



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

REDISEÑO DEL PROCESO DE MANTENCIÓN DE MAQUINARIA DE CENTRALES
ELÉCTRICAS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

DIEGO ADOLFO CONTRERAS CASTILLO

PROFESOR GUÍA:
JORGE ARAVENA SALAZAR

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ALEJANDRO MUÑOZ ROJAS
MARCELA FLORES TOLEDO

SANTIAGO DE CHILE
2016

REDISEÑO DEL PROCESO DE MANTENCIÓN DE MAQUINARIA DE CENTRALES ELÉCTRICAS

El objetivo de la presente memoria es rediseñar el proceso de mantención de maquinaria de centrales eléctricas de ENDESA, mediante el diagnóstico y análisis de problemas ocurridos en cada parte del proceso, identificando las actividades, tareas y responsables involucrados. Esto es con el fin de identificar las ineficiencias, para luego plantear un conjunto de propuestas orientadas a la mejora de la eficiencia de producción de las maquinarias.

Para el desarrollo de esta memoria, primero se procederá a mostrar el estado de la industria eléctrica en Chile para permitir el planteamiento del problema y su clara explicación. Así se procederá a establecer el objetivo general como los específicos de forma de enfocar los esfuerzos al cumplimiento de estos.

Posteriormente se seguirá con la descripción más detallada del mercado en el que participa ENDESA, la situación actual de la compañía y el futuro mercado eléctrico. Estos estudios dan la base para reflejar que la mantención tiene un alto impacto tanto económico como de eficiencia dentro de la empresa y en rubros similares. En base a esto se procederá a explicar el contexto sobre la mantención de manera de reafirmar su importancia en procesos dentro de diversas industrias y de manera específica dentro de la compañía.

Después se describe la metodología utilizada para desarrollar esta memoria, que entrega las pautas principales para abordar el extenso tema sobre el mantenimiento de maquinarias. A su vez y con fines de comprender como lograr un rediseño de procesos, se estudió metodologías sobre rediseño. Esto entregó ideas y métodos para crear el rediseño que se está estudiando y luego así estudiar sus causas y problemas.

El desarrollo es la sección de mayor importancia, debido que recopila toda la información y aplica la metodología para levantar la situación actual de la compañía y así crear el rediseño. Además de recopilar datos que fundamenten estadística y matemáticamente que la mejora del proceso de mantención influye enormemente en la eficiencia y calidad de producción de energía eléctrica.

Por razón de lo anterior se procederá a generar propuestas que solucionen los problemas encontrados de manera de cumplir con el objetivo general y específicos. De esta forma se podrá tener bases para concluir que el proceso de mantención de maquinarias eléctricas es un punto vital para la mejora de la empresa y su competitividad en el mercado.

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3.	OBJETIVOS.....	5
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	5
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
4.	RESULTADOS ESPERADOS	6
5.	ALCANCES	6
6.	CONTEXTO.....	7
6.1.	SITUACIÓN DEL MERCADO	9
6.2.	ESTADO ACTUAL	14
6.3.	SITUACIÓN A FUTURO	18
6.3.1.	EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO POLÍTICA DE ESTADO	18
6.3.2.	PROMOVER LA CREACIÓN DE ERNC	18
6.3.3.	ROL DE ENERGÍAS TRADICIONALES	20
6.3.4.	MERCADO ELÉCTRICO MÁS COMPETITIVO	20
7.	MARCO TEÓRICO	22
7.1.	IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO.....	22
7.1.1.	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	22
7.1.2.	CLASIFICACIÓN GENERAL DEL MANTENIMIENTO	23
7.2.	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	24
7.2.1.	GENERALIDADES.....	24
7.2.2.	SISTEMA DE MANTENIMIENTO.....	24
7.2.3.	TRABAJO ESTÁNDAR.....	24
7.3.	EFECTIVIDAD OPERATIVA DE SISTEMAS.....	25
7.3.1.	CONCEPTOS RELACIONADOS.....	25
7.3.2.	TIEMPOS A CONSIDERAR PARA EL MANTENIMIENTO	25
7.4.	CONFIABILIDAD	26
7.5.	TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS COMO MEDIDA DE CONFIABILIDAD .	26
7.6.	RAZÓN DE FALLAS Y CURVA TINA DE BAÑO	26
7.7.	MODELOS PROBABILÍSTICOS DE FALLAS	28
7.8.	MANTENIBILIDAD.....	28

7.9.	EL TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR COMO UNA MEDIDA DE LA MANTENIBILIDAD	28
8.	METODOLOGÍA.....	29
8.1.	METODOLOGÍA UTILIZADA	30
8.2.	METODOLOGÍAS DE REDISEÑO.....	32
8.2.1.	SEIS SIGMA	32
8.2.2.	MÉTODO DE REDISEÑO COMPLETO (MRC).....	33
8.2.3.	MÉTODO DE ACCIÓN RÁPIDA (MAR).....	33
8.2.4.	EARLE	34
8.3.	METODOLOGÍA PARA LA MEJORA CONTINUA	36
8.3.1.	KAIZEN	36
8.3.2.	TÉCNICAS PARA LA MEJORA CONTINUA.....	37
8.4.	HERRAMIENTAS PARA EL MODELAMIENTO DE PROCESOS	37
8.4.1.	MICROSOFT OFFICE VISIO.....	39
8.4.2.	BIZAGI PROCESS MODELER	39
9.	ESTRUCTURA DE COSTOS	40
9.1.	COSTO GLOBAL	40
9.2.	COSTO DE INTERVENCIÓN (CIM)	40
9.2.1.	COSTOS POR UNIDAD DE TIEMPO	41
9.2.2.	COSTO DE REPUESTOS	42
9.3.	COSTO DE FALLAS (CFM).....	42
9.3.1.	EVALUACIÓN DEL COSTO DE FALLA.....	42
9.4.	COSTO DE ALMACENAMIENTO (CAM).....	43
10.	DESARROLLO.....	44
10.1.	INVESTIGACIÓN TEÓRICA	44
10.2.	FUENTES PRIMARIAS	44
10.3.	LEVANTAMIENTO DE SITUACIÓN ACTUAL	45
10.4.	SITUACIÓN ACTUAL	46
10.5.	DATOS.....	49
10.6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	52
10.7.	PROBLEMAS.....	61
10.8.	PROPUESTAS.....	69

11.	CONCLUSIONES.....	79
12.	GLOSARIO.....	82
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	85
14.	ANEXOS.....	87
	Anexo I: Datos.....	87
	Anexo II: Rediseño del Proceso.....	91
	Anexo III: Organigrama.....	96

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Situación financiera resumida a Septiembre 2015.....	15
Tabla N° 2: Producción y porcentaje de mercado a Septiembre 2015	15
Tabla N° 3: Producción y participación de mercado histórica	15
Tabla N° 4: Capacidad instalada total según tecnología, ENDESA Chile.....	16
Tabla N° 5: Ventas físicas de energía a diferentes clientes	16
Tabla N° 6: Resumen Chile consolidado.....	49
Tabla N° 7: Mantenciones mayores, 2014	49
Tabla N° 8: Cantidad de pedidos, 2014.....	50
Tabla N° 9: Promedio (días) respuesta aprobación pedido	50
Tabla N° 10: Resumen ventas totales (GWh) Pehuenche S.A. 2014	51
Tabla N° 11: Resumen producción (GWh) Pehuenche 2014	51
Tabla N° 12: Resumen financiero y producción eléctrica.....	52
Tabla N° 13: Estadísticos precio medio de mercado SIC y SING	53
Tabla N° 14: Estadísticos precio medio de mercado SIC y SING	53
Tabla N° 15: Compras de energía eléctrica por parte de ENDESA 2014	54
Tabla N° 16: Estadísticos costo marginal SIC y SING	54
Tabla N° 17: Compra energía eléctrica ENDESA 2014	55
Tabla N° 18: Producción promedio diaria Pehuenche 2014	56

Índice de Figuras

Figura N° 1: Costo marginal promedio mensual real SIC nudo Quillota.....	8
Figura N° 2: Relación PIB y producción eléctrica	9
Figura N° 3: Capacidad Total Instalada en Chile	10
Figura N° 4: Costo Marginal USD/MWh nudo Quillota.....	11
Figura N° 5: Costo Marginal USD/MWh nudo Quillota.....	11
Figura N° 6: Capacidad Instalada, Proyectos en construcción SIC según fecha de puesta en servicio	13
Figura N° 7: Situación actual generación, capacidad instalada y financiera.....	14
Figura N° 8: Gráfico comparación consumo de energía eléctrica por el ingreso per cápita	17
Figura N° 9: Curva tina de baño.....	27
Figura N° 10: Preguntas para construir la metodología	29
Figura N° 11: Metodología Utilizada.....	31
Figura N° 12: Etapas del método de Earle.	34
Figura N° 13: Construcción Situación Actual	45
Figura N° 14: Método diseño de situación actual	46
Figura N° 15: Inicio del Contrato.....	47
Figura N° 16: Precio Medio de Mercado 2014	52
Figura N° 17: Precio Medio de Mercado 2014 en M\$	53
Figura N° 18: Costo Marginal para SIC y SING 2014.....	54
Figura N° 19: Resumen producción eléctrica Pehuenche 2014	56
Figura N° 20: Cantidad de Pedidos Anual (%)	58
Figura N° 21: Cantidad de pedidos vs Promedio de respuesta.....	58
Figura N° 22: Cantidad de pedidos vs Máximo tiempo de respuesta.....	59
Figura N° 23: No excede vs Excede el Tiempo Límite (%).....	59
Figura N° 24: Esquema para diagnóstico de problemas Fuente: Elaboración propia	61
Figura N° 25: Diseño Planificación de los trabajos.....	62
Figura N° 26: Planificación de los trabajos referente a SAP.....	63
Figura N° 27: Proceso de ejecución de los trabajos	65

1. INTRODUCCIÓN

“El mercado eléctrico en Chile está compuesto por las actividades de generación, transmisión y distribución de suministro eléctrico. Estas actividades son desarrolladas por empresas que son controladas en su totalidad por capitales privados, mientras que el Estado ejerce funciones de regulación, fiscalización y de planificación indicativa de inversiones en generación y transmisión.”¹

En base a lo anterior la generación de energía eléctrica es producida por un grupo reducido de empresas, las cuales tienen por objetivo cumplir con lo que se le solicita en el aporte a la red eléctrica del país, siendo esto regulado en sus diferentes grados mediante instituciones como Ministerio de Energía, Comisión Nacional de Energía (CNE), Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC), entre otros y legislada con tres importantes leyes².

ENDESA es una de las mayores empresas de generación eléctrica en Chile aportando alrededor de un 40% de potencia eléctrica instalada en el Sistema Interconectado Central. Esta generación se produce mediante 3 grandes tecnologías: ciclos combinados, termoeléctricas e hidráulicas, siendo la última de estas la más usada en Chile por condición favorable de ríos y lagos. Adicionalmente de estas tecnologías existen las energías renovables no convencionales (ERNC) que son de menor aporte al sistema en comparación a las tradicionales, pero son tecnologías innovadoras en las que ENDESA está invirtiendo para llegar a futuro con una generación de energía más limpia y menos dañina para el medio ambiente.

Cada una de estas tecnologías son fundamentales para la producción de energía y así abastecer a Chile en este contexto, resultando ser primordial mantener en condiciones óptimas los equipos involucrados en la generación eléctrica, sin perjudicar la oferta de energía que el país demanda en cada instante del año. Por la necesidad de otorgar mantención a las maquinarias de las centrales eléctricas tanto en momentos programados como en caso de emergencias debido a hechos inesperados, se desarrollará un nuevo proceso sobre diferentes actividades a seguir dentro de una mantención en la maquinaria involucrada con la finalidad de hacer el proceso más eficiente, con mejor calidad y garantizando una inspección efectiva de los trabajos, tanto en lo técnico, seguridad y medio ambiental.

La presente memoria se justifica a partir de la oportunidad que existe en ENDESA de mejorar el proceso que involucra la mantención de las maquinarias de producción eléctrica. Esta oportunidad surge sobre la base que el proceso de mantención a estudiar es uno de los procesos que no ha tenido cambios relevantes en más de una década y hay evidencia suficiente que señala serias deficiencias que ponen en riesgo los objetivos de estas mantenciones. Cabe señalar que ENDESA es una empresa que apunta ser una “compañía multinacional responsable, eficiente y competitiva”³, por lo tanto tener un proceso de mantención con deficiencias detectadas que no han sido objeto de evaluación y proceso de mejora, otorga el mérito de estudiar un aspecto que la empresa no ha hecho antes, y que puede resultar en grandes beneficios tanto para la empresa como sus clientes.

¹[1]Ministerio de Energía, Mercado Eléctrico <http://www.energia.gob.cl/node/27>

²[2] Ley general de servicios eléctricos, [3]Ley Corta I y [4]Ley Corta II

³[5] Visión, Misión y Valores Corporativos, ENDESA Chile

La finalidad de esta tesis es realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso de mantenimiento de las maquinarias de producción eléctrica, y en base a ello plantear propuestas de mejoras a los problemas que se identifiquen con fin de proponer un rediseño del proceso de mantenimiento de maquinarias en las centrales eléctricas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como se ha mencionado previamente, existe una oportunidad de agregar valor a la empresa en el área de mantención de maquinarias. Esta área tiene la particularidad de estar obsoleta, es decir, que durante el paso de los años no ha habido cambios significativos en el método de la mantención y no se ha hecho el esfuerzo por alinear este proceso con la estrategia de eficiencia de ENDESA.

Por ello la mantención de elementos, equipos, sistemas y maquinarias tiene un rol importante dentro de la empresa como también para empresas del mismo rubro o de otros similares. Esto se debe a que las maquinarias juegan un importante rol para la explotación de energía eléctrica, donde estas son indispensables durante todos los días del año para poder abastecer el consumo eléctrico en Chile sin interrupciones en el servicio.

Al tratarse de maquinaria y personal que trabaja con ellas, se presentan eventualidades y/o fallas sean imprevistas o por mal cuidado y control de estas, esto lleva a que es necesario aplicar mantenciones en sus diferentes ámbitos ya sean correctiva, predictiva, preventiva u otros. He aquí donde se presenta la oportunidad de disminuir costos de mantención y ser eficiente en la producción eléctrica, además de mejorar la toma de decisiones para el presupuesto de inversión en la mantención y para nuevos proyectos.

Una de las causas preliminares de los problemas se debe a la diferencia de experiencia, costumbres, criterios y otros rasgos diferentes del personal interno o externo de la empresa en el momento de la mantención de una maquinaria. Esto conlleva a tener maquinaria por más del tiempo necesario detenida al momento de realizar la mantención en el caso de personal con baja experiencia, o que se presenten nuevas fallas más prontamente por no seguir detenidamente los pasos necesarios establecidos en la mantención.

La diferencia de experiencia de los trabajadores de mantención y la poca rotación de personal dentro de las centrales eléctricas produce que los procesos técnicos y administrativos se rijan de acuerdo al criterio y experiencia de cada individuo, lo cual implica que no se siga un proceso de maniobras estandarizado. Esto produce que no se pueda obtener un seguimiento correcto de las maniobras realizadas en cada mantención que permitan establecer una base de las actividades ejecutadas que minimicen el tiempo de detención de las maquinarias sin perder la calidad de la misma.

Esta diferencia en experiencia y criterio al actuar, sumado a la falta de información sobre el procedimiento regular de mantención de maquinarias y procesos relacionados produce que no todo el personal esté capacitado para actuar de forma oportuna frente a hechos inesperados, sean accidentes, fallas u otros.

Además una máquina detenida genera dos importantes hechos, el primero es el alto costo de la mantención y más aún si se excede del tiempo previsto, y el segundo es la pérdida de eficiencia. La pérdida de eficiencia se refiere a cuando una maquinaria más eficiente en la producción de energía debe ser detenida, esta cantidad de energía no producida debe ser suplementada por otras centrales menos eficientes o debe ser comprada al precio spot de mercado a otra empresa debido al hecho que no pueden producir menos de lo que tienen estipulado cada día.

Como las maquinarias son importantes en la producción eléctrica y se desea mínimos tiempos de detención, se requiere estandarizar con las mínimas actividades necesarias de mantenimiento de forma de regular, controlar y gestionar de mejor forma los trabajos involucrados en la mantención, para que los diferentes trabajadores con las diferentes maquinarias puedan efectuar un mejor trabajo tanto en reducir las fallas como extender la vida útil de los equipos.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Rediseñar el proceso de mantención de las maquinarias de las centrales eléctricas para disminuir costos de mantenimiento y mejorar la eficiencia de la producción eléctrica.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Crear proceso estandarizado de las órdenes de trabajo para regular la inspección de contratos de subcontratistas.
- ii. Disminuir el tiempo de mantenimiento en las maquinarias sin perder calidad del trabajo.
- iii. Mejorar calidad del servicio, que sea continuo y bajas interrupciones.
- iv. Reducir el ratio de fallas de las maquinarias.
- v. Mejorar eficiencia de la mantención en base a no sobrepasar presupuestos y recursos utilizados.
- vi. Estandarizar el almacenamiento de toda información involucrada dentro del proceso de mantención.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados que se espera con el desarrollo de la tesis son los siguientes:

- Diagnóstico del proceso de mantención actual, enfocada a identificar los principales quiebres que afectan al proceso.

Se espera obtener este resultado en base a la investigación realizada y analizada.

- Elaboración de propuestas que respondan a los problemas encontrados.

Se espera otorgar soluciones a los quiebres detectados de forma que mejore el proceso actual.

- Creación del rediseño del proceso.

Se espera en base a los resultados esperados anteriormente y cumpliendo con los objetivos específicos y general, crear un rediseño del proceso de mantención entendible y ejecutable.

5. ALCANCES

Como se ha mencionado anteriormente dentro de los alcances de la tesis está el diagnóstico del proceso de mantención de maquinarias eléctricas actual, identificando los problemas y/o quiebres y las causas que los provocan. Además de propuestas para solucionar estos quiebres, con fin de crear un rediseño factible.

Por otra parte, no está dentro de los alcances de esta tesis la puesta en marcha del nuevo rediseño, debido al largo tiempo necesario para una implementación eficaz de un nuevo modelo de mantención.

6. CONTEXTO

La energía es un bien primordial y esencial para el país como también para todo el mundo. Esto se debe a que la energía está íntimamente ligada a la situación económica, ya que si el país crece, este debe tener un mayor requerimiento de energía para sustentar dicho crecimiento⁴.

De este hecho se genera que la energía es un insumo esencial tanto en la industria como en los hogares, ya que su disponibilidad y abastecimiento influye directamente en el crecimiento social y económico. Esto hace que la generación y distribución de energía sea fundamental para sostener las bases sociales y económicas de un país, por ello generar energía eléctrica que sustente al país es un hecho imprescindible. De esta manera hizo que la creación de una empresa generadora fuera necesaria para la evolución de Chile, lo cual generó que se creara la primera generadora eléctrica en el año 1943 como una sociedad anónima llamada Empresa Nacional de Electricidad S.A., filial de la entidad fiscal Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), con el objeto de realizar el Plan de Electrificación Chileno, incluyendo generación, transporte y distribución de energía eléctrica.

Esta empresa pública duró más de 40 años antes de privatizarse por motivos políticos y económicos que vivió el país en la década de los 80. Entre estos años la empresa tuvo cuantiosas inversiones y se concretaron importantes obras de ingeniería y electrificación.

Luego de su privatización y la entrada al mercado de nuevas empresas, la energía en Chile presentó variaciones como consecuencia de diversos factores tales como la sequía en los años 1998-1999 que provocó racionamiento de suministro, que incito llegar hasta un rolling blackout, lo cual es cuando las medidas para enfrentar un déficit de electricidad no es suficiente, provocando cortes de energía no planificados. Pese a esto posteriormente se logró generar energía a bajo costo por el suministro de gas natural argentino, lo cual produjo un alza en la construcción de centrales de ciclo combinado que aumentó la oferta de potencia a bajo costo. Esto no duró mucho tiempo, hasta que en el año 2004 se empieza a sentir los primeros índices de futuros cortes de suministro de gas por la eventual crisis que presentaba Argentina, lo cual terminó en un corte de suministro el año 2006, dejando al sistema desadaptado, siendo esta una causa principal de los altos costos de producción de energía eléctrica, ya que la desadaptación de la generación y transmisión obliga a operar con centrales de punta, lo cual eleva los costos de operación al doble o más.

⁴ [6]

El siguiente gráfico muestra la situación descrita luego de la crisis Argentina:

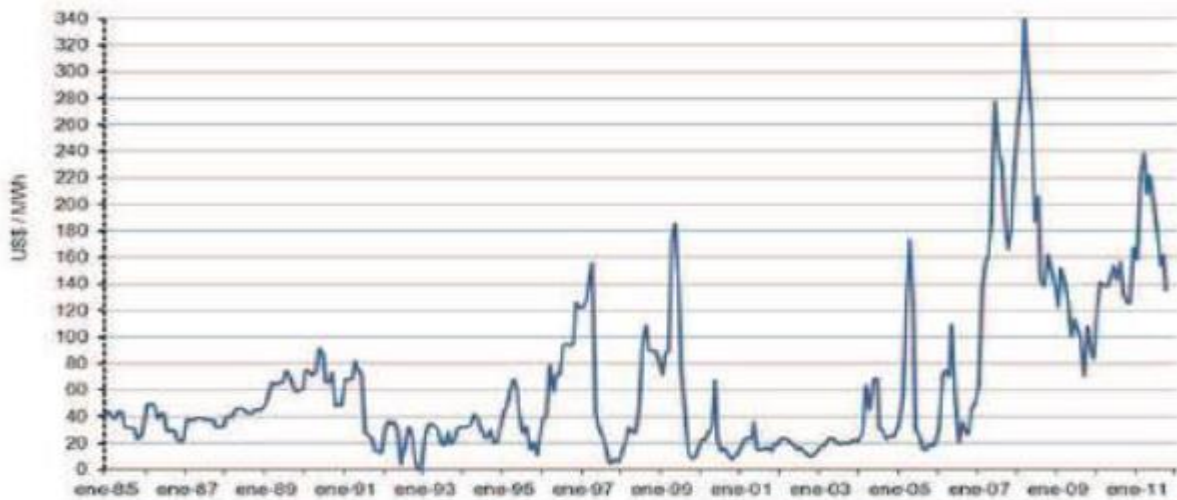


Figura N° 1: Costo marginal promedio mensual real SIC nudo Quillota.

Fuente: Promoción de la competencia en el sector eléctrico. Ronald Fischer 2014⁵.

Aquí se puede observar el aumento del costo marginal en Chile luego del año 2004 en comparación a años anteriores. Esta situación se mantuvo durante los años venideros como se explicó anteriormente, así se marca un comienzo para la iniciativa de aplicación de nuevas técnicas que puedan mejorar estas circunstancias y de esta forma apuntar a un futuro de generación más eficiente.

⁵ [6]

6.1. SITUACIÓN DEL MERCADO

La situación del mercado eléctrico varía diariamente según las situaciones internas y externas del país, por el hecho que la energía eléctrica tiene una fuerte relación con el crecimiento económico y social. Esto se produce por que la energía eléctrica debe suministrar exactamente la demanda energética del país, que está conformada por hogares y empresas, siendo esto el pilar que ha mayor crecimiento tanto en la producción económica país o como crecimiento demográfico y social, la energía debe ser capaz de sustentar una administración de energía continua sin interrupciones. Por otra parte, para producir energía eléctrica se requiere de recursos renovables que dependen de la climatología en la cual la central opera, como también de recursos fósiles.

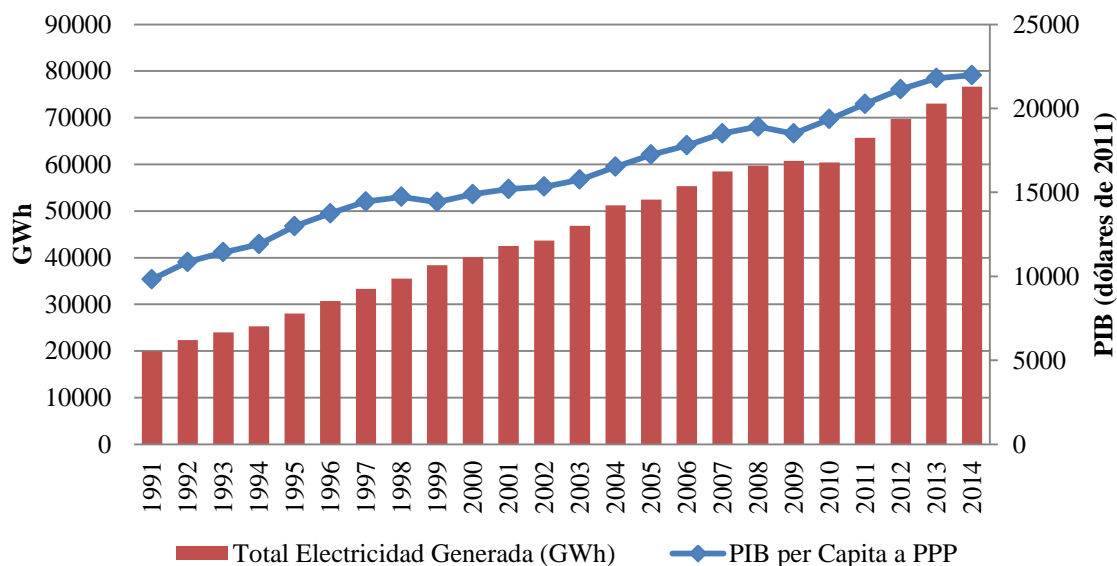


Figura N° 2: Relación PIB y producción eléctrica

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de IEA y World Development Indicators del Banco Mundial⁶

Frente a esta situación la competencia en el mercado energético es ardua, y más fuertemente en el mercado de la generación eléctrica, en donde se busca diariamente producir la energía requerida con métodos más eficientes. De aquello el trabajo en la eficiencia energética es un eslabón primordial para tener una ventaja competitiva frente a otras empresas del mismo rubro.

