

## BROCHURE TÉCNICO 2026

---

**Sistema de Monitoreo OT Inteligente de Condiciones Ambientales y Eléctricas**  
Para Subestaciones AT/EAT del Sistema Eléctrico Nacional

*Empresas Transmisoras • Generadoras • Gran Minería • Industria*

---

**Rayenco Consultores SpA**

Colo Colo 240, Los Ángeles, Chile | +56 963551190 | [contacto@rayencoconsultores.cl](mailto:contacto@rayencoconsultores.cl)  
[www.rayencoconsultores.cl](http://www.rayencoconsultores.cl)



## 1. EL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL Y SU DESAFÍO AMBIENTAL

### 1.1. Un sistema único en el mundo

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) de Chile es uno de los sistemas interconectados más singulares del planeta. Con 3.100 kilómetros de extensión desde Arica hasta la Isla Grande de Chiloé, una capacidad instalada superior a 39.200 MW, más de 1.247 subestaciones eléctricas, +40.000 kilómetros de líneas de transmisión y 863 empresas coordinadas por el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN), el SEN constituye la columna vertebral energética que sustenta la economía del país.

Lo que hace único al SEN es la diversidad extrema de entornos que atraviesa. Desde el desierto más árido del mundo en el norte, con radiación UV extrema, material particulado de origen minero y amplitudes térmicas superiores a 40°C, pasando por la costa pacífica con su agresividad salina y niebla camanchaca, los valles agrícolas e industriales de la zona central con agroquímicos y emisiones, hasta los bosques lluviosos del sur con precipitaciones superiores a 2.000 mm/año y humedad relativa permanente sobre 85%, y las zonas de cordillera y altiplano con nieve, hielo, altitud sobre 3.000 msnm y descargas atmosféricas.

Cada subestación del SEN opera en un microclima específico que condiciona directamente la aislación, el desempeño térmico de equipos y el riesgo de falla. Sin embargo, esta información ambiental local generalmente no se mide, no se registra y no se integra a los sistemas de control.

### 1.2. Los actores del SEN que operan subestaciones AT/EAT

El ecosistema de propietarios y operadores de subestaciones de alta y extra alta tensión en Chile es amplio y diverso. Esta solución está diseñada para todos ellos:

**Empresas transmisoras:** Transelec, ISA Interchile, Grupo SAESA (STS, STN, STM, SATT), Engie Transmisión, Colbún Transmisión, CGE Transmisión, Chilquinta, entre otras. Son propietarias de la infraestructura nacional y zonal que sostiene el SEN.

**Empresas generadoras:** Enel Generación, AES Andes, Colbún, Engie Energía, Statkraft, Pacific Hydro y cientos de generadoras renovables (solares fotovoltaicas, eólicas, hidráulicas) que cuentan con subestaciones de conexión propias al sistema de transmisión.

**Gran minería:** Codelco, BHP (Escondida, Spence), Antofagasta Minerals (Los Pelambres, Centinela, Zaldívar), SQM, Teck, Anglo American, Lundin Mining, entre otras. Operan sistemas eléctricos de potencia con subestaciones AT/EAT propias, líneas dedicadas y contratos como clientes libres del SEN. Una falla en su subestación de alimentación puede detener la operación productiva con costos que se miden en millones de dólares por hora.

**Gran industria:** Celulosas (Arauco, CMPC), siderurgia (CAP), petroquímica, desaladoras y otros grandes consumidores industriales con subestaciones de recepción y transformación propias conectadas al SEN.

**Operadores de transmisión dedicada:** Empresas que operan líneas y subestaciones para conectar generación o consumos específicos al sistema troncal o zonal.

**Todos estos actores comparten un desafío común: sus subestaciones operan expuestas a condiciones ambientales que afectan directamente la aislación, el desempeño térmico de equipos y el riesgo de falla. Sin monitoreo local y continuo, las decisiones de operación y mantenimiento se apoyan en supuestos que no reflejan la realidad de cada sitio.**

## 2. EL DOLOR OPERATIVO: LO QUE HOY NO SE PUEDE VER

Independientemente de si se trata de una transmisora, una generadora, una minera o una gran industria, los propietarios y operadores de subestaciones AT/EAT en Chile enfrentan una brecha crítica de información común:

### 2.1. Decisiones sin contexto ambiental

Maniobras de operación, restricciones, programación de lavados de aislación y definición de ventanas de mantenimiento se realizan frecuentemente sin datos locales y continuos del entorno. Se recurre a estaciones meteorológicas alejadas, datos genéricos o la experiencia del operador, lo que introduce incertidumbre en decisiones que impactan directamente la seguridad y la continuidad del servicio.

