

Nota del Coordinador Eléctrico Nacional:

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 179 del Decreto Supremo N°125, Reglamento de la Coordinación de la Operación del SEN, a continuación se presenta una versión pública del Informe Final de la “Auditoría Técnica al Sistema SCADA y de Telecomunicaciones internas y externas de voz y datos” de Transelec S.A., en la que se ha tarjado aquella información o datos que podría estar sujeta a alguna de las causales de secreto o reserva que establecen la ley y la Constitución, o que su publicidad, comunicación o conocimiento podría afectar el debido cumplimiento de las funciones del Coordinador o derechos de las personas, especialmente en el ámbito de su vida privada o derechos de carácter comercial o económico.

En particular, se omiten referencias a nombres de terceros distintos a la empresa coordinada auditada, e información que podría afectar la seguridad de las instalaciones eléctricas auditadas y del Sistema Eléctrico Nacional en su conjunto.

Santiago de Chile, octubre de 2025.



INFORME

LIC-225,1 CEN-CM-2539 Auditoría Técnica Sistema SCADA y Telecomunicaciones Internas y Externas de Transelec

PREPARADO PARA

**Coordinador Eléctrico Nacional
(CEN)**

FECHA

Septiembre 12, 2025

PREPARADO POR

Rafael Granja
[REDACTED]

Victor Aldana
[REDACTED]

Gilbert Perez
[REDACTED]

Roberto A Bayetti
[REDACTED]

INFORME EJECUTIVO (Información Confidencial)

REV 2.0

ADDRESS

4020 Westchase Boulevard, Suite 200
Raleigh, NC 27607

LOCATIONS Raleigh (HQ) | Toronto | San Francisco Bay Area | Southern California | Chicago

PHONE 919.334.3000

WEB Quanta-Technology.com



CONFIDENTIAL/PROPRIETARY

This document contains trade secrets and/or proprietary, commercial, or financial information not available to the public. It is considered privileged and proprietary to the Offeror, and it is submitted by Quanta Technology, LLC, in confidence with the understanding that its contents are specifically exempted from disclosure under the Freedom of Information Act [5 USC Section 552 (b) (4)] and shall not be disclosed by the recipient (whether it be Government [local, state, federal, or foreign], private industry, or non-profit organization) except with the written permission of Quanta Technology and shall not be duplicated, used, or disclosed, in whole or in part, for any purpose except to the extent in which portions of the information contained in this document are required to permit evaluation of this document. If a contract is awarded to this Offeror because of, or in connection with, the submission of this data, the right to duplicate, use, or disclose the data is granted to the extent provided in the contract.

VERSION HISTORY

VERSION	DATE	DESCRIPTION
0.1	Agosto28, 2025	Informe ejecutivo versión inicial
1.0	Septiembre 10, 2025	Informe ejecutivo
2.0	Septiembre 12, 2025	Formato e incorporación comentarios



TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO.....	4
1 RESUMEN EJECUTIVO.....	5
2 DESARROLLO DE LA AUDITORÍA.....	11
2.1 Tarea I: Auditoría funcional	12
2.2 Tarea II: Auditoría técnica alimentación eléctrica	21
2.3 Tarea III: Auditoría técnica SCADA, redes, telecomunicaciones y canales de voz	34
2.4 Tarea IV: Auditoría técnica en ciberseguridad	58
3 CONCLUSIONES	66
4 ANEXOS	68



FIGURAS

Figura 1. Cronograma con eventos relevantes antes, durante y posterior a la falla del 25F	13
Figura 2. Áreas para recuperación del servicio	17
Figura 3. Topología de emergencia: prácticas recomendadas	22
Figura 4. Carga de sistemas UPS edificio CNOT	23
Figura 5. Revisión y validación de mantenimiento de Baterías	26
Figura 6. CNOT UPS1 reporte baterías	27
Figura 7. CNOT UPS2 reporte baterías	28
Figura 8. Informe de baterías por contratista dos	29
Figura 9. Batería de lógica de control generadores edificio Comando	30
Figura 10. Configuración actual – [REDACTED]	36
Figura 11. Configuración actual – [REDACTED]	37
Figura 12. Configuración actual – [REDACTED]	37
Figura 13. Recomendación – [REDACTED]	40
Figura 14. Recomendación – Enlaces Alternos DATOS desde Edificio CNOT en CCP – [REDACTED]	41
Figura 15. Recomendación – Enlaces Alternos VOZ desde Edificio CNOT en CCP – [REDACTED]	43
Figura 16. Norma técnica de seguridad y Calidad de Servicio artículo 1-9	44
Figura 17. Resumen de Disponibilidad del SITR	48
Figura 18. Registros de disponibilidad de los sistemas de comunicaciones Telecontrol	49
Figura 19. Planes de mantenimiento contrato [REDACTED]	52
Figura 20. Multas por degradación de SLA	54
Figura 21. [REDACTED]	61



Glosario

Sigla	Definición
ATS	Automatic Transfer System — Sistema de Transferencia Automático (por sus siglas en inglés)
BCP	Business Continuity Plan — Plan de Continuidad del Negocio (por sus siglas en inglés)
CC	Centro de Control
CCC	Centro de Control de Respaldo o Contingencia. CCC es igual a CCR
CCP	Centro de Control Principal
CCR	Centro de Control de Respaldo
CDC	Centro de Despacho y Control del Coordinador
CNOT	Edificio [REDACTED] que aloja el Centro de Control Principal
COR	Centro de Operación para la Recuperación de Servicio
CUCM	Cisco Unified Communications Manager — Gestor Unificado de Comunicaciones de Cisco (por sus siglas en inglés)
DAC	Adquisición de Datos y Control (Data Acquisition and Control, por sus siglas en inglés)
DNP	Distributed Network Protocol — Protocolo de Red Distribuida (por sus siglas en inglés)
DRP	Disaster Recovery Plan — Plan de Recuperación ante Desastres (por sus siglas en inglés)
DRS	Sistema de Recuperación ante Desastres (Disaster Recovery System, por sus siglas en inglés)
ERS	Esquema de Recuperación de Servicio (Emergency Recovery Scheme, por sus siglas en inglés)
ETG	Especificaciones Técnicas Generales
ICCP	Inter-Control Center Communications Protocol — Protocolo de Comunicación entre Centros de Control (por sus siglas en inglés)
IED	Intelligent Electronic Device — Dispositivo Electrónico Inteligente (por sus siglas en inglés)
NTP	Network Time Protocol — Protocolo de Tiempo de Red (por sus siglas en inglés)
NTSSCC	Norma Técnica de Servicios Complementarios
NTSyCS	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio
PRS	Plan de Recuperación de Servicio
SE	Subestación Eléctrica
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SITR	Sistema de Información en Tiempo Real
SLA	Service Level Agreement — Acuerdo de Nivel de Servicio (por sus siglas en inglés)
SOC	Security Operations Center — Centro de Operaciones de Seguridad
SSCC	Servicios Complementarios
UPS	Uninterruptible Power Supply — Sistema de Energía Ininterrumpida (por sus siglas en inglés)
USB	Universal Serial Bus — Interfase serial universal
UTR	Unidad Terminal Remota
VRF	Virtual Routing and Forwarding — Enrutamiento Virtual y Reenvío (por sus siglas en inglés)



1 RESUMEN EJECUTIVO

OBJETIVO DE LA AUDITORÍA

El presente informe describe la ejecución de una auditoría técnica y resultados, solicitada por el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN), sobre las instalaciones y sistemas de control de la empresa TRANSELEC S.A. (en adelante, TRANSELEC). Esta auditoría abarca los aspectos técnicos del Sistema SCADA, telecomunicaciones internas y externas (voz y datos), energía y seguridad cibernética, así como las capacidades y procedimientos operativos mediante los cuales el Centro de Control de TRANSELEC lleva a cabo sus funciones de supervisión, coordinación y control de las instalaciones bajo su responsabilidad y sus funciones de Centro de Operación para la Recuperación de Servicio (COR).

El alcance de la auditoría incluye tanto la evaluación del diseño y estado actual de los sistemas, como el análisis del desempeño observado durante el evento del 25 de febrero de 2025 (en adelante 25F).

Áreas cubiertas por la auditoría a nivel de operaciones, sistema eléctrico, comunicaciones, ciber y SCADA:

- Centro de Control Principal (CCP): [REDACTED]
- Centro de Control de respaldo (CCR): [REDACTED]
- Servicios auxiliares y sistemas de respaldo [REDACTED]
- Data Centers, según se requiera.
- Subestaciones eléctricas críticas para la aplicación del Plan de Recuperación del Servicio (PRS), especialmente aquellas donde se identificaron problemas de telecontrol o visibilidad durante el apagón del 25F. Estas subestaciones incluyen, entre otras:
 - Zona Norte Grande: S/E Tarapacá
 - Zona Norte Chico: SS/EE Diego de Almagro, Cardones, Paposo, Maitencillo, Pan Azúcar
 - Zona Quinta y Centro: SS/EE Quintero, Rapel, Cerro Navia, Lo Aguirre, Alto Jahuel, Ancoa
 - Zona Sur: SS/EE Charrúa, Puerto Montt
 - Asimismo, se considerarán aquellas subestaciones que permiten la conexión de unidades de Partida Autónoma para la formación de islas eléctricas.
- Capacidad y funcionalidades de los sistemas y procesos de operación auditados de Transelec.

La auditoría se basa en estándares de la industria tales con IEEE, NERC, NFPA, TIA, IEC, NTSyCS, NTSSCC y la experiencia en la industria de los profesionales de Quanta Technology.

RESULTADOS GENERALES

TOTAL DE HALLAZGOS: 38		ALTA: [REDACTED]	MEDIA: [REDACTED]	BAJA: [REDACTED]
COMENTARIOS GENERALES	Diseño general de las instalaciones es adecuado, no obstante, [REDACTED]			
	[REDACTED]			
	[REDACTED]			
	[REDACTED]			
	[REDACTED] Al mismo tiempo existe carencia de procedimientos completos y exhaustivos en múltiples áreas.			
	Ausencia de acciones oportunas ante eventos identificados			
	Requiere mayor seguimiento de los mantenimientos y sus resultados, para una atención oportuna de las recomendaciones respecto de incidentes o deficiencias detectadas.			



PRINCIPALES OBSERVACIONES	PAGINA	CRITICIDAD
El sistema SCADA de respaldo (CCR) [REDACTED] no entró en operación hasta las 17:39 (1 hora y 23 minutos después de la falla) requiriendo la intervención del proveedor de este sistema. Las pruebas del CCR solo se efectuaban teniendo el sistema primario activo.	5	ALTA
El edificio Comando [REDACTED] está diseñado con dos generadores para los servicios auxiliares. El Generador 1 estaba fuera de servicio para el momento del apagón del 25F. Este generador estaba fuera de servicio desde junio del 2019 y dado de baja en agosto 2021.	5	ALTA
Al fallar el sistema de comunicaciones de Transelec en el CCP, el CEN también queda sin observabilidad de la red manejada por Transelec.	5	ALTA
El SCADA de respaldo (CCR) [REDACTED] entra en operación a las 17:39 sin embargo, las comunicaciones de datos de las instalaciones de Transelec de este sistema al CEN se realizó de forma progresiva con posterioridad a dicho momento.	5	ALTA
No hay registro de ejecución de las pruebas BCP de Transelec para el año 2024 o 2025 (antes del 25F). Si bien Transelec presenta instructivos relacionados con este plan, la última ejecución de estas pruebas es efectuadas en el 2023.	15	ALTA
No se identificaron hallazgos respecto del tiempo requerido para la ejecución del PRS. Esto, considerando que no existe un estándar con qué comparar ya que la normativa vigente no establece de forma específica el plazo requerido para la ejecución del Plan de Recuperación de Servicio (PRS). En este contexto, no es posible exigir el cumplimiento de un criterio objetivo asociado a dicha actividad.	15	BAJA
Las aplicaciones avanzadas del sistema EMS, tales como el Estimador de Estados y el Entrenador de Despachadores, no se encuentran operativas en Transelec, dado que el modelo de red no ha sido actualizado. Esta condición limita el uso efectivo de dichas herramientas, restringiendo su capacidad para contribuir al análisis en tiempo real y al entrenamiento operativo bajo condiciones representativas del sistema eléctrico actual.	16	MEDIA
En la asignación del rol de SCADA primario al Centro de Control de Respaldo (CCR), se identifica un problema de procedimientos en el proceso de conmutación de control desde el Centro de Control Principal (CCP) al CCR. El procedimiento no consideraba el escenario de no tener comunicación con el sistema primario CCP.	16	ALTA
Durante la revisión del equipamiento disponible en el Centro de Control de Transelec, se constató que las consolas (entendidas como estaciones de trabajo), monitores y demás elementos tecnológicos existentes serían adecuados para permitir la operación de la red de Transelec y cumplir con las funciones asignadas al Centro de Operación de Respaldo (COR). No obstante, se identificó que la dotación de personal operativo [REDACTED], lo cual representa una restricción para la ejecución simultánea de todas las actividades exigidas en el Plan de Recuperación de Servicio (PRS), junto con sus funciones de Centro de Control.	16	ALTA

PRINCIPALES OBSERVACIONES	PAGINA	CRITICIDAD
Durante la inspección técnica al sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) del edificio CNOT, se comprobó la existencia de un desequilibrio de carga significativo entre las unidades UPS A y UPS. B	21	MEDIA
Los informes de mantenimiento de baterías de UPS tardaron en promedio 3 meses en ser completamente revisados y finalizados desde el momento en que se completó el mantenimiento hasta que el líder de Transelec finalizó los hallazgos.	24	ALTA



PRINCIPALES OBSERVACIONES	PAGINA	CRITICIDAD
Los resultados de los mantenimientos no están siendo revisados oportunamente y gestionados adecuadamente en función de la naturaleza crítica de su función. Las acciones mostradas en los informes de prueba indican un vago y deficiente entendimiento de los problemas que es posible evidenciar a través de los resultados obtenidos. Durante la auditoría se encontró anomalías en cuanto al número de baterías del sistema conforme a diseño. Los informes de prueba mostraban menos baterías de las que el sistema debería haber tenido. Estos hallazgos no fueron identificados durante el proceso de verificación de resultados y fueron totalmente validados por el Contratista número uno y por la gerencia de Transelec.	24	ALTA
Los informes de pruebas de baterías suministrados por el personal de mantenimiento no reflejan una comprensión técnica consistente del ítem evaluado. Un ejemplo de esto son los resultados de resistividad, que varían entre 4.7 mili ohmios y 318.5 mili ohmios, y los niveles de voltaje, que oscilan entre 11.33 V y 17.22 V. Estas variaciones no se identifican como anómalas ni se discuten en la sección de comentarios del informe de mantenimiento interno de Transelec. Esta situación sugiere que el equipo responsable no comprende plenamente los resultados obtenidos ni identifica posibles problemas del sistema que deberían ser comunicados al cliente.	24	ALTA
El equipo auditor ha identificado que, conforme a los incidentes y aspectos evidenciados post 25 F. Los reportes de mantenimiento no son consistentes con la ejecución de las acciones correctivas. El equipo de Transelec ha hecho una encuesta detallada y están revisando sus protocolos de prueba de generadores para garantizar que las baterías de los circuitos de control se prueben explícitamente. Las pruebas consistentes de extremo a extremo de los generadores de emergencia son esenciales para garantizar que los sistemas funcionen según lo previsto durante una crisis.	24	ALTA
El equipo de auditoría verificó que los procesos de mantenimiento no se ejecutan de manera consistente ni con el nivel de escrutinio necesario para garantizar que los sistemas evaluados se encuentren en las condiciones operativas requeridas. Se identificaron inconsistencias en la evaluación de los resultados, demoras en el proceso de revisión, y una falta de uniformidad en la documentación de los informes de prueba. Estos hallazgos generan dudas sobre la comprensión general de los procesos y procedimientos que rigen el programa de mantenimiento.	31	ALTA
La empresa auditada, no tiene un programa de entrenamiento de emergencia a nivel empresarial que permita a todas las organizaciones comerciales y operativas probar sus procesos de emergencia específicos. La mayoría de las principales compañías de servicios públicos llevan a cabo programas de entrenamiento a nivel empresarial para condiciones de emergencia, tales como tormentas de vientos fuertes, pérdida de capacidades derivadas de la pérdida de generación o pérdida de transmisión crítica. También están llevando a cabo entrenamiento en ciberseguridad.	32	ALTA

PRINCIPALES OBSERVACIONES	PAGINA	CRITICIDAD
La conexión entre centros de control (de respaldo de Transelec y con el Coordinador) y entre subestaciones y ambos centros de control de Transelec, es redundante vía enlaces principal y secundario usando fibra óptica y microondas. [REDACTED]	34	ALTA
La implementación del sistema de cableado, es decir, el enrutamiento de cables entre equipos dentro de los gabinetes es deficiente y propenso a causar problemas de [REDACTED]	34	ALTA



PRINCIPALES OBSERVACIONES	PAGINA	CRITICIDAD
desconexión no deseados al tener que manipularlos. También eso hace difícil la identificación de las conexiones y su seguimiento.		
Se visualizaron equipos ubicados directamente sobre otros equipos y no en bandeja para proporcionar apoyo estable y mejorar la circulación del aire evitando sobrecalentamiento.	34	ALTA
Las conexiones de los servidores SCADA y los canales de comunicación de voz desde el edificio CNOT al exterior del Centro de Control Principa [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	34	ALTA
La empresa auditada no documentó las pruebas de verificación de la alta disponibilidad del sistema Sitr (levantar el sistema secundario en caso de falla de las comunicaciones con el sistema primario).	45	ALTA
La disponibilidad del sistema Sitr de Transelec incumple lo requerido en la norma por múltiples meses anteriores al apagón del 25F. No es hasta marzo 2025 que la disponibilidad es mayor al 99.5% requerido por la norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio – NTSyCS (NTSyCS-mar-2025.pdf) artículo 4-12	49	ALTA
El personal [REDACTED] encargada del servicio de los sistemas SCADA no habían tomado entrenamientos con el proveedor del sistema SCADA antes del 25F.	51	ALTA
El alcance del mantenimiento está enfocado a acciones correctivas no preventivas. Sin embargo, el mantenimiento preventivo se menciona en el Anexo 24 - "[REDACTED] [REDACTED]" del contrato con [REDACTED] en la sección que describe el cálculo de disponibilidad. Sin embargo, Transelec no suministró documentación que evidencie la existencia de cláusulas contractuales que se refieran a mantenimiento preventivo.	51	MEDIA