⁶ [7][8]

Dado esta situación se tienen diferentes métricas en este mercado:

- Capacidad Total Instalada

Capacidad total instalada

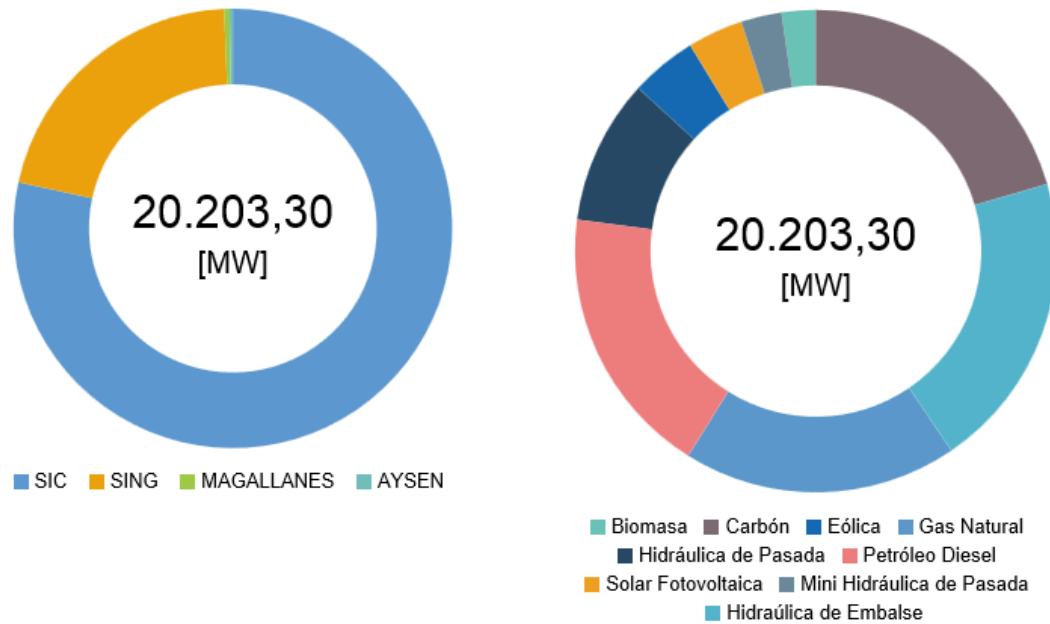


Figura N° 3: Capacidad Total Instalada en Chile

Fuente: Comisión Nacional de Energía Los datos: SIC- SING- MAGALLANES-AYSEN Actualizado: 04/12/2015⁷

Según los datos de la Comisión Nacional de Energía a la fecha del 4 de diciembre de 2015 Chile presenta una capacidad total instalada para el SIC de 15.835 [MW] (Mega Watt) representado un total del 78,38% de la capacidad total instalada. Para el SING se tiene 4.239 [MW] que representa el 20,98% de la capacidad total instalada.

- Costo Marginal de producción.

El costo de producir unidad adicional de energía eléctrica (MW o KW) para cubrir la demanda (Corto Plazo). Se define como:

$$CMg = \frac{\partial CT}{\partial Q}$$

Dónde:

CT: Costo total.

Q: Producción eléctrica.

⁷ [9]

Los siguientes gráficos muestran el costo marginal en [US/MWh], donde la figura N°4 empieza desde el año 2006 hasta el año 2014 y la figura N°5 desde el año 2012 hasta el año 2015:

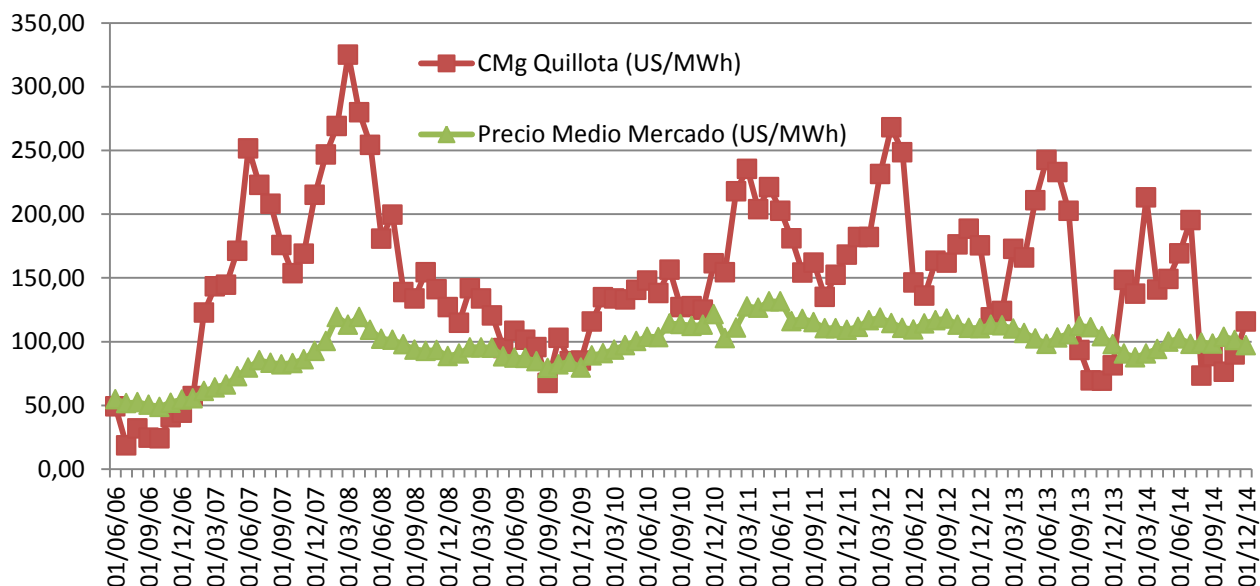


Figura N° 4: Costo Marginal USD/MWh nudo Quillota
 Fuente: Elaboración propia con datos de Energía Abierta, CNE⁸

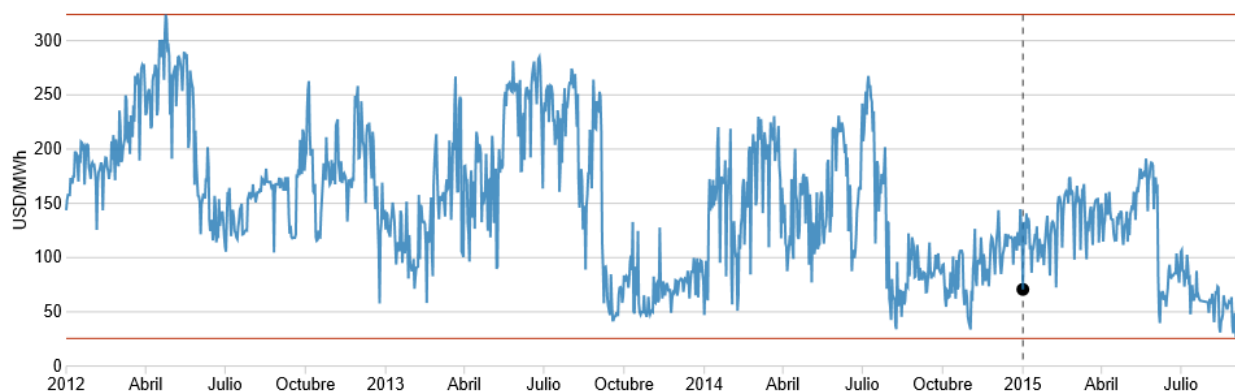


Figura N° 5: Costo Marginal USD/MWh nudo Quillota
 Fuente: CDEC-SIC y CDEC-SING, recopilados por Energía Abierta, CNE⁹

Estos dos gráficos muestran los altos niveles de costo marginales después de la crisis en Argentina y sequías en Chile. Esto provocó alzas tanto en el costo de la producción eléctrica, como también afectó a la sociedad (alzas a clientes residenciales) y la economía (ej. Mayores costos de producción para otras empresas que requieren primordialmente electricidad).

⁸ [10]

⁹ [10]

Se ha explicado que la alta variación fue generada por el aumento de la inversión en construcción de centrales a gas antes del año 2004, y la participación mayoritaria y estable de Argentina como suministrador de gas natural. Tal hecho produjo que en el año 2004 cuando sucedió la crisis en Argentina se perdiera el suministro de bajo costo que era el gas natural. Este hito trajo consigo la readaptación de las centrales eléctricas a gas natural hacia productos fósiles como el carbón o diesel, provocando el aumento de los costos de producción y la pérdida de eficiencia en la generación de electricidad.

La situación climatológica de los siguientes años afectó más aún al país, provocando la caída de generación de energía hidráulica y perdiendo la eficiencia de la energía renovable que posee Chile como su mayor ventaja competitiva en el sector eléctrico.

Otro problema que se ha presentado en los últimos años es el aumento en los estándares de calidad para proteger el medio ambiente. Aquello ha producido que centrales cesen sus operaciones en determinados periodos, siendo de especial importancia para esta empresa el cierre de Bocamina por meses. Esto trajo consigo un quiebre en la generación y sustento económico de la organización, que llevó al cambio de mirada del cómo producir energía.

En otra mirada se mencionó que la producción eléctrica está relacionada íntimamente al crecimiento país, esto genera que las empresas del rubro posean una visión a futuro en base a la creación de nuevos proyectos de centrales eléctricas, con el fin de aumentar la capacidad total instalada y así administrar regularmente la energía necesaria para sustentar dicho crecimiento.

De aquello en la figura N°5 se aprecia la variación del costo marginal en el SIC desde el 2012 hasta mediados del 2015, que muestra como durante el primer semestre del año 2015 ha habido una baja en el costo marginal. Se observa así que Chile está tomando con seriedad la importancia de los costos de producción y la eficiencia energética como calidad para el futuro.

La figura N°6 muestra el resumen de los proyectos que están en construcción y su fecha de puesta en servicio en el SIC hasta el año 2020:

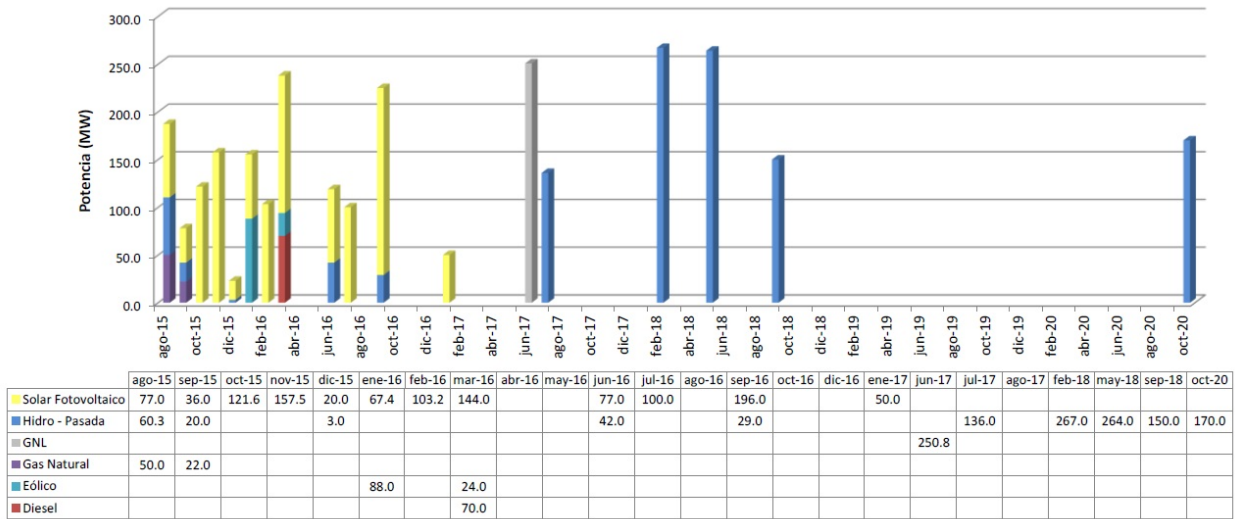


Figura N° 6: Capacidad Instalada, Proyectos en construcción SIC según fecha de puesta en servicio
Fuente: Generadoras de Chile A.G.

La figura N°6 muestra el énfasis en aumentar la capacidad instalada con el crecimiento país previsto para los próximos años¹⁰. A su vez muestra el cambio del enfoque de cómo producir energía más limpia con la creación de más centrales ERNC.

Estas adversidades que ha enfrentado el país y cambio de pensar de la sociedad, ha permitido que el enfoque de producción eléctrica se centre más en la eficiencia de producción con excelentes estándares de calidad y que cumpla con las normativas ambientales. Esto ha ido demostrándose tanto en una baja del costo marginal como también en la mejora de las centrales ya en funcionamiento y en la creación de mayores proyectos de producción renovable.

¹⁰ [37]

6.2. ESTADO ACTUAL

A continuación se describirá la situación actual de la empresa tanto en su nivel financiero como a nivel productivo de energía eléctrica.

ENDESA en Latinoamérica tiene participación en los mercados de Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Perú, siendo Chile para la empresa el país que genera más energía y percibe mayores beneficios.

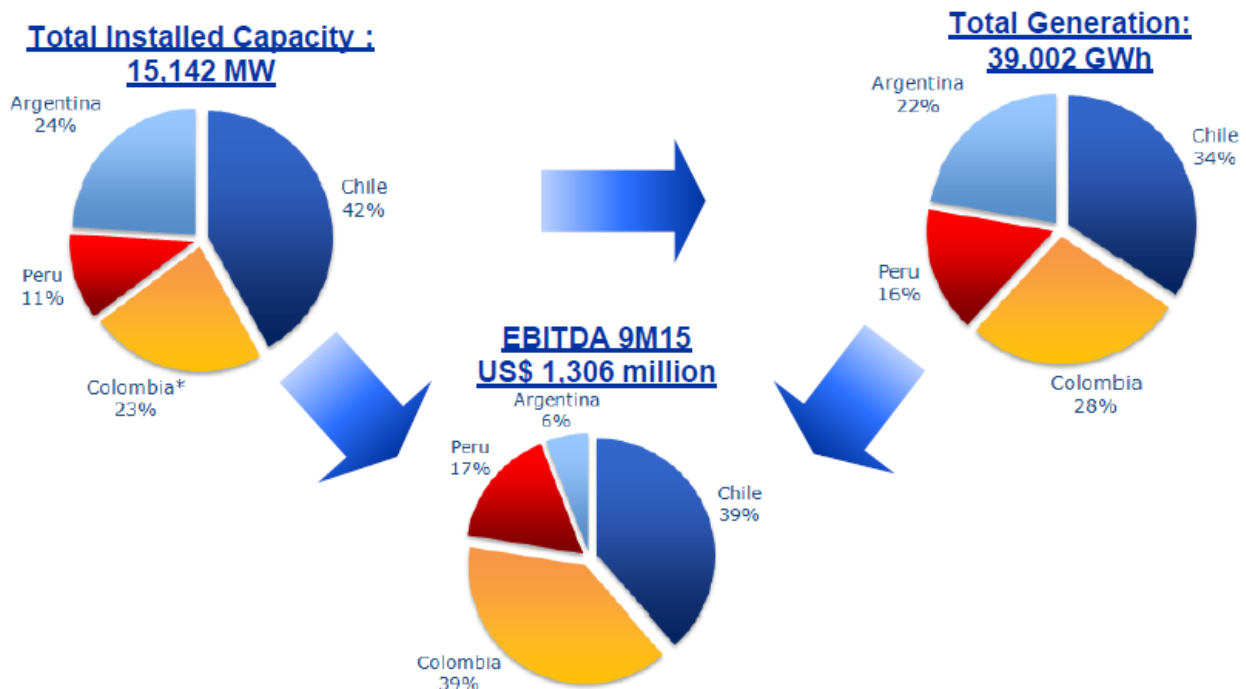


Figura N° 7: Situación actual generación, capacidad instalada y financiera
Fuente: ENDESA CHILE CONFERENCE HALL 9 Meses 2015¹¹

La figura N°7 muestra la composición de ENDESA en Latinoamérica tanto en la capacidad total instalada, EBITDA y la generación total de energía en los primeros 9 meses del año 2015.

ENDESA en el tercer trimestre presenta una capacidad total instalada en Latinoamérica de 15.142 [MW], a su vez una generación total de 39.002 [GWh]. Esto hizo que percibiera en su totalidad un EBITDA de US\$ 1.306 millones.

También ENDESA Chile posee la propiedad del 37,1% de ENEL Brasil, generando ingresos netos por US\$ 44 millones.

¹¹ [11]

ENDESA Chile ha presentado una variación positiva en comparación con el mismo periodo del año anterior. Se observa en el estado financiero y ventas físicas de electricidad, que se presentan en la siguiente tabla resumen, donde se compara los 3 primeros cuartos de los años 2014 y 2015.

Millón de US\$	9M 2015	9M 2014	Variación %
Ingresos	1.771	1.385	28%
EBITDA	503	323	56%
EBITDA (margen)	28,4%	23,3%	22%
Ventas físicas (GWh)	17.311	15.063	15%

Tabla N° 1: Situación financiera resumida a Septiembre 2015

Fuente: Endesa Chile 9M15 Conference Call¹²

Tipo de cambio: 640,39 CLP/USD

Sobre la generación eléctrica en Chile se puede apreciar que ENDESA al tercer trimestre tiene una capacidad total instalada de 6.351 [MW] tanto en el SIC como el SING. A su vez esto representa que posee una participación de mercado del 32%, con una generación total de 13.382 [GWh].

Capacidad Instalada	6.351 MW
Market Share	32%
Total Generación	13.382 GWh

Tabla N° 2: Producción y porcentaje de mercado a Septiembre 2015

Fuente: ENDESA Chile Conference Call 9M 2015¹³

A su vez en los últimos años ENDESA Chile se ha mantenido cerca del 32% de participación de mercado sobre la capacidad total instalada en los sistemas SIC y SING. Esto refleja que se ha mantenido en la fuerte competencia de mercado y que debe tomar regularmente nuevas medidas para poder obtener ventajas competitivas para no perder su posición ya establecida y a la vez generar la misma o más energía que los competidores a menores costos.

	2011	2012	2013	2014
Capacidad Instalada (MW)	5611	5961	5571	6351
Participación de Mercado	32%	33%	30%	32%
Generación Total (GWh)	20578	20194	19438	18063

Tabla N° 3: Producción y participación de mercado histórica

Fuente: Elaboración propia, en base a datos anuales de la empresa¹⁴

¹² [11]

¹³ [11]

¹⁴ [12][13][14][15]

La producción eléctrica de la organización se compone de 3 tecnologías, las cuales son: centrales hidráulicas, termales y ERNC. Para ENDESA Chile y tanto para el país, el agua como recurso natural es parte importante de la producción, debido que la tecnología hidráulica suministra el 54% sobre la capacidad instalada de la empresa. Como es un recurso imprescindible, y este depende de la variación climatológica del país, se debe contar con otra tecnología de producción de forma de otorgar mayor estabilidad a la generación energética del sistema y diversificar los riesgos en casos de fallas y/o accidentes inoportunos (humanos o eventos naturales) sobre alguna de estas tecnologías. Esta segunda tecnología basada en las centrales termales abastece con un 44% de la capacidad total instalada en la empresa, pero a diferencia de la producción hidráulica esta presenta costos de producción más altos por el hecho de usar recursos fósiles como el carbón y el diesel. La última tecnología se basa en ERNC, que aporta con un 87 [MW] lo cual representa el 2% del total de la capacidad total instalada. Aunque la tecnología ERNC es la de menor aporte energético a la capacidad instalada, se ha puesto énfasis en la creación de nuevos proyectos para sustentar la producción de energía limpia y eficiente a bajo costo.

La siguiente tabla muestra la capacidad instalada dentro de ENDESA Chile según tecnología de producción en el tercer trimestre del año 2015:

Tecnología	Capacidad Instalada	Porcentaje
Hidráulicas	3.456 MW	54%
Termales	2.808 MW	44%
ERNC	87 MW	2%

Tabla N° 4: Capacidad instalada total según tecnología, ENDESA Chile

Fuente: Endesa Chile 9M15 Conference Call

La venta de energía ha aumentado por la alza en su demanda. Aquello se explica por el aumento de la demografía, como también el aumento en la producción de industrias en Chile

El último hecho ocurrido es la reapertura de Bocamina I, siendo un importante avance en materia de eficiencia y producción, debido a que se estaba perdiendo la oportunidad de venta de energía como a su vez provocó la baja en el factor de disponibilidad¹⁵ de las maquinarias por estar en el proceso de no funcionamiento por causales de traspaso de límites medio ambientales. Durante el tiempo que no estaba en funcionamiento, se centró en tener un personal reducido y aplicar mantenciones mayores y menores con fin de aprovechar el tiempo perdido de no producir hacia el cuidado y mejoramiento de las maquinarias.

La siguiente tabla muestra las ventas físicas de energía de ENDESA Chile durante los 9 primeros meses del año 2015 y su variación con el año anterior:

Ciente	Ventas (GWh)	Variación 9M 2015/2014
Regulado	13.053	11%
No regulado	3.103	9%
Mercado Spot	1.155	155%

Tabla N° 5: Ventas físicas de energía a diferentes clientes

Fuente: Endesa Chile 9M15 Conference Call¹⁶

¹⁵ Anexo I: Datos, Factor de disponibilidad.

¹⁶ [11]

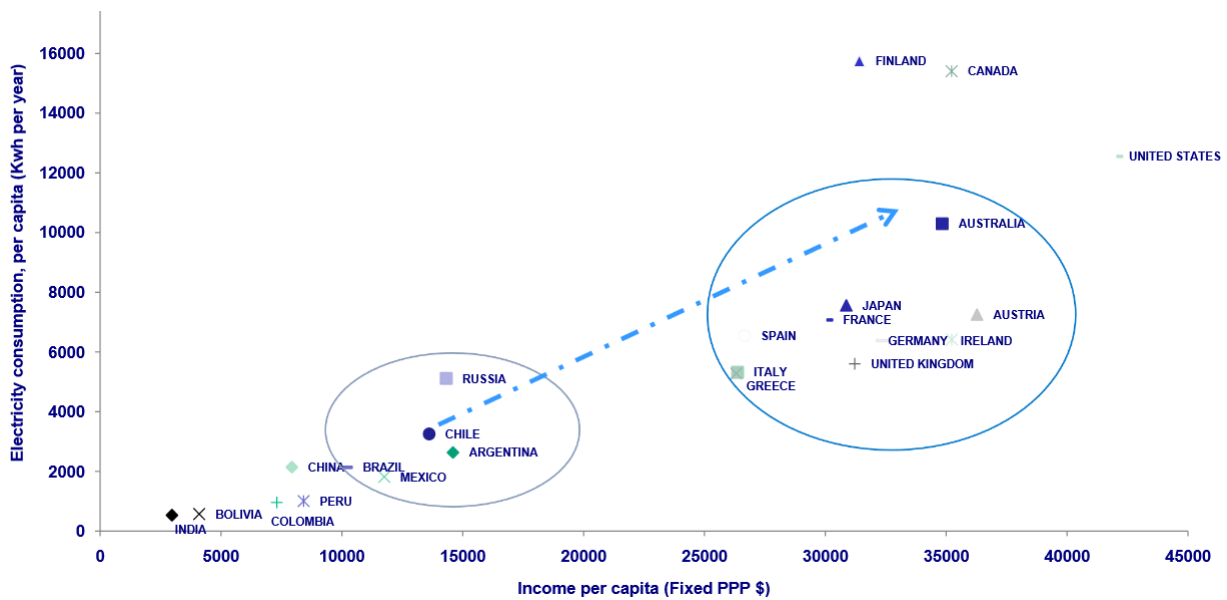


Figura N° 8: Gráfico comparación consumo de energía eléctrica por el ingreso per cápita
Fuente: Presentación resultados anual de ENDESA 2012, en base a IEA y el Banco Mundial.¹⁷

Como se ha mencionado, el crecimiento país tanto social como económico va ligado al crecimiento del consumo eléctrico. Este hecho nos proporciona la afirmación que mientras más consumo eléctrico exista, más ingreso percibirá el país debido al crecimiento industrial y demográfico. La figura N°8 muestra el consumo de energía eléctrica en base al ingreso per cápita, entregando una referencia con países vecinos y otros del primer mundo. A su vez reafirma que los países con mayor desarrollo consumen más energía eléctrica para sustentar sus crecimientos económicos.

ENDESA hace varios años atrás y aseverando con la figura N°8 del año 2012 está teniendo como meta alcanzar a países del primer mundo por medio del incremento de la generación eléctrica eficiente.

¹⁷ [8][16]

6.3. SITUACIÓN A FUTURO

Chile busca crecer económicamente y como se ha mencionado esto va apegado al crecimiento energético. De este hecho “el desafío de Chile hoy es contar con recursos energéticos suficientes y competitivos para apoyar ese desarrollo”¹⁸. También con el enfoque de crecimiento, se tiene a su vez el crecimiento eficiente y limpio como desafíos para el futuro.

6.3.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO POLÍTICA DE ESTADO

La eficiencia energética es un factor importante en la competencia de mercado, más aún cuando han sucedido hitos históricos que apuntan que se debe mejorar la forma de generar electricidad. También se recalca que la sociedad está evolucionando hacia la preocupación del medio ambiente y futuro del mundo. De aquello se tiene que promover el uso eficiente de la energía por lo cual el Ministerio de Energía está impulsando como política de estado diferentes medidas, de manera de regular y promover la generación y uso eficiente de la energía.

A continuación se mencionarán algunas de las medidas propuestas que siguen acorde con la eficiencia energética dentro de la generación eléctrica:

Plan de Acción de Eficiencia Energética 2012-2020 (PAEE20)

El PAEE20 tiene como meta reducir 12% de la demanda energética al año 2020. Esto permite una reducción estimada sobre las 41.500 [Tcal] (Tera calorías) en el año 2020, que representa 1.122 [MW] de potencia eléctrica desplazada y 4.150.000 [Tep] (toneladas equivalentes de petróleo) no consumidas. Esto trae como consecuencia generación más de empleo, mayores niveles de producción en la industria, menores emisiones de CO₂, entre otros.

Sello de Eficiencia Energética

“Se creará un sello de Eficiencia Energética que buscará identificar y premiar a las empresas líderes en el desarrollo de la EE a nivel nacional. Esto les permitirá reducir sus costos energéticos, aumentar su competitividad y reducir sus emisiones.”¹⁹

6.3.2. PROMOVER LA CREACIÓN DE ERNC

Las ERNC son energías limpias donde su punto fuerte es que funcionan en base a energías renovables. Aunque presenten una ventaja competitiva en base a sus costos de producción y ser amigables con el medio ambiente, no han presentado un desarrollo en su construcción. Esto se debe al alto costo de inversión inicial, limitadas posibilidades de financiamiento, dificultades en el acceso y conexión a líneas de transmisión y en la suscripción de contratos de largo plazo.

Así con estos obstáculos económicos y técnicos se tiene por objetivo superar estas barreras para fomentar la creación de centrales ERNC.

¹⁸ [33]

¹⁹ [33] Cita de Energía para el Futuro, página 17.

Mecanismo de Licitación para incentivar el Desarrollo de ERNC.

“Con el objeto de atraer inversionistas interesados en desarrollar proyectos ERNC, se llevarán a cabo licitaciones abiertas por bloques de ERNC, en la que los generadores que participen de las mismas podrán adjudicarse un subsidio del Estado, que mejore sus condiciones de venta de energía, definido de acuerdo a las ofertas presentadas.”²⁰

Plataforma Geo referenciada - Potencial Económico para Proyectos de ERNC.

“Se consolidarán e implementarán herramientas de información actualizada y de carácter público que servirán para orientar y facilitar las decisiones de inversión privada en proyectos de ERNC. Se creará una plataforma geo referenciada que reunirá información dinámica para la evaluación de la viabilidad de un proyecto de ERNC, a saber, una cartera de proyectos de ERNC; el catastro de potencial del recurso y de terrenos del Estado disponibles para el desarrollo de estos proyectos; las demandas energéticas a nivel industrial; comercial y residencial; información de infraestructura vial y eléctrica; zonas de protección ambiental e información disponible sobre planificación territorial de modo de identificar la disponibilidad de terrenos compatibles con otros usos productivos.”²¹

Fomento y Financiamiento

“Esta línea de acción se enfocará en el diseño y profundización de mecanismos de fomento, conjuntamente con otras instituciones públicas, que consistirán en la creación de instrumentos efectivos de cobertura, seguros, nuevas líneas de crédito con financiamiento internacional, estudios de factibilidad, entre otras medidas de incentivo económico.”²²

Nueva Institucionalidad Impulso Decidido a las ERNC

“Dada la importancia y la necesidad de que sea el Gobierno quien establezca políticas en materia de ERNC y que ellas se ejecuten en beneficio del país, propondremos, más allá de las actuales tareas del Centro de Energías Renovables (CER), una nueva institucionalidad de carácter público para así promover y facilitar las condiciones para el establecimiento de las energías renovables no convencionales en Chile.”²³

²⁰ [33] Cita de Energía para el Futuro, página 21.