### 2.2. Riesgos que no se pueden anticipar

Niebla salina en subestaciones del litoral, tormentas de polvo y material particulado minero en Atacama y Antofagasta, lluvias intensas y vientos extremos en el sur, combinaciones críticas de humedad con contaminación superficial en zonas industriales, baja presión atmosférica y descargas eléctricas en subestaciones de altiplano: todos estos escenarios elevan el riesgo de flashover, descargas parciales y fallas de aislación. Sin datos objetivos en el punto exacto de la subestación, no es posible anticiparlos ni gestionarlos proactivamente.

### 2.3. Falta de trazabilidad frente a eventos

Cuando ocurre un disparo, una falla de aislación o una interrupción, el análisis de causa raíz requiere saber qué ocurría en el entorno climático de la subestación en ese momento exacto. Sin esta información, el respaldo ante el CEN, la SEC, reguladores, auditorías y en el caso de la minería ante SERNAGEOMIN, queda seriamente comprometido.

### 2.4. Mantenimiento sin base objetiva

La frecuencia de lavado de aisladores, la priorización de inspecciones de transformadores y la planificación de recambio de activos se realizan sin correlación con la severidad ambiental real de cada subestación. Esto genera sobre-mantenimiento en sitios de baja exposición y sub-mantenimiento en sitios críticos, con costos directos en OPEX y riesgos en confiabilidad.

### 2.5. Impacto económico en la minería e industria

Para la gran minería, una falla en la subestación de suministro puede significar la detención parcial o total de la faena, con costos de millones de dólares por hora de interrupción. Para la gran industria, la pérdida de suministro afecta líneas productivas completas, calidad de producto y compromisos contractuales. En estos sectores, el monitoreo ambiental no es un complemento: es un seguro operacional de alto retorno.

*Esta brecha afecta a todos los segmentos del SEN. La buena noticia es que se trata de un riesgo gestionable: con la instrumentación adecuada, el ambiente deja de ser una amenaza impredecible y se convierte en información accionable para la toma de decisiones.*

## 3. MARCO NORMATIVO Y EXIGENCIAS

El marco regulatorio chileno y las mejores prácticas internacionales convergen en una exigencia clara: los propietarios y operadores de instalaciones eléctricas deben gestionar sus activos considerando las condiciones ambientales del entorno. El monitoreo local y continuo en subestaciones es la respuesta directa y concreta a estas exigencias.

### 3.1. Regulación chilena aplicable

**Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE / DFL N°4):** Marco legal que rige la operación, mantenimiento y seguridad de las instalaciones de generación, transmisión y distribución en Chile.

**DS N°109/2017 (Reglamento de seguridad del SEN):** Exige gestionar los riesgos que puedan afectar la continuidad y seguridad del suministro, incluyendo los derivados de condiciones ambientales.

**Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS):** Establece estándares de continuidad, seguridad operacional y gestión de activos que requieren evidencia objetiva de las condiciones de operación.

**Pliegos de operación y mantenimiento (RPTD N°15 y otros):** Refuerzan la necesidad de considerar las condiciones del entorno en la planificación operativa y del mantenimiento de instalaciones de transmisión.

**Normativa del Coordinador Eléctrico Nacional (CEN):** Procedimientos operacionales y estándares de desempeño que demandan evidencia trazable de las condiciones ambientales durante eventos y maniobras.

**Normativa SERNAGEOMIN (sector minero):** Reglamentos de seguridad minera que exigen gestión del riesgo eléctrico en instalaciones de la gran minería, incluyendo subestaciones de alimentación AT/EAT.

### 3.2. Mejores prácticas internacionales

**IEC 60815 (Partes 1-4):** Selección y dimensionamiento de aislación para condiciones de contaminación. Define niveles de severidad y requiere monitoreo local para clasificar correctamente cada sitio.

**IEC 61232:** Método para medir la densidad de depósito de sal equivalente (ESDD) y depósito no soluble (NSDD) en superficies de aisladores.

**CIGRÉ TB 420 y TB 838:** Guías para monitoreo de contaminación en aisladores, métodos de evaluación y estrategias de gestión del riesgo en instalaciones de alta tensión.