PRINCIPALES OBSERVACIONES	PAGINA	CRITICIDAD
En lo que se refiere a los equipos de telecomunicaciones de Voz, Transelec contrata las [REDACTED] siguientes [REDACTED] compañías: [REDACTED] No se incluye información acerca de los planes de mantenimiento. [REDACTED] No se incluye ningún tipo de información del contrato. Se limita a referenciar los datos de la existencia de una cotización, pero no un contrato. [REDACTED] Únicamente se repite la información del Anexo 24 - "[REDACTED] [REDACTED]" del contrato con [REDACTED] en la sección que describe el cálculo de [REDACTED] de [REDACTED] disponibilidad. [REDACTED] No se incluye ningún tipo de información del contrato. Se limita a incluir partes de una cotización, pero no un contrato. Se observa que los servicios corresponderán a Soporte Técnico únicamente. No hay información de planes de mantenimiento.	51	MEDIA
En lo que se refiere a los enlaces de telecomunicaciones, Transelec ha suscrito acuerdos para disponer de servicios de telecomunicaciones que soportan Comunicaciones operacionales de voz con otros coordinados [REDACTED]. Transelec únicamente exige prestación de servicio y soporte técnico. La calidad de servicio parece requerir un SLA básico el cual se toma como referencia para aplicar multas por la degradación al mismo de acuerdo con una escala.		
En lo que se refiere a los enlaces de telecomunicaciones a través de portadores	51	MEDIA



PRINCIPALES OBSERVACIONES	PAGINA	CRITICIDAD
<p>públicos, Transelec ha suscrito acuerdos para la prestación de servicios de telecomunicaciones que soportan Comunicaciones operacionales con:</p> <p>Se compromete a un Uptime de los accesos otorgados del 99,5%, no obstante, menciona que el Uptime de su red es 99,9%. Prestación servicio y soporte técnico reactivo únicamente</p> <p>Uptime de 99,0%. Prestación servicio y soporte técnico reactivo únicamente.</p> <p>Transelec únicamente incluyó información de SLA de la propuesta.</p> <p>Transelec únicamente incluyó una sección de la propuesta para la renovación de servicio de enlaces en la que se ven las consideraciones de SLA y las condiciones de la propuesta. En referencia a los SLA simplemente es copia del sistema de multas requerido por Transelec, sin embargo, no garantiza los Salas debido a situación de robo de cables.</p> <p>Transelec únicamente incluyó una sección de la propuesta para la renovación de servicio de enlaces en la que se observa compromiso de prestación de servicio y soporte técnico reactivo únicamente. Esto es, mesa de ayuda y gestión de eventos y monitoreo</p> <p>Como parte del procedimiento del DRP (Plan de Recuperación ante Desastres) se requiere el traslado temporal del SCADA del CNOT. En su primer paso, el procedimiento requiere evaluar y definir con el contratista de SCADA como proceder</p> <p>Este proceso no es aceptable dado al tiempo en que el operador del centro de control pudiese estar sin observabilidad de la red y operación de la red</p>	53	ALTA

PRINCIPALES OBSERVACIONES	PAGINA	CRITICIDAD
<p>Las pruebas anuales del PRS no han sido ejecutadas y completadas por Transelec en los años 2023 y 2024. Estas pruebas deberían ejecutarse periódicamente como es requerido por la norma. De haber sido ejecutadas las pruebas se hubiesen detectado las potenciales deficiencias en la resiliencia de la alimentación eléctrica del edificio Comando.</p>	57	ALTA
	59	
	59	
	59	
	59	
	60	



PRINCIPALES OBSERVACIONES	PAGINA	CRITICIDAD
[REDACTED]	61	[REDACTED]
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]	61	[REDACTED]
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]	61	[REDACTED]
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]	64	[REDACTED]
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]	65	[REDACTED]
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]	66	[REDACTED]
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		
[REDACTED]		



2 DESARROLLO DE LA AUDITORÍA

Quanta Technology presenta este informe con los avances hasta la fecha de emisión de la auditoría técnica de la empresa TRANSELEC solicitada por el CEN. En la auditoría serán considerados los aspectos referentes a capacidad y funcionalidades de los sistemas y procesos auditados de Transelec.

En esta auditoría serán identificados:

- Hallazgos.
- Breve descripción de los hallazgos.
- Detalles y bases que definen los hallazgos.
- Recomendación y/o recomendaciones.
- Criticidad (ALTA, MEDIA, BAJA).

En esta auditoría, se analizaron todos los hallazgos identificados y se definió el grado de criticidad de cada uno de ellos. Esta definición permite clasificar la importancia y severidad de cada hallazgo identificado. La criticidad es evaluada en función del riesgo y del impacto de cada hallazgo de la siguiente forma:

- **ALTA:** Representa que en los elementos analizados el riesgo y el impacto son elevados. En estos elementos se requiere acciones a corto plazo (menos de 2 meses).
- **MEDIA:** Representa que, en los elementos analizados la combinación resultante de riesgo y de impacto son importantes mas no críticos. Las acciones correctivas asociadas a estos deben ser resueltos a mediano plazo (menos de 6 meses).
- **BAJA:** Representa que la combinación de riesgo e impacto es baja. Las acciones correctivas deberían ser resueltos en un tiempo menor a 1 año.

Para ello esta auditoria ha sido dividida en cuatro áreas:

1. Auditoría funcional.
2. Auditoría técnica alimentación eléctrica.
3. Auditoría técnica SCADA, redes, comunicaciones y canales de voz.
4. Auditoría técnica en ciberseguridad.



2.1 Tarea I: Auditoría funcional

TAREA I - AUDITORÍA FUNCIONAL	
Objetivo	Revisión de los aspectos operativos y organizacionales del Centro de Control de TRANSELEC, en el contexto de su rol como Coordinador de Operación Regional (COR) y operador de sus propias instalaciones.
SUB-TAREA A.	ANÁLISIS DE LA CAUSA RAÍZ DE LA INDISPONIBILIDAD DE SERVICIOS
Objetivo:	Verificar y establecer la causa raíz de la indisponibilidad de los servicios de sistemas de información y control prestados y utilizados por el Centro de Control de TRANSELEC durante el evento del 25 de febrero de 2025. Evaluar si se han implementado acciones para mitigar riesgos, evitar recurrencias y detectar vulnerabilidades aún presentes.
Resumen:	<p>Se identifica la causa de la falla del sistema SCADA en reunión técnica con TRANSELEC y el CEN. A raíz de la falta de alimentación eléctrica externa (falla 25F) [REDACTED], intenta iniciar operación el sistema de alimentación de respaldo (generador) y el sistema de alimentación no interrumpible (UPS) las cuales fallan, no logrando recuperar la alimentación eléctrica en el sitio.</p> <p>[REDACTED]</p> <p>[REDACTED]</p> <p>El Edificio Comando [REDACTED] tiene como sistema de respaldo eléctrico dos (2) UPS y un (1) generador (generador #2). El otro generador (#1) de este edificio estaba fuera de servicio desde junio del 2019 y se dio de baja en agosto 2021.</p> <p>El procedimiento que Transelec utiliza para prueba de los generadores es iniciando manualmente el arranque del generador y no interrumpiendo la alimentación externa. Este método no prueba la lógica de arranque del generador. Esta lógica de detección de falla de alimentación externa no operó el 25F por lo que el único generador en servicio no arrancó.</p> <p>Adicionalmente el 25F falla el sistema UPS (ambos) por la falla de los dos bancos de baterías asociados y el generador del área en Comando [REDACTED] se pierden las comunicaciones con el exterior del CNOT. Esto incluye comunicaciones con las UTR de campo, el CEN, el centro de control de respaldo y las comunicaciones de voz denominado hotline. (ver área de energía donde se define este hallazgo).</p> <p>Por tanto, al fallar el generador y las dos UPS en el edificio comando (donde están todas las comunicaciones con el exterior del CCP (voz y datos), este sistema queda efectivamente inoperativo aun cuando los servidores de SCADA estaba funcionando en el edificio CNOT.</p> <p>En la tarea IV de este informe se incluyen hallazgos y recomendaciones desde el punto de vista de energía (generadores, UPS, baterías) y se proveen las recomendaciones correspondientes</p> <p>En información entregada por Transelec (02/07/2025) se describe la situación relativa a las comunicaciones y del SCADA después de la hora de arranque del generador del edificio Comando [REDACTED] (15:50 2/25/2025):</p> <p><i>"A partir de la hora indicada en el punto anterior, la energía en el Edificio de Comando era de carácter intermitente y parcial, dado que no se lograba sostener en el tiempo la totalidad de servicios esenciales. Durante ese lapso se detectó que la causa se debía un problema en la asignación de cargas a las barras esencial y no esencial (condición de diseño). De esta forma, la conectividad del CCP con el edificio de Comando y los servicios radicados en este, no resultaban confiables, y hasta antes de corregir la conexión de cargas la hora de estabilización del suministro resultaba incierta, en contraste con el CCR [REDACTED], que tuvo comunicación permanente para el SITR, motivo por el cual esta resultaba ser la opción más confiable para levantar el SCADA"</i></p>



TAREA I - AUDITORÍA FUNCIONAL

Es de notar que el CCR en [REDACTED] tiene comunicaciones activas con el CEN y con las UTR ya que posee sus propios enlaces de comunicaciones.

El sistema de SCADA de respaldo (CCR) [REDACTED] tuvo problemas para su arranque y Transelec tuvo que contactar al proveedor del sistema para poner este sistema operacional, lo que ocurre a las 17:39. El proveedor del sistema agregó un comando adicional para poder arrancar este sistema como CCR. Las pruebas que Transelec hace del sistema de respaldo solo contemplaba la conmutación desde el CCP de los servidores principales que quedan operativos, pero fuera de línea, por lo que, al momento de la falla, no existiendo comunicaciones con el CCR, el sistema de respaldo no arrancó.

A continuación, la figura 1 se muestra un cronograma con eventos relevantes antes, durante y posterior a la falla del 25F.



Figura 1. Cronograma con eventos relevantes antes, durante y posterior a la falla del 25F



TAREA I - AUDITORÍA FUNCIONAL

Hallazgo # 1 - Criticidad: ALTA

El sistema SCADA de respaldo (CCR) [REDACTED] no entró en operación hasta las 17:39 (1 hora y 23 minutos después de la falla) requiriendo la intervención del proveedor de este sistema. Las pruebas del CCR solo se efectuaban teniendo el sistema primario activo.

Recomendación 1A:

Se recomienda modificar el procedimiento de pruebas del SCADA del CCR donde se desconecta el sistema primario (CCP) y se levanta el CCR. Esta recomendación prueba que el sistema CCR realmente se puede colocar "en línea" pero requiere la intervención manual de un operador.

Recomendación 1B:

Se recomienda cambiar la configuración del sistema Sitr a una configuración "HOT- Standby" donde los dos centros (primario y respaldo están activos y listos para la operación de la red de forma inmediata al fallar uno de ellos.

Hallazgo # 2 - Criticidad: ALTA

El edificio Comando [REDACTED] está diseñado con dos generadores para los servicios auxiliares. El Generador 1 estaba fuera de servicio para el momento del apagón del 25F. Este generador estaba fuera de servicio desde junio del 2019 y dado de baja en agosto 2021

Recomendación:

Instalar el reemplazo del generador 1 de los servicios auxiliares del edificio Comando [REDACTED].

Hallazgo # 3 - Criticidad: ALTA

Al fallar el sistema de comunicaciones de Transelec en el CCP, el CEN también queda sin observabilidad de la red manejada por Transelec.

Recomendación:

Instalar comunicaciones y/o UTR con conexión directa al CEN de las subestaciones principales de la red de Transelec y otras empresas en el SEN que sean críticas para la operación y aplicación del PRS.

Hallazgo # 4 - Criticidad: ALTA

El SCADA de respaldo (CCR) [REDACTED] entra en operación a las 17:39 sin embargo, las comunicaciones de datos de este sistema al CEN se restablecen paulatinamente después de este momento.

Recomendación:

Instalar comunicaciones y/o UTR con conexión directa al CEN de las subestaciones principales de la red de Transelec y otras empresas en el SEN que sean críticas para la operación y aplicación del PRS.



TAREA I - AUDITORÍA FUNCIONAL

Objetivo: Revisión de los aspectos operativos y organizacionales del Centro de Control de TRANSELEC, en el contexto de su rol como Centro de Operación para La Recuperación de Servicio (COR) y operador de sus propias instalaciones.

SUB-TAREA B. EVALUACIÓN DE PLANES DE CONTINUIDAD DE NEGOCIO (BCP)

Objetivo: Verificar la existencia, gestión y aplicación de planes de continuidad de negocio (BCP) asociados a las funciones del Centro de Control y su rol como COR en el PRS. Incluir revisión de simulacros o pruebas realizadas.

Resumen: TRANSELEC informa que si tiene un plan de gestión de continuidad de negocio BCP. Internamente es denominado PCOT o Plan de Continuidad Operacional de Transelec. En el **Anexo 1 - [REDACTED]** se incluye un documento con la definición y documentación BCP.

Transelec suministra la ejecución de las pruebas PCOT efectuadas en noviembre 2023 incluidas en el **Anexo 2 - [REDACTED]**. En este anexo se incluyen los siguientes archivos:

- Preparación.
- Gestión PCOT. (versión del BCP de Transelec).
- Plan de acción ante emergencias permanentes.
- Plan de acción para la operación local de subestaciones.
- Evaluación de riesgos y análisis de impacto.

Hallazgo # 1 - Criticidad: ALTA

No hay registro de ejecución de las pruebas BCP de Transelec para el año 2024 o 2025 (antes del 25F). Si bien Transelec presenta instructivos relacionados con este plan, la última ejecución de estas pruebas es efectuadas en el 2023.,

Recomendación: Ejecución anual de este plan de continuidad BCP (o PCOT) que incluya la revisión y actualización de equipos, procedimientos y suministro de sus resultados al CEN.

TAREA I - AUDITORÍA FUNCIONAL

Objetivo Revisión de los aspectos operativos y organizacionales del Centro de Control de TRANSELEC, en el contexto de su rol como Coordinador de Operación Regional (COR) y operador de sus propias instalaciones.

SUB-TAREA C. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE RECUPERACIÓN DEL SERVICIO (PRS)

Objetivo: Evaluar la aplicación del PRS por parte de TRANSELEC, tanto en su rol de operador de instalaciones como en su función de COR, conforme al Estudio PRS 2024 y los requerimientos normativos (NTS, CS, NTSSCC). Incluir revisión de ERS, PPRS y emisión de instrucciones de Partida Autónoma.

Resumen:



TAREA I - AUDITORÍA FUNCIONAL

En **Anexo 3 - "PRS COMPLETO"** se encuentra las cronologías suministradas por Transelec de las operaciones efectuadas durante la ejecución del PRS por parte Transelec. En este anexo además se incluyen el registro de instrucciones y maniobras, así como los detalles de estas cronologías divididas por área. A continuación, se indica el inicio y final del PRS de cada área de la siguiente forma:

- PRS Centro:
 - PRS Cerro Navia 15:59 (25F) a 00:06 (26F)
 - PRS Alto Jahuel 15:16 (25F) a 00:45 (26F)
 - PRS Itahue 16:28 (25F) a 00:39 (26F)
- PRS Norte Chico:
 - PRS Diego De Almagro 15:21 (25F) a 09:25 (26F)
 - PRS Cardones 15:15 (25F) a 14:47 (26F)
 - PRS Pan de Azúcar 15:36 (25F) a 00:27 (26F) – Activos de terceros
- PRS Norte Grande:
 - PRS Tarapacá 16:36 (25F) a 22:57 (25F)
- PRS Zona Sur:
 - PRS Zona Bío 16:44 (25F) a 09:08 (26F)
 - PRS Zona Araucanía 16:15 (25F) a 00:12 (26F)

Se solicitó a Transelec definir las capacidades actuales para operar bajo el PRS que existen con la normativa actual, la operación y personal existente dentro de Transelec responsable de su ejecución. Transelec indica que bajo la norma actual Transelec cumple con lo requerido.

Hallazgo # 1 - Criticidad: BAJA

No se identificaron hallazgos respecto del sobre el tiempo requerido para la ejecución del PRS. Esto, considerando que no existe un estándar con qué comparar ya que la normativa vigente no establece de forma específica el plazo requerido para la ejecución del Plan de Recuperación de Servicio (PRS). En este contexto, no es posible exigir el cumplimiento de un criterio objetivo asociado a dicha actividad.

Recomendación 1A:

Si bien la norma relativa al PRS no tiene requerimientos de tiempo (menor tiempo posible), se deben ejercitar estos procesos al menos una vez al año para que todo el personal y los sistemas estén preparados. Esto ayudaría a disminuir los tiempos asociados a la recuperación del sistema eléctrico, en especial en el caso de una falla del sistema eléctrico nacional y definir los tiempos máximos para la ejecución del PRS.

Recomendación 1B:

Sugerir al regulador crear un mecanismo de obligación a las empresas para garantizar la ejecución de las pruebas de PRS de forma anual.



TAREA I - AUDITORÍA FUNCIONAL

Objetivo Revisión de los aspectos operativos y organizacionales del Centro de Control de TRANSELEC, en el contexto de su rol como Coordinador de Operación Regional (COR) y operador de sus propias instalaciones.

SUB-TAREA D. EVALUACIÓN ORGANIZACIONAL Y OPERATIVA DEL CENTRO DE CONTROL

Objetivo:

Revisar la estructura organizacional, plataformas tecnológicas (voz y datos), régimen de turnos y capacidades del personal del Centro de Control. Identificar las razones por las cuales no fue posible atender simultáneamente las funciones de COR en las zonas de Tarapacá, Norte Chico, Centro y Sur durante la ejecución del PRS.

Resumen:

[Redacted text]

Estos operadores son los responsables de operar toda la red de transmisión de Transelec y, además, entre otras funciones servir de CC y de COR para la ejecución del Plan de Recuperación de Sistema (PRS) en las áreas asignadas. En Anexo 4 - "Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio" se incluye un resumen descriptivo de la aplicación del Plan de Recuperación del Servicio del Sistema Eléctrico Nacional donde se observan todas las áreas responsabilidad de cada empresa.

Transelec es responsable de 9 de las 17 áreas. Ver figura 2 - Áreas para recuperación del servicio.



Áreas para recuperación del servicio

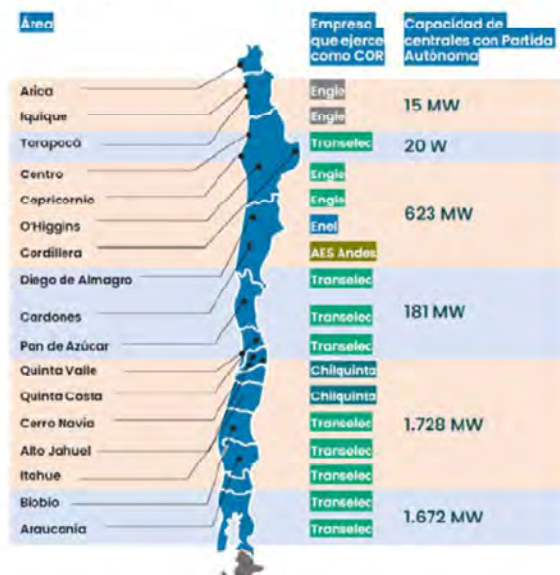


Figura 2. Áreas para recuperación del servicio



TAREA I - AUDITORÍA FUNCIONAL

El Centro de Control Principal (CCP) es el único que se encuentra atendido por personal de operaciones. El Centro de Control de Respaldo (CCR) esta desatendido ya que no tiene operadores y posee un sistema SCADA en frio (fuera de línea).

