una temperatura operativa segura.

11.7. Baja Potencia del Motor Diésel (BAJA POTENCIA MOTOR DIESEL XXX)

ALARMA BAJA PRIORIDAD!
BAJA POTENCIA
MOTOR DIESEL
XXX

Condición de Activación y Efecto: Esta alarma se activa cuando el motor diésel no logra entregar la potencia nominal esperada, considerando la compensación automática por altitud. El controlador recorta de forma controlada la excitación del generador principal para evitar sobrecargar el motor térmico e indica en el campo XXX el origen de la restricción detectada:

• RPM: La disminución de excitación responde a una caída del régimen de giro (revoluciones por minuto) del motor diésel por debajo de la consigna del punto de aceleración.

• LR: La disminución de excitación responde a la actuación directa del reóstato de carga, detectada a través del sensor GOB del gobernador de velocidad.

11.8. Aviso de Modalidad Planta de Potencia Activa (AVISO! PLANTA POTENCIA)

AVISO! PLANTA POTENCIA NO TRACCIONAR FRENO DINAMICO OFF

Condición de Activación y Efecto: Este mensaje permanece activo en pantalla siempre que el sistema se encuentre configurado en modalidad Planta de Potencia. Advierte de forma permanente al operador y al personal técnico que la locomotora no debe traccionar bajo ninguna circunstancia y que el freno dinámico se encuentra deshabilitado hasta que se restablezca la configuración normal de servicio.

11.9. Fallo del Sensor GOB del Regulador de Velocidad (SENSOR GOB XXXXX REGULADOR VELOCIDAD)

ALARMA BAJA PRIORIDAD! SENSOR GOB XXXXX REGULADOR VELOCIDAD

Condición de Activación y Efecto: Esta alarma se activa al detectarse una falla eléctrica en el lazo de corriente del sensor GOB del regulador de velocidad (gobernador), indicando en el campo XXXXX el diagnóstico específico según el umbral medido: OPEN (circuito abierto, cuando la corriente cae por debajo de 3 mA) o SHORT (cortocircuito, cuando la corriente supera los 28 mA). Ante la pérdida de esta referencia, el controlador limita de forma preventiva la potencia máxima de tracción al 70% de la potencia nominal.

11.10. Fallo del Sensor de Altitud (SENSOR ALT XXXXX CONTROL ALTITUD)

ALARMA BAJA PRIORIDAD! SENSOR ALT XXXXX CONTROL ALTITUD

Condición de Activación y Efecto: Esta alarma se activa al detectarse una falla eléctrica en el lazo de corriente del sensor de compensación por altitud (ALT), indicando en el campo XXXXX el diagnóstico específico según el umbral medido: OPEN (circuito abierto, corriente inferior a 3 mA) o SHORT (cortocircuito, corriente superior a 28 mA). Ante la pérdida de esta referencia barométrica, el controlador aplica un recorte preventivo de potencia máxima que depende de la configuración de admisión del motor diésel:

• Motores sobrealimentados con turbocompresor: Potencia limitada al 75% de la potencia nominal.

• Motores aspirados con sopladores tipo Roots: Potencia limitada al 50% de la potencia nominal.

11.11. Fallo en la Bobina ORS del Regulador de Velocidad (FALLO BOBINA ORS REGULADOR VELOCIDAD)

ALARMA BAJA PRIORIDAD! FALLO BOBINA ORS REGUTADOR VELOCIDAD

Condición de Activación y Efecto: Esta alarma se activa cuando la bobina ORS (Overriding Solenoid) del regulador de velocidad del motor diésel queda bloqueada mecánicamente o no recibe energización, impidiendo el correcto desplazamiento y carga del reóstato de carga. Ante esta anomalía, el sistema permite continuar la marcha en tracción, pero limita automáticamente la potencia máxima disponible al 70% de la potencia nominal.