**CIGRÉ TB 299 y TB 601 (DLR):** Capacidad dinámica en líneas de transmisión. Base conceptual extensible a subestaciones para límites operativos dinámicos (Dynamic Substation Rating).

**IEEE Std C57.91:** Guía de cargabilidad de transformadores de potencia considerando temperatura ambiente real.

**IEC 62351 / IEC 62443:** Ciberseguridad en sistemas de comunicación de energía y automatización industrial OT.

*Medir localmente las condiciones ambientales en subestaciones AT/EAT no es solo una buena práctica: es una respuesta directa a las exigencias normativas vigentes y un respaldo concreto ante el CEN, la SEC, SERNAGEOMIN y auditorías.*

## 4. NUESTRA SOLUCIÓN OT PARA SUBESTACIONES DEL SEN

La solución propuesta por Rayenco Consultores consiste en un sistema OT industrial de monitoreo inteligente que mide en la propia subestación las variables ambientales críticas, las registra en un datalogger OT de alto desempeño y las integra directamente al sistema SCADA del propietario u operador. El clima local deja de ser un dato externo y se convierte en información operativa nativa: tendencias, alarmas y criterios accionables en tiempo real.

### 4.1. Modelo de valor: Ver, Entender, Actuar

<b>1. VER</b>	Medición continua y en tiempo real de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, precipitación, radiación solar, presión barométrica. Opcionalmente: corriente de fuga en aisladores y descargas parciales en zonas críticas.
<b>2. ENTENDER</b>	Procesamiento en datalogger OT con analítica integrada: tendencias históricas, umbrales configurables, detección de eventos críticos, correlación con fallas y alarmas eléctricas del SCADA. Base de datos para análisis de causa raíz.
<b>3. ACTUAR</b>	Entrega de datos al SCADA y centro de control para: maniobras más seguras, ventanas de mantenimiento optimizadas, priorización de lavados de aislación, y apoyo a límites operativos dinámicos de transformadores, barras, seccionadores e interruptores.

### 4.2. Variables monitoreadas

El núcleo del sistema contempla la medición continua de variables ambientales en el entorno inmediato de cada subestación, complementadas opcionalmente con variables eléctricas de alto valor diagnóstico:

Variable	Relevancia operacional	Aplicación en subestación
<b>Temperatura ambiente</b>	Comportamiento térmico de transformadores, barras, conexiones	Capacidad de carga dinámica, vida útil de aislamientos
<b>Humedad relativa</b>	Riesgo de película conductiva sobre aisladores	Alertas de riesgo de flashover, programación de lavado
<b>Viento (vel. y dir.)</b>	Disipación térmica de equipos, transporte de contaminantes	Capacidad térmica dinámica, condiciones de trabajo seguro
<b>Precipitación</b>	Lavado natural de aisladores, riesgo de anegamiento	Frecuencias de lavado, gestión de drenajes
<b>Radiación solar</b>	Calentamiento de superficies y equipos expuestos	Modelación térmica (crítico en subestaciones del norte)
<b>Presión barométrica</b>	Capacidad dieléctrica del aire, comportamiento de SF6	Corrección de aislación por altitud (minería, cordillera)
<b>Corriente de fuga*</b>	Contaminación superficial de aisladores	Detección temprana de riesgo de flashover
<b>Descargas parciales*</b>	Degradación de bushings, terminales, conexiones	Mantenimiento predictivo de alta precisión