[REDACTED] Para efectos del presente documento, consola corresponde a una estación de trabajo que posee una o varias pantallas de operación.

La información a continuación fue confirmada por Transelec en reunión con Quanta Technology:

- [REDACTED]
- [REDACTED]
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
- [REDACTED]
 - [REDACTED]
- [REDACTED]
 - [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
 - [REDACTED]
- [REDACTED]
 - [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
 - [REDACTED]

La funcionalidad del SISTR incluye las siguientes aplicaciones básicas:

- Adquisición de datos [REDACTED]
- Enlaces de comunicaciones [REDACTED]
- Manejo de disturbios.
- Histórico.
- Replay.
- Cálculos.
- Replica corporative.
- Secuencias automáticas.
- Enlaces "intersite" (entre el CCR, CCP).

y las siguientes aplicaciones avanzadas:

- Estimador de Estados.
- Análisis de Contingencias.
- Flujo de potencia, corto circuito.
- OTS (entrenamiento de operadores).



TAREA I - AUDITORÍA FUNCIONAL

En cuanto al dimensionamiento del sistema SCADA se pueden resaltar los siguientes valores:

- Máxima cantidad de puntos digitales – 124.600.
- Máxima cantidad de puntos análogos – 84.000.
- Máxima cantidad de puntos de control – 124.600.
- Unidades Terminales Remotas – 150.
- Máximo número de enlaces (ICCP u Otros) – 8.
- Enlaces intersite (entre el CCR, CCP)- 2.

Transelec afirma que no utiliza las aplicaciones en su operación diaria.

Transelec informa que las aplicaciones avanzadas no tienen el modelo de red actualizada (incluyendo el OTS). Informa que está en proceso de actualización de este modelo de red en el sistema SCADA.

Cada operador tiene turnos [REDACTED] Regularmente hay operadores fuera de la operación de la red en el CNOT los cuales tienen días asignados a entrenamiento y labores de oficina alternadamente.

Cabe mencionar que, de acuerdo con lo informado por Transelec, habría una limitación reglamentaria existente en Chile, bajo la cual no se pueden adicionar de forma rápida (minutos/horas) personal de operación en adición a lo preestablecido por la empresa, ni aun en caso de falla o alguna otra situación especial. Transelec pudiese tener previamente contratados operadores adicionales (bajo algún régimen a decidir por Transelec) que permita adicionar otros operadores en estos casos.

Fuera de la sala de operación existe otra sala con [REDACTED] para entrenamiento de operadores.

Es de hacer notar que las consolas de operación pueden trabajar de forma cruzada, es decir, las consolas del CCP pueden ser conectadas a los servidores SCADA del CCR y viceversa siempre que los sistemas de comunicaciones entre los centros este activa. Esta característica permitiría la operación de Transelec como CC con completa observabilidad de la red aun en el caso de falla de los servidores SCADA del CCP.

En la configuración e instalaciones actuales de Transelec, todas las comunicaciones (Voz, enlace de datos con las Unidades Terminales Remotas y enlaces con el CEN) del CCP se perdieron. Estas comunicaciones pasan por una edificación en la [REDACTED] denominada "Edificio Comando" que, en el momento de la falla, la alimentación eléctrica externa (debido al apagón a nivel Nacional) así como las alimentaciones alternas o de respaldo -conformadas por las UPS y el generador 2- fallaron. En el área de este informe relativo a energía se describe en detalle las fallas y sus motivos.

La pérdida de alimentación del edificio Comando [REDACTED], deja al SCADA del CCP de Transelec (t =15:16) sin comunicaciones con el exterior por lo que, el CCP queda sin monitoreo de las variables de campo (MW, KV, Estados de interruptores, etc.) además de la pérdida de las comunicaciones vía "Hotline". Las comunicaciones en ese momento se limitan a teléfonos celulares estando disponible además la telefonía satelital. Ver cronograma Figura 1. Si bien la telefonía satelital estuvo disponible, Transelec no la utilizó confirmando que solo utilizó la telefonía celular. Es de hacer notar que el CCR no se recupera de forma rápida. Las pruebas de conmutación realizadas por Transelec hasta ahora, consiste en el arranque del CCR a través del CCP (Punto de control en las pantallas del CCP). Estas pruebas no utilizan la lógica de arranque del generador en caso de falla de la alimentación externa.

Externamente existe la posibilidad de conectarse a la red corporativa y obtener información del estado de la red, pero no se puede operar desde ellas. En todo caso este sistema tampoco estaba disponible por la pérdida total de las comunicaciones en el edificio Comando. Esto se hace a través de cualquier laptop y una conexión Wifi.



TAREA I - AUDITORÍA FUNCIONAL

En general la simultaneidad posible de Transelec para la ejecución del PRS está limitada al número de operadores en la sala de control, las respuestas de las empresas que deben efectuar las maniobras y las comunicaciones disponibles al momento de la falla. Adicionalmente se puede asumir que la visibilidad del estado de la red (mediciones y estado de interruptores) facilita los tiempos de recuperación del sistema eléctrico (PRS). TRANSELEC no comienza a tener visibilidad de la red y datos con el hasta 1h y 23 minutos después de la falla.

Hallazgo # 1 - Criticidad: MEDIA

Las aplicaciones avanzadas tales como el estimador de estados y que también incluye el entrenador de despachadores, no se utilizan en Transelec (modelo no actualizado). Los operadores son entrenados con un modelo que no está actualizado.

Recomendación:

Actualizar el modelo de la red en el sistema SCADA para poder utilizar las aplicaciones avanzadas y entrenar a los operadores con un modelo de la red actual. Crear un procedimiento que permita mantener el modelo de la red en el SCADA actualizada.

Hallazgo # 2 - Criticidad: ALTA

En la asignación del rol de SCADA primario al Centro de Control de Respaldo (CCR), se identifica un problema de procedimientos en el proceso de conmutación de control desde el Centro de Control Principal (CCP) al CCR. El procedimiento no consideraba el escenario de no tener comunicación con el sistema primario CCP.

Recomendación:

Implementar la configuración "Hot – Standby" en los sistemas SCADA (CCP y CCR) de Transelec.

Hallazgo # 3 - Criticidad: ALTA

Durante la revisión del equipamiento disponible en el Centro de Control de Transelec, se constató que las consolas (entendidas como estaciones de trabajo), monitores y demás elementos tecnológicos existentes serían adecuados para permitir la operación de la red de Transelec y cumplir con las funciones asignadas al Centro de Operación de Respaldo (COR). No obstante, se identificó que [REDACTED], lo cual representa una restricción para la ejecución simultánea de todas las actividades exigidas en el Plan de Recuperación de Servicio (PRS), junto con sus funciones de Centro de Control.

Recomendación:

Se recomienda efectuar un estudio de capacidad de operación y los operadores asociados para la ejecución rápida y simultánea del PRS en todas las áreas asociadas a Transelec, considerando la gestión operativa de sus propias instalaciones.



2.2 Tarea II: Auditoría técnica alimentación eléctrica

TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	
Objetivo	Auditar la infraestructura de alimentación eléctrica que respalda los sistemas SCADA, centros de datos, redes de comunicaciones internas TI/TO y canales de voz de Transelec. La auditoría se enfoca en verificar la capacidad, resiliencia y cumplimiento normativo de los sistemas, así como en identificar oportunidades de mejora. Sub-Tareas; Informe de hallazgos y recomendaciones técnicas; Estimación de costos de inversión; serán incluido en las subtareas a y b.
SUB-TAREA: A1	AUDITAR INVENTARIO Y VERIFICACIÓN DE CAPACIDADES Y SOPORTE DEL EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO – DISEÑO DE SISTEMA
<p>Objetivo: Auditar las capacidades, resiliencia, soporte y garantías del equipamiento que provee energía a la infraestructura crítica de Transelec. La evaluación se basa en las especificaciones de los fabricantes y en normativas aplicables.</p> <p>Resumen: El equipo de auditoría analizó el diseño general del sistema de respaldo eléctrico de emergencia para un centro de control de Nivel III en comparación con las mejores prácticas de la industria de los Estados Unidos e internacionales, que incluyen requisitos de redundancia para la energía fuera del sitio, generadores y sistemas de batería UPS. Los estándares utilizados para esta auditoría específica fueron NFPA 70, NFPA 110, IEEE 446, TIA-942, IEC 62040, IEC 27001.</p> <p>El diseño del sistema de respaldo eléctrico de emergencia implementado por Transelec incorpora todos los elementos necesarios para cumplir con las mejores prácticas tanto de Estados Unidos como internacionales. La infraestructura física está construida para ofrecer una capacidad funcional TIER III, dando soporte tanto a los centros de control SCADA como a sus respectivos centros de datos. Los centros de control de un coordinado caen bajo un mínimo de un Nivel III. TRANSELEC emplea un concepto de diseño 2N+1 para la redundancia eléctrica, cumpliendo plenamente con los requisitos de TIER III según lo definido por las normas IEC 22237 y TIA-942.</p> <p>La integración de un diseño de alimentación externa con redundancia N+1, una configuración de generadores N+1 y un sistema de baterías UPS también con N+1 proporciona múltiples niveles de respaldo, logrando una arquitectura general de energía de emergencia con concepto 2N+1. Cada subsistema cumple de forma independiente con los criterios del TIA-942 para centro de controles TIER III. El centro de control de Transelec bajo un mínimo de un Nivel III. Transelec no ha asignado su centro de control como Nivel III en ningún documento. Los sistemas de baterías UPS cumplen con la norma IEC 60364 para requisitos de capacidad, IEC 62040 para especificaciones de diseño e IEC 22237 para clasificación TIER III. El sistema de generadores cumple con NFPA 110 e IEC 60034 en cuanto a los tiempos de arranque, así como con IEC 61439 para el diseño y construcción de los cuadros de distribución eléctrica.</p> <p>El diagrama titulado Topología de emergencia: mejores prácticas ilustran el estándar de diseño de energía de emergencia ampliamente adoptado y utilizado en la industria eléctrica. Esta topología es compatible con plataformas operativas esenciales, como centros de control, centros de datos y centros de comunicación críticos, y es reconocida como la mejor práctica del sector para garantizar la fiabilidad y la resistencia para un centro de control de Nivel III.</p>	



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Diseño de un Sistema de Emergencia

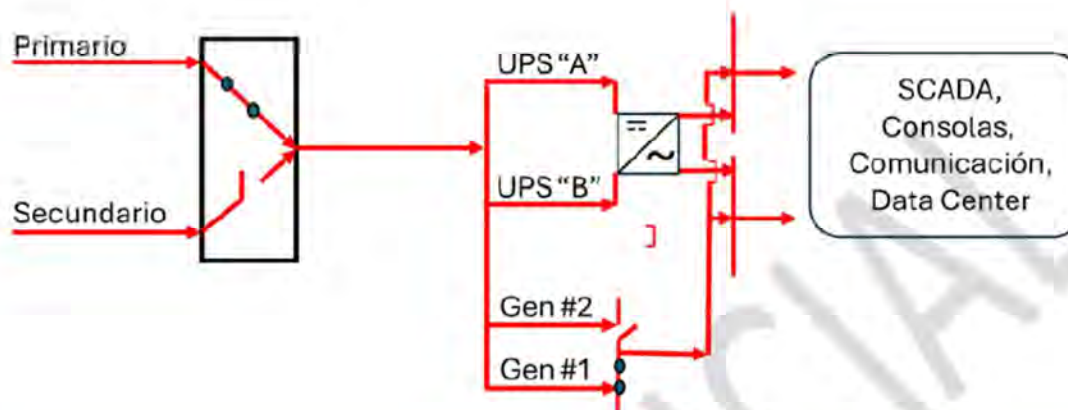


Figura 3. Topología de emergencia: prácticas recomendadas

El actual diseño de sistema de energía de emergencia de Transelec se alinea con las mejores prácticas de la industria, incorporando una arquitectura robusta y redundante para soportar operaciones críticas.

SUB-TAREA: A-2

AUDITAR INVENTARIO Y VERIFICACIÓN DE CAPACIDADES Y SOPORTE DEL EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO - AUDITAR Y ANALIZAR LA CARGA DEL SISTEMA UPS A TRAVÉS DE LAS FASES PARA ASEGURAR QUE SE MINIMICE CUALQUIER DESBALANCE DE CARGA.

Objetivo:

Auditar y evaluar los sistemas de suministro de energía ininterrumpido (UPS) son cruciales para proteger las operaciones comerciales críticas. Sin embargo, un aspecto pasado por alto en la gestión de UPS es el problema de las cargas desiguales. Las cargas desiguales pueden tener un impacto significativo en el rendimiento y la fiabilidad del sistema. Las cargas desiguales pueden reducir la eficiencia de los UPS, aumentar la generación de calor, acortar la vida útil de los componentes, activar alarmas innecesarias y, en casos severos, provocar apagones del sistema. Estos problemas se traducen directamente en un aumento de los costos operativos y un mayor riesgo para estos sistemas críticos.

Resumen:

Se evaluó la distribución actual entre los sistemas de UPS en el centro de control e identificó un desequilibrio significativo entre UPS 1 y UPS 2 del CNOT. Este desequilibrio se ilustra en el diagrama adjunto titulado Carga de sistemas UPS.



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA



Figura 4. Carga de sistemas UPS edificio CNOT

Para mejorar la eficiencia de la transferencia de carga y fortalecer la resistencia general del sistema, se recomienda que la carga eléctrica se distribuya de manera más uniforme entre las fases del sistema y los bancos de los dos sistemas UPS. Hay aproximadamente 28 amperios de desbalance entre las dos cargas de fase más altas y la más baja. El mismo desequilibrio se puede ver en ambos sistemas UPS. Una carga equilibrada garantiza que ambas unidades UPS funcionen en condiciones técnicas comparables, minimizando el riesgo de desgaste desigual, estrés térmico o degradación del rendimiento durante períodos de alta demanda.

Si bien no se identificaron problemas de carga que impidieran que el sistema se transfiriera con éxito a una configuración de UPS secundaria, la distribución de carga actual muestra un desequilibrio notable. Ambos sistemas UPS permanecen dentro de los límites aceptables de carga a capacidad, y no se observó ningún riesgo inmediato para el rendimiento operativo. Sin embargo, el desequilibrio identificado presenta una clara oportunidad para la optimización y abordarlo de manera proactiva mejorará la estabilidad del sistema y prolongará la longevidad del equipo.

Hallazgo # 1 - Criticidad: MEDIA

Hallazgo:

Se observó un desequilibrio de carga significativo entre UPS A y UPS B en el edificio CNOT.

Recomendación:

El equipo de auditoría recomienda la confirmación del desequilibrio. Es esencial investigar las causas fundamentales. Frecuentemente, el desequilibrio de carga se remonta a un mal diseño del sistema o a cambios en la distribución de carga a lo largo del tiempo, como la adición de nuevo equipo sin considerar adecuadamente la carga de fases. También puede ser el resultado de componentes fallidos como condensadores, fusibles o contactores que han dejado de funcionar silenciosamente.



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Cuando un sistema de batería UPS comienza a mostrar un alto nivel de desequilibrio de carga, es una indicación de que la demanda de energía no se está distribuyendo de manera uniforme a través de las fases o cadenas de batería. Este tipo de desequilibrio puede llevar al desgaste prematuro del equipo, reducción de la vida útil de la batería, sobrecalentamiento y, en algunos casos, falla del sistema. Abordarlo de manera oportuna y sistemática es fundamental para garantizar la confiabilidad y la seguridad. El primer paso para gestionar un desequilibrio de carga es realizar un análisis exhaustivo de la distribución eléctrica del sistema. Esto implica medir la corriente extraída en cada fase e identificar cualquier disparidad significativa. Idealmente, las corrientes de fase deberían estar dentro de una variación del 10% entre sí. Desviaciones mayores indican desequilibrio, a menudo causado por cargas distribuidas de manera desigual o cableado defectuoso.

Para corregir el desequilibrio, generalmente se requiere reequilibrar las cargas en las tres fases. Esto puede implicar redistribuir las cargas monofásicas para que cada fase asuma una parte más equitativa de la carga total. En configuraciones más complejas, puede ser necesario consultar los documentos de diseño del sistema original o recurrir a un especialista en calidad de energía para realizar estudios de flujo de carga. En sistemas con configuraciones de UPS modulares o múltiples cadenas de baterías, también es importante asegurar que la salida de cada módulo o banco de baterías comparta la carga de manera uniforme. Si ciertos módulos están sobrecargados, podría señalar problemas con la circuitería de compartición de carga, una configuración inadecuada o fallos internos dentro del UPS mismo.

La monitorización y la automatización también desempeñan un papel vital en la prevención de futuros desajustes. Implementar sistemas de monitorización avanzados que rastreen la distribución de carga en tiempo real, el estado de la batería y las corrientes de fase puede ayudar a detectar problemas a tiempo y mantener el equilibrio del sistema. Estos sistemas también se pueden configurar para activar alertas o respuestas automatizadas cuando se superen los umbrales. Finalmente, es importante incluir inspecciones y pruebas de rutina como parte de la estrategia de mantenimiento continuo. Los calendarios de mantenimiento preventivo deben incluir verificaciones de equilibrado de carga, especialmente después de cualquier cambio significativo en el sistema eléctrico o en el perfil de carga de la instalación.

AUDITAR INVENTARIO Y VERIFICACIÓN DE CAPACIDADES Y SOPORTE DEL EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO - AUDITAR LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO DE LAS BATERÍAS DE UPS PARA LAS UBICACIONES DEL CENTRO DE CONTROL PRIMARIO Y SECUNDARIO.

Objetivo:

Auditar el mantenimiento general de las UPS baterías de los centros de control primario y secundario. Estos centros de control son clasificados de Nivel III basado en las definiciones según TIA 942. El equipo de auditoría comparará las mejores prácticas de la industria para el mantenimiento de baterías UPS de EE. UU. e internacional

para centros de datos y control eléctrico de Nivel III. Los estándares utilizados para esta auditoría específica son NFPA 110, IEEE 1657, UL 1778, TIA 942, NFPA 110, IEEE 446, IEEE 450, IEEE 1188, IEC 62040-1, IEC 62040-3.

TRANSELEC externalizó sus responsabilidades de mantenimiento de los sistemas de UPS y baterías a dos contratistas distintos:

- Contratista uno: Un proveedor de servicios públicos generales responsable del mantenimiento del sistema de baterías y actividades de mantenimiento más amplias a nivel empresarial.
- Contratista Dos: Un contratista especializado encargado del mantenimiento de las plataformas de UPS.

Según el protocolo de mantenimiento definido:

- Los bancos de baterías se inspeccionaban mensualmente.
- Los sistemas de UPS se sometieron a inspecciones anuales.



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Los sistemas de baterías UPS suelen contar con varios tipos de alarmas, que incluyen:

- Alarmas Auditivas: Sonidos auditivos que alertan a los usuarios sobre problemas.
- Indicadores Visuales: Luces LED que señalan el estado operativo: verde para normal, amarillo para advertencia y rojo para fallo.
- Alertas Remotas: Notificaciones enviadas por correo electrónico o SMS cuando surgen condiciones específicas.