11.12. Fallo de Aceleración del Motor Diésel en Freno Dinámico (FALLO ACELERACION MOTOR DIESEL FRENO DINAMICO)

ALARMA BAJA PRIORIDAD! FALLO ACELERACION MOTOR DIESEL FRENO DINAMICO

Condición de Activación y Efecto: Esta alarma se activa cuando, durante la operación de frenado dinámico, el motor diésel no alcanza el régimen de giro (RPM) mínimo estipulado por el fabricante para impulsar adecuadamente los sopladores de ventilación de los motores de tracción. Para evitar el sobrecalentamiento por falta de caudal de aire de refrigeración, el sistema limita de forma automática la intensidad de corriente circulante por las armaduras de manera directamente proporcional a la deficiencia de RPM registrada.

11.13. Fallo del Sensor de RPM del Motor Diésel (FALLO SENSOR RPM MOTOR DIESEL)

ALARMA BAJA PRIORIDAD! FALLO SENSOR RPM MOTOR DIESEL

Condición de Activación y Efecto: Esta alarma se activa ante la nula detección de pulsos de velocidad de giro (RPM) del motor diésel, originada por fallos en el propio sensor magnético o por deficiencias en su montaje mecánico (distancia de entrehierro). Ante la pérdida de esta referencia, el sistema permite continuar la marcha en tracción, pero limita automáticamente la potencia máxima entregada al 50% de la potencia nominal.

11.14. Fallo de Cierre en Contactor de Debilitamiento de Campo (FALLO FSX)

ALARMA BAJA PRIORIDAD! FALLO FSX

Condición de Activación y Efecto: Esta alarma se activa cuando el sistema comanda el cierre de los contactores de debilitamiento de campo de los motores de tracción (FSX) y el contactor correspondiente no ingresa debido a un bloqueo mecánico o a un fallo eléctrico. El controlador advierte esta anomalía en pantalla sin reducir la potencia tractiva y bloquea cualquier nuevo intento de cierre del contactor FSX hasta que el acelerador regrese al Punto 0 y se inicie un nuevo ciclo de tracción, evitando así sucesivas rampas descendentes de potencia que anticipan la entrada de dichos contactores.

11.15 Fallo de Comunicación CAN Bus 2 (FALLO CAN BUS 2 XXXXXXXXXX)

ALARMA BAJA PRIORIDAD! **FALLO CAN BUS 2** **XXXXXXXXXX**

Condición de Activación y Efecto: Esta alarma se activa cuando se interrumpe la comunicación a través de la red secundaria CAN Bus 2. El campo XXXXXXXXXX identifica específicamente el módulo o panel de integración de la familia TRACMOTIVE con el cual se ha perdido el enlace de datos. Al tratarse de una red auxiliar de baja prioridad, el sistema registra la advertencia en pantalla para diagnóstico de taller y continúa operando de forma segura bajo sus parámetros locales.

12. Configuración de Switches de Terminación de Nodos (Redes CAN Bus)

Para garantizar la máxima integridad en la transmisión de datos digitales y evitar las reflexiones de las señales de comunicación de alta velocidad en el entorno ferroviario, todos los nodos disponen de un switch físico para intercalar una resistencia interna de terminación de 120 Ω al final del bus.

El Panel GP Controller incorpora dos switches independientes dispuestos lateralmente en el gabinete, ubicados en la proximidad inmediata de cada conector de red CAN dedicado. La conmutación de estos interruptores en la capa física debe realizarse bajo los siguientes criterios estrictos de ingeniería de campo:

• Switch CAN Bus 1 (Driver de Excitación): Debe conmutarse a la posición ON únicamente cuando el Panel GP Controller actúe físicamente como el extremo final de la línea en el lazo prioritario del Driver de Excitación, si la red continúa hacia otra derivación blindada, debe permanecer en OFF.

• Switch CAN Bus 2 (Red de Expansión Modular): Debe conmutarse a la posición ON cuando el controlador represente el último nodo físico de la red de expansión distribuida (por ejemplo, en configuraciones lineales donde el extremo del Bus es el Panel GP Controller).

La correcta conmutación a ON de estos switches de terminación de línea estabiliza la impedancia diferencial del bus, disipando la energía residual de los flancos de subida y bajada de los bits de datos para blindar la red contra el ruido electromagnético severo de las maquinas eléctricas principales de la locomotora.

