ANEXO 3

PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMA ELECTRICO DE CARGA

1. OBJETIVO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Establecer las actividades técnicas, frecuencias, recursos humanos, repuestos críticos y procedimientos necesarios para garantizar la disponibilidad, confiabilidad, seguridad y continuidad operativa del sistema de carga rápida para buses eléctricos del sistema TRANSCARIBE.

El plan contempla mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para:

- 5 cargadores rápidos SINO de 240 kW
- Subestación eléctrica 1,5 MVA
- Transformador seco RYMEL
- Tren de celdas de Media Tensión SCHNEIDER
- Tren de celdas de Baja Tensión
- Sistema DC de respaldo
- Sistema de protecciones eléctricas
- Sistema DLM
- Sistema auxiliar de control y comunicaciones
- Repuestos estratégicos
- Repuestos básicos asociados a buses eléctricos

2. ALCANCE DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento cubre:

- Infraestructura eléctrica de MT y BT
- Sistemas de carga DC
- Sistemas de protección y control DLM
- Sistemas de respaldo DC
- Sistemas de monitoreo y comunicaciones
- Sistemas auxiliares
- Inspección termográfica
- Verificación RETIE y NTC 2050
- Actualización de firmware y software
- Gestión documental y reportes técnicos

3. PERSONAL IDÓNEO REQUERIDO

Cargo	Perfil requerido	Cantidad sugerida
Ingeniero Electricista	Especialista en potencia / subestaciones / movilidad eléctrica	1

Cargo	Perfil requerido	Cantidad sugerida
Ingeniero de Automatización - Electricista	SCADA, comunicaciones, DLM	1
Técnico Electricista MT/BT	Certificación CONTE vigente	2
Técnico Electrónico	Sistemas DC y control	1
Especialista Termografía	Certificación Nivel I o II	1
Especialista UPS/Baterías	Experiencia en AGM e inversores	1
Técnico OEM Cargadores	Certificado por fabricante SINO	Según necesidad
Supervisor HSEQ	Riesgo eléctrico RETIE	1

4. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

4.1 Mantenimiento Preventivo

Actividades programadas para evitar fallas y prolongar vida útil.

4.2 Mantenimiento Predictivo

Uso de:

- Termografía infrarroja
- Análisis de armónicos
- Calidad de energía
- Medición de resistencia de aislamiento
- Monitoreo de baterías

4.3 Mantenimiento Correctivo

Atención inmediata ante:

- Falla de cargadores
- Disparos de protecciones
- Alarmas críticas
- Sobretemperaturas
- Falla de comunicaciones
- Pérdida de carga DC

5. FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

5.1 CARGADORES RÁPIDOS SINO 240 kW

Actividades Mensuales

- Limpieza interna y externa

- Verificación de ventiladores
- Inspección de conectores CCS2
- Revisión de cables de potencia
- Verificación de alarmas
- Validación de comunicaciones
- Verificación de torque
- Revisión de filtros
- Verificación de puesta a tierra

Actividades Trimestrales

- Termografía interna
- Verificación de módulos de potencia
- Revisión de contactores DC
- Revisión de SPD
- Validación de calibración
- Revisión de firmware

Actividades Semestrales

- Prueba funcional completa
- Medición de aislamiento
- Limpieza profunda
- Verificación de eficiencia
- Revisión de barras DC

Actividades Anuales

- Cambio preventivo de ventiladores críticos
- Reemplazo de filtros
- Mantenimiento OEM especializado
- Actualización mayor de software

5.2 TRANSFORMADOR SECO RYMEL 1,5 MVA

Mensual

- Inspección visual
- Verificación de temperatura
- Revisión de ventilación
- Revisión de ruidos anormales

Trimestral

- Limpieza con aire seco
- Termografía
- Revisión de conexiones

Semestral

- Medición de resistencia de aislamiento
- Verificación de apriete
- Revisión de sensores térmicos

Anual

- Prueba TTR
- Prueba de resistencia óhmica
- Verificación de núcleo
- Inspección general RETIE

5.3 CELDAS MT SCHNEIDER

Mensual

- Verificación de indicadores
- Revisión de alarmas
- Estado de relés

Trimestral

- Limpieza
- Verificación de enclavamientos
- Revisión de presión SF6 (si aplica)
- Prueba funcionCaal de apertura/cierre

Semestral

- Termografía
- Inyección secundaria de relés
- Verificación de transformadores de corriente y potencial

Anual

- Mantenimiento integral OEM
- Calibración de protecciones
- Pruebas dieléctricas

5.4 TABLEROS BT Y BREAKERS 4000 A / 400–630 A

Mensual

- Inspección visual
- Revisión de disparos
- Revisión de alarmas
- Limpieza superficial

Trimestral

- Termografía
- Verificación de torque
- Revisión de barras
- Revisión de ventilación

Semestral

- Disparo de prueba
- Inyección primaria
- Verificación de curvas de protección

Anual

- Mantenimiento mayor
- Lubricación de mecanismos
- Cambio preventivo de accesorios críticos

