



## **TÉRMINOS DE REFERENCIA**

**Gerencia de Ingeniería y Tecnología**

**Estudio de Ingeniería para  
Renovación Sistema de Distribución BT SEAT LC y Adecuación Cableado de  
Datos CIC y el Mejoramiento de las  
Condiciones Ambientales Salas Técnicas de la Red Metro S.A.**

**SANTIAGO DE CHILE**

**MARZO 2016**

INDICE

1.	ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO Y DE LA CONSULTORÍA A LICITAR.....	3
2.	DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS.....	3
2.1	Renovación Sistema de Distribución BT SEAT LC y Adecuación Cableado de Datos CIC.....	3
2.1.1	Objetivo .....	3
2.1.2	Diagnóstico de la Situación Actual .....	4
2.1.3	Identificación y Definición del Problema.....	4
2.1.4	Descripción de los Servicios .....	6
2.1.5	Entregables .....	8
2.2	Mejoramiento de las Condiciones Ambientales Salas Técnicas .....	9
2.2.1	Objetivos .....	9
2.2.2	Diagnóstico de la Situación Actual .....	9
2.2.3	Identificación y Definición del Problema.....	17
2.2.4	Descripción de los Trabajos .....	20
2.2.5	Entregables .....	22
3.	PRESENTACIÓN DE LA CONSULTORÍA A LICITAR.....	22
3.1	Requisitos de Participación .....	23
3.2	Plan de trabajo .....	23
3.3	Reuniones de Trabajo .....	24
3.4	Visitas a Terreno .....	24
3.5	Revisiones de Metro.....	24
3.6	Equipo de trabajo.....	25
3.7	Cambio de Profesionales .....	26
3.8	Horas hombre por especialistas .....	26
3.9	Plazos estimados.....	26
3.10	Resultados esperados.....	26
3.11	Glosario .....	26
1	ANEXOS.....	27

## **1. ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO Y DE LA CONSULTORÍA A LICITAR**

El año 2013, Metro solicitó a una empresa internacional, realizar un “Diagnóstico de los Sistemas Técnicos que Soportan la Operación de la Red de Metro”, la cual consistió en realizar un levantamiento, un análisis y un diagnóstico de la situación actual de los sistemas críticos para la operación de Metro S.A., de éste estudio nacen las siguientes iniciativas que el consultor deberá desarrollar durante la ejecución del contrato.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS**

### **2.1 Renovación Sistema de Distribución BT SEAT LC y Adecuación Cableado de Datos CIC**

Bajo este contexto, con el fin de mejorar la fiabilidad y disponibilidad del suministro de energía dentro del Edificio SEAT Lord Cochrane (ubicado en Av. Libertador Bernardo Ohiggins 1414), se recomendó realizar una renovación completa del sistema de distribución de energía en BT, incluido el sistema de respaldo UPS; además de realizar un levantamiento del cableado de datos de los sistemas informáticos del 7° piso del edificio SEAT Lord Cochrane, salón Centro Integrado de Control (CIC).

Las principales vulnerabilidades encontradas tienen relación a la obsolescencia de gran parte del equipamiento y a la gran diversidad de equipos UPS existentes en el recinto, muchos de los cuales no cuentan con un adecuado nivel de respaldo.

De la misma forma, el CIC (séptimo piso del SEAT Lord Cochrane) presenta en la actualidad problemas de distribución de cableado en los diferentes puestos del Centro de Control, cuyo tendido requiere ordenamiento y uniformidad.

#### **2.1.1 Objetivo**

El objetivo del proyecto es aumentar la fiabilidad, la disponibilidad y seguridad del sistema de distribución de energía en el SEAT LC.

El proyecto busca abarcar los siguientes puntos principales:

- Unificar la arquitectura de distribución eléctrica en BT y tecnología de los equipos y componentes.
- Normalizar el equipamiento y cableado eléctrico, y renovar los componentes que hayan cumplido su vida útil.
- Identificar y normalizar el cableado estructurado en el 7° piso del SEAT (salón CIC)
- Disminuir costos de mantenimiento, tanto de personas como de equipos.

Los presentes términos de referencia tienen como fin establecer los alcances y requerimientos mínimos que regirán los trabajos de ingeniería, precisando los alcances y actividades que le

corresponderá realizar al consultor adjudicado, de manera tal que permita a Metro S.A. disponer de todos los antecedentes técnicos, funcionales y administrativos que permitan licitar, en una etapa posterior, el suministro y la ejecución de los diversos trabajos involucrados, y que son requeridos para la implementación del proyecto.

### **2.1.2 Diagnóstico de la Situación Actual**

La distribución de Baja Tensión del SEAT LC, se realiza desde un sistema de seis transformadores 20kV/BT, cada uno alimentando un total de nueve tableros de distribución en Baja Tensión. Desde estos nueve tableros se alimentan diversos tableros preferenciales y auxiliares, tableros de conmutación y diversas UPS, dedicados a entregar energía a los sistemas necesarios para la operación de Metro.

El esquema general del sistema de distribución eléctrica en Baja Tensión del SEAT LC, se muestra en los anexos del documento.

A medida que se han construido nuevas líneas e instalado nuevos equipamientos, la cantidad de tableros auxiliares y UPS dedicados a alimentar los distintos sistemas, ha ido creciendo de forma desregulada y sin una adecuada planificación, lo que se ha traducido en una distribución inadecuada de tableros de alimentación y control, cableado sin identificar que requiere ordenamiento y uniformidad, disparidad de tecnologías, y obsolescencia técnica de parte del equipamiento y componentes.

Por otra parte, el SEAT LC dispone actualmente de una UPS centralizada de capacidad limitada para la gran cantidad de consumos críticos, y una gran cantidad de equipos UPS y sistemas de respaldo en corriente continua dedicado a alimentar consumos específicos, que no cuentan con un adecuado nivel de autonomía, cada uno de distinta tecnología y capacidad. Considerables sistemas disponen de doble suministro y con transferencia automática, existiendo consumos que disponen de respaldos de hasta 3 niveles de UPS en cascada, pero no todos disponen de respaldos derivados de la UPS centralizada, y no todos los consumos disponen de transferencias automáticas, lo que dificulta el mantenimiento de los sistemas y contribuye a la existencia de puntos críticos de falla.

Gran cantidad de equipamiento, tales como los tableros TGAYF A1, B1 y C1 del SAF1 y TGAYF A2, B2 del SAF2, y los TGAYF A3, B3 y cableado asociado, están cercanos a cumplir su vida útil y es necesario renovar.

Un caso importante ocurre en el 7° piso (CIC), que presenta en la actualidad cableado estructurado en desuso o sin identificar, cuyo tendido requiere ordenamiento, identificación y etiquetado.

