

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



**Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de los puntos de presencia
de la red de telefonía móvil Entel.**

Preparado por:

Rodrigo Alfonso Acevedo Maldonado

**Tesis para optar al título de
Ingeniero Civil Industrial y Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería**

Profesor guía:

Esteban Sefair Vera

Santiago, Noviembre del 2018

Dedicatoria

A mi hijo Gaspar, por su amor, cariño e inocencia, por haberme devuelto la ternura que algún día perdí, pero por sobre todo porque desde que llegó a mi vida supe que ya no podría vivir sin él.

Agradecimientos

A mi familia Paulina y Gaspar, por el apoyo y paciencia, pero por sobre todo por el amor incondicional. A Paulina por su compañía y amor, pero también por haberme entregado lo más lindo de mi vida que es mi hijo, por levantarme cuando me caía, por abrazarme cuando lo necesitaba y simplemente por ser la mejor compañera que pueda tener, una mujer con ambiciones, pero también con mucha humildad.

A mis padres, porque yo sé cuánto se esforzaron por mi educación, y espero algún día poder retribuir tal sacrificio. También por el cariño, amor entregado desde que me dieron la vida. A mi hermano Agustín por el cariño y porque simplemente espero que algún día pueda llegar tan lejos como él quiera llegar. A mi mamá Susana, por haberme entregado un cariño incondicional desde siempre, por escucharme y aconsejarme toda la vida, por siempre estar a mi lado y simplemente por ser la mejor mamá. A mi papá Rodrigo, por enseñarme lo que es el esfuerzo y perseverancia, por ser un buen padre y porque, aunque no siempre es fácil demostrar cuanto nos queremos, lo quiero y simplemente es el mejor.

A la Universidad y mis profesores, pero en especial a Don Esteban Sefair por el apoyo brindado en esta etapa.

También quiero agradecer a cada uno de los integrantes del ex Centro de Control de Operaciones en Terreno de Entel, por su siempre buena disposición, amabilidad y simpatía.

Índice

Dedicatoria.....	2
Agradecimientos.....	3
Glosario	7
Listas de abreviaturas y siglas	12
Lista de símbolos	13
Lista de figuras	14
Lista de Gráficos y Tablas.....	17
Resumen ejecutivo.....	19
Introducción.....	20
Capitulo I. Definición del problema.....	24
1.1 Identificación de la Empresa.....	24
1.1.1 Antecedentes Generales	27
1.1.2 Descripción del proceso de mantenimiento	33
1.2 Oportunidad de Mejora	39
1.2.1 Posibles Causas del problema	42
1.3 Objetivos	48
1.3.1 Objetivo General	48
1.3.2 Objetivo Específicos	48

Capítulo II. Marco teórico	49
2.1 Gestión del mantenimiento	49
2.1.1 Mantenimiento Preventivo Total.....	50
2.1.2 Inspección Basada en Riesgos	53
2.1.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II	57
2.1.4 Análisis de causa raíz	60
2.1.5 Análisis de Criticidad.....	65
2.1.6 Análisis Modo y Efecto de Falla.....	67
2.2 Justificación de metodología a utilizar.....	68
2.2.1 Mantenimiento Preventivo Total.....	69
2.2.2 Inspección Basada en Riesgos	70
2.2.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II	70
Capítulo III. Solución Propuesta	72
Aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	72
3.1 Identificación de los Puntos de Presencia	72
3.1.1 Descripción de un Punto de Presencia	72
3.2 Definición de Funciones	75
3.2.1 Contexto Operacional.....	76
3.2.2 Clasificación de Equipos y Sistemas.....	81
3.3 Fallas Funcionales.....	83
3.3.1 Indicadores	84
3.3.2 Relación histórica de fallas.	85
3.4 Análisis de Modo y Efecto de Falla.....	92
3.5 Consecuencia de fallas	96
3.6 Tareas proactivas.....	101
3.9 Análisis de criticidad del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	111
Aplicación de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el PoP SA020	114

Capítulo IV. Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad	126
4.1 Definiciones y conceptos	126
4.1.1 Objetivos	126
4.1.2 Concepto de regla operativa.....	127
4.2 Alcances del mantenimiento	128
4.2.1 Encargado del Mantenimiento	128
4.3 Procedimiento General de Mantenimiento Preventivo.....	132
4.4 Ejecución del mantenimiento.....	137
Capítulo V. Conclusiones.....	139
Lista de Referencias.....	142
Anexos	144
Anexos I	145
Anexo II	146
Anexo III	147
Anexo IV	156
Anexo V	171

Glosario

Mantenimiento: Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan.

Mantenimiento Preventivo: Inspección periódica realizada de acuerdo a una programación de actividades correspondiente a un plan de aseguramiento de control y calidad, destinada a la conservación de equipos o instalaciones mediante la revisión y reparación, de tal forma que garantice su buen funcionamiento y fiabilidad.

Mantenimiento Correctivo: Consiste en realizar una actividad de reparación de equipos y sistemas, con el objetivo de devolver su funcionamiento normal.

Sitio: Tipo de tecnología presente en un punto físico de la Red este puede ser parte de la red fija o móvil.

Sitio Móvil: Tipo de tecnología móvil ubicada en un punto de presencia, éstas pueden ser 2G, 3G, 4G, dependiendo de su frecuencia (MHz).

Punto de presencia: Es un punto de interconexión con distintas instalaciones, también se puede considerar como un lugar físico donde se encuentran uno o más sitios. Este es normalmente llamado PoP por sus siglas en inglés Point of Presence.

Mantenimiento Preventivo PoP: Mantenimiento preventivo cuya finalidad es determinar el estado del equipamiento tecnológico y estructural del PoP, de modo de garantizar el buen funcionamiento. Este cuenta con un plan anual, que se debe realizar entre Enero y Diciembre. Cuenta con distintos procesos, los cuales son:

- **Mantenimiento preventivo Módulo Sistema Radiante:** Verificación del sistema, fijación, etiquetado, sellado y levantamiento de datos para el sistema de radio acceso nodo (RAN) y Transmisión (Tx).
- **Mantenimiento Preventivo Módulo Energía:** Revisión de las líneas de baja y media tensión, pararrayos, conexiones eléctricas, paneles solares, turbinas eólicas (de contar con sistema de eficiencia energética) unidades rectificadoras y bancos de baterías.
- **Mantenimiento Preventivo Módulo Equipos RAN y Tx:** Revisión del estado de la instalación, sistema alimentación eléctrica DC y el funcionamiento correcto del equipo RAN y Tx.
- **Mantenimiento Preventivo Módulo Chapas:** Se realiza una revisión del correcto funcionamiento de la chapa, se verifica la carga de la pila o batería y se reemplaza de ser necesario, se realiza limpieza de los componentes y posteriormente se lubrica todo el sistema de funcionamiento mecánico.
- **Mantenimiento Preventivo de Clima:** Los PoP cuentan con un sistema de control de clima que permite el buen funcionamiento de las tecnologías, ya sea a altas temperaturas o a bajas dependiendo de las condiciones donde se encuentre. Existen 2 tipos de sistemas clima; Aire acondicionado: al cual se le realiza mantenimiento durante los meses de julio a noviembre. Y Sistema de Clima en gabinetes; que se le puede realizar durante todo el año.
- **Mantenimiento Preventivo de Grupos Electrónicos:** Es el mantenimiento preventivo de equipos generadores de energía externos, que pueden ser On Grid u Off Grid. Este mantenimiento preventivo contempla el cambio de filtros de aceite, aire y petróleo,

además de correas de alternador y mangueras de combustible y calefactor, cambio de aceite y cambio de refrigerante. Este se debe realizar semestralmente.

Team: Equipos de trabajo, encargados de realizar las tareas en terreno, estos pertenecen a empresas externas, pero deben estar acreditados por Entel. Existen 90 distribuidos a nivel nacional y son asignados por zonas. Normalmente este equipo está compuesto por 2 personas.

Nómina: Listado de nombres e información de personal de grupos de trabajos, destinados a realizar una actividad.

Office Track: Plataforma de trabajo en la cual se ingresan, extraen y se obtiene información de los trabajos programados. Este es el medio por el cual interactúan los Team con la subgerencia control de contratistas y operaciones en terreno. En esta se cargan las tareas a realizar ya sean planificadas o de emergencia, para que los técnicos en terreno puedan conocer la información de las tareas que deben realizar y su prioridad.

Trabajos Programados: Estos son trabajos planificados o de emergencia, que son subidos a la plataforma Office Track, para la asignación de tareas a los Team.

Fibra óptica: Es un medio por el cual se transportan datos que normalmente es utilizado en telecomunicaciones. Este consiste en un cable de vidrio o polímero recubierto por un plástico externo que le da firmeza y flexibilidad. La información viaja a través de la luz, sin necesidad de impulsos eléctricos y es el medio físico más avanzado que existe en la actualidad.

Sistema Microondas: Es un sistema de radiocomunicación por el cual se transmiten frecuencias, las cuales son capaces de transportar sistemas de datos o voz.

Centro Regional de Mantenimiento: Estos centros son los encargados de controlar los distintos trabajos de mantenimiento, por ende, se encuentran a lo largo de todo el territorio nacional y donde cuentan con zonas a su cargo, estas zonas son:

- **CRM Norte:** Este centro tiene a su cargo las operaciones de la primera, segunda y decimoquinta región del país.
- **CRM Centro Norte:** Este centro tiene a su cargo las operaciones de la tercera a la quinta región del país.
- **CRM Centro Sur:** Este centro tiene a su cargo la sexta y séptima región del país.
- **CRM Sur:** Este centro tiene a su cargo la octava y novena región del país.
- **CRM Austral:** Este centro tiene a su cargo desde la décima a la décima segunda, y décimo cuarta región del país.
- **CRM CCOT:** Este centro tiene a su cargo la región Metropolitana.

Eficiencia Energética: Sistemas eléctricos producto de energías renovables. Esta puede ser sistema fotovoltaico, sistema eólico dependiendo de la ubicación del POP.

Servidumbre de Paso: Es un término legal, utilizado para referirse a los derechos de acceso a los terrenos en arriendo, donde se ubican las torres de telecomunicaciones y equipos.

Network Operation Center: Centro de control de la red en español, es el lugar donde se controla el buen funcionamiento de la red de computación, televisión y telecomunicaciones.

Mínimo técnico: Se entenderá por Mínimo Técnico, la potencia activa bruta mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable.

Confiabilidad: Capacidad de un equipo o sistema para realizar su función requerida, con condiciones y tiempo determinados.

Falla: Situación o acontecimiento no deseado, esta puede tener distintos orígenes como distintas formas de solución.

Falla funcional: Falla física o de sistema que impide que el elemento pueda realizar sus actividades de forma normal.

Falla evidente: Un modo de falla será evidente cuando sea observable o audible por los operarios en funcionamiento normal de los equipos o sistemas.

Falla oculta: Este modo de falla no es evidente para los operarios a simple vista, para identificarlo, se deben realizar mediciones.

Frecuencia de falla: Tiene relación con la cantidad de fallas ocurridas en un determinado tiempo.

Equipo: Elementos que en conjunto realizar una determinada acción, estos pueden ser elementos solo físicos, o físicos y virtuales.

Sistema: conjunto de equipos físicos o tecnológicos.

Listas de abreviaturas y siglas

RAN = Radio Accedo Nodo

Tx = Transmisión

TP = Trabajo Programado.

PSG = Plataforma de la Subgerencia de operaciones y mantenimiento de la red

PoP = Punto de Presencia

CRM = Centro Regional de Mantenimiento

FO = Fibra Óptica

MMOO = Microondas

DC = Corriente Continua

AC = Corriente Alterna

TOT = Tarea Office Track

MPT = Mantenimiento Productivo Total

MCC = Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

PMP = Programa Mantenimiento Predictivo

CCOT = Centro de Control Operaciones en Terreno

NOC = Network Operation Center

DX = Datos

Q = Cantidad

SUBTEL = Subsecretaria de telecomunicaciones

Lista de símbolos

MHz: Megahercio; Unidad de medida de frecuencia.

Lista de figuras

Figura 1.1 – Mapa ubicación Torre Entel S.A.	25
Figura 1.2 - Participación de Mercado Entel.	26
Figura 1.3 - Ingresos Consolidados año 2017.	27
Figura 1.4 - Organigrama corporativo.	28
Figura 1.5 - Organigrama Vicepresidencia Tecnología y Operaciones.	29
Figura 1.6 - Diagrama del proceso de mantenimiento preventivo	36
Figura 1.7 - Diagrama del proceso de Mantenimiento Correctivo.	38
Figura 1.8 - Organigrama integrado con detección de problemas.	40
Figura 1.9 - Diagrama Causa Efecto.	42
Figura 2.1 - Etapas de la Inspección Basada en Riesgo.	53
Figura 2.2 - Las siete etapas para la implementación del Análisis Causa Raíz.	64
Figura 2.3 - Matriz de Criticidad.	65
Figura 3.1 - Punto de Presencia con sus Equipos y Sistemas.	73
Figura 3.2 - Clasificación del Mantenimiento de los Puntos de Presencia.	81
Figura 3.3 - Hoja de decisión para el análisis modo de falla.	92
Figura 3.4 - Hoja de decisión del Mantenimiento de PoP, con los modos de fallas.	93
Figura 3.5 - Hoja de decisión del Mantenimiento de Clima, con los modos de fallas.	94

Figura 3.6 - Hoja de decisión del Mantenimiento de Grupos Electrógenos, con los modos de fallas.	95
Figura 3.7 - Hoja de información del Mantenimiento de Desmalezado, con los modos de fallas.	95
Figura 3.8 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla, con los modos de fallas.	98
Figura 3.9 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de PoP, con los efectos de 5 fallas.	99
Figura 3.10 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de Clima, con los efectos de fallas.	100
Figura 3.11 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de Grupos Electrógenos, con los efectos de fallas.	100
Figura 3.12 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de Desmalezado, con los efectos de fallas.	101
Figura 3.13 - Curva de relación entre la condición y el paso del tiempo para los equipos. ..	102
Figura 3.14 - Fallas potenciales que pueden llevar a una falla funcional.	103
Figura 3.15 - Diagrama de decisión de Mantenimiento centrado en confiabilidad II.	104
Figura 3.16 - Hoja de decisión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II.	105
Figura 3.17 - Consecuencias de fallas - resumen.	107
Figura 3.18 - Hoja de decisión para el número de prioridad de riesgo.	110

Figura 3.19 - Hoja de decisión para el análisis de criticidad de las fallas.....	113
Figura 3.20 - Einstein 784, Recoleta, Región Metropolitana.....	114
Figura 3.21 - Hoja de decisión Análisis de Número de Riesgo de Mantenimiento de PoP... ..	116
Figura 3.22 - Hoja de decisión Análisis de Número de Riesgo del Mantenimiento de Clima	117
Figura 3.23 - Hoja de decisión Análisis de Número de Riesgo del Mantenimiento de GGEE	114
Figura 3.24 - Hoja de decisión Análisis de Número de Riesgo del Mantenimiento de Desmalezado.....	119
Figura 3.25 - Hoja de decisión Análisis de Criticidad del Mantenimiento de PoP.....	121
Figura 3.26 - Hoja de decisión Análisis de Criticidad del Mantenimiento de Clima	122
Figura 3.27 - Hoja de decisión Análisis de Criticidad del Mantenimiento de GGEE.....	123
Figura 3.28 - Hoja de decisión Análisis de Criticidad del Mantenimiento de Desmalezado	124
Figura 4.1 - Diagrama de procedimiento general del mantenimiento preventivo.	132
Figura 4.2 - Diagrama del proceso de planificación del mantenimiento.	133
Figura 4.3 - Diagrama general de ejecución del mantenimiento.....	134
Figura 4.4 - Diagrama de Proceso para el Control del Plan de Mantenimiento.	136
Figura 4.5 - Diagrama de Proceso para la Evaluación.	137

Lista de Gráficos y Tablas

Gráfico 1.1 - Número de PoP por zona y región del país.	31
Gráfico 1.2 - Distribución de los Team por zona y región.	32
Gráfico 1.3 - Número de Team según Cantidad de PoP por zona.	33
Gráfico 1.4 - Diagrama de Pareto.	47
Gráfico3.1 - Diez de los PoP con mayor cantidad de Tareas Correctivas de RAN y Tx.	86
Gráfico3.2 - Diez de los PoP con mayor cantidad de Tareas Preventivas de RAN y Tx.	87
Gráfico 3.3 - Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Correctivo de Equipos de Clima.	88
Gráfico 3.4 - Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Preventivo de Equipos de Clima.	89
Gráfico 3.5 - Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Correctivo de Energía.	90
Gráfico 3.6 - Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Preventivo de Energía.	91
Tabla 2.1 – Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Preventivo Total	69
Tabla 2.2 - Ventajas y Desventajas del Impacción Basada en Riesgo	70
Tabla 2.3 -. Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II	70
Tabla 3.1 - Diez de lo PoP con mayor cantidad de Tareas Correctivas de RAN y Tx.	86

Tabla 3.2 - Diez de los PoP con mayor cantidad de Tareas Preventivas de RAN y Tx.	87
Tabla 3.3 - Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Correctivo de Equipos de Clima.	88
Tabla 3.4 - Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Preventivas de Equipos de Clima.	89
Tabla 3.5 - Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Correctivo de Energía.	90
Tabla 3.6 - Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Correctivo de Energía.	91
Tablas3.7 - Tablas de puntales para el Número de Prioridad de Riesgo.	108
Tabla 3.8 - Cuadro con el criterio del Número de Prioridad de Riesgo.	109
Tablas 3.9 - Tablas de puntajes para el análisis de criticidad.	111
Tabla 3.10 – Rangos de Criticidad.	112
Tabla4.1 – Categoría de PoP.	127
Tabla 4.2 – Tabla de distribución de Team y Zonas a nivel nacional.	131

Resumen ejecutivo

Esta memoria de título, presenta una propuesta de rediseño del plan de mantenimiento de los puntos de presencia o también conocidos como torres de telecomunicaciones en la empresa nacional de telecomunicaciones S.A., ubicada en la calle Hermanos Amunátegui número 20 en, Santiago centro, Región Metropolitana, Chile.

La empresa nacional de telecomunicaciones S.A. también conocida como Entel, es líder en el mercado de la telecomunicación móvil con un 38,1% de participación de mercado, y durante el pasado año 2017, obtuvo ingresos consolidados por 1.955.171 mil millones de pesos, donde un 78% corresponde al negocio móvil.

Debido a lo anterior es importante mantener en buenas condiciones los puntos de presencia o también conocidas como torres de telecomunicaciones, de manera de entregar un servicio de calidad y confiable a sus clientes. En la actualidad, existen disconformidades con la planificación del mantenimiento, debido a la gran cantidad de mantenimiento correctivo, reiteradas visitas a puntos de presencia, inconvenientes geográficos y climáticos entre otros factores, es por esto que se propone dar solución a través de un rediseño del plan de mantenimiento, utilizando una metodología de confiabilidad, la cual debería aumentar la fiabilidad y vida útil de los equipos, además de la seguridad de operarios y medioambiente, reduciría costos asociado a la ejecución del plan y reduciría el número de visitas reiteradas, junto a una mejor planificación de tareas proactivas.

Luego del analizar la situación actual e incorporando la nueva metodología se obtuvo nuevos procedimientos, objetivos y alcances del mantenimiento, además de un conjunto de regla operativas que ayudaran a mejorar la planificación del mantenimiento.

Introducción

En esta memoria de título, la empresa elegida para realizar una propuesta de Rediseño del plan de mantenimiento es la empresa nacional de telecomunicaciones Entel S.A., siendo la institución líder en la industria de las telecomunicaciones en Chile.

Esta sociedad, está compuesta por un directorio integrado por nueve ejecutivos, además de una mesa ejecutiva compuesta por cinco vicepresidentes encargados de los principales negocios de la organización, y seis gerentes quienes son los encargados del buen funcionamiento de la corporación.

Según información publicada en la memoria 2017, Entel declara contar con 13.311 trabajadores tanto en Chile como en Perú, cifra que reúne a ejecutivos, profesionales, técnicos y otros trabajadores.

La institución mencionada anteriormente, cuenta con el 31,8% de la participación de mercado de la telefonía móvil en Chile, lo que es de gran importancia considerando que este negocio equivale al 78% de los ingresos consolidados anuales tanto en Chile como en Perú, siendo por ende su principal negocio y fuente de ingreso.

La telefonía móvil, requiere una red nacional de fibra óptica y puntos de presencia (torres de telecomunicación) que interconecten el territorio nacional con la finalidad de comunicar a todos sus clientes de manera rápida y efectiva.

En la actualidad, Entel cuenta con 4.386 PoP distribuidos a nivel nacional. Estos puntos de presencia son los encargados de conectar al emisor con el receptor a través de la red móvil

de telecomunicación en de milésimas de segundos. Por lo tanto, estos son de vital importancia para el negocio de la comunicación. Dado lo anterior, es de gran importancia procurar por el buen funcionamiento y cuidado de los equipos y sistemas existentes en estos puntos de presencia, y para esto existe un plan de mantenimiento anual que llevan a cabo funcionarios de un grupo de empresas externas distribuidas en zonas por el territorio nacional. Este plan, cuenta con ciertas dificultades, principalmente por la gran cantidad de mantenimientos correctivos realizados, lo que implica un alto costo de mano de obra, repuestos, tiempo de traslado y hasta la pérdida de servicio en ciertas zonas por la tardía ejecución de las tareas correctivas.

Por otra parte, existen disconformidades en el proceso de planificación del mantenimiento, debido a que la metodología actual para la planificación no considera todas las variables existentes, como lo son las dificultades de acceso a los puntos de presencia, debido a los problemas climáticos, dificultades geográficas o puntos de accesos restringidos.

Para resolver estos problemas se propone un rediseño del plan mantenimiento, utilizando la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Esta metodología, disminuye las fallas, los riesgos de seguridad, riesgos ambientales, además de los costos asociados al proceso de ejecución. Por otra parte, aumenta la fiabilidad de los equipos, la seguridad de las operaciones, mejora la calidad del servicio, y entrega herramientas para la toma de decisiones durante el proceso de mantenimiento.

Antes de implementar el mantenimiento centrado en confiabilidad es importante identificar que es un punto de presencia, además de los equipos y sistemas existentes dentro de ellos. Posteriormente se identifican las funciones de estos, su contexto operacional, con la

finalidad de clasificar los equipos en sistemas o sub sistemas que permita organizar de mejor manera la ejecución del mantenimiento. Esta información, además es útil para generar un análisis de modo y efecto de falla, a través de una hoja de decisión que entrega los elementos necesarios para identificar que se debe realizar en caso de identificar fallas potenciales que puedan llevar a una falla funcional.

El análisis de modo y efecto de falla, identifica para cada una de las funciones las causas de las posibles fallas y las consecuencias de que estas lleguen a ocurrir y con ayuda de un diagrama de decisión permite generar tareas proactivas que eviten o disminuyan este riesgo de falla. Dentro de las tareas proactivas, se pueden encontrar tareas a condición que buscan identificar puntos de fallas potenciales que puedan ser corregidos antes de llegar a la falla funcional. Otra opción, son las tareas de reacondicionamiento las cuales buscan devolver su estado original a los elementos que aún puedan seguir en funcionamiento. Finalmente existen las tareas de sustitución cíclica, las cuales consisten en reemplazar elementos con el fin de prevenir las fallas.

Por otra parte, el análisis de modo y efecto de falla es que entrega la posibilidad de evaluar el riesgo y criticidad de falla de los equipos criterios con puntajes de riesgo lo que permite determinar tareas que busquen disminuir el riesgo de una falla funcional, a través de un plan de mantenimiento enfocado en la prevención de las fallas, las condiciones operacionales, las condiciones de factores externos como lo son clima y geografía y los más importante las condiciones de físicas y de funcionamiento de los equipos, aumentando la disponibilidad y confiabilidad.

Finalmente se busca generar un plan de mantenimiento con nuevos objetivos, alcances y funciones, utilizando la información obtenida anteriormente, para generar nuevos diagramas de procesos para la planificación, gestión, control y evaluación del plan de mantenimiento de los puntos de presencia de la red de telecomunicaciones Entel.

Capítulo I. Definición del problema

Este capítulo tiene como objetivo, describir la empresa donde se desarrollará la propuesta de mejora. Además de describir los procesos que se desarrollan en el área de interés, junto con los principales problemas que estos presentan, problemas que hacen referencia a la planificación del mantenimiento anual, siendo necesario identificar las causas que provocan dicho problema y planteando los objetivos para poder generar una solución factible.

1.1 Identificación de la Empresa

La empresa nacional de telecomunicaciones (Entel), es una empresa relacionada con servicios de telecomunicaciones y es sin duda una de las empresas más reconocidas del país, siendo líder y pionera en el mercado de telecomunicaciones desde el año 1964 cuando fue constituido por el ministerio de hacienda como una sociedad, luego en el año 1968 se convirtió en la primera estación satelital de Latino América, donde surgió como una empresa estatal encargada de comunicar a todo Chile. Posteriormente, a finales de los años ochenta comienza su privatización la cual es totalmente efectiva el año 1992 cuando pasa a ser una sociedad anónima. En la actualidad su nombre es Empresa Nacional de Telecomunicaciones S.A. Su domicilio legal se encuentra en Avda. Costanera Sur Rio Mapocho 2760, Piso 22, Torre C y su edificio corporativo se encuentra ubicado en Hermanos Amunátegui, 20, Santiago Centro, como se observa en la Figura 1.1, siendo en este último lugar donde se desarrolla principalmente su área operativa.



Figura 1.1 – Mapa ubicación Torre Entel S.A. (Google LLC, 2005)

Además, cuenta con un ícono estructural y visual de la ciudad de Santiago, lugar donde se interconectan principalmente los sistemas de red más importantes de la compañía, siendo en centro neurálgico de fibras ópticas, y señales de microondas.

Durante el último período del año 2017, según información de la subsecretaría de telecomunicaciones, Entel cuenta con un 31,8% de participación de mercado en telefonía móvil como lo describe la Figura 1.2, siendo en la actualidad su principal negocio.

En los últimos años, la demanda por telefonía móvil ha aumentado de forma exponencial, provocando el aumento de los ofertantes, lo que finalmente genera un mercado mucho más competitivo y con la necesidad de entregar un servicio de mejor calidad.

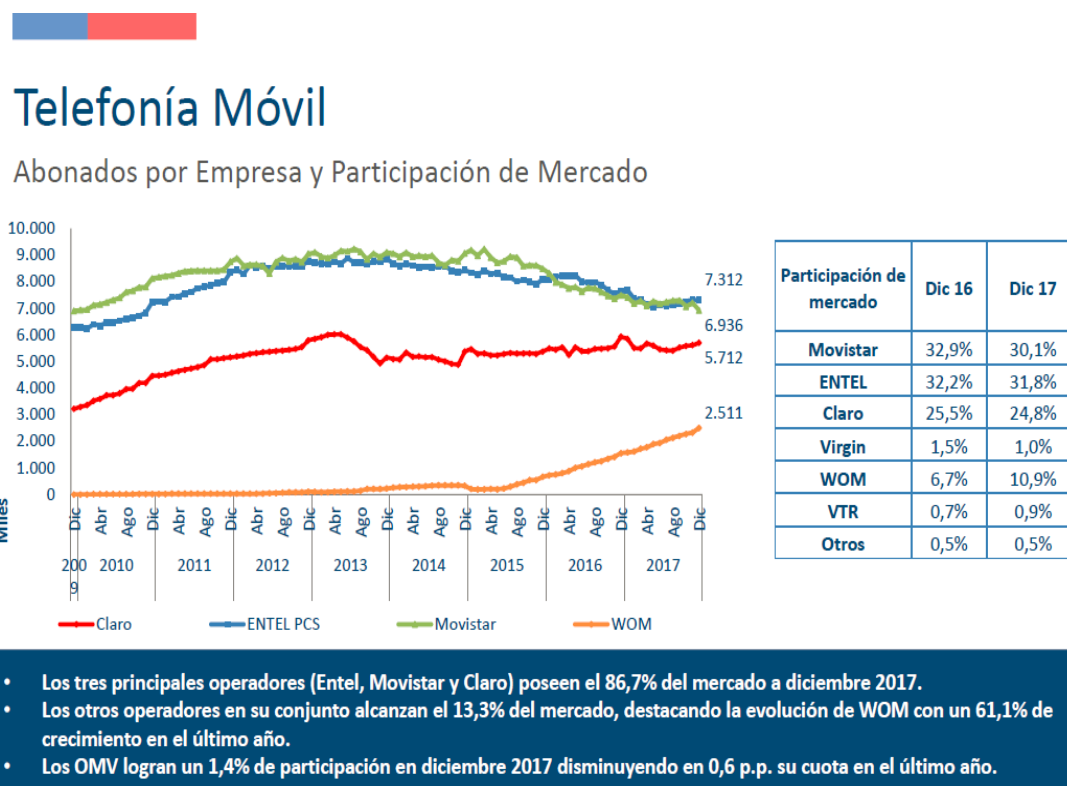


Figura 1.2 – Participación de Mercado Entel. (Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile, 2018)

Durante el año 2017, la organización registró un incremento del 4% de sus ingresos en comparación al año anterior, declarando ingresos por 1.955.171 mil millones de pesos. Además, el 54% de sus ingresos consolidados se debió a la telefonía móvil, siendo este en la actualidad su principal negocio, aunque debido a distintas circunstancias y los constantes cambios tecnológicos, en los últimos años ha decidido extender su presencia a otros servicios, relacionados a la Tecnologías de información, servicio Data Center, además de otros servicios de arriendo de sus plataformas.

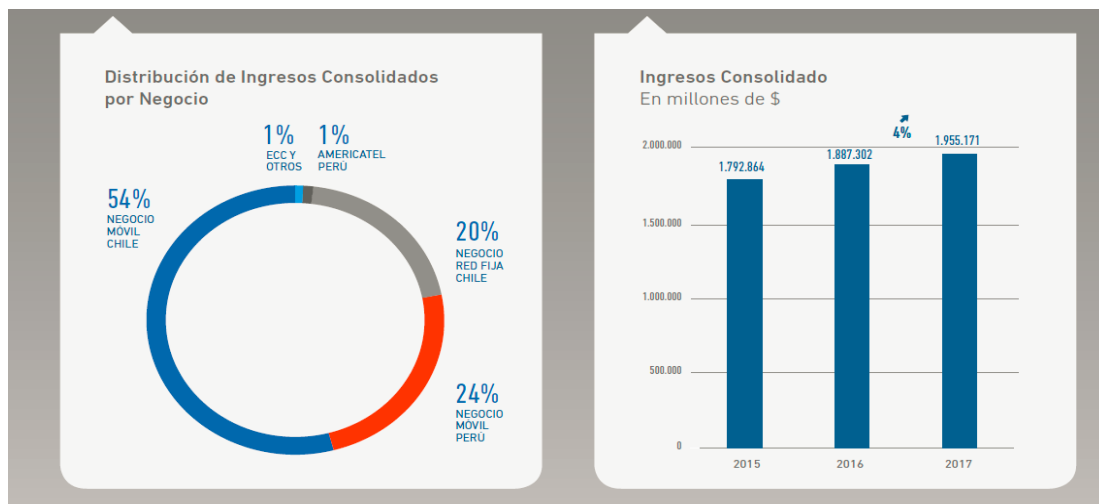


Figura 1.3 - Ingresos Consolidados año 2017. (Empresa Nacional de Telecomunicaciones S.A, 2017)

1.1.1 Antecedentes Generales

Organigrama de la Institución

Entel telecomunicaciones S.A., es una sociedad anónima liderada por un directorio compuesto por nueve integrantes, quienes son los encargados de administrar el gobierno corporativo y quienes deben tomar las decisiones estratégicas para garantizar el buen funcionamiento de la institución.

Por otra parte, el gobierno corporativo es liderado por un gerente general, junto a una mesa ejecutiva compuesta por cinco vicepresidentes encargados de los principales negocios de la organización, y seis gerentes quienes son los encargados del buen funcionamiento de la corporación, todos ellos operan bajo las mejores prácticas internacionales, con la finalidad de que Entel sea una empresa moderna y con visión a futuro. Esta estructura de puede observar de mejor forma en la Figura 1.4

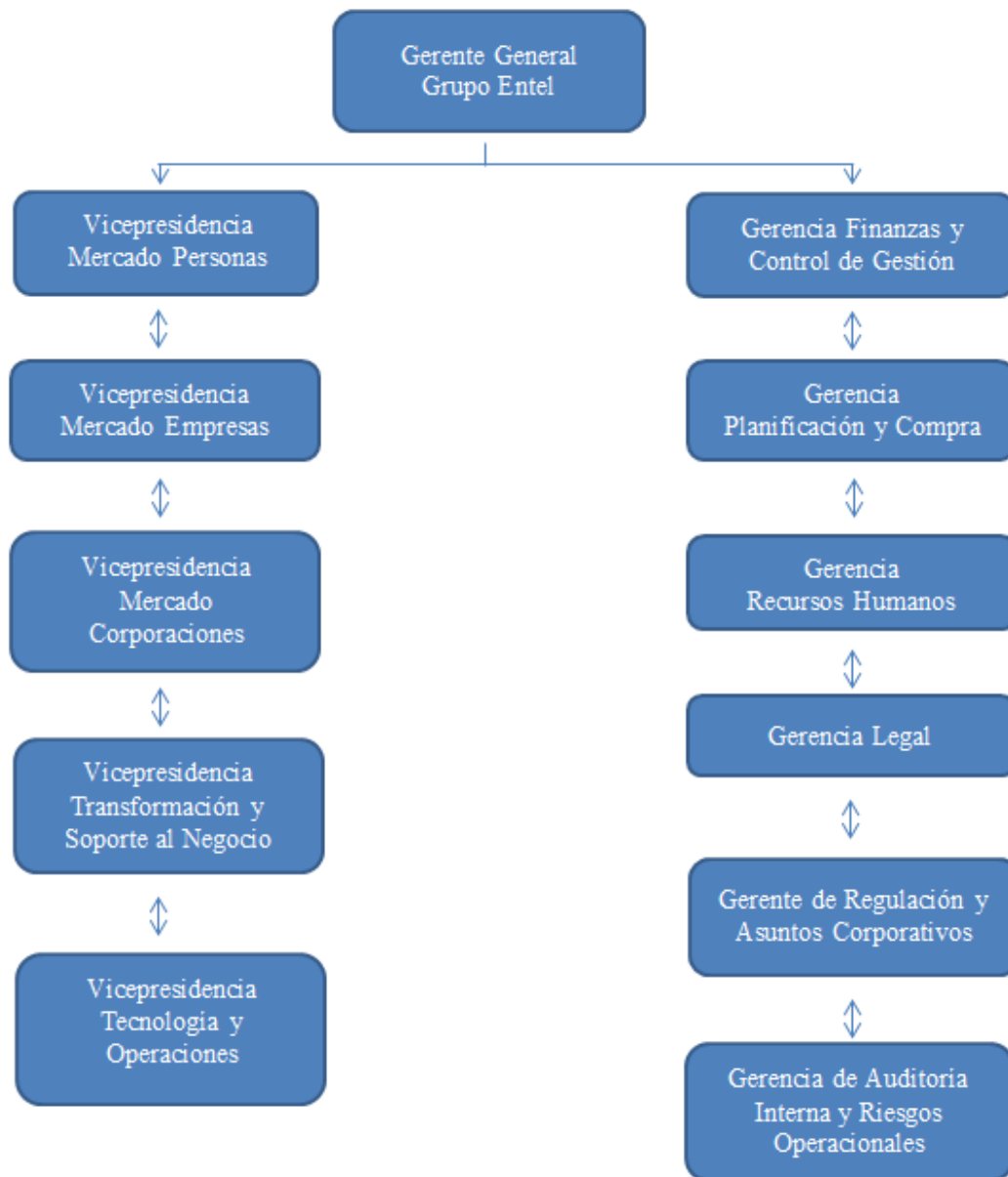


Figura 1.4 – Organigrama corporativo. Elaboración propia, según información obtenida de la página www.Entel.cl (2018)

Cada una de estas vicepresidencias tiene su propia organización, con gerencias divisionales y gerencias de departamentos que a la vez cuenta con distintas subgerencias que forman esta ramificación corporativa que se describe en la Figura 1.5.

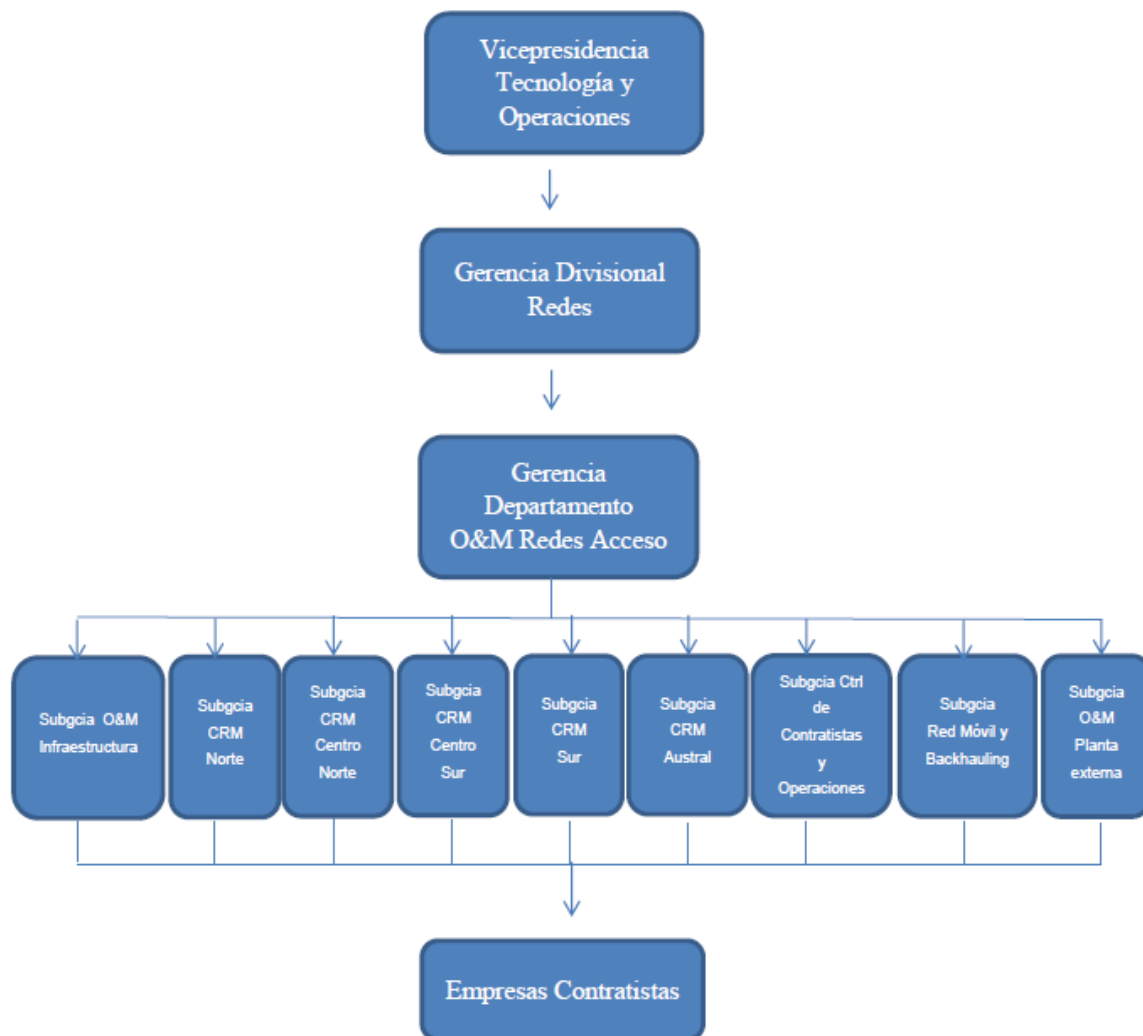


Figura 1.5. - Organigrama Vicepresidencia Tecnología y Operaciones. Elaboración propia, Según Información extraída de una plataforma privada de la organización.

