

Universidad de Valparaíso  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



**Propuesta de mantención basada en el sistema TPM, para mejorar el actual proceso de trabajos de mantención en plantas de Enap Refinerías S.A.**

Por

**Miguel Alejandro Castro Cárdenas**

**Juan Arnoldo Pozo Rebolledo**

Trabajo de título para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y Título de Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía: Augusto Vargas Schüler

Julio, 2016



## ÍNDICE

Glosario de términos.....	8
Lista de figuras.....	9
Lista de tablas.....	10
Resumen.....	12
Summary.....	14
Introducción.....	16
<b>CAPÍTULO 1. Antecedentes.....</b>	<b>17</b>
1.1.- Descripción de la empresa .....	17
1.2.- Cadena productiva ENAP .....	19
1.3.- Descripción general de los procesos.....	20
1.3.1.- Política comercial.....	20
1.3.3.- Beneficios.....	20
1.4.- Proceso de producción ERSA.....	22
1.4.1.- Producción total anual ERSA.....	22
1.4.2.- Producción área de Cracking catalítico.....	23
1.4.3.- Análisis aporte Cracking Catalítico (ERA) en producción Total ERSA.....	24
1.5.- Descripción de procesos productivos área Cracking catalítico ERA.....	24
1.5.1.- Cracking Catalítico.....	24
1.5.2.- Planta de recuperación de livianos y tratamiento.....	24
1.5.3.- Planta de Alquiler.....	24
1.5.4.- Planta de ácido.....	24
1.5.5.- Unidad recuperadora de Azufre 1, 2, 3.....	24
1.5.6.- Unidad de Isomerización.....	25
1.5.7.- Planta de DIPE.....	25
1.5.8.- Descripción del área de mantención.....	26
1.5.9.- Modelo de mantención preventiva.....	26
1.5.10.- Mantenciones correctivas.....	27
1.5.11.- Procesos involucrados en la petición a mantención para la realización de un trabajo.....	28
1.5.12.- Mantenimiento de las unidades de refinación de Enap Aconcagua.....	29
1.6.- Metodologías aplicables para la resolución del problema.....	39
1.6.1.- TPM: (mantenimiento productivo total) .....	39
1.6.1.1.- Casos Documentados de TPM.....	39
1.6.2.- PM (mantenimiento productivo) .....	41
1.6.3.- RCM: (mantenimiento basado en la confiabilidad) .....	42
1.6.4.- ECM (mantenimiento basada en la eficiencia) .....	42
1.6.5.- Objetivo general .....	44
1.6.6.- Objetivos específicos. ....	44
1.6.7.- Resultados esperados.....	44
1.6.8.- Limitaciones.....	44

<b>CAPÍTULO 2: Metodología</b> .....	45
2.1.- Diagrama de Pareto.....	45
2.2.- FODA.....	46
2.3.- TPM (mantenimiento productivo total).....	47
2.3.1.- Historia del TPM.....	47
2.3.2.- Objetivos del TPM.....	48
2.3.3.- Factores Claves de los métodos del TPM.....	50
2.3.4.- Factores clave para el desarrollo del mantenimiento autónomo.....	51
2.4.- Cuantificación y costeo de actividades realizadas para la implementación de TPM y sus mejoras.....	56
<b>CAPÍTULO 3.- Desarrollo de la metodología</b> .....	61
3.1.- Etapa 1:Análisis del estado inicial de la empresa.....	61
3.1.1.- Revisión de manuales y procedimientos.....	61
3.1.2.- Estadística de los trabajos de mantención.....	61
3.1.3.- Análisis FODA.....	62
3.2.- Etapa 2 Análisis de la aplicación del TPM.....	64
3.3.- Criterios para la priorización de la mantención.....	71
<b>4.- CAPITULO 4. Análisis de resultados</b> .....	92
4.1.- Causa de la reasignación de la mano de obra a una misma tarea .....	92
4.2.- Distribución de los Gastos mantenimiento.....	94
4.3.-Tareas estandarizables y la disminución de costos.....	95
4.4.- Impacto del mantenimiento autónomo.....	95
4.5.- Disminución del costo y tiempo en la realización de ASR.....	96
4.6.- Análisis de los resultados de la encuesta a expertos ERA.....	97
<b>5.- Conclusiones</b> .....	99
5.1.- Recomendaciones .....	101
<b>ANEXOS</b> .....	103
ANEXO A: Encuesta a expertos.....	104
ANEXO B: Tablas de costos de trabajos en área de Cracking catalítico.....	106
ANEXO C: Procedimiento escrito; “Carga de percloroetileno en plantas de procesos” .....	109
ANEXO D: Programas de entrenamiento.....	117
ANEXO E: Perfil básico del instructor de operaciones.....	121
<b>Bibliografía</b> .....	122



## Glosario de términos

Alquilación: proceso petroquímico que permite elaborar gasolina mediante la utilización de ácido sulfúrico y olefinas.

ASR: análisis sistemático de riesgos, documento generado a partir del análisis de riesgos de un determinado trabajo realizado por un equipo multidisciplinario de personas.

Catalítico: proceso petroquímico que produce una reacción en base a un catalizador sea este sólido o líquido.

Cracking: Proceso petroquímico por medio del cual una molécula se rompe en una más pequeña por medio de una reacción térmica o catalítica.

DIPE: derivado del petróleo que se produce a partir de Hidrocarburos livianos de cracking, se adiciona al inventario de gasolinas para aumentar su octanaje.

Diagrama de Flujo: representación gráfica de la sucesión de hechos que se desenvuelven en un proceso determinado, permite el ordenamiento de secuencias de acciones o hechos para graficar un proceso.

ECM: (mantenimiento basado en la eficiencia) dirección de los aspectos técnicos del mantenimiento.

ENAP: Empresa nacional del petróleo.

EPP: elementos de protección personal

ERSA: Enap refineras filial Aconcagua sociedad anónima.

Gasolina: producto derivado del petróleo utilizado para los motores combustión.

Olefinas: molécula química orgánica que posee un enlace doble.

PCE: per cloro etileno

Petróleo: compuesto orgánico que está formado en su mayoría por carbono e hidrogeno.

PHSEC: sigla utilizada para abreviar procedimientos del departamento de seguridad ERA, P (procedimiento) Hsec (departamento de prevención de accidentes)

PI&D: conjunto de planos de detalles y líneas para plantas de proceso.

PM: (mantenimiento Productivo) etapa previa al TPM, se enfoca en la calidad y en el desarrollo de técnicas de control para asegurar dicha calidad.

Proceso: conjunto de operaciones que derivan en resultado específico.

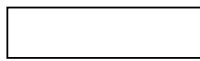
RCM: método de mantenimiento desarrollado en los años 60, mejora la función de los activos físicos de las maquinarias.

SIPETROL: Filial empresarial de ENAP destinada a la exploración de petróleo en el mundo.

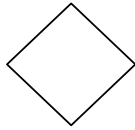
URA: Unidad recuperadora de azufre.

TPM: (mantenimiento productivo total), sistema de gestión de mantenimiento nacida en Japón, que combina técnicas del mantenimiento productivo (PM) y del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM).

Grafica de diagramas de flujo:



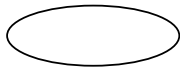
Indica acción a realizar en el proceso



Análisis de decisión, permite validar decisión



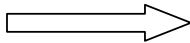
Conector



Inicio y final del diagrama



Documentación generada o usada



Conectores

### Lista de figuras

Figura 1 Planta Enap concón	18
Figura 2 Procesos del negocio	19
Figura 3 Organigrama Enap Refinerías S.A.	20
Figura 4 Producción anual Cracking catalítico	23
Figura 5 Interrelación plantas Cracking catalítico	25
Figura 6 Organigrama Mantenición	26
Figura 7 Diagrama de flujo trabajos de Cracking	28
Figura 8 Diagrama de Pareto, distribución de trabajos área de Cracking catalítico	32
Figura 9 Causas de trabajos No Realizados en Cracking	35
Figura 10 diagrama Causa- Efecto	37
Figura 11 Gráfico porcentual trabajos realizados versus no realizados Julio-Agosto 2015	38
Figura 12 Diagrama Causa-Problema-Efecto	39
Figura 13 Gráfico de Pareto	45
Figura 14 Esquema análisis FODA	47
Figura 15 Pilares TPM	49
Figura 16 Formato Matriz de riesgo	54
Figura 17 Formato planilla operativa	54
Figura 18 Formato tarjeta de reporte TPM	54
Figura 19 Formato básico tabla Word	55
Figura 20 Formato ISO 9000 Enap	55
Figura 21 Formato mallas de capacitación	56
Figura 22 Diagrama de flujo metodología a desarrollar	60

Figura 23 Malla de capacitación Cracking Catalítico	66
Figura 24 Malla de capacitación LPG 2	67
Figura 25 Malla de capacitación URA 1	68
Figura 26 Malla de capacitación DIPE	69
Figura 27 Malla de capacitación Tres plantas	70
Figura 28 Compresor planta de Cracking catalítico	79
Figura 29 Tarjeta de reporte de falla TPM	81
Figura 30 Distribución de costos	94

**Lista de tablas**

Tabla 1 Producción anual ERSA	22
Tabla 2 Producción de Cracking	23
Tabla 3 Listado de equipos de cracking	30
Tabla 4 Permisos de trabajos emitidos Julio Agosto 2015	31
Tabla 5 Trabajos no realizados Cracking Julio-Agosto 2015	33
Tabla 5.1 Trabajos no realizados Julio 2015	34
Tabla 5.2 Trabajos no realizados Agosto 2015	34
Tabla 6 Causas de trabajos No realizados	35
Tabla 7 Elección de metodología para aplicar solución al problema	43
Tabla 8 FODA, análisis inicial ERA	63
Tabla 9 Trabajos realizables por el operador	65
Tabla 10 Matriz de riesgos de procesos	73
Tabla 11 Matriz de riesgos a las personas	74
Tabla 12 Principales fuentes de riesgos y peligros en plantas de procesos	75
Tabla 13 Verificación de lubricación equipos rotativos	76
Tabla 14 Programación de lubricación	77
Tabla 15 Verificación aseo planta	78
Tabla 16 Rutinas de inspecciones y tareas a cargo del operador del área	82
Tabla 17 Evaluación de capacitación	83
Tabla 18 Cursos de capacitación TPM por cargos	84
Tabla 19 Propuesta de jornadas de capacitación	85
Tabla 20 Permisos de trabajo programados julio y agosto 2015	85

Tabla 21 Trabajos críticos área de Cracking	87
Tabla 22 Flujo de gestión de permisos de trabajo críticos y no críticos	88
Tabla 23 Escala de rentas	89
Tabla 24 Tiempo involucrado por actividad en ASR	90
Tabla 25 Costo ASR	91
Tabla 26 Causas de no realización de tareas y reasignación de mano de obra	92
Tabla 27 Acciones correctivas para trabajos no realizados y mano de obra reasignada	93
Tabla 28 Listado de tareas estandarizables	95
Tabla 29 Resumen de costo ASR	96
Tabla 30 Preguntas a expertos	105

## **Resumen**

Keywords: Mantenimiento Autónomo, Pilares TPM, ASR, Enap, Metodología TPM, Cracking catalítico, Capacitación, Mejora Enfocada.

Enap Refinería Aconcagua es una empresa productiva dedicada a la refinación de petróleo, que fue creada en la década de los 50. El trabajo de título se enmarcó en la división de Cracking Catalítico perteneciente al departamento de Operaciones. Los tipos de mantenimiento que se realizan en el área indicada corresponden a correctivo, predictivo y preventivo programado. El mantenimiento correctivo se refiere a la reparación de las fallas, sin una planificación de por medio. En cambio, el mantenimiento preventivo programado se refiere a la planificación y asignación de recursos en un momento determinado. Por último, el mantenimiento predictivo que se realiza corresponde al monitoreo y planificación de un grupo de equipos para alargar la frecuencia de mantención preventiva programada. El problema que aqueja a la división de Cracking corresponde a que el proceso de mantención existente genera tiempos muertos y no permite controlar la mano de obra, generando aumento en el costo de los trabajos de mantención correctiva. La metodología que se utilizó se dividió en cuatro etapas, las que se presentan a continuación. La primera se encargó de identificar y diagnosticar los problemas en los procesos involucrados en el mantenimiento. Luego se procedió en una segunda etapa a cuantificar los costos de mantención. En una tercera etapa se evaluó metodologías aplicables y se optó por la utilización de TPM en tres de sus dimensiones, toda esta decisión se sustentó básicamente en documentación existente, encuestas a expertos y FODA interno, lo que arrojó el apoyo para realizar la cuarta etapa, que consta de la aplicación de TPM, el que se materializó con la obtención de documentos para cada dimensión utilizada, tales como; listado de tareas realizables por el operador de planta, planillas de verificación, tarjeta de reporte, listado de tareas estandarizarles, procedimiento escrito, planillas de control, y generación de malla de capacitación para el operador. En base a la experiencia de las área involucradas, esto es mantención y producción, se logra dar una mirada más profunda a los procesos involucrados en los tipos de mantención descritos anteriormente, lo cual permite identificar factores que contribuyen al aumento de los costos por tareas asignadas y además permiten cuantificar tiempos muertos de estas tareas, respecto a las metodologías aplicables que también son descritas

más atrás, estas nacen de un trabajo en conjunto entre supervisores y personal que realiza las tareas de planificación y operación de las unidades de procesos, tales como inspectores de operación, supervisores y operadores del área. Por último y en base a lo experimentado por ambas áreas, se deja de manifiesto la importancia del Conocimiento que posee el personal de Enap refinerías Aconcagua, en temas de mantenimiento, operación, medio ambiente y seguridad, el cual marca una diferenciación respecto a otras empresas del rubro, la que unida a un método de productividad total, la haría una potente herramienta para afrontar con creces el futuro de la empresa.

## Summary

Keywords: Autonomous Maintenance, TPM Pillars, ASR, Enap, Methodology TPM, Catalytic Cracking, Training, Focused Improvement.