El proceso de mantenimiento tiene un flujo de trabajo de documentación y validación en múltiples pasos, que tenía como objetivo garantizar la precisión y la responsabilidad a lo largo del proceso. El proceso de revisión y validación mensual es el siguiente:

1. El técnico de campo (Contratista Uno) realiza el mantenimiento de la batería y completa el informe de mantenimiento y es el primer revisor y aprobador.
2. El representante técnico principal del Contratista revisa y refrendaría el informe.
3. El informe final es presentado al representante técnico de Transelec para su revisión y aprobación independiente.
4. Una vez aprobado, el informe se envió al representante principal de Transelec para su validación final y aprobación.

En caso de no detectar anomalías de fiscalidad, reactividad o voltaje, el informe de mantenimiento de la batería avanzaría a través de las diversas etapas de revisión del contratista y de la empresa hasta ser aprobado por el representante principal de la empresa; Por el contrario, en caso de detectar anomalías, la observación sería validada y el informe de mantenimiento de la batería se enviaría inmediatamente al representante de la empresa matriz. Esta acción iniciaría entonces los pasos de mitigación para rectificar la condición.

Resumen:

Los procedimientos de mantenimiento actuales están diseñados con las mejores prácticas de la industria según lo documentado en IEC 62040-3, IEEE 1188, UL-1778. El problema principal no es el diseño del proceso, sino cómo se está llevando a cabo. El proceso de documentar información, actualización de la revisión y validación de los informes de pruebas es sospechoso. El auditor ha identificado anomalías en cómo se analiza los datos reportados y también en el tiempo que se tarda en ser revisados completamente por el proceso de validación en múltiples pasos.

El proceso en cuestión funcionaría si se tomaran acciones consistentes y oportunas cuando se identifican anomalías. Hay indicios de una falta de comprensión de los datos que se están recolectando. Transelec identificó un problema con el proceso general en diciembre de 2024, cuando el contratista número dos completó el proceso de mantenimiento de UPS y detectó problemas con el conjunto de baterías asociado al respectivo sistema UPS. Este hallazgo llevó a Transelec y al contratista número uno a tener reuniones sobre la capacidad del contratista número uno para proporcionar la calidad de servicio requerida para mantener estos sistemas de baterías críticos. A partir de esta auditoría, el contratista número uno sigue siendo responsable del mantenimiento de baterías para TR.

El equipo de auditoría ha identificado los siguientes hallazgos asociados con las prácticas de mantenimiento actuales.



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Hallazgo # 2 - Criticidad: ALTA

Hallazgo:

Los informes de mantenimiento de baterías de UPS tardaron en promedio 3 meses en ser completamente revisados y finalizados desde el momento en que se completó el mantenimiento hasta que el líder de Transelec finalizó los hallazgos.

El diagrama titulado *Revisión y validación de mantenimiento de Baterías*, ilustra

Revisión y validación de mantenimiento de Baterías

Cuando el mantenimiento se les hizo a los sistemas de baterías y cuando los reportes fueron completados por Transelec. La columna llamada "Tiempo de completar" ilustra el tiempo que tuvo el procedimiento de ser revisado y aprobado por Transelec.

Mantenimiento de Baterías			Revisión y validación				Tiempo de completar
Subestacion	Sistema	Ubicacion	Contratista 1 Técnico	Cont 1 Tech Jefe	TRANSELEC Técnico	TRANSELEC Jefe	
			8/13/2024	8/13/2024	10/3/2024	10/3/2024	1.5 meses
			8/13/2024	8/13/2024	10/3/2024	10/3/2024	1.5 meses
			9/13/2024	9/13/2024	12/13/2024	12/12/2024	3 meses
			9/12/2024	9/12/2024	Oct-24	11/6/2024	.75 mes
			9/12/2024	9/12/2024	12/13/2024	12/12/2024	3 meses
			9/13/2024	9/13/2024	12/13/2024	12/13/2024	3 meses
			4/2/2024	4/2/2024	6/5/2024	6/7/2024	2 meses
			8/1/2024	8/1/2024	11/14/2024	11/15/2024	3.5 meses
			10/9/2024	10/9/2024	12/6/2024	12/6/2024	2 meses
			4/2/2024	4/2/2024	6/5/2024	6/7/2024	2 meses
			8/1/2024	8/1/2024	11/14/2024	11/15/2024	3.5 meses
			8/1/2024	8/1/2024	11/14/2024	11/15/2024	3.5 meses
			8/13/2024	8/13/2024	10/3/2024	10/3/2024	1.75 meses
			8/13/2024	8/13/2024	10/3/2024	10/3/2024	1.75 meses
			10/10/2024	10/10/2024	12/1/2024	12/6/2024	2 meses
			8/13/2024	8/13/2024	10/3/2024	10/3/2024	1.75 meses
			10/10/2024	10/10/2024	12/6/2024	12/6/2024	2 meses
			8/13/2024	8/13/2024	10/3/2024	10/3/2024	1.75 meses
			4/3/2024	4/3/2024	7/12/2024		3 meses
			4/3/2024	4/3/2024	11/12/2024	11/12/2024	7 meses
			4/3/2024	4/3/2024	10/24/2024	11/12/2024	7 meses
			4/3/2024	4/3/2024	10/17/2024	10/17/2024	6.5 meses

Figura 5. Revisión y validación de mantenimiento de Baterías

Recomendación:

Cualquier resultado de una prueba de un sistema crítico debe ser revisado de inmediato por la entidad encargada de la prueba, y luego por el líder técnico del propietario. Esta urgencia se debe a la naturaleza crítica de estos sistemas y a la necesidad de que la empresa tome decisiones expeditas sobre componentes que, por lo general, tienen largos plazos de adquisición.



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Hallazgo # 3 - Criticidad: ALTA

Hallazgo:

Los resultados no están siendo examinados ni actuados en función de la naturaleza crítica de su función. Las acciones mostradas en los informes de prueba indican un entendimiento rudimentario de los problemas que los resultados encontrados están transmitiendo. Encontró anomalías en los resultados de número de baterías del sistema, así que en los informes de prueba que mostraban menos baterías de las que el sistema debería haber tenido. Estos hallazgos no fueron identificados por el proceso de selección y fueron totalmente validados por el Contratista número uno y por la gerencia de Transelec. Durante las sesiones de reunión con los representantes de Transelec, no pudieron explicar por qué no se habían abordado estos problemas. La explicación dada a la falta de consistencia en el número de baterías fue que el informe de prueba se copió incorrectamente. Desafortunadamente, esto se observó en dos informes de prueba. Los informes para UPS1 y UPS 2 enseñaron que el reporte del mes de abril el sistema tenía 38 baterías, mientras que el informe del mes de agosto tenía 40 baterías.

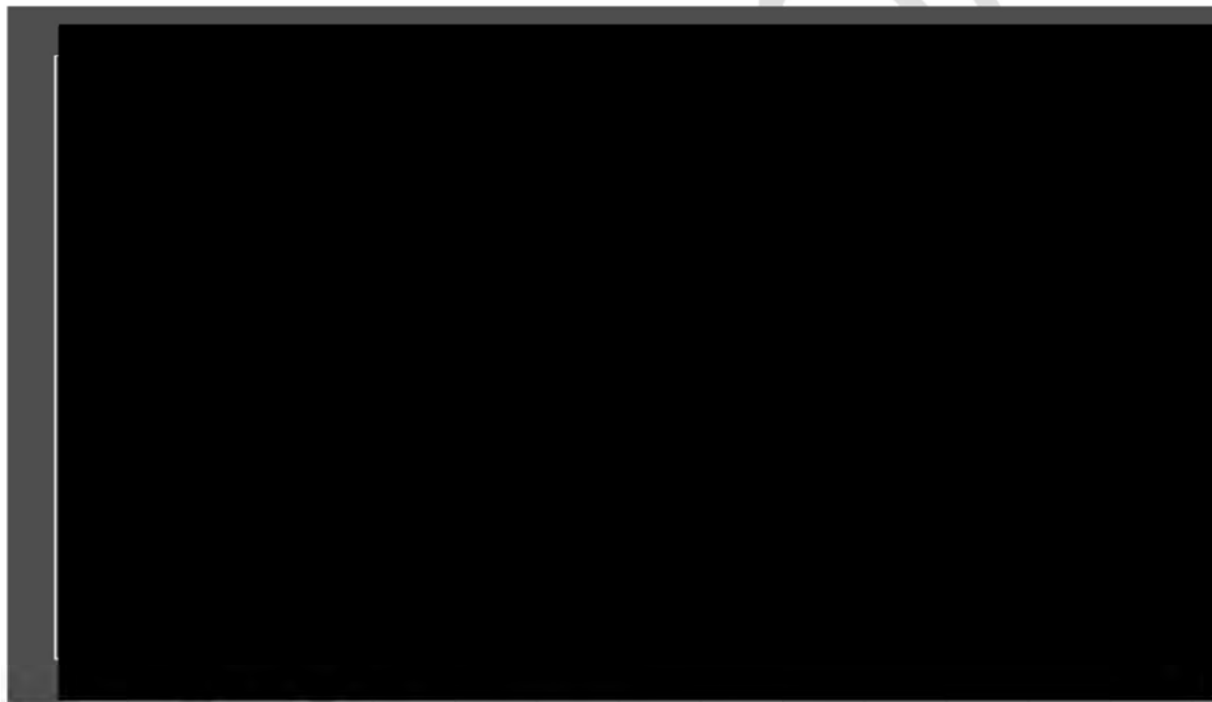


Figura 6. CNOT UPS1 reporte baterías



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

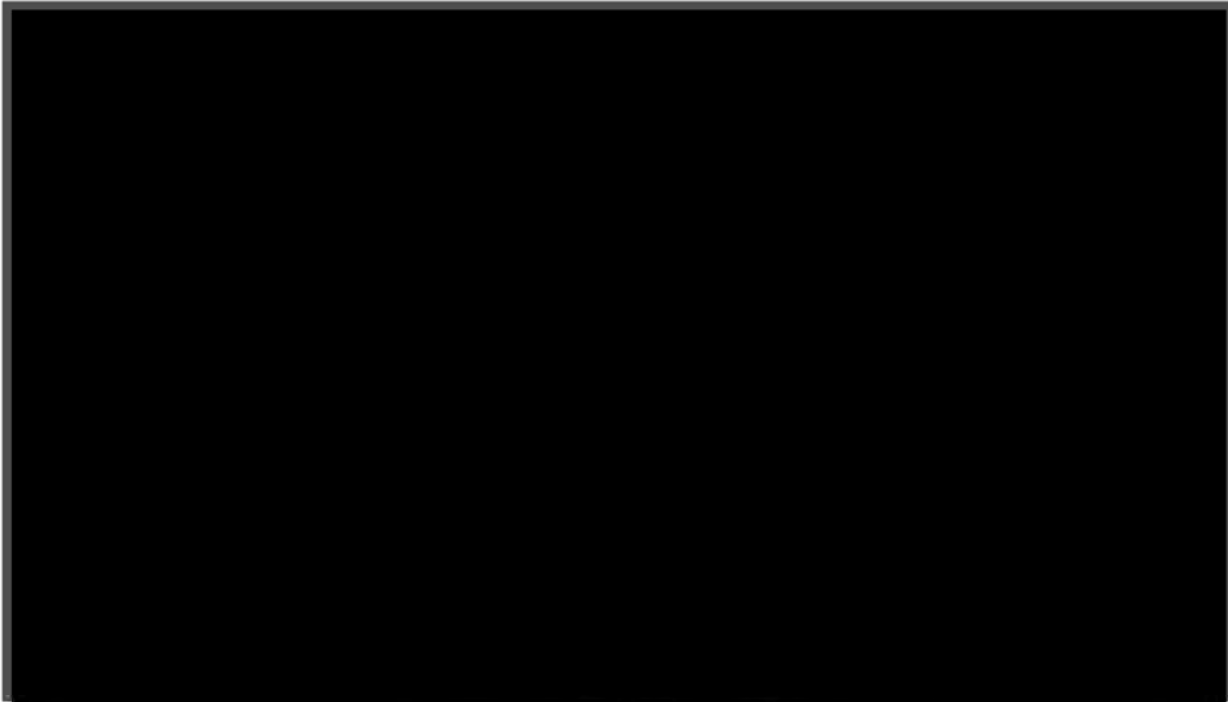


Figura 7. CNOT UPS2 reporte baterías

La gerencia de Transelec no pudo explicar la diferencia y explicaron que debe haber sido una pensaron que fue un error cometido al transferir la información. El equipo de auditoría tiene preocupaciones sobre por qué hubo múltiples pasos durante el proceso de revisión en los que no se identificó esto y aun así fue validado por el liderazgo del contratista número uno y por el liderazgo de Transelec.

Recomendación:

Revisar el proceso de capacitación para estos procedimientos para asegurar que las preocupaciones identificadas sean abordadas adecuadamente. Además, el informe de prueba debería incluir una sección dedicada a la información del sistema tal como fue construido, que debería servir como base para revisar las condiciones de prueba. El equipo de auditoría también sugiere implementar un proceso de aprobación para cada sección del informe. Esta revisión en múltiples niveles ayudará a asegurar que tanto el Contratista Uno como el equipo de Transelec hayan revisado y validado exhaustivamente los informes de prueba. El equipo de auditoría también recomienda comparar el informe de prueba de baterías emitido por el contratista dos con el informe de prueba de Transelec utilizado para los controles de mantenimiento mensual de baterías. El informe de prueba que fue presentado por el contratista número dos el 18 de diciembre de 2024 está diseñado para que el técnico complete información del nombre del sistema o de un informe de gestión de activos que especifique la información técnica y funcional específica del sistema.

Hallazgo # 4 - Criticidad: ALTA

Hallazgo:

Los informes de pruebas de baterías suministrados por el personal de mantenimiento no reflejan una comprensión técnica consistente del ítem evaluado. Un ejemplo de esto son los resultados de resistividad, que varían entre 4.7 mili ohmios y 318.5 mili ohmios, y los niveles de voltaje, que oscilan entre 11.33 V y 17.22 V.



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Estas variaciones no se identifican como anómalas ni se discuten en la sección de comentarios del informe de mantenimiento interno de Transelec. Esta situación sugiere que el equipo responsable no comprende plenamente los resultados obtenidos ni identifica posibles problemas del sistema que deberían ser comunicados al cliente.

El contratista número uno siguió el proceso establecido para verificar la resistividad y los niveles de voltaje de las baterías, pero no logró detectar que los valores registrados no corresponden a un sistema en condiciones normales de operación. Además, los comentarios incluidos en los informes indicaban que las condiciones y baterías estaban en condición "buenas" y que no se requerían acciones correctivas. El proceso de validación por parte de Transelec tampoco cuestionó los resultados entregados. Esto se encontró en varios informes, no solo en los de UPSA y UPSB.

El equipo auditor también identificó que Transelec fue informado previamente de problemas similares el 18 de diciembre de 2024, cuando el contratista número dos detectó irregularidades en los niveles de resistividad y voltaje en los sistemas UPSA y UPSB, las cuales no fueron detectadas por el contratista número uno. El informe del contratista número dos señaló que las 40 baterías se encontraban en un estado "degradado". Esta situación motivó reuniones internas y externas con el contratista número uno, debido a la calidad deficiente de sus evaluaciones. Como respuesta, Transelec informó que había reorganizado sus operaciones internas y revisado el proceso de mantenimiento de baterías para asegurar una evaluación e inspección más rigurosas.

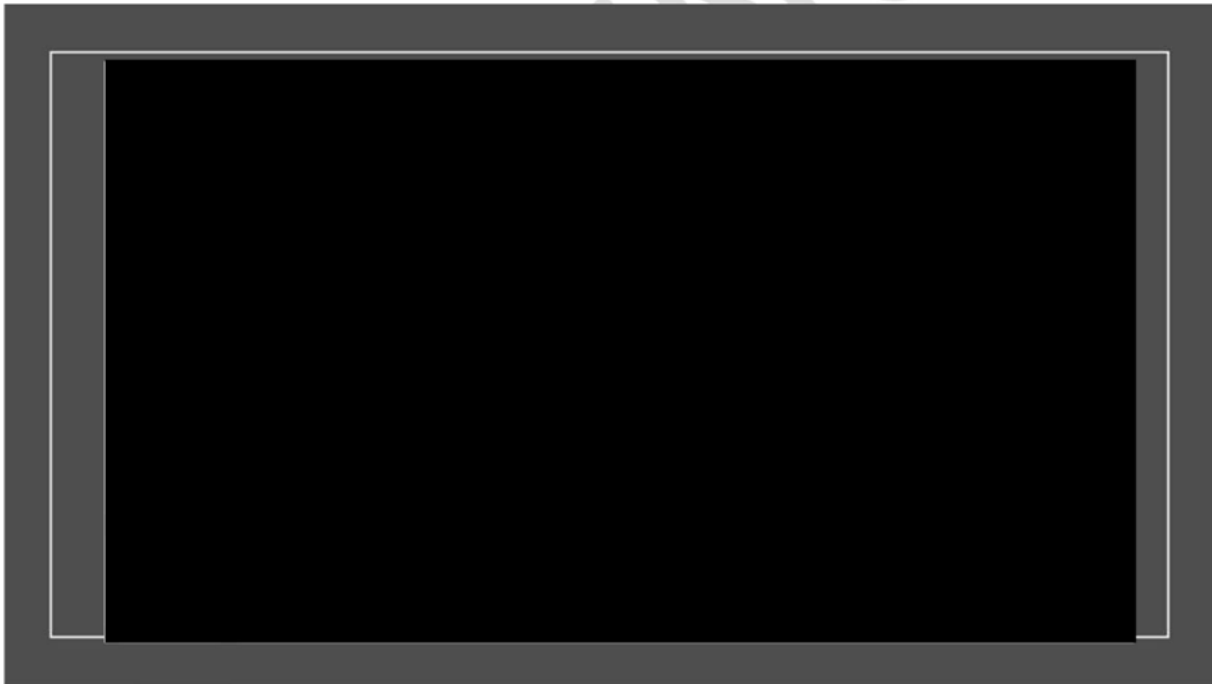


Figura 8. Informe de baterías por contratista dos

El equipo de auditoría concluye que el proceso de mantenimiento de los sistemas UPS no fue gestionado adecuadamente por el contratista número uno o Transelec.

Asimismo, se constató que ambos sistemas, UPSA y UPSB, estaban siendo reemplazados en el comando tras el evento del 25 de febrero. Las nuevas baterías fueron solicitadas el 27 de febrero e instaladas por el contratista número dos.



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Recomendación:

Transelec debe revisar y validar que el contratista número uno pueda realizar el mantenimiento de baterías UPS. Transelec debe asegurarse de que el contratista número uno tenga las habilidades necesarias para el mantenimiento del sistema de baterías. Las directrices operativas de las baterías deben ser parte de los informes de prueba de las baterías, indicando lo que está dentro de tolerancia y lo que está fuera de tolerancia para los valores medidos requeridos de cada uno de los diferentes sistemas de baterías. Esto garantizará que, si un valor encontrado está fuera de tolerancia, se tome una acción específica para corregir el valor encontrado.