La Vicepresidencia de Tecnología y Operaciones, cuenta con la Gerencia Divisional de Redes que a la vez cuenta con un departamento de Operaciones y Mantenimiento que se distribuye en distintas Subgerencias, ya sea según el tipo de mantenimiento en el caso de la Región Metropolitana o en Centros Regionales distribuidos a lo largo del territorio nacional. Finalmente, todas estas Subgerencias cuentan con diversas Empresas Contratistas, las que varían según sus funciones y/o su ubicación geográfica.

La principal misión de Entel es entregar un servicio de clase mundial, para que las personas vivan mejor conectadas y así contribuir a la transformación de la sociedad, por eso es necesario entregar la mejor calidad de servicio, sobre todo en este complejo y competitivo mercado de las telecomunicaciones, donde los clientes son mucho más exigentes en la calidad y velocidad del servicio.

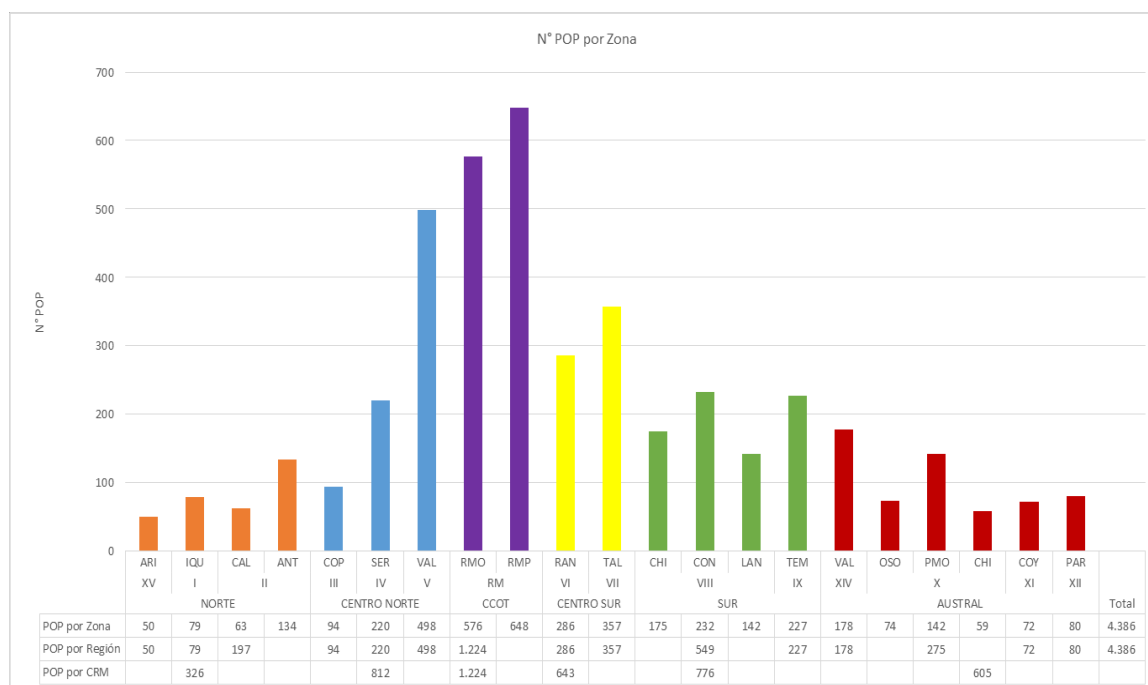
Debido a lo anterior, es que la organización ha destinado a los funcionarios de la Sub Gerencia Control de Contratistas y Operaciones en Terreno, la responsabilidad de resguardar constantemente el buen funcionamiento de la red, realizando operaciones y mantenimiento a los equipos físicos y tecnológicos, trabajos que se realizan a través de empresas externas distribuidas por zonas, con la finalidad de prevenir interrupciones en la entrega de servicio de red a los distintos clientes y por supuesto conseguir mejorar la experiencia y satisfacción de estos.

En la actualidad, la Gerencia Divisional de Redes y Acceso, destina un determinado esfuerzo a las intervenciones de los puntos de presencia o también conocidos como POP. Estas intervenciones pueden ser mantenimientos preventivos, correctivos, instalaciones u otras actividades, las cuales son desarrolladas por los mismos equipos Team. Estas actividades son entregadas a través de la plataforma tecnológica Office Track, asignadas según su nivel de importancia o urgencia. Esta, además entrega la información necesaria para que los Team puedan acudir con facilidad a realizar la actividad solicitada. Dentro de esta información encuentra dirección, coordenadas, hora de asignación de la tarea, hora límite para finalizar la tarea, además de un comentario detallado con la actividad que deben realizar.

Los PoP se encuentran distribuidos por el territorio nacional en un total de 4.386 PoP, según como se observa en el gráfico 1.1.

Gráfico 1.1

Número de PoP por zona y región del país.



Nota: Información proporcionada por Área de Control de Gestión de la organización. En la gráfica se puede observar la distribución de los puntos de presencia a nivel nacional, siendo la región metropolitana la con mayor cantidad de puntos, seguido por Valparaíso, Talca y Rancagua, los factores que influyen en la cantidad de POP por región son variados, pero entre los más importantes están la densidad poblacional, número de clientes y las condiciones geográficas entre otros. En la actualidad Entel es la Empresa de Telecomunicaciones con mayor cantidad de puntos en el país, y se espera que para los próximos años esta cantidad aumente, debido a la nueva tecnología 5G o también conocida como el internet de las cosas, que demandara mayor velocidad y mejores conexiones.

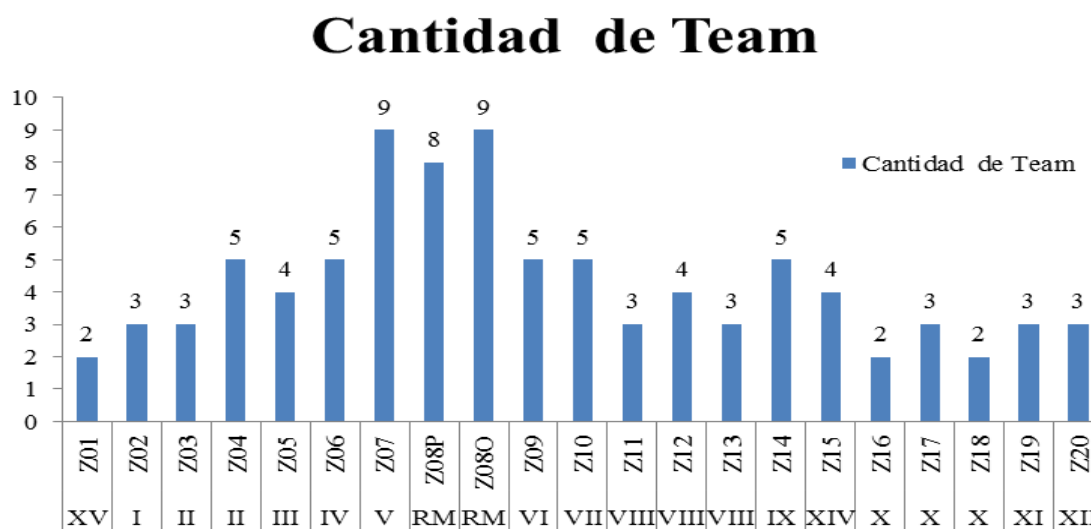
Los Team están compuestos normalmente por un equipo de dos personas. Estos, se distribuyen por zonas a lo largo del país, y a la vez cada una de las zonas tiene a lo menos dos o más Team. En el caso de las zonas con mayor cantidad de PoP, deben contar con un mayor

número de Team, debido a la mayor cantidad de tareas que en proporción existen, pero no sólo depende del número del PoP, también participan factores de zona que cambian según las características de cada una de estas, teniendo condiciones totalmente distintas en el norte o sur del país y cambiando a medida que se pasa de una región a otra.

Por otro lado, existen mínimos técnicos que se deben considerar, para conocer la mínima de Team por Zona. La distribución de los grupos de trabajo a nivel regional se puede observar en el Gráfico 1.2.

Gráfico 1.2

Distribución de los Team por zona y región.



Nota: Información proporcionada por Área de Control de Gestión de la organización. Muestra la distribución de los Team por regiones, siendo la Región Metropolitana y la de Valparaíso las con mayor cantidad de grupos de trabajos.

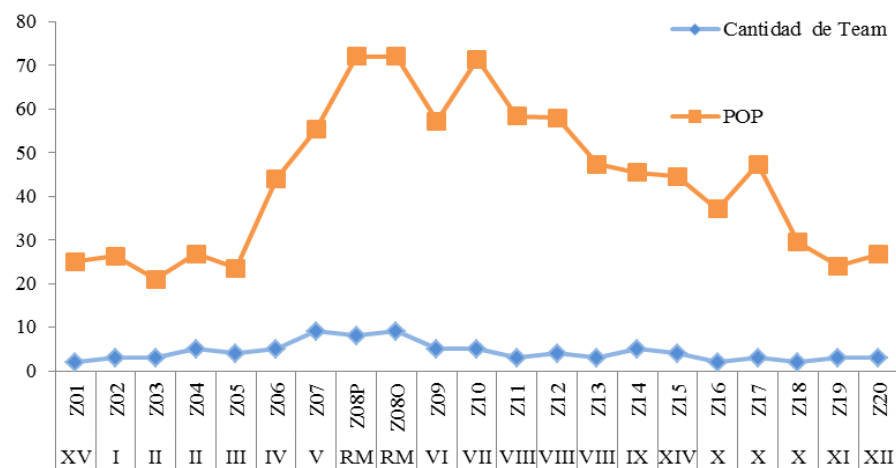
La región Metropolitana cuenta con un 27,9 % de la cantidad total de PoP, por ende, requiere una mayor cantidad de equipos de trabajo. Debido a lo anterior, la distribución de la

fuerza laboral tiene directa relación con la carga de trabajo, condiciones físicas, distancias entre puntos, condiciones geográficas, climáticas, además de la consideración de un mínimo técnico, el cual consiste en contar con la fuerza mínima adecuada para poder cubrir las tareas requeridas por la zona.

Grafico 1.3

Número de Team según Cantidad de PoP por zona.

Relación de Cantidad de Team y Cantidad de PoP.



Nota: Elaboración propia. Esta gráfica, muestra la relación de la cantidad de PoP en comparación a la distribución de los Team. De esta, se puede inferir que no sólo influye la cantidad de puntos, sino también otros factores externos, como lo son las condiciones geográficas y/o condiciones climáticas.

1.1.2 Descripción del proceso de mantenimiento

El proceso de planificación del mantenimiento, se realiza en la Gerencia Departamento O&M Redes Acceso, donde se definen los objetivos, período y alcances que serán evaluados

con la finalidad de maximizar los recursos existentes y garantizar el buen funcionamiento de la red.

Por otro lado, el proceso de implementación comienza en Noviembre del año anterior a evaluar, cuando desde la subgerencia de control de contratistas y operaciones en terreno, envían a los centros regionales de mantenimiento, la base de datos PoP utilizada en el período de planificación anterior para que puedan actualizarla, debido a que estos son responsables de entregar de forma correcta dicha información.

En dicha subgerencia, deben eliminar PoP no existentes y agregar los nuevos, todo esto con la finalidad de poder consolidar la información y gestionar el inicio de la ejecución del plan, que normalmente comienza a inicios del año.

El plan de planificación del mantenimiento preventivo es controlado a través del cumplimiento de metas, que por lo general considera realizar mantenimiento al 90% de los PoP para el cumplimiento estas, pero el objetivo es realizar a lo menos un mantenimiento preventivo a cada PoP. Considerando que existen algunos de difícil acceso y otros factores de las zonas, se debe considerar un porcentaje de holgura, para lograr el cumplimiento.

Luego de lo anteriormente mencionado, se les envían a las empresas externas encargadas de ejecutar el proceso, el detalle del plan anual y las condiciones requeridas, junto con las metas que deben cumplir, para que estas puedan organizar sus fuerzas y planificar sus actividades.

Para comenzar la ejecución del plan de mantenimiento, los técnicos deben acceder a la plataforma Office Track, donde se les asigna una tarea. Los técnicos en esta plataforma obtienen la información de las tareas que debe cumplir según prioridad, y sólo a través de esta

pueden comenzar o finalizar los diferentes trabajos que realizan. Además, en dicha tarea deben documentar el trabajo realizado de forma escrita y con fotografías.

Para inicial el proceso de mantenimiento, deben informar al centro de control NOC que darán inicio a la tarea, debido a que en esta área son encargados de monitorear las alarmas arrojadas por los distintos sistemas de control.

Durante el proceso con frecuencia se generan alarmas de fallas, debido a la intervención directa y/o errores de los técnicos, por lo tanto, de no avisar la intervención se generaría una tarea correctiva innecesaria, generando gastos de tiempo, dinero y mano de obra.

Luego de ejecutar el proceso de mantenimiento requerido por cada PoP, los técnicos deben ingresar la información necesaria a Office Track, junto con fotografías del estado final del mantenimiento, para luego poder informar el fin de la tarea al centro de control NOC, quienes deben verificar de forma remota el buen funcionamiento del PoP. De existir alguna alarma, el NOC busca que el Team de mantenimiento pueda dar solución de forma inmediata, pero de no ser esto posible se debe gestionar una nueva tarea con la finalidad de realizar la corrección de la falla.

Este proceso de ejecución del mantenimiento preventivo es reiterado, según el número de PoP o según el tipo de mantenimiento preventivo que se le debe realizar. Estos mantenimientos, pueden ser mantenimiento de energía, mantenimiento de grupo electrógeno, mantenimiento de clima, mantenimiento de RAN y TX, mantenimiento a Grupo Radiante, mantenimiento de chapas y hasta un desmalezado del PoP.

Una vez terminado el período planificado de mantenimiento preventivo, se evalúa el cumplimiento de las metas y se finaliza el proceso de forma anual.

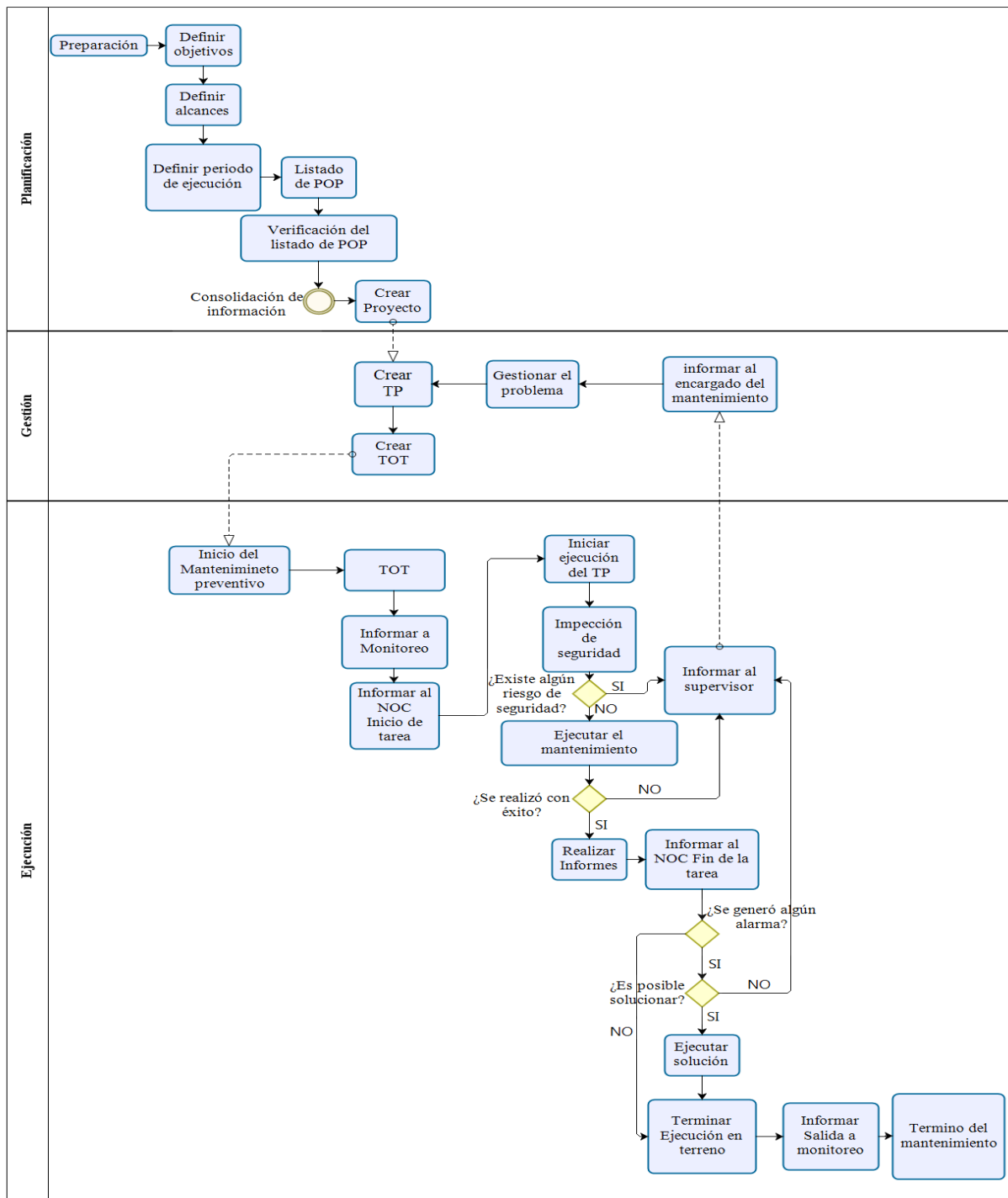


Figura 1.6 - Diagrama del proceso de mantenimiento preventivo. Elaboración propia, con información entregada por el área de mantenimiento.

El proceso de Ejecución es el que deben realizar todas las distintas empresas contratistas, los procesos de planificación y gestión son de estricta responsabilidad de Entel.

Otra parte del mantenimiento de puntos de presencia, tiene relación con las actividades correctivas que normalmente son consecuencia de alguna falla evidente. Estas actividades, son generadas por tres participantes, el NOC por ser quienes monitorean constantemente los sitios, los CRM que son quienes designan y controlan los trabajos, o también Monitoreo de Infraestructura quienes verifican el estado de las estructuras. Cualquiera sea el participante, debe por obligación generar un trabajo programado o también llamado TP, el cual es ingresado a la plataforma Office Track donde es denominado TOT, para posteriormente ser asignado a los técnicos más cercanos a la instalación.

Los técnicos deben acudir al punto de presencia independiente de la actividad que estén desarrollando a menos que sea otro trabajo correctivo. Una vez tomada la tarea deben informar al NOC de su visita al punto de presencia, realizar una inspección técnica y visual del equipo, posteriormente diagnosticar la situación, para realizar la reparación de ser posible, o de lo contrario realizar solicitud de repuestos o hasta solicitar cambio del equipo de ser necesario.

Terminada la reparación o reposición del equipo, se da por finalizado el trabajo y se informa al NOC para verificar el estado del punto de presencia, utilizando la misma metodología que requiere un mantenimiento preventivo.

Este proceso es el más común, se realiza en un mayor número de ocasiones, pero también es el proceso que implica mayor cantidad de tiempo y una mayor cantidad de gastos en dinero, además es el proceso más invasivo pudiendo provocar mayor cantidad de consecuencias negativas, este proceso puede ser observado en la siguiente Figura 2.7.

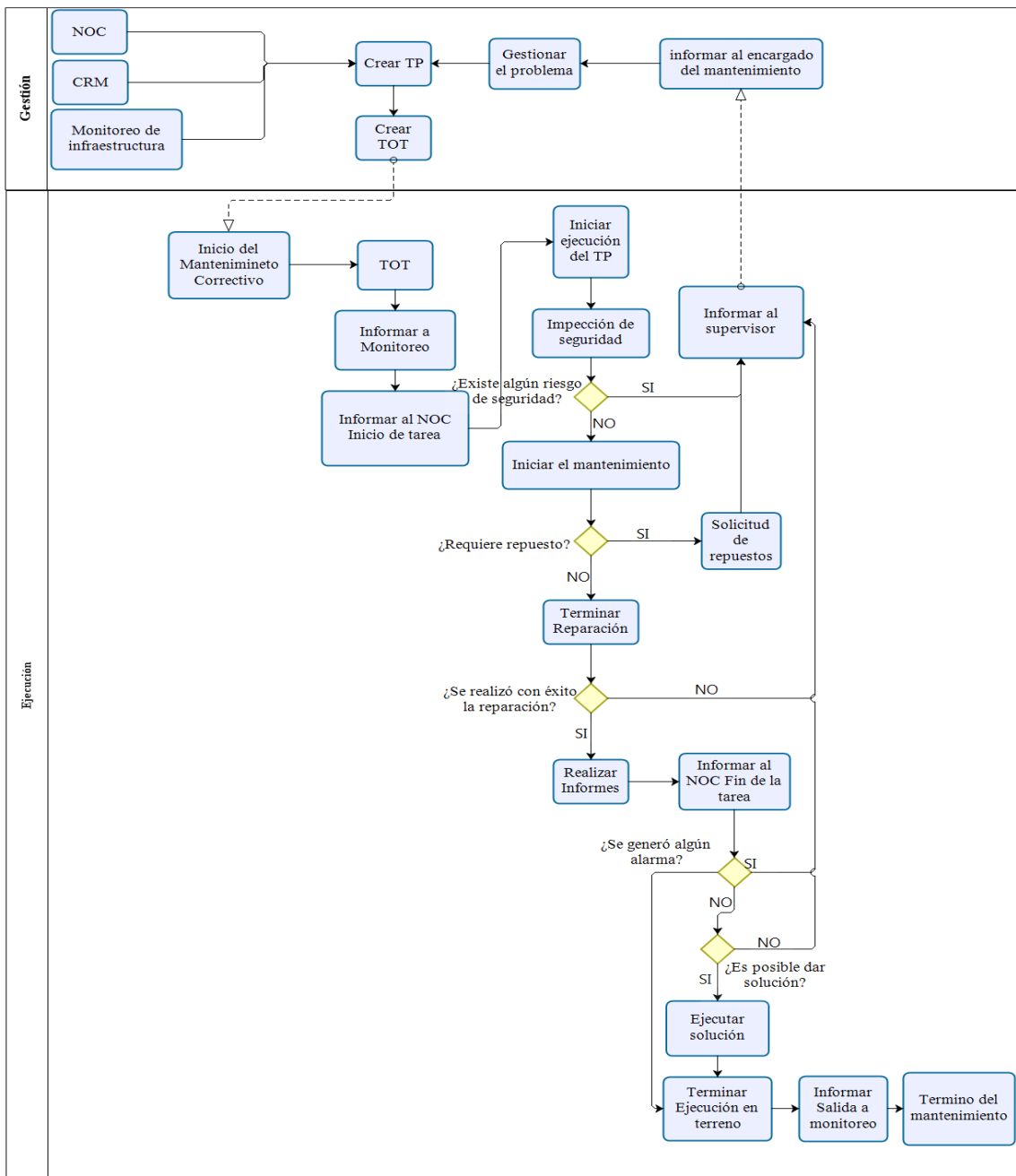


Figura 1.7 – Diagrama del proceso de Mantenimiento Correctivo. Elaboración propia, con información entregada por el área de mantenimiento.

El proceso de Ejecución, es responsabilidad de las empresas contratistas y sólo se puede llevar a cabo luego del proceso de gestión realizado por el responsable de Entel.

1.2 Oportunidad de Mejora

Luego de realizar una entrevista con un grupo multidisciplinario, entre los cuales se encontraba subgerente de control de contratistas y operaciones en terreno, jefes de áreas, supervisores, analistas y técnicos, se logró identificar disconformidad con la situación actual del proceso de mantenimiento. Posteriormente para identificar de mejor manera estos inconvenientes se diseñó una breve y puntual entrevista la cual fue respondida por los profesionales según sus competencias y participación dentro del proceso. Esta encuesta, se encuentra detallada en el Anexo I de esta memoria.

Por otra parte, se analizó información histórica de los indicadores existentes, lo que tuvo como resultado que el porcentaje de mantenimiento correctivo ha sido mayor al mantenimiento preventivo al menos en los últimos dos años, utilizando la fuerza laboral en estas actividades correctivas, impidiendo poder realizar otras funciones también relevantes para la continuidad de la red. Además, otro punto inquietante es el reiterado número de visitas a un mismo punto de presencia, lo que tiene como consecuencia un alto costo en recursos para el desplazamiento como lo es el costo de combustible, pago de peajes en carreteras entre otros costos asociados, además de la pérdida de tiempo valioso para realizar actividades de instalaciones de nuevos equipos y tecnologías que permitan modernizar la red.

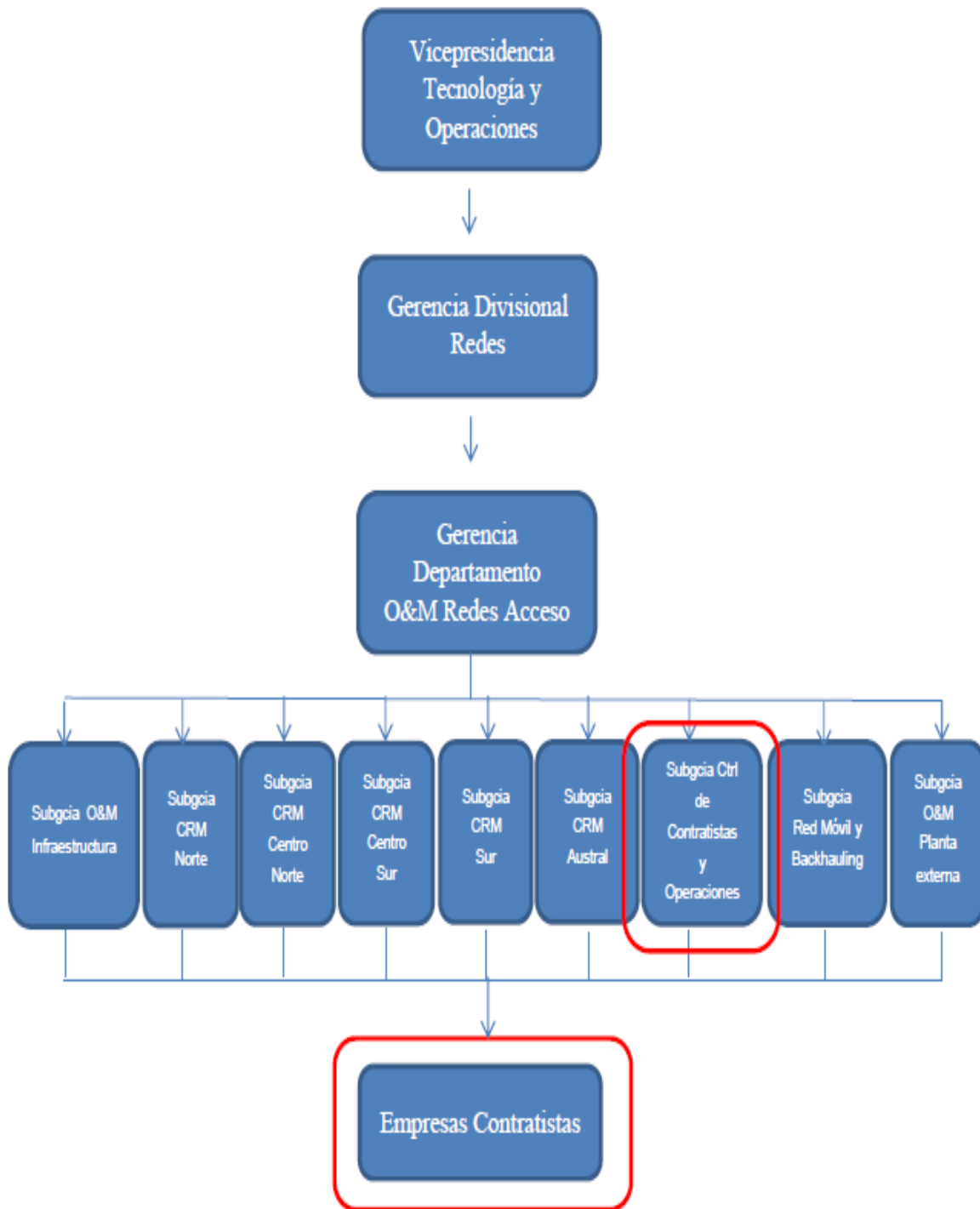


Figura 1.8 – Organigrama integrado con detección de problemas. Elaboración propia, Según Información extraída de una plataforma privada de la organización.

En la Figura 1.8 se destaca las dos áreas con mayor relevancia dentro del problema en estudio.

Problemática

La principal falencia existente dentro de la organización se encuentra en la relación que existe entre la subgerencia de control de contratistas en terreno y las empresas externas, considerando que la primera es la encargada de la planificación del mantenimiento en general y la segunda son las encargadas de la ejecución.

Las empresas contratistas realizan las tareas entregadas por Office Track, sin un control de sus actividades, por lo tanto, no se tiene certeza de que el tiempo en el cual realizan las actividades sea el adecuado. Por otro lado, existe una alta rotación de personal, lo que es un inconveniente considerando que estos deben contar con acreditación y esta requiere un tiempo para conseguirse, principalmente porque los técnicos realizan cursos acordes a las necesidades de la zona para conseguirla, lo que imposibilita que se encuentren disponible de forma inmediata.

Por otra parte, en la subgerencia se planifica según el número existente de PoP, sin considerar la información histórica, condiciones o características de estos. Además, existe un porcentaje mayor de trabajos correctivos en comparación a preventivos, lo que tiene como consecuencia un mayor gasto en repuestos e insumos, menor tiempo de mano de obra para realizar otras actividades, además de interrupciones en el servicio.

La última consecuencia es la más importante, principalmente porque es de directa responsabilidad del área perteneciente a Entel, por lo tanto, se puede realizar una propuesta de mejora con la finalidad de optimizar las condiciones actuales del problema.

1.2.1 Posibles Causas del problema

Con el objetivo de diagnosticar el problema existente, se realiza un diagrama causa efecto o también conocido como diagrama de Ishikawa, utilizando las causas consideradas relevantes para los distintos participantes del proceso. Estas causas, se obtuvieron luego de realizar un levantamiento de información con analistas, técnicos y encargados de los mantenimientos obteniendo como consecuencia el siguiente diagrama, Figura 2.9.

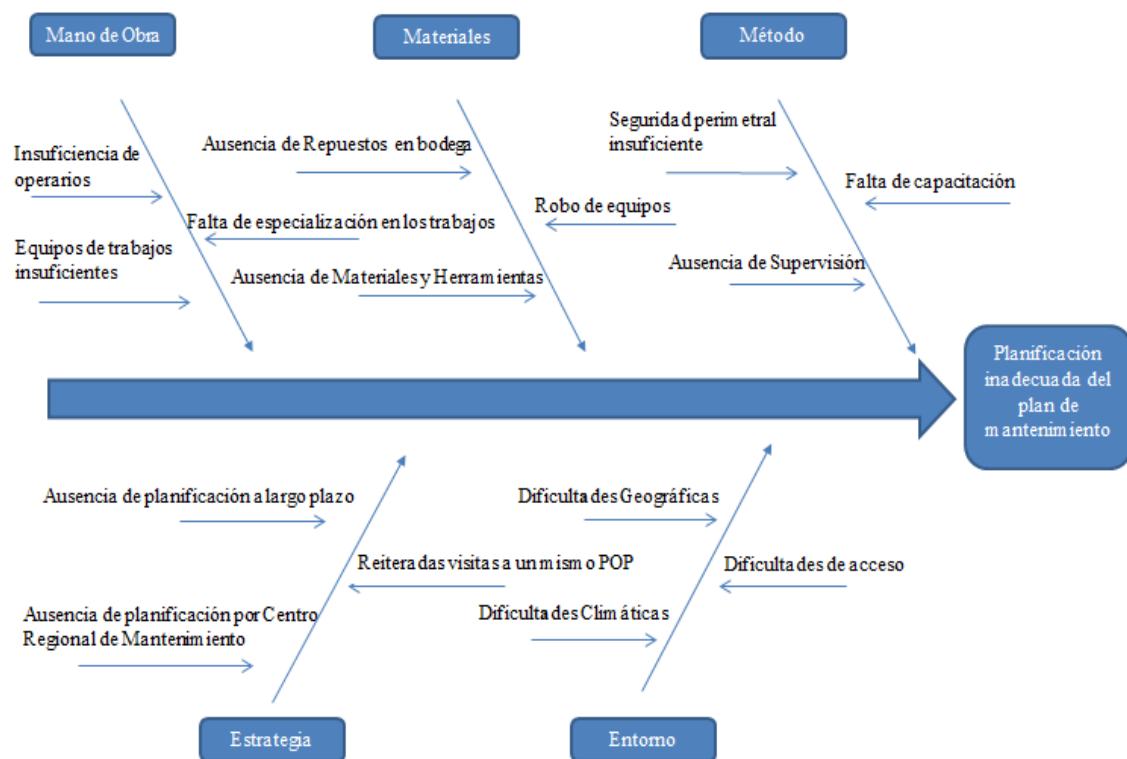


Figura 1.9 - Diagrama Causa Efecto. Elaboración propia.

Mano de Obra

- **Escasez de Operarios:** Los operarios pertenecientes a distintas empresas externas deben ser acreditados por Entel, por lo tanto, el ingreso de nuevos técnicos se ve

afectado por este proceso de acreditación, el cual consiste en la realización de una determinada cantidad de cursos, dependiendo de los requerimientos de la zona de trabajo. Es por esto que el ingreso de nuevos técnicos es bajo.

- **Equipos de trabajos insuficientes:** Debido al gran número de instalaciones de nuevos equipamientos y/o mejores tecnologías, los Team se encuentran realizando otras actividades, lo que les disminuye el tiempo para realizar las tareas preventivas, afectando al normal funcionamiento de la planificación anual.
- **Falta de Especialización de los trabajadores:** El Team compuesto por 2 personas, muchas veces se enfrenta a limitaciones por la falta de especialización de estos técnicos en algunas labores, debido a que son especialistas sólo en algunos mantenimientos, desconociendo el procedimiento necesario para los otros.

Material

- **Ausencia de repuestos en bodega:** La bodega principal se ubica en Enea en la comuna de Pudahuel, y aunque existen bodegas en los distintos centros regionales de mantenimiento, estas son pequeñas y no cuentan con la variedad de repuestos necesarias. Además, en ocasiones las distancias entre las torres de telecomunicación y las bodegas son extensas, demorando el proceso de reparación.
- **Ausencia de materiales y herramienta:** Debido a la pérdida o robo de las herramientas y materiales, en ocasiones las tareas no son realizadas por parte de los Team. Además, debido al alto costo de algunas herramientas como por ejemplo el Power Meter no cuentan con la posibilidad de medir el buen funcionamiento de las tecnologías, teniendo que esperar la verificación en línea.

Métodos

- **Seguridad insuficiente:** Los procesos realizados por los técnicos no son supervisados por prevencionistas de riesgos. Muchos de estos procesos de reparación son realizados en alturas, existiendo el riesgo de caída de los técnicos o de elementos.
- **Falta de capacitación:** No se realizan capacitaciones a los Team, sólo se realizan cursos, que le permiten conservar su acreditación. Los nuevos técnicos aprenden de los más antiguos quienes enseñan procedimientos inadecuados e incompletos.
- **Ausencia de supervisión en terreno:** No existe supervisión por parte de Entel en las tareas, lo que no permite tener control del tiempo real que requiere cada una de ellas, por lo tanto, el tiempo de ocio es alto.

Estrategia

- **Ausencia de planificación a largo plazo:** Si bien existe una planificación anual, esta no contempla los nuevos factores que puedan incidir en el proceso de mantenimiento preventivo, como lo son las nuevas instalaciones o el aumento de PoP y Sitios.
- **Ausencia de planificación por Centro Regional de Mantenimiento:** Los CRM no planifican el mantenimiento preventivo, lo que le trae problemas a final del año cuando deben gastar recursos extras para el cumplimiento de las metas.
- **Reiteradas visitas a un mismo PoP:** Los Team realizan reiteradas visitas a algunos PoP, ya sea realizar el mismo mantenimiento preventivo o a constantes correcciones de fallas, lo que disminuye la posibilidad de visitar nuevos PoP, que finalmente quedan sin mantenimiento preventivo.

Entorno

- **Dificultades de acceso:** En ocasiones las torres tienen accesos complejos ya sea por las dificultades geográficas o por daños producto de lluvias y deslizamiento de tierra, además de problemas legales de acceso, por problemas contractuales con los dueños del terreno en arriendo, ya sea por no pago del arriendo mensual, o por pago de servidumbre de paso.
- **Dificultades geográficas:** Las torres son ubicadas en sectores de altura, ya sea en cerros o sectores de poco acceso vehicular, es por esto que se debe contar con equipamiento especial, como lo es Camionetas 4x4, equipamiento de ascenso o hasta el arriendo de helicópteros, dependiendo de la ubicación del PoP.
- **Dificultades de clima:** Debido a la variedad de climas con los que cuenta nuestro país, en ocasiones es una dificultad realizar los procesos preventivos, ya sea por las altas temperaturas o por la lluvia, que podrían generar un efecto inverso en el mantenimiento.

Posible Efecto

- Al considerar las posibles causas más relevantes, se determina que existe un problema en la planificación anual, debido a que no son considerados algunos factores relevantes, como lo son las condiciones del entorno, además de las condiciones geográficas, climáticas o características propias de las zonas. Por otra parte, no se planifica una estrategia a largo plazo que realice una mejora continua al sistema de mantenimiento preventivo para disminuir el mantenimiento correctivo, y tampoco

existe una metodología eficiente que permita realizar el mantenimiento de manera más efectiva, lo que permita disminuir el número de fallas y los costos de mantenimiento.

A continuación, mediante la construcción de un diagrama de Pareto, se clasifican las causas de mayor relevancia para poder ser evaluadas según su relevancia. Esta evaluación, consistió en que los participantes les otorgaran una clasificación a las causas, considerando una escala ordinal se 1 a 100, siendo 1 el menos significativo y 100 muy significativo tal como se muestra en el Anexo II de esta Memoria. Luego, es posible ordenar y priorizar las causas consideradas tal como se muestra en la Figura 2.9, donde se puede observar que el 80% de las causas vitales son: Reiteradas visitas a los mismos PoP. (17%), Ausencia de planificación por CRM. (17%), Dificultades Climáticas (16%), dificultades geográficas (14%), Falta de capacitación (12%), Falta de especialización en los trabajos (5%).