²¹ [33] Cita de Energía para el Futuro, página 21.

²² [33] Cita de Energía para el Futuro, página 22.

²³ [33] Cita de Energía para el Futuro, página 22.

Estrategias por Tecnologías

“Cada una de las distintas tecnologías de ERNC presenta diferentes obstáculos para su desarrollo, por lo que se llevará a cabo una estrategia diferenciada para cada una de las energías: solar, eólica, bioenergía, biomasa, geotermia, mini-hidroeléctricas y mareomotriz, de largo plazo. En el marco de esta estrategia, recurriremos a la colaboración del sector público, privado, investigadores y representantes de la ciudadanía con el objetivo de elaborar las medidas que aborden los obstáculos de cada una de estas tecnologías, contemplando de forma concreta aspectos tales como investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), prospección del recurso, instrumentos de fomento, financiamiento y marco regulatorio.”²⁴

6.3.3. ROL DE ENERGÍAS TRADICIONALES

La generación hidroeléctrica es un pilar fundamental en la producción energética del país, además se debe fomentar la creación de más centrales ERNC. Estos tipos de producción de energía promueven el uso de energía más eficiente y más limpia.

El país no puede tener un sustento estable y continuo con sólo tecnologías renovables, en consecuencia es imprescindible contar con recursos fósiles como el carbón. En base a esto el Ministerio de Energía propone “concretar plataformas de información territorial, con el objeto de definir zonas de exclusión de instalación de centrales termoeléctricas y zonas de desarrollo de las mismas, y así asegurar, por una parte, el resguardo adecuado del medioambiente y las zonas de interés turístico, social o económico y, por la otra, permitir a los inversionistas la tramitación de permisos para proyectos que cumplan con la normativa respectiva, con un mayor grado de certeza jurídica. Para ello, trabajaremos en conjunto con el Ministerio de Medioambiente y de Bienes Nacionales”²⁵

6.3.4. MERCADO ELÉCTRICO MÁS COMPETITIVO

El mercado actualmente está concentrado en pocas empresas, pero la visión del Estado y el Ministerio de Energía es crear un mercado de mayor competencia, seguridad y confiabilidad. De aquello se pretende crear un marco regulatorio para fomentar y facilitar la entrada de nuevas empresas al sistema y así avanzar a un mercado más competitivo y eficiente.

Con esta visión se va a otorgar mayor oportunidad de entrada en licitaciones para clientes regulados, de forma de aumentar el ingreso de otras organizaciones a la competencia eléctrica.

Otra medida es: “adecuar las condiciones tarifarias de los consumidores finales de energía eléctrica, en un escenario donde la tecnología ha evolucionado lo suficiente como para que los clientes tengan la flexibilidad de disponer de diversas alternativas para abastecer sus requerimientos eléctricos bajo la perspectiva económica y técnica”²⁶.

²⁴ [33] Cita de Energía para el Futuro, página 22.

²⁵ [33] Cita de Energía para el Futuro, página 24.

²⁶ [33] Cita de Energía para el Futuro, página 32.

Creación de Centros de Operación Independiente

“Se crearán los Centros de Operación Independiente para cada sistema eléctrico, en reemplazo de los Centros de Despacho Económico de Carga (CDEC), con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuya estructura de gobernabilidad será autónoma y con responsabilidades claramente definidas. El objetivo será garantizar la independencia y el adecuado funcionamiento del operador del mercado eléctrico, para que las decisiones de operación de las instalaciones eléctricas y aquellas que originan los resultados de transferencias económicas entre los participantes del mercado, sean oportunas y transparentes para todos los agentes del mercado.”²⁷

²⁷ [33] Cita de Energía para el Futuro, página 33.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento se basa en una serie de actividades que se realizan con el propósito que las maquinarias puedan encontrarse en perfecto estado de utilización en todo momento.

El mantenimiento es fundamental para la seguridad de la operación, dado que las maquinarias, equipos o instrumentos que maneja el personal pueden estar en condiciones óptimas durante un periodo de tiempo limitado, el cual no puede ser prolongado si no se desarrolla anticipadamente la práctica de un programa de mantenimiento preventivo. Esto más aún tiene importancia cuando los equipos o maquinarias son de una complejidad mayor y delicados, por lo que, requieren tener un mayor cuidado y especialización por parte del personal de mantención y operarios. También a la vez existe maquinaria con gran antigüedad y con muchas horas de uso, por lo que, también se requiere trato considerable en su mantenimiento y atención en la operación de los mismos.

Debido a esto el mantenimiento preventivo programado tiene por finalidad la disminución de fallas en un sistema, lo que a la vez esta complementado con los cuidados necesarios en la operación, como también por el buen adiestramiento de los operarios y mantenedores que pueden detectar fallas antes de que se produzcan para luego informar y corregir los problemas.

A continuación se introducirán varias definiciones y conceptos fundamentales que forman parte de esta materia.

7.1.1. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

Está orientada a las acciones que se deben tomar para conservar o restablecer el estado de las maquinarias a su estado normal de operación, con fin de cumplir con las exigencias de disponibilidad, eficiencia y de acuerdo a las normas de protección integral del personal, del medio ambiente y de los activos.

Las principales estrategias de mantenimiento se definen como “Mantenimiento Operacional”, “Mantenimiento Predictivo” y “Mantenimiento Preventivo”. Estas estrategias buscan la actualización permanente de los procesos de mantenimiento a través de la mejora continua, aprobaciones sistemáticas de mejores prácticas del personal de la empresa y la implementación rentable de tecnología e innovación.

Para el éxito de la estrategia de mantenimiento se debe mantener y desarrollar dentro de la empresa todo el conocimiento necesario, para enfrentar las eventualidades operacionales en forma eficaz y eficiente, maximizando la disponibilidad del personal y minimizando el impacto ambiental.

Además se debe establecer indicadores de desempeño del mantenimiento como apoyo a la toma de decisiones y a la vez se debe desarrollar programas de estudio de sistemas que permitan una optimización cualitativa de las actividades del mantenimiento.

7.1.2. CLASIFICACIÓN GENERAL DEL MANTENIMIENTO

La clasificación del mantenimiento como función, desde el punto de vista de la logística se divide en:

- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento operacional.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

1) Mantenimiento predictivo:

Se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que ocurra, con motivo de dar tiempo de corregirla sin perjudicar al servicio, ni la detención de producción eléctrica, entre otros. Estas inspecciones pueden ser de forma periódica o continua, dependiendo del tipo de equipo que se está controlando.

2) Mantenimiento operacional:

Mantenimiento que se aplica a un equipo o sistema para mantener su continuidad operacional, en la mayoría de los casos este mantenimiento se realiza con el equipo o maquinaria en servicio sin afectar la operación natural.

El plan de mantenimiento rutinario se efectúa durante todo el año con programas diarios que depende de las condiciones particulares de operación de cada equipo. El objetivo de este mantenimiento es garantizar la operatividad del equipo para las condiciones requeridas en cuanto a eficiencia, seguridad e integridad.

3) Mantenimiento preventivo:

Es una serie actividades planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los equipos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil. Debido que es un mantenimiento programado para evitar fallas se debe entrar a un proceso de negociación de fechas en las cuales se debe detener la maquinaria para su mantención ya que el paro de un equipo resulta en efectos negativos en la producción.

4) Mantenimiento correctivo:

Son una serie de actividades que eliminan las consecuencias de las fallas, tanto inesperadas como provocadas. Se considera daños inesperados las que son producidas por accidentes de funcionamiento, y las de daños provocados ocurren por acción externa. Se aplica generalmente después que las fallas hayan sucedido.

7.2. MANTENIMIENTO PROGRAMADO

7.2.1. GENERALIDADES

Anteriormente se ha descrito diversos tipos de mantenimiento que se efectúan, sin embargo, a pesar que los fabricantes de equipos generalmente presentan normas de mantenimiento preventivo a través de folletos y manuales, en la práctica suele ocurrir que en su aplicación por los mantenedores dichas acciones son ocasionalmente ejecutadas en forma diferente a las recomendadas, esto es realizado de una forma incompleta o excesiva, ocasionando que los equipos sean preservados deficientemente o con excesiva atención. La razón es que el personal encargado no siempre tiene la misma experiencia, acuciosidad, preparación o criterio y en presencia de idénticas instrucciones técnicas aplica distintas modalidades.

Tales circunstancias hacen recomendable estandarizar el mantenimiento preventivo por medio de planes preestablecidos, que obedecen a una misma filosofía o criterio de mantenimiento.

7.2.2. SISTEMA DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento programado de acuerdo a lo anterior lo podemos definir como:

“La ejecución sistemática, programada, racional, estandarizada y concienzuda de un conjunto de acciones de mantenimiento, que deliberadamente se aplican para preservar al máximo la vida útil de equipos y sistemas instalados en empresas, fábricas, etc.”²⁸

Por ende el sistema de mantenimiento programado busca determinar el mínimo necesario de tareas de mantenimiento preventivas a efectuar sobre el material, tratando de no intervenir el equipo en forma innecesaria, para obtener un máximo rendimiento, disponibilidad y confiabilidad en su funcionamiento.

7.2.3. TRABAJO ESTÁNDAR

El elemento central de todo sistema de mantenimiento programado, es el trabajo estándar, donde se establece en forma específica para la ejecución del mantenimiento. El desarrollo y generación de estas acciones, se basa en la premisa que los trabajos estándares de mantenimiento en que se describen las exigencias mínimas necesarias de mantenimiento, las que deberán ser ejecutadas a modo de asegurar la operación y preservación de equipos dentro de las normas de diseño y cumplir con los criterios de operatividad del material. Estas necesidades de mantenimiento se obtienen a través de un método de programación, control, análisis y resolución.

²⁸ [42]

7.3. EFECTIVIDAD OPERATIVA DE SISTEMAS

7.3.1. CONCEPTOS RELACIONADOS

Aquí, se describe de qué manera es posible ponderar la calidad de operación de equipos y sistemas que los incorporan, estableciendo métodos cuantitativos que permiten medir dicha calidad. Esta información será requerida por la administración para contribuir a su gestión de máximo aprovechamiento y eficiente en la administración del material instalado.

7.3.2. TIEMPOS A CONSIDERAR PARA EL MANTENIMIENTO

Para poder controlar exacta y permanentemente cada uno de los equipos que componen los diversos sistemas, es necesario llevar un acucioso registro de los tiempos que transcurren entre las diferentes circunstancias por las cuales pasan los equipos a través de su vida útil.

El personal encargado deberá considerar: listas de chequeo, historiales y los informes de fallas que son los documentos que registran la información de tiempos de operación y fallas de cada equipo en particular. Para estos efectos, a continuación se definirán los distintos tipos de tiempos involucrados en este análisis y que más adelante serán tratados en particular.

- Tiempo cronológico (TC): Tiempo calendario que transcurre para un equipo instalado y durante el cual podrá o no estar funcionando.
- Tiempo de operación (TO): Periodo en que un equipo está activado y en funcionamiento.
- Tiempo detenido (TD): Periodo en que un equipo está operativo, pero no se encuentra activado o funcionando.
- Tiempo entre falla (TEF): Periodo en que un equipo permanece operando desde la última falla ocurrida hasta la siguiente.
- Tiempo fuera de servicio (TFS): Periodo en que un equipo debe dejarse fuera de servicio por estar impedido de realizar normalmente sus funciones, debido a un desperfecto que lo inhabilita o restringe en parte o en toda su configuración. Se considera desde que se detectó la falla hasta que es reparada, y el equipo se pone nuevamente en servicio o se deja listo para operar cuando se le necesite.
- Tiempo de reparación (TR): Periodo que demanda la solución de una falla, incluyendo desarme, detección puntual de los desperfectos, mediciones, extracción de piezas, análisis, montaje de piezas o elementos de reemplazo, ajuste, calibramientos, arme general y pruebas. No se considera tiempos por feriados, permisos u otros similares.
- Tiempo de retardo técnico (TRT): Periodo que demora en obtener una pieza o elemento de repuesto, para reemplazo de otra que fallo en un equipo.

7.4. CONFIABILIDAD

La confiabilidad es una medida de la calidad de operación de un equipo o sistema. Se define como:

“La probabilidad de que un sistema o equipo funcionará correctamente, sin presentar fallas, durante el tiempo determinado, siempre que se opere dentro de sus especificaciones de diseño”

La confiabilidad es un concepto de diseño y de operación, esto último está íntimamente ligado con las fallas que se puede presentar, ya que, miden la habilidad de un operador y la capacidad de un equipo para resistir desperfectos.

La confiabilidad tal como se ha definido implica tiempo. Decir que un equipo es 80% confiable carece de mayor significado si no se especifica con respecto a qué periodo.

7.5. TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS COMO MEDIDA DE CONFIABILIDAD

Para el usuario, el uso práctico de la confiabilidad como cifra probabilística es bastante restringido. Más indicativo y útil es el tiempo esperado que un equipo funcionara correctamente entre dos fallas. Como ya se definió es un parámetro estadístico que se conoce como “Tiempo entre fallas” (TEF).

Para un determinado periodo, la suma de los TEF dividido por las fallas ocurridas en un lapso, constituye lo que se denomina “Tiempo promedio entre fallas” (TPEF). La expresión matemática para su cálculo es:

$$TPEF = \sum_{i=1}^N \frac{t_i}{N}$$

Donde,

N = Número total de fallas registras.

T_i = El tiempo transcurrido entre la falla i y su anterior.

7.6. RAZÓN DE FALLAS Y CURVA TINA DE BAÑO

En relación con el TPEF, hay otra dimensión relacionada con las fallas y se trata de la Razón de Fallas, denominada con la letra griega λ . Expresa la cantidad de fallas que ocurren por unidad de tiempo, siendo en consecuencia el valor inverso del tiempo promedio entre fallas, que es tiempo por cantidad de fallas.

$$\lambda = \frac{1}{TPEF}$$

Durante el tiempo de explotación un elemento, equipo o sistema, exhibe diferentes patrones de fallas que se caracterizan por la configuración que adopta la función (instantánea) de fallas $\lambda(t)$.

Empíricamente se ha demostrado que aún bajo las condiciones más estrictas de control, la razón de fallas de un equipo no es la misma, ya que, cambia con el tiempo de vida o de explotación de éste. Una representación típica de esta variación es la llamada “Curva Tina de Baño”. En ella es posible distinguir tres patrones de como varia $\lambda(t)$ en el tiempo:

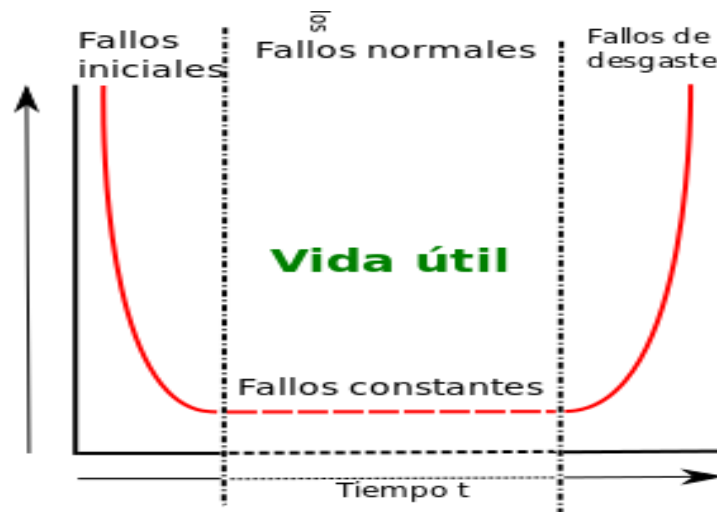


Figura N° 9: Curva tina de baño

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_la_bañera Curva de la bañera, Wikipedia

- 1) Periodo inicial: Que presenta una elevada razón de fallas, para valores de tiempo de vida muy cercanos a cero. Se le conoce como periodo de quemazón, periodo de rodaje, periodo de ajuste, o periodo inicial de estabilización. En él, las fallas ocurren como consecuencia de errores o defectos en la fabricación, armado, almacenamiento o transporte de los equipos.
- 2) Periodo de vida útil: Las fallas son fortuitas y ocurren a una razón prácticamente constante, lo cual implica que durante todo este tiempo, la probabilidad de que se produzca una falla es la misma.
- 3) Periodo de fallas por desgaste o vetustez: La razón de fallas aumenta progresivamente a medida que pasa el tiempo. A los factores fortuitos del periodo de vida útil se agregan los efectos de la edad y desgaste por uso.

7.7. MODELOS PROBABILÍSTICOS DE FALLAS

Para el caso de la distribución exponencial, existe suficiente evidencia empírica que indica como aceptable utilizarla para presentar el tiempo de vida de un elemento y su confiabilidad. Es factible calcularla siempre que se observe como valido que:

- 1) La ocurrencia de las fallas es por casualidad.
- 2) La ocurrencia de fallas en el futuro es independiente de aquellas ocurridas en el pasado.
- 3) No es posible la ocurrencia simultánea de dos fallas.
- 4) Los sucesos ocurran cuando la razón instantánea de fallas es constante, es decir, si está dentro del periodo de vida útil del equipo y no se prolongan hacia el periodo de desgaste, donde este modelo no es válido.

Así, la expresión matemática de confiabilidad es:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde,

R = Confiabilidad.

t = Tiempo de misión.

λ = Razón instantánea de fallas.

e = Constante ~ 2,71828

7.8. MANTENIBILIDAD

Definición:

“Una característica de diseño e instalación, que se expresa como la probabilidad de que un componente o equipo sea devuelto a condiciones de operación específicas dentro de un lapso dado y mediante una acción de mantenimiento que debe ejecutarse en conformidad a procedimientos y recursos preestablecidos”

7.9. EL TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR COMO UNA MEDIDA DE LA MANTENIBILIDAD

Es más fácil medir la mantenibilidad en función del Tiempo Promedio para Reparar (TPPR), es una medida de la mantenibilidad lograda con un equipo. Mientras menor sea el TPPR, mayor es la mantenibilidad de un equipo para un tiempo de reparación límite. El TPPR, es simplemente el promedio aritmético de los tiempos de reparación cuando han ocurrido una determinada cantidad de fallas y se expresa por la fórmula:

$$TPPR = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}$$

Donde,

N = Número total de fallas observadas o número de reparaciones.

t_i = Tiempo empleado en reparar la falla i.

8. METODOLOGÍA

En este ítem se describirá la metodología de investigación que se utilizó para el desarrollo de la presente tesis. Cada paso de esta metodología está centrado en la obtención de antecedentes que permitan responder con los objetivos planteados y ayuden a la elaboración final del rediseño del proceso de mantención.

Además se presentarán otras metodologías estudiadas con fin de obtener ideas y complementar la metodología utilizada en la presente tesis.

Debido a esto la metodología tiene como mínimo contestar a unas preguntas que darán a conocer lo que se debe realizar más a delante. Estas preguntas son:

En situación actual:

- ¿Dónde estamos ahora?

En situación futura:

- ¿Dónde queremos estar?
- ¿Dónde podemos estar?
- ¿Dónde vamos a estar?
- ¿Cómo vamos a llegar?

Estas preguntas son una base para responder sobre la situación actual de manera de proponerse “hacia dónde se quiere llegar” pero limitado a la realidad de la empresa lo cual nos dice hasta “dónde podemos estar”, haciendo que el resultado final sea el “dónde vamos a estar”. Sin embargo para pasar de un estado a otro se debe responder la pregunta “¿Cómo vamos a llegar?”, esto se muestra en la siguiente figura:

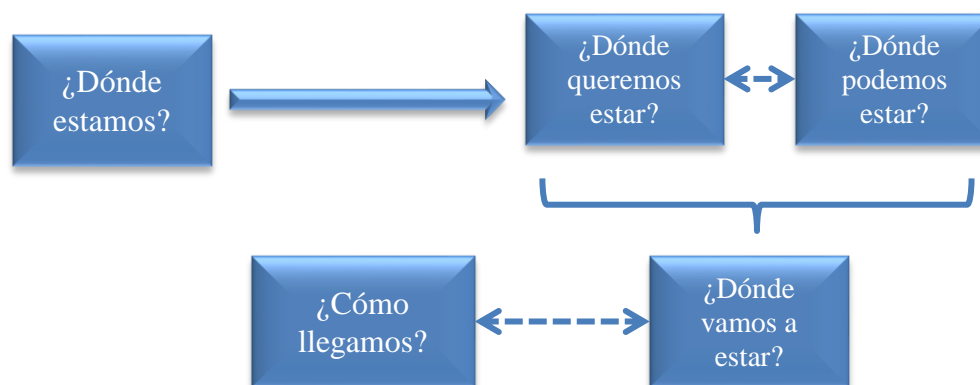


Figura N° 10: Preguntas para construir la metodología
Fuente: Elaboración propia

Teniendo un enfoque general de lo que se quiere lograr, se puede tener una visión clara de la metodología a utilizar para el desarrollo de la investigación. Además de esta visión de cómo enfrentar el trabajo a desarrollar se tiene que estudiar metodologías ya utilizadas y corroboradas en el ámbito de la ingeniería de rediseño, por esta razón a continuación se presentarán 4 metodologías de entre varias que se ha investigado.

8.1. METODOLOGÍA UTILIZADA

El proyecto de rediseño del proceso de mantención de las maquinarias necesita el desarrollo de ciertas etapas para poder cumplir con el objetivo general y específicos planteado. Estas etapas serán las siguientes:

- Investigación teórica.

Recopilación bibliográfica de toda la información necesaria. Esto para establecer el marco teórico y conceptos necesarios para la presente tesis, además de investigar todo los documentos relacionados al proceso de mantención.

- Fuentes primarias.

Ya con la información necesaria obtenida durante la investigación, se debe obtener información de fuentes de primera mano para tener un mayor conocimiento de la situación actual y corroborar lo que fue investigado teóricamente cumpla o no con lo práctico.

- Levantamiento de la situación actual.

Se debe seleccionar las actividades, procesos, áreas involucradas, recursos, etc. Que estén involucradas con los objetivos que se van a lograr. Conjuntamente se debe dibujar o hacer un bosquejo preliminar que involucre a la selección dicha anteriormente.

- Detallar el proceso actual.

Después del levantamiento anterior, se procede a detallar cada parte ya sea actividades, procesos, personal, etc. con un Flujograma de Información, donde se pueda apreciar todas las actividades involucradas con sus conexiones entre ellas. Esto debe mostrar de manera visual y fácil el curso normal de los eventos del proceso de mantención de maquinarias.

- Analizar el Flujograma de Información y situación actual.

Identificar variable crítica, medir y estimar índices involucrados con el proceso de mejora de la mantención y analizar el problema de fondo.

- Establecer objetivos.

Establecer los objetivos que se quieren lograr con el desarrollo del proyecto. Esto con una mirada a la busca de lo ideal, pero este ideal sea factible de realizar dentro de la empresa.

- Detectar oportunidades.

Detección de oportunidades de mejoras de los procesos analizados, identificando fuentes de generación de valor para ENDESA.

- Otorgar soluciones.

Gestionar la creación de soluciones para las deficiencias detectadas, asegurando la generación de valor para ENDESA y los clientes.

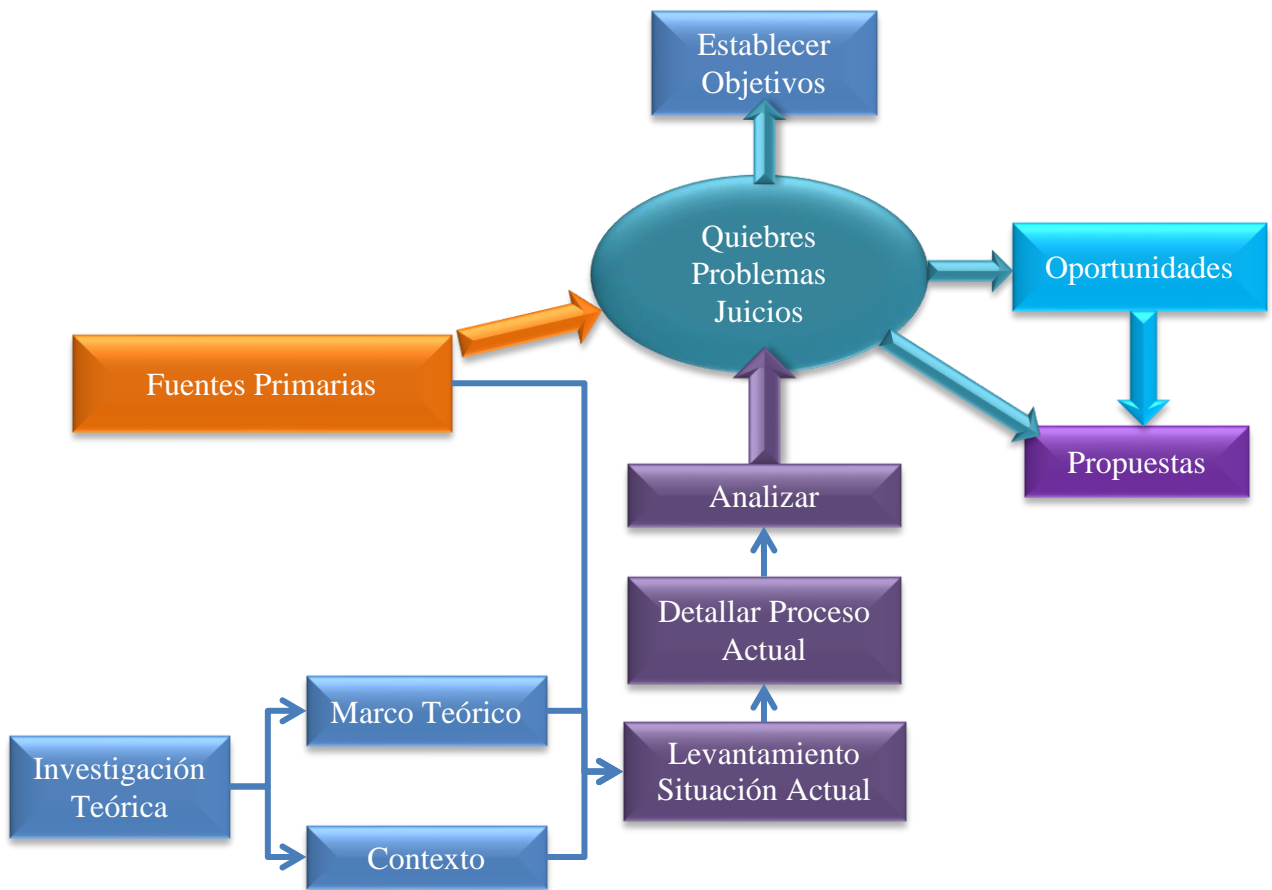


Figura N° 11: Metodología Utilizada
Fuente: Elaboración propia

8.2. METODOLOGÍAS DE REDISEÑO

Se mencionó la metodología utilizada para el desarrollo de la presente tesis, pero cabe señalar que la investigación de metodologías de rediseño sirve para mostrar los pasos a seguir a la empresa de lo que se debe hacer y seguir haciendo, para poder implementar las propuestas, obtener datos, validar y ajustar el modelo propuesto.