SUB-TAREA: A-4

AUDITAR INVENTARIO Y VERIFICACIÓN DE CAPACIDADES Y SOPORTE DEL EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO - AUDITAR LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO DE LOS GENERADORES DEL CENTRO DE CONTROL PRIMARIO Y SECUNDARIO

Objetivo:

Auditar el mantenimiento general de los generadores de los centros de control primario y secundario. Estos centros de control son clasificados de Nivel III basado en las definiciones según TIA 942. El equipo de auditoría comparará las mejores prácticas de la industria para el mantenimiento de generadores de EE. UU. e internacional para centros de datos y control eléctrico de Nivel III. Los estándares utilizados para esta auditoría específica son NFPA 110, NERC PRC-005

Resumen:

TRANSELEC mantiene un programa formal para probar el funcionamiento de los generadores. Tras el apagón del 25 de febrero de 2025, una revisión interna detallada de sus procedimientos de mantenimiento reveló un descuido crítico: la batería del circuito de control de 12 voltios, que alimenta el sistema de control y puesta en marcha del generador y fue la causa principal del mal funcionamiento del generador, no se incluyó en el protocolo de prueba. El problema se origina a partir de una decisión tomada en 2016, luego de una prueba completa del generador que dejó el sistema SCADA inoperativo. A raíz de este evento, se decidió excluir la prueba de extremo a extremo de las futuras pruebas de generador en Comando. Actualmente, Comando es la única instalación de Transelec donde se omite esta prueba. El problema se derivaba del método de prueba utilizado. En lugar de realizar una prueba de funcionamiento del interruptor de transferencia automática (ATS), el generador se puso en marcha utilizando un procedimiento híbrido. Este enfoque pasó por alto componentes clave, como los relés de detección de voltaje (por ejemplo, relé de voltaje (27) y los sistemas de batería que alimentan el circuito de control del generador. Como resultado, la secuencia de inicio de emergencia real nunca se validó por completo. Este fue precisamente el caso del generador operativo restante en las instalaciones de Comando, que se encargó de dar soporte al Centro de Datos. Aunque el generador pasó

Figura 9. Batería de lógica de control generadores edificio Comando



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

las pruebas de rutina, la batería de control nunca se probó bajo carga y falló durante el apagón, lo que impidió que el generador arrancara automáticamente.

Hallazgo # 5 - Criticidad: ALTA

Hallazgo:

El equipo auditor ha identificado que el equipo de Transelec ha hecho una encuesta detallada y están revisando sus protocolos de prueba de generadores para garantizar que las baterías de los circuitos de control se prueben explícitamente. Las pruebas consistentes de extremo a extremo de los generadores de emergencia son esenciales para garantizar que los sistemas funcionen según lo previsto durante una crisis.

Recomendación:

Realizar una solicitud de seguimiento a Transelec para asegurar que se hayan completado los procedimientos de prueba adecuados y que se haya llevado a cabo toda la capacitación sobre el nuevo proceso de pruebas. Para garantizar un rendimiento confiable durante emergencias, los generadores deben probarse regularmente de acuerdo con los estándares de la industria. El protocolo de prueba típico incluye:

1. Inspección visual:
 - a. Inspeccione los niveles de combustible, aceite y refrigerante.
 - b. Compruebe si hay fugas, corrosión o daños físicos.
 - c. Verifique el estado de la batería y la integridad de los terminales.
2. Ejecución de prueba semanal/mensual:
 - a. Encienda el generador manualmente o utilizando su programación automatizada. Hacer esto utilizando el circuito de control de detección de falla eléctrica (equipo que fallo el 25F)
 - b. Deje que se ejecute durante aproximadamente 30 minutos, bajo carga para verificar el rendimiento en el mundo real.
3. Pruebas de bancos de carga (anualmente)
 - a. Simula la carga operativa completa.
 - b. Verifica la capacidad del generador para mantener el voltaje y la frecuencia bajo demanda.
4. Prueba funcional ATS
 - a. Simule un corte de servicio desconectando la alimentación principal.
 - b. Confirme que el ATS inicia el proceso de arranque del generador y transfiere la carga correctamente.

SUB-TAREA: B

AUDITAR DISPONIBILIDAD MENSUAL DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Objetivo:

Auditar y evaluar la disponibilidad mensual de los sistemas de alimentación eléctrica del Centro de Control Principal y su respaldo, abarcando un período de seis meses previos al evento del 25 de febrero. Incluir la revisión de sistemas que respaldan las UTR y la operación continua de los centros de control. Las pruebas serán ejecutadas por Transelec y supervisadas por Quanta Technology.

Resumen:

Transelec mantiene y cuenta con un proceso mediante el cual todos los sistemas de emergencia —generadores, baterías, UPS y conmutadores de transferencia— son probados mensualmente. Estas actividades de mantenimiento se documentan y pasan por un proceso de validación en múltiples etapas. La efectividad del

proceso depende en gran medida de que el personal encargado de las pruebas tenga un conocimiento profundo de los sistemas y sea capaz de recomendar acciones correctivas cuando se detectan anomalías. El problema surge cuando estos hallazgos no son revisados adecuadamente o cuando no se identifican ni comunican problemas que podrían afectar la confiabilidad del sistema.



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Hallazgo # 6 - Criticidad: ALTA

Hallazgo:

El equipo de auditoría encontró que los procesos de mantenimiento no se ejecutan de manera consistente ni con el nivel de escrutinio necesario para garantizar que los sistemas evaluados se encuentren en las condiciones operativas requeridas. Se identificaron inconsistencias en la evaluación de los resultados, demoras en el proceso de revisión, y una falta de uniformidad en la documentación de los informes de prueba. Estos hallazgos generan dudas sobre la comprensión general de los procesos y procedimientos que rigen el programa de mantenimiento. Cuando el equipo auditor consultó al equipo directivo de Transelec sobre las discrepancias presentes en la documentación entregada, no pudieron proporcionar una respuesta satisfactoria. Como resultado, el equipo de auditoría puso en duda el nivel de conocimiento y competencia del personal encargado de llevar a cabo estas actividades de mantenimiento.

Recomendación:

El equipo de auditoría recomienda una revisión exhaustiva de todos los procesos y procedimientos. Además, todo el personal responsable de ejecutar y revisar las actividades de mantenimiento debe recibir una nueva capacitación para asegurar que las tareas se realicen de manera clara y consistente. Esto permitirá que cualquier área de preocupación sea identificada y atendida rápidamente. Asimismo, se deben establecer acuerdos de nivel de servicio (SLA) específicos que definan plazos claros para la ejecución, revisión y aprobación de estas actividades por parte del liderazgo de Transelec.

SUB-TAREA: E

AUDITAR Y DOCUMENTAR REGISTRO DE ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Objetivo:

Auditar y documentar todos los antecedentes históricos relevantes relacionados con el evento del 25 de febrero, en lo que respecta a la alimentación eléctrica de los sistemas involucrados.

Resumen:

El equipo auditor revisó todos los procesos y procedimientos diseñados para alinear la respuesta organizacional de Transelec durante situaciones de emergencia. La documentación reveló una falta de coordinación a nivel empresarial entre las unidades de negocio y operativas. Las organizaciones líderes suelen realizar al menos una sesión de entrenamiento anual integral que involucra a toda la empresa. El propósito principal de esta capacitación es permitir que la organización practique procesos y procedimientos que se usan con poca frecuencia, asegurando así la preparación. Además, obliga a los equipos a revisar y actualizar los procedimientos en función de cualquier cambio empresarial u operativo realizado desde el último simulacro de emergencia. Estas sesiones también brindan experiencia práctica valiosa para el personal nuevo o junior, reforzando su comprensión de los protocolos críticos de emergencia.

Transelec indicó que su programa de entrenamiento para emergencias no está diseñado con un enfoque empresarial integral y es muy limitado en alcance. Los eventos del 25 de febrero de 2025 evidenciaron claramente áreas de mejora que podrían haberse abordado mediante un programa de capacitación sistemático. Uno de los desafíos más importantes que afectó la puesta en marcha del segundo centro de control fue la incapacidad de Transelec para actualizar el programa de restauración requerido, un problema que podría haberse mitigado con una mejor capacitación.

Hallazgo # 7 - Criticidad: ALTA

Hallazgo:

No tienen un programa de entrenamiento de emergencia a nivel empresarial que permita a todas las organizaciones comerciales y operativas probar sus procesos de emergencia específicos. La mayoría de las



TAREA II - AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

principales compañías de servicios públicos llevan a cabo programas de entrenamiento a nivel empresarial para condiciones de emergencia, tales como tormentas de vientos fuertes, pérdida de capacidades derivadas de la pérdida de generación o pérdida de transmisión crítica. También están llevando a cabo entrenamiento en ciberseguridad.

Recomendación:

El Equipo de Auditoría recomienda desarrollar e implementar un proceso formal a nivel empresarial que asegure que todo el personal conozca claramente sus funciones y responsabilidades durante situaciones de emergencia. Este proceso debe incluir un programa de capacitación anual, obligatorio y recurrente, cuyo objetivo sea familiarizar a todos los empleados con los procedimientos de emergencia, sus roles específicos y la ubicación de la documentación crítica. La capacitación debe ser completa, práctica y adaptada a cada puesto, para garantizar que ningún trabajador enfrente tareas relacionadas con emergencias por primera vez en una situación real. El propósito es mantener un alto nivel de preparación en toda la organización, donde cada colaborador esté informado, capacitado y confiado en su capacidad para responder eficazmente.



2.3 Tarea III: Auditoría técnica SCADA, redes, telecomunicaciones y canales de voz

TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Objetivo Auditar la infraestructura tecnológica y de comunicaciones de TRANSELEC, evaluando su capacidad, resiliencia, cumplimiento normativo y estado contractual.

SUB-TAREA A. VERIFICACIÓN DE CAPACIDADES, RESILIENCIA Y CONTRATOS DE REDES Y CANALES DE VOZ

Objetivo:

Auditar la red de comunicaciones internas TI/TO y los canales de voz (Hotline, telefonía celular y satelital), considerando normas técnicas y especificaciones de los fabricantes.

Resumen:

La diversidad de rutas (tanto física como lógica) es fundamental para garantizar la resiliencia y disponibilidad de los servicios críticos como SCADA, protección, voz y datos. La diversidad debe ser a nivel de ruta física, elemento de red (nodo/chasis) y tarjeta o interfaz (puerto).

Durante las visitas a los Centros de Control Principal [REDACTED] y al de Respaldo [REDACTED] y a las Subestaciones Lo Aguirre y Rapel, al recibir información complementaria en reuniones virtuales y al estudiar los documentos suministrados, el equipo auditor revisó la redundancia y diversidad de rutas para circuitos críticos de voz y datos, incluyendo, enlaces de área extendida (WAN) duales, rutas físicas separadas y equipos críticos con conexiones dobles, siguiendo buenas prácticas y los siguientes estándares de la industria:

- TIA-942 (Estándar de Infraestructura de Telecomunicaciones para Centros de Datos).
- IEC 61850 (Comunicación en subestaciones).
- IEEE 1646 (Requisitos de rendimiento del tiempo de entrega de comunicación para la automatización de subestaciones eléctricas).

Si bien se comprobó la implementación de la redundancia de equipos y rutas, se encontraron puntos únicos de falla, [REDACTED]

En lo referido al ámbito del telecontrol y voz operacional, se tiene:

1. Comunicaciones de datos: se dispone de dos enlaces de comunicación para el envío de datos entre el CC de Transelec y el Coordinador:
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
2. Comunicaciones de Voz: Transelec cuenta con 4 canales hotline, utilizables tanto desde el CCP como del CCR de Transelec. Los 4 "hotlines" se componen de las siguientes vías:
 - a. Hotline CCP Transelec: [REDACTED]
 - b. Hotline CCP Transelec: [REDACTED]
 - c. Hotline CCR Transelec: [REDACTED]
 - d. Hotline CCR Transelec: [REDACTED]

El ancho de banda de los circuitos agregados que soportan las comunicaciones de datos de los servidores encargados de recibir las señales de campo y enviarlas al Coordinador y entre centro de controles es de [REDACTED] los cuáles se encuentran acordes con las buenas prácticas y estándares [REDACTED] y [REDACTED] y se hallan suficientes para el transporte tanto de señales DAC e ICCP que Transelec usa.



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

El ancho de banda de los circuitos TDM agregados que soportan las comunicaciones de voz es de al menos [REDACTED] lo cual se encuentra acorde con las buenas prácticas y estándares (ITU-T G.703 and G.704) y se hallan suficientes [REDACTED].

Como se corroboró durante la reunión con Transelec el día 23 de Julio del 2025, Transelec tiene comunicación de voz vía telefonía pública con todos los CC que coordina como COR el día del evento del 25F, no obstante, basado en información recibida por el CEN, las comunicaciones desde el CEN u otros coordinados hacia Transelec vía hotline, estuvieron inoperativas (solo se podía llamar del Transelec hacia afuera, pero nadie se podía comunicar con Transelec).

En la entrega de documentación aclaratoria del día 6 de agosto, Transelec confirmó que en el CCP – [REDACTED] en lo que se refiere al sistema de comunicaciones voz nuevo, es decir, al que reemplazó el [REDACTED] por equipo [REDACTED], entre los edificios CNOT y Comando existe un solo enlace. Antes y durante el evento de febrero 25 el equipo [REDACTED] contaba con dos enlaces entre estos edificios. Como parte del proyecto de reemplazo por equipo Cisco, se establecerá un segundo enlace por un camino diferente entre los dos edificios para así cumplir con la redundancia y diversidad de ruta necesarias.

A continuación, se incluyen diagramas de los enlaces en los centros de control y subestaciones visitadas por el equipo auditor.

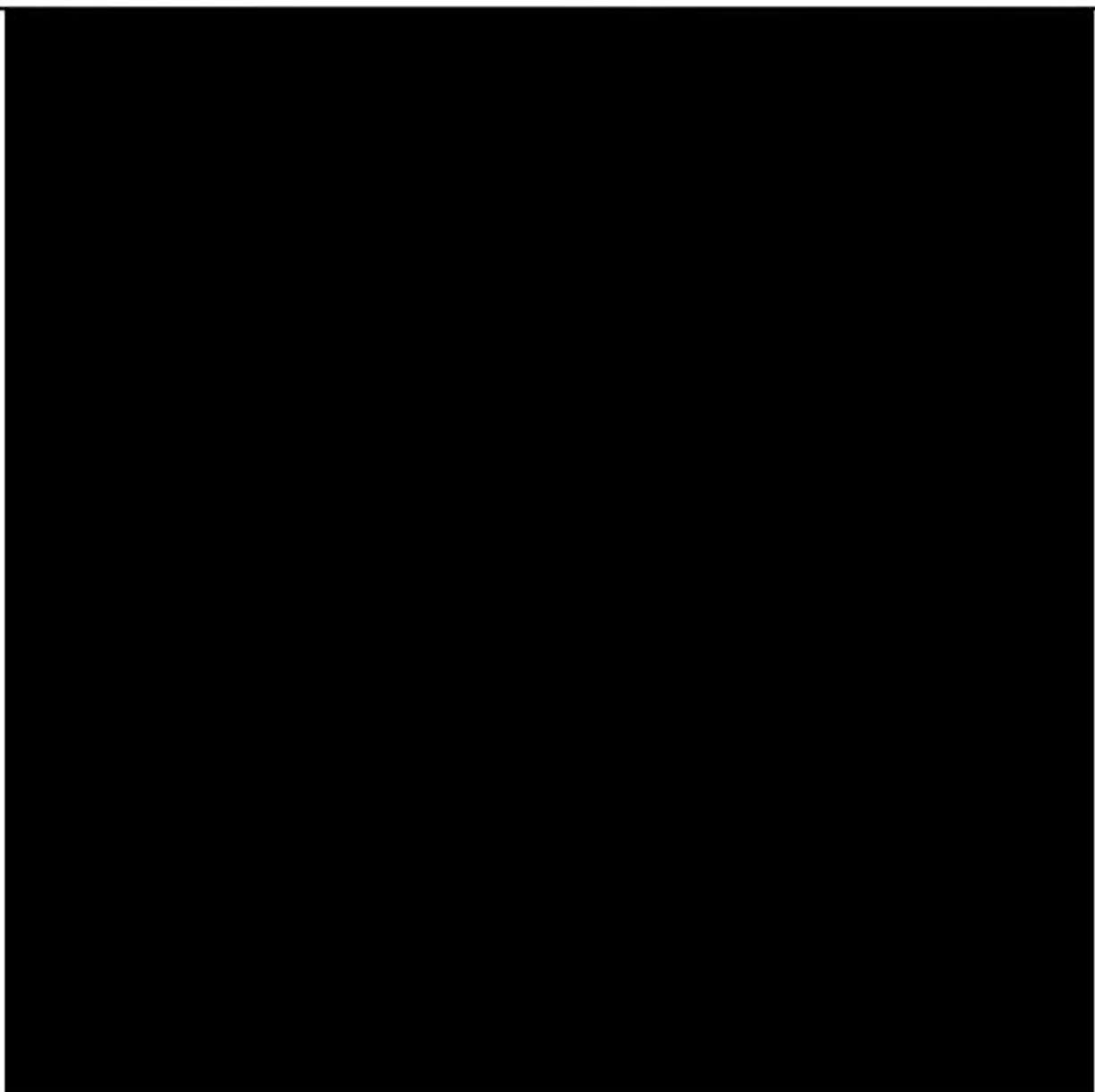


Figura 10. Configuración actual – [REDACTED]



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ



Figura 11. Configuración actual - [REDACTED]