Enap Aconcagua Refinery is a production company dedicated to the petroleum refining, which was created in the early 50's working title was framed in Catalytic Cracking division in the Department of Operations. The types of maintenance performed in the area indicated correspond to corrective, predictive and preventive scheduled. Corrective maintenance refers to the repair of faults, without planning involved. Instead, the scheduled preventive maintenance refers to the planning and allocation of resources at any given time. Finally, predictive maintenance that is done is for the monitoring and planning of a group of computers to extend the frequency of preventive maintenance scheduled. The problem that afflicts Cracking division corresponds to the existing maintenance process generates idle resources allocated for corrective maintenance work in the area, causing an increase in the cost of these maintenances capacity. The methodology used was divided into four stages, which are presented below. The first was commissioned to identify and diagnose problems in the processes involved in maintenance. Then he proceeded in a second stage to quantify maintenance costs. In a third step applicable methodologies was assessed and decided on the use of TPM in three dimensions, all this decision was based primarily on existing documentation, expert surveys and internal FODA, resulting in support for the fourth stage, consisting of the application of TPM, which materialized with obtaining documents for each dimension used, such as; list of achievable tasks by the plant operator, payroll check, report card, be standardized list of tasks, written procedure, timesheets, and mesh generation operator training. Based on the experience of the area involved, this is maintenance and production, it is possible to give a deeper processes involved in the types of maintenance described above eyes, which identifies factors contributing to rising costs for tasks assigned and also to quantify downtime of these tasks, regarding the applicable methodologies are also described further back, these arise from a joint effort between supervisors and staff performing the tasks of planning and operation of process units, such as inspectors operation, supervisors and operators last área.for and based on it experienced by both areas, makes clear the importance of know-how that has personnel Enap

Aconcagua refineries on issues of maintenance, operation, environment and security, which marks a differentiation from other companies in the industry, which, combined with a method total productivity, would make her a powerful tool to address more than the future of the company

## **Introducción**

Enap Refinería Aconcagua es una empresa productiva dedicada a la refinación de petróleo, que fue creada en la década de 1950. El trabajo de título se enmarco en la división de Cracking Catalítico perteneciente al departamento de Operaciones. Los tipos de mantenimiento que se realizan en el área indicada corresponden a correctivo, predictivo y preventivo programado. El mantenimiento correctivo se refiere a la reparación de las fallas, sin una planificación de por medio. En cambio, el mantenimiento preventivo programado se refiere a la planificación y asignación de recursos en un momento determinado. Por último, el mantenimiento predictivo que se realiza corresponde al monitoreo y planificación de un grupo de equipos para alargar la frecuencia de mantención preventiva programada. Actualmente el problema que aqueja a la división de Cracking corresponde a que el proceso de mantención existente genera tiempos muertos y no permite controlar la mano de obra, generando aumento en el costo de los trabajos de mantención correctiva.

El objetivo general del trabajo de título corresponde a la generación de una propuesta de mejoras al proceso de mantención de cracking catalítico de Enap Refinería Aconcagua, para el periodo 2014-2017, basada en el método TPM, utilizando tres de sus dimensiones, este objetivo se dividirá en tres objetivos específicos, los cuales corresponden al diagnóstico de la situación actual del proceso de mantención de área de Cracking catalítico, a la identificación de las causas e impactos y por último la propuesta de mejoras al proceso de mantención, referidas a; mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo y capacitación.

El resultado será un set de documentos que corresponderá a las propuestas de mejora al proceso de mantención del área de Cracking catalítico basado en tres de las dimensiones de TPM, que en su implementación (posterior) permitiría bajar los costos de mantención correctiva en un 4,21%, y a su vez la disminución de tiempos muertos generados básicamente por la falta de estandarización, lo cual equivale aproximadamente a una cifra de \$645.560.073 por año para el periodo 2014-2017.

## **CAPÍTULO 1:Antecedentes**

En los últimos treinta años la evolución industrial, la explosión demográfica y el uso masivo de los medios de transportes han originado un aumento sustancial en el consumo de fuentes energéticas, para el bien del ser humano, esto sí, ha traído algunas dificultades de abastecimiento, tal es el caso en nuestra realidad de la problemática actual del SIC que en estos últimos años se ha visto alcanzado por la demanda, comprometiendo así su confiabilidad operacional debido al débil balance entre lo que se puede ofrecer y lo que realmente se exige a este medio energético, solo para esta fuente de energía su consumo ha aumentado 5 veces en los últimos 30 años, no ajeno a esto se nota también una fuerte demanda en los productos que son derivados del petróleo y su fuente más próxima que es el consumo de Gas Natural de los cuales se estima que han crecido en el orden de las 2,5 y 11 veces respectivamente.[CNE].

En términos generales en el sector del transporte se triplica la demanda energética, se tiene también un aumento de 2.4 veces en el sector residencial y por último en el sector industrial especialmente el minero también se triplica.

Al disgregar los consumos de energía en los subsectores de Industria y minería, comercial público y residencial, y finalmente transporte se proyecta una demanda creciente hasta el 2030 que equivaldrá a un 5% del PIB de acá al 2015 y un 4% del PIB desde el 2016 al 2030 equivalentes a US\$ 160.000 billones (fuente CNE -2009).

### **1.1 Descripción de la empresa**

La historia de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) se encuentra estrechamente ligada al desarrollo de Chile y a su particular geografía.

Si bien fue oficialmente creada por el Estado el 19 de junio de 1950, mucho antes ya auguraba convertirse en un activo estratégico para nuestro país.

Antes de existir como Empresa, un grupo de trabajadores de CORFO -liderados por el ingeniero Eduardo Simiáin- hizo brotar el primer chorro de crudo en Springhill, Tierra del Fuego, el 29 de diciembre de 1945. Fue el mismo equipo que encabezaba Simiáin, el que recomendaría la creación de una empresa que explotase comercialmente los pozos petroleros descubiertos en la zona austral, fue así, como el 12 de noviembre de 1955, bajo la Presidencia de Carlos Ibáñez del Campo, se inauguró la Refinería de Petróleo de Concón, hoy Refinería Aconcagua. Como principal objetivo se planteó el de producir combustibles a gran escala y comenzar a competir en el negocio de Refinación de tipo comercial e industrial. Una vez lograda una masa crítica de clientes en la zona central de Chile, se levantó una Planta de Almacenamiento en Maipú (1959), que se conectó a un poliducto para llevar los derivados del crudo hasta la Región Metropolitana.[Memoria Enap 2014].

El 29 de julio de 1966, con la puesta en marcha de la segunda Refinería de Petróleo en Talcahuano, hoy Refinería Bío, y la construcción de dos terminales de almacenamiento, ENAP declaró su mayoría de edad y se definió como una empresa dedicada a la exploración y explotación petrolera, además de refinación, almacenamiento y comercialización de combustibles. A partir de allí se sucedieron la creación del negocio de Logística y la transformación en un holding de empresas, en 1981 desde ese momento ENAP ha sido por excelencia la empresa encargada de abastecer de energía limpia y segura para el que hacer público y privado de las más variadas actividades económicas del país, con operaciones a lo largo de todo Chile y también a nivel internacional a través de su filial SIPETROL mantiene actividades en países de la región como son Argentina, Ecuador y Perú, así como también en el continente africano a través de las operaciones de exploración y explotación de petróleo en Egipto, además de estas operaciones ENAP desarrolla en conjunto con otras empresas negocios energéticos importantes para el desarrollo y el sustento de regiones tal es el caso del proyecto de gas natural licuado para la octava región que es abastecido desde una planta de regasificación de GNL desde el terminal Quintero proyecto asociado con Enagás (España), Oman Oil, Metrogas y Endesa (2015), que además abastece ya a gran parte de las empresas de gas natural de la región de Valparaíso y Santiago.



Figura 1 .-Planta de ENAP Con Con, (Fuente [www.enap.cl](http://www.enap.cl))

En lo que concierne a investigación y desarrollo ENAP en conjunto con la empresa italiana ENEL se encuentran estudiando la factibilidad de explotación de la geotermia en el norte del país, junto con esto también se encuentra investigando a través de la empresa BIACOM S.A creada en el año 2007, el desarrollo de biocombustibles a través del uso de material de desecho de las empresas forestales.

## 1.2 Cadena Productiva ENAP

En el ámbito nacional ENAP aporta cerca del 80% de la demanda de combustibles del mercado lo que implica que el 75% de su producción lo destina a este, con niveles de calidad que están en el más alto estándar, para ello el plan de inversiones ha sido constante en el tiempo, lo que ha hecho que sus plantas de proceso cuenten con las tecnologías más avanzadas de la industria, como muestra, en el mes de mayo del 2014, se inauguró en su planta de Con-Con, la unidad de Alquilación que proveerá de un aditivo al pool de gasolina libre de olefinas y aromáticos amoldándose a las exigencias de las normativas ambientales, el 8% restante lo destina a la exportación a países como Perú, Ecuador y centro américa ( figura. 2).

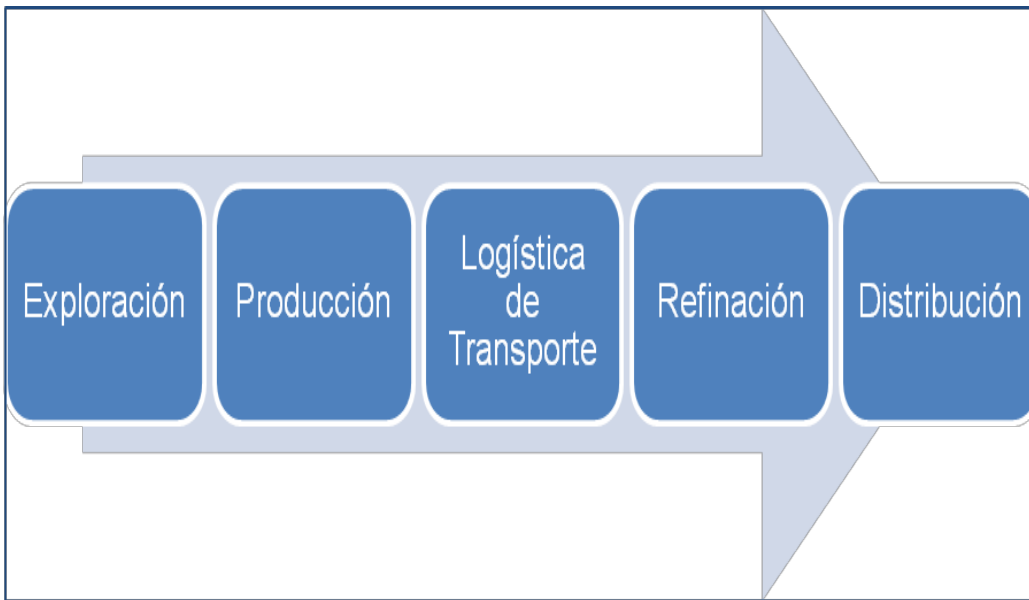


Figura 2 .-Procesos del negocio, (Elaboración propia en base a Memoria Enap 2015, [www.enap.cl](http://www.enap.cl))

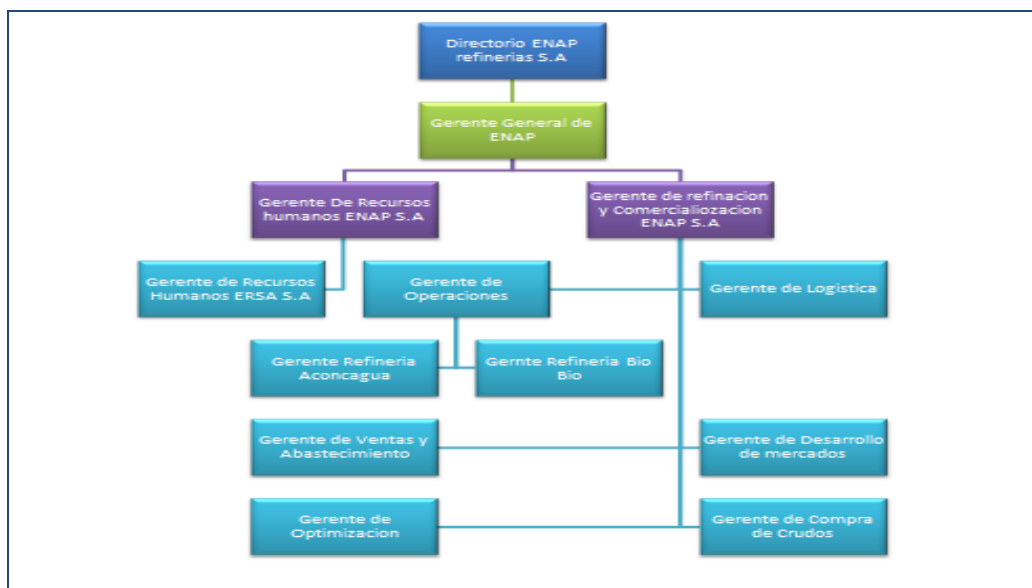


Figura 3: Organigrama ENAP Refinerías S.A, (Fuente elaboración propia en base a Memoria Enap 2015)

### 1.3 Descripción general de los procesos.

A continuación se darán a conocer los procesos del área logística transporte de crudo desde el terminal quintero a zona intermedia y desde allí a las plantas de procesos.

En una primera instancia se describe el movimiento logístico que se origina con el crudo desde que llega al terminal quintero traído por buques tanques, generalmente traídos desde Ecuador, Venezuela y Angola, la descarga del crudo se hace a través de una mono boya ubicada en el muelle de Quintero, la cual es operado por personal de ENAP

#### 1.3.1 Política comercial

La Política Comercial que la empresa implementó en diciembre de 2009, para la comercialización de productos derivados del petróleo, enfatizando que ésta se sustenta en un mercado abierto y competitivo.

La Política Comercial apunta a asegurar el abastecimiento del mercado energético nacional con productos de calidad, oportunidad y a precios competitivos, enfatizando que, ésta es igualitaria para todos los clientes de ENAP y que no hace discriminaciones entre ellos, ya que aplica un Precio de Paridad para compras programadas con un plazo mayor a 45 días y un Precio Spot para compras solicitadas con un plazo menor.