### **2.1.3 Identificación y Definición del Problema**

Los principales problemas del SEAT LC se relacionan con la distribución inadecuada de tableros de alimentación y control, protecciones mal reguladas, alimentadores de equipos y tableros sin identificar, sistemas críticos sin un adecuado nivel de respaldo, gran cantidad de equipos UPS

dedicados a consumos específicos y de distintas tecnologías, y obsolescencia técnica de parte de su equipamiento y componentes.



**Fig. 1a**



**Fig. 1b**



**Fig. 1c**



**Fig. 1d**

Figura 1. Tableros de distribución SEAT 4to piso

Por otra parte, el 7° piso (CIC), presenta cableado estructurado en desuso o sin identificar, cuyo tendido requiere ordenamiento y uniformidad. No existiendo canalizaciones adecuadas para regularizar las instalaciones. Los principales problemas se indican a continuación:

- Convivencia de cable de varios tipos, telefónico, coaxial, pares apantallados, pares si apantallar con diferente número de conductores, etc.
- Deficiente o nulo etiquetado del cable, lo que impide su uso para una nueva función incluso dentro del mismo sistema.
- Trazados diversos de los cables informáticos, control y de comunicaciones desde los distintos pisos del SEAT a los puestos del CIC.
- Peligro de interferencias, averías y daños personales, al convivir en muchos casos los cables de datos con los de suministro eléctrico.
- Coexistencia de diferentes tipos de conectores.
- Necesidades de nuevo cableado al efectuar un cambio de equipo o traslado de los equipos
- Saturación de conductores

- Dificultades en el mantenimiento en trazados y accesibilidad de los mismos, y mayor dificultad para localizar averías.
- Cables viejos acumulados y no reutilizables.



Figura 2. Cableado estructurado 7° piso (CIC).

### 2.1.4 Descripción de los Servicios

#### 2.1.4.1 Diseño para el proyecto de: Renovación Sistema de Distribución BT SEAT LC

El proyecto considera realizar la modernización del sistema de distribución en BT del SEAT Lord Cochrane, lo que implica: nuevo sistema de UPS centralizada para los sistemas que sustentan la operación de Metro, renovación de tableros generales de BT (4to piso) y la instalación de nuevos tableros de distribución por piso, los que a su vez alimentarán al Tablero General (TG) de sistemas. De esta forma, la solución permitirá unificar arquitecturas y homogeneizar la alimentación por pisos y sistemas; se deberán reestudiar las selectividades de las protecciones de todos los tableros de distribución.

El alcance de los trabajos que debe realizar el Consultor, sin ser exhaustivo, considera como mínimo lo siguiente:

1. **Análisis Situación Actual:** Como primera actividad el consultor deberá realizar el levantamiento del sistema de distribución en Baja Tensión del SEAT Lord Cochrane; como mínimo deberá considerar realizar el levantamiento de cargas e identificación de los circuitos de los tableros de distribución BT, medición de consumos, evaluar formas de montaje de los equipos, identificar necesidades de canalizaciones, etc. Dicho levantamiento le servirá como documento de input para la propuesta de soluciones.

Para poder identificar las cargas de cada uno de los sistemas y tableros señalados en el punto anterior, se realizarán, a lo menos, las siguientes actividades:

- Realizar un registro y levantamiento de cada uno de los cables de alimentación o distribución existentes en los tableros o equipos críticos.

- En caso que existan cables sin identificación o se tenga duda de la carga asociada, se debe realizar un seguimiento de los cables a lo largo de su trazado, y realizar pruebas en coordinación con Metro.
- Para los puntos anteriores, se deben considerar visitas a terreno en horario diurno y/o nocturno, según se requiera.

Una vez realizado este levantamiento, se deberán reestudiar las selectividades de las protecciones de todos los tableros de distribución, y redistribuir los consumos asociados a cada tablero, permitiendo de esta forma unificar arquitecturas y homogeneizar la alimentación por pisos y sistemas.

2. **Propuesta de Soluciones:** Una vez realizado el análisis de la situación actual, el consultor procederá a presentar probables soluciones, que se definirán en conjunto con Metro S.A.

El diseño de la nueva arquitectura del sistema eléctrico en BT, debe incluir: necesidades de nuevos tableros de distribución, análisis de capacidades y autonomías del nuevo sistema de UPS a implementar, integración de los equipos de respaldo existentes a la nueva arquitectura, necesidades de nuevas canalizaciones y nuevos tendidos de cables, integración de los nuevos equipos con el SCADA, etc.

El diseño de la renovación del sistema de distribución en BT, el Consultor deberá considerar los siguientes conceptos principales:

- Sistema UPS: La solución proyectada, que deberá ser analizada por el Consultor, consiste en implementar una UPS centralizada redundante de aprox. 250 KVA/ 90min autonomía, con bypass externo y tableros de distribución asociados. La integración de los equipos de respaldo existentes tales como UPS dedicadas y grupos generadores deberán ser analizados por el Consultor.
- Cambio de tableros de distribución de BT: Se deberán renovar parte de los tableros de distribución generales ubicados en el 4to piso del edificio. Además, el consultor deberá diseñar los tableros de distribución por piso, los que a su vez alimentarán a TG de sistemas. Se deberán reestudiar las selectividades de las protecciones de todos los tableros de distribución acordes con el nuevo diseño del sistema de distribución.
- El consultor deberá proponer y diseñar un sistema de control, mando y protección con una interfaz adecuada para visualizar los principales parámetros de la UPS y tableros de distribución. Debe incluir como mínimo PLC's dedicados, analizadores de red (medidores de energía), red de comunicaciones interna, la instalación de sinópticos y todos los enclavamientos eléctricos y lógicos.
- Renovación de cables: El proyecto contempla el remplazo de cables de parte las instalaciones, los cuales por haber cumplido su vida útil se encuentran en una condición insegura.
- Se debe considerar realizar todo el proceso de basculamiento de los equipos o tableros auxiliares asociados a cada sistema a los nuevos tableros de distribución. Se deberá analizar la instalación de nuevo cableado desde el origen o la extensión del cableado existente. El proyecto considera

el retiro de todos los equipos y cableado que queden fuera de servicio debido a la instalación de los nuevos equipos o que estén en desuso.

- Se deberán migrar a transferencias automáticas todas aquellas que requiera la nueva distribución segregada por plantas y sistemas. Prescindiendo de todas las transferencias manuales, y de las bajadas y subidas de alimentadores por diversos sectores y pisos.