Debido a esto se investigó diferentes metodologías que sean acorde a las necesidades de la empresa y este proceso de mantención de maquinarias. Siendo las siguientes:

8.2.1. SEIS SIGMA²⁹

Seis Sigma según Gutiérrez (2004) se resume como:

“Es una estrategia de mejora continua del negocio enfocada al cliente, que busca encontrar y eliminar las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos”

La metodología Seis Sigma cuenta con unos principios (características) donde algunos son:

- Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo: Seis Sigma estipula inculcar el tipo de liderazgo desde los niveles más altos de la organización hasta los más bajos debido a que implica un cambio en la forma de operar y la toma de decisiones, donde necesita ser comprendida y apoyada por sus diferentes niveles jerárquicos.
- Seis Sigma es una iniciativa de tiempo completo: Seis Sigma puede ser definida como una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios que puede ser aplicada a lo largo de las compañías, se basa en el enfoque al cliente y busca la reducción de variabilidad de los procesos utilizando mediciones basadas en datos de productos, procesos y servicios y que es administrada a través de una “agresiva” serie de indicadores.
- Orientada a los clientes y enfocada en los procesos: Seis Sigma busca que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en cantidad, calidad, tiempo y servicio) y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad Seis Sigma.
- Seis Sigma se dirige con datos: Los datos y el pensamiento estadístico orientan los esfuerzos en la estrategia Seis Sigma, ya que los datos son necesarios para identificar las variables críticas de la calidad y los procesos o áreas a ser mejoradas.

²⁹ [17]

8.2.2. MÉTODO DE REDISEÑO COMPLETO (MRC)³⁰

El alcance del método de rediseño completo contempla desde el estudio preliminar del proceso hasta la implementación de los cambios y la puesta en marcha en todos los puntos donde la solución será aplicada.

Con este método lo que se quiere rediseñar es un proceso completo, donde se identifica y prioriza desde varias fuentes posibles: la estrategia, el rediseño programado, una crisis, una iniciativa de colaboradores o una oportunidad de mercado.

Este rediseño cambia casi todo generando un impacto en la empresa tanto en sus niveles estratégicos, las personas, procesos, estructura y tecnología.

8.2.3. MÉTODO DE ACCIÓN RÁPIDA (MAR)³¹

El objetivo del método es rediseñar una parte del proceso. Está dirigido a los participantes en los procesos, quienes pueden canalizar formalmente sus iniciativas.

Tiene los siguientes pasos generales:

- Seleccionar y dibujar una parte de un proceso, puede ser una etapa o versión.
- Describir el detalle de esa parte con un Flujoograma de Información y lista de tareas. Aplicar criterio “curso normal” de los eventos.
- Identificar cliente, dueño, variable crítica, mediciones estimadas y el problema de fondo.
- Establecer objetivos siguiendo el principio de idealización: ideal, ideal factible.
- Explicar oportunidades de mejora y señalarlas en un nuevo Flujoograma de Información. ¿Cómo quedan las mediciones?
- Realizar un cierre de la propuesta indicando beneficios y costos. Calcular VAN interno y social (impacto económico en el medio).

³⁰ [18]

³¹ [18]

8.2.4. EARLE³²

Por último dentro de las metodologías investigadas se tiene la de Earle, que se puede resumir en el siguiente esquema:

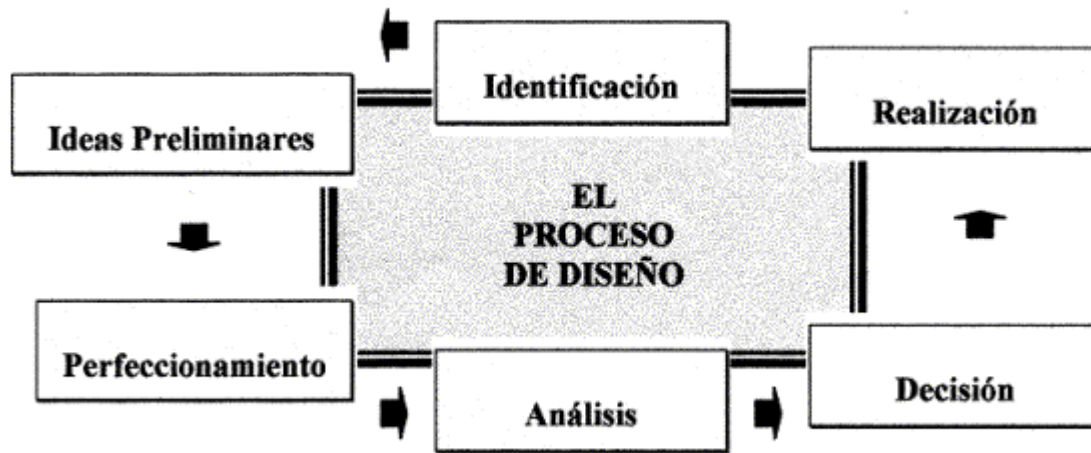


Figura N° 12: Etapas del método de Earle.

Fuente: Métodos de diseño. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería

En base a la fuente de investigación se define las etapas de esta metodología como:

Identificación del problema

Todos los diseños se basan en necesidades existentes. Para justificar su manufactura, el diseñador debe identificar la necesidad y la función que el producto debe ofrecer para satisfacer esa necesidad. La identificación de la necesidad de un diseño se puede basar en datos de varios tipos: estadísticas, entrevistas, datos históricos, observaciones personales, datos experimentales o proyecciones de conceptos actuales.

Ideas preliminares

Una vez que se ha definido y establecido el problema en forma clara, es necesario recopilar ideas preliminares a partir de las cuales se pueden asimilar los conceptos de diseño. El medio más fácil y útil para el desarrollo de ideas preliminares es el dibujo a mano alzada. La razón importante de esta acumulación de ideas es la obtención de tantas como sea posible, variando desde adaptaciones de ideas anteriores hasta ideas completamente nuevas.

Perfeccionamiento del problema

La etapa de perfeccionamiento es el primer paso en la evaluación de ideas preliminares y se centra bastante en el análisis de limitaciones. Todos los esquemas, bosquejos y notas se revisan, combinan y perfeccionan con el fin de obtener varias soluciones razonables del problema.

³² [19]

Análisis

El análisis implica el repaso y evaluación de un diseño, en cuanto se refiere a factores humanos, apariencia comercial, resistencia, operación, cantidades físicas y economía dirigidos a satisfacer los requisitos del diseño.

Un método de analizar conceptos avanzados de un diseño consiste en construir y probar modelos a escala de prototipos de tamaño natural. El análisis proporciona al diseñador y al ingeniero un medio de valorar un proyecto, pero no puede ofrecer la solución del problema.

Decisión

La decisión es la etapa en la cual el proyecto debe aceptarse o rechazarse, en todo o en parte. La decisión acerca de cuál diseño será el óptimo para una necesidad específica debe determinarse mediante experiencia técnica e información real.

Realización

El último paso del diseñador consiste en preparar y supervisar los planos y especificaciones finales con los cuales se va a construir el diseño. Al presentar su diseño para la realización, debe tener en cuenta los detalles para fabricación, métodos de ensamblaje, materiales utilizados y otras especificaciones.

8.3. METODOLOGÍA PARA LA MEJORA CONTINUA³³

Con el plan del rediseño y posteriormente su ejecución, queda la incertidumbre si este rediseño con el paso del tiempo se convertirá nuevamente en procesos que deben ser mejorados. Este dilema debe ser solucionado antes de que ocurran problemas mayores que afecten el flujo normal de las actividades realizadas y perturben lo que se ha mejorado.

En base a perseguir la meta de la empresa, se debe adoptar un método para que el rediseño siga alcanzando los objetivos propuestos al pasar del tiempo. De esto se propone que debe haber una mejora continua para que siempre se esté actualizando las etapas y actividades del proceso con fin de aspirar siempre a una continua mejora de eficiencia y reducción de costos de la producción.

8.3.1. KAIZEN

En busca de la “mejora continua” de este rediseño se debe ir observando cada parte de las actividades, tareas, personal y otros, para realizar pequeños ajustes y lograr la mejorara deseada, se debe tener un método que ayude a la visión de cómo lograr la mejora continua se alinee en todos los aspectos de manera que todos “remen para un mismo lado”.

De esta manera se tiene a Kaizen que es una filosofía de mejoramiento japonesa que está centrada en destacar y perfeccionar lo bueno, en vez de lo habitualmente que se hace, lo cual es “corregir lo malo”. Kaizen significa “hacer lo correcto en beneficio de los demás” y como sus fundamentos están en lo espiritual y ético, hace que más que ser una técnica para la mejora continua, es una forma de vida que debe ser inculcada en cada persona que esté involucrada en este rediseño.

Kaizen es el reto permanente a los estándares. ¿Cuándo fue la última vez que los estándares fueron desafiados?

³³ [18]

8.3.2. TÉCNICAS PARA LA MEJORA CONTINUA

A continuación se nombrarán 3 técnicas para la mejora continua con su descripción básica.

8.3.2.1. KANBAN

Es un sistema visual donde los resultados de cualquier operación se manejan gráfica y manualmente en el mismo puesto de trabajo. Se trata de tener señales visuales para la comunicación y mantener siempre el proceso completo.

8.3.2.2. 3C

Se buscan acciones concretas en “calidad”, “comparación” y “creatividad”.

8.3.2.3. PLAN DO CHECK ACT

Modelo de un sistema de gestión de calidad basado en procesos. Consiste en planificar, hacer, verificar y actuar. Donde actuar se refiere a desplegar la propuesta y a masificarla.

8.4. HERRAMIENTAS PARA EL MODELAMIENTO DE PROCESOS

La modelación de procesos establece una base importante para el análisis del proceso en estudio, ya que a partir de este se identificarán problemas que deben ser mejorados. Así también la modelación permite ver como las actividades realizadas se alinean hacia el cumplimiento de las metas y objetivos de la empresa.

Por otra parte el modelo establecido debe ser uno de tal manera que sea comprendido por todas las partes interesadas, debido a que es una parte importante para una comunicación eficaz por parte de usuarios en todos los niveles, generando que las oportunidades de éxito del proyecto aumenten.

De lo mencionado anteriormente surge la siguiente pregunta:

¿Cómo hacer un modelo entendible por los usuarios en sus diferentes niveles?

La respuesta a esto es la creación del flujo de los procesos con la descripción entendible de la simbología utilizada. Sin embargo en la actualidad ya no es necesaria la creación de una simbología única para el proyecto debido al avance en las tecnologías de información, lo cual a desarrollado diferentes herramientas tecnológicas con simbología ya establecida y aprobada por sus facilidades de creación y entendimiento por sus diversos usuarios.

Algunas de estas herramientas son:

- Active Modeler Advantage.
- ARIS Tool SET.
- Bizagi Process Modeler.
- MEGA eTOM Accelerator.
- Microsoft Office Visio.

Dentro de las diferentes herramientas para el modelamiento de procesos que se mencionaron, sólo dos son las utilizadas en este proyecto, siendo estas las siguientes:

- Microsoft Office Visio.
- Bizagi Process Modeler.

Herramientas de software para la modelación y análisis de procesos de negocio.

El aumento del uso de la gestión por procesos por parte de las empresas, cada vez se requiere de mejores herramientas para el análisis de los diferentes procesos que describen todas las tareas y roles de los empleados y socios de negocio, así como las aplicaciones de software que los soportan y los flujos de trabajo tanto internos como externos que son esenciales para alcanzar las metas de negocio de una compañía.

Visio y otras herramientas simples de dibujo y documentación continúan siendo usadas pero los profesionales están enfrascados en la búsqueda de una herramienta integral de modelado que añada valor al análisis y que tenga en cuenta aspectos de la gestión de modelos negocio.

8.4.1. MICROSOFT OFFICE VISIO³⁴

Esta herramienta tecnológica sirve para diseñar flujo de procesos de manera de transmitir estos de una clara manera a los usuarios para facilitar la cooperación entre ellos y hacer más efectiva la toma de decisiones. A su vez Visio incluye herramientas que ofrece soporte a distintos tipos de usuarios tales como: administradores de proyectos, gestión de operaciones, profesional TI entre otros.

Esta herramienta permite que los usuarios puedan beneficiarse de una interfaz intuitiva para la creación de soluciones en la gestión de procesos, y es más beneficiosa aun en organizaciones para aumentar la eficacia de los trabajadores.

Esta herramienta se ha mencionado por el hecho que de los pocos procesos realizados sobre la mantención en la empresa y la antigüedad de su realización, se han hecho sobre Visio. Así que el estudio de esta herramienta ha tenido que ser necesario para leer y comparar con la situación actual los procesos que se han creado.

8.4.2. BIZAGI PROCESS MODELER³⁵

BPMN es una notación para el modelado de procesos de negocios desarrollada por la BPMI una organización incluye compañías como: Intalio, SAP, Sun, y Versata, siendo una agrupación que tiene dentro de sus objetivos principales el crear una notación estándar para el modelado de procesos de negocio. Provee una notación gráfica para expresar los procesos de negocio en un diagrama de procesos de negocio.

Tiene como objetivo principal servir como soporte para la gestión por procesos, como una notación que pueda ser entendida fácilmente desde los analistas que crean los bocetos iniciales del proceso, los desarrolladores técnicos responsables de implementar la tecnología que ejecutará estos procesos, hasta las personas que los ejecutan y aquellas que llevaran a cabo el monitoreo y supervisión de los procesos. En otras palabras esta notación crea un enlace entre las etapas de diseño e implementación.

Esta herramienta fue utilizada frente al hecho del conocimiento del lenguaje en base a los cursos instruidos en la universidad, además del hecho que es una de las herramientas con un gran aceptación visual y sus aspectos más detallados de funciones tecnológicas que pueden ser implementadas en una organización por el hecho que la notación tiene una cierta relación con SAP.

³⁴ [20]

³⁵ Está basado en la notación para la Modelación de Procesos de Negocio. (BPMN) [21]

9. ESTRUCTURA DE COSTOS³⁶

En esta sección se verá los costos asociados a la mantención que deben ser considerados para la toma de decisiones.

9.1. COSTO GLOBAL

El costo global de mantención es la suma de estos cuatro importantes componentes:

- Costo de intervenciones de mantención (C_i).
- Costo de fallas de mantención (C_f).
- Costo de almacenamiento para la mantención (C_a).
- Amortización de inversiones en mantención (A_i).

$$C_g = C_i + C_f + C_a + A_i$$

Por otra parte existe una correlación de “acción-reacción” entre estos costos, esto implica que si se reduce un componente del costo global, uno o más de los otros componentes aumentarán.

Cabe decir que el costo global esta medido sobre un equipo, lo que entrega la individualización de costos dependiendo de cada equipo.

9.2. COSTO DE INTERVENCIÓN (CIM)

Este costo incluye los gastos relacionados con las mantenciones preventiva y correctiva. No incluye gastos de inversión, ni las relacionadas a la producción.

Dentro del CIM se tiene lo siguiente:

- Mano de obra interna o externa.
- Repuestos comprados para la intervención.
- Material fungible requerido para la intervención.

³⁶ [22]

Para el costo de mano de obra este se obtiene con el siguiente cálculo:

$$\text{costo mano de obra} = t \cdot \text{costo HH}$$

Donde $t = \text{tiempo invertido en la intervención}$ y $\text{costo HH} = \text{costo horas hombre}$, este costo también puede ser calculado para la mano de obra externa con la factura emitida por el trabajo.

El material fungible como la amortización de los equipos y herramientas de uso general se consideran en el costo horario de intervención, el cual es multiplicado por el tiempo de intervención.

El material fungible, la amortización de equipos y herramientas de uso específico se consideran aparte como si fuesen repuestos.

9.2.1. COSTOS POR UNIDAD DE TIEMPO

Se debe otorgar un valor realista a los costos horarios de intervención c_i y de horas hombre, debido a que influyen directamente en el costo global de la mantención, lo cual se desea minimizar como función objetivo.

Por otra parte el costo de mano de obra interna es un poco diferente con el de mano de obra externa. Los costos internos son castigados por prorrateos de costos que existen aún si se contrata mano de obra externa. De este nodo es necesario definir dos costos:

- Costo horario de intervención c_i , sólo incluye gastos directos asociados a las intervenciones.
- Costo horario de mantención, el cual considera todos los gastos asociados a la mantención.

Por ende el costo horario de intervención es:

$$c_i = \frac{\text{gastos directos}}{\text{total horas de intervención}}$$

Donde los gastos directos sólo incluyen:

- Gastos salariales.
- Contratación de servicios.
- Gastos en material fungible de uso general.
- Gastos de energía ligados a la intervención.

El costo horario de mantención $c_{i,t}$ es igual a:

$$c_{i,t} = \frac{\text{gastos totales de mantención}}{\text{total horas de intervención}}$$

Los gastos totales incluyen:

- Conjunto de gastos que se consideran para el costo de intervención.
- Salarios de los especialistas requeridos para la gestión, planificación, análisis técnicos de las intervenciones.
- El prorrateo de servicios como la contabilidad, computación, personal, etc.

9.2.2. COSTO DE REPUESTOS

Para realizar un análisis técnico-económico es necesario distinguir el costo técnico del costo contable:

- El costo técnico corresponde al valor de compra de la pieza al día de su utilización.
- El costo contable corresponde al valor utilizado para valorizar el inventario contable. Por motivos financieros este valor se puede depreciar.

9.3. COSTO DE FALLAS (CFM)

Corresponde a las pérdidas de margen de explotación debido a un problema de mantención, que haya reducido la tasa de producción cuando el equipo está en bueno estado.

Esta pérdida de margen de explotación puede producir un aumento de los costos de explotación o una pérdida en la producción.

9.3.1. EVALUACIÓN DEL COSTO DE FALLA

El costo de falla puede ser calculado de la siguiente manera:

$$C_f = \text{ingresos no percibidos} + \text{gastos extras de producción} \\ + \text{materia prima no utilizada}$$

9.4. COSTO DE ALMACENAMIENTO (CAM)

Es el costo que representa los gastos incurridos en financiar y manejar el stock de piezas de repuesto e insumos necesarios para poder hacer el mantenimiento, esto incluye:

- Interés financiero del capital inmovilizado por el stock.
- Los gastos en mano de obra dedicada a la gestión y manejo del stock.
- Los costos de explotación de edificios: energía, mantención.
- Amortización de sistemas adjuntos: montacargas, sistema informático.
- Depreciación comercial de los repuestos.

10.DESARROLLO

Al tener una metodología definida, se siguió el curso de acción ya establecido. De esta manera se procedió a investigar paso a paso todo lo relacionado al área de mantención, donde se puede destacar lo siguiente:

10.1. INVESTIGACIÓN TEÓRICA

La investigación teórica contempló lectura y entendimiento de diversos documentos e información relacionada al proceso en estudio, donde cabe mencionar algunas de las fuentes de información más importantes:

- Normas internas de la empresa³⁷.
- Manual de Operación³⁸.
- Memorias Anuales³⁹.
- Documentos internos.
- Auditoría interna.

Esta investigación teórica y bibliográfica forja fundamentos para el entendimiento del proceso de mantención de las maquinarias eléctricas y el cimiento para las siguientes etapas.

10.2. FUENTES PRIMARIAS

Son las fuentes de primera mano que poseen conocimiento sobre el área de trabajo a la que se dedican. Los cargos entrevistados fueron:

- Administración.
 - Hidráulica
 - Ciclos Combinados
 - Térmicas Convencionales
- Gestión de la operación.
- Eficiencia de la operación.
- Planificación del mantenimiento.
- Supervisor de la operación.

³⁷ [23][24]

³⁸ [25]

³⁹ [26][27][28][29][30]

10.3. LEVANTAMIENTO DE SITUACIÓN ACTUAL

Para el levantamiento de la situación actual se acudió a dos principales acciones, que son:

- Levantamiento teórico.
- Levantamiento práctico.

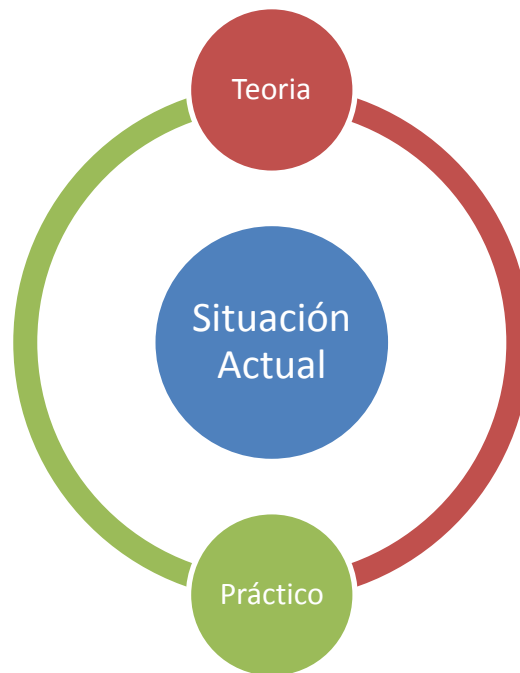


Figura N° 13: Construcción Situación Actual
Fuente: Elaboración propia

Como se ilustra en la figura N°13, estos levantamientos fueron complementarios para describir la situación actual, ya que cada información teórica obtenida debía corroborarse con la práctica que se ejecuta actualmente, como también el caso inverso donde la práctica de trabajo se corroboraba con la teoría.

10.4. SITUACIÓN ACTUAL

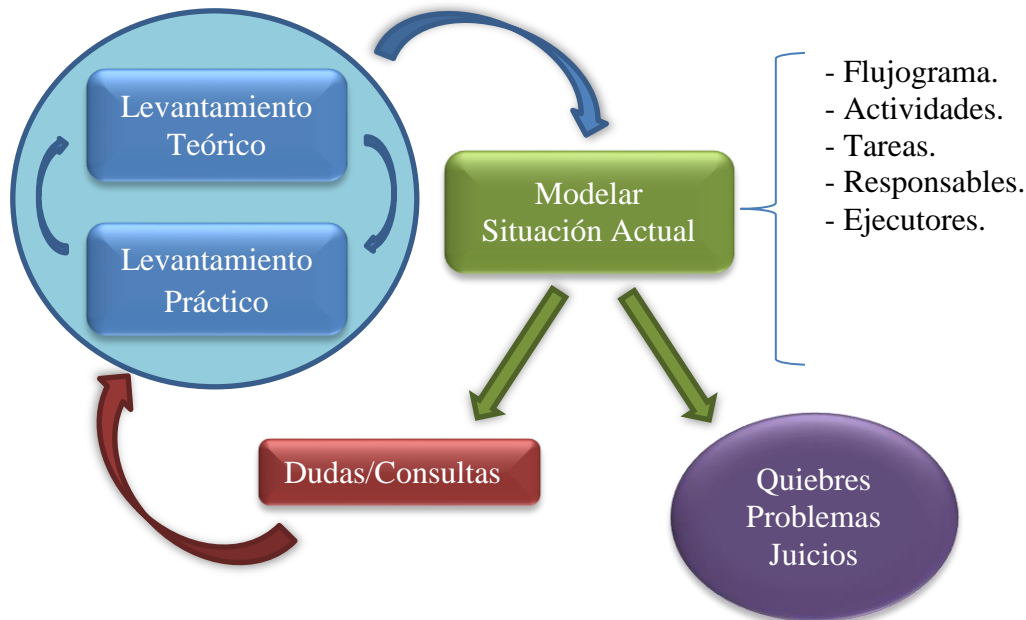


Figura N° 14: Método diseño de situación actual
Fuente: Elaboración propia

En base a la figura N°14 el levantamiento de la situación actual surge a través del levantamiento teórico y práctico, esto permite la modelación de la situación actual que describe actividades, tareas, responsables y ejecutores. Esto genera dudas y/o consultas que deben ser consultadas con los expertos en el tema o con bibliografía. Así crea un ciclo que en cada iteración mejora el modelo y descripción de la situación actual, permitiendo encontrar juicios, quiebres y problemas.

Con la modelación de la situación actual se creó el diseño de proceso del sistema de mantención de las maquinarias en las centrales eléctricas. Esto se puede resumir en 5 etapas:

- 1) Inicio del contrato.
- 2) Planificación de los trabajos.
- 3) Ejecución de los trabajos.
- 4) Contabilidad de los trabajos.
- 5) Pruebas y cierres.

A continuación se describirá de forma resumida cada etapa:

1) Inicio del contrato.

Es el inicio del proceso de mantención en su parte formal, llámese a esto documentación necesaria para proceder a la planificación de los trabajos o a la ejecución de los mismos. Si el contrato es licitado a una empresa externa, se debe tener toda la documentación y respaldo de esta para asegurar los derechos de ambas partes y cumplimiento de las reglas establecidas dentro del contrato.

En la siguiente figura se muestra el proceso de esta primera etapa:

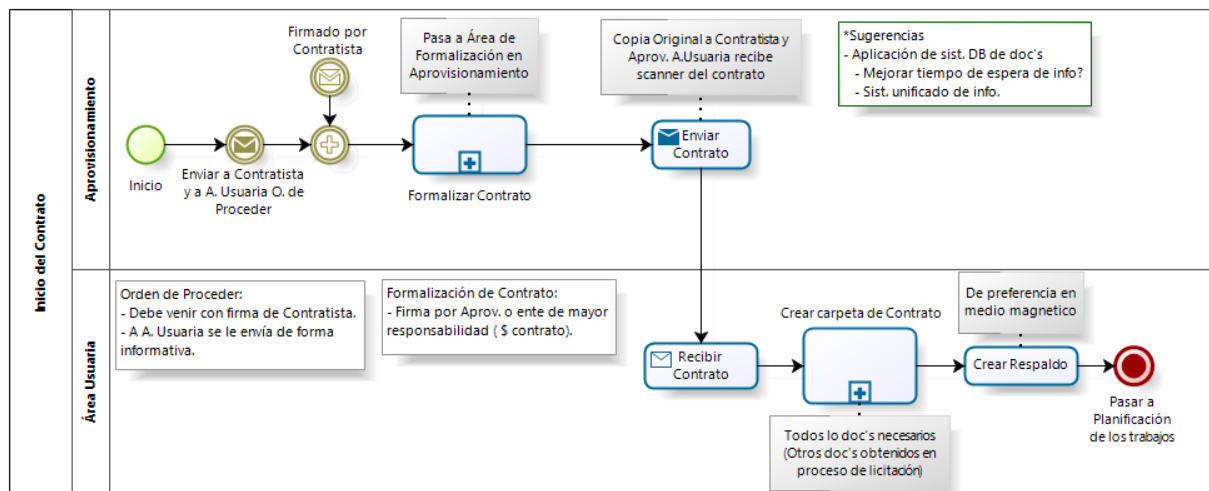


Figura N° 15: Inicio del Contrato
Fuente: Elaboración propia en Bizagi Process Modeler.

2) Planificación de los trabajos.