La estructura del Precio de Paridad referido a la Costa del Golfo de México y del Precio Spot, puntualizando que, para aquellos clientes que suscriban contratos a un año plazo, se otorgan descuentos al Precio de Paridad, lo que permite a ENAP compartir con sus clientes la optimización del proceso de Refinación y Logística.[[www.enap.cl/politica de \\_precios](http://www.enap.cl/politica_de_precios)]

Adicionalmente, la Política Comercial de ENAP ofrece la alternativa de suscripción de un Contrato de Suministro de Condiciones Homogéneas para clientes pertenecientes a un mismo rubro, tales como distribuidoras mayoristas y clientes industriales, bajo el compromiso de compra y venta en firme, con entregas y retiros programados, que considera la aplicación de descuentos al Precio de Paridad de Importación según el cumplimiento de las programaciones.[[www.enap.cl/política comercial](http://www.enap.cl/política_comercial)]

### **1.3.2 Equilibrio complejo**

El mercado de los combustibles en Chile es altamente complejo y asimétrico. Mientras ENAP tiene una participación total del 66 % en el mercado de la gasolina, diésel, kerosene y fuel oil, COPEC tiene un poder de distribución al cliente de un 64 %. Para mantener el equilibrio en el mercado, es clave el principio de igualdad y no discriminación que aplica ENAP con todos sus clientes para evitar el monopolio bilateral.

En esta línea, el Precio de Paridad obedece a la alternativa de importación que tienen las compañías distribuidoras en Chile, al existir un mercado abierto, enfatizando que para ello los clientes pueden optar por importar los productos.

ENAP es un tomador de precios, lo que significa que no fija los precios de los combustibles que paga el consumidor final, sino que únicamente ajusta cada semana los precios de venta a sus clientes distribuidores mayoristas, de acuerdo a la evolución de los valores del mercado internacional que representan la alternativa de libre importación.

El Precio de Paridad no es igual en todo Chile, sino que ha sido referido al centro de recepción donde se disponga de capacidad suficiente para descargar un barco con combustible importado de tamaño óptimo. A este precio se adicionan los recargos por logística asociados a contar de la recepción. De este modo, se mantiene el Precio de Paridad en Antofagasta, Concón, San Vicente y Puerto Montt.

En el caso de Punta Arenas, ENAP cobra el Precio de Paridad de Importación de Quintero, más el recargo logístico. Cabe precisar que dada la demanda de 20 Mm<sup>3</sup> al mes de combustibles en esta zona, el flete desde Quintero es más económico que la importación desde la Costa del Golfo de México.[[www.enap.cl/política de \\_precios](http://www.enap.cl/política_de_precios)]

### **1.3.3 Beneficios**

La fórmula de cálculo de ENAP es transparente y se observa una correlación positiva entre el precio del combustible en la Costa del Golfo de México y el Precio de Paridad. Además, reiteró que la programación de volúmenes y cumplimiento de entregas y retiros de parte del cliente (de acuerdo al contrato de suministro), permite a ENAP compartir con sus clientes las optimizaciones del precio de refinación y logística.

El principal desafío en esta materia para ENAP, mantener la integración vertical a los clientes industriales, logrando incrementos en los precios y asegurando la colocación de combustibles en el territorio nacional.

Actualmente, los alcances de la Política Comercial de ENAP, vigente desde diciembre de 2009, ha cobrado especial importancia luego que se conociera la resolución de la Fiscalía Nacional Económica (FNE), organismo que consideró que “no es reprochable

desde el punto de vista de la Libre Competencia que ENAP distribuya combustibles líquidos a clientes industriales, ya que le permite una utilización más eficiente de sus recursos, siempre que ella sea objetiva, transparente y no arbitraria”. [Fuente Fiscalía Nacional Económica]

ENAP, sostiene que abastece el 55% de los requerimientos de la matriz energética del país, entre los productos derivados del petróleo y el gas natural. La participación de mercado bordea el 65%.

ENAP destaca la implementación de la Política Comercial, la que debe ser muy exhaustiva ya que la Fiscalía Nacional Económica resolvió que nuestra empresa se puede integrar verticalmente en la venta a clientes industriales, pero que debe estar sometida a continuas revisiones. Esta integración es clave porque en los próximos cinco años crecerá fuerte el mercado del GNL, desplazando cada vez más al diésel y al fuel oil.

Cabe recordar que en septiembre de 2010 Shell (hoy Enx S.A.) denunció a ENAP ante la FNE por supuestos efectos anticompetitivos asociados a la entrada de nuestra empresa a la distribución de combustibles líquidos en el segmento industrial. El organismo antimonopolios consideró que el hecho que ENAP distribuyera combustibles líquidos a clientes industriales no era reprochable, “en la medida que no se aprovechara de su posición como refinador e importador de combustibles líquidos de una forma que significara debilitar la posición competitiva de empresas distribuidoras de combustibles, las que también adquieren combustibles de parte de ENAP y, por lo tanto, son sus clientes”. [www.enap.cl]

#### 1.4 Proceso de producción ERSA

El proceso de producción de ERSA es mediante la refinación y la transformación de la materia prima en este caso el crudo, el cual es sometido a los diversos procesos químicos de los cuales se desprenden los diversos productos terminados el volumen de productos finales se muestran en las tablas siguientes.

##### 1.4.1 Producción Total Anual ERSA

En la tabla 1 se muestran todos los productos producidos y comercializados por Enap Refinerías S.A. (ERSA) anualmente.

**Tabla 1.- Producción Anual - ERSA**

Producto	Mm <sup>3</sup> /año	%
Gas Licuado	423	4
Gasolina	3.406	32
Kerosene	885	8
Diésel	3.595	33
Petróleo Combustible	1.388	13
Prod. Industriales y otros	1.053	10
<b>TOTAL</b>	<b>10.750</b>	<b>100</b>

Fuente: [www.enap.cl](http://www.enap.cl), memoria 2015

### 1.4.2 Producción área de Cracking catalítico

En la tabla 1.1 se muestran todos los productos producidos por Cracking catalítico de Refinería Aconcagua (ERA) anualmente.

**Tabla 2.-produccion cracking.**

Producto	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /año	Valor comercial (US\$/m <sup>3</sup> )	Total (US\$)
LPG	1.800	657.000	945	620.628.480
Gasolina FCCU	2.600	949.000	808	767.124.150
Gasolina Alk	180	65.700	884	58.082.742
Gasolina Isom	950	346.750	884	306.547.805
DIPE	240	87.600	884	77.443.656
Azufre (ton/d/año)	60	21.900	30	657.000

Fuente; elaboración propia en base a Balances ERA, 2015

En la figura.4 se muestra la gráfica del volumen en metros cúbicos por día, de la producción anual para los distintos productos generados en el área de cracking catalítico.

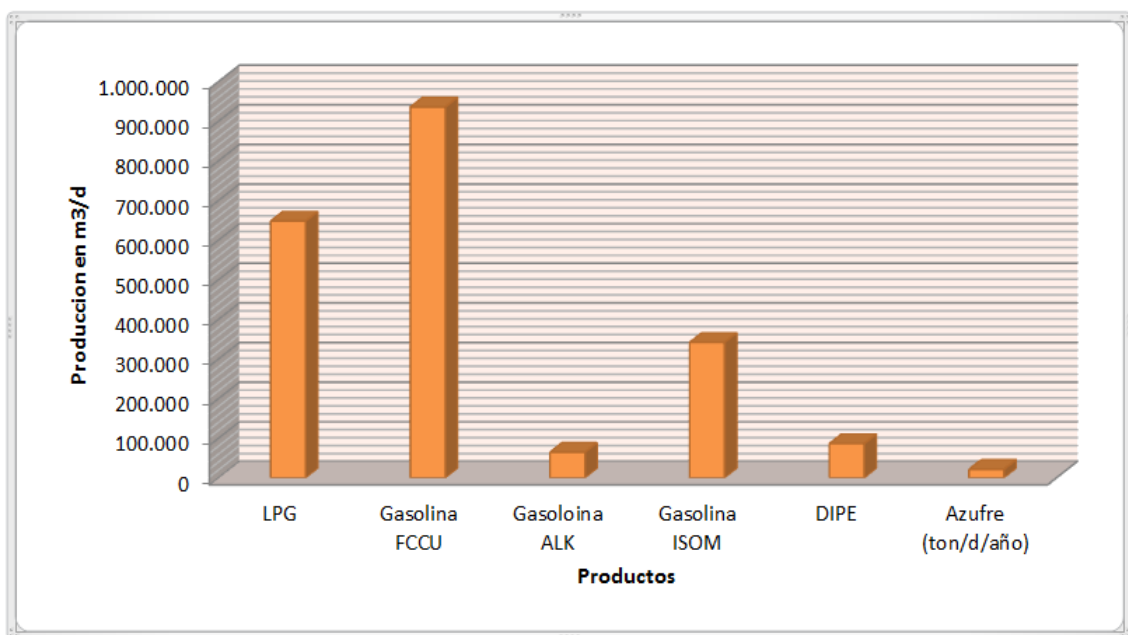


Figura 4.- Producción Anual de Cracking catalítico. Fuente; elaboración propia en base a [www.enap.cl](http://www.enap.cl)

### **1.4.3 Análisis aporte Cracking Catalítico (ERA) en producción Total ERSA**

Analizando datos de producción podemos concluir que el aporte del área de Cracking Catalítico de Refinería Aconcagua es sumamente significativo en el ejercicio de ERSA, y por ende justifica cualquier iniciativa que lleve a la mejora en los procesos internos para asegurar la producción requerida.

Las cifras que se obtienen del análisis de datos es la siguiente; Área Cracking ERA produce el 42,5% del total de gasolinas producidas por ERSA Y el 69% del total de LPG producido por ERSA (para su comercialización).[Memoria 2015, www.enap.cl]

## **1.5 Descripción de procesos productivos Área Cracking Catalítico ERA**

A continuación se detallan los procesos productivos que guardan relación con el área de cracking catalítico de Enap refinerías Aconcagua.

### **1.5.1 Cracking Catalítico**

Esta planta recibe una parte del gas oil de las columnas de vacío para transformarlo en gasolina base para la preparación de gasolina de 93 octanos, también en esta planta se obtienen gases livianos que se usan como combustible en el proceso de refinación, gas licuado, propileno, diésel y algo de fuel oil. Una planta de cracking catalítico tiene dos secciones: el convertidor y el fraccionador. El convertidor a su vez tiene dos recipientes que pueden ser superpuestos o colocados uno al lado del otro. Estos son el reactor y el regenerador. Ambos equipos están interconectados y operan en conjunto. [Manual de Operaciones, Cracking catalítico, Rev.16,03/03/2011, Enap Refinerías Aconcagua S.A, Reservado]

### **1.5.2 Planta de recuperación de livianos y tratamiento**

Está diseñada para recuperar el propano y butano de diferentes secciones de la refinería. Los productos de esta planta son gasolina estabilizada de cracking, propano, butano y gas de refinería que se quema en los hornos. [Manual de Operaciones, tratamiento 3, Rev.6, 2015, Enap Refinerías Aconcagua S.A, Carácter Reservado]

### **1.5.3 Planta de Alquilación**

En técnica petrolera, alquilación es la combinación química entre una isoparafina (isobutano) y una olefina (butileno) para formar hidrocarburos isómeros (isooctano) que destilan en el rango de la gasolina que, por su alto número de octano, sirve para preparar gasolina de aviación. [Manual de Operaciones, Alquilación Catalítica, Rev.2, 2015, Enap Refinerías Aconcagua S.A, Carácter Reservado].

### **1.5.4 Planta de ácido**

Unidad cuya función es regenerar el catalizador ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) utilizado en el proceso de la Planta de Alquilación, de tal manera que pueda ser reutilizado. [Manual de Operaciones, tratamiento 3, Rev.6, 2015, Enap Refinerías Aconcagua S.A, Carácter Reservado].

### **1.5.5 Unidad recuperadora de Azufre 1,2 ,3**

La Unidad Recuperadora de Azufre funciona a base de la llamada "Reacción de Claus", gracias a la cual, una mezcla de gases azufrados en proporciones determinadas reacciona térmicamente a 1300 °C y catalíticamente a una temperatura menor para producir

azufre gaseoso. Este se licúa al enfriarse en dos calderas que producen, con la energía recuperada, vapor útil para la Refinería.

El producto obtenido, de gran pureza, se carga en forma líquida a 130 °C, mediante un brazo instalado en una isla de carguío especial en camiones estanques, para ser transportado a las instalaciones de las empresas comercializadoras. [Manual de Operaciones, planta recuperadora de azufre, Rev.3,01/01/2014, Enap Refinerías Aconcagua S.A, Carácter reservado].

### 1.5.6 Unidad de Isomerización

Esta unidad incrementa el octanaje de las gasolinas de topping, permitiendo aumentar la producción de las gasolinas de alto octanaje, el producto de esta unidad es adicionado al pool de gasolinas permitiendo con esto aumentar el volumen de venta de este producto. [Manual de Operaciones, Isomerización, Rev.4, 2015, Enap Refinerías Aconcagua S.A]

### 1.5.7 Planta de DIPE

Esta unidad permite cumplir con un triple objetivo: producir di-iso-propil-éter, compuesto que se utiliza en la producción de gasolina reformulada de alta calidad; reducir la emisión de componentes volátiles a la atmósfera y mejorar la calidad de combustión de las gasolinas.[Manual de Operaciones, Planta DIPE, Rev.6, 2015, Enap Refinerías Aconcagua S.A]

A continuación en figura 5 se muestra la interrelación entre las unidades productivas descritas anteriormente en el área de Cracking catalítico de refinería Aconcagua.