Las causas mencionadas anteriormente, permiten señalar que el origen de estas tiene relación con las estrategias, siendo esta insuficiente para resolver las necesidades.

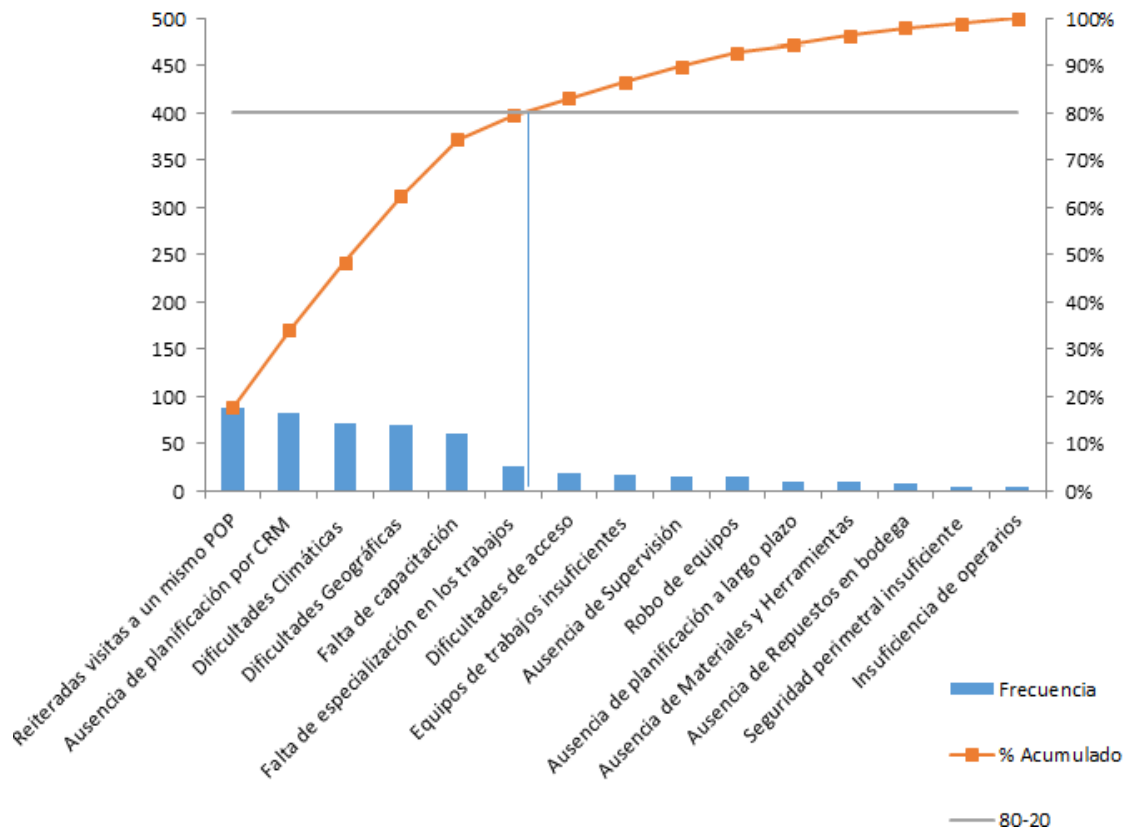


Grafico 1.4 – Diagrama de Pareto. Elaboración propia.

Posteriormente al realizar un análisis a los resultados obtenidos a través de las herramientas anteriores, se logra inferir que el problema actual de la organización tiene relación con la planificación anual que se realiza, debido a que la metodología de planificación utilizada no cubre las necesidades de los equipos y sistemas, tampoco considera los factores externos que afectan en funcionamiento, además no se prioriza según las relevancias tecnológicas, ni necesidades técnicas. Es por esto que se considera necesario buscar una metodología que genere una mejora a la situación actual.

Para esto, se plantean objetivos que vayan en búsqueda de dar una solución simple, económica, pero lo más importante una solución real a la causa del problema.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proponer un rediseño al plan de mantenimiento de los puntos de presencia de la red de telefonía Entel.

1.3.2 Objetivo Específicos

- Clasificar equipos y sistemas que se encuentran dentro de los puntos de presencia según sus características.
- Determinar el modo y efecto de falla (AMEF) de los equipos y sistemas.
- Determinar el nivel de criticidad a los equipos y sistemas para definir su nivel de relevancia.
- Rediseñar el plan de mantenimiento anual para los puntos de presencia de la red Telefonía.

Capítulo II. Marco teórico

Posterior a detectar el problema existente en el área de mantenimiento de los puntos de presencia de la empresa de telecomunicaciones Entel, el cual tiene relación con el plan de mantenimiento existente actualmente que implica un alto costo en mantenimiento correctivo, es necesario realizar una búsqueda por distintas metodologías existentes en la literatura, con el objetivo de resolver dicho problema de la manera más eficiente.

2.1 Gestión del mantenimiento

“El mantenimiento industrial se define como el conjunto de procedimientos realizados a fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos, maquinaria, e instalaciones de una planta (fábrica), garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción industrial” (IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial, 2018, pág. 4)

Los orígenes del mantenimiento datan de la primera generación de la revolución industrial, cuando los procesos comenzaron a exigir un mejor desempeño, aumentando también la complejidad de las tareas, lo que finalmente obligó a generar una organización con recursos especiales que disminuyeran básicamente las tareas correctivas que iban en aumento perjudicando los procesos y generando pérdidas monetarias a las industrias. Este problema se logró resolver a través de una planificación del mantenimiento, utilizando distintas metodologías.

2.1.1 Mantenimiento Preventivo Total

El Mantenimiento Preventivo Total es una estrategia destinada a elevar la productividad mejorando las prácticas de mantenimiento de equipos y sistemas con el fin de disminuir las fallas y aumentar el tiempo destinado para la producción. La implementación requiere:

- **Transformación del entorno de la planta:** Esta metodología busca eliminar el entorno de la planta sucio, oxidado, cubierta de aceite o grasa en un espacio de trabajo grato y seguro para sus operarios, disminuyendo la cantidad de accidentes y permitiendo disminuir las pérdidas de tiempo por el desorden. Además, permite que los trabajadores se desempeñen de mejor manera debido a lo grato que es trabajar en espacios amplios y limpios, aumentando la motivación y la confianza.
- **Transformación de los trabajadores de la planta:** Conforme las actividades comienzan a presentar resultados concretos mejorando las condiciones de trabajo, minimizando las averías, mejorando la calidad y disminuyendo las paradas de los equipos, los trabajadores cuentan con una motivación y proliferan las sugerencias de mejoras. Las personas comienzan a incluir el mantenimiento preventivo total como parte fundamental de su trabajo.

El mantenimiento preventivo total es una herramienta de ayuda para los operarios comienzan a conocer su equipo y amplía la gama de tareas de mantenimiento que pueden practicar de forma diaria y constante. Les da oportunidad de hacer nuevos descubrimientos, adquirir conocimientos, y disfrutar de nuevas experiencias. Por otra parte, refuerza la motivación, genera interés y preocupación por sus equipos, y alimenta el deseo de mantener el equipo en óptimas condiciones.

El mantenimiento preventivo total surge como una herramienta utilizada en el departamento de producción (principalmente en el sector de la industria automotriz), e incluye como parte de su estrategia:

- Maximizar la eficacia global que cubra la vida entera del equipo.
- Establecer un sistema de mantenimiento preventivo global que cubra la vida entera del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planifiquen, usen y mantengan equipos.
- Involucrar a todos los empleados desde la alta dirección a los operarios directos.
- Promover el mantenimiento preventivo total motivando a todo el personal, promoviendo las actividades de los pequeños grupos autónomos.

Esta metodología, se puede implementar en la totalidad de la empresa, abarcando todos los departamentos relacionados al desarrollo del producto, así como los administrativos y departamento de ventas. Con esto surgen nuevos componentes estratégicos:

- Crea una organización corporativa que maximice la eficacia de los sistemas productivos.
- Gestionar la planta con una organización que disminuya todo tipo de pérdida.
- Involucra a todos los departamentos de la organización, incluyendo a los departamentos de desarrollo, ventas y administración.
- Involucra de forma transversal a toda la organización, ya sea la alta dirección o los operarios directos.
- Se busca orientar las acciones a fin de minimizar de la mejor manera posible las pérdidas.

El desarrollo de mantenimiento preventivo total en la organización se divide en cuatro etapas fundamentales, las cuales son: preparación, introducción, implementación y consolidación.

Como primer paso la alta dirección debe comunicar a todos los operarios la decisión de implementar el mantenimiento preventivo total, para luego realizar una educación introductoria del mantenimiento preventivo total a todos los trabajadores de la planta, para que posteriormente la organización promueva el mantenimiento preventivo total como una filosofía de trabajo y no sólo una estrategia de trabajo.

Establecer políticas y estrategias es fundamental para la correcta implementación de la metodología, lo que facilita el trabajo al momento de diseñar el plan maestro de mantenimiento. Dicho plan debe contemplar las siguientes actividades:

- Mejoras orientadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Formación y adiestramiento
- Gestión temprana de los equipos
- Mantenimiento de calidad
- Actividades de departamentos administrativos y de apoyo
- Gestión de seguridad y entorno

Posterior a la creación del plan de mantenimiento, se debe introducir este dentro de la organización buscando cultivar una atmósfera que eleve la moral e inspire dedicación.

Es recomendable reunir a trabajadores, clientes y subcontratistas para que la alta dirección comunique la decisión de implementar esta metodología. En una tercera fase se deben programar actividades que permitan cumplir los objetivos del plan. Entre estas actividades, se encuentran las mejoras orientadas, el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado, la formación y capacitación, gestión temprana de nuevos equipos y productos, mantenimiento de calidad, departamentos administrativos y de apoyo, gestión de seguridad del entorno, para posteriormente mejorar los niveles. Finalmente, se deben afianzar los niveles y resultados logrados para posteriormente mejorar las metas.

2.1.2 Inspección Basada en Riesgos

Esta metodología se basa en el riesgo y sirve para identificar, evaluar y definir los riesgos industriales, ya sea producto de la corrosión y fracturas por exceso de tensión, que pudieran poner en peligro la integridad de los equipos presurizados o estructurales. Para llevar a cabo esta metodología, es necesario diseñar una estrategia a seguir para la inspección, por parte de los ingenieros, considerando las características de los equipos y sistemas.



Figura 2.1 – Etapas de la Inspección Basada en Riesgo. (Petróleos Mexicanos, 2018)

Conformación de un Equipo Natural de Trabajo: La conformación de un equipo natural de trabajo es fundamental, debido a que este debe ser integrado por los principales participantes dentro del proceso, ya sea técnicos, operarios, supervisores y en general toda

clase de profesionales que tengan algún conocimiento en las posibles causas de una situación indeseada dentro del mismo proceso.

Especialistas en Inspección de Equipos. Responsabilidades:

- Suministrar los datos de condición e históricos de los equipos objeto de estudio.
- Participar, en conjunto con especialistas en corrosión y materiales.
- Desarrollar las actividades de inspección.

Especialistas en Corrosión y Materiales. Responsabilidades:

- Probabilidad de existencia y severidad de determinados mecanismos de deterioros.
- Generar recomendaciones de mitigación de los riesgos para reducir la probabilidad de falla.

Fundamentos de la metodología: El fundamento del IBR es la caracterización del estado actual para predecir el comportamiento futuro de equipos y sistemas, con el objetivo de identificar las medidas que se puedan implementar para las mejoras.

$$Riesgo(t) = Probabilidad\ de\ falla\ (t) * Consecuencias\ de\ la\ falla$$

Desarrollo de la metodología: Esta herramienta de análisis, estima el riesgo asociado a la operación de equipos estáticos y evalúa la efectividad que pueda tener el plan de inspección.

Este plan, cuenta con tres niveles:

- Nivel I: Inspección visual general.
- Nivel II: Inspección visual detallada.
- Nivel III: Inspección con pruebas no destructivas.

En la actualidad, esta metodología permite controlar, optimizar, prevenir y predecir las ocurrencias de las fallas en equipos estáticos debido principalmente a que se ha unido a otras metodologías como lo son la Valoración del Riesgo por Corrosión (VRC), la Integridad Mecánica (IM), además del modelaje probabilístico del deterioro, lo que permite ampliar el espectro de cobertura de fallas mecánicas y riesgos considerables sumado a las características intrínsecas del IBR tradicional, formando finalmente una Metodología Integral para el Diseño y Optimización de Planes de Inspección.

Aplicación de la Metodología:

Definición del Sistema o Equipos a evaluar: Consiste en determinar los equipos, sistemas, subsistemas y circuitos de tuberías a los cuales se les requiere aplicar la metodología.

- **Recolección de Información Técnica Requerida:** Para la efectiva aplicación de la metodología se requiere obtener y evaluar los datos técnicos e información necesaria para establecer una base de análisis de riesgos según las características de los elementos.
- **Sistematización de la Instalación:** Consiste en unificar o subdividir los elementos que cuenten con características en común con la finalidad de que esto facilite su análisis y evaluación.
- **Validación de la Información:** Se debe procurar que la información utilizada sea constantemente actualizada y validada por personal debidamente capacitado según los requerimientos específicos de cada análisis.

- **Identificación y Evaluación de los Factores de Daño:** Para poder realizar el análisis del daño producido durante la operación e inspección, sobre la probabilidad de detección de los defectos se debe ejecutar entre otros pasos:
 1. Determinar la velocidad y severidad del daño.
 2. Determinar el nivel de confianza en la severidad de los daños.
 3. Determinar la eficacia de los programas de inspección.
 4. Calcular el efecto del programa de inspección en el mejoramiento del nivel de determinación de los daños.
 5. Calcular la probabilidad que un nivel dado de daño excederá la tolerancia del daño del componente resultando en una falla.
 6. Calcular los factores de daño.
 7. Calcular el factor de daño total para los mecanismos de daño presente y potencia.
- **Análisis de Riesgo:** El análisis del riesgo se puede realizar a través del cálculo de la frecuencia de las fallas y/o a través de la metodología análisis de criticidad, con el objetivo de conocer la frecuencia e importancia de las fallas.
- **Diseño de los Planes de Inspección:** El principal propósito de un plan de inspección para el mantenimiento es definir las actividades necesarias para detectar el deterioro en servicio de los equipos y sistemas antes de que se produzcan las fallas. Adicionalmente se deben identificar actividades de mantenimiento u otras acciones de mitigación de los riesgos.

- **Optimización de los Programas de Inspección en Marcha:** Una vez generado el plan de mantenimiento se debe buscar la optimización de la cantidad de puntos de inspección para cada componente.
- **Análisis de Resultados:** El análisis de resultados consiste en la comparación de la probabilidad de fallas con la consecuencia financiera en el caso de que esta ocurra.

Finalmente, y en conclusión se infiere que esta metodología entrega una alta seguridad tanto para los equipos y sistemas, como para los operarios. Es normalmente utilizada en la industria del petróleo, o instalaciones que cuenten con tuberías expuestas a altas presiones, este sistema es favorable para plantas que puedan contar con inspecciones diarias y rutinarias.

2.1.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II

Tiene como objetivo unificar criterios dentro de la organización con relación al mantenimiento de equipos y sistemas. Estos criterios, se basan en el conocimiento de las características de los equipos y sus funciones. Para su implementación se deben inicialmente realizar dos preguntas importantes, ¿Qué es lo que se quiere conservar? Y ¿Cuál es el estado de este? Debido a que todo elemento físico se pone en servicio para realizar una función específica, por lo tanto, cuando se mantiene un equipo se desea que continúe cumpliendo la función determinada. Claramente, para que esto sea posible, los equipos deben ser capaces de cumplir esas funciones previstas sin inconvenientes.

Esta metodología, tiene este nombre debido a que reconoce que el mantenimiento sólo puede asegurar que los elementos físicos continúen con su capacidad inherente. Por otra parte, no se puede lograr mayor confiabilidad que la diseñada al interior de los activos y sistemas, información entregada por sus diseñadores.

Al momento de implementar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, se deben realizar estas siete preguntas:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Funciones y sus estándares de funcionamiento

Cada elemento o equipo fue adquirido con un propósito determinado, por ende, se debe conocer su función o funciones específicas, además de su capacidad inherente. Estos estándares de funcionamiento deben ser cuantificables.

Fallas funcionales

Se requiere saber cómo puede fallar cada elemento del equipo o sistema en relación a sus funciones, por lo tanto, esto se define como la incapacidad de un elemento o componente de satisfacer un estándar de funcionamiento deseado o esperado.

Modo de falla o causas de las fallas

Este consiste en identificar la causa origen de la falla o también llamada causa raíz, de modo de no confundirla con síntomas de la falla. Esto permite comprender exactamente qué es lo que se está tratando de prevenir y por qué se está produciendo.

Efecto de la falla

Cuando se identifica el origen de la falla, de deben identificar los efectos de esta, es decir que es lo que pasaría si ocurriera. Esto es útil al momento de definir la importancia de la falla y normalmente requiere la implementación de un análisis de modo y efecto de falla, para posteriormente generar medidas de mitigación de estos efectos.

Consecuencia de la falla

Consiste en determinar el grado de importancia de cada falla. Para esto, se debe preguntar cómo y cuánto importa cada falla, de modo de poder definir si es necesario prevenirlas o no. Estas consecuencias, son cuantificables y medibles a través de un análisis de criticidad.

Por otro lado, existen distintas consecuencias de las fallas, las cuales son:

- **Consecuencias no evidentes:** Estas no tienen un impacto directo, por ende, pueden estar ocultas y provocar a largo plazo una consecuencia mucho más seria.
- **Consecuencias en la seguridad y medio ambiente:** En ocasiones las consecuencias que generan impacto sobre las personas o el medio ambiente, no son consideradas, pero en este caso el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad las coloca por

encima de la problemática de la producción reconociendo la importancia del personal en la producción.

- **Consecuencias operacionales:** Una consecuencia operacional es considerada como tal cuando afecta de forma directa sobre la producción, ya sea disminuyendo la capacidad, calidad, o el servicio. Estas son las más importantes debido a que generan un mayor costo, y además requieren una mayor fuerza al momento de prevenir.
- **Consecuencias no operacionales:** Estas son productos de falla evidentes, pero que no afectan a la seguridad ni a la producción, por lo que su único gasto directo es la reparación.

Finalmente, una vez identificadas las fallas y consecuencias, se utiliza la metodología de análisis de criticidad para identificar la jerarquía de las fallas, con la intención de generar un plan de mantenimiento basado en importancia y medidas de mitigación, lo que normalmente se realiza a través de un análisis de modo y efecto de falla.

2.1.4 Análisis de causa raíz

El análisis causa raíz o también conocida como ACR es una metodología que emplea un conjunto de técnicas y/o procesos, para lograr reconocer los factores causales de falla. Es decir, busca identificar el origen del problema, relacionando el personal, los procesos, las tecnologías y la organización, con el objetivo de proponer las actividades o acciones que lo eliminen.

Disposiciones específicas de la Metodología:

Recopilación y Tratamiento de Datos: El análisis de un problema de inicia con la recopilación de datos de fallas o causas y sus respectivos impactos asociados, con el objeto de

jerarquizar las causas mediante la realización de un histograma que permite realizar un análisis de los datos.

Conformación de un equipo de trabajo: La conformación de un equipo natural de trabajo es fundamental, debido a que este debe ser integrado por los principales participantes dentro del proceso, ya sea técnicos, operarios, supervisores y en general toda clase de profesionales que tengan algún conocimiento en las posibles causas de una situación indeseada dentro del mismo proceso.

Realizar Análisis Causa Raíz: El análisis causa raíz se realiza mediante el método Causa – Efecto. Este método, se basa en el hecho que un evento de falla siempre tiene una causa y que esta a su vez tiene otra causa, siendo la primera un efecto de la segunda, lo que forma una cadena de causas y efectos, con la finalidad de llegar a la causa fundamental del problema.

Esta metodología, se puede llevar a cabo mediante la realización de un árbol lógico de fallas, considerando los modos de fallas, sus posibles causas con la finalidad de generar una hipótesis la que posteriormente debe ser validada por el equipo de trabajo.

Para validar cada hipótesis existen diversos métodos, que varían dependiendo de la naturaleza de la hipótesis y de los modos de fallas o de los síntomas de las fallas:

Análisis de fallas: Pueden ser pruebas en sitio, análisis Físico – Químico de materiales y equipos, entre otros.

Verificación de datos estadísticos: La utilización de la información histórica de las fallas y sus consecuencias, puede ser una herramienta fundamental para resolver el problema.

Entrevista con Operadores y Mantenedores: La constante comunicación con los operarios es fundamental para reconocer sus principales inconvenientes o las fallas recurrentes, para posteriormente identificar una posible solución en conjunto considerando la experiencia con la que estos cuentan.

Toda hipótesis debe ser analizada, ya sea para ser validada o rechazada de otro modo no es recomendable continuar con el análisis. Existen distintos orígenes de las causas, y estas se pueden clasificar como:

➤ **Causas Raíces Físicas:** Estas causas tienen relación directa con las condiciones físicas de los equipos o sustancias, como lo son las relacionadas con lubricantes, refrigerantes o combustibles. Normalmente estas son efectos de las causas Humanas.

➤ **Causas Raíces Humanas:** Son el origen de las causas raíces físicas, y se producen normalmente con la inadecuada intervención de los operarios, generalmente se relacionan con descuidos, equivocaciones, falta de capacitaciones, errores u omisiones al momento de realizar las funciones.

➤ **Causas Raíces Latentes o de Sistemas:** Tiene relación directa con el sistema organizacional o de administración. Y se refiere a la no utilización de los procedimientos, ya sea por desconocimiento o por inexistencia de estos.

Planteamiento de Soluciones: Posteriormente a la identificación de las causas, se debe buscar la solución adecuada, considerando que esta debe ser sustentable, de modo que la falla no se repita en el tiempo. Además, se debe plantear las acciones necesarias para corregir las causas raíces físicas y posteriormente las causas latentes, para evitar que se cometan errores y omisiones.

Evaluación de Soluciones: Luego de identificar y validar las soluciones planteadas se debe realizar un análisis Costo-Riesgo-Beneficio, que tiene como finalidad comparar el costo de implementar la solución en relación al riesgo de seguir el funcionamiento actual y además a los beneficios que pueda tener el hecho de realizar la mejora. Normalmente esta se calcula a través del método de cálculo del Valor Presente Neto.

$$VPN = C_0 + \frac{C_1}{(1+r)} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \frac{C_n}{(1+r)^n} = \sum_{I=0}^n \frac{FC_I}{(1+r)^I}$$

VPN: Valor presente neto de los flujos de la caja.

C₀: Monto de inversión inicial (valor negativo)

C_I: Flujo de caja, positivo si es un ingreso o negativo si es un egreso.

r: Tasa de descuento.

Jerarquización de Soluciones: Considerando que no existe una única solución para los problemas se debe jerarquizar considerando que los recursos son limitados para llevar a cabo los proyectos, por ende, se debe dar prioridad a la eficiencia de la inversión lo que se obtiene dividiendo del VPN obtenido por el Costo de la solución, debiendo ser considerado en que entrega un mayor beneficio, pero también una menos inversión inicial.

Plan de Soluciones: La ejecución de soluciones debe considerar la entrega de informes periódicos y la implementación de sistemas de control a través de indicadores.



Figura 2.2 – Las siete etapas para la implementación del Análisis Causa Raíz. (Reliability and Risk Management, 2018)

2.1.5 Análisis de Criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer jerarquía entre Instalaciones, Sistemas, Equipos y Elementos de un equipo. Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla.

En un eje se presenta la frecuencia de la falla y en el otro los impactos o consecuencias a los cuales se vería enfrentado el equipo o sistema.

Categoría de Frecuencia	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
Categoría de Consecuencias		1	2	3	4	5

Figura 2.3 – Matriz de Criticidad. (Reliability and Risk Management, 2018)

Esta herramienta es de ayuda para identificar la relación directa de las fallas, ya sea por su frecuencia o consecuencia, dentro de esta matriz se señala de color rojo las fallas más recurrentes con mayor impacto y de color verde el menos frecuente y de mejor impacto.

B	Nivel de Criticidad Baja, fallas de baja frecuencia y consecuencias leves o menos relevantes.
M	Nivel de Criticidad Media, fallas de nivel medio y consecuencias de mayor gravedad, pero menos relevantes.
A	Nivel de Criticidad Alta, fallas de alta frecuencia con alto impacto y de preocupación para el proceso.

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de la falla por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo criterios de evaluación.

$$\text{Criticidad} = \text{Probabilidad o frecuencia de falla} \\ * \sum \text{de las Consecuencias de la falla}$$

Una vez calculada la criticidad de cada falla en cada elemento o sistema, se debe distribuir los resultados dentro de las celdas de la matriz previamente preparada, para posteriormente clasificar las fallas según su jerarquía es decir la importancia que tienen para el proceso o funcionamiento del sistema, posteriormente es necesario realizar un análisis y validación de los resultados obtenidos, para finalmente obtener su criticidad final.

Esta metodología se recomienda ser utilizada dentro de otras metodologías como lo son el análisis causa raíz, inspección basada en riesgo y además se puede aplicar dentro del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

2.1.6 Análisis Modo y Efecto de Falla.

Esta herramienta tiene como objetivo identificar los modos y efectos de fallas de todos los equipos y sistemas que se deseen mantener con sus mínimos técnicos característicos. Para implementar esta metodología se deben clasificar y recopilar información de los componentes críticos, para posteriormente diseñar las estrategias de manutención para equipos y sistemas.

Este análisis se divide en 4 fases:

- Selección de máquinas críticas
- Descomposición de las máquinas
- Individualización del modo de falla y evaluación de la criticidad de los elementos.
- Análisis de las causas de fallas e individualización de los componentes críticos
- Individualización de los modos de fallas y cuantificación de la criticidad de sus efectos.

A través de la utilización de una planilla se puede categorizar equipos y sistemas, posteriormente se busca identificar las fallas y su efecto para realizar un análisis de criticidad y generar medidas que busque eliminar o mitigar estas fallas.

Análisis de la causa de fallase individualización del componente crítico. Mediante la utilización de una planilla se identifican los síntomas, es decir se identifica la evidencia que señala que el componente no opera de la forma correcta, posterior a esto se determina la causa

que produce cada síntoma. Esta última etapa se puede realizar mediante la metodología análisis causa raíz.

2.2 Justificación de metodología a utilizar

La metodología que se utilizará para proponer una posible solución a la problemática, debe poseer ciertas características y un grado de aplicabilidad con la organización.

Por otra parte, es necesario distinguir entre las metodologías expuestas anteriormente, esperando encontrar la que permita dar solución al problema en cuestión.

Para “Proponer una Mejora de Plan de Mantenimiento”, es necesario aplicar una metodología que posea características específicas, de manera tal, que represente el problema mencionado.

Las características, que debe contener son:

- Estar orientada a la planificación.
- Mejorar las condiciones de los equipos.
- Mejorar las condiciones del mantenimiento.
- Mejorar las condiciones de los Operarios.
- Disminuir las fallas funcionales.
- Ayudar a la toma de decisiones de “Que mantener primero...”

Por consiguiente, la metodología que contenga las características mencionadas, será la que entregue la solución para la mejora del plan de mantenimiento.

A continuación, se abordarán las metodologías expuestas anteriormente, comparando las ventajas y desventajas de cada una, para identificar la más adecuada para dar una solución adecuada.

2.2.1 Mantenimiento Preventivo Total

Tabla 2.1 – Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Preventivo Total. Elaboración Propia.

Utilizando Información de (Suzuki, 1995)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la Confiabilidad de los Equipos. • Aumenta la Seguridad de los Equipos y Operarios. • Aumenta la Protección Ambiental. • Aumenta la Eficiencia. • Aumenta la Rentabilidad. • Aumenta la Productividad. • Área de Trabajo Limpias y Organizadas. • Mejora la Moral de los Trabajadores. • Disminuye las Faltas Ocultas. • Disminuye las Paradas de Plantas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un Cambio de la Cultura Organizacional. • No debe ser Impuesta. • Requiere del Compromiso de toda la Organización. • Alto costo de Inversión. • El proceso de Implementación Requiere de Varios años.

Tabla 2.2 - Ventajas y Desventajas del Impacción Basada en Riesgo. Elaboración Propia.
Utilizando Información de (Petróleos Mexicanos, 2018)

2.2.2 Inspección Basada en Riesgos

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye los Riesgos de Seguridad. • Disminuye los Riesgos Ambientales. • Mejora las Condiciones de la Planta. • Permite Mejorar a la Instrumentación. • Establece una estrategia de Inspección. • Disminuye la Corrosión. • Aumenta la Vida Útil de los Equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de un Alto Conocimiento Técnico. • Control Periódico. • Requiere Análisis Crítico.

Tabla 2.3 -. Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II.
Elaboración Propia. Utilizando Información de (Moubray, 2004)

2.2.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Incrementa la Confiabilidad de los Equipos. • Aumenta la Vida Útil de los Equipos. • Disminuye los Riesgos de Seguridad. • Disminuye los Riesgos Ambientales. • Aumenta la Eficiencia. • Aumenta la Rentabilidad. • Aumenta la Productividad. • Disminuye los Costos Asociados al Mantenimiento. • Disminuye el Costo de Insumos y Repuestos. • Identifica Fallas Potenciales. • Planes de Funcionamiento Adecuando al Contexto Operacional. • Plan de Mantenimiento Controlable. • Disminución de Tareas Correctivas. • Bajo Costo de Implementación. • Breve tiempo de Implementación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere Información Histórica Confiable. • Requiere Información Estadística. • Conocimiento en Análisis de Fallas. • Alto Conocimiento Técnico.

Luego de analizar las ventajas y desventajas de las distintas metodologías estudiadas. En síntesis se puede inferir que el mantenimiento centrado en confiabilidad, es la única metodología que se encarga de aumentar la confiabilidad, la seguridad de operarios y medio ambiente, con un plan de funcionamiento acorde al contexto operacional, con un bajo costo ejecución y con un breve plazo de implementación, además es posible diseñar nuevos procesos de planificación, que permitan reducir costos de ejecución del mantenimiento a través de la disminución de las tareas correctivas.

Capítulo III. Solución Propuesta

Luego de identificar la principal problemática detectada en el proceso de mantenimiento de los puntos de presencia y para el desarrollo de esta propuesta de mejora, se conocerán los procesos actuales existentes en la organización, para posteriormente a través de la metodología Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II.

Aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

La implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, se realizara a través del cumplimiento de ciertos objetivos, siendo el primero de estos la clasificación de equipos y sistemas, para posteriormente reconocer las funciones, identificación de fallos, modo de fallos y sus respectivas consecuencias, para posteriormente identificar su nivel de importancia a través de un análisis de criticidad en conjunto a un análisis de modo y efecto de falla, todo esto para finalmente conocer las directrices necesarias para generar un nuevo plan de mantenimiento.

3.1 Identificación de los Puntos de Presencia

Previo a plantear la solución del problema es necesario identificar que es un punto de presencia, para esto se describirá tanto equipos como sistemas involucrados en el proceso de mantenimiento, además de su contexto operacional.

3.1.1 Descripción de un Punto de Presencia

Punto de Presencia es un espacio físico en la Red, que permite la interconexión con otras instalaciones. A la vez este también se puede definir como una estación que reúne varios sitios móviles en un mismo lugar, compartiendo o no infraestructura como torre o contenedor. Estos

puntos son similares entre sí, es por esto que, para el desarrollo del trabajo se considerara un diseño estándar señalado en la figura 4.1, y a continuación se detallara tanto sus equipos como sistemas.

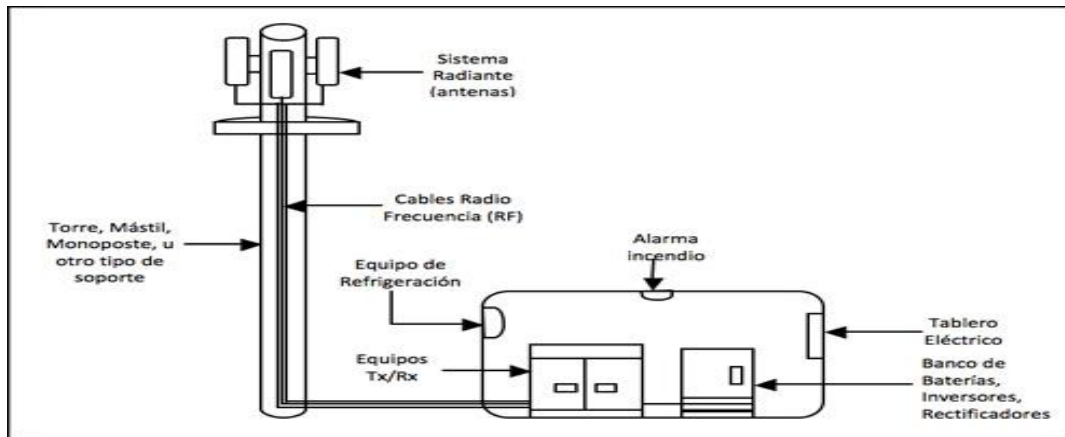


Figura 3.1 - Punto de Presencia con sus Equipos y Sistemas. (Subsecretaría de telecomunicaciones, 2018)

Los equipos y sistemas dentro de un punto de presencia cuentan con distintas características y funciones, pero en su conjunto permiten el buen funcionamiento de la red. Algunos de estos equipos pueden variar según las condiciones que se encuentren expuestos, pero por lo general existe relación entre sus funciones, es por esto que dentro de un punto de presencia se puede encontrar, Sistema Radiante, Equipo de Refrigeración, Equipos de RAN y Tx, Equipos Eléctricos, Equipo de Grupo generadores, Sistema de Chapas, no considerando dentro de este mantenimiento la infraestructura del punto, como lo es la torre, cabina de equipos o sistemas externos al perímetro del punto de presencia como lo pueden ser sistemas de anclajes, línea de media tensión, los cuales son considerados dentro de otro tipo de mantenimiento realizado por el área de infraestructura.

Modulo Sistema Radiante: El Sistema radiante o mejor conocido como antenas de telecomunicación se encuentra normalmente sobre una estructura, la cual puede ser una torre diseñada previamente para este fin o en la cornisa de un edificio, torres publicitarias o cualquier estructura en altura que le permita abarcar la mayor cantidad de superficie terrestre.

Modulo Equipos de Ran y Tx: Estos equipos se encuentran dentro de un gabinete protector, que permite proteger distintas conexiones utilizadas para interconectar la información proveniente de otros puntos o para emitir información hacia otros puntos de la red. A su vez este gabinete se encuentra dentro de un contenedor que procura el cuidado de los equipos de los robos y vandalismos.

Modulo Energía: El módulo de energía se encuentra dentro de un tablero eléctrico, con alimentación de corriente continua (CC) proveniente del tendido público y alterna (CA) proveniente de un banco de baterías.

Modulo Chapas: Este módulo contempla el acceso a los puntos de presencia, ya sea el acceso perimetral que es normalmente con candados o dentro del contenedor que protege los equipos el cual se realiza a través de Pin Pass.

Sistema de Clima: El sistema de clima cuenta con equipos de extracción o de recirculación de aire dentro de un gabinete, y en algunos casos según las condiciones puede contar con un sistema de aire acondicionado.

Grupos Electrógenos: Consiste en un equipo que a través de un motor de combustión interna alimenta el punto de presencia en caso de no contar con suministro eléctrico, ya sea por el corte del suministro o por la ausencia de tendido público en zonas alejadas del sector urbano.

3.2 Definición de Funciones

Modulo Sistema Radiante: La principal función del sistema Radiante es emitir o recibir las ondas de microondas que hacen posible la comunicación. Este normalmente se encuentra en altura, con el fin de abarcar la mayor cantidad de superficie terrestre posible. Además, como funciones secundarias se espera que tengan el menor impacto ambiental posible, un buen sistema de anclaje para evitar la caída de los equipos desde las alturas, una radiación adecuada a los estándares permitidos, menor impacto visual, además que permita una comunicación clara y fluida entre los puntos que de intentan conectar.

Modulo Equipos de RAN y Tx: Estos equipos son fundamentales para las comunicaciones, distribuyen la información que ingresa a través de los equipos RAN para posteriormente distribuir por los equipos Tx, ya sea a través de microondas o fibra óptica o interconectando ambos sistemas de distribución. Además, se espera que la distribución sea fluida y efectiva.

Sistema de Clima: También conocido como Equipos de clima, es el encargado de garantizar el funcionamiento adecuado bajo condiciones idóneas de los equipos, evitando sobre cargas de temperatura, que puedan dañar los equipos encargados de la transmisión de la telecomunicación, entre otras funciones también existe la posibilidad de reducir los cambios bruscos de temperatura.

Modulo Energía: El módulo de energía se encuentra dentro de un tablero eléctrico, con alimentación de corriente alterna proveniente del tendido público y corriente continua proveniente de un banco de baterías que funciona como respaldo en caso de que la anterior se vea interrumpida por alguna falla del sistema o algún inconveniente externo. Este módulo es

uno de los más relevante debido que tiene relación con todos los equipos existentes dentro de los PoP, siendo fundamental para el funcionamiento de la comunicación.

Modulo Chapas: La principal función del módulo de chapas es resguardar la seguridad y protección de los equipos y sistemas dentro de un punto de presencia, evitando vandalismos, hurto de equipos o intervención de terceras personas en los sitios. Además, permite controlar el acceso de los técnicos a los puntos evitando fallas por manipulación indebida de los equipos.

Grupos Electrógenos: La principal función de un grupo electrógeno es servir como respaldo energético en caso de la caída del suministro eléctrico, corte de cables de media tensión externos o internos. Aunque en algunas ocasiones son el principal suministro energético en sectores donde no existe suministro eléctrico a través de una línea de postes de media tensión o sistemas

Desmalezado: La principal función del desmalezado de PoP tiene relación con el cuidado de las condiciones físicas del entorno de los equipos, evitando caídas de elementos o acumulación de humedad que puedan dañar los equipos.

3.2.1 Contexto Operacional

Se puede definir como contexto operacional a aquella condición y características del medio físico y administrativo, que influyen de manera directa sobre el funcionamiento, la operación y el mantenimiento del activo físico. Este también genera un impacto en los modos de fallas, en los efectos de las fallas y sus consecuencias. Para el caso en estudio serán considerados nueve factores que se detallarán a continuación,

Factores Climáticos: Por las características físicas del entorno de los puntos de presencia, este es uno de los factores más relevantes, primero porque se debe considerar las distintas zonas climáticas con las que cuenta Chile, partiendo por el norte con sus altas temperaturas de día pasando a temperaturas muy bajas de noche, además de su ambiente húmedo en la cordillera producto de la nieve, seco en el valle y húmedo en la costa producto de la camanchaca. Por otra parte, en la zona Sur se puede encontrar altos niveles de humedad por las constantes lluvias, bajas temperaturas y viento de alta velocidad en invierno. Segundo por qué se debe considerar la estación del año, ya sea invierno, otoño, verano o primavera, debido a las dificultades que pueda significar realizar el mantenimiento en condiciones no adecuadas tanto para los equipos como para los operarios.