Esta planificación depende de la máquina o equipo en el cual se esté trabajando, debido a que ya existen planificaciones de cómo trabajar en algunos equipos se puede difundir la planificación ya establecida. En el caso que se trate de un equipo nuevo o sin una planificación estandarizada se procederá con los expertos a desarrollar un plan de trabajo eficiente que se acomode a los requisitos de seguridad y estándares de calidad de la empresa.

3) Ejecución de los trabajos.

La ejecución técnica de los trabajos está establecida y aprobada por parte de expertos en las áreas involucradas, por ende este proceso está enfocado al control e inspección de los involucrados que trabajan en la ejecución de la mantención. Esto es con fin de monitorear tanto estándares de seguridad laboral como ambiental, como a la vez cumplimiento de las promesas que el contrato se está haciendo de acuerdo a lo estipulado, donde se mantiene una calidad establecida en el trabajo de mantención con límites de tiempo cumplidos y con tratos laborales correspondientes.

4) Contabilidad de los trabajos.

Este proceso muestra cómo se tramitan los estados de pagos en el caso de tener un contratista trabajando en el mantenimiento. La forma de pagar se estipula en el contrato por esta razón se puede emitir un solo estado de pago al final de las obras en intervenciones menores o se pueden entregar varios estados de pagos al término de etapas de la mantención. En este proceso se debe tener la documentación necesaria para aprobar los Edp (estado de pagos) y así que el proceso sea expedito, además la documentación se archiva en documentación física como virtual, para tener referencias en el futuro sobre trabajos ya hechos.

5) Pruebas y cierres

Este es el último paso que la parte técnica debe realizar para comprobar que todo en lo que se trabajó y sus alrededores se encuentran en completa normalidad y siguen un funcionamiento correcto. Además de terminar físicamente los trabajos se debe dar por término a la “Orden de Trabajo” creada en SAP, de manera de tener controlado los tiempos y trabajos ejecutados en una data de información para referencias futuras y control actual de los trabajos.

Este trabajo logró la creación del diseño actual del proceso de mantención de las maquinarias eléctricas, al se pudo diagnosticar y analizar de manera de encontrar falencias tales como quiebres, problemas y juicios. Este diagnóstico y análisis se profundizará en el ítem de problemas encontrados.

10.5. DATOS

En esta sección se presentarán datos relevantes sobre ENDESA y su relación al área de mantenimiento.

Total Chile Consolidado (GWh)	2014	2013	2012	2011	2010
Capacidad total instalada	6351	5571	5971	5611	5611
Total generación	18.063	19438	19194	20722	20914
Compras	3.094	968	1684	1348	933
Total ventas de electricidad	21.156	20406	20878	22070	21847

Tabla N° 6: Resumen Chile consolidado

Fuente: Elaboración propia en base a memorias anuales de ENDESA⁴⁰

En el año 2014 se presenta lo siguiente en el ámbito de la mantención:

Mantenciones Mayores	Hidráulica	Ciclos Combinados	Térmicas Convencionales	Total
Cantidad de mantenciones	51	14	5	70
Recuento de días de detención	462	145	123	730
Promedio días	9,06	10,36	24,6	10,43
Máximo días de detención	60	71	60	71

Tabla N° 7: Mantenciones mayores, 2014

Fuente: Elaboración propia en base a documentación interna

⁴⁰ [26][27][28][29][30]

El área servicios técnicos y aprovisionamiento tienen un rol importante en la aprobación de los procesos de compra de repuestos y otros insumos para la mantención.

Cantidades de pedidos					
	Local	Santiago	Sin Cesta	Anulado	Total
Gerencia de Explotación	4477	710	28	35	5250
Enero	237	46	4	4	291
Febrero	283	35	1	4	323
Marzo	337	41	3	2	383
Abril	377	60	1	2	440
Mayo	322	52	0	2	376
Junio	447	65	1	4	517
Julio	370	64	0	5	439
Agosto	415	70	0	3	488
Septiembre	422	32	0	4	458
Octubre	483	54	1	3	541
Noviembre	495	84	4	2	585
Diciembre	289	107	13	0	409

Tabla N° 8: Cantidad de pedidos, 2014

Fuente: Elaboración propia en base a documentación interna

Promedio (días)				
	Local	Santiago	Sin Cesta	Total
Gerencia de Explotación	10,79	15,18	131,70	11,95
Enero	21,57	28,63	207,32	24,94
Febrero	14,04	8,26	379,45	14,37
Marzo	19,31	42,90	242,09	23,48
Abril	11,61	31,82	314,64	15,00
Mayo	13,48	30,37	0,00	15,74
Junio	11,07	15,91	0,00	11,57
Julio	8,82	10,59	0,00	8,98
Agosto	8,89	13,01	0,00	9,43
Septiembre	9,30	5,41	0,00	8,95
Octubre	7,20	8,56	121,45	7,50
Noviembre	7,17	6,29	99,20	7,65
Diciembre	3,92	1,27	70,76	5,35

Tabla N° 9: Promedio (días) respuesta aprobación pedido

Fuente: Elaboración propia en base a documentación interna

Pehuenche S.A. consolida 3 centrales de producción hidráulica:

- Curillinque.
- Loma Alta.
- Pehuenche.

En conjunto produjeron:

Pehuenche S.A.	(GWh)
Total generación	2.902,0
Compras al mercado spot	250,5
Total ventas eléctricas	3.152,5

Tabla N° 10: Resumen ventas totales (GWh) Pehuenche S.A. 2014

Fuente: Elaboración propia en base a documentación interna empresa

Debido a que se tiene que cumplir por ley “demanda=oferta”, Pehuenche S.A. tuvo que comprar al mercado spot 250,5 [GWh] de energía. Esto representa que perdió la oportunidad de vender un 12,6% de energía demandada y tuvo que suplirla con la compra al mercado spot.

La siguiente tabla muestra el detalle de producción de la central Pehuenche:

Pehuenche	Producción (GWh)	Aporte a ENDESA
Enero	172,1	10,86%
Febrero	133,6	7,59%
Marzo	131,7	7,47%
Abril	55,2	3,90%
Mayo	120,9	7,46%
Junio	138,3	8,42%
Julio	177,2	9,51%
Agosto	193,9	10,12%
Septiembre	201,7	12,13%
Octubre	286,5	14,74%
Noviembre	358,9	21,49%
Diciembre	250,5	14,25%
	2.220,4	10,78%

Tabla N° 11: Resumen producción (GWh) Pehuenche 2014

Fuente: Elaboración propia en base a documentación interna empresa

Pehuenche presenta una variación mensual en la producción por el ello de ser una tecnología hidráulica que depende del sector climático de la zona. A su vez presentó mantenciones programadas en sus dos unidades de generación en los meses de Marzo y Abril.

10.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el estado financiero de ENDESA y la producción eléctrica el 2014 se puede destacar:

2014	M\$	GWh
Ventas	1.115.805.379	21.156
Compras	228.442.686	3.094

Tabla N° 12: Resumen financiero y producción eléctrica

Fuente: Estados financieros y productivos ENDESA 2014

Las ventas de electricidad de la compañía se pueden clasificar en 4 formas:

- Ventas a precios regulados.
- Ventas a precios no regulados.
- Ventas al mercado spot (al costo marginal).
- Ventas a compañías relacionadas.

Y las compras se pueden clasificar en 3 formas:

- Compras a compañías relacionadas.
- Compras a otras generadoras.
- Compras en el mercado spot (al costo marginal).

De esta forma existe variedad de precios de compra y venta, pero siempre se conserva dentro de límites dando una aproximación de sus resultados. La conjetura de la aproximación se basa en el precio de mercado de cada mes que se presenta a continuación:

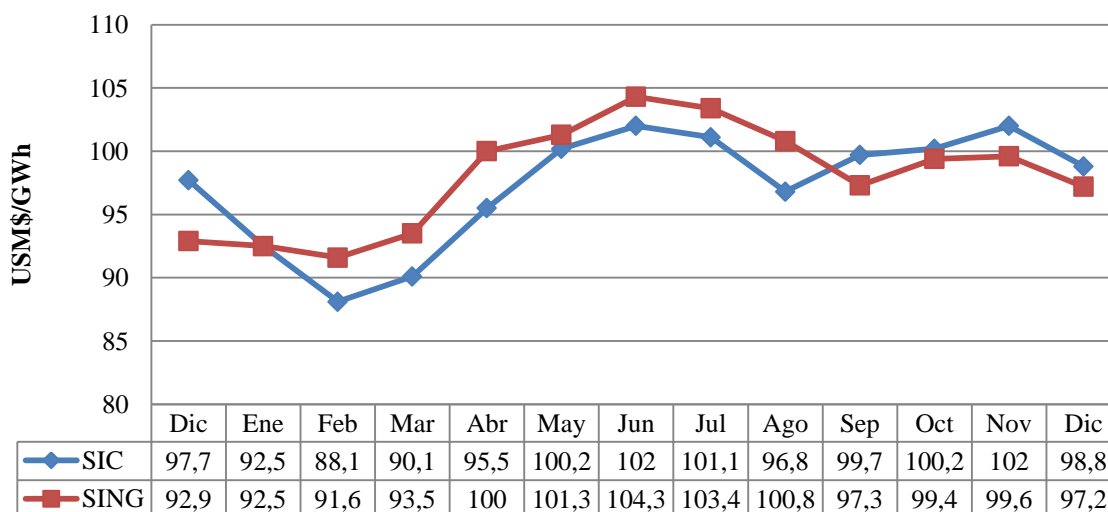


Figura N° 16: Precio Medio de Mercado 2014

Fuente: Elaboración propia en base a datos CDEC.

En base al precio del dólar por producción energética se obtiene:

	SIC	SING
Media	97,28 [USM\$/GWh]	97,98 [USM\$/GWh]
Mínimo	88,1 [USM\$/GWh]	91,6 [USM\$/GWh]
Máximo	102,0 [USM\$/GWh]	104,3 [USM\$/GWh]
Varianza	18,97 [(USM\$/GWh) ²]	16,52[(USM\$/GWh) ²]
Desviación estándar	4,36 [USM\$/GWh]	4,06 [USM\$/GWh]

Tabla N° 13: Estadísticos precio medio de mercado SIC y SING

Fuente: Elaboración propia en base a datos CDEC.

De los resultados se observa que el rango de precio medio de mercado tiene una baja variación durante el año 2014. Esto nos entrega una estimación del precio de la venta de producción en el mercado eléctrico.

Por otra parte para un mayor entendimiento de ENDESA y el precio de la energía eléctrica en el país se procede a convertir de dólar a peso chileno con el promedio mensual del dólar observado:

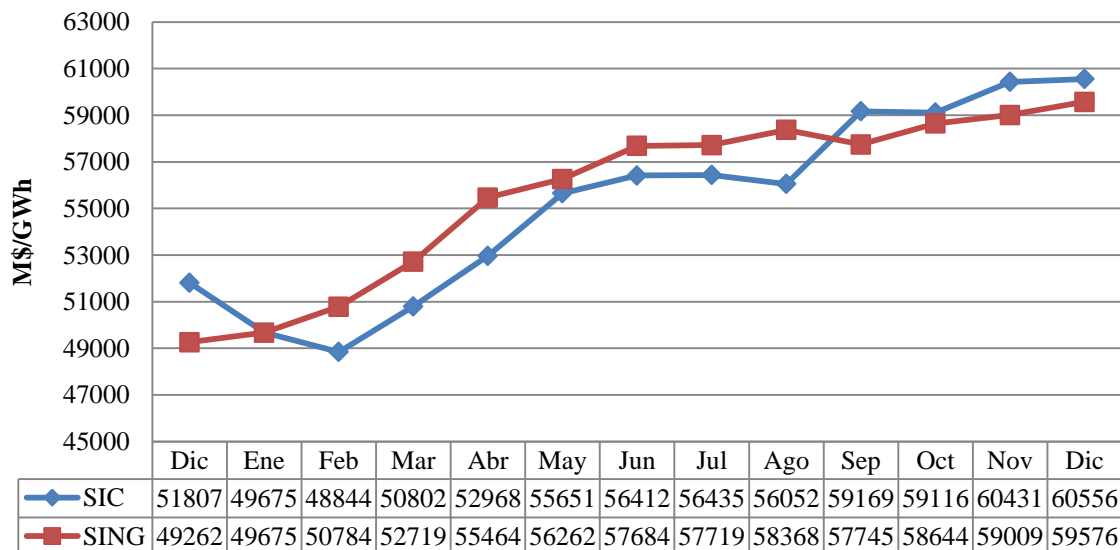


Figura N° 17: Precio Medio de Mercado 2014 en M\$

Fuente: Elaboración propia en base a datos CDEC.

	SIC	SING
Media	55.224,53 [M\$/GWh]	55.608,55 [M\$/GWh]
Mínimo	48.843,52 [M\$/GWh]	49.262,08 [M\$/GWh]
Máximo	60.556,50 [M\$/GWh]	59.575,82 [M\$/GWh]
Varianza	15.216.885,7 [(M\$/GWh) ²]	12.693.251,2[(M\$/GWh) ²]
Desviación estándar	3900,88 [M\$/GWh]	3562,76 [M\$/GWh]

Tabla N° 14: Estadísticos precio medio de mercado SIC y SING

Fuente: Elaboración propia en base a datos CDEC y SII.

De esta anterior figura y tabla, se aprecia una tendencia de crecimiento del precio medio de mercado. Esta tendencia se debe al crecimiento del precio del dólar que se ha presentado durante los últimos años.

En base a la tabla N°12 se tiene que el promedio de ventas de ENDESA es de 52.741,79 [M\$/GWh] y con el análisis de los datos anteriores que indica que la media para el SIC es de 55.224,53 [M\$/GWh] y para el SING de 55.608,55 [M\$/GWh] con desviaciones estándares de 3900,88 [M\$/GWh] y 3562,76 [M\$/GWh] respectivamente se concluye que el precio medio de mercado es una buena estimación para el precio de venta de energía eléctrica de ENDESA.

Referente a las compras se tiene:

Compras	SIC (GWh)	SING (GWh)	Total (GWh)	Total (%)
Otras generadoras	213,0	102,3	315,3	10,19
Mercado spot	2.649,7	128,6	2.778,3	89,81
Total	2.862,6	231,0	3.093,6	100,00

Tabla N° 15: Compras de energía eléctrica por parte de ENDESA 2014
Fuente: Financial tables YE 2014, ENDESA.

Se aprecia que la compra en el mercado spot es casi del 90% de las compras que realiza la compañía y consecuente a esto se debe estudiar este mercado:

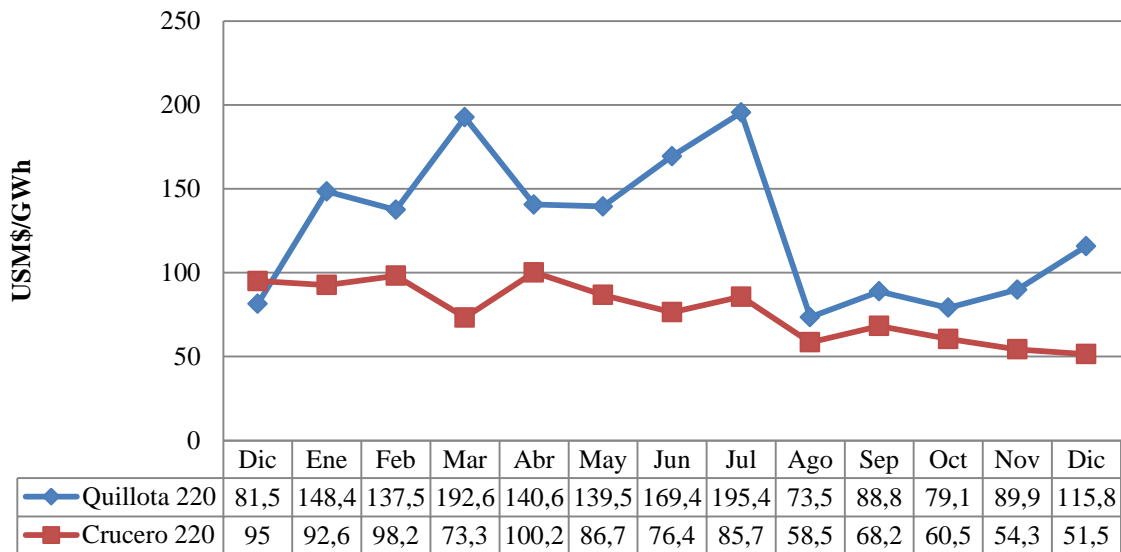


Figura N° 18: Costo Marginal para SIC y SING 2014
Fuente: Elaboración propia en base datos de CDEC.

	SIC	SING
Media	127,08 [USM\$/GWh]	77,01 [USM\$/GWh]
Mínimo	73,5 [USM\$/GWh]	51,5 [USM\$/GWh]
Máximo	195,4 [USM\$/GWh]	100,2 [USM\$/GWh]
Varianza	1.682,85 [(USM\$/GWh) ²]	276,64[(USM\$/GWh) ²]
Desviación estándar	41,02 [USM\$/GWh]	16,63 [USM\$/GWh]

Tabla N° 16: Estadísticos costo marginal SIC y SING
Fuente: Elaboración propia en base a datos de CDEC.

Para calcular una estimación de ENDESA en la compra de energía se tiene que compró un total de 315,3 [GWh] a otras compañías, esto se realiza al precio medio de mercado teniéndose lo siguiente:

	Compra (GWh)	Precio medio mercado	Total compra
SIC	213,0	55.224,53	11.762.824,89
SING	102,3	55.608,55	5.688.754,67
Total	315,3	55.416,54	17.451.579,56

Tabla N° 17: Compra energía eléctrica ENDESA 2014

Fuente: Financial tables YE 2014, ENDESA.

$$Total\ compra\ spot = Total\ compra - Total\ compra\ precio\ mercado$$

$$Total\ compra\ spot = 228.442.686 - 17.451.579,56$$

$$Total\ compra\ spot = 210.991.106,44$$

Para la estimación del precio de compra en el mercado spot se tiene:

$$Estimación\ precio\ compra\ spot = \frac{Total\ compra\ spot\ (\$)}{Total\ compra\ spot\ (GWh)}$$

$$Estimación\ precio\ compra\ spot = \frac{201.991.106,44}{2778,3}$$

$$Estimación\ precio\ compra\ spot = 75.942,52 \left[\frac{M\$}{GWh} \right]$$

El resultado anterior es un estimador para ENDESA de la compra en el mercado spot, pero en este se consideró que los precios de compra en los sistemas SIC y SING eran iguales. De esta manera se estimará un nuevo precio en base a las conclusiones que se han dado anteriormente. Con ello se puede tomar como estimador al promedio del dólar observado, este equivale a 567,29 [CLP/USD]. El costo marginal de 127,08 [USM\$/GWh] quedaría estimado en unidad de pesos chileno como 72.091,21 [M\$/GWh].

Estas dos estimaciones muestran que el precio de compra en el mercado spot es superior a la compra en el mercado con precio medio, y que también ENDESA realizó compras en el mercado spot en momentos del año que el precio era superior a la media. Esto se puede mostrar con un caso particular que es de Pehuenche S.A., este caso es particular debido a que se pueden aislar variables para obtener una conjetura más certera.

La particularidad de Pehuenche S.A. es que funciona con la tecnología hidráulica y que sólo realizó compras al mercado spot durante el año 2014. Se mostró en la tabla N°11 la producción mensual, donde cabe recalcar que se realizó mantención mayor en sus dos unidades durante el mes de Marzo y Abril por un total de 34 días (11 días en unidad 1 y 23 días en unidad 2). Esto produjo una baja en la producción en estos dos meses y como consecuencia comprar al mercado spot para suplir la oferta.

Mes	[GWh/día]
Enero	5,55
Febrero	4,77
Marzo	4,25
Abril	1,84
Mayo	3,90
Junio	4,61
Julio	5,72
Agosto	6,25
Septiembre	6,72
Octubre	9,24
Noviembre	11,96
Diciembre	8,08
Promedio	6,08

Tabla N° 18: Producción promedio diaria Pehuenche 2014
Fuente: Elaboración propia en base a datos internos

De lo observado en la tabla se describe en la siguiente figura que Abril fue un mes improductivo con solo 1,84 [GWh/día] en promedio de producción.

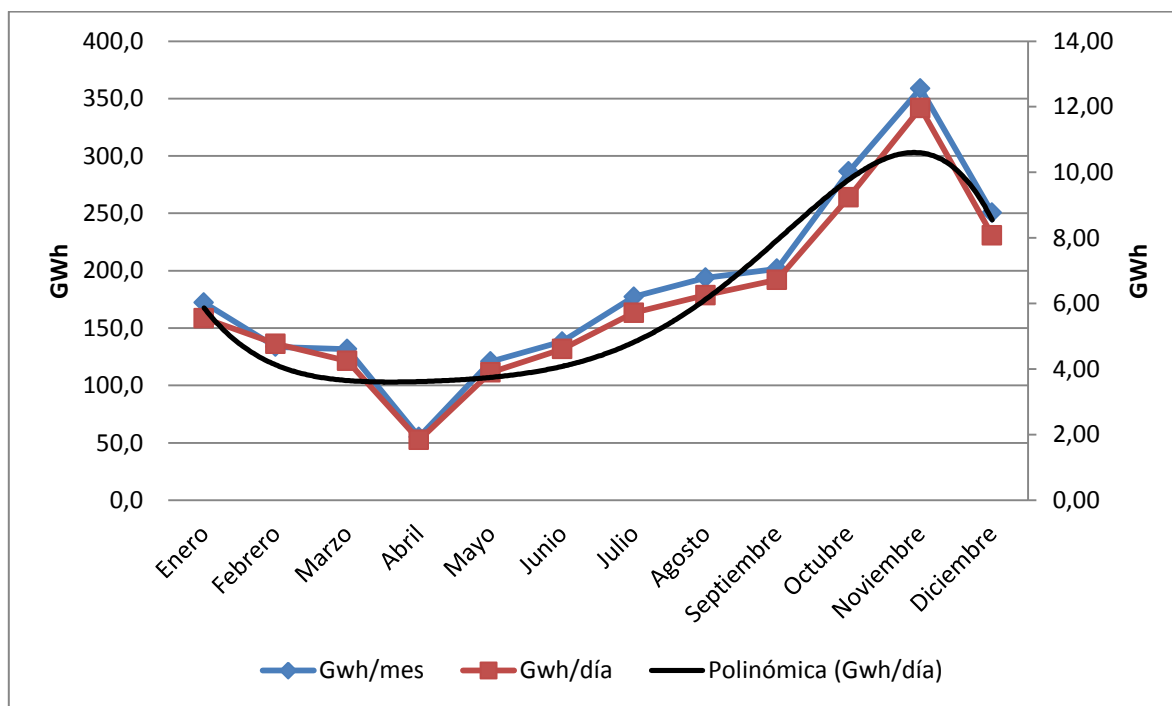


Figura N° 19: Resumen producción eléctrica Pehuenche 2014
Fuente: Elaboración propia en base a datos internos

Esto nos hace observar el impacto de la mantención con la eficiencia, donde se tiene:

El promedio de producción es 6,08 [GWh/día] pero al ser una central hidráulica, esta varía la producción según la oportunidad del cambio climático en la zona, pero se mantiene una tendencia de producir más en meses más cálidos y reservar caudal en embalses en meses más fríos. De ello se estableció una línea de tendencia que estimará la producción.

En conclusión en el mes de Abril si se hubiera reducido en 1 día la mantención se hubiera tenido lo siguiente:

- Se hubiera producido energía entre 4-6 [Gwh/día].
- La venta de producción sería de 220.898,12 - 331.347,18 [M\$/día].
- No se hubiera comprado 2,16-4,16 [GWh/día] para suplir demanda.
- No se hubiera gastado en comprar 155.717,02 – 299.899,45 [M\$/día].

Pedidos de insumos y repuestos

Cabe señalar que los insumos y repuestos se les asigna una “cesta”. Esta cesta es el código que enlaza el área a la cual el gasto ingresa. De aquí cuando se menciona “local” significa que el gasto del pedido se ingresó a alguna central eléctrica y cuando se dice “Santiago” es por el ingreso del gasto a alguna área de ENDESA dentro de Santiago.

También cabe recalcar que el proceso de pedida de insumos y repuestos es:

1. Central pide aprobación a Área de Servicios Técnicos en Santiago.
2. Área de Servicios Técnicos verifica especificaciones y pide aprobación de presupuesto a Aprovisionamiento.
3. Aprovisionamiento recibe documentación donde puede aprobar o rechazar solicitud.
4. En el caso de aprobación se dirige documento de aprobación a Área de Servicios Técnicos.
5. Finalmente Área de Servicios Técnicos da aprobación a central para proceder con la compra del insumo o repuesto.

En base a los datos del ítem 9.5 se puede observar lo siguiente:

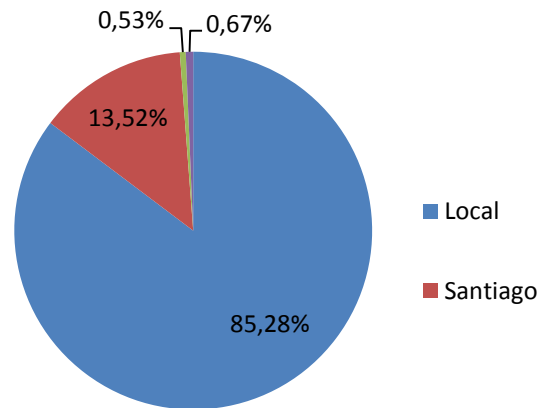


Figura N° 20: Cantidad de Pedidos Anual (%)
Fuente: Elaboración propia en base a datos internos

Este gráfico muestra que el 85,28% de los pedidos de insumos y repuestos requieren del uso de presupuestos de las centrales y el 13,52% de Santiago. De aquí se concluye la descentralización de los pedidos, que implica que deba existir una comunicación a larga distancia entre central y las áreas involucradas en Santiago para aprobación de compra.

De este hecho surge tiempos de demora para la aprobación de compra de insumos o repuestos. La figura N°20 muestra la relación entre la cantidad de pedido mensual total y el tiempo promedio de demora de aprobación de compra.

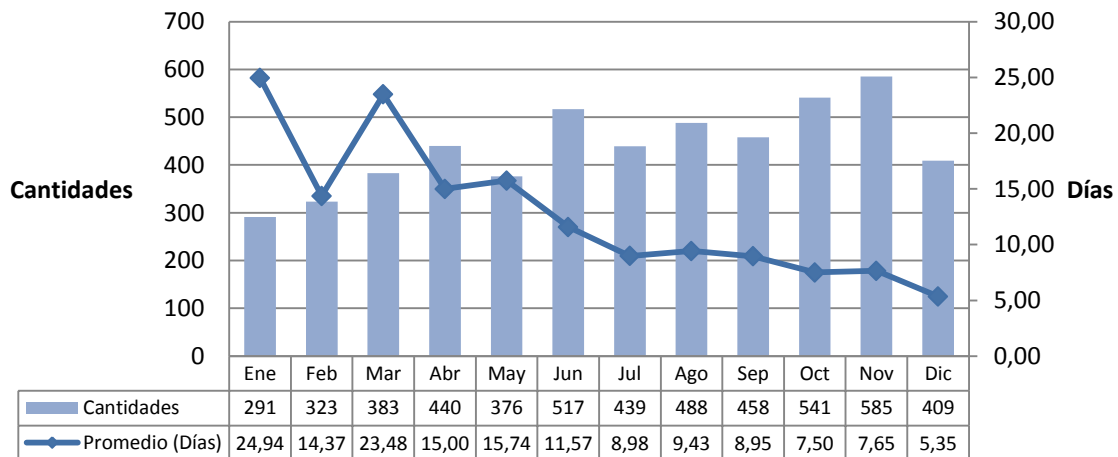


Figura N° 21: Cantidad de pedidos vs Promedio de respuesta
Fuente: Elaboración propia en base a datos internos

La caída del promedio de días se debe a la creación de cumplimiento de metas durante el mes de marzo 2014. El incentivo por dar una respuesta más rápida otorgó una mejor eficiencia en la aprobación de compra, hecho tal que indica que la incorporación de incentivos por cumplimientos de metas ha tenido un favorable impacto en la mejora de funciones administrativas de la mantención.