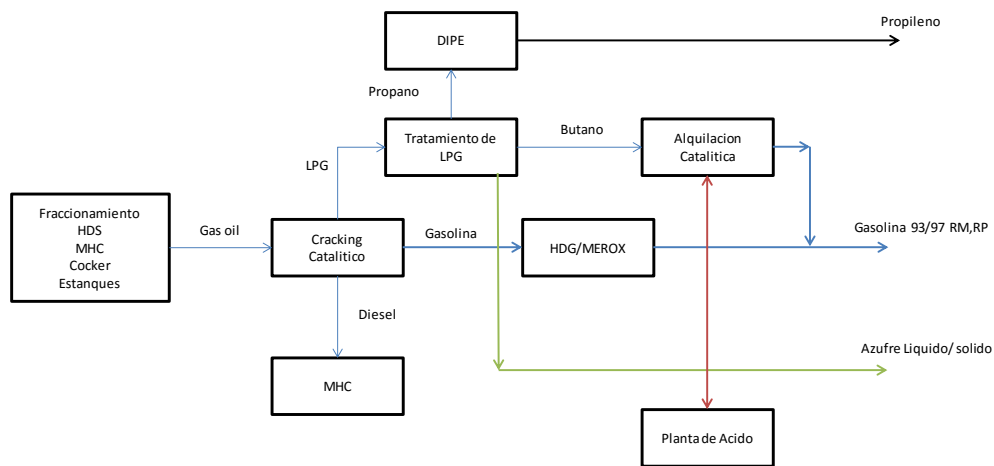


Figura 5: Interrelación Cracking catalítico-  
Fuente elaboración propia en base a manuales de planta Enap, 2015  
Descripción del proceso de Mantención.

En el siguiente punto se describirán los objetivos del área de mantenimiento, la funcionalidad de los cargos del personal interno y contratista, se describirán los tipos de equipos/maquinas involucrados en los procesos productivos.

### 1.5.8 Descripción del Área de Mantenición

Los principales objetivos del Área de Mantenición de ENAP refinерías Aconcagua S.A son otorgar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que asegure un funcionamiento confiable de los equipos de refinерía, lo que permitirá una producción continua y libre de incidentes que puedan afectar tanto a las personas que se involucran en el proceso así también como a la comunidad de Con-Con , la utilización de nuevas tecnologías aseguran la pronta respuesta a los requerimientos otorgando con esto eficiencia y eficacia al sistema.

En la figura 6. Se muestra el organigrama del departamento de mantención de ERA.

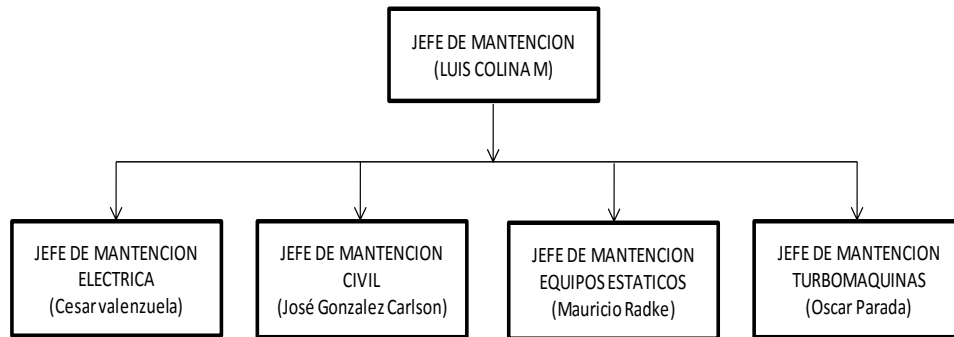


Figura 6.-: Organigrama

Fuente elaboración propia en base a Departamento de mantención, ERSA, 2015

### 1.5.9 Modelo de mantención preventiva

De acuerdo a la hoja de vida de cada equipo este será sometido a mantención preventiva cada cierta cantidad de tiempo.

Para el caso de las líneas de procesos mantención eligió un plan anual de revisión de líneas y espesores de líneas por medio de un contrato anual con la empresa Catox S.A, la cual procede a mandar semanalmente un listado con los PI&D de las líneas y los equipos que serán sometidos a una prueba de medición de espesores mediante ultra frecuencia, la empresa tramita el respectivo permiso en la oficina del inspector de terreno correspondiente al área en la cual trabajara, para esta actividad en particular por ser un trabajo estándar se permite la utilización de un procedimiento que permite obviar el ASR respectivo para esta actividad.

En el caso de la mantención preventiva para equipos rotatorios esta se realiza mediante la medición de vibraciones que es un proceso por el cual se pueden detectar anomalías utilizando un sensor de vibraciones. La medición proporciona los siguientes

parámetros: aceleración de la vibración, velocidad de vibración y variación de vibración así se pueden detectar desbalances dinámicos, desalineamientos de elementos rotativos, desajustes de elementos, etc.

Existen también programas de mantención preventiva para luminaria de plantas e instalaciones de personal en toda refinería también este personal se encarga de la mantención preventiva de todos los Swicht house de refinería, (un SH es un apartado donde están todas las cabinas de los circuitos de fuerza de las bombas y también los controladores de éstas), midiendo e inspeccionando los ajustes de protecciones de los distintos equipos que se encuentran en estas instalaciones. [Departamento de mantención, Encuesta a expertos, ERSA, 2015], [Procedimientos de mantención, ERA, 2015]

#### **1.5.10 Mantenciones correctivas**

El modelo de mantención correctiva comienza cuando el operador de la unidad de procesos detecta la anomalía en el funcionamiento del equipo, ruidos, o cuando se produce la avería. En estos casos se pueden detectar fugas de hidrocarburos, roturas o fracturas en líneas, equipos o empaques, dependiendo de la naturaleza de esta avería esta se levanta con una petición u orden de trabajo que es visada por la jefatura directa, en este caso el operador en jefe de la unidad, otorgándole al problema una prioridad la cual se representa con los siguientes números:

1. **Normal:** la avería puede ser llevada a un plan de mantención, generalmente esta será reparada en la semana siguiente al descubrimiento de la avería.
2. **Urgente:** la avería será reparada dentro de los tres días siguientes a la orden de trabajo.
3. **Emergencia:** la avería será tramitada en forma directa a mantención.

Los recursos con los cuales dispone Enap son propios personal de Bombas e instrumentación, así como también personal externo encargado principalmente de trabajos de paifiteria, electricidad, e intercambiadores.

Las empresas colaboradoras son Nexxo S.A, Betolli S.A, GPI electricidad, Erres Ltda. , Catox Ltda. Cuentan con una dotación aproximada de 150 personas disponibles para la unidad de cracking catalítico. [Departamento de mantención, Encuesta a expertos, ERSA, 2015], [Empresas colaboradoras, Encuesta a expertos, ERA, 2015].

### 1.5.11 Procesos involucrados en la petición a mantenimiento para la realización de un trabajo

A continuación, en la figura 7 se muestra el diagrama de flujo simplificado del proceso petición de trabajos en la unidad de cracking catalítico de ERA

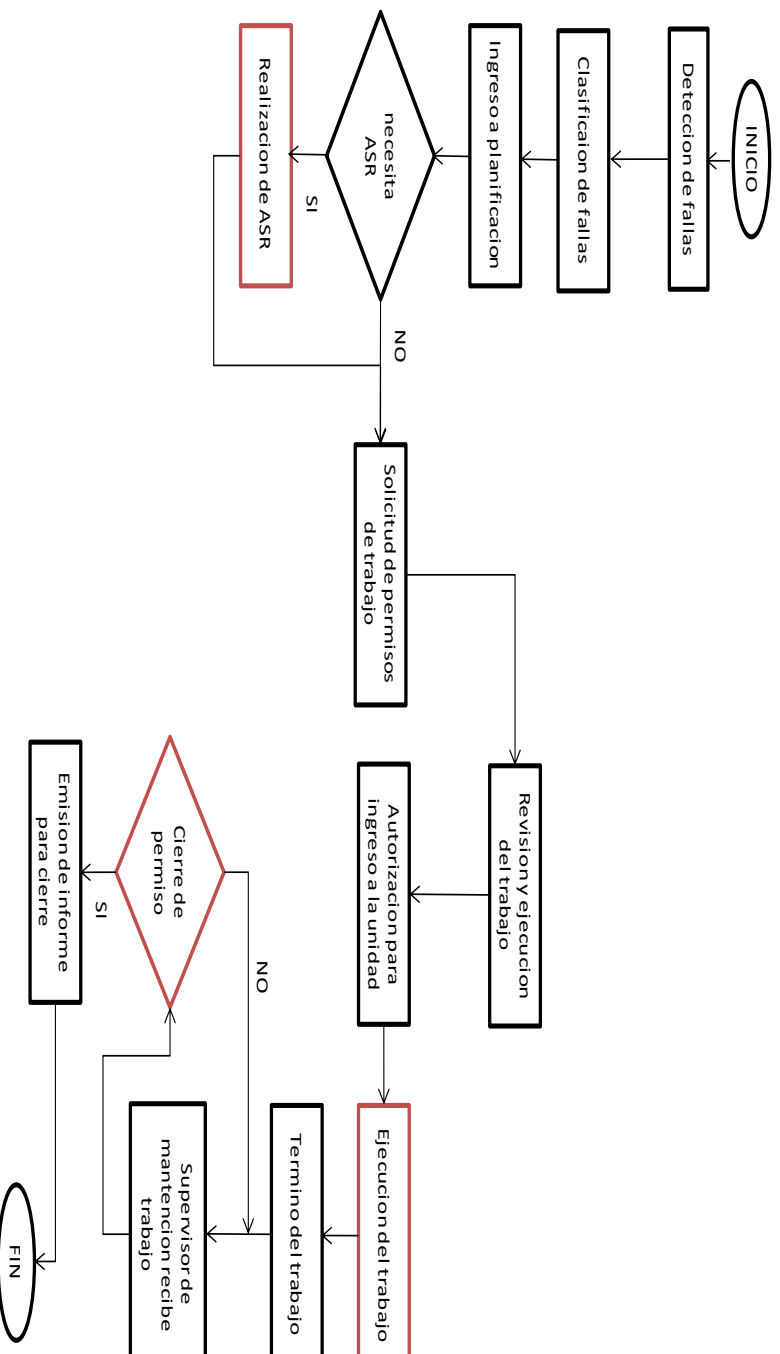


Figura . 7 Diagrama de flujo trabajos en cracking.

Fuente: elaboración propia en base a procesos administrativos ERA

### **1.5.12 Mantenimiento de las unidades de refinación de Enap Aconcagua.**

El área de cracking catalítico de refinería de petróleos de Con Con, es un área que cuenta con una cantidad de 16 plantas de procesos y una sub área que se denomina carguío y servicios, estas plantas cuentan con numerosos equipos de procesos, entre ellos bombas, hornos, compresores, válvulas de control, reactores, equipos acumuladores, una enorme gama de instrumentación y equipos estáticos como torres de fraccionamiento, etc.

La mantención correctiva es realizada a través de un sistema de avisos los cuales se levantan por medio de la petición del operador de terreno mediante una planilla de Excel en la cual se acumulan estos pedidos, luego estas al final del turno son ingresadas por el Operador jefe al sistema SAP, donde es ingresada por equipo, nivel de urgencia, por centro de costo y área de proceso, esperando a ser cursadas para la programación de mantención.

El tipo de mantenimiento en ENAP refineries Aconcagua como se menciona es de carácter correctivo y también de modo preventivo, en el estudio se resumen estos dos tipos de mantención enfocado principalmente a que en ambos casos se encuentran deficiencia en la asignación de recursos.

Los trabajos de mantención concentran el 80 % solo en 7 unidades de procesos.

En la planta no se cuenta con un seguimiento adecuado al control de estas actividades generando una incertidumbre en lo que refiere a la finalización de ellas, esta práctica obliga a readecuar el proceso de control y seguimiento de estas actividades. [Fuente: procolo administrativo de Empresas colaboradoras y ERA, 2015].

### **1.5.13 Equipos y componentes de las distintas áreas de proceso.**

Entre los principales equipos de procesos que cotidianamente están siendo intervenidos se encuentran, hornos, intercambiadores, bombas centrifugas, compresores y sopladores, controles lógicos programables, lazos de control e instrumentación, lo que genera una enorme cantidad de recursos materiales y HH. Para el cumplimiento de una adecuada mantención, en la tabla 3 se listan los equipos existentes en el área de Cracking catalítico.

Tabla 3.- Listado Equipos área Cracking Catalítico

Equipos	CCA	planta de ácido Uras	Alquilación	ISO	3 plantas	DIPE	Total	PERSONAL	ACTIVIDADES
Bombas centrífugas, turbinas	58	22	13	12	21	20	146	Mecánicos, electromecánicos, lubricadores, Ayudantes	Lubricación, cambio de empaquetaduras, limpieza de filtro, limpieza, vibraciones
Compresores	3	5	1	1	2	0	12	Mecánicos, electromecánicos, lubricadores, Ayudantes	Lubricación, cambio de empaquetaduras, limpieza de filtro, limpieza, vibraciones
Reactores y Acumuladores	5	6	4	6	9	6	36	mantención civil, electrónicos, instrumentistas	revisión instrumental, lógica programable, empaquetaduras
Hornos	1	4	0	1	2	0	8	mantención civil, electrónicos, instrumentistas	revisión instrumental, lógica programable, empaquetaduras
Aero refrigerantes	20	0	0	0	8	8	36	mecánicos, electromecánico	Lubricación, cambio de empaquetaduras, limpieza de filtro, limpieza, vibraciones
Lazos de control	60	20	10	15	30	15	165	electrónicos, instrumentistas	PLC

Fuente: elaboración propia en base a Registros y manuales ERA.

Para el análisis se realizó revisión de la cantidad de trabajos que fueron ingresados al SAP de ERA el año 2015, de ellos se desprenden las planillas de datos existentes en el área de cracking, las que fueron sometidas a un ordenamiento y posterior análisis estadístico, con lo cual se obtuvo que; la mayor concentración de trabajos fue en los meses de julio y agosto, donde se obtuvieron los datos mostrados en la tabla 4.