Factores Geográficos: Chile es un país con una variada geografía, en su zona norte cuenta con un desierto extenso, con una gran distancia entre puntos, amplias planicies y pequeñas montañas, en cambio la zona centro cuenta con 2 cordilleras empinadas rodeadas de quebradas, para finalmente considerar la zona sur que cuenta con gran cantidad de montañas, un archipiélago plagado de pequeñas islas y caminos no pavimentados. Este factor sumado al factor climático es el principal problema de la planificación del mantenimiento, debido a los altos costos de no poder realizar los mantenimientos o los riesgos de seguridad de los equipos y operarios.

Normas y Reglas: Las empresas de telecomunicaciones se encuentran reguladas por la Subsecretaría de telecomunicaciones, perteneciente al ministerio de transporte y telecomunicaciones de Chile, el cual exige un mínimo técnico para el funcionamiento de la red de telecomunicaciones en caso de acontecimientos catastróficos a los cuales Chile

normalmente se ve enfrentado. Este mínimo técnico considera una estructura que atraviesa los sectores más importantes de país, permitiendo la comunicación autónoma por un mínimo de 48 horas luego del acontecimiento.

Tipo de Proceso: El proceso de las telecomunicaciones en un proceso continuo, debido principalmente a que algunos clientes, ya sea bancos, centros comerciales, centro de salud o de estudios, requieren de una conexión constante para no ver mermado sus servicios, por otra parte, los usuarios de telefonía móvil e internet demandan una comunicación continua y fluida.

Redundancias: Las redes de telecomunicaciones deben contar con un respaldo constante para no ver mermado su continuidad en la comunicación, debido a que no cuentan con alternativas directas que permitan no ver interrumpido el proceso de comunicación. Aun que se busca que las zonas relevantes cuenten con más de alguna alternativa de cobertura que minimice el impacto en caso de caída del servicio.

Estándares de calidad: Los estándares de calidad son importantes para la comunicación efectiva, en la actualidad son medidos por la subsecretaría de telecomunicaciones quien entrega informes mensuales de indicadores considerados importantes al momento de realizar una llamada como lo es el número de llamadas establecidas y finalizadas con éxito.

Estándares Medio Ambientales: La organización Mundial de la Salud ha estudiado por muchos años los efectos de las antenas de telecomunicaciones sobre la salud de las personas y ha descartado hasta ahora la existencia de daños relacionados con las ondas emitidas por estas. Sin embargo, de forma precautoria ha sugerido a los diversos países que establezcan normas para delimitar la potencia de las antenas, con la finalidad de que las emisiones de ondas radioeléctricas sean bajas y seguras evitando cualquier posible problema de salud de las

personas. En el caso de Chile la norma establece un límite en promedio 10 veces menor a las recomendadas por la Organización Mundial de la Salud y hasta 100 veces más abajo que países desarrollados como lo es Estados Unidos.

La ley de antenas, entrada en vigencia y dictada por la SUBTEL el año 2008, declara el principio precautorio de la salud como obligación legal, es por esto que se delimitaron áreas sensibles cubiertas por una doble protección, primero limitando la proximidad de las torres construidas cercana a un área sensible y segundo disminuyendo las emisiones electromagnéticas acumuladas dentro de estas mismas zonas. Entre estas áreas sensibles se pueden encontrar Hospitales, consultorios, Escuelas, jardines infantiles, hogares de ancianos y otras zonas que cumplan con la definición especificada por la SUBTEL.

Riesgo de Seguridad: Los riesgos de seguridad al momento de realizar los mantenimientos son considerables, debido a que en primera instancia para realizar mantenimiento de sistema radiante se debe acceder a las antenas ubicadas en alturas, donde muchas veces se debe escalar por estructuras de más de 12 metros de alto, con vientos y humedad ambiente lo que implica un alto riesgo para los técnicos. Otro factor importante es el riesgo de electrocución al momento de realizar el mantenimiento de energía, considerando que se trabaja con conexiones de 220 Volt. Además, se debe considerar que muchos de los sitios móviles se encuentran en sectores aislados imposibilitando la posibilidad de acceder de manera inmediata a centros asistenciales.

Otro problema de la ubicación de los sitios móviles es el difícil acceso, donde en ocasiones se debe acceder a través de sectores de difícil acceso en condiciones poco adecuadas.

Límites de Uso: La realización del mantenimiento es programado previamente, con la finalidad de contar con todos los elementos necesarios para realizar el proceso, y en el caso de surgir la necesidad de realizar una tarea distinta no programada se puede contar con la limitante de los insumos o de repuestos, lo que implicaría realizar una nueva tarea. Otra limitante existente es las dificultades de acceder con muchos equipos a sectores de accesibilidad limitada.

Tiempo de reparación: El tiempo destinado a la reparación de los equipos es variado, debido a que dependen de las condiciones de estos, ya sea por distancia, condiciones de acceso, requerimiento de andamios en caso de trabajos en altura. Aunque se espera que el tiempo de respuesta para puntos de alta importancia sea de 4 horas y para los menos importantes en un máximo de 24 horas.

Repuestos: En el caso de ser requeridos repuestos, deben ser solicitados a la empresa que presta servicios tecnológicos, en este caso es Ericsson, quienes por contrato deben entregar un nuevo equipo y encargarse de la reparación del otro, además los operarios son los encargados de determinar las necesidades especiales al momento de cambiar el repuesto ya sea por la necesidad de andamios u otros requerimientos según las condiciones físicas de los Puntos de Presencia.

Demanda del mercado: La demanda es importante al momento de determinar que mantener o cuando mantener, debido a que la mano de obra es limitada, se debe categorizar según importancia o nivel de demanda los variados puntos, de modo de poder discriminar uno sobre otro al momento y aumentar la eficiencia.

3.2.2 Clasificación de Equipos y Sistemas

Luego de conocer las características y funciones de los equipos, además de su contexto operacional, es posible clasificar los equipos y sistemas de modo tal que sea posible realizar las labores de mantenimiento necesarias de la manera más adecuada y disminuyendo los costos asociados al proceso de manutención, ya sea por costos de movilización, tiempo y mano de obra o insumos requeridos.

Debido a todo lo anteriormente mencionado se determina clasificar el mantenimiento en cuatro grupos principales, más un grupo de chapas que forma parte de los grupos anteriores, como lo muestra la figura 4.2.

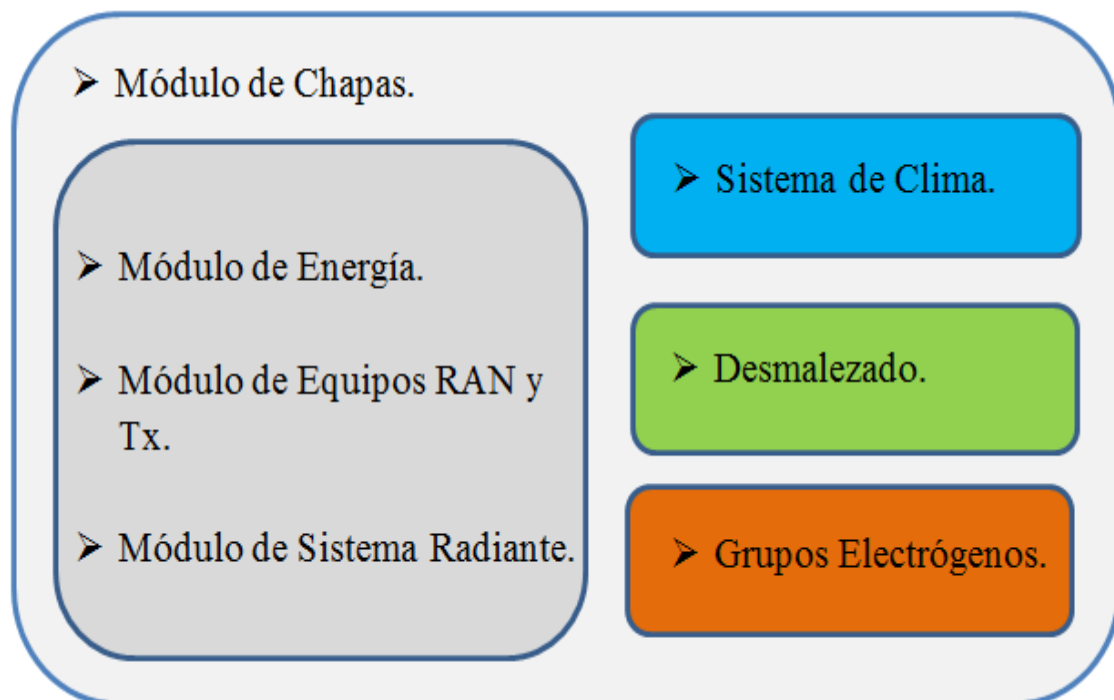


Figura 3.2 - Clasificación del Mantenimiento de los Puntos de Presencia. Elaboración propia.

Mantenimiento Preventivo de PoP: Este mantenimiento agrupa tres módulos principales, Energía, Equipos de RAN y Tx y Sistema Radiante, estos son los de mayor importancia debido a que sin ellos no es posible la existencia del punto dentro de la red, es por esto que se deben considerar dentro de un mismo mantenimiento. Además, consideramos el mantenimiento preventivo de chapas como un mantenimiento independiente, pero debido a su importancia al momento de acceder a los PoP, se considerará al momento ejecutar cualquiera de los mantenimientos ya clasificados.

Mantenimiento Preventivo de Sistema de Clima: Este módulo es considerado como un mantenimiento distinto debido a que no todos los puntos cuentan con equipos de climas, además es necesario contar con técnicos que tengan conocimiento en el mantenimiento del sistema de aire acondicionado y la carga del gas refrigerante.

Mantenimiento Preventivo de Grupos Electrónicos: Al igual que el mantenimiento anterior no todos los PoP cuentan con grupo de respaldo, siendo sólo los puntos de Red Mínima, puntos importantes para la conectividad de la red o sin acceso a tendido público de energía los que cuentan con un grupo generador, es por esto que debe ser considerado como un mantenimiento distinto a los anteriores.

Mantenimiento Preventivo de Desmalezado: La limpieza del espacio terrestre donde se encuentra ubicado el punto de presencia es fundamental para la conservación de los equipos, evitando la humedad, oxidación, ingreso de roedores, o que en el caso de necesitar ingresar al punto algún operario sufra algún accidente por las condiciones inadecuadas.

Mantenimiento Preventivo de Chapas: Este mantenimiento implica realizar un reacondicionamiento del mecanismo del sistema de ingreso, candados, Pin Pass, limpiando y lubricando los componentes.

3.3 Fallas Funcionales

Las organizaciones adquieren activos físicos con la intención de que estos realicen alguna tarea determinada y cuando esto no es posible surge el concepto de falla funcional que tiene relación con la manera en que el activo físico no satisface la función que se espera que este cumpla, es decir es el no cumplimiento de su función principal ya sea total o parcial.

“Se define “falla” como la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga.” (Moubray, 2004)

Interpretando esta definición se puede inferir que falla es el estado final de un activo que no cumple la función esperada, por ende, modo de falla son las causas que llevan el activo a esta situación final.

3.3.1 Indicadores

En términos generales, un indicador es una herramienta de gestión que es utilizada dentro de las empresas y permite obtener información relevante sobre la condición actual en la que se encuentra ésta. Para el caso particular de este trabajo, se pueden encontrar distintos indicadores que sirven de ayuda para definir las medidas preventivas o correctivas que se puedan realizar.

En relación al mantenimiento, en la actualidad se utilizan indicadores que sirven de ayuda para controlar y medir el impacto del mantenimiento preventivo, estos son:

$$\text{Esfuerzo preventivo} = \frac{\text{cantidad de tareas preventivas por mes}}{\text{cantidad total de tareas por mes}}$$

Este indicador, es utilizado para controlar el esfuerzo destinado al mantenimiento preventivo mensual, en comparación a mantenimientos correctivos, instalaciones u otras tareas.

$$\text{Cumplimiento} = \frac{\text{Cantidad planificada de mantenimiento preventivo por mes} + o - \text{Saldo mes anterior}}{\text{Metas de mantenimiento preventivo por mes}}$$

Este indicador, es de utilidad para identificar el cumplimiento de la meta mensual, de modo de controlar los márgenes previamente determinados en el plan anual y el porcentaje de avance de este.

A su vez, existen otros indicadores relacionados al mantenimiento correctivo, tiempo de atención de fallas y visitas a los PoP. Estos son:

$$\text{Esfuerzo Correctivo} = \frac{\text{Cantidad de tareas Correctivas por mes}}{\text{Cantidad Total de tareas por mes}}$$

Este indicador mide la cantidad de mantenimientos correctivos en comparación a las otras tareas.

$$\textit{Tiempo atención falla} = \frac{\textit{Hora final de atencion falla}}{\textit{Hora inicial atencion falla}}$$

Este indicador, sirve para controlar el tiempo que demora realizar la reparación de las fallas, y conocer si se actúa dentro de los rangos previamente acordados, el cual es un máximo de 4 horas desde que se comienza a atender la falla. Este indicador, busca que los Team no superen el tiempo de relación de la falla, para aprovechar al máximo la fuerza laboral.

$$\textit{Visitas por mantenimiento} = \frac{\textit{Cantidad de visitas por mantenimiento}}{\textit{Cantidad de visitas totales a los POP}}$$

Este indicador, cuantifica la cantidad de visitas realizadas a un mismo PoP, ya sea para realizar un mantenimiento preventivo o correctivo dentro de un mismo año. Este, permite controlar el número de visitas para posteriormente identificar el por qué.

3.3.2 Relación histórica de fallas.

Según información obtenida el año 2017 con el plan de mantenimiento preventivo actual, en los puntos de presencia donde menor cantidad de mantenimientos preventivos se realizó, fue donde mayores mantenimientos correctivos se realizaron y a la vez donde mayor cantidad de mantenimientos preventivos se realizaron fue donde menos correctivos se tuvieron que realizar. En las tablas y sus respectivos gráficos, que se muestran a continuación se puede observar el comportamiento de los diez puntos con mayor cantidad de mantenimiento correctivo y su relación con el mantenimiento preventivo, y también los diez puntos con mayor cantidad de mantenimiento preventivos y su relación con el mantenimiento correctivo,

esto para los tres mantenimientos más relevantes en el proceso, es decir para, Sistema RAN y Tx, Energía y finalmente clima.

Tabla 3.1

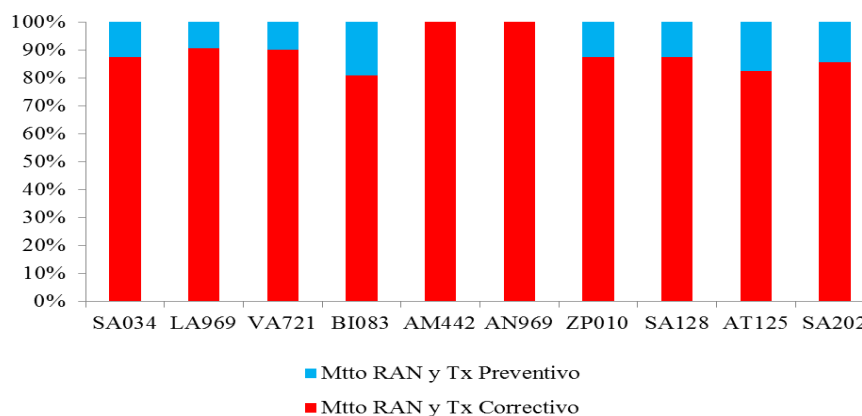
Diez de los PoP con mayor cantidad de Tareas Correctivas de RAN y Tx.

PoP	Región	Comuna	CRM	Mtto RAN y Tx Correctivo	Mtto RAN y Tx Preventivo
SA034	RM	Quilicura	Metropolitano	21	3
LA969	XIV	Panguipulli	Austral	19	2
VA721	V	Valparaiso	Centro Norte	18	2
BI083	VIII	Ranquil	Sur	17	4
AM442	RM	Santiago	Metropolitano	15	0
AN969	II	Antofagasta	Norte	15	0
ZP010	XII	Punta Arenas	Austral	14	2
SA128	RM	Talagante	Metropolitano	14	2
AT125	III	Copiapó	Centro Norte	14	3
SA202	RM	Lo Espejo	Metropolitano	12	2

Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Grafico3.1

Diez de los PoP con mayor cantidad de Tareas Correctivas de RAN y Tx.



Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Tabla 3.2

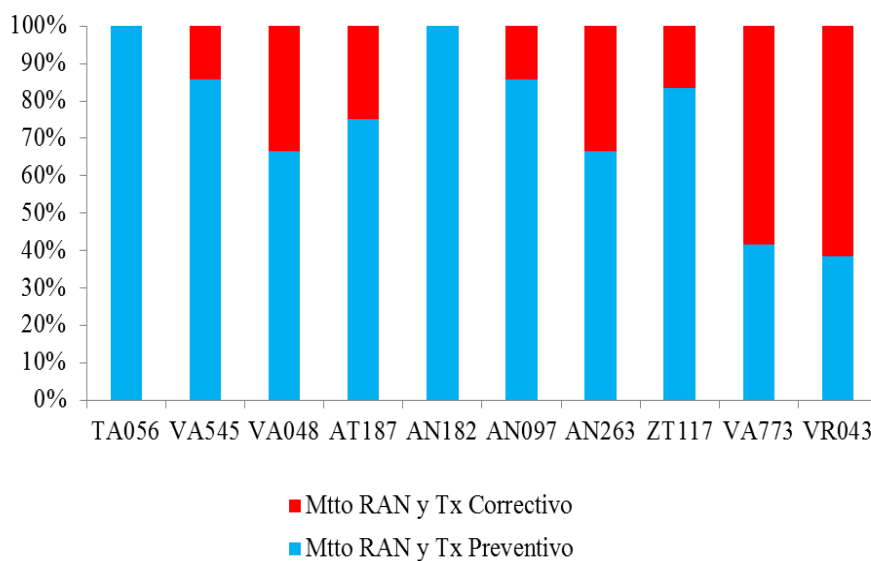
Diez de los PoP con mayor cantidad de Tareas Preventivas de RAN y Tx.

PoP	Región	Comuna	CRM	Mtto RAN y Tx Preventivo	Mtto RAN y Tx Correctivo
TA056	I	Iquique	Norte	6	0
VA545	V	Quilpue	Centro Norte	6	1
VA048	V	Viña del Mar	Centro Norte	6	3
AT187	III	Copiapó	Centro Norte	6	2
AN182	II	Antofagasta	Norte	6	0
AN097	II	Antofagasta	Norte	6	1
AN263	II	Antofagasta	Norte	6	3
ZT117	I	Iquique	Norte	5	1
VA773	V	San antonio	Centro Norte	5	7
VR043	V	Puchuncavi	Centro Norte	5	8

Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Grafico3.2

Diez de los PoP con mayor cantidad de Tareas Preventivas de RAN y Tx.



Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Tabla 3.3

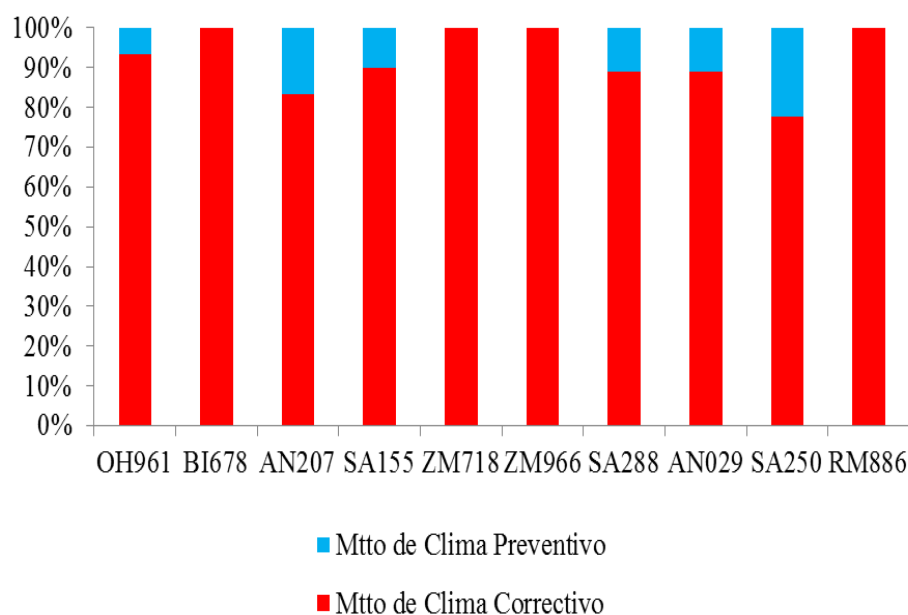
Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Correctivo de Equipos de Clima.

PoP	Región	Comuna	CRM	Mtto de Clima Correctivo	Mtto de Clima Preventivo
OH961	VI	Las Cabras	Centro Sur	14	1
BI678	VIII	Concepcion	Sur	11	0
AN207	II	Calama	Norte	10	2
SA155	RM	Santiago	Metropolitano	9	1
ZM718	RM	Santiago	Metropolitano	8	0
ZM966	RM	Santiago	Metropolitano	8	0
SA288	RM	Santiago	Metropolitano	8	1
AN029	II	Antofagasta	Norte	8	1
SA250	RM	Santiago	Metropolitano	7	2
RM886	RM	Santiago	Metropolitano	7	0

Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Grafico 3.3

Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Correctivo de Equipos de Clima.



Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Tabla 3.4

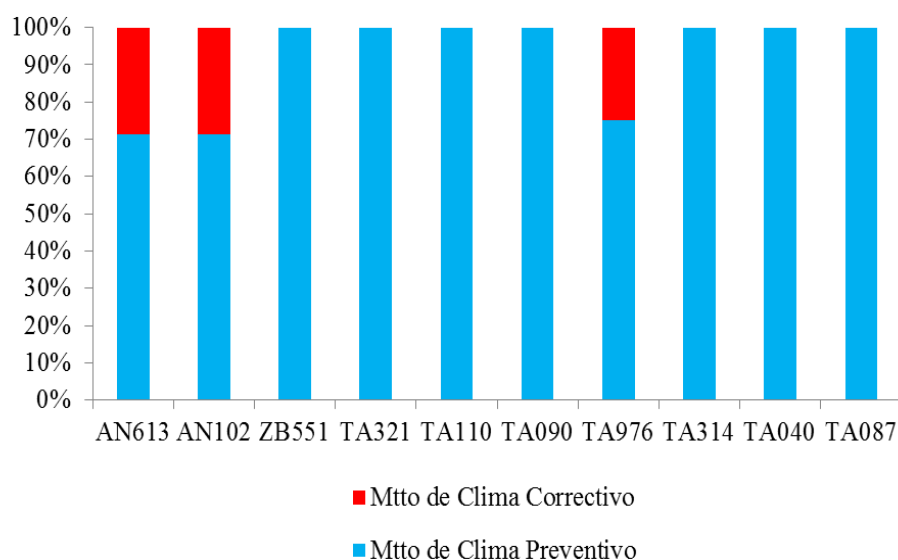
Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Preventivas de Equipos de Clima.

PoP	Región	Comuna	CRM	Mtto de Clima Preventivo	Mtto de Clima Correctivo
AN613	II	Antofagasta	Norte	5	2
AN102	II	Antofagasta	Norte	5	2
ZB551	VIII	Mulchen	Sur	3	0
TA321	I	Iquique	Norte	3	0
TA110	I	Iquique	Norte	3	0
TA090	I	Iquique	Norte	3	0
TA976	I	Iquique	Norte	3	1
TA314	I	Iquique	Norte	3	0
TA040	I	Iquique	Norte	3	0
TA087	I	Iquique	Norte	3	0

Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Grafico 3.4

Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Preventivo de Equipos de Clima.



Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Tabla 3.5

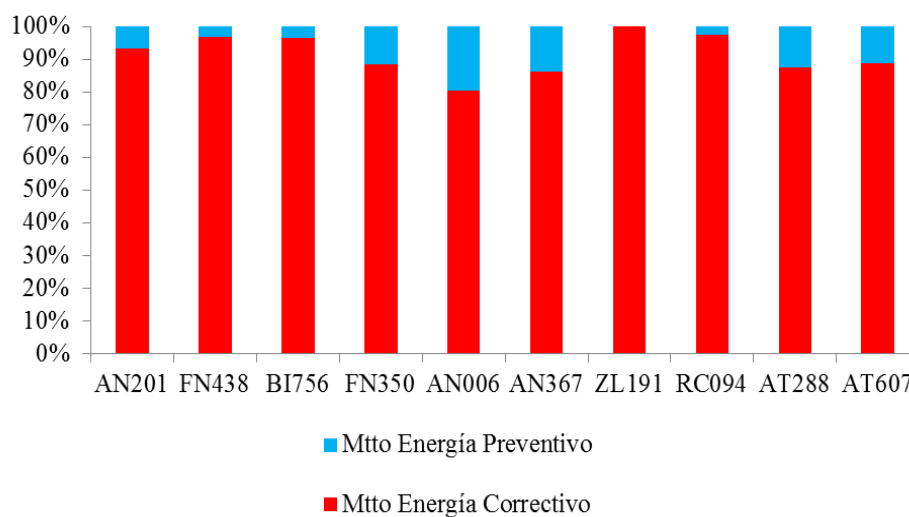
Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Correctivo de Energía.

PoP	Región	Comuna	CRM	Mtto Energía Correctivo	Mtto Energía Preventivo
AN201	II	Antofagasta	Norte	69	5
FN438	V	Valparaíso	Centro Norte	59	2
BI756	VIII	Penco	Sur	53	2
FN350	III	Huasco	Norte	46	6
AN006	II	Antofagasta	Norte	45	11
AN367	II	Antofagasta	Norte	44	7
ZL191	XIV	Valdivia	Austral	38	0
RC094	IV	Canela	Centro Norte	37	1
AT288	II	Antofagasta	Norte	35	5
AT607	II	Antofagasta	Norte	32	4

Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Grafico 3.5

Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Correctivo de Energía.



Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Tabla 3.6

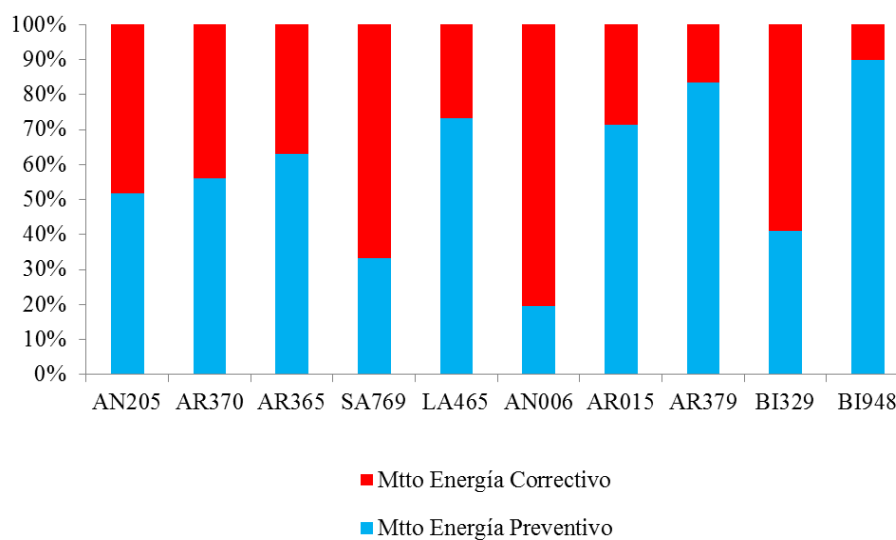
Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Correctivo de Energía.

PoP	Región	Comuna	CRM	Mtto Energía Preventivo	Mtto Energía Correctivo
AN205	II	Antofagasta	Norte	14	13
AR370	IX	Lautaro	Sur	14	11
AR365	IX	Pitrufquen	Sur	12	7
SA769	RM	Santiago	Metropolitano	11	22
LA465	X	Llanquiue	Austral	11	4
AN006	II	Antofagasta	Norte	11	45
AR015	IX	Pucon	Sur	10	4
AR379	IX	Loncoche	Sur	10	2
BI329	VIII	Arauco	Sur	9	13
BI948	VIII	Arauco	Sur	9	1

Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

Grafico 3.6

Diez de los PoP con mayor cantidad de tareas Preventivo de Energía.



Nota: Elaboración Propia. Según información entregada por el área de mantenimiento.

3.4 Análisis de Modo y Efecto de Falla.

Luego de identificar las funciones de los equipos existentes dentro de un punto de presencia, junto con definir los objetivos del mantenimiento de equipos y sistemas, es necesario identificar los modos de fallas que causan cada falla funcional, y determinar los efectos de las fallas asociados a cada uno de los modos de fallas. Esto se debe realizar a través de un análisis de modos y efecto de fallas.

La manera más adecuada de diferenciar la conexión y diferencia que existe en los estados de fallas, además de los acontecimientos que podrían causar dicha falla, es identificando previamente a través de un listado las fallas funcionales más recurrentes con los respectivos modos de fallas que dan origen a esta, como lo muestra la Figura 3.3

Tipo de Mantenimiento			
Sistema	Subsistema /Equipo	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)
<i>Nombre Sistema</i>	<i>Nombre Subsistema</i>	<i>Falla A</i>	<i>Causa 1 de la Falla A</i>
			<i>Causa 2 de la Falla A</i>
			<i>Causa 3 de la Falla A</i>
		<i>Falla B</i>	<i>Causa 1 de la Falla B</i>
	<i>Causa 2 de la Falla B</i>		
	<i>Nombre Equipo</i>	<i>Falla A</i>	<i>Causa 1 de la Falla A</i>
			<i>Causa 2 de la Falla A</i>
			<i>Causa 3 de la Falla A</i>
<i>Causa 4 de la Falla A</i>			
		<i>Falla B</i>	<i>Causa 1 de la Falla B</i>

Figura 3.3 - Hoja de decisión para el Análisis Modo de Falla. (Moubray, 2004)

En la columna llamada modo de fallas debe contener idealmente un sustantivo y un verbo, con la finalidad de que la descripción sea lo suficientemente detallada para seleccionar la estrategia adecuada, pero no como para perder tiempo en el proceso de análisis. Los verbos utilizados deben ser muy cuidadosamente seleccionados, ya que tienen una gran influencia es

las acciones posteriormente efectuada para resolver la falla, además disminuye la probabilidad de error de los técnicos de mantenimiento, evitando incurrir en gastos innecesarios o pérdida de tiempo en labores no adecuadas para resolver la causa raíz del problema.

El mantenimiento más importante es el mantenimiento preventivo de PoP, debido a que presenta las fallas de mayor relevancia para la continuidad del servicio. Es por esto que se debe realizar un análisis de modo y efecto de falla como lo muestra la Figura 3.4.

Mantenimiento Preventivo de PoP			
Sistema	Subsistema /Equipo	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)
Punto de Presencia	Energía	Pérdida de Suministro de CA	Cables Cortados dentro del Pop
			Cables Cortados en el exterior del PoP
			Cables Quemados
			Explosión del transformador
			Deterioro del empalme
		Desconexión del tablero	
		Pérdida de Suministro de CC	Sobrecalentamiento de las baterías.
			Conexiones Seltas de terminales y celdas
			Envejecimiento de la batería
			Rectificador quemado
	Rack deteriorado		
	Falta de seguridad por deterioro de la estructura	Elementos Sucios	
		Contenedor Vandalizado	
		Elementos oxidados	
	Sistema Radiante	Pérdida de servicio	Desajuste conector de energía
			Corte de alimentación de energía
			Corte de fibra óptica
			Desconfiguración de la RRU
		Deterioro de la antena	
		Pérdida Parcial del servicio	RRU intermitente
Antena suelta			
Sellos de conectores quemados			
Equipos de Ran y Tx	Incapaz de recepcionar o transmitir información	Sobrecalentamiento de los equipos.	
		Error de configuración	
		Desconexión de cables dentro del contenedor	

Figura 3.4 – Hoja de decisión del Mantenimiento de PoP, con los modos de fallas.

Elaboración Propia.

La hoja de Información del Mantenimiento de Clima representada en la Figura 3.5, considera dos tipos de equipos, equipos de aire acondicionado y ventiladores o también conocido en la organización como clima gabinete.

Mantenimiento Preventivo de Sistema de Clima			
Sistema	Subsistema /Equipo	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)
Sistema de Clima	Aire Acondicionado	Incapaz de arrancar	Cables Quemados
			Cables de energía Cortados
			Corto circuito en el compresor
			Corte de mangas de ventilación
			Salta el diferencial
			Motor trancado
			Motor quemado
	Incapaz de controlar la temperatura	El compresor no se detiene	
		Falta de gas refrigerante	
		Aumento de la carga por falta de limpieza	
		Pérdida de liquido refrigerante	
	Ventiladores	Incapaz impulsar viento	Desajuste conector de energía
			Corte de alimentación de energía
			Aumento de la carga por falta de limpieza
Cables Quemados			
Cables de energía Cortados			

Figura 3.5 – Hoja de decisión del Mantenimiento de Clima, con los modos de fallas.

Elaboración Propia.

El sistema de respaldo de un punto de presencia es fundamental para evitar la caída de este en la red, por ende, es fundamental realizar un análisis de las fallas funcionales que estos presenten, como se puede observar en la Figura 3.6.

Mantenimiento Preventivo de Grupos Electr6genos			
Sistema	Subsistema /Equipo	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)
Sistema de Respaldo	Grupo generador	Incapaz de arrancar	Cables de energí Cortados
			Cables Quemados
			Corto circuito
			Corte de Correas
			Desgaste de bujía
			Falta de combustible
			Motor de arranque no gira
			Combustible vencido o contaminado
			Motor Trancado
		Incapaz de generar el voltaje necesario	Aumento de la carga por falta de limpieza
			Falla de alternador
			Corte de mangas de ventilaci6n
			El motor de detiene
			Humo del sistema de escape
			Aceite
			Pérdida de potencia
Motor caliente			
Falta de gas refrigerante			

Figura 3.6 – Hoja de decisi6n del Mantenimiento de Grupos Electr6genos, con los modos de fallas. Elaboraci6n Propia.

Para minimizar los riesgos de seguridad es importante realizar un correcto análisis de los elementos físicos externos a los contenedores, ya sea en el interior del punto de presencia o en su perímetro, esto esperando disminuir las fallas consideradas en la Figura 3.7.

Mantenimiento Preventivo de Desmalezado		
Sistema	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)
Desmalezado	Obstrucci6n de acceso al PoP	Maleza excesiva
		Caídas de ramas y arboles
	Obstrucci6n de acceso al Contenedor	Maleza excesiva
		Caídas de ramas y arboles
		Presencia de roedores
		Presencia de Escombros
		Oxidaci6n por humedad

Figura 3.7 – Hoja de informaci6n del Mantenimiento de Desmalezado, con los modos de fallas. Elaboraci6n Propia.

3.5 Consecuencia de fallas

Cuando ocurre una falla en algún activo físico afecta de una u otra manera al a organización que lo utiliza, ya sea a nivel de producción, calidad del producto o en la atención del cliente, pero por otra parte existen otros riesgos, como lo es la de seguridad de los operarios o del medio ambiente. Además, se incrementan los costos operativos al aumentar el consumo energético y de mano de obra. Por otra parte, otras fallas que aparentemente no tienen efecto alguno en el caso de ocurrir por sí sola, pero finalmente terminan siendo un riesgo para la organización debido a que la exponen a una falla mucho más seria.

Si cualquiera de las fallas anteriormente identificadas no es prevenida, el tiempo y esfuerzo necesario para repararla afecta directamente a la organización, debido a que utiliza recursos que pueden ser destinados a otras funciones.

Este punto tiene como objetivo responder las últimas tres preguntas del mantenimiento centrado en confiabilidad, que tienen relación con la importancia de las fallas, el cómo prevenir su ocurrencia y que se debe hacer en el caso de no poder realizar tareas proactivas.

Categoría de fallas evidentes

Este tipo de falla proviene de una de las funciones del equipo ya sea primaria o secundaria, y es denominada evidente debido a que es inevitable para los operarios la existencia de esta falla en circunstancias normales.

Consecuencias para la Seguridad y el Medio Ambiente

Para toda organización la seguridad de sus trabajadores y la del medio ambiente debe ser tanto o más importante de los estándares de producción, debido a esto se debe plantear la seguridad ante todo. Por otra parte, si existen consecuencias ambientales y estas se deben

evitar considerando que el hecho de infringir normativas legales puede significar multas corporativas, regionales, nacionales o hasta internacionales.

Consecuencia Operacional

Una falla es considerada como consecuencia operacional si producto de esta se ve afectada la producción o las operaciones, disminuyendo el volumen de ventas, la calidad del producto o servicio, por otra parte, significa un incremento en los costos operacionales y el costo de reparación.

Consecuencia No Operacional

Las fallas que caen dentro de esta categoría no afectan a la seguridad de los operarios, al medio ambiente, ni al volumen de producción o a la calidad del producto, pero si tienen un costo asociado a la reparación.

Luego de identificar las principales fallas funcionales y sus respectivos modos de fallas es necesario identificar los efectos que esta falla tienen para los sistemas, equipos o para la organización. Para esto se suma una nueva columna dentro de la hoja de información.

Cada equipo tiene una función determinada y el usuario espera que cumpla está en perfectas condiciones, pero a su vez es consciente de que existen diversas causas que pueden llevar al elemento a entrar en un estado de falla funcional, por ende, es importante que este determine los efectos de las fallas según las diferentes causas que las puedan provocar. Esto se realiza en una hoja de información como lo muestra la Figura 3.8

Tipo de Mantenimiento				
Sistema	Subsistema /Equipo	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)	Efectos de falla
Nombre Sistema	Nombre Subsistema	Falla A	Causa 1 de la Falla A	Efecto de falla causa 1
			Causa 2 de la Falla A	Efecto de falla causa 2
			Causa 3 de la Falla A	Efecto de falla causa 3
		Falla B	Causa 1 de la Falla B	Efecto de falla causa 1
			Causa 2 de la Falla B	Efecto de falla causa 2
			Causa 3 de la Falla B	Efecto de falla causa 3
	Nombre Equipo	Falla A	Causa 1 de la Falla A	Efecto de falla causa 1
			Causa 2 de la Falla A	Efecto de falla causa 2
			Causa 3 de la Falla A	Efecto de falla causa 3
			Causa 4 de la Falla A	Efecto de falla causa 4
		Falla B	Causa 1 de la Falla B	Efecto de falla causa 1

Figura 3.8 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla, con los modos de fallas. (Moubray, 2004)

Complementando la información de las tablas diseñadas para el mantenimiento se incorpora los respectivos efectos que conlleva la ocurrencia de una falla por sus respectivas causas. Como se puede evidenciar en las siguientes figuras a continuación.