### 2.1.4.2 Diseño para Proyecto de: Adecuación cableado 7° Piso SEAT (CIC)

El consultor deberá desarrollar una ingeniería que permita redistribuir y recanalizar el cableado de forma uniforme y ordenada. Así mismo, el consultor deberá localizar física y lógicamente el cableado que por motivo de cambios, modificaciones y/o remodelaciones, está desconectado, se ha perdido su identificación o está en desuso, y desarrollar un conjunto de planos actualizados de la instalación. El consultor deberá proponer un sistema de cableado estructurado, con una arquitectura robusta, flexible, y fácilmente adaptable a la posible incorporación de nuevo equipamientos o evoluciones tecnológicas; además de mejorar la parte estética del recinto.

### 2.1.5 Entregables

El consultor deberá desarrollar todos los antecedentes técnicos, funcionales y administrativos que permitan licitar, en una etapa posterior, el suministro y la ejecución de los diversos trabajos involucrados, y que son requeridos para la implementación del proyecto.

El consultor deberá entregar como mínimo los siguientes documentos:

- Programa de trabajos - Carta Gantt consolidada del proyecto.
- Levantamiento situación actual:
  - Informe análisis situación actual, según lo indicado en el punto 2.1.4.
- Ingeniería Conceptual
  - Informe con alternativas de solución proyectadas, indicando características y análisis técnico-económico
- Ingeniería Básica:
  - Especificación técnica de equipos:
    - El consultor deberá realizar las especificaciones técnicas para la adquisición de la totalidad del suministro
    - Equipos y componentes del sistema UPS
    - Tableros eléctricos y componentes
    - Cableado
    - Canalizaciones
    - Sistema de control y medición
    - y otros que se estimen necesarios para el desarrollo del proyecto.
  - Planos: El proponente deberá realizar los planos que servirán como punto de partida de la ingeniería de detalles. Como mínimo, deberán desarrollar:
    - Diagramas unilineales
    - Diagramas de control

- Diagramas de cableado
- Diagramas de montaje y disposición de equipos
- Desarrollo de memorias de cálculo de los equipamientos propuesto.
- Procedimiento de instalación, considerando minimizar el impacto en la operación.
- Propuesta de un plan de mantenimiento y stock de repuestos.
- Protocolos de prueba y puesta en servicio
- Presupuesto y análisis de costos de inversión, operación y mantenimiento
- Cronograma referencial para ejecución de los trabajos

En particular la Ingeniería Básica debe contener toda la información que se requiere para llamar a una propuesta pública la ejecución del proyecto incluyendo equipamientos y modificaciones necesarias.

En su Oferta deberá detallar una lista preliminar de documentación por hito de pago que permita dar cumplimiento a lo solicitado.

## **2.2 Mejoramiento de las Condiciones Ambientales Salas Técnicas**

La segunda iniciativa a desarrollar durante el contrato, es el Mejoramiento de las Condiciones Ambientales Salas Técnicas en estaciones, éstas comprenden: Salas de Corrientes Débiles o Local Técnico, Sala de Tableros y Salas para SAF (Subestación de Alumbrado y Fuerza), en estos recintos se encuentran instalados los equipamientos que permiten la operación comercial de las Líneas existentes.

El estudio preliminar detectó deficiencias en las salas técnicas asociadas a problemas de temperatura, polución, iluminación, canalizaciones, entre otros.

Para dar solución a lo señalado anteriormente, Metro de Santiago llevará a cabo el mejoramiento de las condiciones ambientales de estos recintos.

### **2.2.1 Objetivos**

El Objetivo del proyecto es mejorar las condiciones ambientales de las salas técnicas en estaciones, aumentando la fiabilidad, la disponibilidad y seguridad de los sistemas que soportan la Operación.

Los presentes términos de referencia tienen como fin establecer los alcances y requerimientos mínimos que regirán los trabajos de ingeniería, precisando los alcances y actividades que le corresponderá realizar al consultor adjudicado, de manera tal que permita a Metro S.A. disponer de todos los antecedentes técnicos, funcionales y administrativos que permitan licitar, en una etapa posterior, el suministro y la ejecución de los diversos trabajos involucrados, y que son requeridos para la implementación del proyecto.

### **2.2.2 Diagnóstico de la Situación Actual**

Debido a que las salas técnicas, se construyeron en ausencia de una planificación general para cada Línea, es que en la actualidad, es posible encontrar recintos de diversos tamaños y distribuciones.

Las salas técnicas, se pueden dividir en tres tipos:

- Salas de Corrientes Débiles o Local Técnico
- Salas de Tableros (un recinto por cada vía)
- Salas para Subestaciones de Alumbrado y Fuerza, SAF (un recinto por cada vía)

Todos estos recintos, en una mayor o menor medida, presentan problemas de temperatura, polución, iluminación, canalizaciones, entre otros, lo que esta impactando al correcto desempeño de los equipos y sistemas.

### 2.2.2.1 Salas de Corrientes Débiles o Local Técnico

Esta sala llamada Sala de Corrientes Débiles (SCD) o Local Técnico (LT), es una sala por cada estación ubicada de forma preferente por lado Vía 1, las dimensiones y formas difieren de acuerdo a la estación y a la Línea que corresponda.

En este recinto se encuentran instalados equipamientos correspondientes principalmente sistemas tales como:

- Comando Centralizado
- Señalización
- Pilotaje Automático
- Peaje
- CCTV
- Sonorización
- Control de Intrusión y Alarmas
- Control de Acceso
- Sistemas de Comunicación OTN
- Sistemas de Radio



**Figura 1.** Equipamiento de señalización en Sala de Corrientes Débiles L1.

Sólo en algunas las estaciones de L4/4A (Ver anexo 1) y en las de la extensión de la L5 (Quinta Normal – Plaza Maipú), se encuentran instalados un equipo de climatización instalado por cada Local Técnico.

#### 2.2.2.2 Salas de Tableros por Vía 1 y Vía 2

Estas salas técnicas concentran principalmente los Tableros Generales de Alumbrado y Fuerza (TGAyF), que distribuyen energía a recintos y a la estación, se ubica una sala por Vía 1 y la otra por Vía 2.

Con el tiempo en las salas de tableros, se comenzó a instalar equipamiento correspondiente a sistemas que por su naturaleza constructiva y de funcionalidad, debería ser instalado en la sala de Corrientes Débiles. Esta decisión se tomo, dado que en las salas de Corrientes Débiles, ya no se disponía de espacio suficiente.



**Figura 3.** Equipamientos en Sala de Tableros BA-L1.

#### 2.2.2.3 Salas Técnica para SAF por Vía 1 y Vía 2

##### **Línea 1**

Las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza (AyF), SAF, distribuidas en L1, se pueden dividir y agrupar en 2 grandes tramos, las subestaciones del tramo original de construcción y las de la extensión.

Las subestaciones de AyF de Línea 1 en dos tramos:

- Tramo 1. Subestaciones Alumbrado y Fuerza de SP a EM.
- Tramo 2. Subestaciones Alumbrado y Fuerza de MQ a LD.