**Tabla 4.-Permisos de trabajo emitidos en los meses de julio y agosto 2015.**

	<b>Plantas</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Total</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>%</b>
1	Cracking	180	188	368	24,2	24,2
2	Alquilación	90	154	244	40,2	16,0
3	Isomerización	77	94	171	51,4	11,2
4	P. Acido	80	73	153	61,5	10,0
5	3 Plantas	52	49	101	68,1	6,6
6	URA 2	54	44	98	74,5	6,4
7	DIPE	39	57	96	80,8	6,3
8	LPG 3	40	42	82	86,2	5,4
9	P. Soda	29	31	60	90,2	3,9
10	LPG 2	21	22	43	93,0	2,8
11	SWS 1	15	17	32	95,1	2,1
12	URA 3	12	13	25	96,7	1,6
13	SWS 2	10	6	16	97,8	1,1
14	Antorchas	4	10	14	98,7	0,9
15	URA 1	7	5	12	99,5	0,8
16	Calles	6	2	8	100,0	0,5
	<b>TOTALES</b>	<b>716</b>	<b>807</b>	<b>1.523</b>		

Fuente; elaboración propia en base a SAP ERA 2015

La cantidad total de permisos emitidos para la ejecución de trabajos en 16 plantas diferentes, fueron entre los meses de julio y agosto un total de 1.523, en donde la concentración del 80% solo está en los primeras 7 plantas.

Para poder concentrar los trabajos en las plantas donde con más frecuencia ocurren se utilizó la técnica de diagrama de Pareto, como se muestra en la figura 8..

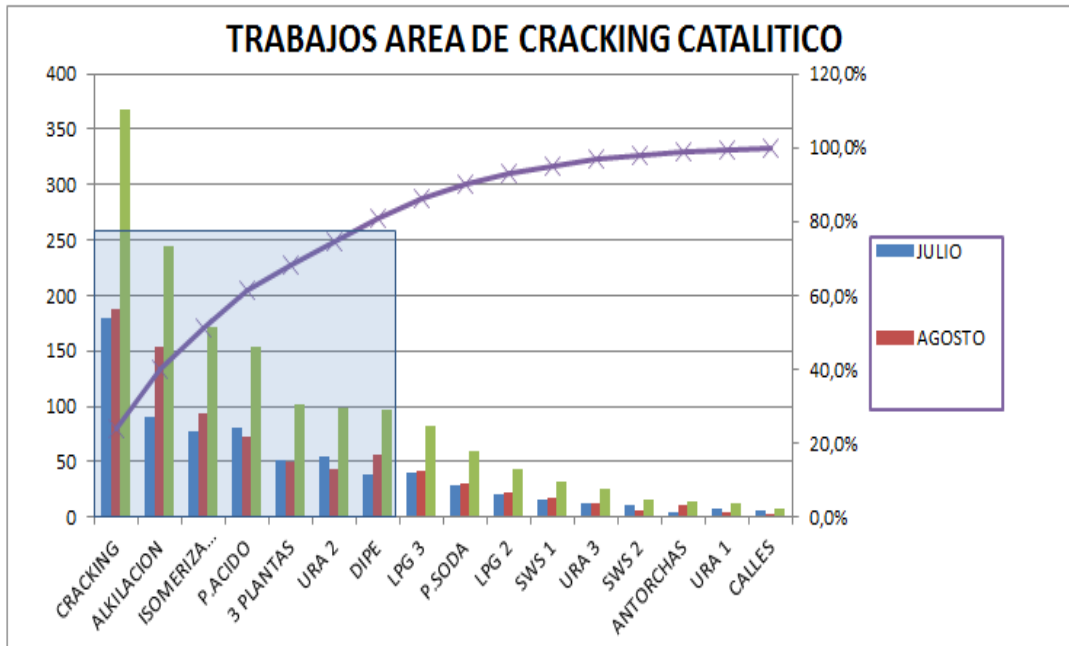


Figura 8.- Diagrama de Pareto-distribución de trabajos en áreas de Cracking catalítico.  
Fuente; elaboración propia en base a SAP\_ERA 2015

Los trabajos según el gráfico se concentran principalmente en las plantas de Cracking, Alquilación, Isomerización, Planta de Acido, 3 plantas, URA 2 y DIPE, con un total de 1.231 órdenes de trabajos cursadas, sin embargo por diversas razones estas no fueron finalizadas en su totalidad, poniendo en evidencia una serie de problemáticas que se deben esclarecer.

Se partió por encuestar a los inspectores de terreno quienes en su bitácora de trabajo tienen descritas las actividades realizadas en cada uno de los trabajos, poniendo de manifiesto criterios y clasificación a estos trabajos no realizados.

La cantidad de trabajos que no fueron realizados se contabilizan en la tabla 5.

**Tabla 5.- Trabajos no realizados cracking Julio Agosto 2015**

Plantas	Julio	Agosto	Totales	%	% acumulado
Cracking	50	44	94	27%	27%
Planta de Acido	30	29	59	17%	44%
Alquilación	26	46	72	21%	65%
Isomerización	26	11	37	11%	76%
3 plantas	23	25	48	14%	90%
DIPE	11	9	20	6%	95%
URA 2	10	8	18	5%	100%
			348		

Fuente; elaboración propia en base a SAP ERA 2015

Las diversas causas por las que no fueron realizados los trabajos son las siguientes:

1. **Emergencia:** en la cual los trabajos son suspendidos por una emergencia en la correspondiente planta, todo el personal contratista debe ser evacuado según los protocolos de seguridad de la empresa, en este caso de análisis, los trabajos no se habrían realizado aún al momento de la emergencia, finalmente no se realizaron, por lo que la mantención no se concretó.
2. **Falta de repuesto:** para un determinado equipo los repuestos no se encontraban en bodega. Esta situación no es común, pero si existe la posibilidad de ocurrencia. Este caso se debe principalmente a la falla de sellos ecológicos que poseen algunas bombas de proceso, el modo stand by de la configuración de las unidades permite contar con la otra en caso de que ocurran estas eventualidades.
3. **Programación:** en este caso los trabajos no fueron realizados, ya que se encuentran ingresados en la lista de programación de mantención.
4. **Apoyo a operaciones:** son los trabajos que Operaciones solicita a las diferentes áreas de trabajo, con el propósito de apoyar con HH para alguna actividad específica. Por ejemplo: “Armar un andamio para operar una válvula que se encuentre fuera del alcance del operador”.
5. **Protocolo:** es el seguimiento y cierre de los trabajos que se realizan en el área, los cuales no siempre son considerados como terminados y el registro suele ser impreciso.
6. **No cerrado por horario:** no existe holgura para realizar trabajos en sobretiempo, por política de ENAP no se deben realizar trabajos fuera de horario, salvo que sea estrictamente necesario, como emergencias o equipos críticos que pongan en riesgo la continuidad operacional.

7. **Proceso de plantas:** muchas veces el proceso continuo no permite entregar algún equipo para la reparación y se dejan en stand by.
8. **ASR (Análisis sistemático de riesgos):** trabajos que conllevan un riesgo superior al habitual, por las maniobras a realizar, son analizados por un equipo interdisciplinario, entre ellos supervisores de operación, supervisores de mantención, operadores de terreno, expertos en prevención de riesgos, supervisores contratistas y personal que estará en la ejecución del trabajo etc. todos los trabajos que revisten estos riesgos son obligatoriamente llevados a esta condición.
9. **Falta de dotación:** después de la crisis del año 2008 donde ENAP perdió app. 1000 MM/USD adoptó la política de trabajar con contratistas, pero con una planilla bastante más reducida de personal que antes de la crisis.

La tabla 5.1 muestra la distribución de los trabajos no realizados en el mes de julio del 2015, y la tabla 5.2 los correspondientes a Agosto del mismo año.

**Tabla 5.1.-Trabajo no realizados mes de Julio 2015**

Plantas	Falta de repuesto	Programación	Apoyo Operaciones	Protocolo	No cerrado	Proceso	ASR	Falta de dotación	Total
Cracking	2	1	4	20	12	0	4	7	50
Planta de Acido	0	0	0	0	5	4	13	8	30
Alquilación	0	0	0	4	7	6	9	0	26
ISO	0	1	0	2	5	4	2	4	18
3 plantas	0	0	0	2	10	0	7	4	23
DIPE	0	2	0	6	0	0	1	2	11
URA 2	0	0	0	4	1	0	1	4	10
	2	4	4	38	40	14	37	29	168

Fuente elaboración propia en base a SAP- ERA 2015

**Tabla 5.2.- Trabajos no realizados en mes de agosto 2015.**

Plantas	Falta de repuesto	programación	Apoyo Operaciones	Protocolo	No cerrado	proceso plantas	ASR	Falta de dotación	total
Cracking	2	0	1	21	11	6	2	6	49
Planta de Acido	3	1	3	12	16	0	1	8	44
Alquilación	2	2	0	13	6	0	0	6	29
Isomerización	0	1	0	3	13	0	4	4	25
3 plantas	0	0	3	0	1	0	2	8	14
DIPE	0	0	2	3	1	2	0	3	11
URA 2	2	1	0	4	0	0	0	1	8
	9	5	9	56	48	8	9	36	180

Fuente- elaboración propia en base a SAP- ERA 2015

Aplicando nuevamente la técnica de Pareto para determinar donde se centra la mayor cantidad de problemas, se obtienen las *principales causas*:

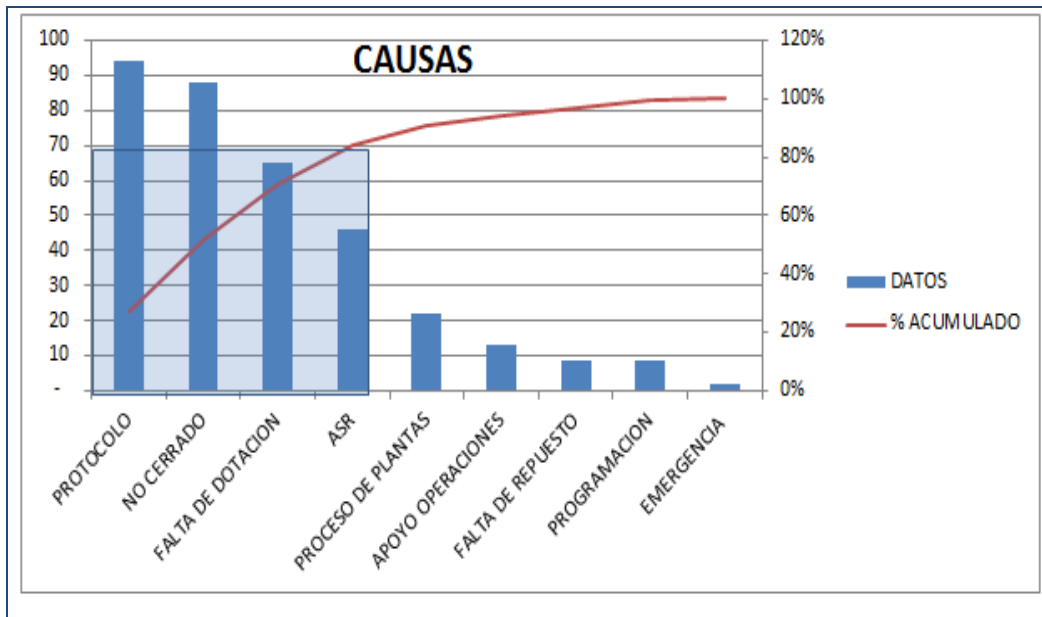


Figura 9.- Causas de trabajos No realizados en Cracking.  
Fuente; elaboración propia en base a SAP\_ERA, 2015

El total de las causales de los trabajos no realizados se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6.- Causas de trabajos no realizados**

Causas	Datos	%	% Acumulado
Protocolo	94	27	27
No cerrado	88	25	52
Falta de dotación	65	19	71
ASR	46	13	84
Proceso de Plantas	22	6	91
Apoyo a operaciones	13	4	94
Falta de repuesto	9	3	97
Programación	9	3	99
Emergencia	2	1	100
	348		

Fuente; elaboración propia en base a SAP-ERA 2015

De un total de 348 trabajos que no se realizaron la mayor cantidad se centran en 4 criterios que corresponden a:

- Protocolo
- No cerrado

- Falta de dotación
- ASR

.De éstos, Protocolo y ASR son netamente producto de los procesos internos administrativos, por lo que serán abordados como “EL” problema a analizar.

Los 45 trabajos por ASR se desglosan de la siguiente manera; mantención a bombas 15, trabajos en caliente 9, trabajos con gases tóxicos y uso de aire en línea 13, trabajos con productos corrosivos 4, instrumentación con gases peligrosos 3.

Los otros dos criterios son no cerrados y falta de dotación por representar mayor gasto en pago de sobretiempo.

La figura 10 muestra el diagrama de Ishikawa para las causales de la reasignación de recursos.