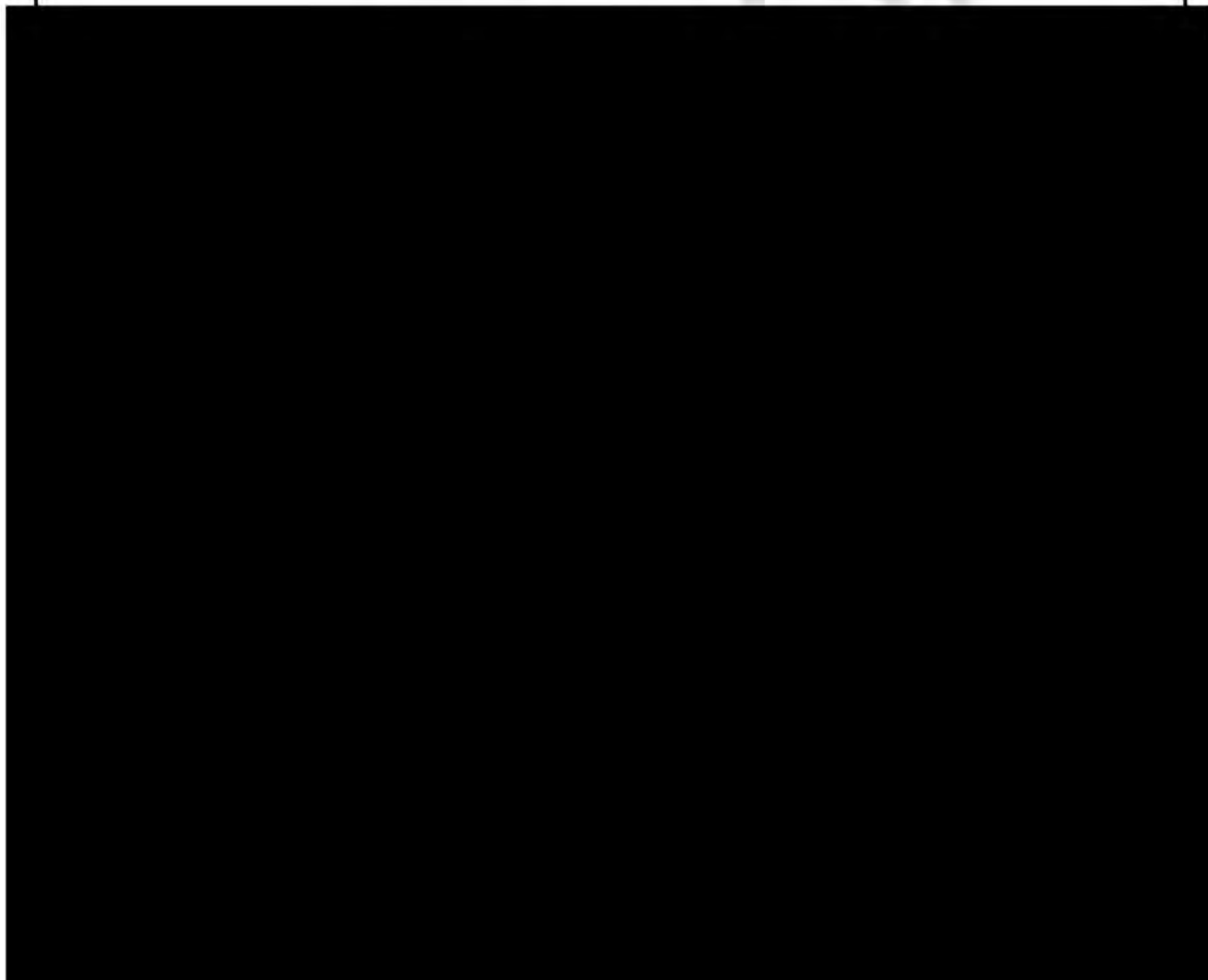


Figura 12. Configuración actual - [REDACTED]



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Hallazgo # 1 - Criticidad: ALTA

La conexión entre centros de control (de respaldo de Transelec y con el Coordinador) y entre subestaciones y ambos centros de control de Transelec, es redundante vía enlaces principal y secundario usando fibra óptica y microondas. Sin embargo, [REDACTED]

Esto se evidencia en los sistemas que soportaban los canales de voz durante el incidente del 25F, en los dos centros de control de Transelec (Principal y de Respaldo) se encontraban soportados por equipos [REDACTED]. Estos fueron reemplazados por un sistema IP [REDACTED] que, si bien ofrece los beneficios de la conversión a un sistema totalmente digital, [REDACTED]

Recomendación:

Se recomienda entonces modificar la configuración y diseño de la red de tal manera que [REDACTED]

Hallazgo # 2 - Criticidad: ALTA

La implementación del sistema de cableado, es decir, el enrutamiento de cables entre equipos dentro de los gabinetes es deficiente y propenso a causar problemas de desconexión no deseados al tener que manipularlos. También eso hace difícil la identificación de las conexiones y su seguimiento. Ver un ejemplo en el **Anexo 5 - "Fotografías Telecomunicaciones"**, Fotografía b.

Recomendación:

Modificar el enrutamiento de cables aplicando las siguientes buenas prácticas de Cableado y Organización:

- Usar organizadores de cables horizontales y verticales.
- Etiquetar todos los cables en ambos extremos.
- Separar cables de cobre y de fibra óptica.
- Considerar la curvatura máxima para cables de fibra.
- Asegurarse que los cables no queden tensionados ni aplastados.

Hallazgo # 3 - Criticidad: ALTA

Se visualizaron equipos ubicados directamente sobre otros equipos y no en bandeja para proporcionar apoyo estable y mejorar la circulación del aire evitando sobrecalentamiento. Ver ejemplos en el **Anexo 5 - "Fotografías Telecomunicaciones"**, Fotografías c.

Recomendación:

Revisar y reemplazar por equipos que sean para instalación en gabinetes o "racks" o colocarlos en bandejas especiales para evitar contacto directo con otros equipos. y deben quedar anclados para evitar caídas ante movimientos telúricos y/o trabajos en los gabinetes o "racks".



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Hallazgo # 4 - Criticidad: ALTA

Las conexiones de los servidores SCADA y los canales de comunicación de voz desde el edificio CNOT hacia el exterior del Centro de Control Principal (CCP-) dependen de .

En contraste con el Centro de Control de Respaldo (CCR-),

Cualquier eventualidad de pérdida de suministro de energía depende únicamente de los sistemas de respaldo existentes, es decir dos conjuntos redundantes UPS y Generadores.

Recomendación:

- Establecer dos (2) enlaces de respaldo adicionales con suplidores diferentes que salen directamente desde el edificio CNOT hacia el CCR de Transelec, uno de Datos (Enlace Alternativo DATOS "INTERSITE") y uno de Voz (Enlace Alternativo VOZ (Hotline) "INTERSITE").
- Establecer un (1) enlace de respaldo adicional de Datos (Enlace Alternativo DATOS "COORDINADOR") hacia el centro de Control del CEN .
- Establecer un (1) enlace de respaldo adicional de Voz (Enlace Alternativo VOZ (Hotline) "COORDINADOR") hacia el centro de Control del CEN .
- Estos enlaces alternos deberán implementarse de preferencia usando fibra óptica, bien sea Transelec propia (entre sus centros de control principal y de respaldo) o vía terceros para los enlaces con los centros del Coordinador.
- Acelerar la implementación del enlace alternativo de voz entre los edificios CNOT y Comando que Transelec confirmó que está proyectado como parte del reemplazo del equipo PBX de Avaya a equipo Cisco.

En general debe efectuarse una ingeniería de detalle de conexiones lógicas sobre esta estructura de enlaces físicos que optimice la disponibilidad de las comunicaciones de voz y datos recomendadas. Esta auditoría no recomienda ninguna implementación lógica en particular y se hace énfasis en la necesidad de tener enlaces directos desde el edificio CNOT hacia el exterior.

Esta recomendación se ilustra en la figura 13 a continuación:



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

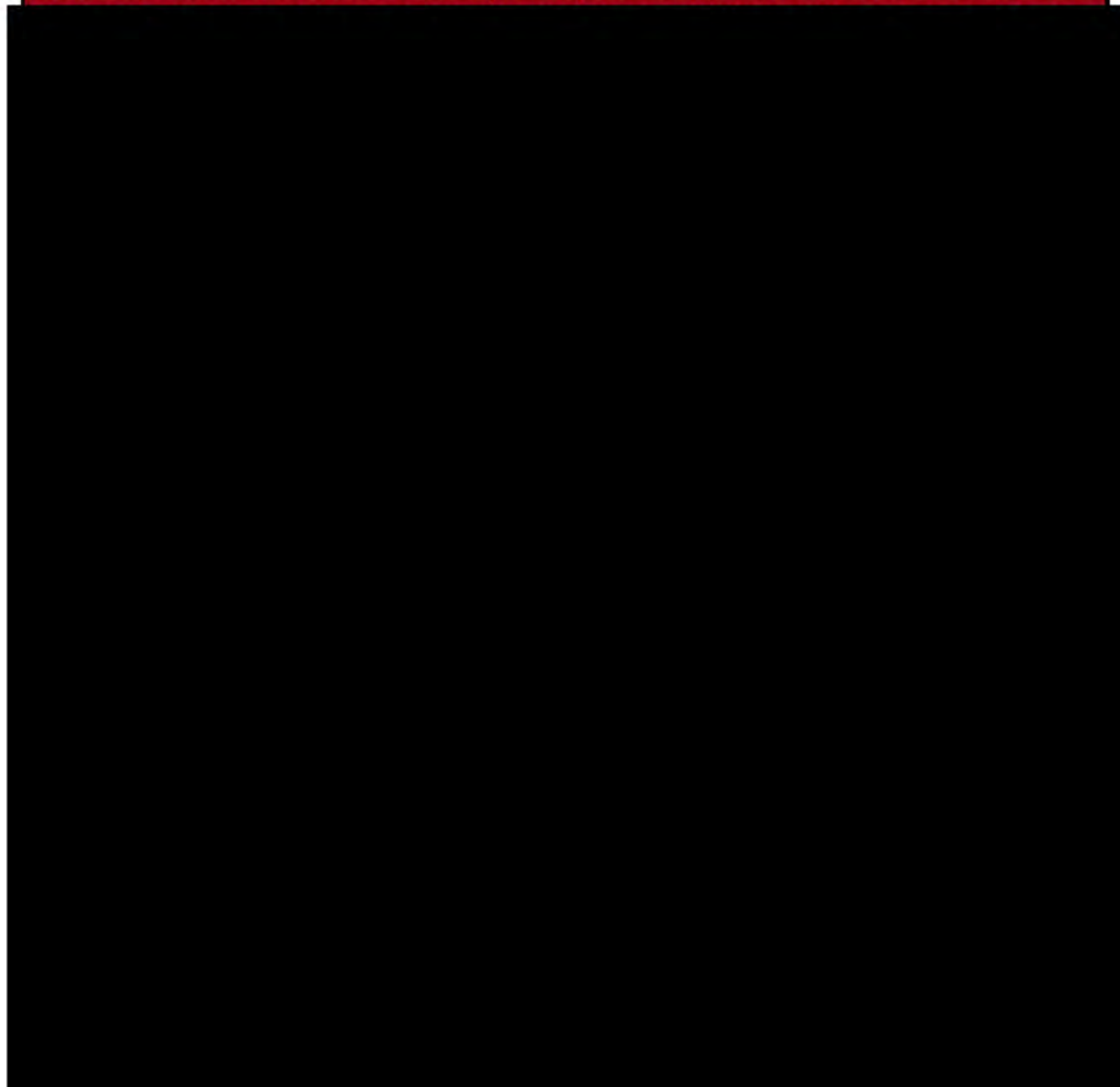


Figura 13. Recomendación – [REDACTED]

El diseño detallado de estos enlaces alternos saliendo directamente desde el edificio CNOT en el CCP [REDACTED] dependerá de si serán implementados con equipos y fibras propias o de terceros. La figura 14 muestra el punto de salida de los enlaces alternos recomendados de datos y la figura 15 muestra lo propio correspondiente a los enlaces de voz.



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ



Figura 14. Recomendación – Enlaces Alternos DATOS desde Edificio CNOT en CCP – [REDACTED]



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ



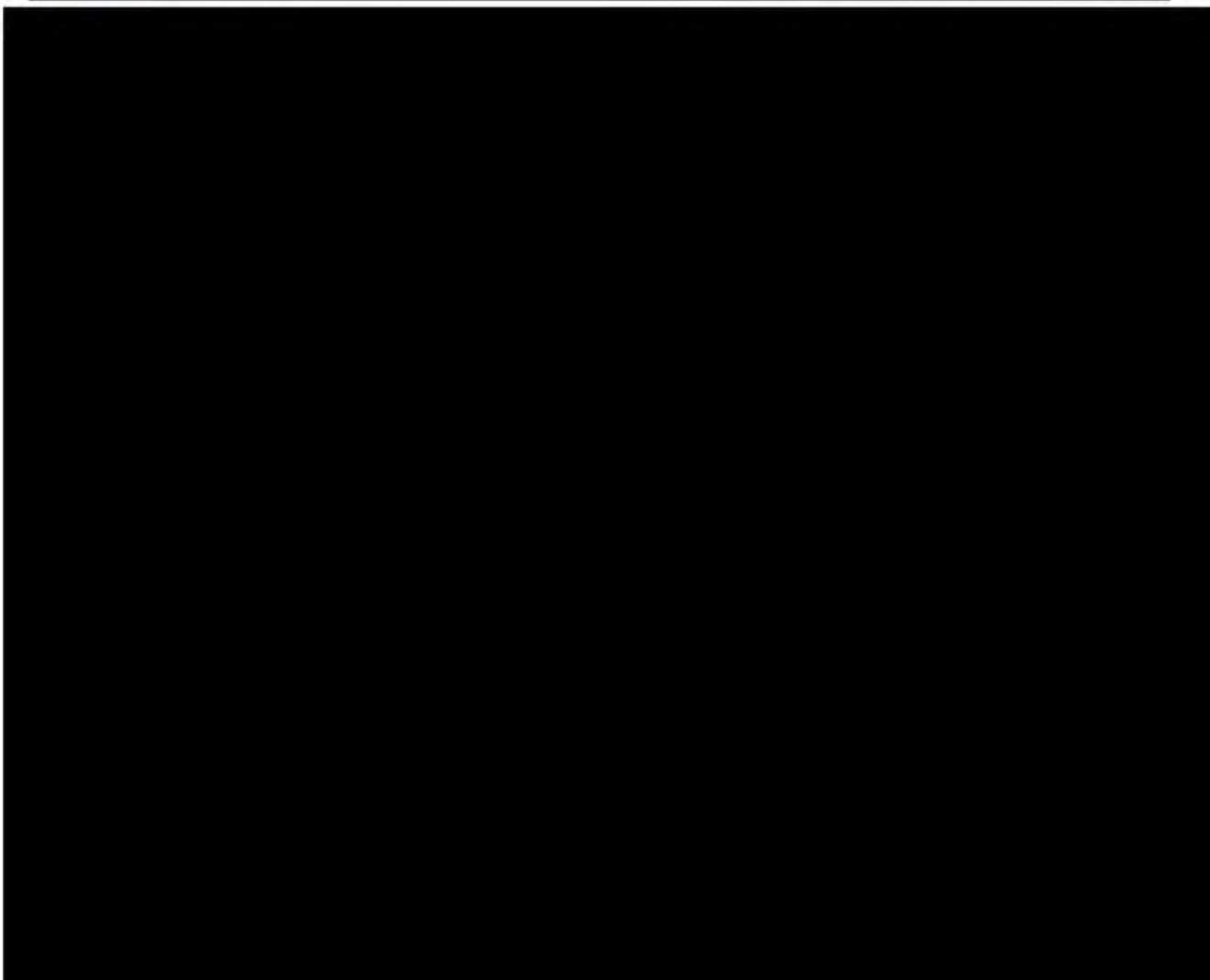


Figura 15. Recomendación – Enlaces Alternos VOZ desde Edificio CNOT en CCP – [REDACTED]



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Objetivo Auditar la infraestructura tecnológica y de comunicaciones de TRANSELEC, evaluando su capacidad, resiliencia, cumplimiento normativo y estado contractual

SUB-TAREA B. CUMPLIMIENTO DE LA NORMA TÉCNICA DE SEGURIDAD Y CALIDAD DE SERVICIO (NTSYCS)

Objetivo:

Verificar el cumplimiento de los anexos de la NTSyCS relacionados con el Sistema de Información en Tiempo Real (SITR) y los canales de voz.

Resumen:

Desde el punto de vista de SCADA:

La Norma técnica de seguridad y Calidad de Servicio en su artículo 1-9 establece la responsabilidad de los coordinados para la prestación de los servicios Complementarios (SSCC) (ver figura 16).

Artículo 1-9 De los Coordinados

Será responsabilidad de los Coordinados que exploten a cualquier título instalaciones interconectadas o que se interconecte al Sistema Eléctrico, y que dispongan de los recursos técnicos y/o infraestructura para la prestación de SSCC:

- Poner a disposición del Coordinador los recursos técnicos y/o infraestructura que dispongan para la prestación de los servicios complementarios, que permitan realizar la coordinación de la operación.
- Sujetarse a las instrucciones de instalación y/o prestación directa y obligatoria de SSCC que establezca el Coordinador.
- Someterse a los procesos de verificación de los recursos técnicos asociados a las instalaciones, de conformidad a las disposiciones de la presente NT.
- Velar por la instalación y adecuado mantenimiento y operación de los equipos y sistemas de adquisición y registro de la información necesaria para verificar la disponibilidad y el desempeño de la prestación de SSCC que posean a cualquier título.
- Asegurar que los registros de las señales requeridas para verificar, tanto la disponibilidad de las instalaciones como el correcto desempeño de los SSCC, sean almacenados durante un período mínimo de un año móvil y un máximo de dos años móviles, período en el que dichos registros deberán permanecer inalterados y a disposición del Coordinador.
- Declarar al Coordinador los costos a que se refiere el artículo 54 del Reglamento SSCC, los que podrán servir como antecedente para la elaboración del Estudio de Costos.

Figura 16. Norma técnica de seguridad y Calidad de Servicio artículo 1-9

De acuerdo con la norma NTSyCS en el capítulo 4 artículo 4/17 incluido en **24 - "Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio NTSyCS-mar-2025.pdf"** se presentan los requerimientos NTSyCS-mar-2025.pdf

Con relación al cumplimiento de este artículo de la NTSyCS capítulo 4 artículo 4/17, Transelec suministro el documento "Pruebas Cumplimiento de la NTSyCS.pdf" incluido en **Anexo 6 - "Pruebas Cumplimiento de la NTSyCS"**. En estas pruebas realizadas en 12/2024 y repetidas en 01/2025 se verificaron:

- Avalancha de datos.
- Estampa de tiempo.
- Edad de los datos.



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Los resultados de estas pruebas están en el **Anexo 7 - "[REDACTED]"**.

En este artículo también se refiere a los Servicios Complementarios SSCC. En capítulos anteriores incluye una descripción de estos servicios y su cumplimiento.

Transelec incluye un documento descriptivo del Proceso de verificación de los recursos técnicos asociados a la prestación de servicios SSCC (**Anexo 8 - "Etapas del proceso de verificación – instructivo técnico.png"**). El CEN emite su opinión en **Anexo 9 - "Correspondencia DE 02856- 25"** donde hace observaciones a este protocolo. Estas observaciones están detalladas en el **Anexo 10 - "Documento DCO-SC_JAD-K11-K8"**. Estas observaciones incluyen aspectos de edición, proceso y forma.

De fecha 4 de enero de 2025 en correspondencia DE 00496-25 del CEN (incluida en **Anexo 11 - "Correspondencia DE 00496-25 del CEN a Transelec"**) a Transelec se solicita respuesta a las observaciones de Informes de Verificación del Plan de Recuperación del Servicio - Equipamiento de Vinculación (PRS-EV) refiriéndose a la carta del 2025.01.2024 de la cual el CEN no había recibido respuesta por parte de Transelec. Transelec responde en carta RI-000002-2025 de fecha 24 febrero 2025 con el "Cronograma de Hallazgos" (**Anexo 12 - "Cronograma de Hallazgos SSCC"**). y **Anexo 13 - "Cronograma de verificación de SSCC"**.