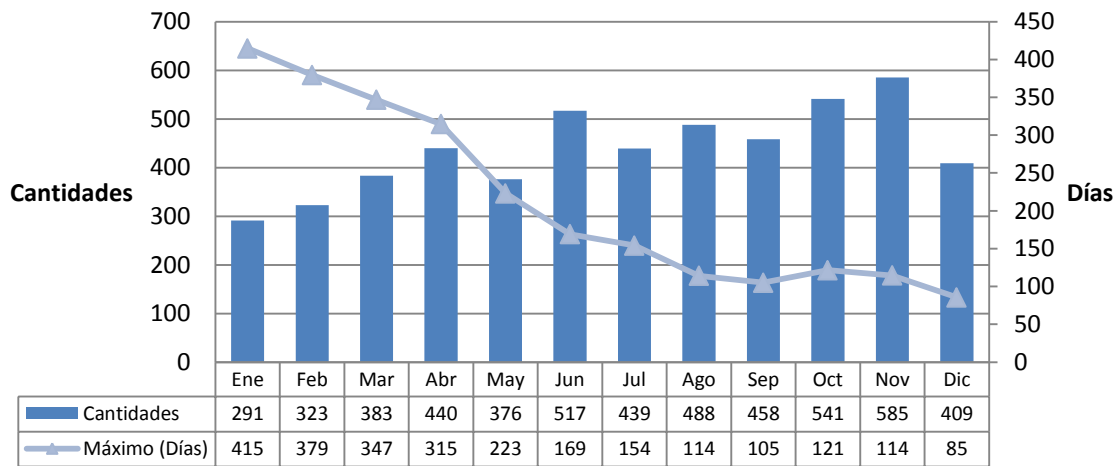


Figura N° 22: Cantidad de pedidos vs Máximo tiempo de respuesta
Fuente: Elaboración propia en base a datos internos

La figura N°21 otorga un mayor entendimiento que la aplicación de incentivos a los trabajadores logra que tengan una mayor motivación para cumplir con rapidez sus responsabilidades como también incentivar la pro actividad de examinar casos extremos de demora, para poder entregar soluciones en eventualidades anormales.

La figura N°22 por otra parte nos entrega la información de tiempos límites que se impuso a la respuesta de aprobación de la compra desde el ingreso de la solicitud. Estos límites fueron de 6 días para solicitudes en Santiago y 14 días para solicitudes de Centrales.

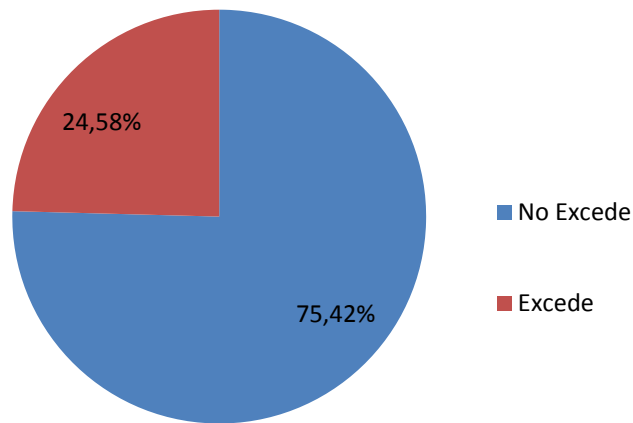


Figura N° 23: No excede vs Excede el Tiempo Límite (%)
Fuente: Elaboración propia en base a datos internos

Todavía existe un incumplimiento del 24,58%, pero cabe mencionar que el incumplimiento ha ido bajando y se espera que llegue a índices de 1 dígito el 2016.

Días de mantención

Sobre los días de mantención que se puede extraer de la tabla N°7 existe un promedio de 9,06 días que una unidad de alguna central hidráulica no produce energía durante el año. Esto significa que si se toma de ejemplo Pehuenche que presenta una producción diaria de 6,08 [GWh], implica que en promedio durante el año se perdería de producir 55,08 [GWh], siendo la equivalencia económica de tener una unidad detenida por 9,06 días de 3.041.767,11 [M\$].

La importancia de un buen y eficiente mantenimiento implica en aumentar el valor de la empresa, por el hecho de reducir costos de mantención y aprovechar la oportunidad de vender energía eléctrica producida en vez de comprar por tener deficiencia de producción por la detención de alguna unidad.

10.7. PROBLEMAS

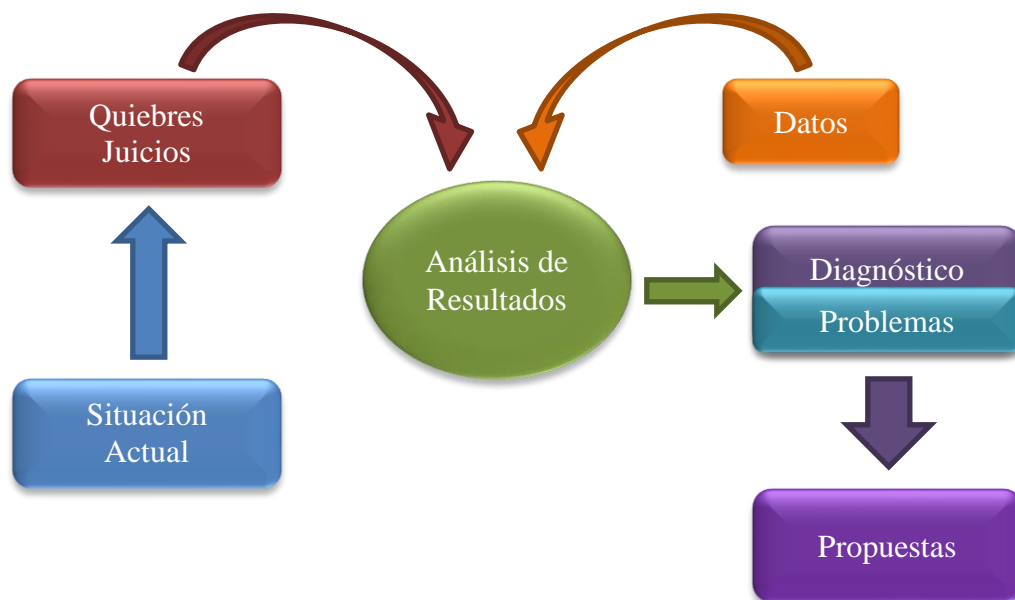


Figura N° 24: Esquema para diagnóstico de problemas
Fuente: Elaboración propia

A continuación se mencionaran los problemas encontrados en las etapas del proceso de mantenimiento:

1) Inicio del contrato.

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Aprovisionamiento	Incomunicación entre aprovisionamiento y área usuaria.	Formalización retrasada del contrato.	- Contrato incompleto. - Faltan firmas correspondientes.
	Contratos archivados en diferentes medios.	No tener historial de contratos.	- No se puede recurrir a información histórica de contratos semejantes.
		Pérdida de información.	- Desconocimiento del lugar donde se guarda la información.
Área Usuaria	No almacenar los documentos en una misma fuente durante el proceso de la mantención.	Carpeta de contrato con falta de documentos.	- Falta de documentos necesarios durante el proceso de mantención. Ej. Seguro de trabajadores.

2) Planificación de los trabajos.

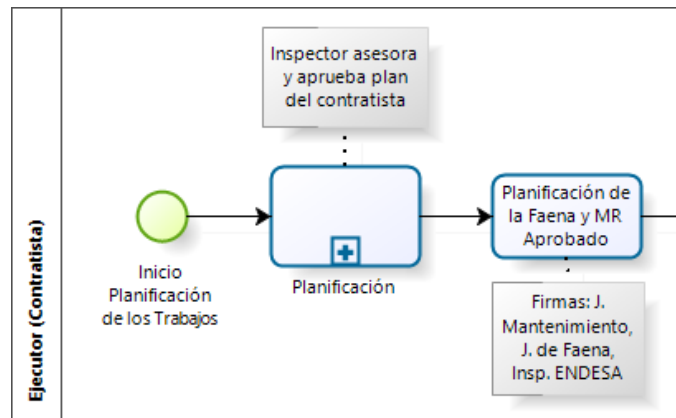


Figura N° 25: Diseño Planificación de los trabajos
Fuente: Elaboración propia

➤ Planificación:

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Ejecutor	Planificación de obras y matriz de riesgo incorrectamente realizadas	Retraso en el inicio de faena	- Estructura de planificación de obras y matriz de riesgo no se adecua a los estándares que ENDESA solicita, genera que se deba crear nueva planificación.
Inspector de obras	No tener historial de planificaciones de obras referente a ciertas maquinarias	Retraso en el inicio de faena.	- Se debe crear nueva planificación de obra en casos donde la maquinaria a intervenir no presenta dichos documentos, retrasando el inicio de la faena.
Inspector de seguridad	No tener historial de matriz de riesgo	Retraso en el inicio de faena	- Se debe crear nueva matriz de riesgo en casos donde la maquinaria a intervenir no presenta dichos documentos, retrasando el inicio de la faena.

➤ Actividades referentes a SAP:

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Coordinador de Explotación	No utilizar la herramienta SAP para llevar el control de la obra.	Pérdida del control de la obra en niveles jerárquicos superiores.	- Personal no ocupa la herramienta tecnológica dispuesta por la empresa, sigue ocupando Excel de Office u otros medios.
		No se puede recopilar información para llevar historial de mantenciones.	- Al no utilizar la herramienta y no tener historial, pierde la oportunidad de mejorar la inspección en mantenciones futuras.
		Pérdida de información relevante.	- Al no almacenar en medio SAP, no se puede llevar un recuento de estadísticas sobre mantenciones de la misma maquinaria.

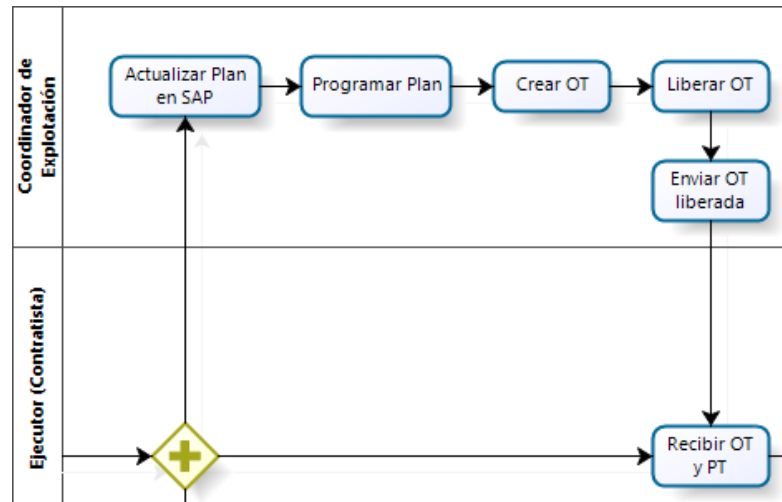


Figura N° 26: Planificación de los trabajos referente a SAP
Fuente: Elaboración propia

➤ Copia impresa en terreno:

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Ejecutor/Contratista	No mantener copia impresa en terreno sobre la planificación de los trabajos y matriz de riesgo	Retrasa tiempos en maniobras específicas	- Al no presentar estas copias impresas en terreno, dificulta el rápido acceso en caso de consultas sobre cómo realizar maniobras específicas, donde deben ir a buscar la información a otros lados con mayores dificultades (tomos de libros, normas, manuales de operación, etc).
		Aumenta el riesgo de accidentes al no tener presente la matriz de riesgo	- Al no tener claras las maniobras y precauciones que se deben tomar en frente a riesgos involucrados, tiene como consecuencia el aumento de accidentes.

➤ Proceso de desconexión:

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Operador	Malas maniobras en el proceso de desconexión y conexión de unidades	Daño a la maquinaria y bajar vida útil de esta	- Al ser un proceso crítico dentro de la mantención y ser mal maniobrado trae consigo diferentes consecuencias, de las cuales está el daño inmediato a la maquinaria y pérdida de su vida útil.
		Accidente laboral	- La mala maniobra trae consecuencias graves sobre la persona, ya que por la potencia en estas máquinas puede matar al trabajador instantáneamente y en sus mejores casos sobrevivir.
		Mayor índice de fallas	- Al ser un proceso crítico y mal ejecutado trae como consecuencia el aumento del índice de fallas. Esto hace que aumenten los costos de mantención y disminuya la eficiencia de la máquina.

3) Ejecución de los trabajos.

➤ Jefe de Mantenimiento:

Lo descrito sobre las especificaciones de responsabilidades en la Norma 20⁴¹, no se lleva a cabo en su totalidad provocando problemas y en consecuencia pérdida de la eficiencia y calidad de la mantención.

La siguiente figura muestra el rediseño con las responsabilidades que debe cumplir el Jefe de Mantenimiento:

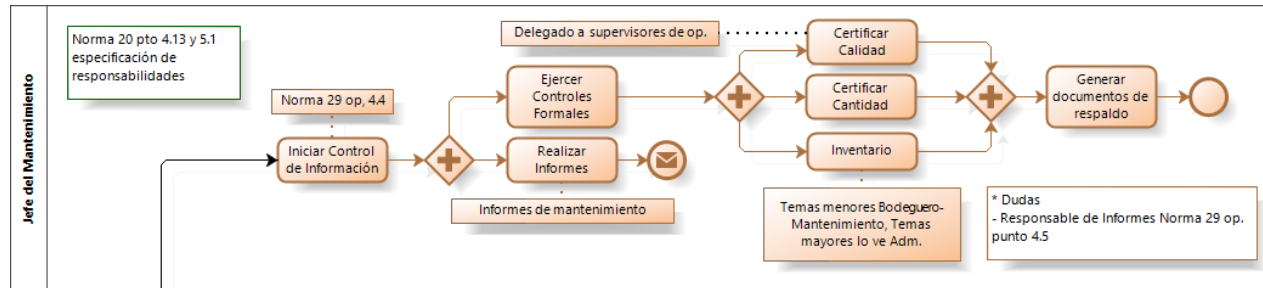


Figura N° 27: Proceso de ejecución de los trabajos
Fuente: Elaboración propia

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Jefe de Mantenimiento	No realiza todas las actividades y tareas involucradas en el proceso de mantención	Pérdida del control de la calidad y eficiencia del proceso inspeccionado	- Las normas y manuales de operación de la empresa solicitan un mínimo de actividades y tareas que se deben realizar, pero estas no se realizan por parte del responsable.
		No se puede recopilar mayor información sobre la mantención actual para mejoras de futuras mantenciones	- Al no realizar las actividades y tareas pedidas se pierde la oportunidad de recopilar mayor información sobre el proceso de mantención para futuras intervenciones. Esto provoca una ineficiencia para desarrollar el proyecto de mejora continua en la empresa.

⁴¹ [23]

➤ Inspector de ENDESA:

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Inspector de ENDESA	Inspección de la obra no realizada efectivamente	Pérdida de la calidad	<p>- Al no inspeccionar la buena realización de la faena y proceder a las siguientes actividades, induce pérdida en la calidad de mantención donde por ejemplo pueden haber piezas mal ajustadas en maquinarias que provoquen fallas en un corto plazo.</p> <p>- También esto provoca que la maquinaria tenga una vida útil menor debido a su mala mantención, como a su vez provoca que la maquinaria pierda su eficiencia en la generación de energía</p>
		Aumento de accidentes	<p>- La falta de inspección en la faena provoca que existan zonas de riesgo no delimitadas como por ejemplo delimitación en maquinarias energizadas.</p> <p>- También produce riesgos a futuro por el hecho de que alguna falla a corto plazo futura que hubiera sido evitada con la mejor inspección provoque algún accidente a personal operario de la maquinaria.</p>
		Documentación faltante	- La falta de inspección provoca que se pase por alto información importante como lo son los contratos de trabajo, asistencia a la obra, horas trabajadas, documentación sobre pagos, etc.

➤ Previsionista de riesgo:

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Previsionista de riesgo	Inspección deficiente.	Accidente laboral	- La mala delimitación de maquinarias y áreas fuera del trabajo de mantención, pueden provocar accidentes laborales que incluso pueden llevar a la muerte en maquinaria energizada no delimitada.
		Riesgo a maquinarias	- Al no delimitar partes de una maquinaria que no esté dentro de la actividad de mantención provoca que se pueden pasar a llevar y/o maniobrar partes y piezas que no estaban contempladas en la mantención, y que siendo intervenidas provoquen daños a la maquinaria

4) Contabilidad de los trabajos.

Esta etapa es completamente administrativa donde participan 4 áreas. Esta etapa se centra cuando el contratista quiere cobrar los trabajos realizados (puede ser 1 pago por toda la mantención o ser dividido en varios, está estipulado en el contrato) y la administración de documentación y firmas para tramitar el pago.

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Inspector Jefe	Inspector Jefe no especifica documentos necesarios que solicita a parte contratista para cobrar Estados de Pago (Edp)	Pérdida de tiempo.	- El Inspector Jefe al no especificar los documentos necesarios para aprobar las Edp retrasa la gestión del contrato de mantención provocando ineficiencia en la continuación de los siguientes trabajos o finalización de la faena.
	No se deja respaldo físico y virtual de los documentos sobre los Edp.	No se tiene historial sobre Edp.	- Al no contar con el historial de Edp sobre una maquinaria específica, no se puede llevar un seguimiento concreto y contable para optimizar el presupuesto en futuras faenas, y poder así analizar más profundamente donde se puede hacer mejora continua.
Ventanilla Única de Documentos Tributarios (VUDT)	Se rechaza factura emitida por contratista.	Pérdida de tiempo.	- La escasa comunicación entre el Inspector Jefe y el contratista provoca que no se le informe debidamente el formato obligatorio de llenado de facturas al contratista. Esto induce el rechazo por VUDT y retrasa el Edp y las siguientes actividades del proceso de mantención.

Últimamente se ha reconocido que el cambio a formatos digitales y el almacenamiento en un sistema único va acelerar la tramitación de documentos y control en intervenciones a maquinarias en el futuro.

5) Pruebas y cierres.

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Operación	No realizar las pruebas y cierres de forma precavida.	Aumento índice de fallas.	- Al no realizar todas las pruebas y cierres debidamente, provoca que existan cierres mal puestos sobre la maquinaria y produzca una falla en un lapso de tiempo menor.
	No dejar reportes de situaciones anormales ocurridas.	Fallas inesperadas y/o vida útil de la maquinaria disminuida.	- No dejar reportes de situaciones anormales ocurridas durante el proceso de cierre final, produce que no se cuente con un conocimiento esencial que pueda prevenir situaciones futuras de anomalía en la maquinaria.
Inspector Jefe	No actualiza plan de mantenimiento	No se puede lograr la mejora continua.	- El Inspector Jefe sólo se preocupa en esta actividad de cerrar el proceso de OT, donde no verifica las operaciones ejecutadas dentro de la OT. Esto produce que no se actualicen planes de mantenimiento que debieran tener cambios, que a su vez provocarán a futuro problemas similares cuando se proceda a la mantención de la misma maquinaria.

10.8. PROPUESTAS

El rediseño del proceso actual tiene contemplado los problemas indicados de forma de crear un proceso estandarizado con las actividades mínimas necesarias, de una manera tal que sea entendible desde nivel del jefe de la central involucrada, hasta los operarios de las maquinarias.⁴²

El rediseño se centra en los siguientes aspectos:

- Reducir actividades innecesarias y redundantes.
- Agregar nuevas actividades según corresponda.
- Asignar correctamente las actividades al área o personal correspondiente.
- Contemplar en una macro vista todo el proceso de mantenimiento dejando claro el detalle de la actividad a los involucrados.

Referente a lo que se aspira lograr, a continuación se proponen soluciones a los problemas encontrados en las 5 etapas del diseño del proceso, además de acciones necesarias para que la mejora lograda sea la óptima.

⁴² Anexo III: Organigrama

1) Inicio del contrato.

Responsable	Causa	Problema	Propuesta
Aprovisionamiento	Incomunicación entre aprovisionamiento y área usuaria.	Formalización retrasada del contrato.	- Luego del término de licitación para la mantención, Aprovisionamiento debe comunicar al Área Usuaria vía mail u otro medio equivalente de todos los documentos requeridos y con sus debidas firmas y formatos exigidos por ENDESA. Para la motivación de enviar mail para mejorar la comunicación entre las partes se propone que sea parte de las metas de cumplimiento.
	Contratos archivados en diferentes medios.	No tener historial de contratos.	- Capacitar al personal involucrado en el uso de programas necesarios como SAP y estandarizar los procesos ⁴³ de forma que el personal tenga una visión global de cómo afecta su trabajo en su entorno y motivar que su trabajo es relevante en la estrategia de eficiencia de la organización.
		Pérdida de información.	- Capacitar al personal involucrado en el uso de programas necesarios como SAP y estandarizar los procesos de forma que el personal tenga una visión global de cómo afecta su trabajo en su entorno y motivar que su trabajo es relevante en la estrategia de eficiencia de la organización.
Área Usuaria	No almacenar los documentos en una misma fuente durante el proceso de la mantención.	Carpeta de contrato con falta de documentos.	- Como el Área Usuaria no pertenece a ENDESA (contratista) se propone exigir mediante multas u otro medio similar que se disponga en todo momento de la mantención los documentos necesarios en forma física y virtual.

⁴³ Anexo II: Rediseño del Proceso

2) Planificación de los trabajos.

➤ Planificación:

Responsable	Causa	Problema	Propuesta
Ejecutor/Contratista	Planificación de obras y matriz de riesgo incorrectamente realizadas	Retraso en el inicio de faena	- En el caso de no existir una planificación y/o matriz de riesgo, promover al especialista a cargo por parte de ENDESA la construcción conjunta de estos documentos. Se debe incentivar al personal de ENDESA a preguntar y dar indicaciones al contratista antes del inicio de la faena para que la creación de la planificación y matriz de riesgo sean aceptadas y sin observaciones.
Inspector de obras	No tener historial de planificaciones de obras referente a ciertas maquinarias	Retraso en el inicio de faena.	- Incentivar por medio de cumplimiento de metas que al final de la faena se resguarde todos los documentos involucrados en un medio único como por ejemplo la Intranet. Esto referido especialmente a la planificación de faena, e indexar los documentos a la maquinaria tratada.
Inspector de seguridad	No tener historial de matriz de riesgo	Retraso en el inicio de faena	- Incentivar por medio de cumplimiento de metas que al final de la faena se resguarde todos los documentos involucrados en un medio único como por ejemplo la Intranet. Esto referido especialmente a la matriz de riesgo e indexar los documentos a la maquinaria tratada.

Lo importante de las propuestas es crear una unificación de la información que lleva a la estandarización del proceso, además de incentivar la comunicación cruzada entre las diferentes áreas e involucrados. Para lograr esto se debe inculcar el método de Kaizen de mejora continua y la forma de vida de este: “para que se cumpla con el trabajo pedido es siempre mejor cuando la persona conoce que lo que está haciendo es por un bienestar mejor”⁴⁴.

De esta manera ayudará tanto con planificaciones futuras cuando ENDESA es el que trabaja en la mantención y a su vez mejorará el asesoramiento a planificaciones y matrices de riesgo externas.

⁴⁴ [18]

➤ Actividades referentes a SAP:

Responsable	Causa	Problema	Propuesta
Coordinador de Explotación	No utilizar la herramienta SAP para llevar el control de la obra.	Pérdida del control de la obra en niveles jerárquicos superiores.	<ul style="list-style-type: none"> - Motivar el uso de la herramienta SAP mediante la capacitación de los trabajadores. - Charlas motivacionales que incentiven que la capacitación y aplicación de nuevas herramientas entregan valor tanto a la persona como a la organización. - Capacitar y exigir el uso de herramientas tecnológicas necesarias aparte de SAP en las situaciones que se estime conveniente hacia los trabajadores por el cargo jerárquico superior.
		No se puede recopilar información para llevar historial de mantenciones.	
		Pérdida de información relevante.	

La capacitación en SAP no debe provocar un rechazo mayor en el personal, debido a que en algunos procesos ya se trabaja con la herramienta. Por lo tanto esta capacitación se debe centrar en usar el sistema de mejor manera, aprovechando todas las utilidades y sistemas para comunicar información.

➤ Copia impresa en terreno:

Responsable	Causa	Problema	Propuesta
Ejecutor/Contratista	No mantener copia impresa en terreno sobre la planificación de los trabajos y matriz de riesgo	Retrasa tiempos en maniobras específicas	<ul style="list-style-type: none"> - Como es de responsabilidad del Ejecutor mantener todos los documentos para consulta inmediata del Inspector Jefe, se debe estipular un método de sanciones o incentivo adicional según estime conveniente ENDESA, de forma de motivar la importancia de la documentación en terreno.
		Aumenta el riesgo de accidentes al no tener presente la matriz de riesgo	

➤ Proceso de desconexión:

Responsable	Causa	Problema	Propuesta
Operador	Malas maniobras en el proceso de desconexión y conexión de unidades	Daño a la maquinaria y bajar vida útil de esta	<p>- Se debe tomar todas las medidas de seguridad estipulas para la maniobra en maquinaria energizada, por ello se debe tener una clara cooperación de tres partes: Inspector, Previsionista y Operador.</p> <p>Cada una debe cumplir con sus responsabilidades ya sea de estipular peligros por parte del Previsionista o verificar que las maniobras que hará el Operador estén correctas por parte del Inspector.</p> <p>De aquí se debe crear charlas o reuniones con los involucrados de forma de capacitar al personal sobre la prudencia que deben tener y las consecuencias que malas maniobras pueden llevar. Además de incentivar la comunicación responsable entre el personal, donde se pone énfasis en siempre informar de los más mínimos detalles de cualquier anomalía vista.</p>
		Accidente laboral	
		Mayor índice de fallas	

3) Ejecución de los trabajos.