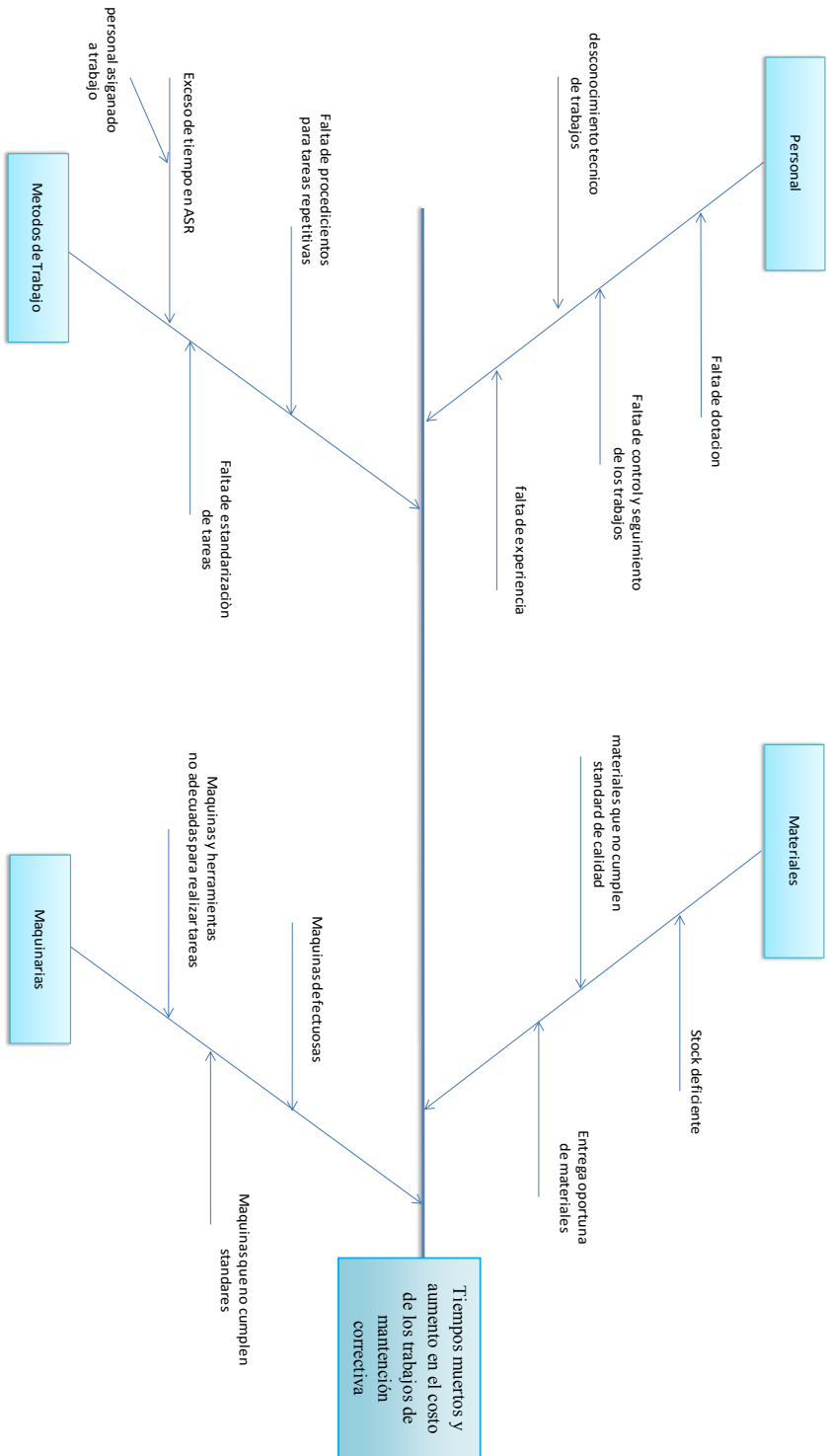


Figura 10.- Diagrama Causa-Efecto  
Fuente; elaboración propia en base a procesos ERA.2015

El problema detectado nos indica que en los meses de julio y agosto del año 2015, de 1523 permisos de trabajo cursados, un total de 348 no fueron dados por terminados lo que representa un **23%** del total, lo cual representa sin duda una oportunidad de mejora en los procesos de mantenimiento, esto se muestra en la figura 11 Gráfico de trabajos realizados v/s trabajos no realizados.

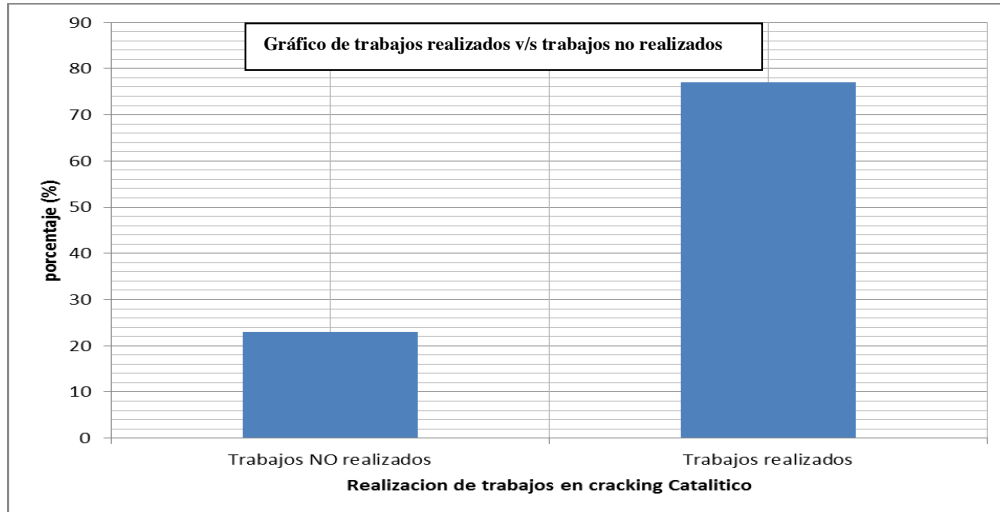


Figura 11 Gráfico porcentual trabajos realizados v/s trabajos no realizados Julio-Agosto 2015

Fuente; elaboración propia en base a SAP ERA 2015

Las causas se deben a distintos motivos los que se determinan en el contexto del presente trabajo, algunos de estos son: el exceso tiempo empleado en realizar los procesos internos administrativos por parte de operaciones y mantención, además cabe mencionar que no se realiza fiscalización de los trabajos en terreno por personal de operaciones, por lo tanto se carece de control, por esta misma razón hay personal que se re asigna a trabajos ya realizado.

En resumen, estamos en presencia de un 23 % de trabajos de mantención correctiva que son cursados por operaciones pero que no son llevados a cabo en el tiempo requerido por mantención y la red contratista, arriesgando con esto la confiabilidad operacional y la eficiencia de las plantas de proceso, así como también una deficiente utilización de los recursos disponibles y en consecuencia un cargo en los costos que no son determinados.

***Problema:*** “El problema del área de Cracking Catalítico de Enap Refinería Aconcagua radica en el proceso de mantención, ya que éste genera tiempos muertos y aumento en el costo de los trabajos de mantención correctiva.

En la Figura 12.- se muestra un Diagrama Causa- Problema –Efecto

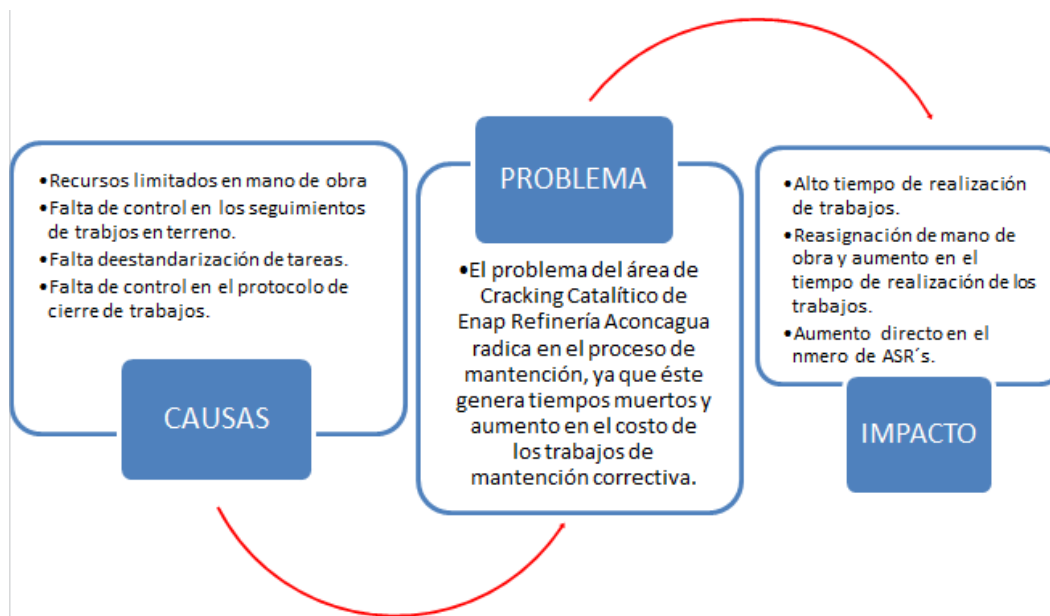


Figura 12 Diagrama Causa-Problema-Efecto

## 1.6 Metodologías aplicables para la resolución del problema.

A continuación se listan las distintas metodologías de mantenimiento posibles de aplicar al problema.

### 1.6.1 TPM: (mantenimiento productivo total)

.Nace en Japón gracias al esfuerzo del japan institute of plant maintenance ( JIPM), como sistema destinado a lograr la eliminación de las grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de hacer factible la producción “ just in time” la cual tiene como objetivo primordiales la eliminación sistemática de desperdicios.

Mejora la eficiencia global del equipo y resuelve los problemas relacionados con estos, incrementando el valor agregado de las personas aumentando de esta manera el índice de operación y los paros por equipos, aumenta la eficiencia atacando las seis perdidas, paros de tiempo de preparación, vacío y paros menores, disminución de velocidad, disminución de la producción en el arranque y defectos, alcanza mejoras continuas gracias a la estandarización y organización del área de trabajo. [<http://www.ceroaverias.com/encyclopedia/centroTPM/guiarapidatpm/index.htm>]

#### 1.6.1.1 Casos documentados de utilización de TPM en la industria.

Caso 1: implementación de la metodología TPM en fabrica productora de plásticos. [productivity LA, casos de éxito, industria de plástico, [info@productivity-la.com](mailto:info@productivity-la.com)]

Una empresa dedicada a la fabricación de plásticos, con problemas de inestabilidad en sus resultados y altos costos por problemas en el equipo, estaba considerando la posibilidad de reemplazarlo, con una inversión cercana a los \$850,000 USD. En su lugar, decidieron aplicar TPM con una inversión del orden del 10% de ese valor y en el lapso de un año, lograron incrementar su productividad en un 36%, redujeron sus costos en 20 % y mejoraron el cumplimiento en entregas a sus clientes.

Una de las principales líneas de producción de una empresa dedicada a la fabricación de plásticos, representaba un constante reto para poder cumplir con las entregas de pedidos a tiempo a sus clientes, como consecuencia de una serie de imprevistos en la operación.

La gente llegaba todos los días con la total incertidumbre de los resultados que podrían lograr en su jornada de trabajo. El equipo ya tenía bastantes años en operación y en opinión del Gerente de la Planta, sería necesario reemplazar el equipo por uno nuevo para poder garantizar los resultados.

El grave problema era que, para reemplazar el equipo, se requería una inversión cercana a los \$850,000 dólares y la situación financiera de la empresa no era de lo mejor en ese momento, de manera que decidieron buscar alguna otra opción.

El Director de Operaciones tenía poco tiempo en sus funciones y venía de la industria automotriz, de manera que estaba familiarizado con los conceptos de “Lean Manufacturing” y sugirió al equipo de la planta, la posibilidad de aplicar alguna técnica de mejora.

La implementación de TPM, debido a que la situación era realmente complicada y se pensaba que no había los suficientes recursos disponibles para llevar a cabo el proyecto de TPM. Se hizo un esfuerzo especial y un grupo de 25 personas de la planta fueron capacitadas en TPM.

Una vez concluido el evento de capacitación, se integró un equipo de TPM formado por cinco personas. Su primer proyecto fue el de hacer una medición del ETE (OEE) de acuerdo a como se establece en los criterios de TPM. Lo que encontraron fue sorprendente: Los indicadores de desempeño que generaba la planta, decían que la línea estaba operando en niveles promedio del 92%, en los últimos seis meses, pero el equipo de trabajo descubrió que su ETE era tan solo del 49%. El restante 43% estaba perdido en una serie de paros menores, trabajo en vacío, fallas tanto de operación como de mantenimiento, ajustes y cambios de producto no registrados, además de pérdidas de velocidad con respecto a la capacidad de diseño del equipo.

A partir de ahí, involucraron a los operadores de la línea en el cálculo del Eficiencia y el registro de la información sobre los problemas que se presentaban y sus posibles causas. Uno de los miembros del equipo de trabajo era responsable del análisis diario de la información y de coordinar todo el apoyo que requirieran los operadores y técnicos de mantenimiento. Se encontró que cada quien hacía su trabajo como mejor le parecía. No había procedimientos estandarizados y al cabo de un par de semanas, se determinó que era necesario aplicar la técnica de SMED (Single Minute of Exchange of Die) para reducir los tiempos de ajustes y cambios de producto, que eran el principal

concepto de tiempo muerto. Con esta información, se generó el segundo proyecto, para llevar a cabo un Evento Kaizen de SMED.

Dos semanas después, se llevó a cabo el evento Kaizen de SMED y se logró una reducción de más del 60% en el tiempo de cambio de producto. Con lo aprendido y las mejoras realizadas al método de trabajo, se desarrolló un plan para extender las mejoras a todos los demás cambios y ajustes de la línea. El proyecto se concluyó en un lapso de 3 meses y los tiempos muertos por cambio de producto pasaron del primer lugar al noveno. El tercer proyecto de mejora estaba relacionado con otra importante causa de pérdida: Velocidad de producción. El mal estado de la máquina y de los moldes, hacían que los ciclos fueran más largos y que los moldes no se emplearan a su máxima capacidad. Se estableció un programa enfocado de mantenimiento en aquellos elementos que influían directamente en la cantidad de piezas por hora, que se pudo llevar de menos del 82% que tenía, al 96% de la capacidad nominal en un tiempo aproximado de 4 meses.

El cuarto proyecto que se definió estaba relacionado con dar el mantenimiento correcto a los equipos críticos identificados a partir de la información diaria que generaban los operadores. Se estableció un programa enfocado de mantenimiento preventivo en los equipos, siguiendo un orden de prioridad, de acuerdo a su impacto en los tiempos muertos. A la fecha ha transcurrido más de un año y se ha cubierto un poco menos del 20% de los equipos totales de la línea, pero la tarea continuará hasta abarcarlos en su totalidad.

#### Ventajas:

Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo, logrando la identificación de cada trabajador con las metas de la empresa. El concepto está unido con la idea de mantenimiento autónomo, calidad total y mejora continua.