En referencia a los servicios auxiliares Transelec suministró el "Cronograma de Hallazgos" En este cronograma existen 87 eventos con fecha de envío de información desde el 1/20/2022 hasta el 7/12/2024 y cuya fecha prevista para enviar la nueva versión de los informes va desde abril 2025 hasta agosto 2025 (algunos ítems sin fecha). Ninguno de estos 87 eventos aparece resuelto a la fecha de la solicitud de la información.

Transelec proporcionó las actividades programadas que se ejecutarán en Jun 2026 incluidas en el **Anexo 9 - "Cronograma de Verificación de SSCC (2025-2026)"**

Transelec suministra ejemplo de verificación de lo SSCC y descritos en la carta DE05278-21 de fecha 21 octubre 2021 (**Anexo 11 - "Correspondencia DE 00496-25 del CEN a Transelec"**) en las subestaciones Charrúa y Concepción. No se obtuvo ningún reporte de verificación de los SSCC de fecha reciente.

Transelec no posee un plan que incluye todos los elementos/sistemas asociados al Sitr y comunicaciones.

Si bien los resultados de los trabajos muestran que Transelec ha logrado progresos no es sino hasta marzo de 2025 que logran cumplir con la norma (ver Tarea II aparte c).

En el **Anexo 14 - "[REDACTED]"** se muestran los resultados de estas pruebas realizadas en Nov 2024:

- Verificar comunicación CCR – UTR.
- Verificar comunicación CCR – Coordinador.

Los resultados son positivos, sin embargo, es de notar que esta falla se produce teniendo el CCP activo que no necesariamente representa una condición actual de falla del sistema CCP.

Desde el punto de vista de Redes, Telecomunicaciones y Canales de Voz:

- Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio – NTSyCS (NTSyCS-mar-2025.pdf):
 - Lo correspondiente a Sistema de Información y Comunicación se encuentra en el *Capítulo 4: "Exigencias mínimas para Sistemas de Información y Comunicación."*
 - Ver **Anexo 4 - "Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio."**



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

ARTICULO	CUMPLIMIENTO	COMENTARIO
Artículo 4-3 a) y b)	<input checked="" type="checkbox"/>	Se comprobó que existen enlaces y sistemas de comunicaciones asociados a los dos centros de control del CEN desde el CCP y CCR de Transelec
Artículo 4-4	<input checked="" type="checkbox"/>	Se comprobó que existen enlaces y sistemas de comunicaciones asociados a los dos centros de control del CEN desde el CCP y CCR de Transelec
Artículo 4-10 c)	<input checked="" type="checkbox"/>	Transelec mantiene las comunicaciones necesarias con el CC de las instalaciones del Sistema de Transmisión al cual está conectado.
Artículo 4-12	<input checked="" type="checkbox"/>	No es sino hasta marzo del 2025 que Transelec comienza a cumplir con el requerimiento de disponibilidad mensual mayor o igual a 99,5%.
Artículo 4-13	<input checked="" type="checkbox"/>	Se halló que el edificio Comandos del CCP [REDACTED] contaba con dos generadores, sin embargo, uno de ellos había estado fuera de servicio, por un tiempo no determinado antes y durante la falla. De hecho, ese segundo generador, que está denominado como el número 1, está siendo reemplazado.
Artículo 4-14	<input checked="" type="checkbox"/>	Los datos analógicos que el coordinado ha requerido son enviados a través de ICCP. Se realiza un seguimiento continuo de la disponibilidad de estos datos tal como muestran los documentos Disponibilidad de subestaciones, utilizando varias herramientas que incluyen la información en línea de disponibilidad que el coordinador comparte en su portal.
Artículo 4-15	<input checked="" type="checkbox"/>	Transelec atiende los requerimientos específicos generados por el CEN con respecto a agrupación de señales, los cuales han sido recibidos de manera conforme por el CEN.
Artículo 4-16	<input checked="" type="checkbox"/>	Todas las instalaciones de Transelec cuentan con GPS, por lo que se cumple con el error máximo permitido. El informe de las pruebas realizadas el año 2024 junto con los registros obtenidos. Ver Anexo 6 – “Pruebas Cumplimiento de la NTSyCS” . Existe una plataforma Sincro-fasorial definida por el coordinador para el envío de datos fasoriales hacia las dependencias del Coordinador. Para esto los equipos sincro-fasoriales integran sus datos en los concentradores llamados PDC y que luego son enviados hacia el coordinador (PDC Corporativo). Para el envío de estos datos se cuenta con una red de comunicación distinta a la que se utiliza para el envío de datos SITR basada en IP/MPLS
Artículo 4-20	<input checked="" type="checkbox"/>	Los canales de hotline son dedicados para servicio de voz operacional entre los despachos del Coordinador y de Transelec. Para grabar estas llamadas se cuenta con grabadoras que mantiene su referencia horaria a través de un servidor NTP.
Artículo 4-21	<input checked="" type="checkbox"/>	La grabadora tiene una capacidad superior a 6 meses.
Artículo 4-22	<input checked="" type="checkbox"/>	Transelec mantiene actualizada la nómina de personal que tiene el rol para comunicarse con el despacho del CEN.



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Artículo 4-24



Se verificó que previo al incidente de febrero 25, no se cumplió con el 99.5%.

- Anexo 15 - "Definición de parámetros técnicos y operativos para el envío de datos al Sitr". (2025.03_AT-Sitr-1.pdf):
 - Lo correspondiente a Sistema de Información y Comunicación se encuentra en el *Título III: "Características de los enlaces para el envío de datos al Sitr"*.
 - Ver Anexo 16 - "Definición de parámetros técnicos y operativos para el envío de datos al Sitr".

ARTICULO	CUMPLIMIENTO	COMENTARIO
Artículo 7	<input checked="" type="checkbox"/>	ICCP entre Transelec y CEN Centros de Control. 104 entre Transelec Centros de Control y Otras y DNP entre Otros e IEDs.
Artículo 8	<input checked="" type="checkbox"/>	Anexo 16 - "Disponibilidad Teleco" muestra la disponibilidad telecontrol que es estadística de fallas hasta los CCP y CCR de Transelec
Artículo 9	<input checked="" type="checkbox"/>	Redundancia, ancho de banda: Ver Resumen Subtarea A. Mecanismos de Seguridad y bloqueo: durante las visitas de la semana de junio 23 del 2025, se comprobó que el acceso las salas de equipos y consolas se encuentra restringido mediante tarjeta física y huella digital.

Hallazgo # 1 - Criticidad: ALTA

La empresa auditada no documentó las pruebas de verificación de la alta disponibilidad del sistema Sitr (levantar el sistema secundario en caso de falla de las comunicaciones con el sistema primario).

Recomendación:

Efectuar y documentar pruebas de "Failover" del CCR sin utilizar para ello considerando el CCP fuera de servicio. El CCP debería estar con los servidores no activos y hacer pruebas de levantamiento del CCR en esta condición

TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Objetivo
Auditar la infraestructura tecnológica y de comunicaciones de TRANSELEC, evaluando su capacidad, resiliencia, cumplimiento normativo y estado contractual

SUB-TAREA C.

REVISIÓN DE DISPONIBILIDAD MENSUAL DE ELEMENTOS DEL Sitr

Objetivo:

Evaluar la disponibilidad de los componentes del Sitr (UTR, equipos de comunicación, SCADA) durante los seis meses previos al evento del 25 de febrero.

Resumen:

Disponibilidad del SCADA

La definición de la disponibilidad del SCADA en el CEN se refiere al proceso de adquisición de datos en su totalidad, es decir desde el punto en campo (medición o estado del dispositivo) hasta los servidores de SCADA



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

inclusive. En este cálculo intervienen todos los elementos de esta cadena. Es decir que incluye los servidores de SCADA, Las comunicaciones con las UTR, la UTR y la conexión de los dispositivos y medidas del campo.

En la página web del CEN (aquí indicada) se muestra la disponibilidad del Sitr

<https://www.coordinador.cl/operacion/graficos/disponibilidad-online-de-sitr/>

La disponibilidad del Sitr de Transelec es (ULTIMOS SEIS MESES):

Resumen de Disponibilidad

Número de elementos seleccionados (1)

COORDINADO	Q	Dic 2024	Ene 2025	Feb 2025	Mar 2025	Abr 2025	May 2025
TRANSELEC		99.01%	99.30%	98.72%	99.53%	99.53%	99.61%

Figura 17. Resumen de Disponibilidad del Sitr

En información suministrada por Transelec se observan las disponibilidades del Sitr para cada mes del año 2024 (verificadas también con la herramienta del CEN). Estas disponibilidades son:

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DISP	98.71	98.45	98.46	98.16	98.84	97.99	98.57	98.28	99.02	99.06	99.3	99.01

Transelec informa al CEE que está haciendo trabajos en el sistema SCADA en este periodo

Transelec además suministro una presentación incluida en **Anexo 19** - [REDACTED] donde se da un resumen de:

- La estructura y condición actual del SCADA.
- Disponibilidad del SCADA y los factores que contribuyen a este cálculo (2023 y 2024).
- Disponibilidad por zona.

Transelec posee las siguientes alarmas relativas a los siguientes elementos que influyen en la disponibilidad del sistema SCADA. Ver **Anexo 20** - [REDACTED]

Que alarmas tiene Transelec al fallar o existir deterioro de:

- Enlace o UTR
Cuando una señal o un grupo de señales dejan de reportarse desde el origen, por distintos motivos (falla enlace, falla IED, Falla UTR, etc.), se activa y envía una señal inválida por ICCP. De esta manera indicamos al CEN la pérdida de telemetría de la(s) señal(es).

Nuestro SCADA cuenta con alarmas que reportan la pérdida de comunicación con alguna remota y también con estadísticas de comunicaciones que muestran fallos menores, reintentos, etc.

- Enlaces de comunicaciones
La pérdida de los enlaces no es reportada al coordinador. Debido al nivel de redundancia, la pérdida de un enlace no necesariamente genera la pérdida de señales de tiempo real. En el caso que afecte se reportará la pérdida de acuerdo con el punto 1. La pérdida de un enlace genera alarmas en nuestro SCADA.



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

- Un centro de control CCP o CCR)
El SCADA monitorea el estado de salud de los sitios CCP, CCR y el sincronismo de base de datos entre ellos, generando alarmas cuando fallan.
- Servidores SCADA
El SCADA monitorea el estado de salud de los servidores y sus procesos críticos, genera alarmas ante la pérdida o reinicio de algún componente o servicio.
- Otros
Alerta sobre el "Login" y "Logout" de cada usuario en el sistema indicando la consola en la cual lo realizó.

Disponibilidad de los sistemas de comunicaciones

TRANSELEC suministro los registros de disponibilidad de los sistemas de comunicaciones **Ver Anexo 19**

Mes	Año	Disponibilidad Teleco
Diciembre	2024	99,8960%
Enero	2025	99,9950%
Febrero	2025	99,9258%
Marzo	2025	99,9592%
Abril	2025	99,9949%
Mayo	2025	100,0000%

Figura 1818. Registros de disponibilidad de los sistemas de comunicaciones Telecontrol

Hallazgo # 1 - Criticidad: ALTA

La disponibilidad del sistema SITR de Transelec incumple lo requerido en la norma por múltiples meses anteriores al apagón del 25F. La disponibilidad mínima requerida por la norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio – NTSyCS (NTSyCS-mar-2025.pdf) artículo 4-12 es de 99.5%.

Recomendación:

Incrementar el monitoreo y el mantenimiento de los sistemas de adquisición de datos en todos sus tramos en especial en el área externa a los servidores del SCADA.



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Objetivo: Auditar la infraestructura tecnológica y de comunicaciones de TRANSELEC, evaluando su capacidad, resiliencia, cumplimiento normativo y estado contractual

SUB-TAREA D. REVISIÓN DE CONTRATOS DE SOPORTE Y MANTENIMIENTO.

Objetivo:
Auditar los contratos con proveedores de plataformas y equipos, evaluando la calidad del mantenimiento ejecutado.

Resumen:

Contratos de soporte y mantenimiento de Sistemas asociados al SCADA:

TRANSELEC indico que posee contratos de servicio, soporte y mantenimiento con las empresas proveedoras de los distintos sistemas, equipos y plataformas involucradas en las redes de voz y datos, al igual que manuales de fabricante con procedimientos de mantenimiento.

TRANSELEC indico que por razones contractuales solo podrá mostrar esta información en persona al momento de la visita. Si se suministra un documento resumen incluido en **Anexo 21 - [REDACTED]** de los dos contratos de soporte y mantenimiento SCADA:

- [REDACTED]
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
- [REDACTED]
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]
 - [REDACTED]

Estos tiempos son considerados normales

- [REDACTED]
 - [REDACTED]

Adicionalmente Transelec tiene contratado la reparación de la falla de los servidores de SCADA con [REDACTED]. En **Anexo 22 - [REDACTED]** se incluye un resumen del alcance de este contrato. allí no se especifican tiempos de respuesta, aunque no ideal, pudiese considerarse apropiado dada la redundancia de los Servidores SCADA.

En cuanto a la capacitación [REDACTED] Transelec informo que este entrenamiento con el fabricante no se había efectuado antes del 25F. Transelec informo que no es sino hasta agosto del 2025 que se inician los entrenamientos.

Contratos de soporte y mantenimiento de Sistemas asociados con comunicaciones de Voz y de Datos:

Transelec no compartió los contratos de soporte y mantenimiento. A la solicitud del equipo auditor, respondió lo siguiente, como respuesta al ítem # 46 de la lista de documentos solicitados:

"Transelec actualmente posee varios contratos con empresas por temas de sistemas, equipos y plataformas involucradas en las redes de voz y datos [REDACTED]"



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Para algunos casos se suben las propuestas técnicas entregadas en el último proceso de licitación que vienen siendo las condiciones técnicas del contrato con dichos oferentes."

Lo anterior dificultó el total entendimiento por parte del auditor de los compromisos de los contratistas de Transelec y de la estrategia propia de mantenimiento de los equipos y sistemas. Sin embargo, el equipo auditor hizo el esfuerzo de entender el alcance de estos.

Transelec contrata a [REDACTED] para hacerse cargo del mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura de telecomunicaciones propia, en particular de los siguientes equipos que sirven al Telecontrol y Voz operacionales:

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

Además, [REDACTED] presta el servicio de monitoreo y mesa de ayuda, incluyendo el monitoreo 24/7 de los canales SCADA mediante la plataforma [REDACTED] y también gestiona la atención de falla de enlaces provistos por terceros. Ver Anexo 23 - [REDACTED]".

La información suministrada solo incluye los términos de Soporte Técnico. No es posible discernir la posición de Transelec con respecto a programas de mantenimiento en particular como guía o apoyo de los proveedores en tareas de pruebas regulares y actualización de versiones de firmware y software.

Hallazgo # 1 - Criticidad: ALTA

El personal de [REDACTED] encargada del servicio de los sistemas SCADA no habían tomado entrenamientos con el proveedor del sistema SCADA antes del 25F.

Recomendación:

Establecer un programa y cumplir con la capacitación de [REDACTED] para el SCADA de Transelec.

Hallazgo # 2 - Criticidad: MEDIA

Transelec contrata a la compañía [REDACTED] para hacerse cargo del mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura de telecomunicaciones propia, en particular de los siguientes equipos que sirven al Telecontrol y Voz operacionales:

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

Además, [REDACTED] presta el servicio de monitoreo y mesa de ayuda, incluyendo el monitoreo 24/7 de los canales SCADA mediante la plataforma [REDACTED] y también gestiona la atención de falla de enlaces provistos por terceros.

Ver Anexo 23 - [REDACTED]



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Transelec suministró apenas unos apartes tomados de los contratos lo que dificulta el total entendimiento por parte del auditor. Sin embargo, se hace el esfuerzo de entender el alcance de estos.

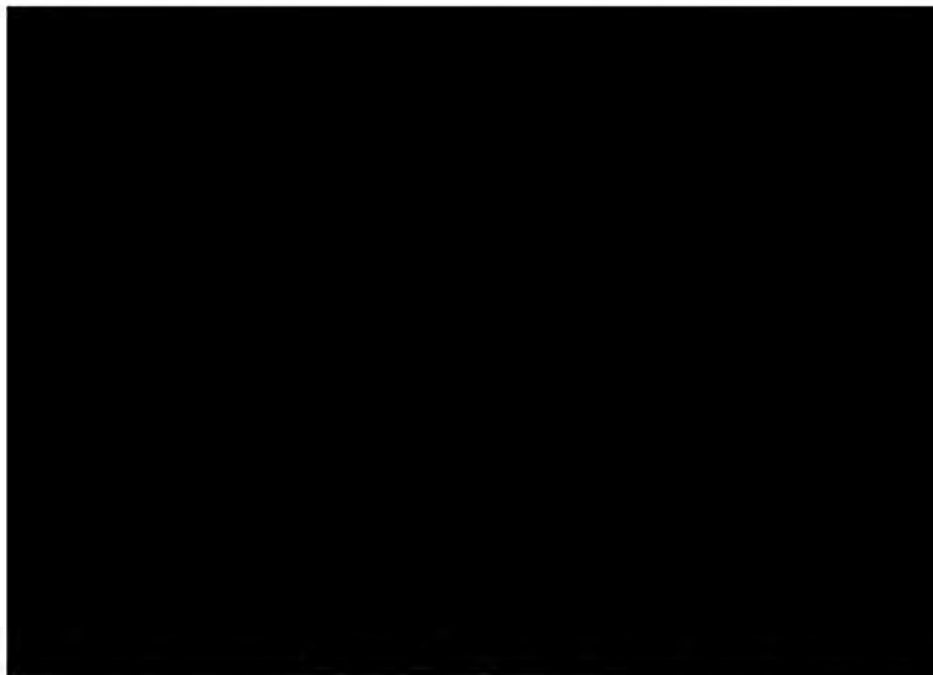


Figura 1919. Planes de mantenimiento contrato [REDACTED]

Como se ve en la figura de arriba tabla, se observa que el alcance del mantenimiento está enfocado a acciones correctivas no preventivas. Mantenimiento preventivo se menciona únicamente en la página 4 del **Anexo 23** - [REDACTED] del contrato [REDACTED] en la sección que describe el cálculo de disponibilidad, sin embargo, Transelec no suministró documentación evidenciando la existencia de cláusulas contractuales que se refieran a mantenimiento preventivo.

Recomendación:

Revisar el contrato de soporte y mantenimiento con [REDACTED] y asegurarse que también incluye mantenimiento PREVENTIVO. El contrato debe incluir anexos técnicos que describan los procedimientos a ejecutar periódicamente en los sistemas y equipos que según su naturaleza demanden para prevenir situaciones de falla, por ejemplo, en el caso de equipos que posean filtros de aire, reemplazarlos o limpiarlos, en el caso de software, aplicación de actualizaciones y/o purga de registros de acuerdo con las guías de mantenimiento de los fabricantes de los equipos.