##### Tramo 1, SAF SP-EM

Las subestaciones Alumbrado y Fuerza Tramo 1, están compuestas principalmente por 3 niveles de operación, los cuales se presentan a continuación:

- Grupo de Celdas de Media Tensión 20kV (Merlin Gerin).
- 1 Transformador 250 KVA, 20 KV / 400V – 230V (Sindelen) por cada SAF
- Tablero Normal y Preferencial (genérico, instalado por V1)



**Figura 4.** Celdas Medias Tensión, Transformador, Tablero preferencial Tramo1 L1

### Tramo 2, SAF MQ-LD

Las subestaciones Alumbrado y Fuerza Tramo 2, están compuestas principalmente por 3 niveles de operación, los cuales se presentan a continuación:

- Grupo de Celdas de Media Tensión 20kV (Siemens)
- 1 Transformador 250 KVA, 20 KV / 400V – 230V (LS Industrial System) por cada SAF
- Tablero Normal y Preferencial (genérico, instalado por V1)



**Figura 5.** Celdas Medias Tensión, Transformador, Tablero preferencial Tramo2 L1

>

### **Línea 2**

Las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza, SAF, distribuidas en L2, se pueden dividir y agrupar en 2 grandes tramos, las subestaciones del tramo original de construcción y las de la extensión.

Describiremos las subestaciones de A y F de Línea 2 en dos tramos:

- Tramo 1. Subestaciones Alumbrado y Fuerza de LO a CA.
- Tramo 2. Subestaciones Alumbrado y Fuerza de LC a EP y PT a AV.

### Tramo 1, SAF LO-CA

Las subestaciones Alumbrado y Fuerza Tramo 1, están compuestas principalmente por 3 niveles de operación, los cuales se presentan a continuación:

- Grupo de Celdas de Media Tensión 20kV (Merlin Gerin)
- 1 Transformador 20 KV / 400V – 230V por cada SAF (Sindelen)
- Tablero Normal y Preferencial (genérico, instalado por V1)



**Figura 6.** Celdas Medias Tensión, Transformador, Tablero preferencial Tramo1 L2

### Tramo 2, SAF LC-EP PT-AV

Las subestaciones Alumbrado y Fuerza Tramo 2, están compuestas principalmente por 3 niveles de operación, los cuales se presentan a continuación:

- Grupo de Celdas de Media Tensión 20kV (Siemens)
- 1 Transformador 250 KVA, 20 KV / 400V – 230V (Sindelen) por cada SAF
- Tablero Normal y Preferencial (genérico, instalado por V1)

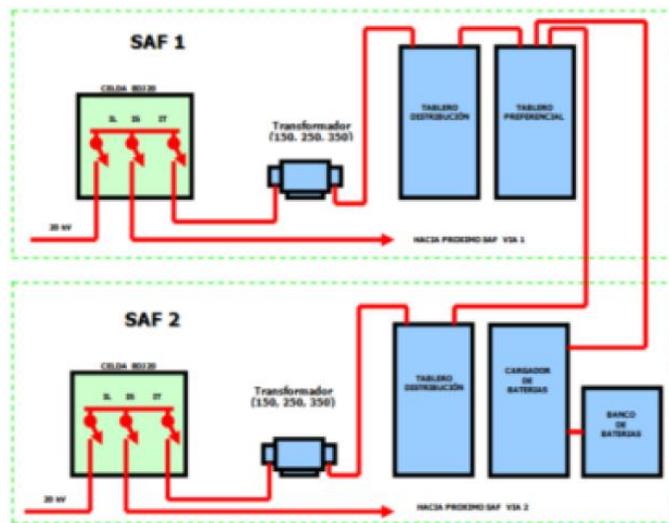


**Figura 7.** Celdas Medias Tensión, Transformador, Tablero preferencial Tramo2 L2

### Línea 4/4A

Las subestaciones de Alumbrado y Fuerza, SAF de las L4 y L4A están constituidas principalmente por los siguientes componentes.

- Celdas de Media Tensión de 24KV Tipo 8DJ20.
- Transformador (Scabbner)
- Tablero Distribución
- Tablero Preferencial
- Tablero de Alumbrado de Emergencia
- Cargador de Baterías (Merlin Gerin)



**Figura 8.** Esquemas SAF L4/4A.



**Figura 9.** Celdas Medias Tensión, Transformador.

## **Línea 5**

Las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza, SAF, distribuidas en L5, se puede dividir y agrupar en 2 grandes tramos, las subestaciones del tramo original de construcción y las de la extensión.

Describiremos las subestaciones de AyF de Línea 5 en dos tramos:

- Tramo 1. Subestaciones Alumbrado y Fuerza de VV a RC.
- Tramo 2. Subestaciones Alumbrado y Fuerza de QN a PM.

### Tramo 1 VV-RC

Las Subestaciones Alumbrado y Fuerza Tramo 1, están compuestas principalmente por 3 niveles de operación, los cuales se presentan a continuación:

- Grupo de Celdas de Media Tensión 20kV (Merlin Gerin)
- Transformador 250KVA, 20 KV / 400V – 230V.
- Tablero Normal y Preferencial



**Figura 10.** Celdas Medias Tensión, Transformador, Tablero preferencial Tramo1 L5.

### Tramo 2 QN-PM

Las Subestaciones Alumbrado y Fuerza Tramo 2, están compuestas principalmente por 3 niveles de operación, los cuales se presentan a continuación:

- Grupo de Celdas de Media Tensión 20kV (Siemens)
- Transformador 250KVA, 20 KV / 400V – 230V.
- Tablero Normal y Preferencial



**Figura 11.** Celdas Medias Tensión, Transformador, Tablero preferencial Tramo2 L5.

### **2.2.3 Identificación y Definición del Problema.**

El estudio internacional contratado por Metro en el año 2013, indica en su levantamiento de las condiciones ambientales de las salas técnicas, que la temperatura de las salas es muy elevada y que el nivel de polución existente es muy alto.

Si bien el estado particular de los locales técnicos no es exactamente igual para todas las Líneas, se puede afirmar que hay una serie de características comunes a todos los Locales Técnicos:

- No hay instalados sistemas de ventilación ni de climatización, los cuales aseguren la entrada de aire limpio y una temperatura adecuada para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos electrónicos.
- En algunas estaciones se encuentran instalados equipos de aire acondicionado que están desconectados y las pocas estaciones dónde hay equipos de climatización instalados (ver Anexo I), estos no están supervisados.



**Figura 12.** Equipos de aire acondicionado desconectados, salas con sistemas de ventilación no operativa, sala con equipos de aire acondicionado operativo.