5.5 SISTEMA DC DE RESPALDO

Componentes

- Inversor 3 kVA
- Banco AGM 200 Ah
- Cargador
- Sistema de monitoreo
- Cableado solar
- Conectores MC4
- Protecciones DC

Mensual

- Verificación de voltajes
- Revisión de alarmas
- Revisión de temperatura
- Termografía

Trimestral

- Limpieza de bornes
- Medición individual de baterías
- Verificación de cargador
- Limpieza de Paneles Solares

Semestral

- Prueba de autonomía
- Verificación de transferencia

- Limpieza de Paneles Solares

Anual

- Prueba de descarga controlada
- Reemplazo preventivo de baterías defectuosas

5.6 TRANSFORMADOR AUXILIAR BT

Semestral

- Limpieza
- Torque
- Termografía
- Medición de aislamiento

Anual

- Pruebas eléctricas básicas
- Revisión integral

6. REPUESTOS CRÍTICOS RECOMENDADOS

6.1 CARGADORES SINO

Repuesto	Cantidad mínima
Ventiladores internos	10
Filtros de aire	20
Contactores DC	5
Fusibles ultrarrápidos	10
Tarjetas de control	2
Módulos de potencia	2
Pantallas HMI	1
Conectores CCS2	2
Botones de parada emergencia	5
SPD DC	5
Relés auxiliares	10

6.2 TRANSFORMADOR RYMEL

Repuesto	Cantidad
Sensores PT100	6
Ventiladores	4
Termostatos	2

Repuesto	Cantidad
Borneras	Varias
Indicadores térmicos	1

6.3 CELDAS MT SCHNEIDER

Repuesto	Cantidad
Relé de protección	1
Bobina de apertura	2
Bobina de cierre	2
Fusibles MT	6
Indicadores luminosos	Varias
Contactos auxiliares	10

6.4 TABLEROS BT

Repuesto	Cantidad
Breaker modulable 400–630 A	1
Bobinas de disparo	5
Contactos auxiliares	10
SPD AC	5
Transformadores de control	1
Multimedidores	2

6.5 SISTEMA DC

Repuesto	Cantidad
Baterías AGM 200 Ah	2
Fusibles DC	10
Breakers DC	5
Tarjeta inversor	1
Ventiladores	4

7. REPUESTOS USUALES PARA BUSES ELÉCTRICOS

Sistema de carga

- Conectores CCS2
- Pines de carga
- Mangueras refrigeradas
- Sensores térmicos

- Contactores HV

Sistema eléctrico auxiliar

- Fusibles HV
- Relés auxiliares
- Breakers DC
- Convertidores DC/DC

Sistema HVAC

- Filtros
- Ventiladores
- Sensores de temperatura

Sistema de tracción

- Sensores encoder
- Bombas de refrigeración
- Mangueras dieléctricas

Sistema neumático

- Compresores auxiliares
- Válvulas neumáticas

Consumibles generales

- Lubricantes dieléctricos
- Limpiadores de contacto
- Cinta autofundente
- Terminales eléctricos
- Conectores industriales

8. INSPECCIONES ESPECIALIZADAS RECOMENDADAS

Actividad	Frecuencia
Termografía infrarroja	Trimestral
Calidad de energía	Semestral
Armónicos	Semestral
Resistencia de puesta a tierra	Anual
Coordinación de protecciones	Anual
Auditoría RETIE	Anual

9. KPI RECOMENDADOS

Indicador	Meta
Disponibilidad del sistema	> 98 %
Tiempo medio entre fallas	> 1200 h
Tiempo medio de reparación	< 4 h
Eficiencia de carga	> 95 %
Tiempo de respuesta correctiva	< 2 h

10. DOCUMENTACIÓN Y REPORTES

Se recomienda mantener:

- Hojas de vida de equipos
- Bitácoras de mantenimiento
- Reportes termográficos
- Historial de alarmas
- Registro de disparos
- Protocolos RETIE
- Certificados de calibración
- Inventario de repuestos
- Planos actualizados
- Backups de configuración

11. RECOMENDACIONES FINALES

1. Mantener contrato OEM con fabricante con Instalador que sirva de enlace con marcas instaladas (SINO, SCHNEIDER, RYMEL).
2. Implementar monitoreo remoto Sistema DLM. 24/7.
3. Mantener stock crítico mínimo para 6 meses.
4. Realizar capacitación anual al personal técnico.
5. Mantener coordinación de protecciones actualizada.
6. Ejecutar pruebas de autonomía del sistema DC bajo carga real.
7. Implementar mantenimiento basado en condición (CBM).
8. Realizar análisis anual de calidad de energía y armónicos.
9. Mantener protocolos LOTO y seguridad RETIE estrictos.
10. Implementar redundancia en comunicaciones críticas.

RAMÓN ADOLFO DÍAZ GARCÍA
Director Técnico de Planeación e Infraestructura
TRANSCARIBE S.A.