#### Desventajas:

Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, se requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un benéfico para todos, la inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. Su implementación es de 1 a 3 años. [<http://www.gestiopolis.com/mantenimiento-productivo-total-tpm/>]

#### **1.6.2. PM (mantenimiento productivo)**

Es la etapa previa de mantenimiento al TPM, esta etapa se caracteriza por la progresiva mentalización por la calidad y el consiguiente desarrollo de técnicas para el control y aseguramiento de la calidad. Este método surge en los años 60 en el seno de General Electric. Este concepto hacía referencia a que el objetivo del mantenimiento no es solo mantener los equipos sino mejorar la calidad mediante modificaciones de diseño que mejoren la fiabilidad y la mantenibilidad de los equipos, de esta manera PM engloba mantenimiento correctivo, preventivo y gestión de la calidad, permite además a la empresa calendarizar sus actividades de mantenimiento a lo largo del año.

#### Ventajas:

Optimiza la función física del mantenimiento resolviendo su problema periódico, reduce la mantención del equipo gracias a la calendarización de tareas de mantenimiento para reducir fallas, hace énfasis en la revisión periódica del equipo y una cultura en la prevención, monitorea fallas mediante la vigilancia periódica, implementación de 1 a 3 años.

Desventajas:

Muchas veces las órdenes de trabajo son omitidas por el propio proceso, pues la máquina no puede ser entregada a mantención por que el sistema de producción no lo permite, pues no debe estar ociosa, para alcanzar el programa de producción mensual.

**1.6.3. RCM: (mantenimiento basado en la confiabilidad)**

Es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas, tuvo su origen en la industria aeronáutica. El objetivo principal de RCM es reducir los costos de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas y evita acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias, Optimiza el intervalo requerido de mantenimiento y mejora la fiabilidad del equipo hace énfasis en el enfoque sistemático usando metodología apropiada mediante la filosofía de trabajar hasta fallar, programado preventivo, basado en condiciones, según las consecuencias de falla del sistema, emplea métodos proactivos. [fuente basada en <http://www.mantenimientopetroquimica.com/rcm.html>]

Ventajas:

Lenguaje técnico común sencillo y fácil de entender para los empleados que se vinculan al proceso de RCM, dejando muy en claro a los empleados involucrados lo que se puede y no se puede esperar de la aplicación del sistema. Logra el mejoramiento continuo, implementación de 3 a 6 meses.

Desventajas:

Dificulta en la elección de sistemas y funciones, dificulta la creación de un plan jerarquizado de implementación, problemas en la definición de frecuencias óptimas de mantenimiento, inspecciones, no trata los problemas de operación diaria, los esquemas de reuniones cortas semanales y grupos de trabajo completos son muy difíciles de implementar.

**1.6.4.ECM (mantenimiento basada en la eficiencia)**

Dirige los aspectos programáticos técnicos del mantenimiento mejora las respuestas con pocos recursos hace énfasis en la disponibilidad de procesos mejorados capaces de manufacturar productos de calidad o servicios sin interrupción logra el mejoramiento continuo utilizando metodología TPM y RCM, implementación de 3 a 6 meses.

El propósito de éste ítem es identificar, definir, analizar y seleccionar las metodologías adecuadas para abordar los objetivos planteados.

El procedimiento inicia con un análisis para identificar cómo otras empresas han resuelto el mismo problema o similar, con qué herramientas han trabajado y cuáles han sido los resultados de la implementación. Sólo así se obtendrá un enfoque desde el punto de vista práctico, permitiendo situarse e identificar las actuales estrategias para la solución de problemas relacionados. Luego, se efectuará un análisis teórico de metodologías, haciendo consultas bibliográficas, en artículos y sitios en internet. El procedimiento consistirá en identificar, clasificar, seleccionar, definir, analizar los pros y contras de cada una de las metodologías aplicables, y finalmente hacer un análisis para seleccionar la adecuada en aquellas que se planteen más de una posibilidad.

En la tabla 7 se muestra las ponderaciones para la elección de la metodología a utilizar para el desarrollo del presente trabajo.

Tabla 7.- Elección de metodología para Aplicar solución al problema.

COMPARATIVO PARA METODOS DE MANTENIMIENTO						
	CRITERIO	PESO	RCM	TPM	PM	ECM
1	Reducción del costo de mantenimiento	22%	7	8	6	7
2	Productividad del equipo de trabajo	25%	4	9	4	5
3	Eficiencia global del equipo	22%	5	9	6	6
4	Mejoramiento continuo	15%	5	7	5	8
5	Implementación	15%	7	5	5	7
PONDERACION			5,44	7,79	5,14	6,36

“Fuente; métodos de mantenimiento, elaboración propia basado en TPM,RCM,PM

Se concluye en base a la problemática de Enap Aconcagua, que la mejor metodología para lograr solución es ahondar en el saber hacer de sus trabajadores, aprovechando el conocimiento que estos poseen y potenciando sus habilidades técnicas, a fin de permitir un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, según las metodologías expuestas más atrás, el mejor método que se adapta a esa problemática es el TPM ( mantenimiento productivo total), debido a ser un método que se enfoca mejor a la

estandarización de tareas e involucra a más actores que los otros métodos conocidos, fijándose en el que hacer de las personas y la cultura empresarial.

A continuación se enuncian el objetivo general y los objetivos específicos para el desarrollo del presente trabajo.

#### **1.6.5. Objetivo general**

Proponer mejoras al proceso de mantención de cracking catalítico de Enap Refinería Aconcagua, en el periodo 2014-2017, utilizando el método TPM en tres de sus dimensiones, que en su implementación permitiría la disminución del tiempo y el costo por conceptos de mantención correctiva.

#### **1.6.6. Objetivos específicos.**

- Diagnosticar la situación actual del proceso de mantención, para la identificación del problema.
- Identificar causas e impactos para definir propuestas de mejora.
- Proponer mediante TPM mejoras al proceso de mantención, referidas a mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo y capacitación.

#### **1.6.7. Resultados esperados**

Con el presente trabajo se pretende proponer un cambio en el proceso de mantención basado en tres de las dimensiones de TPM (Mejoras enfocadas, Mantenimiento Autónomo, Capacitación), los cuales permitirían una mejora de los procesos que intervienen en la realización de la mantención en el área de cracking catalítico de ENAP refinería Aconcagua, interviniendo en el control, la gestión de tiempo y recursos en dichas actividades, lo que implicaría una rebaja en los costos asociados a dichas tareas.

#### **1.6.8 Limitaciones**

En este trabajo de título se plantea la utilización de la metodología TPM, como base para una propuesta de mejora, cabe señalar que por los procesos involucrados y el alcance que podría tener este trabajo en su aplicación, éste se desarrolló solo en tres de sus dimensiones por el hecho de que la metodología completa requiere de involucramiento de más estamentos, lo cual está fuera del alcance de este planteamiento.

Como segunda limitación está que sólo se trata de un planteamiento de una propuesta, por lo cual queda abierta la posibilidad de un trabajo futuro que considere la implementación de este trabajo.

Como última y tercera limitación por el hecho de ser una empresa catalogada como estratégica para el desarrollo energético del país la información vertida en este trabajo como lo son Manuales de plantas, SAP, gráficas y algunos otros datos internos, tiene carácter confidencial por tanto no pueden ser mostradas ni anexadas a ningún tipo de documento escrito, esto para evitar todo tipo de conflicto de interés, es por eso que la información es desarrollada y filtrada antes de vertirla en este documento.

## CAPÍTULO 2: Metodología

### 2.1 DIAGRAMA DE PARETO:

Herramienta gráfica que sirve para clasificar causas, desde las más significativas hasta las menos significativas, se basa en el principio de Pareto, definido primero por J.M Duran, este principio surge que el 80% de los efectos surge del 20% de las posibles causas. El diagrama de Pareto es una de las siete herramientas básicas de solución de problemas. [fuente: <http://www.apsoluti.com/direccionindustrial/di/enciclopedia/index.html>].

El principio de Pareto permite utilizar herramientas de gestión, como el Diagrama de Pareto, que se usa ampliamente en temas de control de calidad (el 80% de los defectos radican en el 20% de los procesos). El Diagrama de Pareto es una técnica gráfica que clasifica los elementos desde el más frecuente hasta el menos frecuente. Algunas de las aplicaciones de este diagrama son:

- 1- Exhibir visualmente en orden de importancia, la contribución de cada elemento en el efecto total.
- 2- Clasificar las oportunidades de mejoramiento.

Así, de forma relativamente sencilla, aparecen los distintos elementos que participan en un fallo y se pueden identificar los problemas realmente relevantes, que acarrearán el mayor porcentaje de errores.

En la figura 13 se detalla el ejemplo gráfico del diagrama de Pareto.

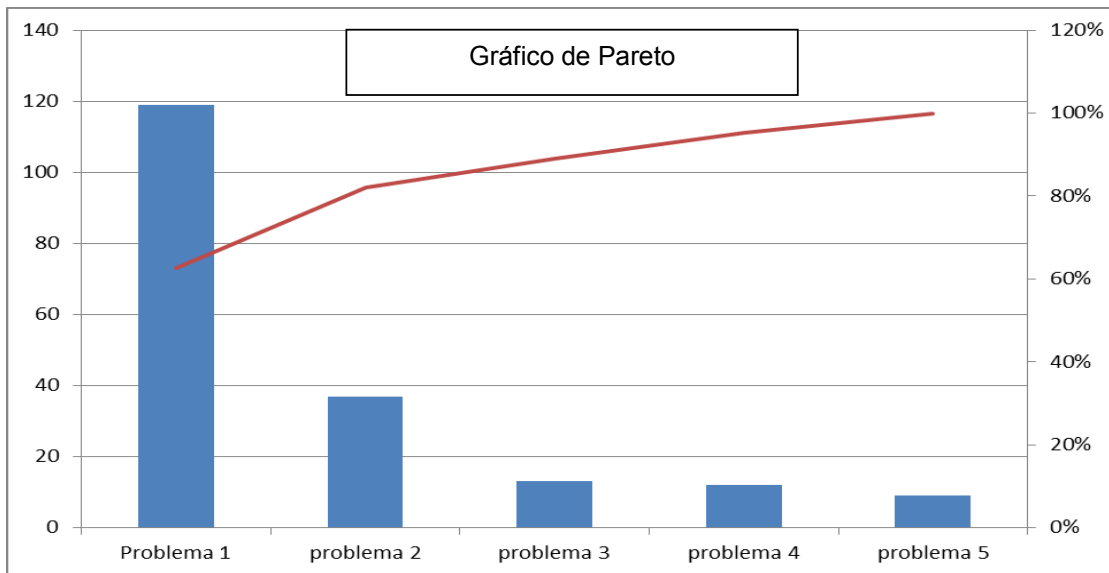


Figura 13. Ejemplo de Diagrama de Pareto  
Fuente Elaboración propia en base a [www.apsoluti.com](http://www.apsoluti.com)

## 2.2 FODA

La técnica FODA se orienta principalmente al análisis y resolución de problemas y se lleva a cabo para identificar y analizar las Fortalezas y Debilidades de la organización, así como las Oportunidades (aprovechadas y no aprovechadas) y Amenazas reveladas por la información obtenida del contexto externo.

Las Fortalezas y Debilidades se refieren a la organización y sus productos, mientras que las Oportunidades y Amenazas son factores externos sobre los cuales la organización no tiene control alguno. Por tanto, deben analizarse las condiciones del FODA Institucional en el siguiente orden: 1) Fortalezas; 2) Oportunidades; 3) Amenazas; y 4) Debilidades. Al detectar primero las amenazas que las debilidades, la organización tendrá que poner atención a las primeras y desarrollar las estrategias convenientes para contrarrestarlas, y con ello, ir disminuyendo el impacto de las debilidades. Al tener conciencia de las amenazas, la organización aprovechará de una manera más integral tanto sus fortalezas como sus oportunidades. Las Fortalezas y Debilidades incluyen entre otros, los puntos fuertes y débiles de la organización y de sus productos, dado que éstos determinarán qué tanto éxito tendremos poniendo en marcha nuestro plan. Algunas de las oportunidades y amenazas se desarrollarán con base en las fortalezas y debilidades de la organización y sus productos, pero la mayoría se derivarán del ambiente del mercado y de la competencia tanto presente como futura. El FODA como técnica de planeación, permitirá contar con información valiosa proveniente de personas involucradas con la administración del negocio y que con su know how pueden aportar ideas inestimables para el futuro organizacional. Es necesario señalar que la intuición y la creatividad de los involucrados es parte fundamental del proceso de análisis ya que para los que una determinada situación parece ser una oportunidad, para otros puede pasar desapercibida; del mismo modo esto puede suceder para las amenazas, fortalezas y debilidades que sean examinadas. La técnica requiere del análisis de los diferentes elementos que forman parte del funcionamiento interno de la organización y que puedan tener implicaciones en su desarrollo, como pueden ser los tipos de productos o servicios que ofrece la organización, determinando en cuáles se tiene ventaja comparativa con relación a otros proveedores, ya sea debido a las técnicas desarrolladas, calidad, cobertura, costos, reconocimiento por parte de los clientes, etc.; la capacidad gerencial con relación a la función de dirección y liderazgo; así como los puntos fuertes y débiles de la organización en las áreas administrativas. Los ítems pueden incrementarse de acuerdo a las percepciones que se tengan del entorno organizacional por parte de quienes realicen el diagnóstico. El análisis FODA, emplea los principales puntos del estudio del contexto e identifica aquellos que ofrecen oportunidades y los que representan amenazas u obstáculos para su operación. Por ejemplo, si la población no está satisfecha, esto representa una oportunidad al no haber explotado en su totalidad el potencial de los productos y mercados corrientes. Si el análisis del contexto identifica un nuevo producto como necesario, esta sería otra oportunidad. En cambio, si el producto ya llegó a su maduración, esto significa una amenaza para la supervivencia que debe tenerse en cuenta durante el proceso de planeación. [Teresa García López, Milagro cano López, la Técnica FODA, 2014]. En la figura 14 se muestra como se debe completar la tabla de análisis.