- El nivel de polución del ambiente es mayor al que sería recomendable: Este factor tiene un impacto directo en el estado de conservación de los equipos, producto que los armarios de sistemas no siempre están cerrados, a causa de las elevadas temperaturas que se llegan a alcanzar, esto implica a su vez que la suciedad “sature” los ventiladores que tienen como objeto disminuir la temperatura del interior de los equipos.



**Figura 13.** Registro visual tomado por Consultor, donde se muestra la suciedad en el exterior e interior de los armarios de los sistemas que soportan la operación.

### Estadísticas en relación a las UPS Centralizadas

En forma adicional a los levantamientos de las condiciones de las salas técnicas, el consultor construyó estadísticas en relación a las temperaturas (ver Anexo II), utilizando una muestra de datos obtenidos y proporcionados por mantenimiento área de energía, muestreo aplicado a los sistemas UPS centralizadas de las diferentes Líneas en explotación de la red de Metro para las Líneas 1, 2 y 5.

Finalmente se puede concluir que actualmente las salas técnicas de las estaciones no tienen una temperatura adecuada para el correcto funcionamiento de los equipos que alberga, en especial las salas de la Línea 1, que es la que muestra una mayor temperatura media.

Los estudios, no obtuvieron datos de temperaturas de las estaciones extensiones de la Línea 1 (Escuela militar – Los Dominicos), Línea 2 (Cerro Blanco – Vespucio Norte), Línea 5 (Quinta Normal – Plaza Maipú), así como en todas las estaciones de las líneas L4 y L4A.

En relación a las gráficas de temperaturas construidas (ver Anexo I, para mayores detalles), se desprende que las salas que superan la temperatura máxima son:

L1	L2	L5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• San Pablo.</li> <li>• Las Rejas.</li> <li>• Ecuador.</li> <li>• San Alberto Hurtado.</li> <li>• Universidad de Santiago.</li> <li>• Estación Central.</li> <li>• ULA.</li> <li>• República.</li> <li>• Los Héroes.</li> <li>• LA Moneda.</li> <li>• Universidad de Chile.</li> <li>• Santa Lucía.</li> <li>• Universidad Católica.</li> <li>• Baquedano.</li> <li>• Salvador.</li> <li>• Manuel Montt.</li> <li>• Pedro de Valdivia.</li> <li>• Los Leones.</li> <li>• Tobalaba.</li> <li>• El Golf.</li> <li>• Alcántara.</li> <li>• Escuela Militar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puente Cal y Canto.</li> <li>• Los Héroes.</li> <li>• Lo Vial.</li> <li>• Departamental.</li> <li>• Ciudad del Niño.</li> <li>• Lo Ovalle.</li> <li>• Cisterna.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vicente Valdés.</li> <li>• Bellavista La Florida.</li> <li>• Irarrázaval.</li> <li>• Santa Isabel.</li> <li>• Parque Bustamante.</li> <li>• Baquedano.</li> <li>• Bellas Artes.</li> <li>• Plaza de Armas.</li> <li>• Santa Ana.</li> <li>• Ricardo Cumming.</li> <li>• Quinta Normal.</li> </ul>

**Figura 14.** Listado de estaciones que superan Temperaturas máximas permitidas

## 2.2.4 Descripción de los Trabajos

El alcance de los trabajos que debe realizar el Consultor, se enmarca dentro de los siguientes criterios y requerimientos, para las salas técnicas (Local Técnico, Sala de Tableros y SAF) en estaciones de las Líneas 1, 2, 4/4A y 5. De considerar que la consultoría abarca la red completa de Metro de Santiago que se compone por 108 estaciones, en cada una de ellas existen 2 SAF, una sala técnica o de corrientes débiles y una sala de Tableros.

Los servicios requeridos se componen de:

- Realizar análisis de las captaciones y extracciones de aire
- Realizar análisis de filtraciones y humedades relativas
- Realizar levantamiento de la distribución de los equipos en cada una de ellas
- Realizar levantamiento carga de calor disipada por cada armario (equipos), carga calor disipada por la iluminación, entre otros..
- Revisión de los equipos de climatización instalados y su evaluación de sustitución o reemplazo
- Estudio y diseño sistema de regulación Temperaturas (climatización, ventilación,u otros.) en las salas técnicas:
  - Definición condiciones de temperaturas
  - Estudio del manejo de humos
  - Integración a la supervisión del Centro de Control, para obtener una supervisión del sistema.
  - Renovación del aire fresco dentro de las salas técnicas
  - Parámetros de ventilación (caudal, potencia, velocidad)
  - Memorias de cálculo del dimensionado de equipo de ventilación, en función de las condiciones de temperatura requeridas
  - Control de ruidos
- Estudio y diseño de adecuación en instalaciones:
  - Control de polución
  - Instalación de equipamientos necesarios para adecuación de Temperaturas, Ventilación, entre otros..
- Estudio de las condiciones actuales de iluminación y fuerza (tomas de servicio) y proponer cambios de equipos donde se requieran.
- Estudio y diseño de equipos complementarios:
  - Equipos de seguridad
  - Escalerillas y/o canalizaciones metálicas (aéreas / inferiores)
  - Carpintería metálica
  - Piso técnico
  - Señalética de seguridad
  - Entre otras necesidades
- Aplicación de normas europeas UNE EN, EN, Internacionales IEC, UIC e ISO, en caso de que estas normas no apliquen, proponer normativas homologas, como por ejemplo:
  - NFPA 130 Standard for fixed guide way transit and passenger rail systems

- NFPA 92 Standard for smoke control systems (Edition 2012)
  - NFPA 101 Life safety code
  - SMACNA Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association
  - AMCA Air Moving and Conditioning Association Inc. USA
  - ASHRAE Codes for HVAC systems design (ducting, piping, heat loads...)
  - EN13779 Ventilation for non-residential buildings
  - EN 779 Particulate air filters for general ventilation – Determination of the filtration
  - Performance
- Los estudios y diseño, consideran las necesidades o impactos generados por proyectos que se encuentren en desarrollo durante el periodo de los trabajos solicitados.
  - Estudio y diseño cuadro generales de distribución de proveedores externos (TGyF).
  - Estudio y diseño de una solución aérea de puesta a tierra de las salas técnicas.