Mantenimiento Preventivo de Pop						
Sistema	Subsistema /Equipo	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)	Efectos de Falla		
Punto de Presencia	1 Energía	A Pérdida de Suministro de CA	1 Cables Cortados dentro del Pop	Corte de suministro eléctrico, activar respaldo		
			2 Cables Cortados en el exterior del Pop	Corte de suministro eléctrico, activar respaldo		
			3 Cables Quemados	Riesgo de seguridad - Riesgo de incendio		
			4 Explosión del transformador	Corte de suministro eléctrico, activar respaldo		
			5 Deterioro del empalme	Riesgo de seguridad - Riesgo de incendio		
			6 Desconexión del tablero	Corte de suministro eléctrico, activar respaldo		
	B Pérdida de Suministro de CC	1 Sobrecalentamiento de las baterías:	Riesgo de seguridad - Riesgo de incendio			
		2 Conexiones Sueltas de terminales y celdas	Corte de suministro eléctrico, caída del sitio			
		3 Envejecimiento de la batería	Menor tiempo de respaldo, caída del sitio			
		4 Rectificador quemado	Corte de suministro eléctrico, caída del sitio			
		5 Rack deteriorado	Riesgo de seguridad			
		1 Elementos Sucios	Riesgo de seguridad			
	C Falta de seguridad por deterioro de la estructura	2 Contenedor Vandalizado	Riesgo de Seguridad de los Equipos			
		3 Elementos oxidados	Riesgo de seguridad			
		1 Desajuste conector de energía	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio			
		2 Corte de alimentación de energía	Caída del sitio			
		3 Corte de fibra óptica	Caída del sitio			
		4 Desconfiguración de la RRU	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio			
2 Sistema Radiante:	A Pérdida de servicio	5 Deterioro de la antena	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio			
		1 RRU intermitente	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio			
		2 Antena suelta	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio			
		3 Sellos de conectores quemados	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio			
		1 Sobrecalentamiento de los equipos:	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio			
		2 Error de configuración	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio			
3 Equipos de Ran y Tx.	A Incapaz de recibir o transmitir información	3 Desconexión de cables dentro del conector	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio			

Figura 3.9 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de Pop, con los efectos de fallas. Elaboración Propia.

Mantenimiento Preventivo de Sistema de Clima							
Sistema	Subsistema /Equipo		Falla Funcional (Pérdida de Función)		Modo de Falla (Causa de la Falla)		Efectos de falla
Sistema de Clima	1	Aire Acondicionado	A	Incapaz de arrancar	1	Cables Quemados	Riesgo de seguridad - Riesgo de incendio
					2	Cables de energía Cortados	Riesgo de seguridad - Sistema No Funciona
					3	Corto circuito en el compresor	Sistema de Clima No Funciona
					4	Corte de mangas de ventilación	No elimina el aire caliente
					5	Salta el diferencial	Sistema de Clima No Funciona
					6	Motor trancado	Sistema de Clima No Funciona
					7	Motor quemado	Sistema de Clima No Funciona
	2	Ventiladores	A	Incapaz de controlar la temperatura	1	El compresor no se detiene	Ruidos Molestos, sobre carga
					2	Falta de gas refrigerante	El sistema No baja la temperatura
					3	Aumento de la carga por falta de limpieza	Sobre Carga electrica
					4	Pérdida de liquido refrigerante	Riesgo de Seguridad
	2	Ventiladores	A	Incapaz Recircular el Aire	1	Desajuste conector de energía	Funcionamineto Intermitente
					2	Corte de alimentación de energía	No Funciona
					3	Aumento de la carga por falta de limpieza	Sobre Carga electrica
					4	Cables Quemados	Riesgo de seguridad
5					Poca Fuerza de giro	El sistema No baja la temperatura	

Figura 3.10 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de Clima, con los efectos de fallas. Elaboración Propia.

Mantenimiento Preventivo de Grupos Electr6genos							
Sistema	Subsistema /Equipo		Falla Funcional (Pérdida de Función)		Modo de Falla (Causa de la Falla)		Efectos de falla
Sistema de Respaldo	1	Grupo generador	A	Incapaz de arrancar	1	Cables de energía Cortados	Riesgo de seguridad - Sistema No Funciona, caída del sitio
					2	Cables Quemados	Riesgo de seguridad
					3	Corto circuito	Riesgo de seguridad - Sistema No Funciona, caída del sitio
					4	Corte de Correas	Sistema No Funciona, caída del sitio
					5	Desgaste de bujía	Intermitencia al arrancar
					6	Falta de combustible	Sistema No Funciona, caída del sitio
					7	Motor de arranque no gira	Sistema No Funciona, caída del sitio
					8	Combustible vencido o contaminado	Intermitencia al arrancar
					9	Motor Trancado	Sistema No Funciona
	1	Grupo generador	B	Incapaz de generar el voltaje necesario	1	Aumento de la carga por falta de limpieza	Sobrecalentamiento
					2	Falla de alternador	Voltaje Intermitente
					3	Corte de mangas de ventilación	Sobrecalentamiento
					4	El motor de detiene	Caída del sitio
					5	Humo del sistema de escape	Riesgo de seguridad
					6	Aceite contaminado	Riesgo de seguridad
					7	Perdida de potencia	Voltaje Intermitente
					8	Motor caliente	Sobrecalentamiento
					9	Falta de gas refrigerante	El sistema No baja la temperatura

Figura 3.11 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de Grupos Electr6genos, con los efectos de fallas. Elaboración Propia.

Mantenimiento Preventivo de Desmalezado							
Sistema		Falla Funcional (Pérdida de Función)		Modo de Falla (Causa de la Falla)		Efectos de falla	
Desmalezado	1	A	Obstrucción de acceso al PoP	1	Maleza excesiva	Riesgo de seguridad	
		B		2	Caidas de ramas y arboles	Riesgo de seguridad	
		A	Obstrucción de acceso al Contenedor	1	Maleza excesiva	Riesgo de seguridad	
		B		2	Caidas de ramas y arboles	Riesgo de seguridad	
		C		3	Presencia de roedores	Riesgo de seguridad, corte de cables	
		D		4	Presencia de Escombros	Riesgo de seguridad	
		E		5	Oxidación por humedad	Riesgo de seguridad, Deterioro de los Equipos	

Figura 3.12 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de Desmalezado, con los efectos de fallas. Elaboración Propia.

3.6 Tareas proactivas

Una vez identificadas las consecuencias que existen producto de cada falla funcional, es importante asignar ciertas actividades que eliminen o disminuyan la probabilidad de que estas ocurran, además se debe analizar si estas tareas son factibles a realizar de forma proactivas ejecutando actividades de reacondicionamiento o sustitución cíclica, otras tareas de mantenimiento que se pueden asignar son las preventivas, las cuales se realizan luego de identificar algunas fallas potenciales.

Mantenimiento Preventivo de Pop						
Sistema	Subsistema /Equipo	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Fallo (Causa de la Fallo)	Efectos de falla	Tareas Propuestas	
Punto de Presencia	1 Energía.	A Pérdida de Suministro de CA	1	Sobrecalentamiento de las baterías.	Riesgo de seguridad - Riesgo de incendio	Revisión, ajustes, limpieza de cables y conectores. Revisión de sistema de Clima, mejora de las condiciones físicas de los equipos.
			2	Conexiones Suelas de terminales y celdas	Corte de suministro eléctrico, caída del sitio	Reparación o reposición de Cable.
			3	Envoltamiento de la batería	Menor tiempo de respaldo, caída del sitio	Reparación o reposición de Cable.
			4	Rectificador quemado	Corte de suministro eléctrico, caída del sitio	Solicitud de Reparación a la Empresa Eléctrica.
			5	Rack deteriorado	Riesgo de seguridad	Reacondicionamiento físico de la estructura.
			6	Desección del tablero	Corte de suministro eléctrico, activar respaldo	Reacondicionamiento físico de la estructura.
		B Pérdida de Suministro de CC	1	Elementos Sucios	Riesgo de seguridad	Revisión, ajustes, limpieza de cables y conectores.
			2	Contenedor Vandalizado	Riesgo de Seguridad de los Equipos	Revisión de sistema de Clima, mejora de las condiciones físicas de los equipos.
			3	Elementos oxidados	Riesgo de seguridad	Reacondicionamiento físico de la estructura.
			1	Desajuste conector de energía	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Reacondicionamiento físico de la estructura.
			2	Corte de alimentación de energía	Caída del sitio	Reparación o reposición de Cable.
			3	Corte de fibra óptica	Caída del sitio	Revisión, ajustes, limpieza de cables y conectores.
		C Falta de seguridad por deterioro de la estructura	1	Desconexión de la RRU	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Reacondicionamiento físico de la estructura.
			2	Detetoro de la antena	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Reacondicionamiento físico de la estructura.
			3	RRU intermitente	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Reacondicionamiento físico de la estructura.
			4	Antena suelta	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Reacondicionamiento físico de la estructura.
			1	Sellos de conectores quemados	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Reacondicionamiento físico de la estructura.
			2	Sobrecalentamiento de los equipos.	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Reacondicionamiento físico de la estructura.
2 Sistema Radiante.	B Pérdida Parcial del servicio	1	Sobrecalentamiento de los equipos.	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Revisión, ajustes, limpieza de Antena.	
		2	Antena suelta	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Revisión, ajustes, limpieza de Antena.	
		3	Sellos de conectores quemados	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Revisión, ajustes, limpieza de Antena.	
3 Equipos de Ran y Tx.	A Incapaz de recibir o transmitir información	1	Sobrecalentamiento de los equipos.	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Revisión de sistema de Clima, mejora de las condiciones físicas de los equipos.	
		2	Error de configuración	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Reacondicionamiento físico de los Equipos.	
		3	Desección de cables dentro del contenedor	Transmisión intermitente, Riesgo de caída del sitio	Revisión, ajustes, limpieza de cables y conectores.	

Figura 3.13 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de Pop, con las Tareas Propuestas. Elaboración Propia.

Mantenimiento Preventivo de Sistema de Clima							
Sistema	Subsistema /Equipo	Falla Funcional (Pérdida de Función)		Modo de Falla (Causa de la Falla)	Efectos de falla	Tareas Propuestas	
Sistema de Clima	1 Aire Acondicionado	A	Incapaz de arrancar.	1	Cables Quemados	Riesgo de seguridad - Riesgo de incendio	Reparación o reposición de Cable.
				2	Cables de energía Cortados	Riesgo de seguridad - Sistema No Funciona	Reparación o reposición de Cable.
				3	Corto circuito en el compresor	Sistema de Clima No Funciona	Revisión de conexiones.
				4	Corte de manguas de ventilación	No elimina el aire caliente	Reparación o reposición de Mangua de Ventilación.
				5	Sala el diferencial	Sistema de Clima No Funciona	Revisión de conexiones.
				6	Motor trancado	Sistema de Clima No Funciona	Limpeza y Reparación.
				7	Motor quemado	Sistema de Clima No Funciona	Cambio de Motor
	B	Incapaz de controlar la temperatura.	1	El compresor no se detiene	Ruidos Molestos, sobre carga	Reparación de fugas.	
			2	Falta de gas refrigerante	El sistema No baja la temperatura	Recarga de Gas Refrigerante.	
			3	Aumento de la carga por falta de limpieza	Sobre Carga eléctrica	Limpeza y Reparación.	
			4	Pérdida de líquido refrigerante	Riesgo de Seguridad	Reparación de fugas.	
			1	Desajuste conector de energía	Funcionamiento Intermitente	Reparación o reposición de Cable.	
			2	Corte de alimentación de energía	No Funciona	Reparación o reposición de Cable.	
			3	Aumento de la carga por falta de limpieza	Sobre Carga eléctrica	Limpeza y Reparación.	
2 Ventiladores	A	Incapaz Recircular el Aire.	4	Cables Quemados	Riesgo de seguridad	Reparación o reposición de Cable.	
			5	Poca Fuerza de giro	El sistema No baja la temperatura	Limpeza y Reparación.	

Figura 3.14 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de Sistema de Clima, con las Tareas Propuestas. Elaboración Propia.

Mantenimiento Preventivo de Grupos Electrógenos						
Sistema	Subsistema /Equipo	Falla Funcional (Pérdida de	Modo de Fallo (Causa de la Fallo)	Efectos de falla	Tareas Propuestas	
Sistema de Respaldo	Grupo generador	A Incapaz de arrancar	1	Cables de energía Cortados	Riesgo de seguridad - Sistema No Funciona, caída del sitio	Reparación o reposición de Cable.
			2	Cables Quemados	Riesgo de seguridad	Reparación o reposición de Cable.
			3	Corto circuito	Riesgo de seguridad - Sistema No Funciona, caída del sitio	Revisión del sistema Eléctrico.
			4	Corte de Correas	Sistema No Funciona, caída del sitio	Cambio de Correas
			5	Desgaste de bujía	Intermitencia al arrancar	Cambio de Bujías
			6	Falla de combustible	Sistema No Funciona, caída del sitio	Programar Carga de combustible
			7	Motor de arranque no gira	Sistema No Funciona, caída del sitio	Revisar conexiones, Limpieza o cambio de Motor
			8	Combustible vencido o contaminado	Intermitencia al arrancar	Programar Carga de combustible
			9	Motor Trancado	Sistema No Funciona	Limpieza del Motor y Reparación en Caso de obstrucción
		B Incapaz de generar el voltaje necesario	1	Aumento de la carga por falta de limpieza	Sobrecalentamiento	Limpieza General del GGEE
			2	Falla de alternador	Voltaje Intermitente	Cambio de Alternador
			3	Corte de manguas de ventilación	Sobrecalentamiento	Reposición de Manguas de ventilación
			4	El motor se detiene	Cada del sitio	Cambio Grupo Electrogenero
			5	Humo del sistema de escape	Riesgo de seguridad	Revisión de fugas de Aceite.
			6	Aceite contaminado	Riesgo de seguridad	Cambio de Aceite y Filtros
			7	Pérdida de potencia	Voltaje Intermitente	Limpieza del Filtro de Aire y combustible.
			8	Motor caliente	Sobrecalentamiento	Revisión del sistema refrigerante.
9	Falla de gas refrigerante	El sistema No baja la temperatura	Recarga de Gas Refrigerante.			


Figura 3.15 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de GGEE, con las Tareas Propuestas. Elaboración Propia.

Mantenimiento Preventivo de Desmalezado						
Sistema	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)	Efectos de falla	Tareas Propuestas		
Desmalezado	A	1	Maleza excesiva	Riesgo de seguridad	Aplicación de Líquido Herbicida y Posterior Limpieza	
	B	2	Caidas de ramas y arboles	Riesgo de seguridad	Limpieza de Ramas y Poda de Árboles	
	A	1	Maleza excesiva	Riesgo de seguridad	Aplicación de Líquido Herbicida y Posterior Limpieza	
	B	2	Caidas de ramas y arboles	Riesgo de seguridad	Limpieza de Ramas y Poda de Árboles	
	C	3	Presencia de roedores	Riesgo de seguridad, corte de cables	Desratización y Control de Plagas.	
	D	4	Presencia de Escombros	Riesgo de seguridad	Limpieza y Retiro de Escombros.	
	E	5	Oxidación por humedad	Riesgo de seguridad, Detenore de los Equipos	Limpieza y Restauración de Estructuras.	

Figura 3.16 - Hoja de decisión para el análisis modo y efecto de falla de Desmalezado, con las Tareas Propuestas. Elaboración Propia.

Finalmente si no existe una tarea asignable que pueda eliminar o disminuir la falla, se debe realizar una tarea de búsqueda de falla, a través del Diagrama de Búsqueda de Fallas, el cual se encuentra adjunto en el Anexo III.

Este análisis de Búsqueda de Fallas se debe realizar utilizando las hoja de decisión de mantenimiento centrado en confiabilidad, como lo muestra la Figura 3.17



SISTEMA										Nº SISTEMA	Facilitador:	Fecha	Hoja Nº			
SUBSISTEMA										Nº SUBSISTEMA	Auditor:	Fecha	de			
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Acción a falta de				Tareas Propuestas	Intervalo Inicial	A realizar por
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				

Figura 3.17 - Hoja de decisión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II. Elaboración Propia.

La hoja de decisión está dividida en dieciséis columnas, las primeras diez columnas se refieren a las preguntas realizadas en el diagrama de decisión. Las primeras tres columnas (F, FF, FM) son una referencia de la información del equipo, identifican la función, el tipo de falla y su respectivo modo de fallas enumeración que se puede encontrar en las hojas de decisión con tareas

propuestas, luego las siguientes cuatros evalúan las consecuencias a cada modo de falla, es decir si es una falla oculta o evidente para el operario, si esta falla implica una falla de seguridad, medio ambiente o si sus consecuencias son operacionales, es decir que pueda afectar directamente a la producción, las siguientes tres columnas buscan registrar las acciones realizadas para resolver las fallas si ha sido una tarea proactiva y de ser así que tipo de tarea se realizó y finalmente posterior a estas diez columnas existen tres donde permite registrar las acciones que posiblemente podrías resolver esta falla, ya sea una tarea propuesta, el intervalo o periodo de ejecución y finalmente quien debe realizarlo o quien lo realizo.

Intervalo de Inspección

Para calcular el intervalo de inspección o de búsqueda de fallas existe variadas formas, pero la más adecuada para el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, tiene relación con la **disponibilidad y confiabilidad de los equipos**, es decir que porcentaje de tiempo espero que el equipo esté en condiciones de operar y que frecuencia de falla tiene el equipo en este determinado tiempo.

A realizar por.

La última columna de la Hoja de decisión Busca identificar quien debe realizar las tareas de mantenimiento, para esto se deben identificar cuáles son las competencias de los técnicos para asignar la tarea al adecuado.

Criterios del Análisis Modo y Efecto de Falla

Parte fundamental para realizar el análisis del modo y efecto de falla, es elaborar criterios que permitan obtener el Número de Prioridad de Riesgo.

Este Número de Prioridad de Riesgo permite identificar que tan grave es una falla, cuál es su frecuencia o que tan difícil puede ser detectar esta falla, para asignar el Riesgo se debe utilizar un puntaje según las escalas mostradas en la Tabla 3.7

Tablas 3.7

Tablas de puntales para el NPR. Elaboración Propia.

Gravedad	
Descripción	Puntaje
Ínfima, imperceptible	1
Escasa, falla menor	2 a 3
Baja, fallo inminente	4 a 5
Media, No Operacional	6 a 7
Elevada, falla crítica	8 a 9
Muy elevada, con problemas de seguridad	10

Frecuencia	
Descripción	Puntaje
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2 a 3
1 falla cada 1 año	4 a 5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6 a 7
1 falla entre 1 a 6 meses	8 a 9
1 falla al mes	10

Detección	
Descripción	Puntaje
Evidente	1
Poco Frecuente	2 a 3
Moderada	4 a 5
Frecuente	6 a 7
Elevadamente Frecuente	8 a 9
Muy Elevadamente Frecuente	10

Criterio para el Número de Prioridad de Riesgo:

Tabla 3.8.


Cuadro con el criterio del NPR. Elaboración Propia

Criterio	
Número de Prioridad de Riesgo	Estado
$NPR > 200$	Inaceptable
$200 > NPR > 125$	Reduccion deseable
$125 > NPR$	Aceptable

Estos puntajes deben ser ingresados a la hoja de decisión que muestra la Figura 3.18, para posteriormente Multiplicar los criterios, como lo muestra la siguiente Formula:

$$NPR = Gravedad * Frecuencia * Detección$$

Una vez obtenido en NPR se debe evaluar según los intervalos de criterio de la Tabla 3.8, para determinar si el riesgo asociado a la posible falla es aceptable, si se redujo de forma Aceptable o si aún no es aceptable.



SISTEMA										N° SISTEMA			Facilitador			Fecha	Hoja N°
SUBSISTEMA										N° SUBSISTEMA			Auditor			Fecha	de
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de			Gravedad	Frecuencia	Detección	Número de Prioridad de Riesgo	Nivel
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					

Figura 3.18 – Hoja de decisión para el número de prioridad de riesgo. Elaboración Propia.

Esta metodología es utilizada para evaluar si se logra reducir de las consecuencias de las fallas funcionales y permite aplicar mejoras de forma constante con el objetivo de ir reduciendo estas consecuencias al paso del tiempo.

3.9 Análisis de criticidad del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Para realizar un análisis de criticidad es necesario registrar de forma cuantitativa el estado de las fallas ocurridas en los equipos, a través de puntaje, de forma muy similar como se realiza con el AMEF. Los puntos para evaluar la condición de los equipos se encuentran especificados en las siguientes Tablas:

Tablas 3.9

Tablas de puntajes para el análisis de criticidad. Elaboración Propia.

Frecuencia de fallas	
Descripción	Puntaje
Excelente menos de 1 fallas por año	1
Buena 1-2 fallas por año	2
Promedio 2-4 fallas por año	3
Elevado mayor a 4 fallas por año	4

Impacto Operacional	
Descripción	Puntaje
No genera ningún efecto significativo	1
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	2 a 4
Impacta a niveles de producción o calidad	5 a 6
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema	7 a 9
Parada total del equipo	10

Flexibilidad Operacional	
Descripción	Puntaje
Existe otro igual o disponible fuera del sistema	1
El equipo puede seguir funcionando	2 a 3
No existe opción igual o equipo similar de repuesto	4

Impacto a Seguridad Ambiente e Higiene	
Descripción	Puntaje
No provoca ningún tipo de riesgo	0
Mejora de Seguridad	1
Riesgo de Accidente Menor	2 a 3
Riesgo de Accidente Medio	4 a 5
Riesgo de Accidente Alto	6 a 7
Riesgo de Accidente Fatal	8

Estas tablas tienen el objetivo de que el operario tenga un rango de criterio para evaluar el estado de las fallas, es decir la frecuencia de la falla, el impacto que esta tiene para el funcionamiento, también si existe flexibilidad operacional y finalmente el impacto que esta tiene en relación a la seguridad de los operarios o del medio ambiente.

Para obtener la Criticidad Total de las fallas funcionales es necesario utilizar la siguiente función:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de la falla} * \text{Consecuencia}$$

Donde Consecuencia es:

$$\text{Consecuencia} = \text{Impacto Operacional} * \text{Flexibilidad} + \text{Impacto Ambiental}$$


Consecuencia que se obtiene a través de multiplicar los puntos considerados en las tablas anteriores. Posteriormente esta Criticidad Total se debe evaluar en el criterio especificado en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10.

Rangos de Criticidad. Elaboración Propia.

Criterio	
Análisis de Criticidad	Estado
Criticidad > 56	Critico
55 > NPR > 41	Semi Critico
40 > No Critico	Aceptable

Una vez obtenido el estado de criticidad se obtiene una jerarquización de la falla, lo que ayuda al encargado del mantenimiento a determinar cuál falla atender primero debido a su importancia. Todo esto debe ser documentado en la hoja de decisión que muestra la Figura 3. 19



SISTEMA													N° SISTEMA	Facilitador	Fecha	Hoja N°		
SUBSISTEMA													N° SUBSISTEMA	Auditor	Fecha	de		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de			Frecuencia	Consecuencia			Criticidad	Jerarquización
														Impacto Operacional	Flexibilidad	Impacto Ambiental		
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						

Figura 3.19 – Hoja de decisión para el análisis de criticidad de las fallas. Elaboración Propia.

Aplicación de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el PoP SA020

Para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad se identificó un Punto de Presencia que contara con todos los equipos. Este, se encuentra en la Calle Einstein 784, en la comuna de Recoleta, Región Metropolitana.

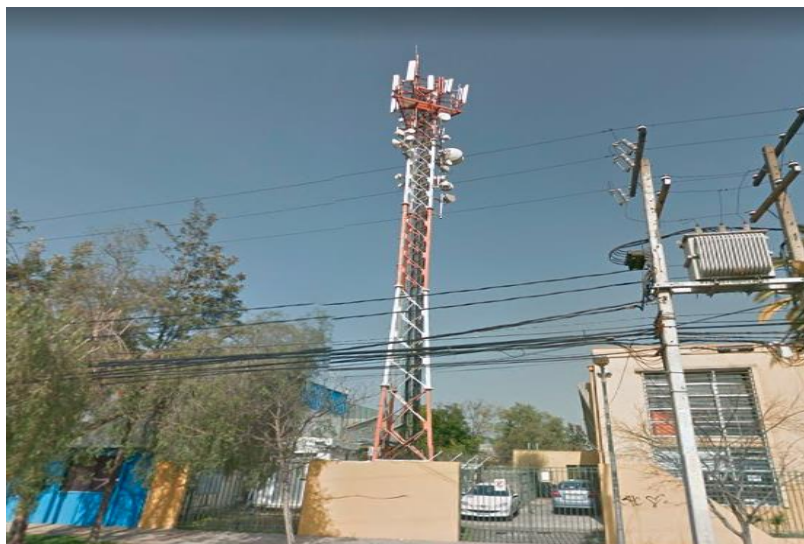


Figura 3.20 – Einstein 784, Recoleta, Región Metropolitana. (Google LLC, 2005)

Este Punto de Presencia es de categoría Red Mínima, lo que implica que debe estar disponible de forma continua, o de lo contrario puede existir pérdida de servicio. Cuenta con alimentación eléctrica del servicio público de electricidad, además de bancos de baterías y en caso de falla prolongada un equipo GGEE, Este punto conecta a la comuna a la Red Entel mediante la tecnología 2G 1900Hz, 3G 1900Hz, LTE (4G) 2600Hz, 1900Hz, 700Hz.

La Implementación de la metodología se realizó durante la ejecución del mantenimiento preventivo de Red Mínima, lo que significa que se realizaron los cinco mantenimientos identificados. El primero en ejecutarse fue el mantenimiento preventivo de chapas, limpiando de

polvo y óxido candados y mecanismo de cierre del contenedor, para posteriormente lubricar los componentes. Luego, se ejecutó el mantenimiento preventivo de energía donde se corroboró el estado de las conexiones eléctricas del tablero, el estado de las baterías y se realizaron las mediciones correspondientes. Luego, se realizó la limpieza de los gabinetes del sistema RAN y Tx, en paralelo a la limpieza y cambio de los elementos protectores de conectores de Sistema Radiante.

Finalmente, se realizó el mantenimiento de Grupo Generador sustituyendo filtros, correas, aceite y verificando el estado del nivel de combustible.

Si bien no se realizó mantenimiento de desmalezado por ser un punto sin presencia de maleza o árboles, se verificó el estado de los elementos preventivos de plagas.

En paralelo a la ejecución del proceso, se realizó análisis de fallas potenciales, utilizando los criterios de Número de Prioridad de Riesgo y el Análisis de Criticidad, cuyos resultados se pueden observar en las Figuras 3.21 hasta la Figura 3.28.



SISTEMA Mantenimiento Pop												Nº SISTEMA	Facilitador	Fecha	Hoja Nº		
SUBSISTEMA												Nº SUBSISTEMA	Auditor	Fecha	de		
Referencia de Información		Evaluación de las Consecuencias					Acción a falta de				Gravedad	Frecuencia	Detección	Número de Prioridad de Riesgo	Nivel		
F	FF	FM	H	S	E	O	HI S1 O1 NI	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4						HE	S4
Energía																	
1	A	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	8	2	3	48	Acceptable
1	A	2	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	8	6	4	192	Reduccion deseable
1	A	3	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	6	3	3	54	Acceptable
1	A	4	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	8	4	4	128	Reduccion deseable
1	A	5	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	6	4	4	96	Acceptable
1	A	6	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	8	4	4	80	Acceptable
1	B	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	6	5	3	90	Acceptable
1	B	2	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	9	7	4	252	Inaceptable
1	B	3	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	8	3	3	72	Acceptable
1	B	4	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	9	2	3	54	Acceptable
1	B	5	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	5	3	6	90	Acceptable
1	C	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	3	8	2	48	Acceptable
1	C	2	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	4	5	2	40	Acceptable
1	C	3	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	5	4	3	60	Acceptable
Sist. Radiante																	
2	A	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	7	4	2	56	Acceptable
2	A	2	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	10	6	3	180	Reduccion deseable
2	A	3	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	10	6	4	240	Inaceptable
2	A	4	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	8	5	5	200	Inaceptable
2	A	5	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	7	2	4	56	Acceptable
2	B	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	6	6	3	108	Acceptable
2	B	2	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	5	3	6	90	Acceptable
2	B	3	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	3	8	8	192	Reduccion deseable
Equipos RAN y Tx																	
3	A	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	7	5	5	175	Reduccion deseable
3	A	2	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	6	2	3	36	Acceptable
3	A	3	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	6	2	5	60	Acceptable

Figura 3.21 – Hoja de decisión Análisis de Número de Riesgo de Mantenimiento de Pop. Elaboración Propia.


		SISTEMA Mantenimiento de Clima										Nº SISTEMA	Facilitador	Fecha	Hoja Nº	
		SUBSISTEMA										Nº SUBSISTEMA	Auditor	Fecha	de	
Referencia de Información		Evaluación de las Consecuencias			HI S1 O1 NI	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de				Gravedad	Frecuencia	Detección	Número de Prioridad de Riesgo	Nivel
E	FE	FM	H	S	E	O	H4	HS	S4							
Aire Acondicionado																
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N	N	N	7	3	2	42	Acceptable
1	A	2	S	S	N	S	N	N	N	N	N	7	6	3	126	Reduccion descable
1	A	3	S	N	N	S	N	N	N	N	N	7	3	2	42	Acceptable
1	A	4	S	N	N	S	N	S	N	N	N	5	5	4	100	Acceptable
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N	N	N	8	6	5	240	Reduccion descable
1	A	6	S	N	N	S	N	N	N	N	N	8	3	3	72	Acceptable
1	A	7	S	N	N	S	N	S	N	N	N	9	2	8	144	Reduccion descable
1	B	1	S	N	S	N	N	S	N	N	N	5	7	5	175	Reduccion descable
1	B	2	S	N	N	S	N	S	N	N	N	3	9	4	108	Acceptable
1	B	3	S	N	N	S	N	S	N	N	N	6	7	3	126	Reduccion descable
1	B	4	S	N	S	N	N	S	N	N	N	7	6	5	210	Inaceptable
Ventiladores																
2	A	1	S	N	N	S	N	N	N	N	N	7	4	3	84	Acceptable
2	A	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	8	5	5	200	Inaceptable
2	A	3	S	N	N	S	N	S	N	N	N	6	2	7	84	Acceptable
2	A	4	S	N	N	S	N	S	N	N	N	8	4	5	160	Reduccion descable
2	A	5	S	N	N	S	N	S	N	N	N	7	5	6	210	Inaceptable

Figura 3.22 – Hoja de decisión Análisis de Número de Riesgo del Mantenimiento de Clima. Elaboración Propia.



SISTEMA Grupos Electrogenos		Nº SISTEMA	Facilitador	Fecha	Hoja Nº												
SUBSISTEMA		Nº SUBSISTEMA	Auditor	Fecha	de												
Referencia de Información	Evaluación de las Consecuencias	HI	H2	H3	Acción a falta de	Gravedad	Frecuencia	Detección	Número de Prioridad de Riesgo	Nivel							
		S1	O2	O3							H4	HS	S4				
F	F	FM	H	S	E	O	NI	N2	N3	N4	HS	S4					
Sistema de Respaldo																	
1	A	1	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	8	4	4	128	Reduccion deseable
1	A	2	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	7	6	6	252	Inaceptable
1	A	3	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	8	5	5	200	Inaceptable
1	A	4	S	N	N	SS	S	N	N	N	N	N	7	7	7	196	Reduccion deseable
1	A	5	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	6	3	2	36	Acceptable
1	A	6	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	9	5	3	135	Reduccion deseable
1	A	7	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	8	6	6	288	Inaceptable
1	A	8	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	7	5	5	140	Reduccion deseable
1	A	9	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	8	3	8	192	Reduccion deseable
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	6	2	3	36	Acceptable
1	B	2	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	7	5	4	140	Reduccion deseable
1	B	3	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	5	6	7	210	Inaceptable
1	B	4	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	7	4	6	168	Reduccion deseable
1	B	5	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	7	3	7	147	Reduccion deseable
1	B	6	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	6	6	3	108	Reduccion deseable
1	B	7	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	5	4	4	80	Acceptable
1	B	8	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	6	3	4	72	Acceptable
1	B	9	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	4	2	8	64	Acceptable

Figura 3.23 – Hoja de decisión Análisis de Número de Riesgo del Mantenimiento de GGEE. Elaboración Propia.



SISTEMA Desmalezado												Nº SISTEMA	Facilitador	Fecha	Hoja Nº
SUBSISTEMA Desmalezado												Nº SUBSISTEMA	Auditor	Fecha	de
Referencia de Información		Evaluación de las Consecuencias			Acción a falta de			Gravedad	Frecuencia	Detección	Número de Prioridad de Riesgo	Nivel			
F	FF	FM	H	S	E	O	HI S1 O1 NI						H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4
1	A	1	S	S	S	N	S	N	N	N	5	4	3	60	Acceptable
1	A	2	S	S	S	N	S	N	N	N	6	4	3	72	Acceptable
1	B	1	S	S	S	N	S	N	N	N	5	4	4	80	Acceptable
1	B	2	S	S	S	N	S	N	N	N	6	4	3	72	Acceptable
1	B	3	S	S	S	N	S	N	N	N	7	4	4	112	Acceptable
1	B	4	S	S	S	N	S	N	N	N	4	4	2	32	Acceptable
1	B	5	S	S	S	N	S	N	N	N	6	4	5	120	Acceptable

Figura 3.24 – Hoja de decisión Análisis de Número de Riesgo del Mantenimiento de Desmalezado. Elaboración Propia.

Luego de la implementación de la hoja de decisión, se identificó que el mantenimiento preventivo de PoP cuenta con un bajo nivel de riesgo de falla, pero con algunas condiciones que deben ser reducidas en su nivel de riesgo. Por otra parte, el Mantenimiento de Clima y el de Grupo Electrógenos, tienen un nivel de riesgo alto por lo que se deben ejecutar tareas que reduzcan esas condiciones, de modo de evitar posibles fallas funcionales en mediano plazo. Debido a las condiciones, el mantenimiento de Desmalezado tiene bajo nivel de riesgo para los equipos, lo que no requiere realizar tareas de reducción de riesgo.

En conclusión, el punto de presencia SA020, ubicado en la comuna de Recoleta, tiene nivel medio de confiabilidad, y existen condiciones que deben mejorar para que esta aumente y reduzca en nivel de riesgo.



SISTEMA		Mantenimiento Pop										N° SISTEMA	Facilitador	Fecha	Hoja N°					
SUBSISTEMA		SUBSISTEMA										N° SUBSISTEMA	Auditor	Fecha	de					
Referencia de Información	Evaluación de las Consecuencias	H1	H2	H3	Acción a falta de					Frecuencia	Impacto Operacional	Consecuencia		Críticidad	Jerarquización					
		S1	S2	S3	H4	H5	S4	Flexibilidad	Impacto Ambiental											
F	FE	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10				
Energía																				
1	A	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	2	10	3	3	66	Critico
1	A	2	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	6	10	3	3	198	Critico
1	A	3	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	3	9	3	4	93	Critico
1	A	4	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	4	8	3	5	116	Critico
1	A	5	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	4	7	3	3	96	Critico
1	A	6	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	2	8	3	4	56	Critico
1	B	1	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	5	9	3	5	160	Critico
1	B	2	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	7	6	3	5	161	Critico
1	B	3	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	3	7	3	5	78	Critico
1	B	4	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	2	8	3	3	54	Semi Critico
1	B	5	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	3	6	3	4	66	Critico
1	C	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	8	8	3	6	240	Critico
1	C	2	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	5	7	3	5	130	Critico
1	C	3	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	4	9	3	4	124	Critico
Sistema Radiante																				
2	A	1	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	N	N	4	7	1	2	36	Aceptable
2	A	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	6	5	1	1	36	Aceptable
2	A	3	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	6	8	1	2	60	Critico
2	A	4	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	5	6	1	4	50	Semi Critico
2	A	5	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	2	7	1	2	18	Aceptable
2	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	6	5	1	5	60	Critico
2	B	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	3	7	1	2	27	Aceptable
2	B	3	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	8	5	1	5	80	Critico
Equipos RAN y Tx																				
3	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	5	6	4	1	125	Critico
3	A	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	2	7	4	1	58	Critico
3	A	3	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	2	6	4	1	50	Semi Critico

Figura 3.25 – Hoja de decisión Análisis de Críticidad del Mantenimiento de Pop. Elaboración Propia.

Referencia de Información		Evaluación de las Consecuencias			SISTEMA Mantenimiento de Clima			Nº SISTEMA	Facilitador	Fecha	Hoja Nº							
					SUBSISTEMA			Nº SUBSISTEMA	Auditor	Fecha	de							
F	FF	PM	H	S	E	O	HI S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de		Frecuencia	Impacto Operacional	Consecuencia	Flexibilidad	Impacto Ambiental	Críticidad	Jerarquización
Aire Acondicionado																		
1	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	3	8	1	7	45	Semi Crítico	
1	A	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	6	8	2	6	132	Crítico	
1	A	3	S	N	N	S	S	N	N	N	N	3	9	1	6	45	Semi Crítico	
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N	N	N	5	7	2	7	105	Crítico	
1	A	5	S	N	N	S	S	N	N	N	N	6	7	1	8	90	Crítico	
1	A	6	S	N	N	S	N	N	N	N	N	3	6	1	6	36	Acceptable	
1	A	7	S	N	N	S	N	N	N	N	N	2	5	2	7	34	Acceptable	
1	B	1	S	N	S	N	N	S	N	N	N	7	5	1	6	77	Crítico	
1	B	2	S	N	N	S	N	N	S	N	N	9	8	2	6	198	Crítico	
1	B	3	S	N	N	S	N	N	S	N	N	7	7	2	6	140	Crítico	
1	B	4	S	N	N	S	S	N	N	N	N	6	6	2	6	108	Crítico	
Ventiladores																		
2	A	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	4	5	4	3	92	Crítico	
2	A	2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	5	6	3	2	100	Crítico	
2	A	3	S	N	N	S	N	N	N	N	N	2	7	3	3	48	Semi Crítico	
2	A	4	S	N	N	S	S	N	N	N	N	4	5	4	2	88	Crítico	
2	A	5	S	N	N	S	N	N	N	N	N	5	4	4	4	100	Crítico	

Figura 3.26 – Hoja de decisión Análisis de Críticidad del Mantenimiento de Clima. Elaboración Propia.


 SISTEMA Grupos Electrogenos SUBSISTEMA		N° SISTEMA		Facilitador		Fecha		Hoja N°											
		N° SUBSISTEMA		Auditor		Fecha		de											
Referencia de Informacion	Evaluación de las Consecuencias	HI S1	H2 S2	H3 S3	Acción a falta de				Frecuencia	Impacto Operacional	Consecuencia	Flexibilidad	Impacto Ambiental	Críticidad	Jerarquización				
					O1	O2	O3	H4								H5	S4		
F	FF	FM	H	S	E	O													
Sistema de Respaldo																			
1	A	1	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	4	10	4	7	188	Critico
1	A	2	S	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	6	9	3	4	186	Critico
1	A	3	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	5	9	4	4	200	Critico
1	A	4	S	N	N	SS	S	S	N	N	N	N	N	4	8	4	8	160	Critico
1	A	5	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	3	8	4	6	114	Critico
1	A	6	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	5	8	4	7	195	Critico
1	A	7	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	6	9	3	6	198	Critico
1	A	8	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	4	9	4	7	172	Critico
1	A	9	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	3	8	4	6	114	Critico
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	2	7	4	3	62	Critico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	5	9	3	6	165	Critico
1	B	2	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	6	7	4	6	204	Critico
1	B	3	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	4	8	4	7	156	Critico
1	B	4	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	4	9	4	6	126	Critico
1	B	5	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	3	9	3	7	186	Critico
1	B	6	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	6	8	4	8	176	Critico
1	B	7	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	4	9	4	7	129	Critico
1	B	8	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	3	9	4	7		
1	B	9	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	2	8	4	7	78	Critico

Figura 3.27 – Hoja de decisión Análisis de Críticidad del Mantenimiento de GGEE. Elaboración Propia.