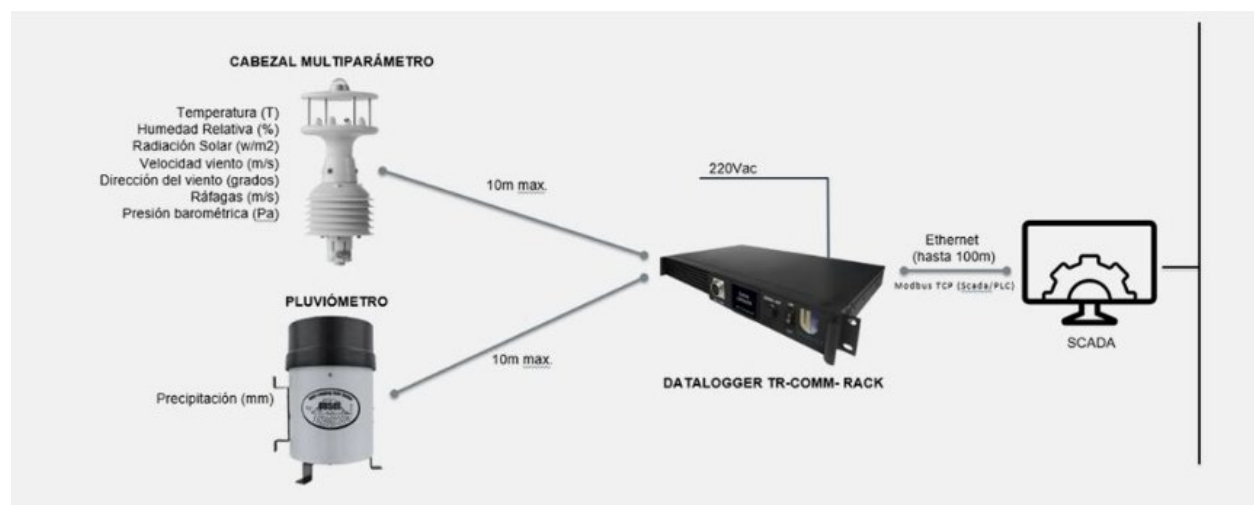
(\* ) Variables eléctricas complementarias, opcionales según la criticidad de la subestación.

## 5. ARQUITECTURA OT Y CONFIGURACIONES

La solución se basa en una arquitectura OT simple y robusta, compatible con los principales sistemas SCADA del mercado (GE, ABB, Siemens, Schneider, SEL, entre otros). Los sensores meteorológicos se conectan al datalogger TR-COMM-RACK, que concentra señales, registra localmente y transmite vía Ethernet/Modbus TCP al sistema SCADA del cliente.

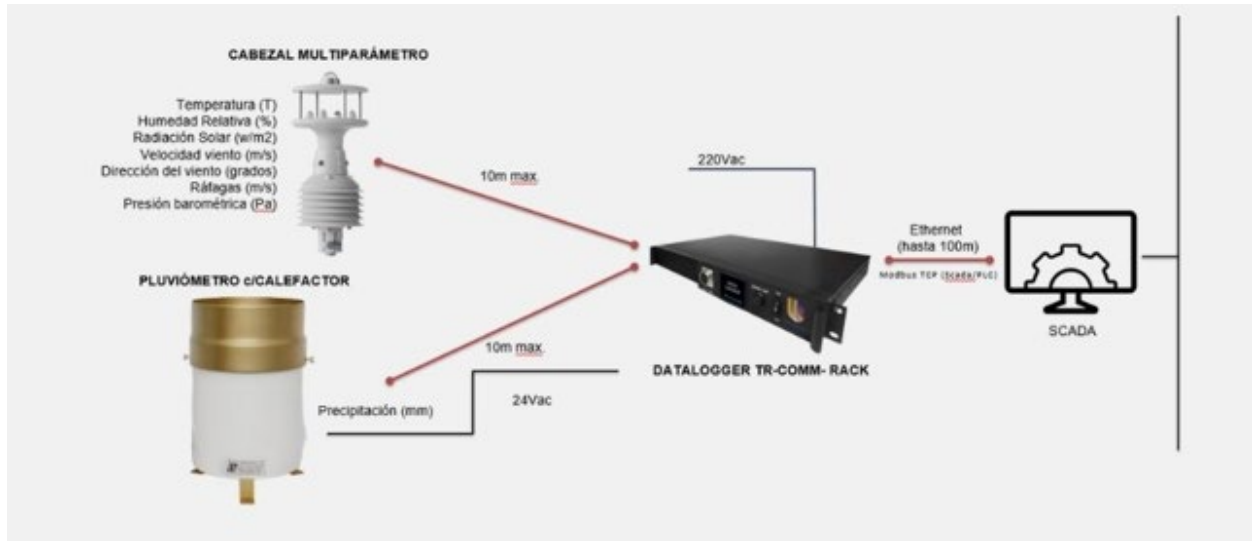
### Configuración A. Clima templado, cálido, costero, desértico e industrial

Cabezal multiparámetro y pluviómetro estándar instalados en las inmediaciones de la caseta eléctrica (cableado máximo 10 m), conectados al datalogger TR-COMM-RACK alimentado a 220 Vac. Cubre las variables clave (temperatura, humedad, viento, radiación solar, presión y precipitación). Adecuada para la mayoría de las subestaciones del SEN en zonas desérticas, costeras, de valle, urbanas e industriales.