Al final de este proceso, se dará respuesta a la problemática de mejoramiento en las salas técnicas, con las siguientes generalidades de soluciones técnicas:

- Mejoramiento de Condiciones Ambientales Locales Técnicos, Salas de Tableros y Salas SAF, por medio del suministro, instalación y puesta en servicio de equipos de ventilación, climatización u otro según aplique.
- Tablero General de Distribución: Suministro, instalación, configuración, comprobación y puesta en marcha de tableros de distribución (TGFyA), dedicados a alimentar equipos de proveedores externos. Incluye soportes, conexión, cableados, canalizaciones y elementos auxiliares (fijaciones, canalizaciones, etc.).
- Red Aérea de Puesta a Tierra de las Salas Técnicas: Suministro, montaje e instalación de puesta a tierra de forma aérea en salas, formada por conductores desnudos de cobre de calibres 250 kcmil y 4/0 AWG, incluyendo las soldaduras aluminotérmicas necesarias, conexión a platinas de puesta a tierra, platinas de cobre sobre aisladores tipo barril con conectores bimetalicos y de bronce. Elementos auxiliares (fijaciones, canalizaciones, etc.).
- Sistema de Alumbrado y Fuerza Sala Técnica: Suministro, instalación, configuración, comprobación y puesta en marcha del alumbrado normal, socorro y de emergencia en las Salas Técnicas, y del conjunto de contactos de la Sala Técnica. Formado por luminarias con lámparas fluorescentes, contactos monofásicos dúplex, contactos trifásicos, cables de conexión, tubería, soportes, accesorios, parte proporcional del sistema de control de alumbrado, accesorios de encendido y apagado, material para su correcta instalación y funcionamiento.
- Trabajos Civiles: Suministro, montaje, instalación y comprobación de suministros para las Salas Técnicas, tales como equipos de seguridad (extintores portátiles, señalética, etc.);

arreglos en piso técnico, carpintería metálica, canalizaciones, entre otros. Sellado de salas, modificaciones para los sistemas de ventilación y/o climatización de salas.

### **2.2.5 Entregables**

El consultor deberá desarrollar todos los antecedentes técnicos, funcionales y administrativos que permitan licitar, en una etapa posterior, el suministro y la ejecución de los diversos trabajos involucrados, y que son requeridos para la implementación del proyecto.

El consultor deberá entregar como mínimo los siguientes documentos:

- Programa de trabajos - Carta Gantt consolidada del proyecto.
- Levantamiento situación actual:
  - Informe análisis situación actual, según lo indicado en el punto 2.2.2 y 2.2.3
- Ingeniería Conceptual
  - Informe con alternativas de solución proyectadas, indicando características y análisis técnico-económico, según lo indicado en el punto 2.2.2 y 2.2.3
- Ingeniería Básica:
  - Especificación técnica de equipos:
    - Especificaciones técnicas para la adquisición de la totalidad del suministro
    - Equipos y componentes
    - Tableros eléctricos y componentes
    - Cableado
    - Canalizaciones
    - y otros que se estimen necesarios para el desarrollo del proyecto.
  - Planos: El proponente deberá realizar los planos que servirán como punto de partida de la ingeniería de detalles.
  - Desarrollo de memorias de cálculo de los equipamientos propuesto.
  - Procedimiento de instalación, considerando minimizar el impacto en la operación.
  - Propuesta de un plan de mantenimiento y stock de repuestos.
  - Protocolos de prueba y puesta en servicio
  - Presupuesto y análisis de costos de inversión, operación y mantenimiento
  - Cronograma referencial para ejecución de los trabajos

En particular la Ingeniería Básica debe contener toda la información que se requiere para llamar a una propuesta pública la ejecución del proyecto incluyendo equipamientos y modificaciones necesarias.

En su Oferta, deberá detallar una lista preliminar de documentación por hito que abarque lo descrito en este punto y que cumplan con los estudios solicitados en el numeral 2.2.3.

## **3. PRESENTACIÓN DE LA CONSULTORÍA A LICITAR**

Los siguientes capítulos se consideran comunes para ambos proyectos que forman la consultoría, sin embargo, debe considerar que ambos proyectos se desarrollan en forma paralela

### 3.1 Requisitos de Participación

El Proponente o alguno de sus Miembros, en el caso que estén constituido por más de una empresa, deberán acreditar poseer la siguiente experiencia:

- Experiencia en el diseño de sistemas de ventilación y/o climatización; Deberán acreditar experiencia en el desarrollo de especificaciones técnicas y planos en estas especialidades
- Experiencia en el diseño de soluciones civiles en recintos técnicos. Deberán acreditar experiencia en el desarrollo de especificaciones técnicas y planos en algún proyecto similar.
- Acreditar haber ejecutado a lo menos un servicio similar, en envergadura y características técnicas, que tenga relación con el tema del proyecto, y que se haya materializado dentro de los últimos cinco (5) años. Para certificar el cumplimiento de este requisito, se deberán adjuntar los certificados emitidos por el mandante pertinente a quien se prestaron servicios. Tanto la experiencia como los certificados deberán adjuntarse en el Formulario de las bases administrativas.

Es importante destacar que no podrán participar empresas cuya experiencia en el diseño de proyectos estén orientados a una única marca o solución específica.

### 3.2 Plan de trabajo

El proponente deberá presentar un plan de trabajo donde indique claramente la metodología a utilizar en la ejecución de la ingeniería, el que debe incluir detalladamente cada una de las actividades a desarrollar, teniendo presente una permanente verificación del estado de avance de los trabajos.

Este plan debe ser diferenciado entre ambos proyectos y en forma independiente, es decir, ambos proyectos deben desarrollarse en paralelo en los plazos establecidos.

- Renovación Sistema de Distribución BT SEAT LC y adecuación cableado de datos CIC (Descrito en capítulo 2.1)
- Mejoramiento de las Condiciones Ambientales Salas Técnicas (Descrito capítulo 2.2)

Estos planes deben contemplar, a lo menos, la realización de las siguientes tareas:

1. Levantamiento Situación Actual:
  - Recopilación de antecedentes y análisis de la situación actual
2. Ingeniería Conceptual
  - Desarrollo de un prediseño y/o proyecto funcional y análisis técnico-económico de las distintas soluciones presentadas.
3. Ingeniería Básica
  - Desarrollo de documentación para licitar suministro y montaje
  - Elaboración de un presupuesto de la obra
  - Cronograma de estimado para la ejecución

Con una periodicidad de dos (2) semanas, el consultor suministrará un informe de avance de actividades, donde se detalle el estado de los trabajos desarrollados durante el período anterior a dicha fecha. Tales informes deberán ser preparados de manera diferenciada totalmente satisfactoria para Metro S.A. y deberán mostrar: el avance del desarrollo de la ingeniería, un resumen de los trabajos realizados, los eventos relevantes del proceso, así como las causas de cualquier atraso que pudiera haber ocurrido. Estos informes estarán acompañados de los respectivos diagramas de barras de las actividades programadas y ejecutadas que hayan sufrido variaciones, con indicación de los atrasos, problemas o incidentes que se hayan presentado en el período anterior.

### **3.3 Reuniones de Trabajo**

El Consultor deberá participar de todas las reuniones que sean necesarias las cuales pueden ser convocadas por Metro S.A, estas se pueden realizar tanto en las dependencias de Metro S.A como del Consultor según las necesidades del proyecto.