 SISTEMA Desmalezado SUBSISTEMA		Nº SISTEMA	Facilitador	Fecha	Hoja Nº													
		Nº SUBSISTEMA	Auditor	Fecha	de													
Referencia de Información	Evaluación de las Consecuencias	H1 S1	H2 S2	H3 S3	Consecuencia			Frecuencia	Impacto Operacional	Flexibilidad	Impacto Ambiental	Críticidad	Jerarquización					
					Acción a falta de													
F	FF	FM	H	S	E	O	H1 N1	H2 N2	H3 N3	H4	H5	S4						
Desmalezado																		
1	A	1	S	S	S	N	S	N	N	N	N	N	4	4	1	8	48	Semi Crítico
1	A	2	S	S	S	N	S	N	N	N	N	N	4	3	1	8	44	Semi Crítico
1	B	1	S	S	S	N	S	N	N	N	N	N	4	4	1	8	48	Semi Crítico
1	B	2	S	S	S	N	S	N	N	N	N	N	4	2	1	8	40	Semi Crítico
1	B	3	S	S	S	N	S	N	N	N	N	N	4	3	1	8	44	Semi Crítico
1	B	4	S	S	S	N	S	N	N	N	N	N	4	2	1	8	40	Semi Crítico
1	B	5	S	S	S	N	S	N	N	N	N	N	4	4	1	8	48	Semi Crítico

Figura 3.28 – Hoja de decisión Análisis de Críticidad del Mantenimiento de Desmalezado. Elaboración Propia.

El análisis de criticidad ejecutado en el Mantenimiento del Punto de Presencia SA020, identifica el punto con un alto nivel de Criticidad en todos los mantenimientos realizados, lo que implica que de ser necesario realizar alguna tarea de mantenimiento preventivo o correctivo debe ser ejecutado a la brevedad disminuyendo las posibles fallas.

Finalmente, se identifica al Punto de Presencia en estudio con un punto de bajo riesgo de falla, pero con un alto nivel de criticidad en caso de que estas ocurran, por ende, es necesario reducir este nivel al mínimo con el objetivo de aumentar la confiabilidad y disponibilidad del servicio en la Red Entel.

El proceso de mantenimiento fue documentado y fotografiado durante su desarrollo para la identificación de una correcta ejecución del procedimiento. Esta información, se encuentra adjunta a esta memoria en el Anexo V.

Capítulo IV. Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Este capítulo, entrega al encargado del mantenimiento los principales objetivos y alcances, para la planificación, gestión, control y evaluación del proceso de mantenimiento de equipos y sistemas.

4.1 Definiciones y conceptos

Cuando se planifica un número de actividades periódicas de inspección que busquen el aseguramiento de la calidad y el control de los equipos o sistemas de una planta, es denominado como Mantenimiento Preventivo. Este mantenimiento está destinado a la conservación de las condiciones de los equipos, sistemas y sub-sistemas, seguridad e instalaciones de la organización, a través de revisión de los estados físicos o a la reparación si es posible, de modo de garantizar el correcto funcionamiento de los activos físicos, considerando lo que el usuario desea que este realice.

4.1.1 Objetivos

El principal objetivo del mantenimiento preventivo es evitar o minimizar las consecuencias de las fallas de los equipos, buscando predecir las incidencias antes de que estas puedan ocurrir. Por otra parte, busca aumentar la vida útil de los equipos, evitar la interrupción de los procesos y disminuir los costos de reparación asociados a las fallas.

Dentro de las ventajas del mantenimiento planificado, se pueden encontrar la mejora en la productividad, disminución de los costos asociados al mantenimiento, aumento de la vida útil de los equipos, y aumento en la seguridad de los operarios.

4.1.2 Concepto de regla operativa

Previo a la planificación del mantenimiento se deben establecer ciertos acuerdos y disposiciones, para que las labores de mantenimiento se encuentren dentro de los procedimientos y reglas esperadas, con la finalidad de cumplir los niveles de eficiencia y eficacia esperados. Además, las reglas operativas también permiten planificar y establecer los tiempos de ejecución.

Categorización de los Puntos de Presencia.

Categoría	Tipos de PoP
Categoría A (Core Troncal)	Switch Móvil
	URA
	Opto Estación Troncal
	Radio Estación Troncal
Categoría B (Agregación)	PoP Red Mínima
	PoP Móvil con Agregación (+5)
	PoP PE Acceso
	PoP PE Core
	Opto Estación Lateral
	Radio Estación Lateral
	ONU
RP Tx Activo	
Categoría C (Acceso)	PoP Móvil FDT
	PoP Móvil
	Sítios Vip
	PoP Inbuilding VIP
	Hospitales Aeropuertos Mall
Categoría D (Terminales)	PoP Móvil Terminal
	Pop Inbuilding
	Repetidor Móvil

Tabla4.1 – Categoría de PoP. Elaboración Propia, según información del área de mantenimiento.

Estas categorías también son útiles al momento de realizar el mantenimiento correctivo, debido que los parámetros de tiempo aceptados para la reparación de las categorías A y B es de menos de cuatro horas y para C y D un tiempo menor a 24 horas. Considerando el respaldo con el que puedan contar estos PoP.

4.2 Alcances del mantenimiento

El mantenimiento debe ser planificado y controlado de manera constante a largo plazo, procurando el correcto estado del equipamiento. El objetivo, es obtener resultados favorables disminuyendo los fallos y manteniendo los equipos en condiciones óptimas.

La planificación continua y constante en el tiempo, en primer lugar, debe disminuir el número de fallas enfocándose en la prevención, estrategia que a su vez debe ser controlada para verificar que se entregue una solución efectiva según los requerimientos.

4.2.1 Encargado del Mantenimiento

Para realizar una planificación efectiva y con su respectivo control se debe designar un encargado de mantenimiento, quien debe conocer las condiciones físicas de los equipos, funcionamiento de los sistemas, condiciones geográficas y climáticas de la zona a mantener, además de los objetivos del mantenimiento.

Entre las principales funciones del encargado de mantenimiento se puede encontrar consideración de los mínimos técnicos y características de los PoP, para planificar de manera efectiva un grupo de mantenimiento para optimizar el uso de recursos, ya sea la mano de obra de los Team o los costos asociados a la movilización, como por ejemplo generar una ruta de

mantenimiento o realizando varios mantenimientos en un mismo PoP, para disminuir el número de visitas e intervenciones.

También se debe evaluar las condiciones de acceso, ya sea contractual, geográfica y climática, para realizar el mantenimiento dentro de períodos establecidos como favorables para su ejecución. Otras funciones del encargado de mantenimiento:

- Solicitar la asignación de las tareas de mantenimiento a los Team.
- Planificar trabajos programados y controlar su correcta ejecución.
- Revisar los informes y resultados de los mantenimientos realizados para verificar su correcta ejecución y las condiciones físicas de los equipos.
- Realizar un levantamiento de las condiciones de los equipos según información de las hojas de mantenimiento.
- Gestionar materiales e insumos necesarios para ejecutar los mantenimientos.
- Realizar supervisiones esporádicas durante la ejecución de los procesos de mantenimientos, para identificar errores e implementar mejoras.

Cada centro regional de mantenimiento debe considerar la gestión y control de los siguientes mantenimientos:

Mantenimiento Preventivo de PoP:

- Mantenimiento Preventivo de Sistema Radiante.
- Mantenimiento Preventivo de Energía.
- Mantenimiento Preventivo de Equipos RAN y Tx.
- Mantenimiento Preventivo de Chapas.

Mantenimiento Preventivo Sistema de Clima:

- Mantenimiento Preventivo de Aire Acondicionado.
- Mantenimiento Preventivo de Ventiladores.

Mantenimiento Preventivo de Grupos Electrónicos:

- Mantenimiento Preventivo Electrónico
- Mantenimiento Preventivo de Grupos Electrónicos de Red Mínima.
- Mantenimiento Preventivo de Partidas de Grupos Electrónicos, con carga y sin carga.
- Carga de combustible de Grupos Electrónicos, bajo demanda o planificada.

Mantenimiento Preventivo Desmalezado de PoP:

- Planificación del desmalezado.
- Control de avance de los trabajos.
- Control de Plagas.

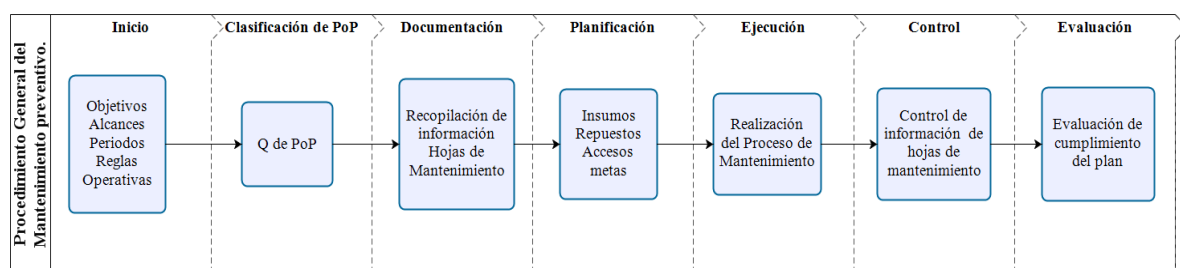
El encargado del mantenimiento de cada centro regional de mantenimiento, debe tener en conocimiento la distribución geográfica de las zonas, los límites de las zonas y la cantidad de técnicos asignados para para zona con la finalidad de poder priorizar los mantenimientos que puedan entregar mayores beneficios al buen funcionamiento de la Red.

Grupo	Zona	Región	CRM	Centro primario	Limites	Cantidad de Team
G201	Z01	XV	Norte	Arica	RXV	2
G201	Z02	I	Norte	Iquique	RI	3
G201	Z03	II	Norte	Calama	Prov. Loa	3
G202	Z04	II	Norte	Antofagasta	Prov. Antofagasta	5
G202	Z05	III	Centro Norte	Copiapó	RIII	4
G202	Z06	IV	Centro Norte	La Serena	RIV	5
G203	Z07	V	Centro Norte	Valparaíso	RV	9
G203	Z08P	RM	Metropolitano	Metropolitano	RM Poniente	8
G204	Z08O	RM	Metropolitano	Metropolitano	RM Oriente	9
G204	Z09	VI	Centro Sur	Rancagua	RVI	5
G204	Z10	VII	Centro Sur	Talca	RVII	5
G205	Z11	VIII	Sur	Chillán	Prov. Ñuble	3
G205	Z12	VIII	Sur	Concepción	Prov. Arauco	4
G205	Z13	VIII	Sur	Los Angeles	Prov. Bio Bio	3
G205	Z14	IX	Sur	Temuco	Re. IX	5
G206	Z15	XIV	Austral	Valdivia	R XIV	4
G206	Z16	X	Austral	Osorno	Prov. Osorno	2
G206	Z17	X	Austral	Puerto Montt	Prov. Llanquihue	3
G206	Z18	X	Austral	Chiloe	Prov. Chiloe	2
G206	Z19	XI	Austral	Coyhaique	RXI y Prov. Palena	3
G206	Z20	XII	Austral	Punta Arenas	R XII	3

Tabla 4.2 – Tabla de distribución de Team y Zonas a nivel nacional. Elaboración Propia, según información entregada por el área de mantenimiento.

4.3 Procedimiento General de Mantenimiento Preventivo.

El proceso general del mantenimiento preventivo consta de siete etapas como se puede observar en la Figura 4. 1.



Powered by
bizagi
Modeler

Figura 4.1 – Diagrama de procedimiento general del mantenimiento preventivo. Elaboración Propia.

La primera fase del plan de mantenimiento es la de preparación, que reúne las primeras cuatro etapas del procedimiento general del mantenimiento preventivo. Este, debe ser ejecutado por el encargado del mantenimiento a fines del período actual y anterior al período a evaluar.

El proceso comienza con la definición de los objetivos, para posteriormente recopilar la información de los puntos de presencia. Se identifican equipos y sistemas existentes, se crea el proyecto, para generar trabajos programados y subir la información necesario al momento de crear las tareas para los operarios y finalmente culmina con la solicitud de los insumos y repuestos necesarios, además de los permisos requeridos por la programación del mantenimiento, como se puede apreciar en la Figura 4.2

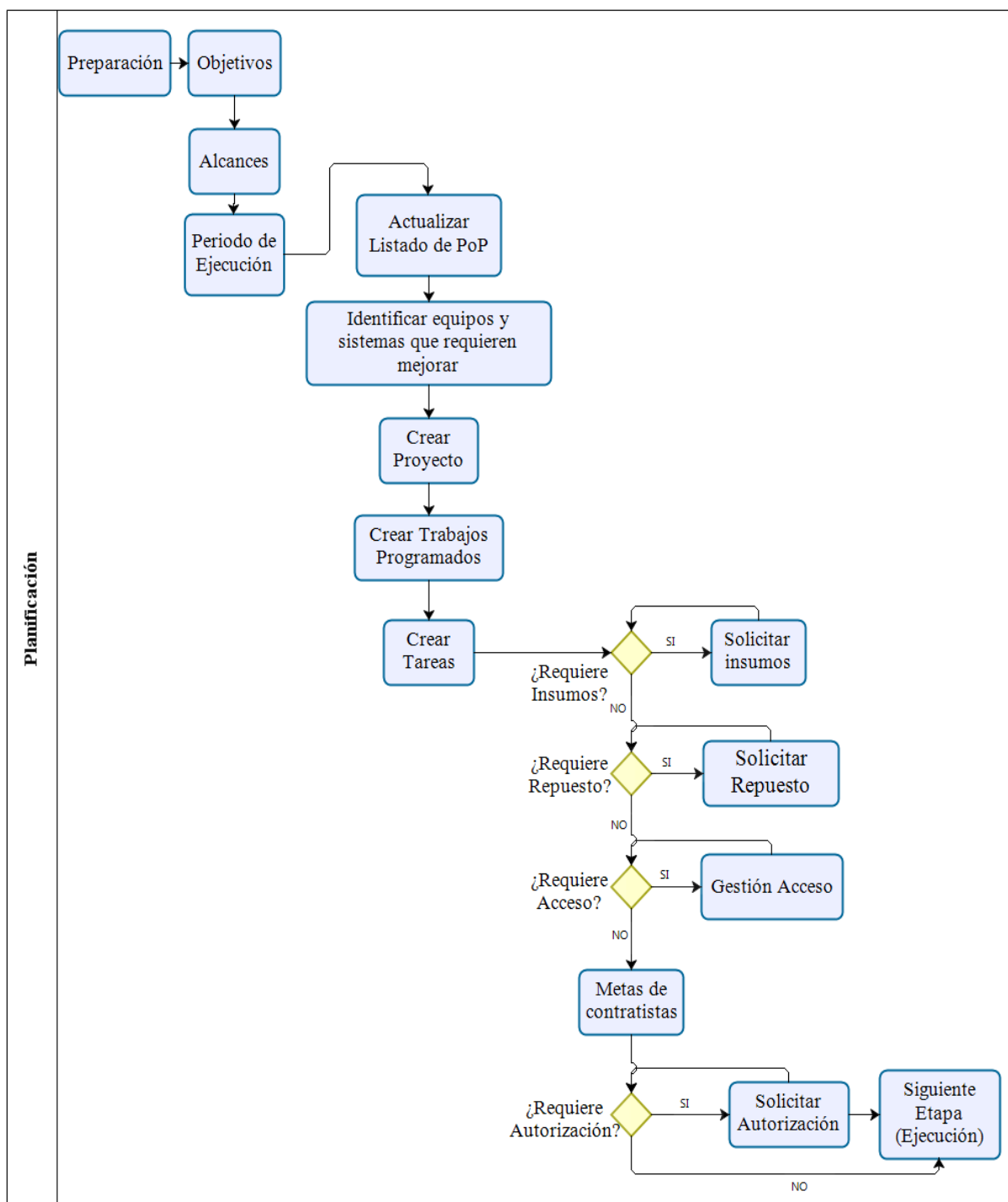


Figura 4.2 – Diagrama del proceso de planificación del mantenimiento. Elaboración Propia.

La segunda fase del plan de mantenimiento es la ejecución. Esta, comienza con un proceso de gestión por parte de encargado del mantenimiento quien debe informar el inicio del plan, además de asignar las tareas a los operarios a través de la plataforma electrónica utilizada. Posteriormente, los técnicos deben dar inicio al trabajo programado dirigiéndose a los puntos de presencia en una camioneta con todos los implementos señalados en la planificación e informar al NOC que se dirigen al punto de presencia. Una vez que ingresen al punto de presencia, deben comenzar a realizar inspecciones de seguridad, que permitan identificar fallas potenciales en el entorno, luego deben ingresar al contenedor donde se encuentran los equipos y continuar con la inspección de seguridad y verificar la factibilidad de la implementación del mantenimiento, es decir si es o no posible realizar las tareas de mantenimiento, de existir inconvenientes de seguridad o inconvenientes para realizar el proceso de mantenimiento, estos deben informar inmediatamente a su supervisor, quien traspasará la información al encargado del mantenimiento. De no existir inconvenientes para ejecutar las tareas, estos deben realizar el proceso buscando fallas potenciales las cuales serán ingresadas en la hoja de decisión del mantenimiento para generar una tarea que disminuya este riesgo. De existir alguna posible falla potencial, los técnicos deben informar que existe un punto de mejora el cual será evaluado por el encargado de mantenimiento y programado en una próxima visita o asignado como un nuevo trabajo preventivo de ser necesario. Finalmente se debe verificar si el trabajo fue realizado con éxito identificando si el punto opera con normalidad o existe alguna alarma asociada al proceso. De existir alguna alarma, se debe identificar si es posible dar solución dentro de este proceso y de no ser posible se debe asignar una nueva tarea correctiva. Una vez terminado el proceso, se debe informar el término del trabajo programado y esperar una nueva asignación de tareas.

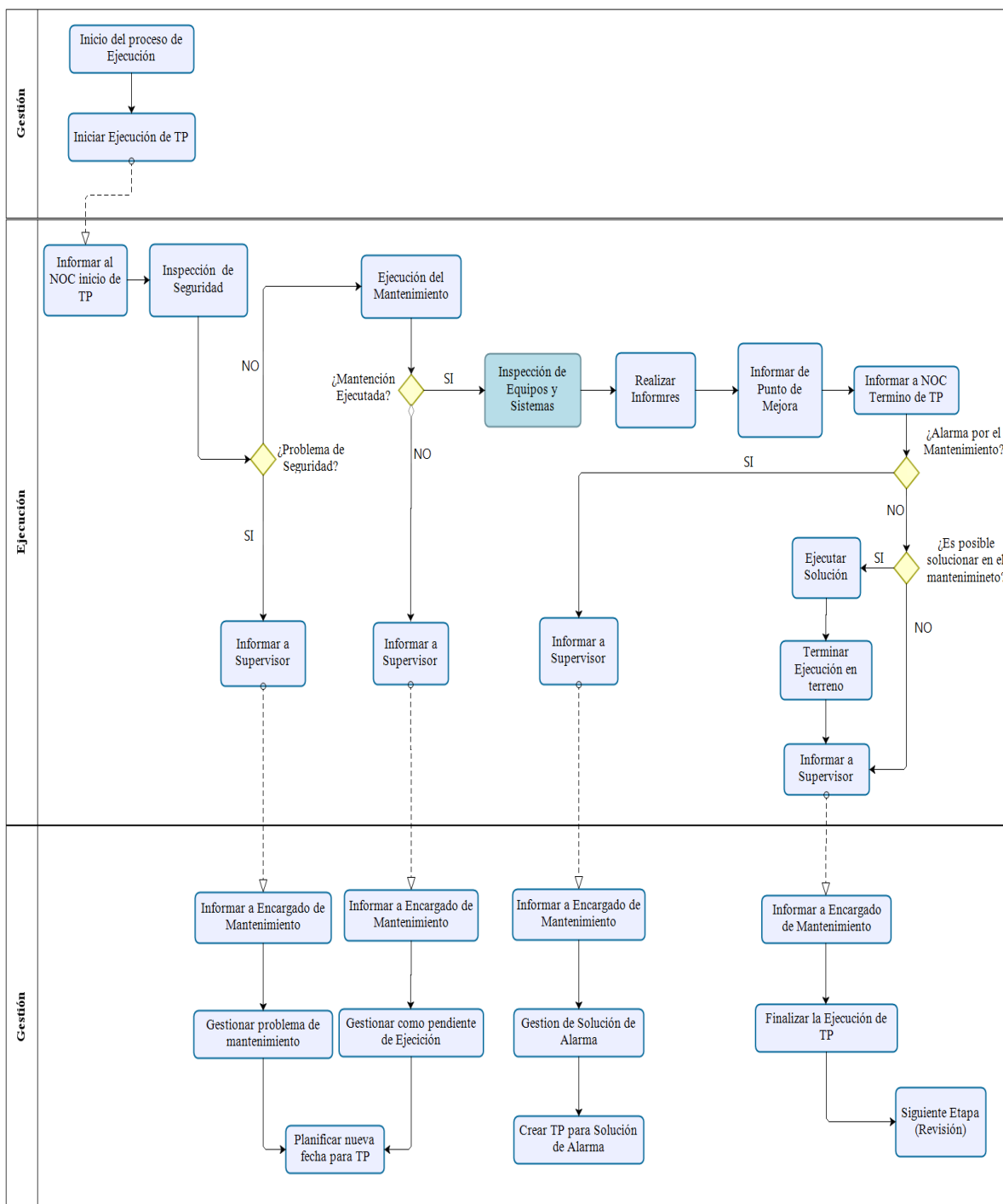


Figura 4.3 – Diagrama general de ejecución del mantenimiento. Elaboración Propia.

Otro proceso importante es el control del plan de mantenimiento, con la finalidad de identificar si este está siendo realizado según los estándares previamente planificados y si el estado final de los equipos es el esperado o de lo contrario se debe solicitar repetir la tarea. Por otra parte, verifica si este está siendo efectivo, es decir si se cumplen los objetivos planificados. Además, verificar si existen condiciones para generar una tarea proactiva por una falla potencial, esta se debe generar y asignar rápidamente, como se puede observar en la Figura 4.4.

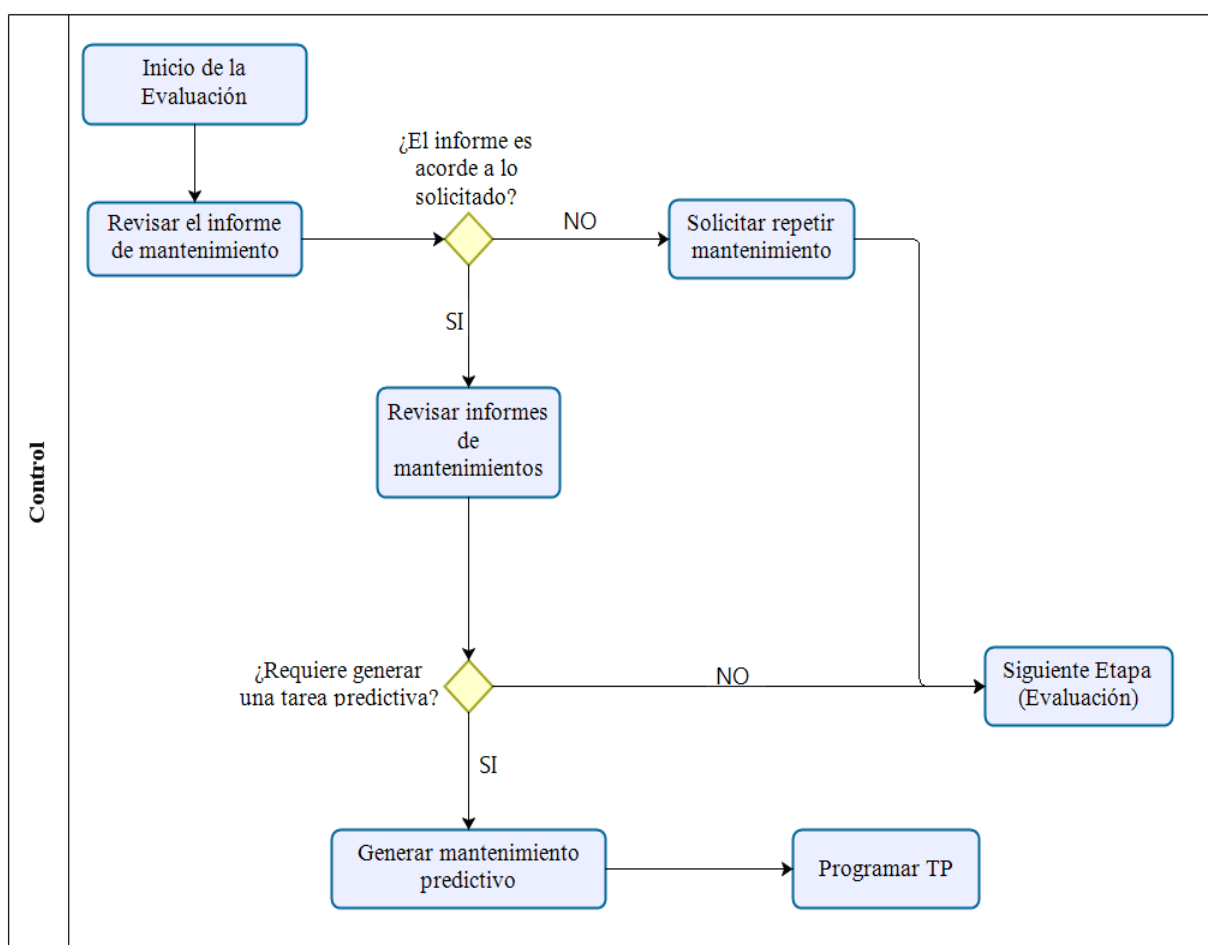


Figura 4.4 – Diagrama de Proceso para el Control del Plan de Mantenimiento. Elaboración Propia.

Una vez terminado el proceso de mantenimiento anual, es importante realizar un estudio del cumplimiento de objetivos, un análisis del estado de los equipos para de contar con información relevante para la próxima planificación del mantenimiento. Este proceso, se encuentra detallado por etapas en la Figura 4.5.

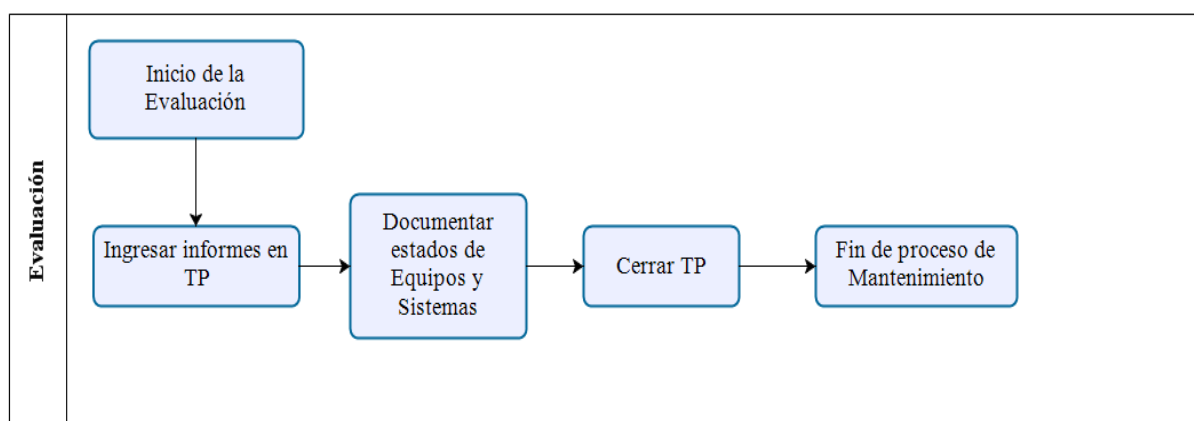


Figura 4.5 – Diagrama de Proceso para la Evaluación. Elaboración Propia.

4.4 Ejecución del mantenimiento

La ejecución del plan de mantenimiento no es considerada dentro de esta propuesta de rediseño, debido a que en la actualidad cuenta con un alto porcentaje de efectividad (mayor a 95%). Cada tarea de mantenimiento tiene un tiempo de garantía de 45 días, es decir cada vez que se ejecuta un mantenimiento correctivo o preventivo existe este plazo en el cual no debe existir una falla. En el caso de existir y que esta tenga relación directa con la incorrecta ejecución del proceso la tarea debe ser ejecutada nuevamente.

Por otro lado, las causas de insatisfacción del plan de mantenimiento no tienen relación con el proceso de ejecución, si no con la planificación del mantenimiento, por lo tanto, las ejecuciones de los procesos de mantenimiento de los equipos se considerarán de la misma forma como se implementa en la actualidad, cuyos diagramas de procedimientos serán adjuntos en el capítulo final de anexos IV.

Capítulo V. Conclusiones.

La empresa nacional de telecomunicaciones donde se realizó esta memoria de título, corresponde específicamente a la empresa Entel S.A., ubicada en Hermanos Amunátegui 20, Santiago centro.

El problema principal de esta organización es la insatisfacción que existe respecto a la planificación del mantenimiento, realizado por el área de control de contratistas y operaciones en terreno perteneciente a la vicepresidencia de tecnología y operaciones. Esta insatisfacción, se genera debido a la gran cantidad de tareas correctivas, reiteradas visitas a los mismos puntos de presencia, fallas reiteradas en equipos e inconvenientes durante la ejecución debido a condiciones climáticas y geográficas.

Para identificar las causas más importantes que originan el problema, se realizaron entrevistas a los principales involucrados en el proceso, como lo son técnicos, supervisores, encargados del mantenimiento, analistas, entre otros. Lo anterior, entregó como resultado las causas que provocan esta insatisfacción. Es por esto que es necesario atacar las causas mencionadas en el párrafo anterior para proponer la solución.

Dicho lo anterior, se propone como solución, la aplicación de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad. Esto, implica la implementación de un análisis de modo y efecto de fallas, además de un análisis de criticidad de las fallas funcionales, para finalmente generar un plan de mantenimiento con objetivos, alcances y nuevos diagramas para los procesos.

Para rediseñar el plan de mantenimiento, primero se deben identificar funciones de los equipos y sistemas existentes en los puntos de presencia, además del contexto operacional, para posteriormente clasificar según sus características y similitudes, con la finalidad de que la

ejecución del mantenimiento sea adecuada. Posteriormente, se debe identificar cuáles son los objetivos del mantenimiento, y que resultados se espera de este.

Luego de identificar las funciones, se debe realizar un análisis de modo y efecto de fallas para las funciones o equipos utilizando una hoja de decisión, donde se identifican causas de las fallas y las consecuencias o impacto que estas puedan tener. Con todo lo mencionado y utilizando el diagrama de decisión del proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad, se busca identificar las tareas más adecuadas para evitar o mitigar los impactos de las fallas funcionales. Estas tareas proactivas, pueden ser a condición, de reacondicionamiento o en otros casos de sustitución cíclica, dependiendo de las características de las fallas identificadas.

Otro beneficio de las hojas de decisión, es la posibilidad que existe de asignar puntajes para determinar rangos de criticidad que permitan tomar decisiones respecto a la ejecución del mantenimiento. Es decir, qué mantener, por qué mantener y cuándo mantener.

Después de lo mencionado anteriormente, se puede diseñar un nuevo plan de mantenimiento, con tareas proactivas adecuadas, nuevos procesos de planificación del mantenimiento, gestión más adecuada a las necesidades existentes, además de control y evaluación del plan, con la finalidad de aplicar mejoras de forma continua a lo largo del tiempo, buscando mejorar las condiciones del proceso de mantenimiento.

Luego de identificar los equipos existentes dentro de un Punto de Presencia y conocer su contexto operacional, fue posible clasificar los equipos y sistemas de modo que fuera posible realizar las labores de mantenimiento de manera más adecuada y disminuyendo los costos asociados al proceso de manutención, ya sea costos y tiempo de movilización, mano de obra e insumos requeridos.

Posteriormente se identificaron funciones, fallas, causas de las fallas y sus consecuencias para realizar un análisis de modo y efecto de falla que asociado a un criterio de riesgo permitió determinar cuál es el nivel de riesgo que esta falla acontezca y qué acción se puede realizar para que este riesgo disminuya. Además, se realizó un análisis de criticidad que permite identificar que tan crítica es una falla si llegase a ocurrir utilizando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Esta metodología, permite determinar cómo se debe actuar frente una falla y qué se puede realizar para disminuir las consecuencias.

Los análisis anteriores, permitieron identificar los equipos críticos y el riesgo de que ocurra cada falla, por lo tanto, es posible implementar tareas que permitan disminuir estos factores a corto plazo.

Por otro lado, entre los beneficios que se pueden obtener con esta metodología de puede identificar un menor costo de ejecución, menores costos de insumos y repuestos, menor riesgo de seguridad y un mayor compromiso con el cuidado del medio ambiente, y lo más importante un aumento en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Finalmente se rediseño el proceso de planificación del mantenimiento, para incorporar nuevas etapas que permitan ingresar la información necesaria a las hojas de decisión del análisis de fallas potenciales y además para documentar información histórica, con el objetivo de aumentar la confiabilidad de los equipos y mejorar la disponibilidad con el paso del tiempo. Esto, demuestra que el objetivo principal de este proyecto se cumple según lo esperado, generando un plan de mantenimiento adecuado para los equipos siendo útil para la organización.

Lista de Referencias

(s.f.).

Empresa Nacional de Telecomunicaciones S.A. (2017). *Entel.cl*. Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de Entel.cl: <http://www.entel.cl/memoria-2017/informacion-corporativa/>

Google LLC. (2005). *Google Maps*. Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de Google Maps: <https://goo.gl/maps/tLA6KKZuSf12>

IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial. (2018). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2018, de Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial: http://integramarkets.com/pdf/Gestion-y-Planificacion-del-Mantenimiento-Industrial_Ebook.pdf

Medina, C. Z. (2018). *Plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para el chancador primario fuller, operación mantoverde* (Ingeniero Mecánico Industrial ed.). UTFS.

Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II*. (S. y. ELLMANN, Trad.) Leicestershire, Lutterworth, United Kingdom: Biddles.

Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad* (Edición en Español ed.). (S. E. 1997, Ed., & S. Y. Ellmann, Trad.) Leicestershire, Lutterworth, Reino Unido: Aladon Ltd.

National Aeronautics and Space Administration. (2008). *Reliability Centered Maintenance Guide*. Recuperado el 6 de Agosto de 2018, de Reliability Centered Maintenance Guide: https://fred.hq.nasa.gov/Assets/Docs/2015/NASA_RCMGuide.pdf

Petróleos Mexicanos. (2018). *Metodología Análisis de Causa Raíz*. Recuperado el 2 de Agosto de 2018, de Metodología Análisis de Causa Raíz: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Causa_Raiz.pdf

Petróleos Mexicanos. (2018). *Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Recuperado el 6 de Agosto de 2018, de Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Mantenimiento_Centrado_Confiabilidad.pdf

Petróleos Mexicanos. (2018). *Metodología Análisis de Criticidad*. Recuperado el 6 de Agosto de 2018, de Metodología Análisis de Criticidad: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf

Petróleos Mexicanos. (2018). *Metodología de Inspección Basada en Riesgo*. Recuperado el 3 de Agosto de 2018, de Metodología de Inspección Basada en Riesgo: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/guia_sco_insp_basada_riesgo.pdf

- Reliability & Risk Management. (2018). *Metodología Integral para el Diseño y Optimización de Planes de Inspección*. Recuperado el 6 de Agosto de 2018, de Metodología Integral para el Diseño y Optimización de Planes de Inspección:
<http://reliarisk.com/sites/default/files/Archivos/Dise%C3%B1o%20y%20Optimizaci%C3%B3n%20Planes%20de%20Inspecci%C3%B3n-%20MIDOPI.pdf>
- Reliability and Risk Management. (2018). *Análisis Causa Raíz*. Recuperado el 1 de Agosto de 2018, de Análisis Causa Raíz: <http://reliarisk.com/post/an%C3%A1lisis-causa-ra%C3%ADz-%E2%80%93acr>
- Reliability and Risk Management. (2018). *Fundamentos De Análisis De Criticidad*. Recuperado el 6 de Agosto de 2018, de Fundamentos De Análisis De Criticidad:
<http://reliarisk.com/post/fundamentos-de-an%C3%A1lisis-de-criticidad>
- Subsecretaría de telecomunicaciones. (2018). *Subtel.cl*. Recuperado el 22 de Agosto de 2018, de Subtel.cl: <https://www.subtel.gob.cl/antenas1/>
- Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile. (2018). *Subtel*. Recuperado el 7 de Mayo de 2018, de Subtel: http://www.subtel.gob.cl/wp-content/uploads/2018/05/ppt_balance_teleco_mayo_2018_p.pdf
- Suzuki, T. (1995). *TPM en Industrias de Proceso*. (T. Suzuki, Ed., & A. C. Alvarez, Trad.) Madrid, Marqués de Cubas, España: Japan Institute of Plant Maintenance.

Anexos

Anexos I

N°	Preguntas
1	Según sus conocimientos ¿Cuál es el principal problema que se ven enfrentados al realizar el mantenimiento preventivo?
2	¿Cuál es el problema más recurrente en la ejecución del plan de mantenimiento?
3	¿Cuáles son las principales dificultades existentes en los POP ?
4	¿Cuáles son las principales dificultades que se ven enfrentados los técnicos al realizar el mantenimiento ?
5	Según su opinión ¿Cuál es la mayor falencia que presenta el plan de mantenimiento?
6	Según su opinión ¿Cuál es la causa por la cual se realizan mayor cantidad de mantenimientos correctivos ?
7	¿Cuáles son las principales dificultades al momento de planificar un mantenimiento preventivo?
8	Según su opinión ¿Cómo se podría mejorar el plan de mantenimiento?

Figura 7.1 — Entrevista realizada a técnicos, jefes de mantenimiento, analistas y supervisores. Elaboración propia.

Anexo II

Causas	Frecuencia	% Acumulado
Reiteradas visitas a un mismo POP	88	18%
Ausencia de planificación por CRM	82	34%
Dificultades Climáticas	72	48%
Dificultades Geográficas	70	62%
Falta de capacitación	60	74%
Falta de especialización en los trabajos	26	80%
Dificultades de acceso	18	83%
Equipos de trabajos insuficientes	17	87%
Ausencia de Supervisión	16	90%
Robo de equipos	15	93%
Ausencia de planificación a largo plazo	9	95%
Ausencia de Materiales y Herramientas	9	96%
Ausencia de Repuestos en bodega	8	98%
Seguridad perimetral insuficiente	5	99%
Insuficiencia de operarios	5	100%
Total	500	

Figura 7.2- Resultados de la entrevista a técnicos, jefes de mantenimiento, analistas y supervisores. Elaboración propia.