### Configuración B. Clima frío, altiplano, cordillera y nieve

Misma arquitectura OT base, incorporando un pluviómetro con calefactor alimentado a 24 Vac para garantizar mediciones confiables bajo condiciones de nieve, hielo o temperaturas bajo cero. Indicada para subestaciones en zona andina, altiplano (minería sobre 3.000 msnm), cordillera centro-sur y regiones australes.



### Resumen de componentes por capa

Capa	Componentes	Protocolos / Estándares
<b>Sensorización</b>	Cabezal multiparámetro, pluviómetro (estándar o calefactado), sensores opcionales	Salidas analógicas/digitales, SDI-12
<b>Adquisición</b>	Datalogger TR-COMM-RACK, almacenamiento local tipo buffer	Modbus TCP/RTU, DNP3, IEC 61850
<b>Red OT</b>	Ethernet industrial, fibra/cobre, cableado ≤10 m al sensor	IEC 62351, IEC 62443, políticas de ciberseguridad OT del cliente
<b>SCADA / Corp.</b>	RTU, gateway, servidor SCADA del cliente, EAM/APM	Telemetría nativa, tendencias, alarmas, reportes

### Condiciones de sitio

En la mayoría de las subestaciones AT/EAT del SEN se dispone de alimentación auxiliar respaldada en 125 Vdc o 220 Vac, así como acceso a red Ethernet de tipo OT. La integración se realiza a través de protocolo Modbus TCP como estándar, respetando íntegramente la segmentación de redes y las políticas de ciberseguridad OT de cada cliente. La instalación es no invasiva: no requiere intervención en equipos primarios ni modificaciones en la infraestructura existente.

## 6. PERFILES AMBIENTALES DEL SEN

El SEN atraviesa al menos siete perfiles ambientales críticos. Cada uno impone esfuerzos específicos sobre los activos eléctricos que justifican un monitoreo diferenciado y localizado:

Perfil	Zona SEN	Riesgo principal	Activos afectados	Clientes típicos	Config.
<b>Desértico extremo</b>	Arica a Copiapó	Radiación UV extrema, polvo, amplitud >40°C	Aisladores, transf., tableros	Transmisoras, minería, solares	<b>A</b>

<b>Altiplano &gt;3.000m</b>	Zona andina norte	Baja presión, ciclos térmicos, descargas atmosféricas	Aislación por altitud, SF6	Gran minería (Cu, Li)	<b>B</b>
<b>Costero</b>	Litoral Arica-Chiloé	Salinidad, niebla, corrosión acelerada	Cadenas aisladores, herrajes, bushings	Transmisoras, generadoras	<b>A</b>
<b>Industrial</b>	Zonas urbanas e industriales	Material particulado, emisiones, polvo	Superficies aislantes, conexiones	Industria, generadoras térmicas	<b>A</b>
<b>Valle agrícola</b>	Valle central, Maule a Araucanía	Agroquímicos, polvo, humedad estacional	Aislación, conexiones	Transmisoras, distribución	<b>A</b>
<b>Lluvioso</b>	Los Ríos a Chiloé	Precipitación >2.500 mm/año, HR>85%, vientos	Aislación, equipos de patio, drenajes	Transmisoras, generadoras hidro	<b>A/B</b>
<b>Cordillera / Nieve</b>	Zona andina centro-sur	Nieve, hielo, ciclos térmicos extremos	Mecánica, aislación, SF6	Generadoras hidro, minería	<b>B</b>

*La diversidad ambiental del SEN hace que un enfoque de monitoreo único sea insuficiente. Nuestra solución se adapta a cada perfil con configuraciones específicas, umbrales diferenciados y reportabilidad contextualizada según la zona climática de cada subestación.*

## 7. BENEFICIOS POR SEGMENTO

### 7.1. Para empresas transmisoras

- ▶ **Conciencia situacional en tiempo real:** el operador del centro de control incorpora el contexto ambiental a la evaluación de cada subestación, anticipando condiciones adversas.
- ▶ **Alarma temprana de flashover:** detección proactiva de combinaciones críticas de contaminación + humedad que preceden a fallas de aislación.
- ▶ **Límites operativos dinámicos (DSR):** extensión de la filosofía DLR al entorno de subestaciones, optimizando capacidades de barras, conexiones y transformadores según condiciones reales.
- ▶ **Evidencia normativa:** respaldo trazable ante CEN, SEC, auditorías y reportes de cumplimiento DS 109 y NTSyCS.