Es parte del alcance del Consultor elaborar las actas o minutas de cada reunión del Proyecto, las que deberán ser enviadas a los participantes de la misma para su revisión y aprobación luego de un plazo no superior a dos días hábiles de celebrada la reunión, emitiendo posteriormente una versión final en un plazo no mayor a dos días hábiles, la que será entregada al Administrador de Contrato para incluir en los antecedentes del mismo.

Debe considerar al menos una reunión semanal de coordinación y reuniones técnicas que sean necesarios para dar cumplimiento a lo solicitado.

### **3.4 Visitas a Terreno**

Para dar cumplimiento a lo señalado en el presente documento el consultor requerirá visitar las dependencias de Metro, para lo cual debe considerar que deberá dar cumplimiento a al reglamento de Contristas y Subcontratistas de Metro S.A, y realizar todas las charlas y/o inducciones que se requieran con el fin de velar por el cumplimiento de los procedimientos de Metro S.A.

Además la administración del contrato de Metro S.A proveerá de todas la facilidades para realizar dichos servicios, pero debe considerar que algunas visitas deberán realizarse en horario nocturno.

### **3.5 Revisiones de Metro**

El Consultor debe considerar en su programación que cada documento entregado a Metro contará con un proceso de revisión de 10 días hábiles. Si las observaciones de Metro no son subsanadas a satisfacción, podrán generarse nuevas revisiones de versiones C, D o posteriores, aplicándose el mismo plazo, se recomienda considerar al menos dos revisiones por documento, además Metro recibirá para su revisión documentos en versión B en adelante.

### **3.6 Equipo de trabajo**

El proponente deberá presentar el organigrama específico que establecerá en sus oficinas para la materialización del estudio, indicando la experiencia del equipo de trabajo en las especialidades implícitas en la asesoría. El consultor deberá entregar un organigrama, indicando los nombres, cargos/rol que desempeñará en la asesoría y su correspondiente curriculum vitae, considerando al menos los perfiles que se describen a continuación:

El equipo de trabajo, al menos debe éste debe estar conformado, a lo menos, por:

#### **3.6.1 Jefe de Proyecto:**

Ingeniero Civil designado por el Contratista, con al menos de 8 años de experiencia en las especialidades implícitas en la consultoría, con experiencia como jefe de proyecto.

En el caso de esta profesional debe presentar 2 jefes de proyecto uno por proyecto.

#### **3.6.2 Especialista en Climatización:**

Ingeniero Civil o Ejecución Climatización, con un mínimo de 5 años de experiencia en el diseño de soluciones ambientales en recintos técnicos.

#### **3.6.3 Especialistas Eléctricos:**

- Especialista Eléctrico1: Ingeniero Civil o Ejecución Eléctrico, con un mínimo de 5 años de experiencia en el diseño de sistemas eléctricos industriales en MT/BT y sistemas de respaldo de energía UPS.
- Especialista Eléctrico 2: Ingeniero Civil o Ejecución Eléctrico, con un mínimo de 5 años de experiencia en el diseño de data center, sistemas de informáticos y comunicaciones; experiencia en cableado estructurado en instalaciones en operación.

#### **3.6.4 Proyectista Eléctrico:**

Proyectista Eléctrico, con un mínimo de 5 años de experiencia en el desarrollo de planos eléctricos para ingeniería básica y detalles; unilineales, canalizaciones, disposición de equipos, y redes de comunicación y datos

#### **3.6.5 Especialista Sanitario**

Especialista en desarrollo de proyectos sanitarios con al menos 3 años de experiencia en el desarrollo de planos eléctricos para ingeniería básica y detalles.

El consultor será responsable de contar con todos los especialistas que el permitan materializar los servicios contratados, los cuales deben ser presentados en su oferta.

### 3.7 Cambio de Profesionales

En los caso que el Consultor desee reemplazar a un profesional declarado deberá someter a aprobación por parte de Metro S.A dicho cambio, teniendo en cuenta que debe cumplir con el perfil requerido en los presentes Términos de Referencia.

### 3.8 Horas hombre por especialistas

El Proponente deberá indicar, utilizando el Formulario adjunto a las bases, las Horas – Hombre que contempla utilizar para cada especialista, según los cargos/rol que desempeñará en la asesoría.

### 3.9 Plazos estimados

El plazo de ejecución de la consultoría debe ser como máximo de 7 meses a partir de la adjudicación.

### 3.10 Resultados esperados

Como resultado del proyecto se espera aumentar la fiabilidad, la disponibilidad y la seguridad de los sistemas Técnicos que se encuentran instalados en las salas técnicas en estaciones, por medio de las mejoras en las condiciones ambientales de los recintos, normalizando la temperatura de funcionamiento de los equipamientos y polución.

### 3.11 Glosario

<b>TG</b>	Tablero general
<b>LC</b>	Lord Cochrane
<b>BT</b>	Baja Tensión
<b>SEAT</b>	Subestación de Alta Tensión
<b>CIC</b>	Centro Integrado de Control
<b>UPS</b>	Uninterruptible Power Supply
<b>SCADA</b>	Supervisory Control And Data Acquisition
<b>IHM</b>	Interfaz Hombre Máquina
<b>SISMAN</b>	Sistema de Mantenimiento

## 1 Anexos

### Anexo I: Equipos de Climatización existentes

#### Estaciones L4/4A

Local Técnico	Local Técnico
VMA (Vicuña Mackenna L4)	4 Equipos 48.000 BTU
VIM (Vicuña Mackenna L4A)	4 Equipos 48.000 BTU
RGR	2 Equipos 48.000 BTU
TOB Tobalaba	2 Equipos 48.000 BTU
PPA Plaza Puente Alto	1 Equipos 18.000 BTU y 2 Equipos 12.000 BTU
RQU Rotonda Quilín.	4 Equipos 48.000 BTU

#### Estaciones L5

Estación	Cap	Tipo	Modelo	Marca
PM Plaza Maipú	120000	Split Ducto	TWE100ADD0EL	Trane
SB Santiago Bueras	90000	Split Ducto	TWA090	Trane
LS Del Sol	60000	Split Ducto	MWX060GBORAA	Trane
	60000	Split Ducto	MWX060GBORAA	Trane
MT Monte Tabor	48000	Split Ducto	MUV-48H	Anwo
	48000	Split Ducto	MUV-48H	Anwo
LP Las Parcelas	48000	Split Ducto	MUV-48H	Anwo
	48000	Split Ducto	MUV-48H	Anwo
LS Laguna Sur	48000	Split Ducto	MUV-48H	Anwo
	48000	Split Ducto	MUV-48H	Anwo
LP Lo Prado	100000		CCU-121	Stulz
	100000		CCU-121	Stulz

## Anexo II: Estadísticas de temperaturas

Todas las temperaturas proporcionadas, han sido obtenidas mediante un termómetro infrarrojo enfocando al equipo.