➤ Jefe de Mantenimiento:

Responsable	Causa	Problema	Propuesta
Jefe de Mantenimiento	No realiza todas las actividades y tareas involucradas en el proceso de mantención	Pérdida del control de la calidad y eficiencia del proceso inspeccionado	<p>- Dependiendo de la faena, se debe integrar un ayudante al Jefe de Mantenimiento. De esta forma se cumplirá con las actividades y tareas pedidas en faenas con mayor necesidad de inspección.</p> <p>- Incentivar a través de metas de cumplimiento la inspección total pedida y la certeza de esta información</p> <p>- Motivar a través de charlas que el trabajo pedido será para el beneficio de un proceso eficiente y a su vez para controles futuros de faena.</p>
		No se puede recopilar mayor información sobre la mantención actual para mejoras de futuras mantenciones	

➤ Inspector de ENDESA:

Responsable	Causa	Problema	Propuesta
Inspector de ENDESA	Inspección de la obra no realizada efectivamente	Pérdida de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Incentivar mediante logro de metas el cumplimiento de cada actividad pedida en el proceso de mantención. - Motivar mediante charlas o reuniones que el trabajo de inspección es importante para la estrategia de eficiencia de la empresa.
		Aumento de accidentes	<ul style="list-style-type: none"> - El Previsionista de Riesgo tiene que instruir al Inspector sobre las consecuencias que trae un mal desempeño en la inspección y a su vez explicar que el buen trabajo evita accidentes. Esto puede ser por medio de charlas en la faena, de manera de incentivar a la vez una mayor comunicación entre estas dos partes.
		Documentación faltante	<ul style="list-style-type: none"> - Incentivar por medio de cumplimiento de metas que al final de la faena se resguarde todos los documentos involucrados en un medio único como por ejemplo la Intranet. Esto referido especialmente a la planificación de faena, e indexar los documentos a la maquinaria tratada.

➤ Previsionista de riesgo:

Responsable	Causa	Problema	Descripción
<p>Previsionista de riesgo</p>	<p>Inspección deficiente.</p>	<p>Accidente laboral</p>	<p>- Capacitar de forma intensiva y regular al Previsionista sobre la calidad de hacer un buen trabajo y consecuencias en su caso contrario. - Motivar el aumento de comunicación con otros cargos de forma que el apoyo conjunto evite cometer errores por el motivo de comunicar inquietudes o anormalidades en el proceso de mantención.</p>
		<p>Riesgo a maquinarias</p>	<p>- El Inspector a través de charlas o reuniones debe instruir al Previsionista sobre el cuidado que se debe tener en la manipulación y delimitación de las maquinarias. Esto es con fines que cada uno de ellos aprenda el trabajo del otro, para así integrar la información necesaria a su forma de trabajar y comunicarse con su entorno laboral.</p>

4) Contabilidad de los trabajos.

Responsable	Causa	Problema	Propuesta
Inspector Jefe	Inspector Jefe no especifica documentos necesarios que solicita a parte contratista para cobrar Estados de Pago (Edp)	Pérdida de tiempo.	- Incentivar la comunicación con el contratista por medio del cumplimiento de metas.
	No se deja respaldo físico y virtual de los documentos sobre los Edp.	No se tiene historial sobre Edp.	- Capacitar al personal involucrado en el uso de programas necesarios como SAP y estandarizar los procesos ⁴⁵ de forma que el personal tenga una visión global de cómo afecta su trabajo en su entorno y motivar que su trabajo es relevante en la estrategia de eficiencia de la organización.
Ventanilla Única de Documentos Tributarios (VUDT)	Se rechaza factura emitida por contratista.	Pérdida de tiempo.	- VUDT debe comunicar al inicio del contrato toda la reglamentación y forma de cómo se debe cobrar los Edp. Se debe actualizar las responsabilidades de trabajo de esta área donde se tiene que estipular en envió de mail u otro medio similar hacia la parte interesada.

⁴⁵ Anexo II: Rediseño del Proceso

5) Pruebas y cierres.

Responsable	Causa	Problema	Descripción
Operación	No realizar las pruebas y cierres de forma precavida.	Aumento índice de fallas.	- Entregar conocimiento sobre las consecuencias del trabajo mal realizado por medio de reuniones.
	No dejar reportes de situaciones anormales ocurridas.	Fallas inesperadas y/o vida útil de la maquinaria disminuida.	- Crear checklist único de las maniobras, partes y piezas usadas para cada maquinaria y almacenarlos en la Intranet.
Inspector Jefe	No actualiza plan de mantenimiento	No se puede lograr la mejora continua.	- Promover la mejora continua en el trabajo mediante charlas o incentivos referente a los tiempos y cantidades de fallas. - Instigar que el almacenamiento y creación de documentación necesaria para futuras mantenciones mediante el cumplimiento de metas, motivando a su vez su participación en la opinión de cómo ir mejorando los procedimientos.

Además para lograr que estas propuestas sucedan y se pueda mejorar de forma sustancial el control de las mantenciones, se presentará el rediseño del proceso⁴⁶ que fue realizado en base al levantamiento de la situación actual más las actividades necesarias estipuladas por la documentación (normas, manual de operación, etc.) y sumado a la entrevista a involucrados en el proceso.

A su vez con las propuestas y con la metodología investigada se pretende fomentar el la mejora continua y también el método de las 5S, ya que no sólo el rediseño aumentara la eficiencia energética sino que se debe hacer un cambio en la vida de los trabajadores como plantea en Kaizen. Esto hace que se tenga herramientas de mejora continua donde una de estas es la técnica de Plan Do Check Act para mejorar la calidad en la mejora continua.

⁴⁶ Anexo II: Rediseño del Proceso

Por otra parte se debe inculcar el método de 5S para el proceso en faena ya que se necesita de gran manera estas 5S, las cuales son:

- Clasificación (Seiri).
- Orden (Seiton).
- Limpieza (Seiso).
- Estandarización (Seiketsu).
- Mantener la disciplina (Shitsuke).

Se debe a que la organización de estas 5S es primordial en este caso en faenas y complementan de manera excelente lo que se debe hacer para tener la mejor calidad, además de ser eficiencia en el uso de todas las herramientas y procedimientos en faena, lo que logrará que se obtenga una mejora en la eficiencia como también en la reducción de costos de la producción eléctrica.

11. CONCLUSIONES

La mantención con vista a la eficiencia es un tema que no se ha tratado con la importancia que amerita, por esta razón se otorgó la oportunidad de investigar, diagnosticar, analizar y proponer un rediseño del proceso de mantención de maquinarias eléctricas dentro de ENDESA Chile.

De aquello se obtuvo una investigación extensa que ha sido descrita en el ítem “Desarrollo” de la presente memoria, permitiendo concluir lo siguiente:

- El mercado eléctrico tiene altos niveles de competitividad y seguirá creciendo en el futuro por la implementación de nuevas políticas que permitirán el ingreso a nuevos competidores. Por esta razón aparte de reinventar el modelo productivo de energía, se ha determinado que el proceso de mantención posee un rol importante sobre la eficiencia energética.
- Detener una maquinaria por más del tiempo establecido trae consigo graves consecuencias, tales como:
 - Incapacidad de abastecer demanda energética:
Al estar una máquina detenida, produce que se deba suplir de otra manera la energía para abastecer la demanda. Esto se hace por medio de comprar energía a sistemas conectados o suplir la demanda con otras centrales pertenecientes a ENDESA.
 - Pérdida de oportunidad de venta energética:
Al no producir con la central detenida, genera una pérdida de oportunidad de venta eficiente.
 - Caída del factor de disponibilidad.
Las máquinas están menos tiempo produciendo energía de lo esperado que funcionen durante el año.
 - Mayor costo de producción.
Al retirar una máquina del sistema eficiente de producción implica que se abastezca esta demanda energética por otros medios que son de mayores costos.
 - Comprar energía.
Se puede comprar energía para suplir demanda en cada instante del año pero por lo general siempre la compra de energía es más costosa que producir la misma dentro de la empresa.
 - Aumenta los costos del proceso de mantención.
Estar más tiempo de lo normal implica mayores tiempos y costos de lo presupuestado en el proceso de mantención.

También se mostró en los análisis de resultados que en el caso particular de Pehuenche se estaría perdiendo una oportunidad de venta entre 220.898,12 – 331.347,18 [M\$/día]. A su vez el promedio de ventas de energía diaria en ENDESA es de 3.386.679,46 [M\$/día] durante el 2014. Esto así representa que detener por 1 día más la unidad generadora de Pehuenche incurre en la pérdida de oportunidad de vender entre 6,98% – 10,46% de las ventas diarias.

Con este mismo razonamiento se incurre en un aumento de costos por compra de energía diaria entre un 24,88% – 47,92%. Esto nos da a entender cuán importante es el impacto de tener parada una unidad y no producir energía por un día más. Referente a esto se genera la importancia de la eficiencia en la mantención, ya que trae consigo mucho más que solo disminuir los costos de mantención.

En base a que mejorar el proceso de mantención trae diversos resultados que ayudan a competir en el mercado eléctrico que cada vez se hace más eficiente (un ejemplo es la disminución del costo marginal en los últimos años), es necesario estandarizar las actividades del proceso, debido que ello hace disminuir la incertidumbre durante las distintas actividades y tareas. Esto provoca que aumente la eficacia y eficiencia de la mantención, además de poder aplicar controles sobre el proceso de manera más eficaz y resguardar datos para cumplir con la mejora continua. De aquello se creó un rediseño en esta memoria que estandarizara el proceso de mantención y así cumplir con uno de los objetivos planteados.

Sobre la estandarización de los procesos también tiene como objetivo disminuir el tiempo de mantenimiento sin perder la calidad de trabajo. Por esta razón la interconexión entre los responsables, incentivos, proponer metas, precisar actividades, centrar los esfuerzos en ciertas tareas, etc. permite aumentar la eficiencia del proceso de mantención. Además esto ayuda a mejorar la calidad de un servicio continuo, donde se reducen el ratio de fallas por anomalías no previstas, y lograr tener una ventaja competitiva que se alinea con la estrategia de eficiencia de la empresa y mercado.

Dentro de los problemas encontrados que no se basan en la especialidad del trabajador se tiene:

- Escasa comunicación entre pares:
La comunicación entre diferentes cargos o hacia contratista tiene un impacto en la eficiencia, por el hecho que a mayor comunicación en temas puntuales permite reducir tiempos y así optimizar las actividades y tareas involucradas.
- Escasa motivación y pro actividad:
La escasez de ambas provoca que aumenten tiempos e incertidumbre en la realización de trabajos. Su mejora hace que aumente la calidad y control del proceso, que lleva así a mejorar la eficiencia.
- Guardar información:
El sólo hecho de almacenar información sobre el proceso de mantención permite la mejora continua debido a que se puede tener datos de referencia para comparar si las actividades y tareas realizadas se pueden seguir mejorando.

De esta manera motivar e incentivar al personal en su trabajo trae consecuencias de mejora como se ha presentado en los análisis de resultados con la implementación de cumplimiento de metas para reducir tiempos de pedidos de compra.

También en base a esta memoria se concluye que para tener una mejora continua es necesario tener datos de comparación, por esta razón el rediseño adoptó un énfasis en la estandarización del almacenamiento de información, y cuyo objetivo se puede cumplir si sólo se capacita y motiva a los responsables de esta actividad.

Finalmente se concluye que el proceso de mantención es más que sólo cuidar y mantener maquinarias como siempre se ha visto. El proceso de mantención abarca la posibilidad de mejorar la eficiencia de la empresa que trae consigo los siguientes beneficios:

- Disminución costos de mantención.
- Disminución tiempos de mantención.
- Mayores ventas de energía eléctrica.
- Reducción compra de energía eléctrica.
- Reducción costos de producción.
- Aumento de disponibilidad de maquinaria.
- Ser más competitivo en el mercado.
- Entre otros.

Así el estudio y análisis de este proceso ha podido abundar en el sector de mantención de maquinaria eléctrica, de manera de mostrar la importancia y consecuencia que trae la creación de un rediseño que optimiza y estandariza el proceso, sobre la competencia en el mercado de energía eléctrica.

12.GLOSARIO

Comisión Nacional de Energía (CNE)

Organismo técnico encargado de analizar precios, tarifas y normas técnicas a las que deben ceñirse las empresas de producción, generación, transporte y distribución de energía, con el objeto de disponer de un servicio suficiente, seguro y de calidad, compatible con la operación más económica”. Mientras que sus funciones son:

- Analizar técnicamente la estructura y nivel de los precios y tarifas de bienes y servicios energéticos, en los casos y forma que establece la ley.
- Fijar las normas técnicas y de calidad indispensables para el funcionamiento y la operación de las instalaciones energéticas, en los casos que señala la ley.
- Monitorear y proyectar el funcionamiento actual y esperado del sector energético, y proponer al
- Ministerio de Energía las normas legales y reglamentarias que se requieran, en las materias de su competencia.
- Asesorar al Gobierno, por intermedio del Ministerio de Energía, en todas aquellas materias vinculadas al sector energético para su mejor desarrollo.

Ministerio de Energía

Órgano superior de colaboración del Presidente de la República en las funciones de gobierno y administración del sector de energía cuyo objetivo general es elaborar y coordinar los planes, políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo del sector, velar por su cumplimiento y asesorar al Gobierno en todas aquellas materias relacionadas con la energía.

El sector energía comprende todas las actividades de estudio, exploración, explotación, generación, transmisión, transporte, almacenamiento, distribución, consumo, uso eficiente, importación y exportación, y cualquiera otra que concierna a la electricidad, carbón, gas, petróleo y derivados, energía nuclear, geotérmica y solar, y demás fuentes energéticas.

Centro Económico de Carga (CDEC)

Organismo encargado de coordinar la operación de las instalaciones eléctricas que funcionan interconectadas entre sí en dicho sistema, cumpliendo el rol de preservar la seguridad en la generación, transmisión y distribución.

De acuerdo a la Ley General de Servicios Eléctricos, le corresponde:

Preservar la seguridad global del Sistema Eléctrico

- Garantizar la operación más económica para el conjunto de las instalaciones del Sistema Eléctrico.
- Garantizar el acceso abierto a los sistemas de transmisión troncal y de subtransmisión.
- Determinar las transferencias económicas entre los integrantes y/o coordinados del CDEC.
- Elaborar los estudios e informes requeridos por la Comisión Nacional de Energía (CNE), la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) o el Ministerio de Energía, dentro de la esfera de sus respectivas atribuciones y las que establece la normativa vigente.
- Realizar periódicamente análisis y estudios sobre los requerimientos y recomendaciones de expansión de la transmisión de corto, mediano y largo plazo.

SIC

El Sistema Interconectado Central de Chile (SIC), está compuesto por las centrales eléctricas generadoras; líneas de transmisión troncal, subtransmisión y adicionales; subestaciones eléctricas, y barras de consumo de usuarios no sometidos a regulación de precios, que operan interconectados desde Taltal por el norte (Región de Antofagasta), hasta la isla grande de Chiloé por el sur (Región de Los Lagos).

SING

El Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), está compuesto por las centrales eléctricas generadoras; líneas de transmisión troncal, subtransmisión y adicionales; subestaciones eléctricas, y barras de consumo de usuarios no sometidos a regulación de precios, que operan interconectados desde Arica (Región de Arica-Parinacota), hasta Antofagasta (Región de Antofagasta).

Cliente Regulado

Es aquél que paga una tarifa fijada por la autoridad calculada a lo establecido en la normativa. Este segmento está integrado por consumidores de una potencia conectada igual o inferior a 5 MW, teniendo la posibilidad aquellos de potencia entre 500 kW y 5 MW, y que están ubicados en el área de concesión de una empresa distribuidora, de ser cliente libre.

Cliente Libre

Es aquel que cuyos precios no están sujetos a regulación de precios, por lo que negocian libremente los precios y condiciones del suministro eléctrico con las empresas generadoras o distribuidoras. Este segmento está integrado por consumidores de una potencia conectada superior a 5 MW, teniendo la posibilidad aquellos de potencia entre 500 kW y 5 MW, y que están ubicados en el área de concesión de una empresa distribuidora, de ser cliente regulado.

Precio medio de mercado (PMM)

El precio medio de mercado (PMM) se determina con los precios medios de los contratos informados por las empresas generadoras a la Comisión, correspondientes a una ventana de cuatro meses, que finaliza el tercer mes anterior a la fecha de publicación del precio medio de mercado.

Este precio se utiliza para la indexación del precio de nudo de la energía

EBITDA

El Ebitda es un indicador financiero representado mediante un acrónimo que significa en inglés Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization, es decir, el beneficio bruto de explotación calculado antes de la deducibilidad de los gastos financieros.

International Energy Agency (IEA)

Es una organización autónoma que se preocupa que la energía sea fiable, asequible y limpia. En base a sus investigaciones y proyectos que realizan.

Unidades de Medidas

➤ Watt:

Es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades.

$$1 \text{ [KW]} = 1 \text{ [Kilo Watt]} = 10^3 \text{ [Watt]}$$

$$1 \text{ [MW]} = 1 \text{ [Mega Watt]} = 10^6 \text{ [Watt]}$$

$$1 \text{ [GW]} = 1 \text{ [Giga Watt]} = 10^9 \text{ [Watt]}$$

➤ Watt-Hora:

Es una unidad de energía expresada en forma de unidades de potencia \times tiempo.

$$1 \text{ [KWh]} = 1 \text{ [Kilo Watt-Hora]} = 10^3 \text{ [Watt-Hora]}$$

$$1 \text{ [MWh]} = 1 \text{ [Mega Watt-Hora]} = 10^6 \text{ [Watt-Hora]}$$

$$1 \text{ [GWh]} = 1 \text{ [Giga Watt-Hora]} = 10^9 \text{ [Watt-Hora]}$$

13.BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Energía. Mercados eléctricos [en línea]
<http://www.energia.gob.cl/node/27> [consulta: 08 marzo 2016]
- [2] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Ley general de servicios eléctricos [en línea]
<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=258171> [consulta: 08 marzo 2016]
- [3] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Ley Corta I [en línea]
<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=258171> [consulta: 08 marzo 2016]
- [4] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Ley Corta II [en línea]
<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=258171> [consulta: 08 marzo 2016]
- [5] ENDESA Chile. Visión, Misión y Valores Corporativos [en línea]
http://www.endesa.cl/ES/CONOCENOS/GOBIERNO/Documents/Documentos%20de%20Inter%20C3%A9s/Visi%C3%B3n,_Misi%C3%B3n_y_Valores_Corporativos.pdf [consulta: 17 febrero 2016]
- [6] RONALD FISCHER. Promoción de la competencia en el sector eléctrico. 2014.
- [7] International Energy Agency. Statistics [en línea]
http://www.iea.org/media/statistics/IEA_HeadlineEnergyData_2015.xlsx [consulta: 17 febrero 2016]
- [8] The World Bank. World Development Indicators [en línea]
<http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators> [consulta: 17 febrero 2016]
- [9] Comisión Nacional de Energía. Energía Abierta [en línea]
<http://energiaabierta.cne.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/> [consulta: 04 diciembre 2015]
- [10] Comisión Nacional de Energía. Energía Abierta [en línea]
<http://energiaabierta.cne.cl/visualizaciones/costo-marginal-promedio-diario/> [consulta: 04 diciembre 2015]
- [11] ENDESA Conference Call, Reporte 9 meses del 2015, Santiago, ENDESA Chile.
- [12] ENDESA Conference Call, Reporte anual del 2014, Santiago, ENDESA Chile.
- [13] ENDESA Conference Call, Reporte anual del 2013, Santiago, ENDESA Chile.
- [14] ENDESA Conference Call, Reporte anual del 2012, Santiago, ENDESA Chile.
- [15] ENDESA Conference Call, Reporte anual del 2011, Santiago, ENDESA Chile.
- [16] Presentación resultados anual 2012, Santiago, ENDESA Chile.
- [17] Humberto Gutiérrez y Román de la Vara. Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma (2004). Segunda edición.
- [18] JUAN BRAVO CARRASCO. Gestión de Procesos (Alineados con la estrategia). 4ta edición.
- [19] Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería [en línea]
<http://www.ingenieria.unam.mx/~guiaindustrial/disenoinfo/3/6.htm> [consulta: 04 diciembre 2015]
- [20] Wikipedia. Microsoft Office Visio. [en línea] https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visio [consulta: 19 diciembre 2015]
- [21] Wikipedia. BPMN. [en línea]
https://es.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Model_and_Notation [consulta: 19 diciembre 2015]
- [22] FERNANDO ESPINOSA FUENTES. Manual del Ingeniero del Mantenimiento. Gestión moderna de mantenimiento.
- [23] ENDESA Chile. Norma 20. Norma para intervenir en las instalaciones de explotación de ENDESA y en las filiales en Chile.

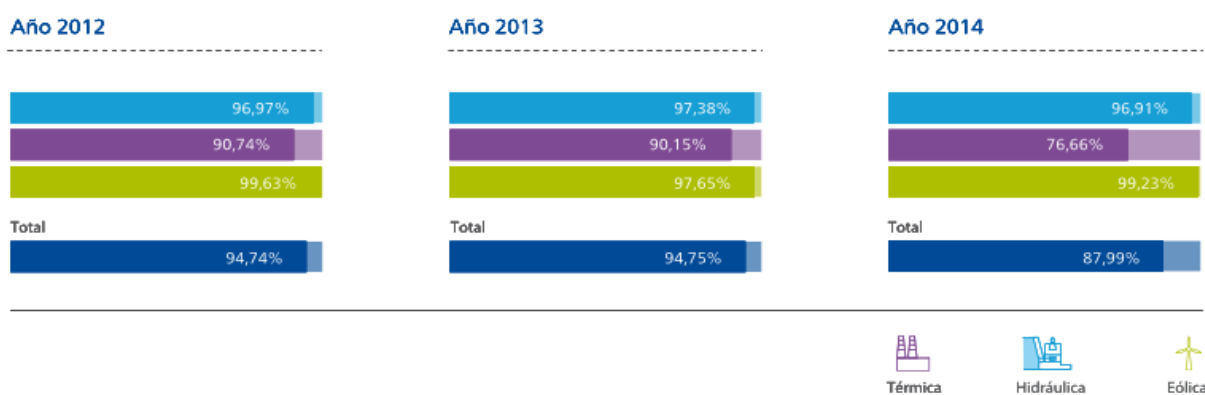
- [24] ENDESA Chile. Norma 29. Norma operativa para el Sistema de Gestión del Mantenimiento.
- [25] ENDESA Chile. Manual de Operación.
- [26] Memoria Anual, ENDESA Chile 2011.
- [27] Memoria Anual, ENDESA Chile 2012.
- [28] Memoria Anual, ENDESA Chile 2013.
- [29] Memoria Anual, ENDESA Chile 2014.
- [30] Memoria Anual, ENDESA Chile 2015.
- [31] ENDESA Chile. Norma 16. Norma operativa sobre desconexión de equipos e instalaciones.
- [32] ENDESA. Informe de Sostenibilidad 2014 [en línea]
<http://www.endesa.cl/ES/NUESTROCOMPROMISO/PUBLICACIONESEINFORMES/Documentos/InfoSostEndesaChile14.pdf> [consulta: 18 febrero 2016]
- [33] Ministerio de Energía. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030, Energía para el futuro [en línea] <http://www.elmostrador.cl/media/2012/02/Energia-para-el-Futuro.pdf> [consulta: 18 febrero 2016]
- [34] Comisión Nacional de Energía. Energía abierta [en línea]
<http://energiaabierta.cne.cl/electricidad/> [consulta: 19 diciembre 2015]
- [35] Comisión Nacional de Energía. Energía abierta [en línea]
<http://energiaabierta.cne.cl/visualizaciones/generacion-de-energia-electrica/> [consulta: 19 diciembre 2015].
- [36] Comisión Nacional de Energía. Energía abierta [en línea]
<http://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/> [consulta: 19 diciembre 2015]
- [37] Comisión Nacional de Energía. Informe de Previsión de Demanda [en línea]
<http://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/11/Informe-de-Previsi%C3%B3n-de-Demanda-2015-2030-Oct-2015.pdf> [consulta: 19 diciembre 2015]
- [38] Wikipedia. 5S. [en línea] <https://es.wikipedia.org/wiki/5S> [consulta: 19 diciembre 2015].
- International Energy Agency. [en línea]
<http://www.iea.org/statistics/monthlystatistics/monthlyelectricitystatistics/#d.en.34640> [consulta: 26 diciembre 2015].
- [38] International Energy Agency. [en línea] <http://energyatlas.iea.org/?subject=-1118783123>
[consulta: 26 diciembre 2015]
- [39] CDEC-SIC [en línea] <http://www.cdecsic.cl/informes-y-documentos/fichas/costo-marginal/>
[consulta: 20 diciembre 2015]
- [40] CSMV Emprendedor [en línea]
<http://www.ingenieria.unam.mx/~guiaindustrial/disenomenu3.htm> [consulta: 21 noviembre 2015].
- [41] ENDESA Chile. Norma 51. Política de mantenimiento de producción térmica de ciclo combinado y abierto
- [42] ENDESA Chile. Norma 50. Política de mantenimiento de centrales térmicas convencionales.

14.ANEXOS

Anexo I: Datos

1. Factor de disponibilidad⁴⁷

Indicador de eficiencia que señala el tiempo efectivo de operación de las centrales, con respecto al tiempo que se hubiese deseado que operaran. En 2014, se alcanzó 87,99% de factor de disponibilidad, disminuyendo 6,76% respecto de 2013. Estos resultados se deben principalmente a la disminución de disponibilidad de las centrales de generación termoeléctrica, en particular, por la paralización de la segunda unidad de la central termoeléctrica Bocamina desde diciembre de 2013.