### 7.2. Para empresas generadoras

- ▶ **Protección de subestaciones de conexión:** las subestaciones de enlace al sistema de transmisión son críticas para la evacuación de energía; una falla por contaminación significa pérdida de generación y de ingresos.
- ▶ **Parques renovables en zonas extremas:** subestaciones de plantas solares en Atacama y eólicas en zonas costeras y australes operan en entornos de alta agresividad ambiental que requieren monitoreo específico.
- ▶ **Optimización de mantenimiento:** lavados y mantenciones por condición real en lugar de calendario, reduciendo OPEX sin comprometer confiabilidad.

### 7.3. Para la gran minería

- ▶ **Continuidad del proceso productivo:** una falla en la subestación de alimentación puede detener la operación minera con costos de millones de USD por hora. El monitoreo ambiental es un seguro operacional de alto retorno.
- ▶ **Subestaciones en altitud y desierto:** condiciones de baja presión (>3.000 msnm), polvo minero y radiación extrema afectan la aislación de forma crítica. Datos locales permiten ajustar límites de operación con precisión.

► **Cumplimiento SERNAGEOMIN:** evidencia objetiva de gestión del riesgo eléctrico en instalaciones mineras, fortaleciendo el sistema de gestión de seguridad.

#### 7.4. Para la gran industria

► **Protección de subestaciones de recepción:** la subestación de alimentación es el punto único de falla del suministro industrial. Monitorear su entorno es proteger la línea productiva.

► **Gestión de activos de largo plazo:** datos históricos de severidad ambiental para justificar inversiones en reforzamiento, cambio de aislación y ampliaciones ante directorios y accionistas.

**En síntesis, para todos los segmentos: menos riesgo operacional, mayor continuidad de suministro, mejor uso del CAPEX/OPEX y cumplimiento normativo respaldado con evidencia concreta y trazable.**

## 8. DIFERENCIADORES CLAVE DE LA PROPUESTA

A diferencia de soluciones genéricas de monitoreo ambiental, esta propuesta ha sido concebida específicamente para el ecosistema eléctrico del SEN chileno, con foco en la operación y gestión de activos de subestaciones AT/EAT. Es compatible con todos los segmentos: transmisoras, generadoras, gran minería e industria.

#### **Integración OT nativa con SCADA**

No es solo registro de datos: es información operativa integrada al ecosistema SCADA del cliente (GE, ABB, Siemens, Schneider, SEL u otros), con telemetría nativa, alarmas configurables y tendencias en tiempo real.

#### **Diseño Rayenco**

Combinación de experiencia en sistemas eléctricos de potencia, contaminación de aisladores y corrientes de fuga con tecnología de monitoreo ambiental y eléctrico de grado industrial.

#### **Enfoque en límites operativos dinámicos**

Orientado a habilitar la transición hacia una operación dinámica de subestaciones (Dynamic Substation Rating), alineada con DLR y las mejores prácticas internacionales (CIGRÉ, IEEE, IEC).

#### **Adaptado a la realidad ambiental de Chile**

Siete perfiles ambientales del SEN cubiertos con dos configuraciones diferenciadas, umbrales y reportabilidad contextualizada por zona climática.

#### **Compatible con todos los segmentos del SEN**

Transmisoras, generadoras, gran minería e industria: misma arquitectura base adaptable a distintos SCADA, protocolos y requisitos operacionales.

#### **Arquitectura simple, escalable y no invasiva**

Instalación sin intervención en equipos primarios, cableado mínimo ( $\leq 10$  m), alimentación desde auxiliares existentes. Escalable desde un piloto a todo el parque de subestaciones.

#### **Servicio integral: de la ingeniería a la explotación**

Desde el levantamiento de sitio hasta la puesta en servicio, incluyendo análisis de datos, reportabilidad y apoyo continuo a la gestión de activos.