Los datos no considerados en esta hipótesis, son los de temperatura de tableros y baterías, debido a que son equipos eléctricos que dependen de la cantidad de consumo y/o cargas eléctricas conectadas a ellos, y por tanto generan una mayor o menor cantidad de calor según su usabilidad.

Los únicos datos considerados son los de temperatura de UPS, ya que son los únicos que se pueden asimilar a temperaturas de equipos electrónicos instalados en el interior de un rack. Si bien esta aproximación no es del todo cierta debido a que las UPS en estudio, son equipos instalados fuera de rack y con ventilación forzada.

Los cálculos han considerado la suma de un diferencial de temperatura “ $\Delta$ Track” positivo a los datos recogidos por mantenimiento, en forma adicional los cálculos tuvieron el objetivo de determinar la temperatura de los equipos en época estival, por lo tanto, se aplicó un diferencial “ $\Delta$ Estival” positivo.

- T<sub>Equipo</sub>: Temperatura de todos los equipos ubicados en las salas definida como la suma de la Temperatura de la UPS y el  $\Delta$ Track.

$$T_{\text{Equipo}} = T_{\text{UPS}} + \Delta\text{Track}$$
$$\Delta\text{Track} = 3^{\circ}\text{C}$$

- T<sub>Equipoestival</sub>: Temperatura de todos los equipos ubicados en las salas en época estival definida como la suma del valor de la Temperatura del equipo y el  $\Delta$ Estival.

$$T_{\text{Equipoestival}} = T_{\text{Equipo}} + \Delta\text{Estival}$$
$$\Delta\text{Estival} = 10^{\circ}\text{C}$$

- T<sub>OptimaSala</sub>: Temperatura óptima de sala debe estar entre 21 y 23 grados centígrados.
- T<sub>MaximaEquipo</sub>: Temperatura máxima de funcionamiento de los equipos electrónicos es la determinada por los fabricantes de cada equipo, pero asumiendo que todos los equipos son de base electrónica y de similares características, se acuerda que éste valor no puede superar los 40° grados centígrados.

A continuación se presentan los resultados generados, para las Líneas 1, 2 y 5.

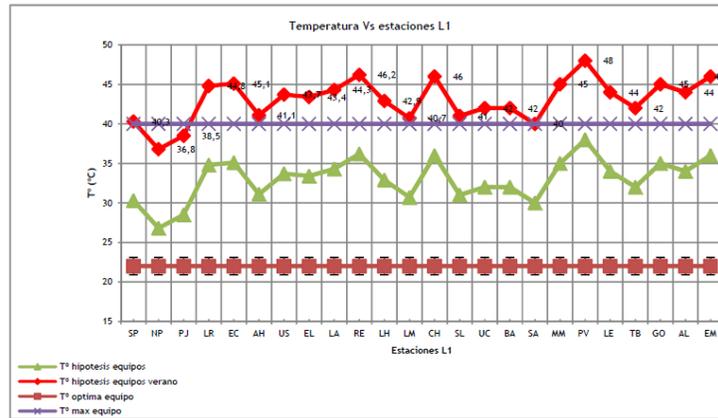


Figura 15. Gráfico de Temperaturas L1

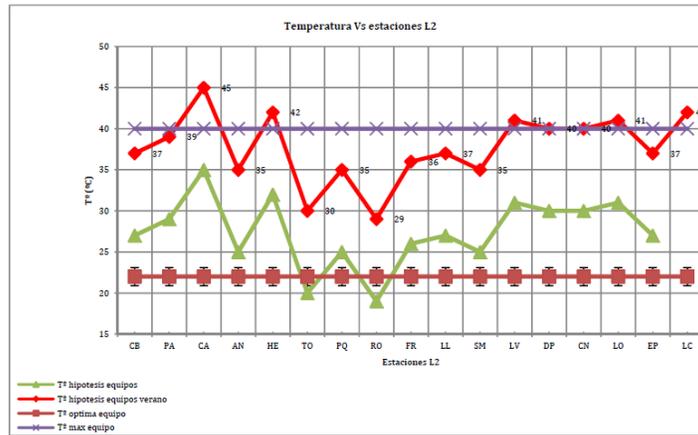


Figura 16. Gráfico de Temperaturas L2

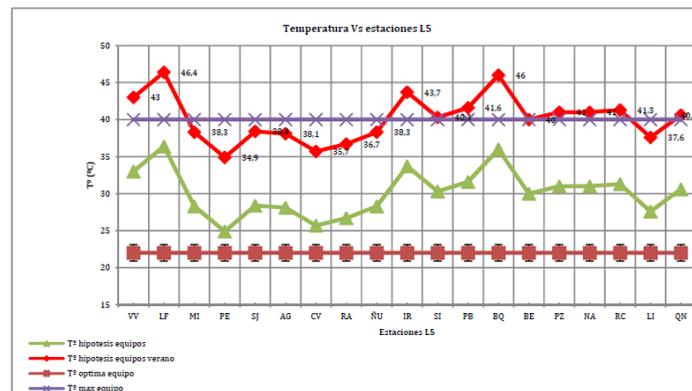


Figura 17. Gráfico de Temperaturas L5

### Estadísticas relacionadas con los equipos OTN

De la misma forma la empresa consultora internacional, tomó una muestra de datos provenientes de los registros en los nodos de la red OTN en las Líneas 1, 2 y 5. Los equipos han registrado alarmas de temperatura asociadas a más de 60°C.

Línea	Nodo	Estación	Estación
Línea 1	45	GO	El Golf
Línea 1	75	UC	Universidad Católica
Línea 1	100	AH	San Alberto Hurtado
Línea 1	70	SA	Salvador
Línea 2	82	VMA	Vicuña Mackenna
Línea 2	60	DP	Departamental
Línea 5	20	PB	Parque Bustamante

**Figura 18.** Listado de quipos OTN que han presentado alarmas de Temperaturas L125.

En L4 y L4A, se disponen de datos de alarmas procedentes del sistema SISMAN. Los nodos en que se han registrado alarmas de temperatura son:

Línea	Nodo	Nodo	Estación	Estación
Línea 4	40	41	TRI	Trinidad
Línea 4	42	43	ECO	Elisa Correa
Línea 4	58	59	LQU	Los Quillayes
Línea 4	60	61	RMA	Rojas Magallanes

**Figura 19.** Listado de quipos OTN que han presentado alarmas de Temperaturas L4/4A.

### Anexo III: Diagrama de bloques

# Términos de Referencia