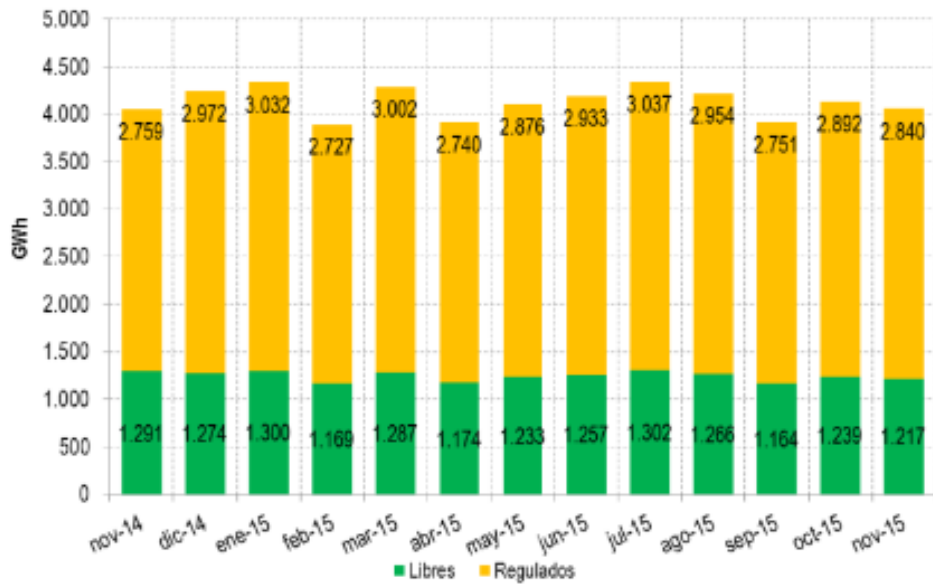
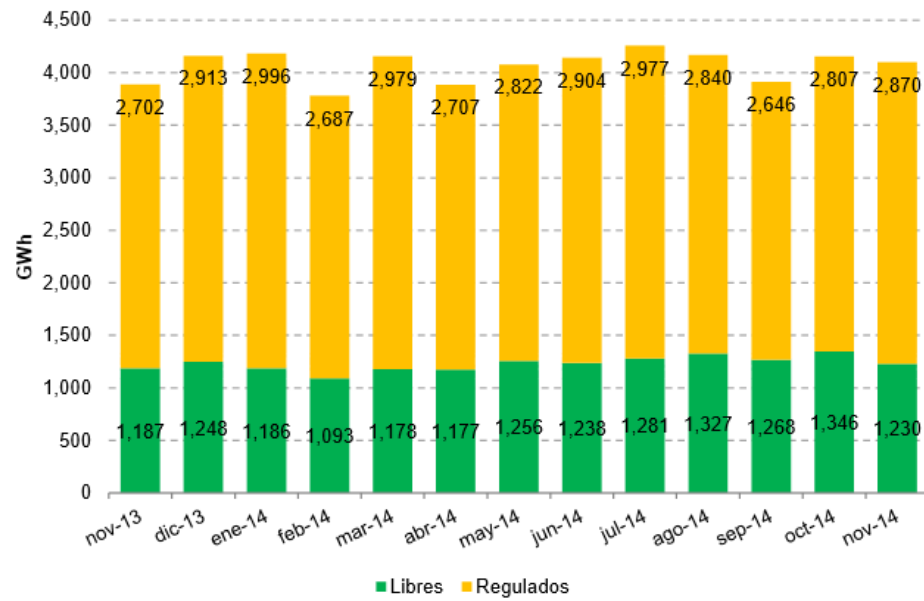


2. Estados de resultados

ESTADO DE RESULTADOS INTEGRALES	31-12-2014 M\$	31-12-2013 M\$	31-12-2012 M\$
INGRESOS	1.236.135.812	973.139.394	1.114.619.933
Ingresos de actividades ordinarias	1.214.957.723	971.373.808	1.054.379.612
Ventas de energía	1.155.805.379	860.581.278	995.304.341
Otras ventas	11.062.697	25.273.582	30.347
Otras prestaciones de servicios	48.089.647	85.518.948	59.044.924
Otros ingresos	21.178.089	1.765.586	60.240.321
MATERIAS PRIMAS Y CONSUMIBLES UTILIZADOS	(750.216.671)	(494.895.933)	(754.005.495)
Compras de energía	(288.442.686)	(124.419.095)	(219.329.602)
Consumo de combustible	(305.479.173)	(211.612.174)	(385.360.528)
Gastos de transporte	(142.831.143)	(149.447.929)	(153.277.779)
Otros aprovisionamientos variables y servicios	(13.463.669)	(9.416.735)	3.962.414
MARGEN DE CONTRIBUCIÓN	485.919.141	478.243.461	360.614.438
Otros trabajos realizados por la entidad y capitalizados	16.466.173	10.625.755	8.472.680
Gastos por beneficios a los empleados	(65.258.852)	(63.696.383)	(51.668.845)
Otros gastos, por naturaleza	(66.685.460)	(60.870.533)	(50.464.597)
RESULTADO BRUTO DE EXPLOTACIÓN	370.441.002	364.302.300	266.953.676
Gasto por depreciación y amortización	(101.304.909)	(92.641.004)	(84.531.488)
Pérdidas por deterioro de valor (reversiones de pérdidas por deterioro de valor) reconocidas en el resultado del periodo	(12.461.456)	64.138	(11.027.857)
RESULTADO DE EXPLOTACIÓN	256.674.637	271.725.434	171.394.331

⁴⁷ [32]

3. Consumo eléctrico según tipo de cliente



4. Programa mantenimiento mayor enero 2014 – marzo 2015

Resumen en centrales hidráulicas y ERNC:

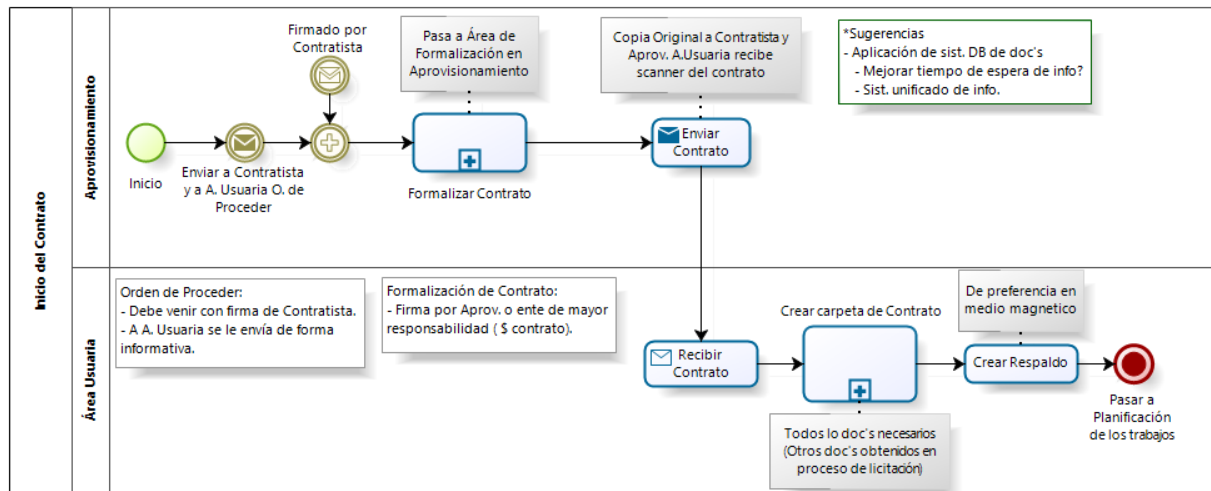
CENTRALES HIDRÁULICAS Y ERNC					
INSTALACIÓN A INTERVENIR	TRABAJO A REALIZAR	DURACIÓN	INICIO	FINAL	POSTERGABLE O IMPOSTERGABLE
Los Molles 1	Mantenimiento mayor anual. Cambio bobinado.	60	17-07-2014	14-09-2014	POSTERGABLE
Los Molles 2	Mantenimiento mayor anual.	6	30-06-2014	05-07-2014	POSTERGABLE
Rapel 1	Mantenimiento mayor anual.	10	01-12-2014	10-12-2014	POSTERGABLE
Rapel 2	Mantenimiento mayor anual. Reparación rodete.	10	01-12-2014	10-12-2014	POSTERGABLE
Rapel 3	Mantenimiento mayor anual.	4	27-10-2014	30-10-2014	POSTERGABLE
Rapel 4	Mantenimiento mayor anual. Reparación rodete.	10	17-11-2014	26-11-2014	POSTERGABLE
Rapel 5	Mantenimiento mayor anual. Tratamiento de fugas y pintura transformador.	14	03-11-2014	16-11-2014	POSTERGABLE
Sauzalito	Mantenimiento mayor anual.	7	04-08-2014	10-08-2014	POSTERGABLE
Sauzal 1	Mantenimiento mayor anual. Cambio bobinado.	60	19-05-2014	17-07-2014	POSTERGABLE
Sauzal 2	Mantenimiento mayor anual.	11	09-06-2014	19-06-2014	POSTERGABLE
Sauzal 2	Inspección aducción.	3	02-07-2014	04-07-2014	POSTERGABLE
Sauzal 3	Mantenimiento mayor anual. Cambio tapa superior turbina.	15	04-08-2014	18-08-2014	POSTERGABLE
Sauzal 3	Inspección aducción.	3	02-07-2014	04-07-2014	POSTERGABLE
Cipreses 1	Mantenimiento mayor anual. Cambio transformador.	15	02-07-2014	16-07-2014	POSTERGABLE
Cipreses 1	Pendientes modernización.	2	11-04-2014	12-04-2014	POSTERGABLE
Cipreses 2	Mantenimiento mayor anual.	6	02-06-2014	07-06-2014	POSTERGABLE
Cipreses 2	Pendientes modernización.	2	07-04-2014	08-04-2014	POSTERGABLE
Cipreses 3	Mantenimiento mayor anual.	6	11-06-2014	16-06-2014	POSTERGABLE
Cipreses 3	Pendientes modernización.	2	09-04-2014	10-04-2014	POSTERGABLE
Isla 1	Mantenimiento mayor anual.	6	23-06-2014	28-06-2014	POSTERGABLE
Isla 2	Mantenimiento mayor anual. Cambio turbina.	40	05-05-2014	13-06-2014	POSTERGABLE
Curillínque	Mantenimiento mayor anual.	6	04-08-2014	09-08-2014	POSTERGABLE
Loma Alta	Mantenimiento mayor anual.	6	16-06-2014	21-06-2014	POSTERGABLE
Pehuenche 1	Mantenimiento mayor anual.	11	17-02-2014	27-02-2014	POSTERGABLE
Pehuenche 2	Mantenimiento mayor anual. Cambio regulador de velocidad.	23	10-03-2014	01-04-2014	POSTERGABLE
Ojos de Agua	Mantenimiento mayor anual.	5	01-09-2014	05-09-2014	POSTERGABLE
Antuco 1	Mantenimiento mayor anual. Cambio rodete.	12	07-04-2014	18-04-2014	POSTERGABLE
Antuco 2	Mantenimiento mayor anual. Cambio rodete.	12	21-04-2014	02-05-2014	POSTERGABLE
Abanico 1	Mantenimiento mayor anual.	6	04-08-2014	09-08-2014	POSTERGABLE
Abanico 5	Mantenimiento mayor anual.	6	11-08-2014	16-08-2014	POSTERGABLE
Abanico 6	Mantenimiento mayor anual.	6	18-08-2014	23-08-2014	POSTERGABLE
Abanico 5	Mantenimiento banco de transformadores N°4.	2	04-02-2014	05-02-2014	POSTERGABLE
Abanico 6	Mantenimiento banco de transformadores N°4.	2	04-02-2014	05-02-2014	POSTERGABLE
El Toro 1	Mantenimiento mayor anual.	5	29-09-2014	03-10-2014	POSTERGABLE
El Toro 2	Mantenimiento mayor anual.	5	06-10-2014	10-10-2014	POSTERGABLE
El Toro 3	Mantenimiento mayor anual.	5	13-10-2014	17-10-2014	POSTERGABLE
El Toro 4	Mantenimiento mayor anual.	5	20-10-2014	24-10-2014	POSTERGABLE
Ralco 1	Mantenimiento mayor anual.	7	03-02-2014	09-02-2014	POSTERGABLE
Ralco 1	Cambio SCADA.	3	10-02-2014	12-02-2014	POSTERGABLE
Ralco 2	Mantenimiento mayor anual.	7	20-01-2014	26-01-2014	POSTERGABLE
Ralco 2	Cambio SCADA.	3	27-01-2014	29-01-2014	POSTERGABLE
Pangue 1	Cambio SCADA.	3	03-02-2014	05-02-2014	POSTERGABLE
Pangue 1	Mantenimiento mayor anual.	7	05-05-2014	11-05-2014	POSTERGABLE
Pangue 1	Limpieza barra descarga (detención central).	1	12-05-2014	12-05-2014	POSTERGABLE
Pangue 2	Cambio SCADA.	3	06-02-2014	08-02-2014	POSTERGABLE
Pangue 2	Limpieza barra descarga (detención central).	1	06-05-2014	06-05-2014	POSTERGABLE
Pangue 2	Limpieza barra descarga (detención central).	1	08-05-2014	08-05-2014	POSTERGABLE
Pangue 2	Limpieza barra descarga (detención central).	1	10-05-2014	10-05-2014	POSTERGABLE
Pangue 2	Mantenimiento mayor anual.	7	12-05-2014	18-05-2014	POSTERGABLE
Palmucho	Cambio SCADA.	3	10-02-2014	12-02-2014	POSTERGABLE
Palmucho	Mantenimiento mayor anual.	6	06-10-2014	11-10-2014	POSTERGABLE
Antuco 1	Mantenimiento mayor anual.	9	16-02-2015	24-02-2015	POSTERGABLE
Antuco 2	Mantenimiento mayor anual.	9	02-03-2015	10-03-2015	POSTERGABLE
Ralco 1	Mantenimiento mayor anual.	7	05-01-2015	11-01-2015	POSTERGABLE
Ralco 2	Mantenimiento mayor anual.	7	19-01-2015	25-01-2015	POSTERGABLE

5. Centrales actualmente funcionando de ERNC y renovable

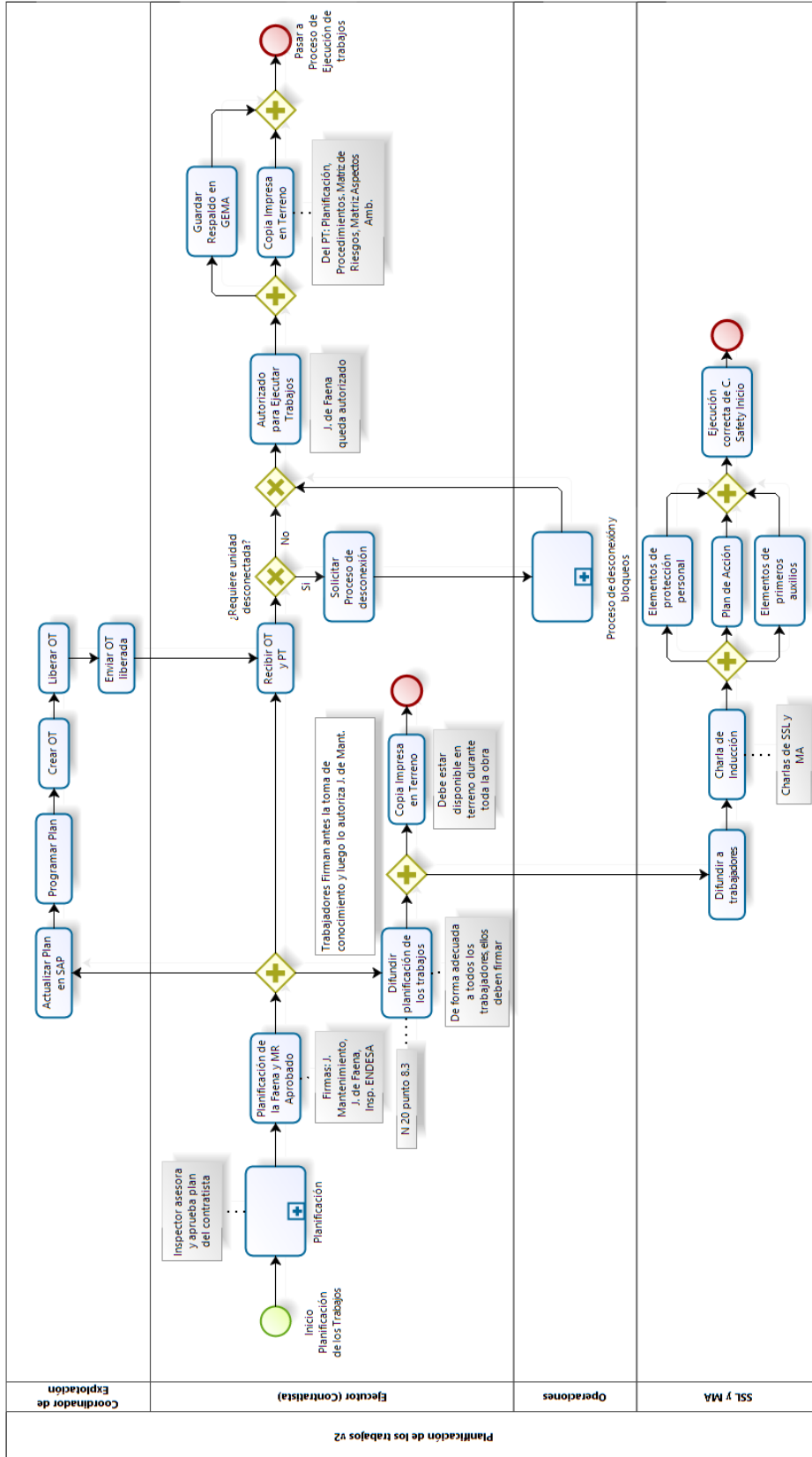
Empresa	Central	Tecnología	Potencia Bruta [MW]	Tipo
	Laja	Biomasa	2,7	ERNC
	Volcán	Minihidro	13	Renovable
	Maitenes	Minihidro > 20 MW	31	Renovable
	Juncalito	Minihidro	1,5	Renovable
	San Clemente	Minihidro	6,1	ERNC
	Carena	Minihidro	10	Renovable
	Chiburgo	Minihidro	19,4	ERNC
	Chacabuquito	Minihidro > 20 MW	25,5	Renovable
	San Ignacio	Minihidro > 20 MW	37	Renovable
	Los Quilos	Minihidro > 20 MW	39,3	Renovable
	Canela	Eólica	18,2	ERNC
	Canela II	Eólica	60	ERNC
	Loma Alta	Minihidro > 20 MW	40	Renovable
	Palmucho	Minihidro > 20 MW	32	ERNC
	Ojos de Agua	Minihidro	9	ERNC
	Sauzalito	Minihidro	12	Renovable
	Los Molles	Minihidro	18	Renovable
	Monte Redondo	Eólica	48	ERNC
	Chapiquiña	Minihidro	10,2	Renovable
	El Águila	Solar FV	2	ERNC
	Laja I	Minihidro	17	ERNC
	Coya	Pasada	12	Renovable

Anexo II: Rediseño del Proceso

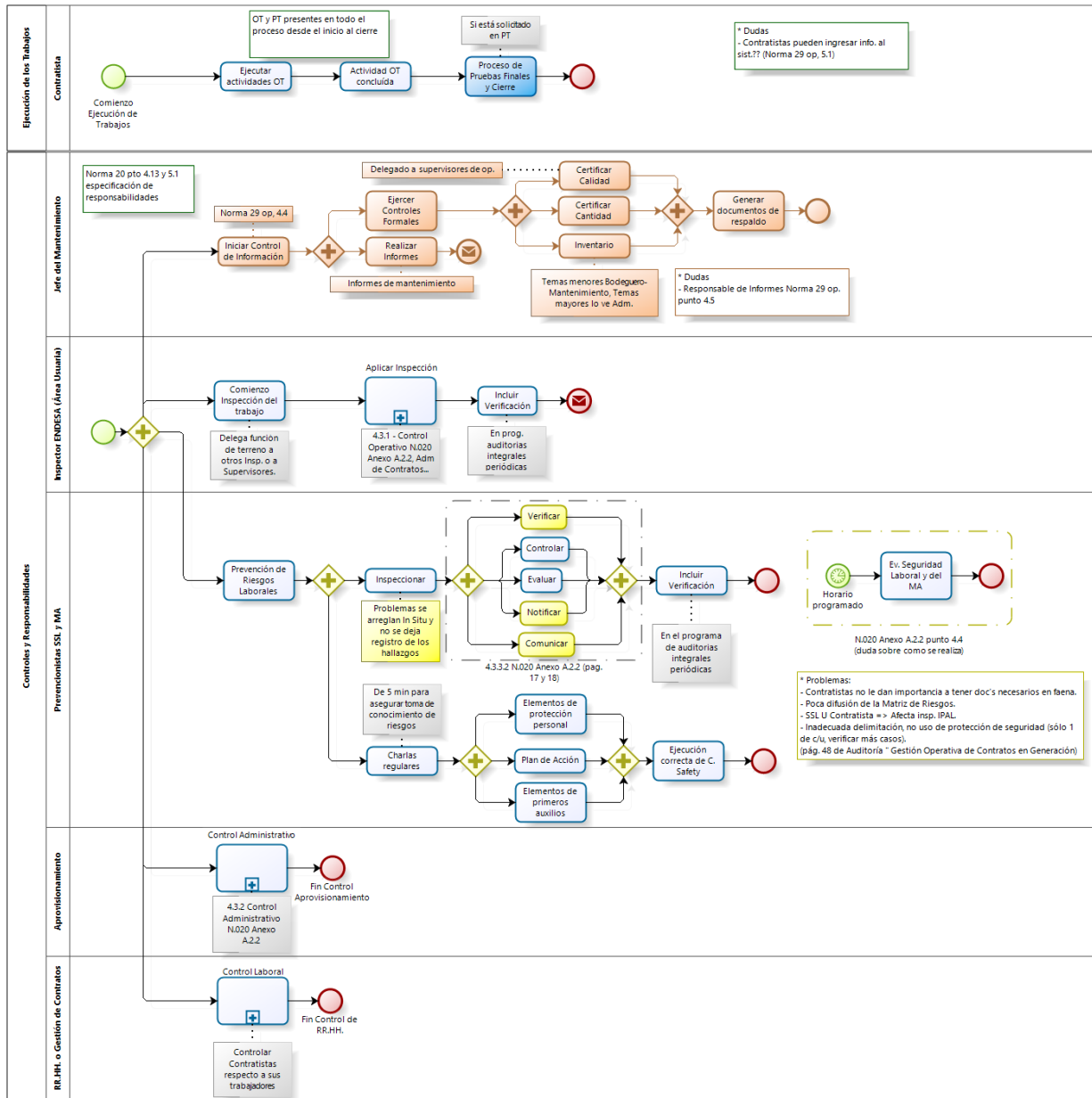
1. Inicio del Contrato



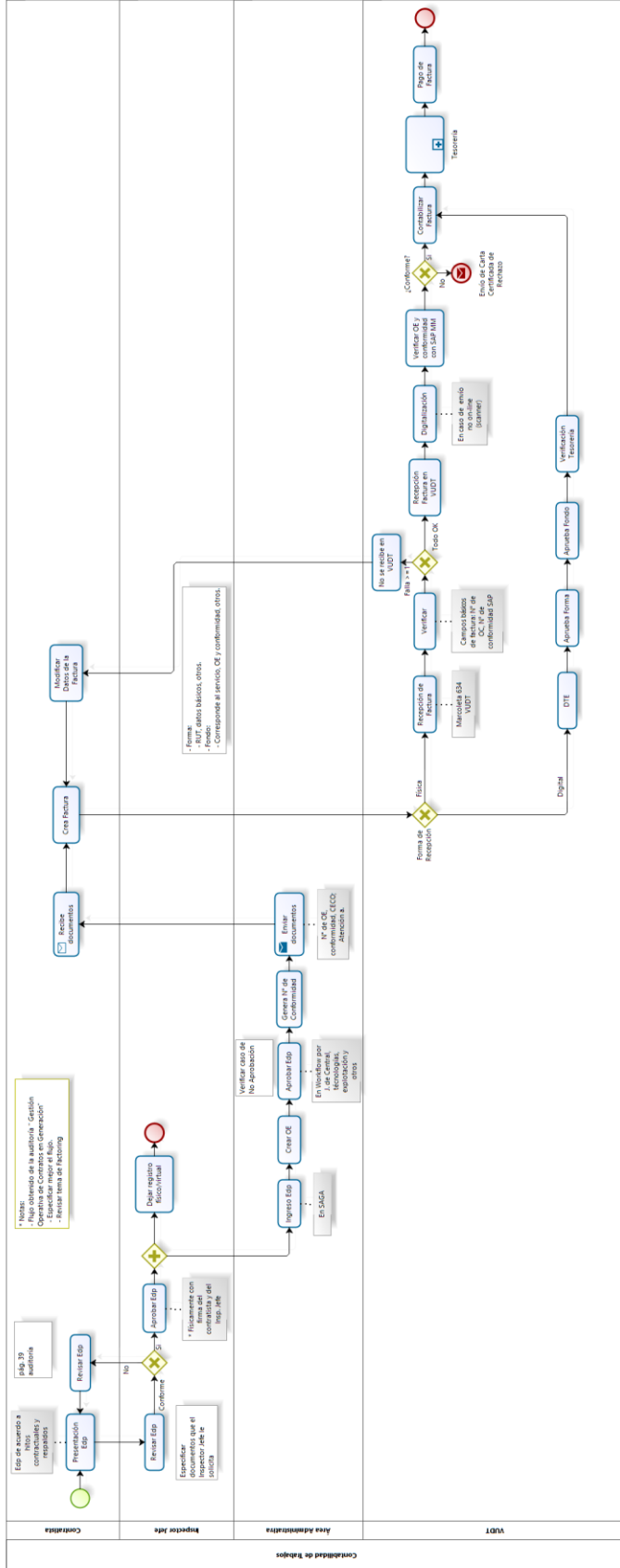
2. Planificación de los Trabajos



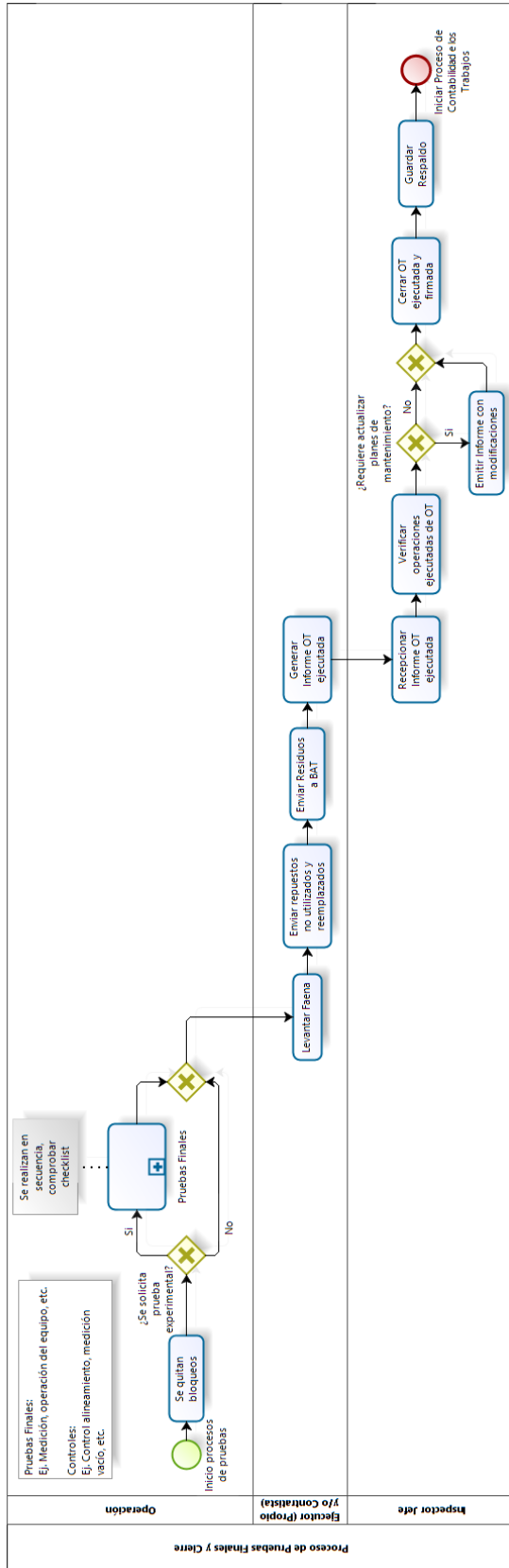
3. Ejecución de los Trabajos



4. Contabilidad de los Trabajos



5. Pruebas y Cierres Finales



Anexo III: Organigrama

Organigrama para mostrar relación jerárquica entre los diferentes cargos dentro de una central.

1. Organigrama de Central Tarapacá

En la siguiente figura se muestra la relación jerárquica dentro de una central, donde se aprecia al Jefe de la Central tiene a cargo a los Jefe de Operación y Jefe de Mantenimiento.