## 9. MODELO DE IMPLEMENTACIÓN

El despliegue sigue un enfoque gradual y pragmático, adaptable a la realidad de cada empresa y tipo de instalación, minimizando riesgos y maximizando el aprendizaje en cada etapa:

Etapa	Actividades clave	Entregables
<b>1. Diagnóstico</b>	Selección de subestaciones piloto con el equipo técnico del cliente según criticidad, entorno y conectividad. Levantamiento de condiciones de sitio. Definición de variables y criterios de integración SCADA.	Informe de ingeniería básica, especificaciones técnicas, cronograma de implementación.
<b>2. Piloto</b>	Instalación de estaciones (Config. A y/o B). Integración con SCADA del cliente, validación de datos, ajuste de umbrales y alarmas. Primeros análisis de correlación ambiente-eventos.	Sistema operativo e integrado, reportes de validación, primeras tendencias y recomendaciones operacionales.
<b>3. Escalamiento</b>	Definición de estándar corporativo de monitoreo ambiental en subestaciones AT/EAT. Despliegue progresivo al resto del parque. Coordinación con iniciativas de DLR en líneas cuando existan.	Estándar de monitoreo del cliente, plan de despliegue, base de datos histórica consolidada.

### Trabajo conjunto con el cliente

La solución está diseñada para trabajar en coordinación directa con el equipo técnico del propietario u operador de las instalaciones. La selección de subestaciones piloto, la definición de requisitos de integración con el SCADA específico (GE, ABB, Siemens, Schneider, SEL u otro) y la validación operativa se realizarán conjuntamente, asegurando que el sistema responda a las necesidades y estándares de cada organización.

## 10. ROL DE RAYENCO

La solución es ofrecida por una alianza estratégica que combina capacidades complementarias para entregar un servicio integral:

<p><b>Rayenco Technologies</b></p> <p>Diseño y suministro de instrumentación meteorológica de grado profesional y dataloggers OT industriales (TR-COMM-RACK).</p> <p>Soporte técnico especializado en parametrización, calibración y operación de equipos de sensorización ambiental.</p> <p>Experiencia internacional en instrumentación para el sector energético y minero.</p>	<p><b>Rayenco Consultores</b></p> <p>Ingeniería eléctrica y OT aplicada a subestaciones AT/EAT, con experiencia en contaminación, corrientes de fuga y proyectos de monitoreo.</p> <p>Diseño de la arquitectura de integración con SCADA, sistemas corporativos y plataformas de gestión de activos.</p> <p>Servicios de análisis, reportabilidad y apoyo estratégico a la gestión de activos para transmisoras, generadoras, minería e industria.</p>
---	--

*En conjunto, ofrecen una solución que integra equipamiento de primera línea, ingeniería especializada, integración OT nativa y explotación inteligente de la información, habilitando la transición hacia una operación y mantenimiento basados en condición y límites dinámicos.*

## 11. CIERRE EJECUTIVO

---

El Sistema Eléctrico Nacional opera más de 1.247 subestaciones a lo largo de 40.000 kilómetros, desde Arica hasta Chiloé. Cada una de estas instalaciones ya sea propiedad de una transmisora, una generadora, una minera o una gran industria enfrenta condiciones ambientales específicas que afectan la aislación, el desempeño de los equipos y la continuidad del suministro.

La solución OT propuesta por Rayenco mide estas variables en la propia subestación, las integra al SCADA del propietario u operador, y las transforma en información accionable: alarmas, tendencias y criterios para operar y mantener según la condición real del entorno.

Con una arquitectura simple y escalable, preparada para los siete perfiles ambientales del SEN, este sistema permite:

- ▶ **Reducir riesgo operacional** con conciencia situacional en tiempo real en cada subestación.
  - ▶ **Optimizar mantenimiento** por condición ambiental real, no solo por calendario, reduciendo OPEX.
  - ▶ **Avanzar hacia límites operativos dinámicos** en subestaciones, alineados con DLR y mejores prácticas internacionales.
  - ▶ **Respaldar cumplimiento normativo** ante CEN, SEC, SERNAGEOMIN y auditorías con datos objetivos y trazables.
  - ▶ **Proteger la continuidad productiva** de la minería y la industria, donde cada hora de interrupción tiene un costo medible.
- 

**«Convirtamos las condiciones ambientales en un aliado estratégico de la operación del Sistema Eléctrico Nacional»**

### **Rayenco Consultores SpA**

Colo Colo 240, Los Ángeles, Chile | Tel: +56 963551190

contacto@rayencoconsultores.cl

[www.rayencoconsultores.cl](http://www.rayencoconsultores.cl)