Hallazgo # 3 - Criticidad: MEDIA

En lo que se refiere a los equipos de telecomunicaciones de Voz, Transelec contrata las siguientes compañías:

[REDACTED]

Ver **Anexo 24** - [REDACTED]

La siguiente tabla muestra los hallazgos por tipo de equipo y contratista:



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

EQUIPOS	CONTRATISTA	HALLAZGOS
		No se incluye información acerca de los planes de mantenimiento.
Networking Voz		No se incluye información acerca de los planes de mantenimiento.
Grabadora		No se incluye ningún tipo de información del contrato. Se limita a referenciar los datos de la existencia de una cotización, pero no un contrato.
		Únicamente se repite la información del Anexo 28 – del contrato en la sección que describe el cálculo de disponibilidad.
Firewall		No se incluye ningún tipo de información del contrato. Se limita a incluir apartes de una cotización, pero no un contrato. Se observa que los servicios corresponderán a Soporte Técnico únicamente. No hay información de planes de mantenimiento.

Como se puede observar, Transelec no suministró copia de los contratos de mantenimiento ni de forma parcial para poder evaluar los mismos.

Recomendación:

Revisar los contratos de soporte y mantenimiento con estas compañías y asegurarse que también incluyen mantenimiento PREVENTIVO. Los contratos deben incluir anexos técnicos que describan los procedimientos a ejecutar periódicamente en los sistemas y equipos que según su naturaleza demanden para prevenir situaciones de falla, por ejemplo, en el caso de equipos que posean filtros de aire, reemplazarlos o limpiarlos, en el caso de software, aplicación de actualizaciones y/o purga de registros de acuerdo con las guías de mantenimiento de los fabricantes de los equipos.

Hallazgo # 4 - Criticidad: MEDIA

En lo que se refiere a los enlaces de telecomunicaciones, Transelec ha suscrito acuerdos para disponer de servicios de telecomunicaciones que soportan Comunicaciones operacionales con otros coordinados, con

Ver Anexo 25 – “”.

COMPAÑÍA	HALLAZGOS
	Transelec suministró apartes del contrato de un enlace y usando de propiedad de Transelec. El mantenimiento de los equipos asociados es responsabilidad .
	Transelec suministró apartes del contrato La red es operada y mantenida por la mesa de ayuda de telecomunicación. El mantenimiento de los equipos asociados es responsabilidad

En lo que se refiere a los enlaces de telecomunicaciones a través de portadores públicos, Transelec ha suscrito acuerdos para la prestación de servicios de telecomunicaciones que soportan Comunicaciones operacionales.



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Los términos generales contractuales que Transelec aplica a todos estos proveedores de servicios de telecomunicaciones son:

- Plazo de contrato de 24 meses.
- Características Técnicas:
 - Interfaz Ethernet.
 - Alimentación -48Vcc.
 - Tiempo de autonomía en energía a ser declarada, pero no exigida.
- Mantenimiento:
 - Protocolo de administración y atención de fallas.
 - Soporte 24/7.
 - Acceso remoto.
 - Mantener operativos los enlaces.
- Multas por degradación de SLA debajo de SLA de referencia:



Figura 2020. Multas por degradación de SLA

Como se observa arriba, Transelec únicamente exige prestación de servicio y soporte técnico. La calidad de servicio parece requerir un SLA básico el cual se toma como referencia para aplicar multas por la degradación al mismo de acuerdo con una escala.

Transelec suministró apartes de las propuestas técnicas que presentaron las siguientes compañías y en las cuáles el auditor asume que los correspondientes contratos fueron suscritos. Transelec no ha suministrado los contratos argumentando que son documentos confidenciales y que no pueden ser compartidas con terceros:

COMPañÍA	TIPO ACCESO	HALLAZGOS
[REDACTED]	[REDACTED]	Se compromete a un Uptime de los accesos otorgados del 99,5%, no obstante, menciona que el Uptime de su red es 99,9%. Prestación servicio y soporte técnico reactivo únicamente.
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED] Uptime de 99,0%. Prestación servicio y soporte técnico reactivo únicamente.



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

[REDACTED]

[REDACTED]

Transelec únicamente incluyó información de SLA de la propuesta

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Transelec únicamente incluyó una sección de la propuesta para la renovación de servicio de enlaces en la que se ven las consideraciones de SLA y las condiciones de la propuesta. En referencia a los SLA simplemente es copia del sistema de multas requerido por Transelec, sin embargo, no garantiza los Salas debido a situación de robo de cables:

[REDACTED]

Se asume que es contrato es para la prestación servicio y soporte técnico reactivo únicamente.

[REDACTED]

[REDACTED]

Transelec únicamente incluyó una sección de la propuesta para la renovación de servicio de enlaces en la que se observa compromiso de prestación de servicio y soporte técnico reactivo únicamente. Esto es, mesa de ayuda y gestión de eventos y monitoreo.

Recomendación:

Si bien la responsabilidad del mantenimiento de los equipos usados en la prestación de estos servicios incluyendo el equipo de frontera en las oficinas de Transelec es de parte del prestador del servicio, y que Transelec impone multas en la forma de descuentos basados en los niveles de servicio (SLA) contratados, se recomienda que Transelec verifique que esas compañías ejecuten un plan de mantenimiento preventivo periódico en los equipos de frontera localizados en sus instalaciones.



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Objetivo Auditar la infraestructura tecnológica y de comunicaciones de TRANSELEC, evaluando su capacidad, resiliencia, cumplimiento normativo y estado contractual

SUB-TAREA E. VERIFICACIÓN DE PLANES DE RECUPERACIÓN ANTE DESASTRES (DRP)

Objetivo:

Confirmar la existencia y efectividad de los DRP aplicables a las plataformas SCADA, redes y comunicaciones.

Resumen:

Sí existe un plan de recuperación de desastres (DRP). Transelec nos remitió al proceso de acción ante contingencias sobre el SITR. [REDACTED]

[REDACTED] Este procedimiento incluye el sistema de servidores de SCADA y las Telecomunicaciones.

Hallazgo # 1 - Criticidad: ALTA

Como parte del procedimiento del DRP (Plan de Recuperación ante Desastres) se requiere el traslado temporal del SCADA del CNOT. En su primer paso, el procedimiento requiere evaluar y definir con el contratista de SCADA como proceder [REDACTED] Este proceso no es aceptable dado al tiempo en que el operador del centro de control pudiese estar sin observabilidad de la red y operación de la red.

Recomendación:

Crear un procedimiento mediante el cual el operador del CCP pueda tomar acciones inmediatas basado en la condición del sistema. Esto disminuye considerablemente el tiempo de recuperación del sistema SCADA.

TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Objetivo Auditar la infraestructura tecnológica y de comunicaciones de TRANSELEC, evaluando su capacidad, resiliencia, cumplimiento normativo y estado contractual

SUB-TAREA F. CUMPLIMIENTO DE PRUEBAS ANUALES DEL PRS

Objetivo:

Verificar que se hayan ejecutado las pruebas anuales requeridas en el Estudio de PRS sobre el sistema SCADA.

Resumen:

Las pruebas anuales del PRS no han sido ejecutadas y completadas por Transelec en los años 2023 y 2024. En el año 2024 se hizo un intento de prueba de PRS que no se concluye.

Hallazgo # 1 - Criticidad: ALTA

Las pruebas anuales del PRS no han sido ejecutadas y completadas por Transelec en los años 2023 y 2024. Estas pruebas deberían ejecutarse periódicamente como es requerido por la norma. De haber sido ejecutadas las pruebas se hubiesen detectado las potenciales deficiencias en la resiliencia de la alimentación eléctrica del edificio Comando.



TAREA III - AUDITORÍA TÉCNICA SCADA, REDES, TELECOMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

Recomendación:

Implementar las pruebas de PRS a ser verificadas y aprobadas por el CEN. Establecer un calendario de pruebas anuales del PRS en coordinación con el CEN.

CONFIDENCIAL



2.4 Tarea IV: Auditoría técnica en ciberseguridad

Esta tarea tiene como objetivo verificar el cumplimiento del Estándar de Ciberseguridad para el Sector Eléctrico (SEN), publicado en octubre de 2022, específicamente en lo relativo a los activos asociados a los sistemas SCADA, redes y telecomunicaciones de TRANSELEC. La auditoría se enfoca en la aplicación de buenas prácticas clave definidas en dicho estándar.

TAREA IV – AUDITORÍA TÉCNICA CIBERSEGURIDAD	
Objetivo	Verificar el cumplimiento del Estándar de Ciberseguridad para el Sector Eléctrico (SEN), publicado en octubre de 2022, específicamente en lo relativo a los activos asociados a los sistemas SCADA, redes y telecomunicaciones de TRANSELEC
SUB-TAREA A. INVENTARIO DE ACTIVOS	
Objetivo:	[REDACTED]
Resumen:	[REDACTED]
NOTA: Por razones de confidencialidad y de seguridad algunos de los documentos mencionados fueron mostrados en las reuniones entre Transelec, CEN y Quanta Technology, pero no fueron compartidos.	
Hallazgo # 1 - Criticidad: [REDACTED]	
[REDACTED]	
Recomendación:	
[REDACTED]	
Hallazgo # 2 - Criticidad: [REDACTED]	
[REDACTED]	



Objetivo	Verificar el cumplimiento del Estándar de Ciberseguridad para el Sector Eléctrico (SEN), publicado en octubre de 2022, específicamente en lo relativo a los activos asociados a los sistemas SCADA, redes y telecomunicaciones de TRANSFIEC
-----------------	---

[illegible]

Confidential/Proprietary



Hallazgo # 1 - Criticidad: [REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Recomendación:

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

TAREA IV - AUDITORÍA TÉCNICA CIBERSEGURIDAD

Objetivo

Verificar el cumplimiento del "Estándar de Ciberseguridad para el Sector Eléctrico (SEN)", publicado en octubre de 2022, específicamente en lo relativo a los activos asociados a los sistemas SCADA, redes y telecomunicaciones de TRANSELEC

SUB-TAREA C.

PERÍMETROS DE SEGURIDAD ELECTRÓNICA

Objetivo:

Verificar la segmentación de redes y la actualización de diagramas de arquitectura de seguridad.

Resumen:

[REDACTED]
[REDACTED] Transelec tiene implementado segmentación de redes en su sistema.

[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

NOTA: Por razones de confidencialidad y de seguridad algunos de los documentos mencionados fueron mostrados en las reuniones entre Transelec, CEN y Quanta Technology, pero no fueron compartidos.

Hallazgo # 1 - Criticidad: [REDACTED]

[REDACTED]

Recomendación:

[REDACTED]

Hallazgo # 2 - Criticidad: [REDACTED]

[REDACTED]

Recomendación:

[REDACTED]



TAREA IV - AUDITORÍA TÉCNICA CIBERSEGURIDAD

Objetivo

Verificar el cumplimiento del Estándar de Ciberseguridad para el Sector Eléctrico (SEN), publicado en octubre de 2022, específicamente en lo relativo a los activos asociados a los sistemas SCADA, redes y telecomunicaciones de TRANSELEC

SUB-TAREA D. MONITOREO Y ALARMAS DE SEGURIDAD

Objetivo:

[REDACTED]

Resumen:

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Hallazgo # 1 - Criticidad: [REDACTED]

[REDACTED]

Recomendación:

[REDACTED]



TAREA IV - AUDITORÍA TÉCNICA CIBERSEGURIDAD

Objetivo

Verificar el cumplimiento del Estándar de Ciberseguridad para el Sector Eléctrico (SEN), publicado en octubre de 2022, específicamente en lo relativo a los activos asociados a los sistemas SCADA, redes y telecomunicaciones de TRANSELEC

SUB-TAREA E. ADMINISTRACIÓN DE PUERTOS Y MEDIOS DE CONEXIÓN

Objetivo:

[Redacted]

Resumen:

- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]

NOTA: Por razones de confidencialidad y de seguridad algunos de los documentos mencionados fueron mostrados en las reuniones entre Transelec, CEN y Quanta Technology, pero no fueron compartidos.

Hallazgo # 1 - Criticidad: [Redacted]

[Redacted]

Recomendación:

[Redacted]

TAREA IV - AUDITORÍA TÉCNICA CIBERSEGURIDAD

Objetivo

Verificar el cumplimiento del Estándar de Ciberseguridad para el Sector Eléctrico (SEN), publicado en octubre de 2022, específicamente en lo relativo a los activos asociados a los sistemas SCADA, redes y telecomunicaciones de TRANSELEC

SUB-TAREA F. GESTIÓN DE RESPALDO Y RECUPERACIÓN

Objetivo:

[Redacted]



Resumen:

[REDACTED]

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

NOTA: Por razones de confidencialidad y de seguridad algunos de los documentos mencionados fueron mostrados en las reuniones entre Transelec, CEN y Quanta Technology, pero no fueron compartidos.

Hallazgo # 1 - Criticidad: [REDACTED]

[REDACTED]

Recomendación:

[REDACTED]

TAREA IV - AUDITORÍA TÉCNICA CIBERSEGURIDAD

Objetivo Verificar el cumplimiento del Estándar de Ciberseguridad para el Sector Eléctrico (SEN), publicado en octubre de 2022, específicamente en lo relativo a los activos asociados a los sistemas SCADA, redes y telecomunicaciones de TRANSELEC

SUB-TAREA H. MITIGACIÓN DE VULNERABILIDADES DE SOFTWARE

Objetivo:

[REDACTED]

Resumen:

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

NOTA: Por razones de confidencialidad y de seguridad algunos de los documentos mencionados fueron mostrados en las reuniones entre Transelec, CEN y Quanta Technology, pero no fueron compartidos.

Hallazgo # 1 - Criticidad: [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Recomendación:

[REDACTED]

[REDACTED]



3 Conclusiones

A continuación, se resumen los hallazgos en cada una de las áreas auditadas. Los detalles de cada uno de estos hallazgos están incluidos en el cuerpo del informe.

ÁREA AUDITORÍA FUNCIONAL

- El sistema secundario (respaldo) del SCADA ubicado [REDACTED] se recupera 1 hora y 23 minutos después de la falla.
- El edificio comando no contaba con los equipos de generación como fue diseñado y no se efectuaban pruebas exhaustivas del único generador instalado. No se prueba toda la lógica de arranque de los generadores.
- El número de operadores disponibles por turno no parece ser suficiente para atender en forma simultánea las funciones de CC de sus propias instalaciones y las funciones de COR.
- [REDACTED]
- Las pruebas de BCP no se efectúan anualmente.
- Si bien el PRS se efectúa en su totalidad en las áreas de responsabilidad de Transelec no hay norma que indique el tiempo en que este proceso se debe ejecutar.
- Las aplicaciones avanzadas del SCADA tales como estimador de estado, análisis de contingencia, flujo de carga y el entrenador de operadores no cuentan con un modelo de red actualizado.
- [REDACTED]

ÁREA AUDITORÍA TÉCNICA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

- Existe un desequilibrio de las cargas que alimenta la UPS al sistema SCADA.
- Los procedimientos de revisión y acciones de mantenimiento de los equipos de servicios auxiliares no se efectúan de acuerdo con lo establecido.
- Las acciones derivadas de los mantenimientos y pruebas toman periodos muy elevados.
- Las pruebas efectuadas a los sistemas de baterías efectuadas por contratistas de Transelec muestran inconsistencias que no son corregidas por Transelec.
- Transelec no tiene un programa de entrenamiento a nivel corporativo que le permita reaccionar adecuadamente a todos los niveles de la organización.

ÁREA AUDITORÍA TÉCNICA REDES, COMUNICACIONES Y CANALES DE VOZ

- El sistema de comunicaciones de Voz tipo hotline no tiene diversidad de enlaces principal y respaldo a nivel de ruta, nodo y puerto.
- El emplazamiento y cableado del equipamiento de comunicaciones dentro de los gabinetes no cumple con las normas.
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- No se efectúa pruebas anuales de los servicios auxiliares.
- No se cumplía con la disponibilidad de los equipos de SCADA y de comunicaciones requerido por la norma en los meses anteriores a la falla del 25F.
- La empresa encargada de la prestación de servicios a Transelec para el SCADA no había tomado capacitación en estos sistemas.
- El foco principal del mantenimiento de los sistemas de comunicaciones de datos y de voz es en el mantenimiento correctivo y no en el preventivo.
- El procedimiento para el traslado temporal por parte del contratista de SCADA no es aceptable ya que presenta un [REDACTED].
- No se cumplió con las pruebas anuales de PRS en los años 2023 y 2024.



ÁREA AUDITORÍA TÉCNICA EN CIBERSEGURIDAD

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

CONFIDENCIAL



4 Anexos

- Anexo 1:



- Anexo 2:



- Anexo 3: PRS COMPLETO

Detalles:

- PRS Centro
 - PRS Cerro Navia
 - PRS Alto Jahuel
 - PRS Itahue
- PRS Norte Chico
 - PRS Diego De Almagro
 - PRS Cardones
 - PRS Pan de Azúcar
- PRS Norte Grande
 - PRS Tarapaca
- PRS Zona Sur
 - PRS Zona Bío Bío
 - PRS Zona Araucania



Anexo_registro_de_ instrucciones_y_mar

- PRS Cronologías Resumidas:



PRS%20Centro%20(4).xlsx



PRS%20Zona%20sur%20(1).xlsx



PRS%20Norte%20Chico.xlsx



PRS%20Norte%20Grande%20(1).xlsx



- **Anexo 4: Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio**



NTSyCS-mar-2025.pdf

- **Anexo 5:** [REDACTED]

- **Anexo 6: Pruebas Cumplimiento de la NTSyCS**

- **Anexo 7:** [REDACTED]



- **Anexo 8: Etapas del proceso de verificación**



Etapa proceso de verificación - Instruc

- **Anexo 9: Correspondencia DE 02856- 25**



DE02856-25.pdf

- **Anexo 10: Documento DCO-SC_JAD-K11-K8**



DCO-SC-EV-JAD-K1
1-K8.pdf



- **Anexo 11: Correspondencia DE 00496-25 del CEN a Transelec**



DE05278-21.pdf

- **Anexo 12: Cronograma de Hallazgos SSCC**



Cronograma%20de
%20Hallazgos%20SS

- **Anexo 13: Cronograma de verificación de SSCC (2025 y 2026)**



Cronograma%20de
%20verificacion%20x

- **Anexo 14:** [REDACTED]



- **Anexo 15: Definición de parámetros técnicos y operativos para el envío de datos al SITR**



2025.03_AT-SITR-1.p
df

- **Anexo 16: Disponibilidad Teleco**



Disponibilidad
Teleco.pdf

- **Anexo 17: Disponibilidad SITR**



Disponibilidad
SITR.docx

- Anexo 18: Disponibilidad subestaciones después de la falla



Disponibilidad
subestaciones despu

- Anexo 19: [REDACTED]



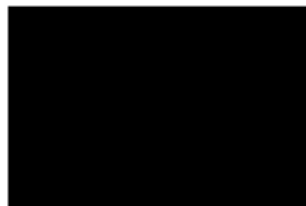
- Anexo 20: [REDACTED]



- Anexo 21: [REDACTED]



- Anexo 22: [REDACTED]

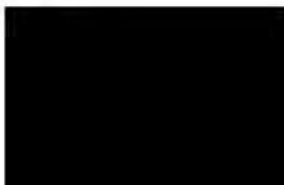


- Anexo 23: [REDACTED]





- Anexo 24: [REDACTED]



- Anexo 25: [REDACTED]



- Anexo 26: [REDACTED]