Anexo III

Tareas de Mantenimiento.

Existen tareas que pueden anticiparse a la ocurrencia de una potencial falla, disminuyendo el impacto de la falla o evitando que esta ocurra. Para toda organización es importante evitar la ocurrencia de fallas de modo de no ver afectada su capacidad productiva y disminuir los costos asociados al mantenimiento correctivo. Al momento de generar un plan de mantenimiento para los puntos de presencia es importante identificar cuales tareas son más efectivas para los distintos equipos o condiciones existentes.

Mantenimiento Proactivo

Para dar respuesta a la penúltima pregunta del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, “**¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir cada falla?**” es necesario aplicar un criterio para decidir si las tareas proactivas son técnicamente factibles, es decir identificar si las tareas necesarias para prevenir la falla se pueden llevar a cabo debido a las condiciones de los equipos o de factores externos como lo es condiciones físicas del entorno, además se debe considerar los costos directos e indirectos asociados a realizar la tarea proactiva de modo que estos sean menores a un mantenimiento correctivo.

Dentro del mantenimiento de Puntos de Presencia, existen tareas que se pueden realizar de manera proactiva disminuyendo el riesgo de falla. Estas, tienen directa relación con condiciones físicas de los equipos, ya sea por suciedad, oxidación, deterioro o por condiciones poco idóneas para los equipos, como lo es presencia de humedad, maleza o roedores, factores que pueden llevar a contribuir a fallas de no ser controlados a tiempo. Por otra parte, existen factores un poco más

complejos de identificar los cuales pueden ser identificaciones a través de ediciones, estas se pueden realizar utilizando medidores de ruido, vibraciones o temperatura.

Todo activo físico debe cumplir una determinada función y mientras esta se desempeña este se encuentra en contacto con el mundo real, lo que implica que está expuesto a una variedad de esfuerzos. Esfuerzos que deterioran las condiciones de funcionamiento de forma progresiva, es decir el deterioro es directamente proporcional al esfuerzo aplicado por estos factores del entorno. Otro factor que tiene incidencia en el deterioro de los equipos es la edad de estos, debido a que con el paso del tiempo los equipos disminuyen su fiabilidad.

Para el caso de la organización, afortunadamente los constantes cambios de la tecnología obligan a innovar en nuevos equipos lo que disminuye sus fallas por edad, además existen otros equipos expuestos a esfuerzos variables.

Tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica.

Luego de determinar una frecuencia de falla, se puede definir un período determinado para tareas de mantenimiento cíclicas, es decir, si se identifica cuánto tiempo puede funcionar un equipo según lo que se espera que haga sin tener una falla, se podría programar una tarea que ayude a disminuir la probabilidad de falla.

Antes de profundizar en cada una de estas tareas cíclicas se debe considerar que el reacondicionamiento tiene relación con realizar una acción que permita que el elemento mejore sus condiciones y permita que el equipo siga funcionando de la manera que se espera, por otra parte, la sustitución cíclica es todo lo contrario es la acción de reemplazar un elemento asegurándose de que el equipo mejore su condición.

Las tareas de **sustitución cíclica** consisten en descartar un elemento o componente, antes o al límite de que este cumpla su vida útil definida, independiente de las condiciones de este en ese momento. Esta estrategia, debe ser implementada de manera efectiva o de lo contrario implicaría un costo inadecuado, considerando el tiempo que podría haber seguido funcionando en buenas condiciones el elemento o componente sustituido. Para lograr identificar el tiempo adecuado, se puede utilizar información histórica, monitoreo de las condiciones operacionales o a control del comportamiento del equipo. Para que esta sea factible debe existir un período de sustitución identificable, de lo contrario no es adecuado utilizarla como estrategia.

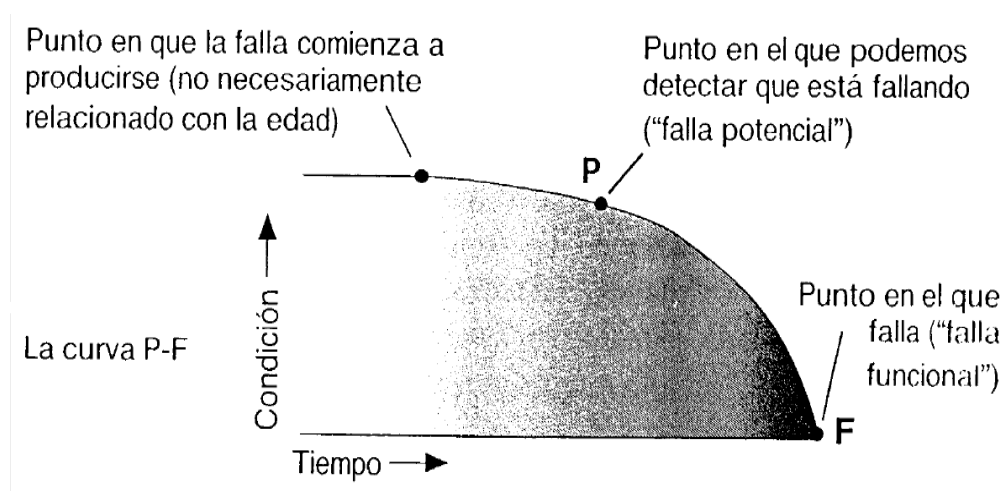
Para el mantenimiento preventivo de Puntos de Presencia es importante identificar los puntos de difícil acceso los cuales son visitados de forma esporádica y donde es necesario realizar un mantenimiento proactivo de sustitución cíclica considerando las dificultades de acceder en más de una ocasión a ellos, debido a las dificultades geográficas, climáticas y los costos asociados a la utilización de helicópteros, camionetas 4x4 o servicios de ayuda externos.

Para que una tarea de **reacondicionamiento cíclico** sea técnicamente factible, es necesario identificar si los elementos muestran un rápido incremento en la probabilidad de fallas, el elemento debe sobrevivir al periodo identificado, como normalmente lo hacen elementos cuando la falla tiene consecuencia para la seguridad o el medio ambiente, además se debe restaurar la resistencia original del elemento a la falla.

No todos los equipos funcionan de manera constante y tampoco todos los elementos tienen una vida útil lineal, por lo tanto, no siempre es útil la estrategia de mantenimiento cíclico, considerando que existen esfuerzos variables que desgastan los elementos de manera distinta es necesario formular un sistema que permita identificar la posible ocurrencia de una falla.

Mantenimiento Predictivo

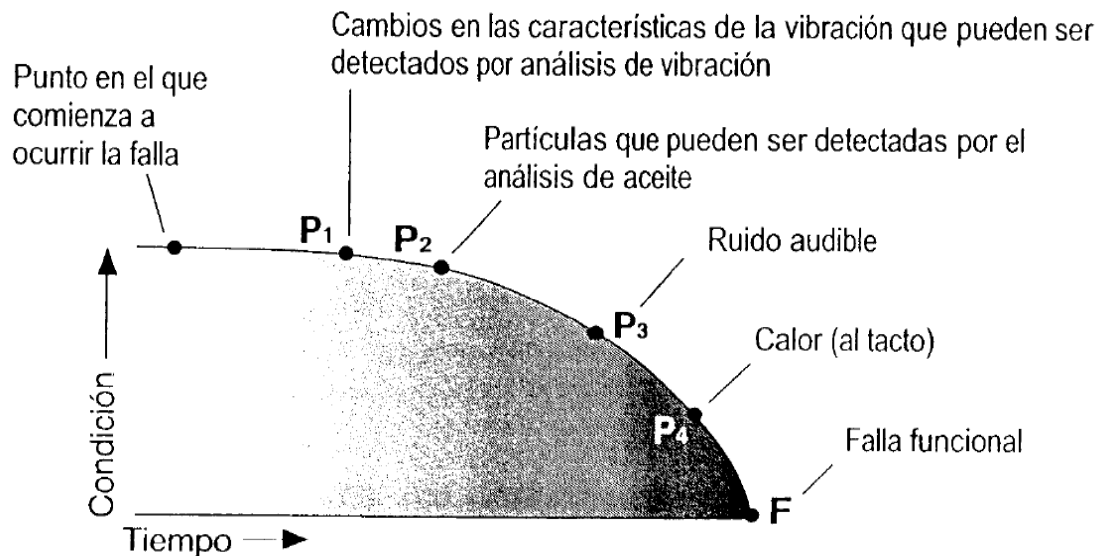
Si bien existe poca o ninguna relación entre el tiempo que el activo físico ha estado en servicio y la probabilidad de falla, la condición del activo en relación al tiempo puede ser considerada como advertencias previas a la ocurrencia de una falla. En la Figura 3.13 se puede observar que al pasar el tiempo la condición de los equipos se ve mermada y cuando una falla comienza a ocurrir se puede identificar un punto que no necesariamente tiene relación con la edad, pero luego de un tiempo puede provocar una falla potencial la cual debería ser identificada o de lo contrario puede gatillar en una falla funcional.



Curva de relación entre la condición y el paso del tiempo para los equipos. (Moubray, 2004)

Una falla funcional es un estado identificable que indica que una falla está a punto de ocurrir o en el proceso de ocurrir. Las tareas a condición consisten en identificar si existen fallas potenciales, que permitan actuar de forma preventiva, disminuyendo la probabilidad de ocurrencia de una falla funcional o evitar las consecuencias de la falla. El intervalo P-F es el intervalo con el cual cuenta el encargado de mantenimiento para actuar y evitar la falla funcional, por ende, las tareas a condición deben ser realizadas en intervalos menores al intervalo P-F.

El intervalo P-F varía según las condiciones del equipo, y si bien inicia con la ocurrencia de la primera falla potencial (P1) existen otras fallas potenciales dentro de este intervalo las cuales pueden ser identificables, es decir existe más de una oportunidad para disminuir o evitar la ocurrencia de una falla funcional, a no ser que el tiempo del intervalo sea menor a la visita del técnico encargado del mantenimiento lo que haría la falla funcional inevitable.



Fallas potenciales que pueden llevar a una falla funcional. (Moubray, 2004)

¿Cómo determinar el intervalo P-F?

Existen variadas formas de identificar este intervalo, pero la forma más es la que se basa en dos variables, **Disponibilidad** y **Confiabilidad**, es decir, determinar el intervalo de ocurrencia de fallas considerando la disponibilidad esperada por el usuario (de la que se puede determinar la indisponibilidad que es utilizada en la fórmula) y la confiabilidad actual de los equipos, estas dos variables permiten determinar el intervalo indicado para realizar tareas preventivas, esto sumado a la creación de un enfoque racional que ayude a los técnicos a identificar fallas potenciales,

permitirían generar tareas preventivas más efectivas, disminuyendo el número de fallas a final del periodo de evaluación.

Las fórmulas para el **cálculo del intervalo P-F** son dos, la primera permite determinar el **tiempo medio entre fallas** (TMEF), utilizando el número de fallas históricas de los equipos en un periodo determinado como tiempo total de funcionamiento, para luego utilizar en la siguiente fórmula.

$$TMEF = \frac{\text{Tiempo Total de Funcionamiento}}{\text{N}^\circ \text{ de Fallas}}$$

Luego de calcular el tiempo medio de entre fallas, se debe **determinar la indisponibilidad** de los equipos, utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{TMEF}{\text{Tiempo Total de Servicio}} = \text{indisponibilidad \%}$$

Finalmente, para determinar el **intervalo de búsqueda de fallas**, se utiliza:

$$IBF = 2 * \text{Indisponibilidad} * TMEF$$

Tareas de búsqueda de fallas

No siempre es posible encontrar una tarea proactiva que reduzca el riesgo de una falla y para esos casos es necesario implementar un sistema que permita identificarlas anticipadamente la ocurrencia de una falla funcional, una de las formas existente es a través de tareas cíclicas de búsqueda de fallas, estas consisten en revisar una función a intervalos regulares para saber si ha fallado. Las tareas de busque no verifican si el dispositivo está bien, si no que este aun este realizando de manera correcta lo que se espera de él.

Esta estrategia sirve para identificar fallas ocultas, es decir fallas no evidentes para los ojos del técnico, pero si para las mediciones realizadas. Este sistema debe ser utilizado para identificar todos los modos de fallas de los equipos, verificando las condiciones minuciosamente para disminuir las posibilidades causar una falla de seguridad.

Lo ideal es realizar un chequeo al sistema de protección de equipos reduciendo el riesgo de seguridad y no perturbar el funcionamiento de los equipos, en el caso de los grupos electrógenos con frecuencia se debe realizar pruebas con carga y si carga, de modo de saber si son capaces de funcionar frente a cualquier condición.

Esta hoja de decisión permite determinar las consecuencias de las fallas según la información ingresada en las columnas.

Referencia de información			Evaluación de consecuencias				
F	FF	FM	H	S	E	O	
3	A	1	N				Una falla oculta: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
5	B	2	S	S			Consecuencias para la seguridad: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir por sí sola el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
2	C	4	S	N	S		Consecuencias para el medio ambiente: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir por sí sola el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
1	A	5	S	N	N	S	Consecuencias operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva a través de un período de tiempo debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación de la falla que pretende prevenir
1	B	3	S	N	N	N	Consecuencias No-operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva a través de un período de tiempo debe costar menos que el costo de la reparación de las fallas que pretende prevenir

Consecuencias de fallas - un resumen. (Moubray, 2004)

Tareas Proactivas

- Las columnas H1/S1/O1 son utilizadas para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada para anticipar el modo de falla.
- Las columnas H2/S2/O2 son utilizadas para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento.
- Las columnas H3/S3/O3 son utilizadas para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica.

Anexo IV

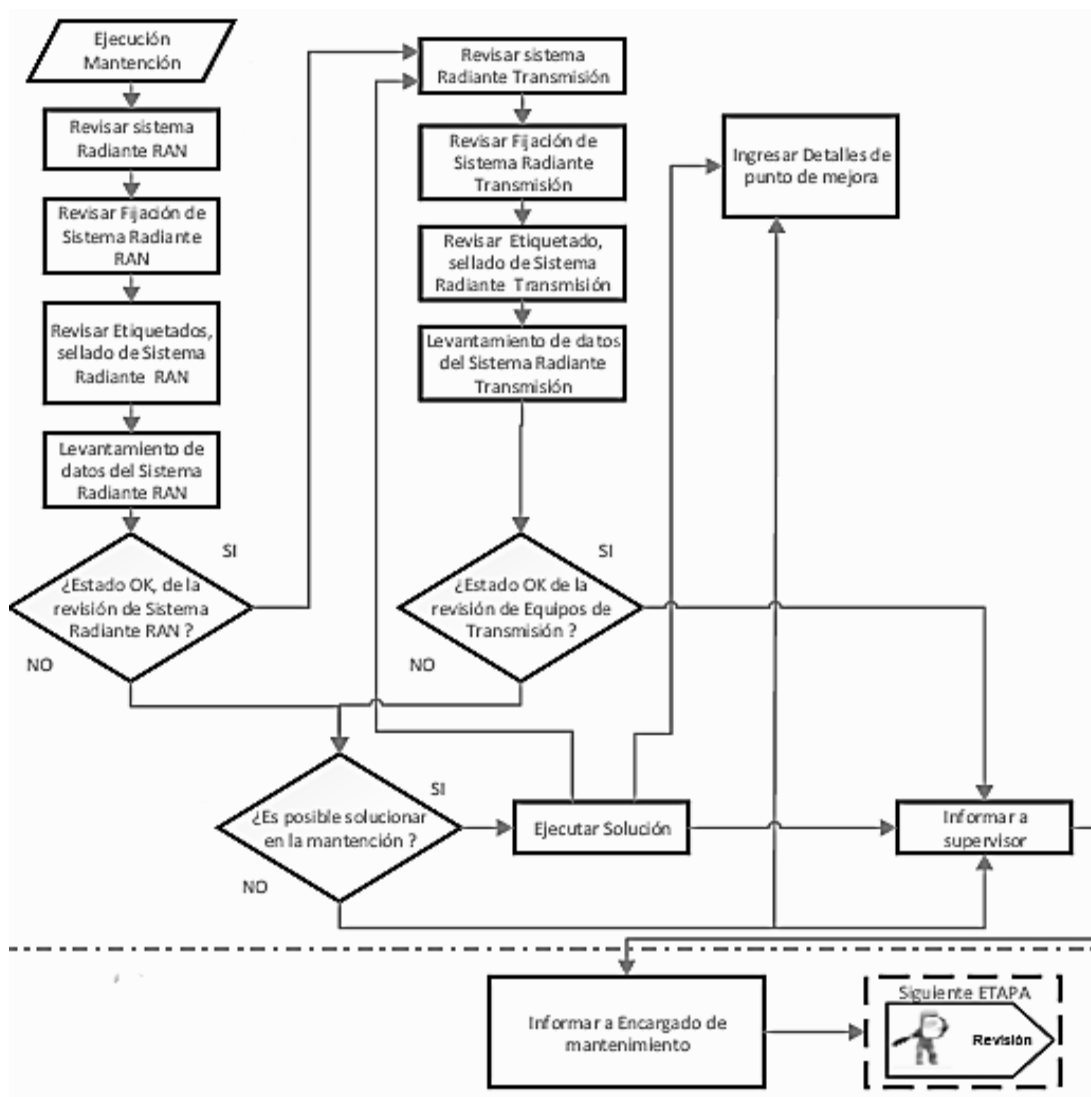


Figura 7.3 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento Sistema Radiante.

Obtenido del actual plan de mantenimiento.

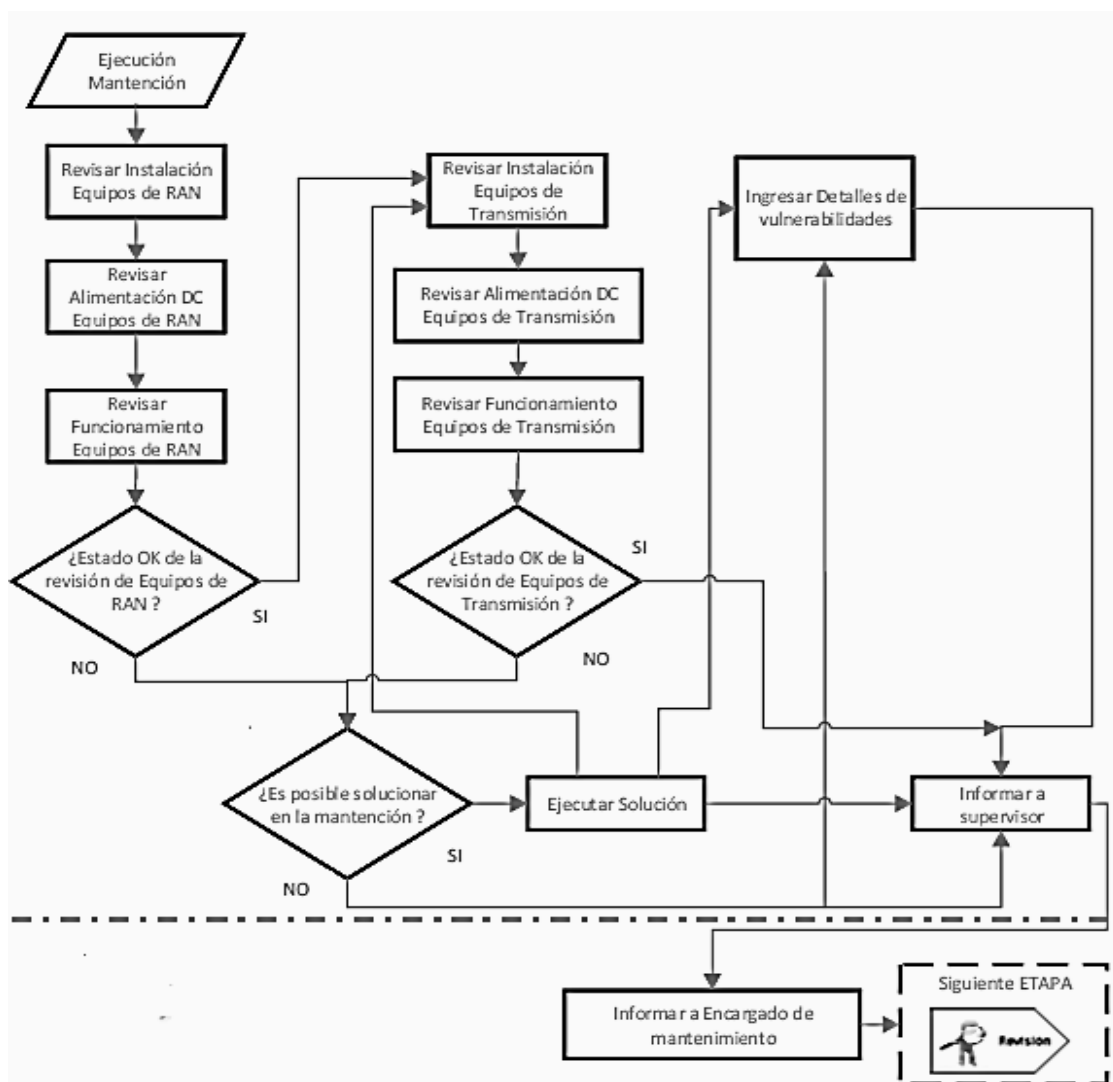


Figura 7.4 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de equipos RAN y Tx.

Obtenido del actual plan de mantenimiento.

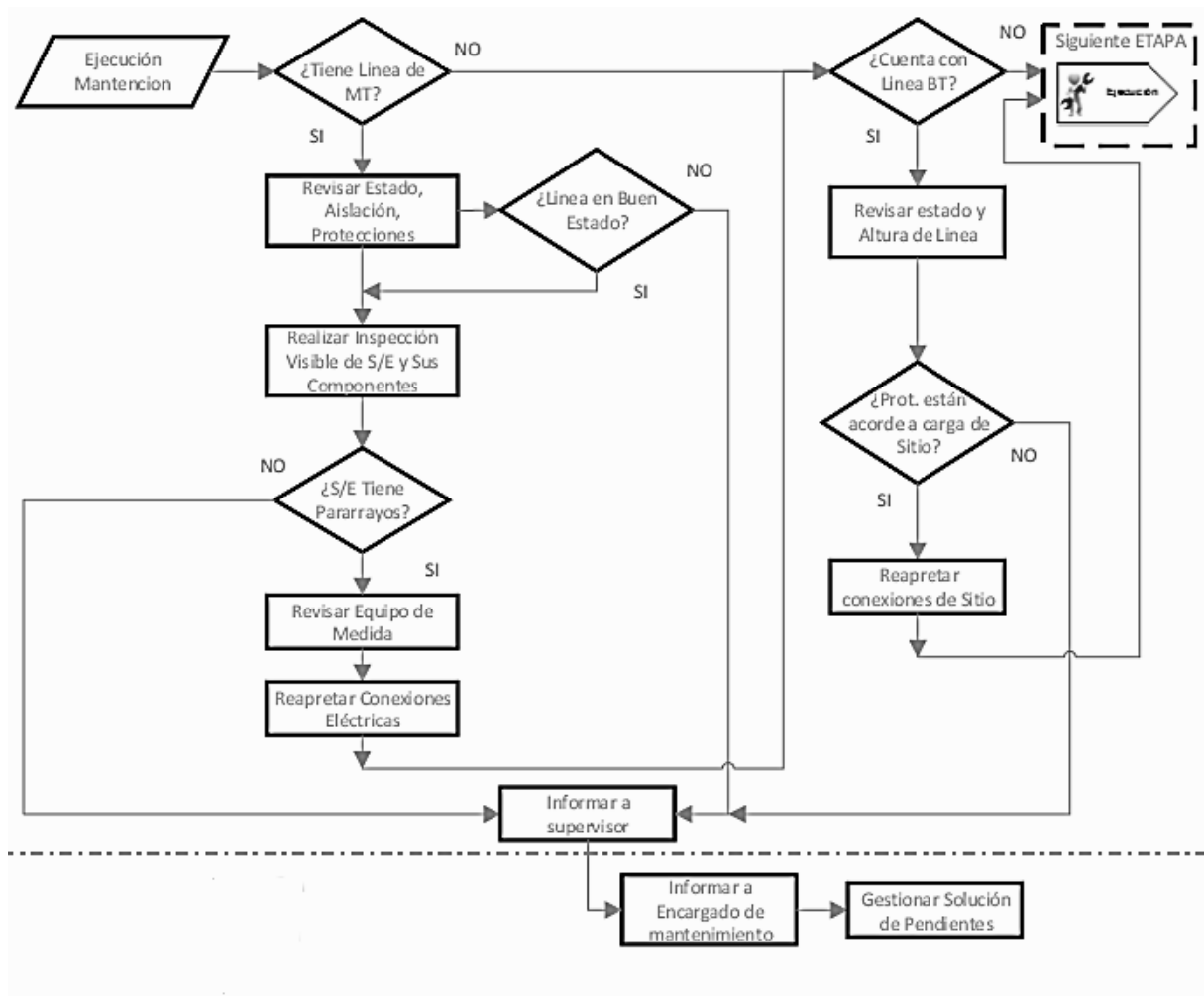


Figura 7.5 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Energía Etapa 1.

Obtenido del actual plan de mantenimiento.

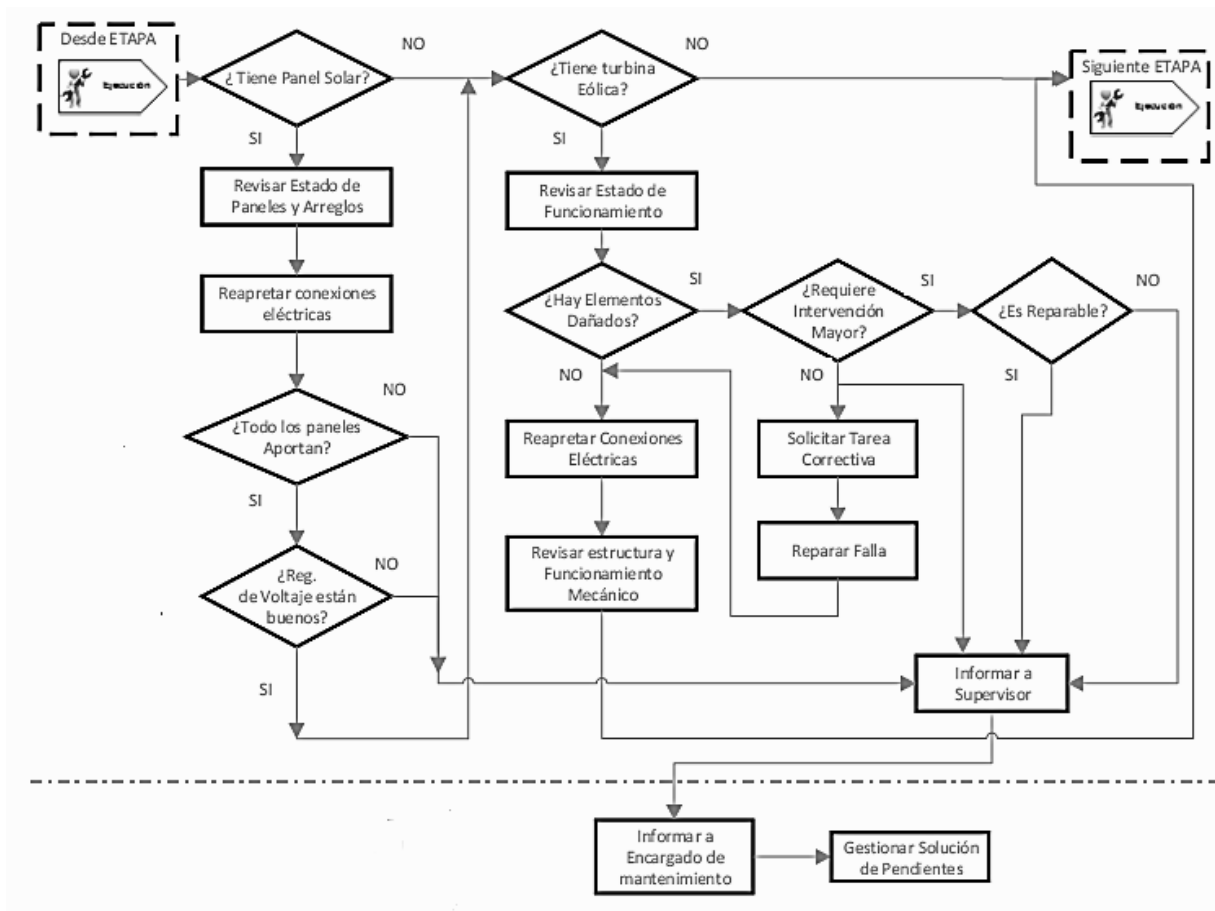


Figura 7.6 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Energía Etapa 2.

Obtenido del actual plan de mantenimiento.

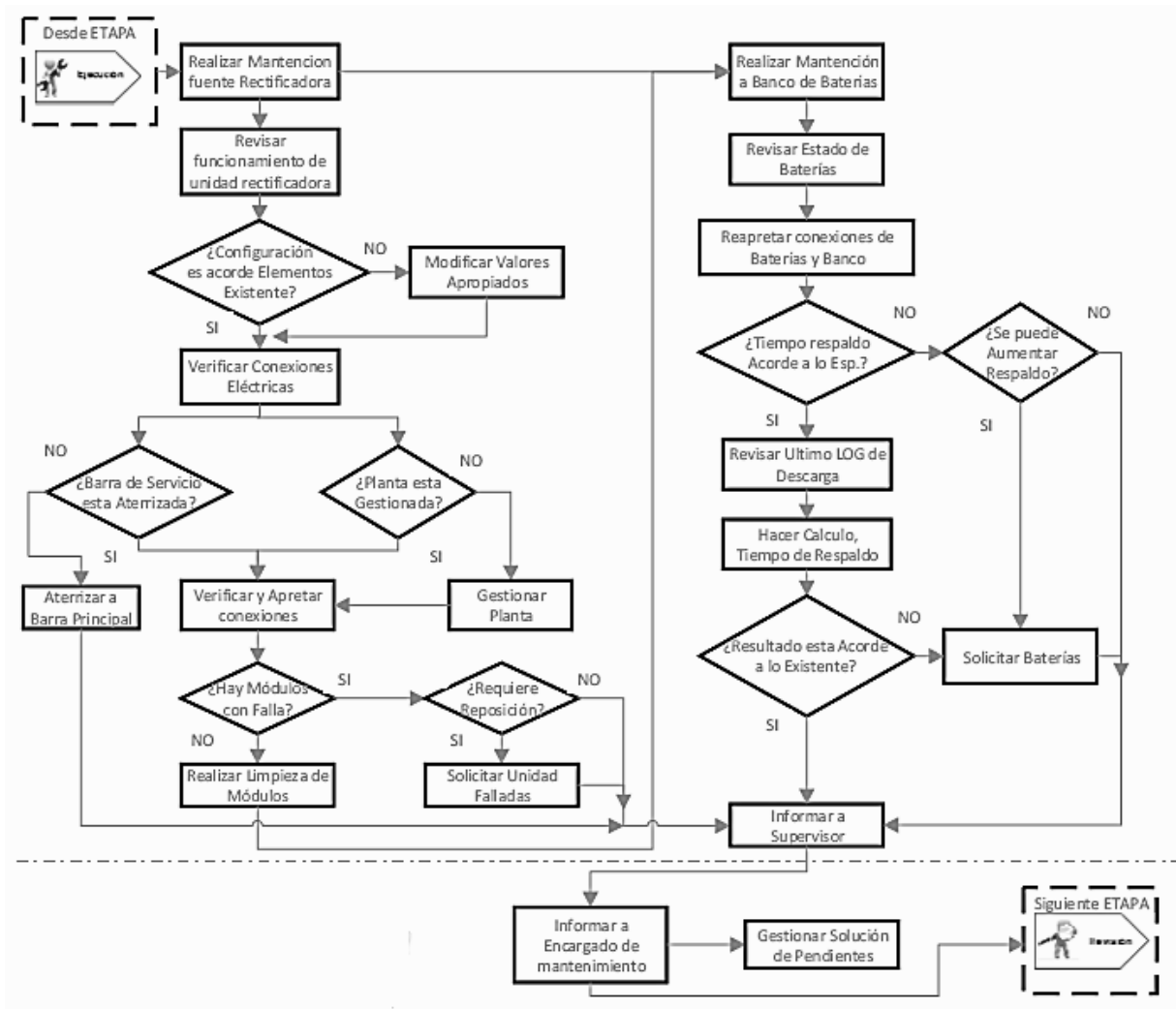


Figura 7.7 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Energía Etapa 3.

Obtenido del actual plan de mantenimiento.

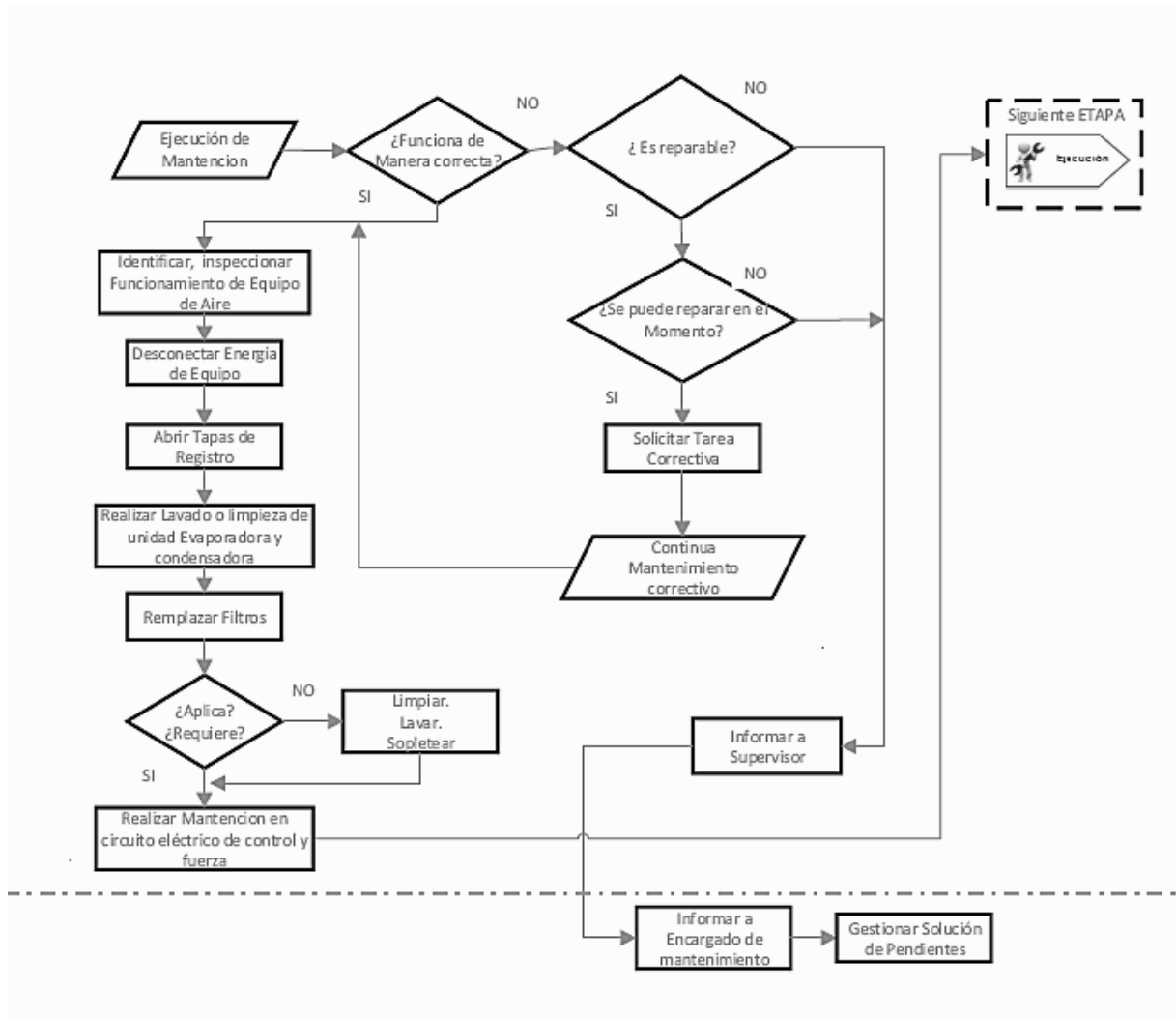


Figura 7.8 - Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Clima Etapa 1.

Obtenido del actual plan de mantenimiento.

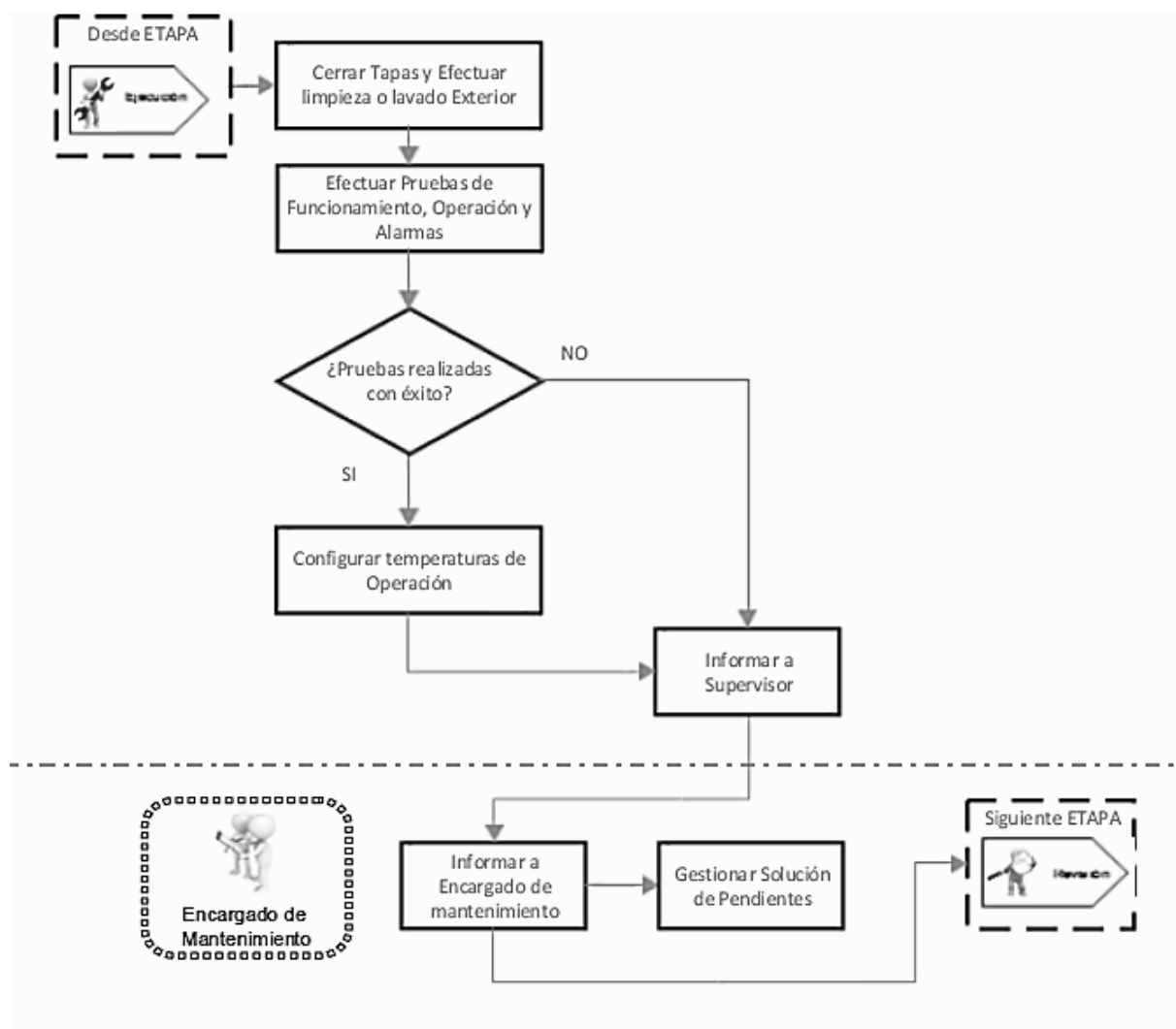


Figura 7.9 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Clima Etapa 2.

Obtenido del actual plan de mantenimiento.

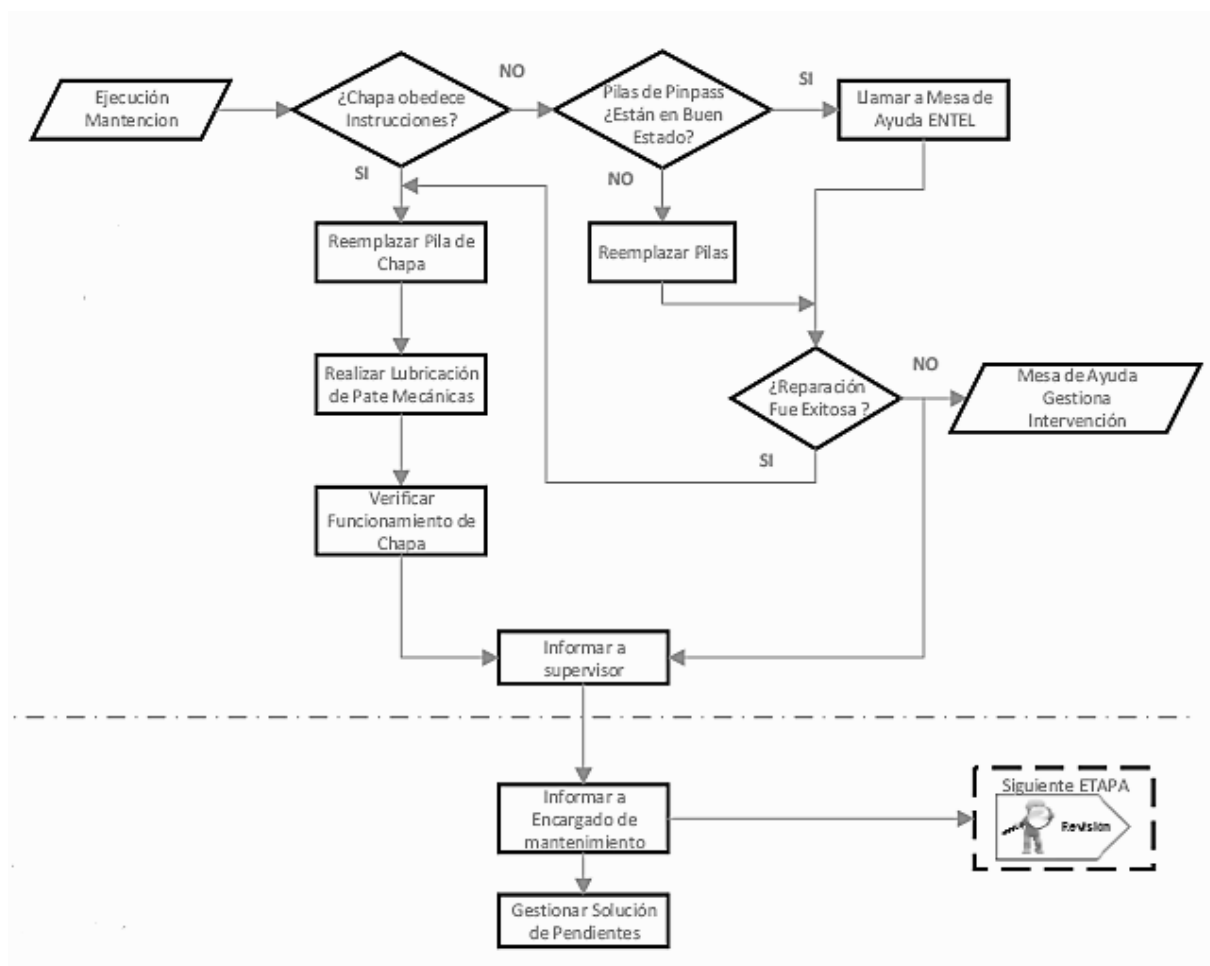


Figura 7.10 - Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Chapas. Obtenido del actual plan de mantenimiento.

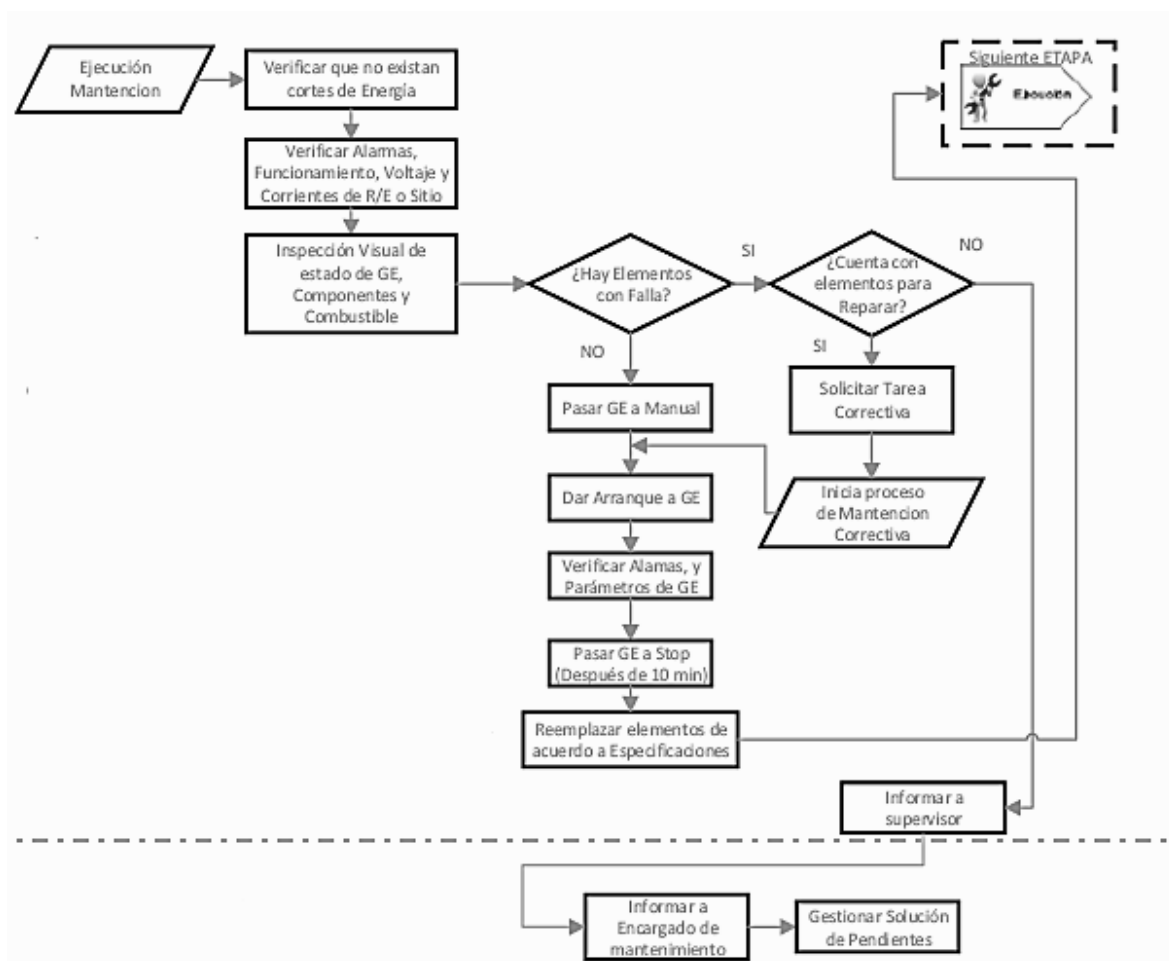


Figura 7.11 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Grupos

Electrógenos Etapa1. Obtenido del actual plan de mantenimiento.

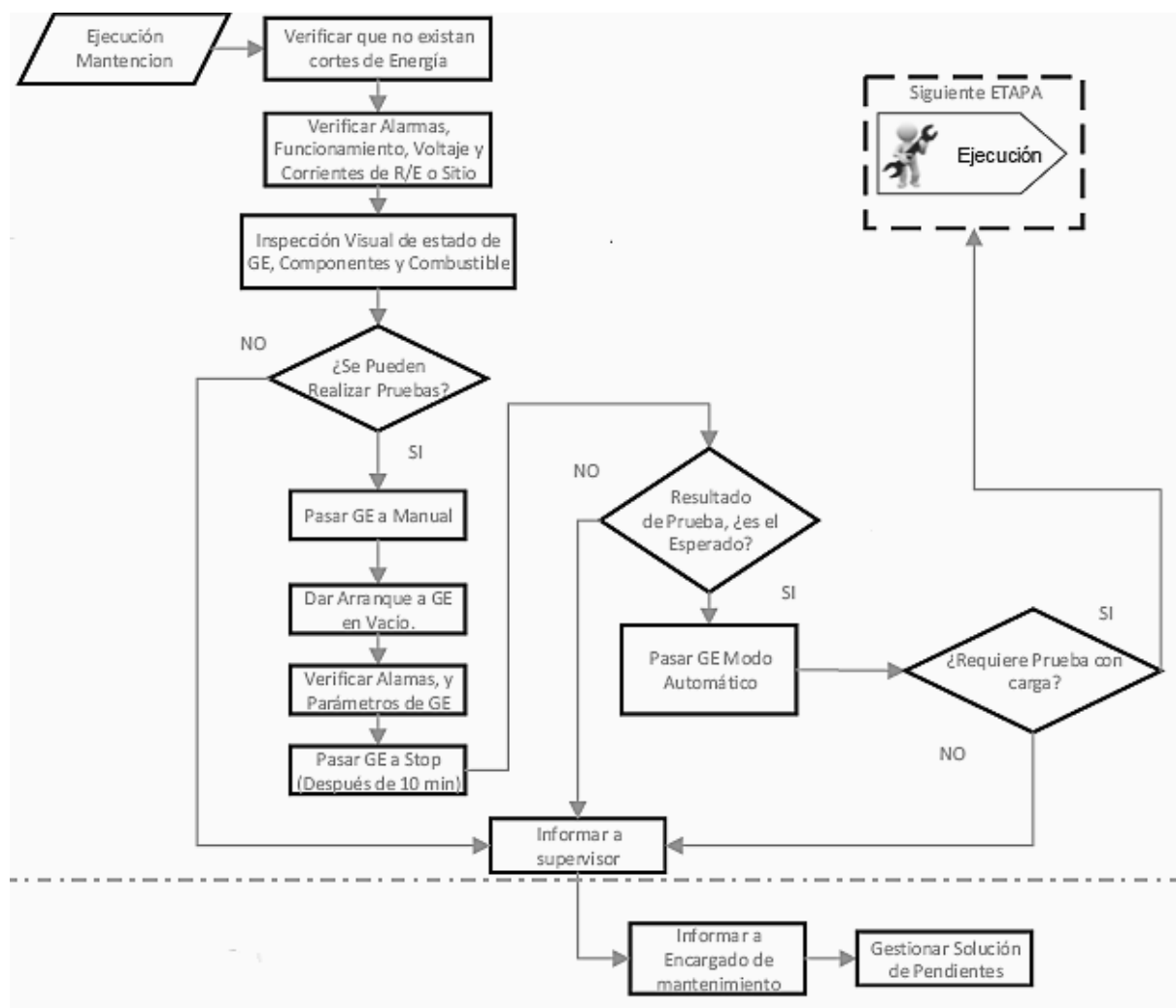


Figura 7.12 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Grupos Electrógenos Etapa 2. Obtenido del actual plan de mantenimiento.

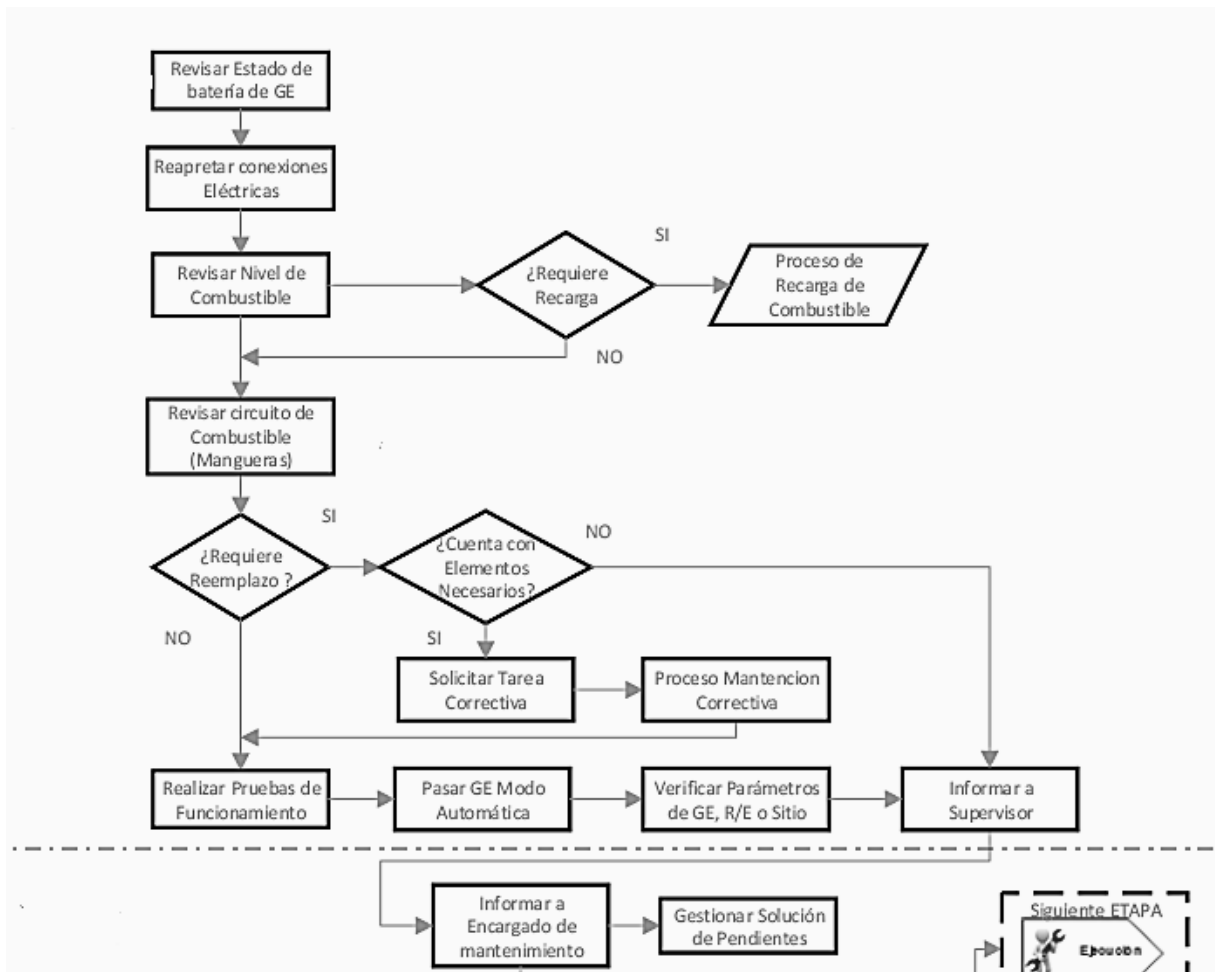


Figura 7.13 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Grupos Electrónicos Pruebas con Carga. Obtenido del actual plan de mantenimiento.

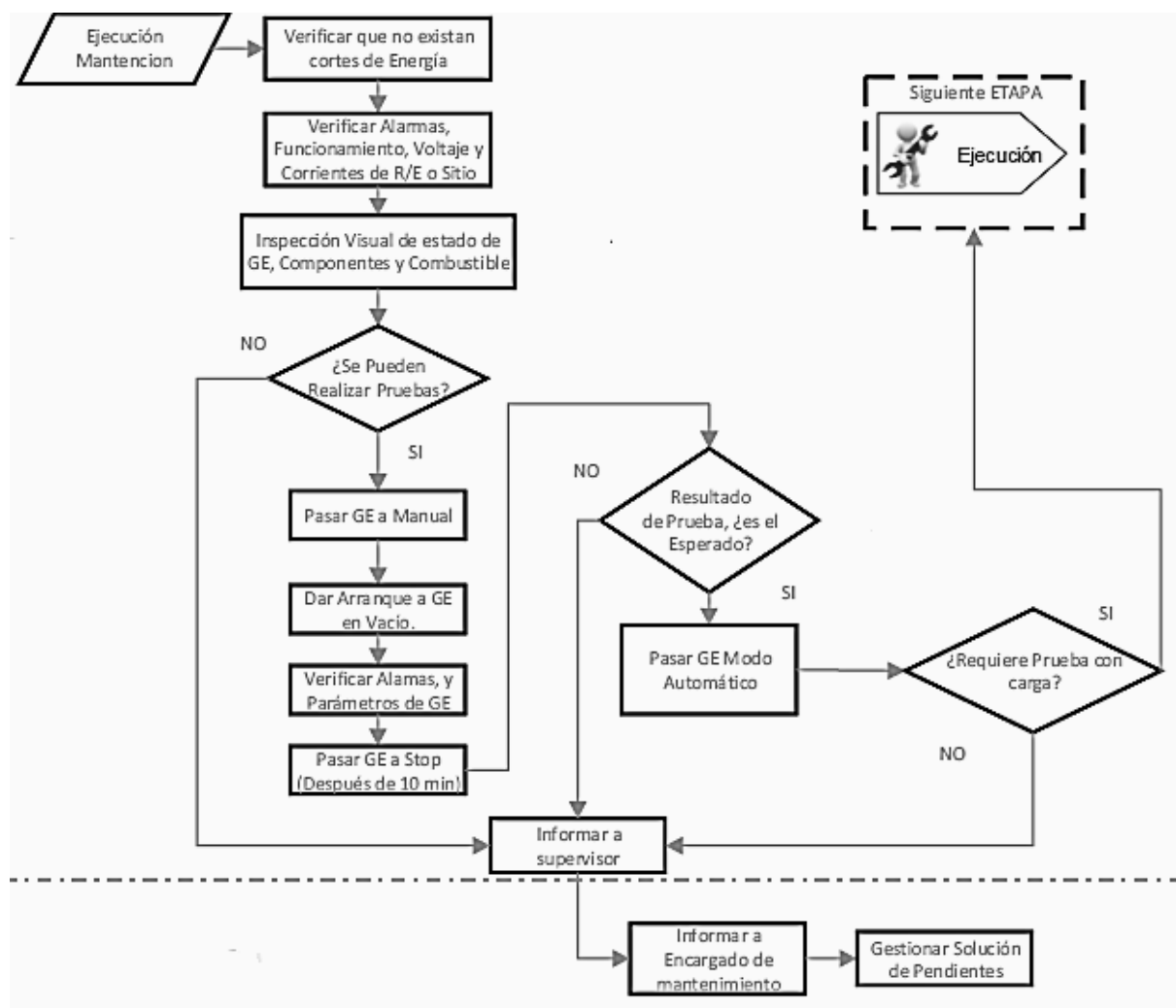


Figura 7.14 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Grupos Electrógenos Pruebas Sin Carga. Obtenido del actual plan de mantenimiento.

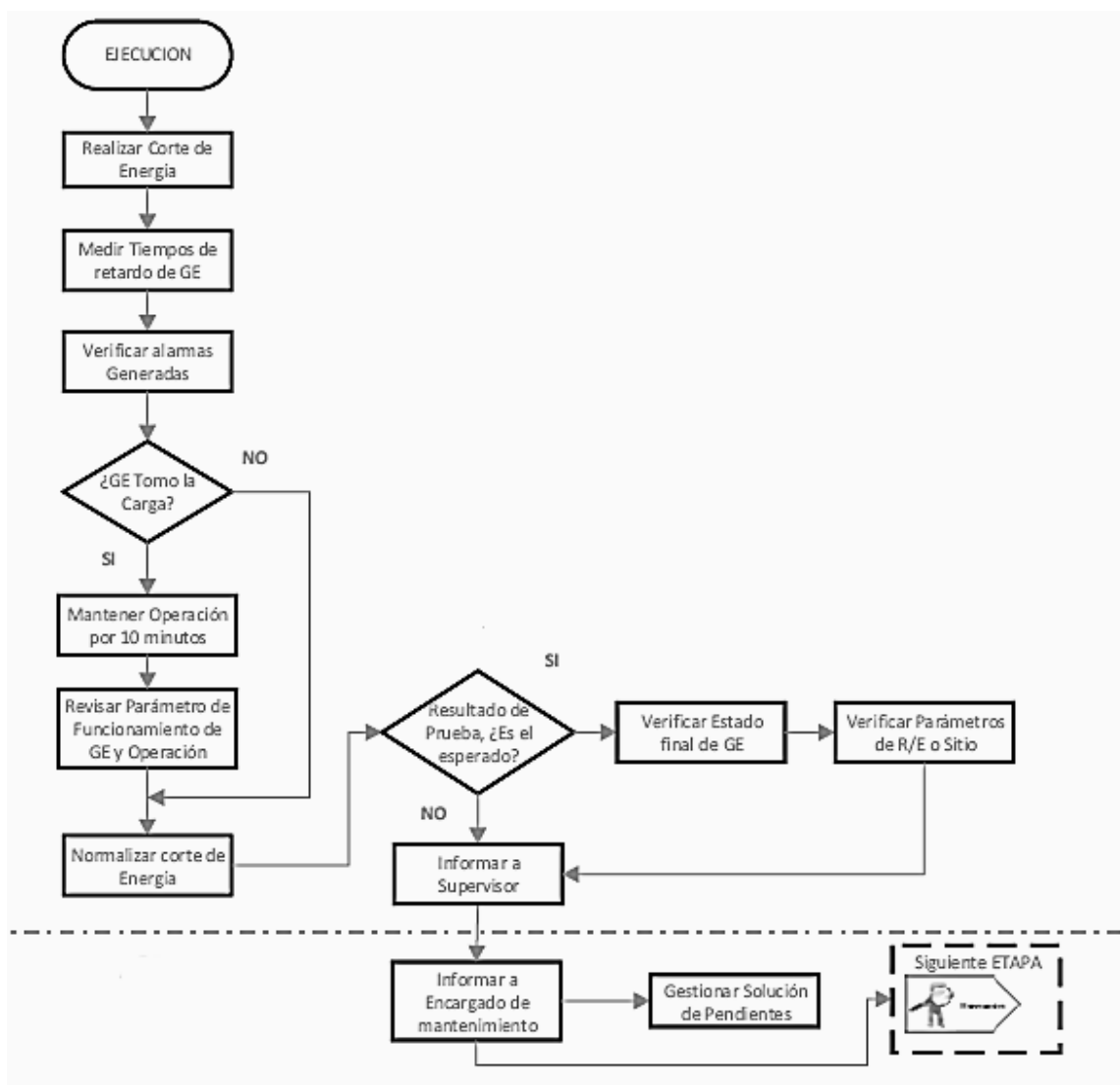


Figura 7.15 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Carga de Combustible. Obtenido del actual plan de mantenimiento.

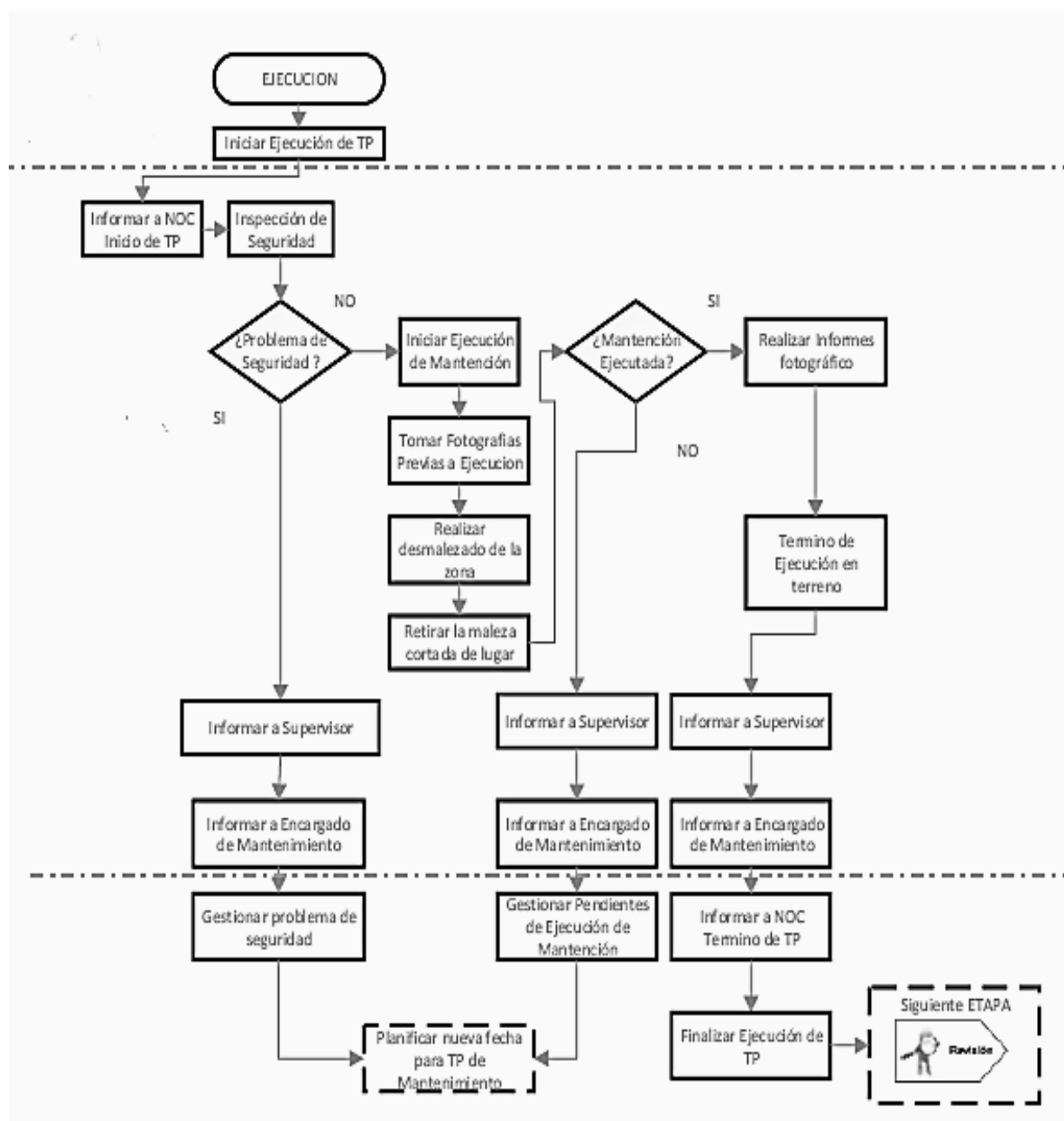


Figura 7.16 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Red Mínima.

Obtenido del actual plan de mantenimiento.

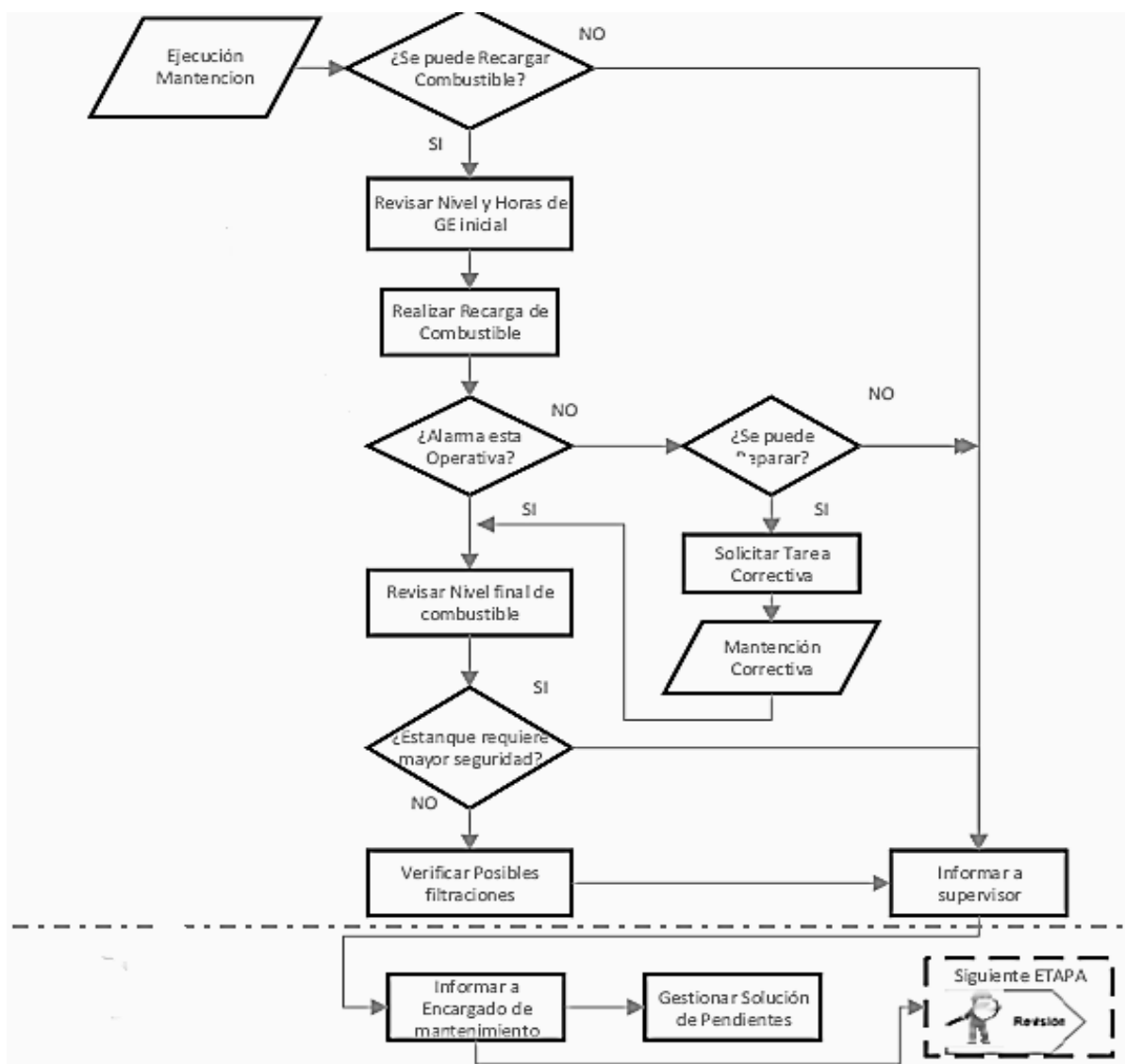


Figura 7.17 – Diagrama del proceso de ejecución del mantenimiento de Desmalezado.

Obtenido del actual plan de mantenimiento.

Anexo V

Información del Proceso de Mantenimiento del Punto de Presencia SA020, Cerro Blanco, Recoleta, Región Metropolitana. Información extraída de la Plataforma Oficce Track, propiedad de Entel S.A,

RESUMEN

TRABAJO REALIZADO		
-Generales		
-Acceso		
-Grupos Generadores		
-Planta de Energia		
-Baterias		
-Rack Baterias		
-Aire Acondicionado		
-Lineas Baja Tension		
-Tablero de F y A		
-Tablero de paso (TTM)		
-Tablero general (TG)		
-Obras Civiles		
-Extintor		
Verificar existencia extintor y revision ocular del estado general	Observaciones	vencido
Revisar fecha de mantención	Observaciones	vencido
Revisar fecha de expiración	Observaciones	vencido

RESPALDO FOTOS



Contenedor



Cerco



Torre y Sistema de seguridad



base torre



extendido de cables



torre y sistema de seguridad



tablero gral



postacion

tablero gral



placa y modelo de gg



quipo de clima

postacion



automatico gral gg



interior del contenedor



equipos



equipos



medidor



lectura medidor



automatico gal



limpieza a 2G1900



automatico gral



limpieza a 2G1900



limpieza a 3G900



tablero de transferencia



temperatura interior contenedor



nivel de aceite gg



extintor



planta rectificadora eaton apr 24



consumo fase R



consumo fase S



consumo fase T



planta apr 24 y respaldo



consumo fase T



planta apr 24 y respaldo



liquido refrigerante gg



panel de gg y horometro



filtro de aceite



nivel de combustible gg



tablero gral gg



prueba de partida de gg con carga



enlaces TN Ericsson



reaprite



reaprite



voltaje de bateria gg



panel de control gg



Tecnologias



equipos Ram



LTE



LTE 2,6



modelo de batetias

CHECKLIST

1	Generales	
1.1	Revisión Breaker general	Ok
1.2	Enchufes de servicio	Ok
1.3	Revisión Interruptores de luces	Ok
1.4	BDT interior Contenedor	Ok
1.5	BDT inferior Torre	Ok
1.6	BDT superior Torre	Ok
1.7	Iluminacion base	Ok
1.8	Iluminacion emergencia	Ok
1.9	Tablero distribucion	Ok

2	Acceso	
2.1	Estado camino acceso	Ok
2.2	Revisión pendientes y curvas peligrosas	Ok
3	Grupos Generadores	
3.1	Revisión Batería	Ok
3.2	Revisión Radiador	Ok
3.3	Revisión Nivel Agua Radiador	Ok
3.4	Revisión Nivel de Aceite	Ok
3.5	Revisión Mangueras	Ok
3.6	Revisión Bomba Combustible	Ok
3.7	Revisión Abrazaderas	Ok
3.8	Revisión Correas	Ok
3.9	Revisión Alternador	Ok
3.10	Revisión Cableado	Ok
3.11	Revisión Calefactor	Ok
3.12	Reapriete Tablero control	Ok
3.13	Revisión Voltajes de salida	Ok
3.14	Verificar cargas	Ok
3.15	Reapriete rejillas protección	Ok
3.17	Estado Gabinete Control	Ok
3.18	Limpieza general del GGEE	Ok
3.19	Aterramiento generador y estanque	Ok
3.20	Revisar Nivel Combustible Estanque	Ok
3.21	Sensor Nivel Combustible	Ok
3.22	Seguridad Estanque	Ok
3.23	Chequeo Alarmas con Monitoreo Iocetel	Ok
3.24	Revisar Estado Retorno y Drenaje Estanque	Ok

5 Planta de Energia		
5.1	Revisión de barras y conexiones	Ok
5.2	Revisión alimentador AC	Ok
5.3	Estado de terminales	Ok
5.4	Revisión Capacidad Breaker General	Ok
5.5	Estado de breaker	Ok
5.6	Limpieza de fuente	Ok
5.7	Verificar estado panel de control	Ok
5.8	Revisar Ruteo de cables	Ok
5.9	Revisar Conexión a tierra	Ok
5.10	Revisar Fijación planta a rack	Ok
5.11	Revisión de alarmas y chequeo de parametros	Ok
5.12	Revisar Gestión Remota	Ok
5.13	Tipo empalme Sitio	Ok
5.14	Tipo conexión Planta	Ok

6 Baterias		
6.1	Estado fisico bateria	Ok
6.2	Verificar Temperatura	Ok
6.3	Prueba de descarga baterias	Ok
6.4	Revisar Estado de conexiones	Ok
6.5	Revisión de apriete terminales	Ok
6.6	Estado de Bornes	Ok
6.7	Estado de Barras	Ok
6.8	Revisar Proteccion de barras	Ok
6.9	Estado y coordinacion de protecciones	Ok

8 Aire Acondicionado		
8.1	Limpieza unidades condensadoras y evaporadoras	Ok
8.2	Limpieza Filtro	Ok
8.3	Cambio Filtro	Ok
8.4	Revisión y Limpieza control	Ok
8.5	Limpieza Ductos	Ok
8.6	Detectar Ruidos de operacion	Ok
8.7	Estado fusible de control	Ok
8.8	Temperaturas de trabajo	Ok
8.9	Medir Temperatura de ejeccion	Ok
8.10	Revisar Sellos de fijacion	Ok
8.11	Reapriete pernos y tornillos en gral.	Ok
8.12	Limpieza general exterior	Ok
11 Lineas Baja Tension		
11.1	Revisar Tension de linea	Ok
11.2	Revision temple de linea	Ok
11.3	Revision anclaje linea	Ok
11.4	Verticalidad de postes	Ok

15 Tablero de F y A		
15.1	Apriete de terminales	Ok
15.2	Revisión estado protecciones	Ok
15.3	Test de prueba diferenciales	Ok
15.4	Revisión parámetros temperatura	Ok
15.5	Revisión respaldo sistema de humo	Ok
15.6	Revisión conector a borneras	Ok
15.7	Reapriete barras de conexión	Ok
15.8	Revisión de tierras	Ok

16 Tablero de paso (TTM)		
16.1	Revisión de conector a borneras	Ok
16.2	Reapriete de barras de conexión	Ok
16.3	Revisión de funcionamiento de selector de red	Ok
16.4	Reapriete de terminales del selector de red	Ok
16.5	Revisión de tierras	Ok

18 Obras Civiles		
18.1	Revisión de juntas y sellos Contenedor	Ok
18.2	Revisión piso contenedor	Ok
18.3	Pintura contenedor	Ok
18.4	Sellado roxtec	Ok
18.5	Escalerilla porta feeders	Ok
18.6	Revisión Puertas y porton	Ok
18.7	Revisión de muro o cercos perimetrales	Ok
18.8	Pintura torre	Ok
18.9	Revisión Bases con igol	Ok
18.10	Revisión estado Tableros	Ok
18.11	Aterramiento contenedor	Ok
18.12	Aterramiento torre	Ok
18.13	Aterramiento vientos	Ok
18.14	Aterramiento cerco perimetral	Ok
18.15	Retiro de basura	Ok

22 Extintor			
22.1	Verificar existencia extintor y revisión ocular del estado general	Observaciones	vencido
22.2	Revisar fecha de mantención	Observaciones	vencido
22.3	Revisar fecha de expiración	Observaciones	vencido