	Positivos	Negativos
Factores Externos	Fortalezas (basadas en el ámbito de la empresa)	Debilidades (oportunidad de mejoras )
factores Internos	Oportunidades (mejoras en procesos)	Amenazas (procesos internos)

Figura.14 Esquema de análisis FODA

Fuente: elaboración propia

## 2.3 TPM

### 2.3.1 historia del TPM (mantenimiento productivo total)

El origen del término ,Mantenimiento productivo total (TPM) ha sido fuente de una larga discusión, algunas fuentes citan de que este fue iniciado por las empresas manufactureras americanas hace más de 40 años, otras aseguran que fue en la fábrica de partes eléctricas japonesa NIPPODENSO a principio de los años 60 . Lo cierto que un alto funcionario del instituto japonés de mantenimiento de planta (JIPM), recibe el crédito por haber definido los conceptos del TPM y su implementación en las plantas de Japón. Seiichi Nakajima.

Este concepto o forma de hacer se intensifico después de la segunda guerra mundial, para que empresas japonesas pudiesen ser competitivas a nivel mundial, incorporando técnicas de gestión americanas y adaptándolas a las plantas japonesas. El TPM se desarrolla en los años 70 y se posiciona después del mantenimiento preventivo y productivo. Este método reconoce la importancia de fiabilidad ,mantenimiento y eficiencia económica y aplica la división del trabajo entre personal de mantenimiento y producción.

En Japón el TPM forma parte esencial en el sistema de producción TOYOTA. Donde el despilfarro no tiene cabida, [Fuente, [www.plant-maintenance.com/articles/tpm](http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm)].

El mantenimiento productivo total, es también considerado como una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias en los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar a una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora en los tiempos de respuestas, fiabilidad de los suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

El **JIPM** (Japan Institute of plan maintenace) define al TPM como un sistema orientado a lograr:

- Cero accidentes
- Cerio defectos

- Cero perdidas

“Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de la empresa excelente. No solo deben participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa. La obtención de las “Cero perdidas” se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa”. [Fuente, [www.plant-maintenance.com/articles/tpm](http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm)]

### 2.3.2 Objetivos del TPM

Ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta.

El TPM, hoy llamado Total Productive Management, es cada vez más popular en el mundo y, especialmente, en los países de América Latina. Creemos que esto se debe al hecho de que más y más empresas toman conciencia de que usar TPM puede producir resultados asombrosos. Estamos hablando de duplicar la productividad y/o reducir costos en un 30% o más.

El TPM es un método de gestión empresarial que identifica y elimina las pérdidas de los procesos, maximiza la utilización de los activos y garantiza la creación de productos y servicios de alta calidad y a costos competitivos. Es un modelo completo de dirección industrial. No se trata de acciones simples de limpieza, gestionar automáticamente la información de mantenimiento o aplicar una serie de técnicas de análisis de problemas. El TPM es una estructura de management industrial que involucra sistemas de dirección, cultura de empresa, arquitectura organizativa y dirección del talento humano.

Para ello reeduca a las personas para orientarlas hacia la prevención y la mejora continua, aumentando así la capacidad de los procesos sin inversiones adicionales.

“Actúa también en la cadena de valor, reduciendo el tiempo de respuesta y satisfaciendo a los clientes con lo cual fortalece a la empresa en el mercado”. [Edward Hartmann, “Como instalar con éxito TPM”, 1992]

Para tener una mejor perspectiva del significado del TPM hay que entender que éste se sustenta en 8 pilares, que a su vez se sustentan sobre la gente.

En esencia los objetivos de TPM son:

1. Máxima la eficacia del equipo
2. Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo
3. Involucrar a todos los departamentos que planean diseñan y usan o mantienen los equipos
4. Involucrar activamente a los empleados

### 5. Promover el TPM a través de la motivación

“El entorno de las empresas se hace cada vez más difícil y por lo tanto se debe eliminar todo tipo de desperdicios”. [www.ceroaverias.com/centroTPM/historia deltpm.Htm]. En la figura 15 se muestra una representación gráfica de los componentes de TPM (pilares).

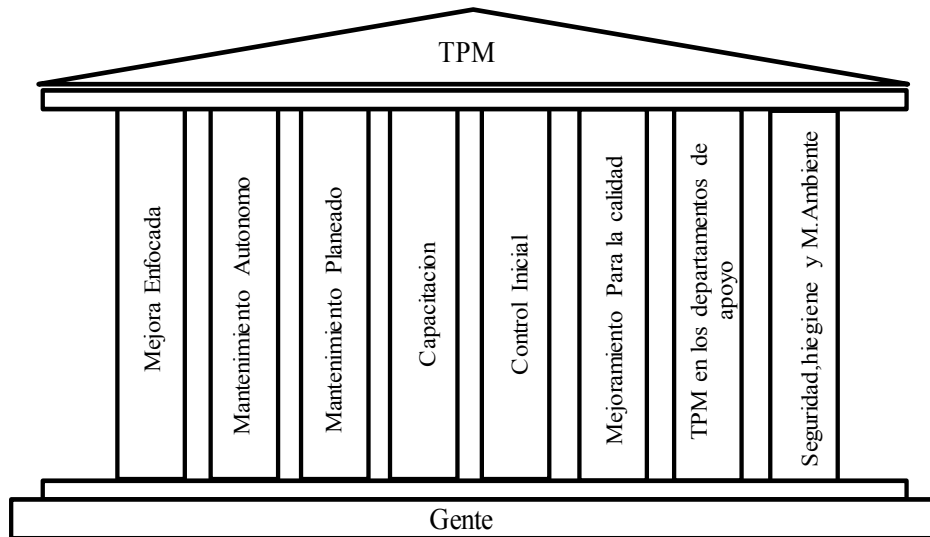


Figura 15.-Pilares de TPM (mantenimiento productivo total)  
Fuente; Edward Hartmann, “Como instalar con éxito TPM”,1992

A. La Mejora Focalizada tiene como objetivo: Eliminar sistemáticamente las grandes pérdidas ocasionadas por el proceso productivo, a graves de los siguientes puntos:

- i. Elimina radicalmente causas de perdidas crónicas
- ii. Mejora el conocimiento de los procesos mediante el análisis y solución de problemas en forma continua.
- iii. Involucra a todo el personal en acciones individuales y grupales.
- iv. Mejora la eficiencia del trabajo humano.

Para realizar estos análisis los directivos deben utilizar herramientas de administración como los son el análisis de causa raíz, método PM, o simplemente por observación de algún proceso.

### 2.3.3 Factores clave de los métodos:

- i. Contar con datos y hechos
- ii. Estratificar la información
- iii. Identificar claramente el fenómeno de estudio
- iv. Aplicar herramientas
- v. Evitar la repetición del problema
- vi. Emplear el dialogo como método de trabajo.

Fuente: [<http://www.ceroaverias.com/encyclopedia/centroTPM/articulospublicados/PDF>]

- B. La idea del mantenimiento autónomo es que cada operario sepa diagnosticar y prevenir las fallas eventuales de su equipo y de este modo prolongar la vida útil del mismo.

Respecto a este punto se dice que el mantenimiento autónomo es una herramienta más que sirve para intervenir la organización, lo que significa que va ligado a su cultura y sus creencias en cómo hacer las cosas y su forma de actuar, se ha encontrado en empresas que utilizan en forma permanente formas avanzadas de mantenimiento autónomo tres etapas de desarrollo en la organización:

1. Mejora en la efectividad de los equipos, las cuales están dirigidas a eliminar pérdidas.

2. Mejora en las capacidades y las habilidades personales para realizar intervenciones superiores, con esto se crea un sentido de compromiso del trabajador para mantener niveles de eficiencia sobresalientes en el sistema productivo.

3. Mejora en el funcionamiento de la organización se crea una visión del trabajo autónomo donde los ciclos de reflexión y aprendizaje se aplican a la mejora de toda la empresa.

Estas etapas tienen propósitos diferentes pero el principio es uno solo: la empresa observada como una organización que aprende. Una organización se transforma en la medida en que adquiere más conocimiento y este se aplica en la mejora de los procesos. El mantenimiento autónomo tiene como propósito que en las áreas operativas se realicen acciones de aprendizaje a partir de la observación y análisis permanente del proceso productivo. El sistema de trabajo de mantenimiento autónomo utiliza procesos de creación, transferencia y utilización del conocimiento, producido durante el trabajo operativo, el cual se traduce en acciones de mejora del sistema productivo. [Fuente: Álvarez, Humberto. Manual para coordinadores TPM, Ed. ASM Ltda. 1996]

### **2.3.4 Factores clave para el desarrollo del mantenimiento autónomo**

Los factores clave para lograr crear una verdadera cultura de trabajo autónomo son entre otros:

- Identificar e involucrar a las personas clave que pueden potenciar el proceso
- Modelo de formación continúa
- Práctica del conocimiento adquirido
- Asignación de responsabilidades individuales
- Organización que respalde el proceso de cambio
- Un fuerte liderazgo de los diferentes niveles de dirección
- Participación efectiva del personal para lograr los objetivos

La cultura o “la forma como realizamos las actividades” es potenciada por una serie de factores de comportamiento instintivo y la parte más profunda de esto, es la forma como el cerebro toma decisiones. Los rasgos de una cultura de mantenimiento autónomo son:

- Responsabilidad individual
- Participación
- Sentido de cooperación con los compañeros
- Sensibilidad por las pérdidas
- Curiosidad y capacidad de observación
- Diálogo y conversación como una forma de trabajo
- Disciplina y respeto por los estándares y normas
- Sensibilidad ante actos inseguros
- Sentido de urgencia por aprender
- Importancia del valor de la información
- Ver la utilidad de técnicas y metodología de trabajo

Lo importante en un proceso de transformación de la cultura de una fábrica, consiste en identificar los promotores o impulsores de la cultura. [Fuente: Álvarez, Humberto: Manual para Coordinadores TPM, ASM Ltda.1996]

A. El Control Inicial reduce el deterioro de los equipos actuales y mejora los costos de su mantenimiento, este control nace después de ya implantado el sistema cuando se adquieren nueva maquinaria y equipo. Los nuevos equipos necesitan ser:

- Fáciles de operar.
- Fáciles de limpiar.
- Fáciles de mantener y confiables.
- Tener un rápido tiempo de puesta a punto.
- Operar al más bajo costo de su ciclo de vida.”

C. El Mantenimiento Planeado: es un conjunto de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente el proceso. Para alcanzar el ciclo de vida natural de los elementos de un equipo, el operario debe de realizar las actividades básicas de mantenimiento, las cuales son:

- Operación correcta.
- Correcta puesta a punto.
- Limpieza.
- Lubricación.
- Retroalimentación y reparaciones de fallas menores.

D. La Capacitación busca aumentar las capacidades y habilidades de los empleados, aquí se define lo que hace cada cual y se realiza mejor cuando los que instruyen sobre lo que se hace y cómo se hace son la misma gente de la empresa, sólo hay que buscar asesoría externa cuando las circunstancias lo requieran.

Los componentes principales de la capacitación son:

- Capacitación liviana: cómo trabajar como un equipo, capacitación diversa y desarrollo de las habilidades en comunicación.
- Capacitación técnica: actualización en resolución de problemas y en todo lo relacionado con los equipos.

E. El Mejoramiento para la Calidad consiste en tomar acciones preventivas para obtener un proceso y equipo cero defectos. La meta aquí es ofrecer un producto cero defectos como efecto de una máquina cero paradas y esto último sólo se logra con la continua búsqueda de una mejora y optimización del equipo.

F. TPM en los departamentos de apoyo: El TPM es aplicable a todos los departamentos: en finanzas, en compras, en almacén, etc.; para ello es importante que cada uno haga su trabajo a tiempo.

Por ejemplo, las actividades de mantenimiento deben estar ligadas a las actividades de producción por las llamadas órdenes de mantenimiento, ya que las primeras

suponen en muchos casos paradas en el proceso productivo y a la larga producen retrasos en las entregas, las cuales han sido planificadas dentro del departamento de ventas.

- G. Seguridad, Higiene y Medio Ambiente: lo importante es buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro, muchas veces ocurre que la contaminación en el ambiente de trabajo es producto del mal funcionamiento del equipo, así como muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y herramientas en el área de trabajo. [fuente: [www.ceroaverias.com/enciclopedy/tpm](http://www.ceroaverias.com/enciclopedy/tpm)]

En síntesis un buen programa de TPM debiera contar con cinco pasos que sean sostenibles en el tiempo, estos son enumerados así:

1. Estudio del funcionamiento de los actuales trabajos y estandarización de estos.
2. Búsqueda de áreas problemáticas y oportunidades de mejora.
3. Solución de los problemas y desarrollo de nuevos sistemas de trabajo TPM.
4. Implementar los nuevos métodos.
5. Si los nuevos métodos son satisfactorios, desarrollar un nuevo estándar y continuar con el ciclo desde el segundo punto.

Ventajas:

Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo. El concepto está unido con la idea de mantenimiento autónomo, calidad total y mejora continua.

Desventajas:

*“Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito, no puede ser introducido por imposición, se requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos, la inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. Su implementación es de 1 a 3 años. Esto implica que no se tendrán resultados a corto plazo por tratarse de una adaptación a todo un sistema cultural y que tienen una serie de pasos y parámetros por cumplir, además que no es una aplicación de herramientas sueltas es un proceso sistémico y es necesario el apoyo gerencial para su implementación con total propiedad, no solo con el presupuesto si no también con el ejemplo y la participación, el éxito de este proceso parte con el factor humano de la empresa el cual debe ser considerado con factor y no como recurso”* [Fuentes, Gustavo. [Http://www.esinapsis.com.ar/mantenimiento.htm](http://www.esinapsis.com.ar/mantenimiento.htm)]

De acuerdo con las limitaciones planteadas para este trabajo, las cuales se detallan en el punto 1.6.8; se utilizarán en la Etapa 2, tres de los ocho pilares (dimensiones) del

método, en primera instancia mediante encuestas, estadísticas mostradas en el capítulo 1, se pretende obtener documentos tales como; matrices de riesgos, planillas operativas, y tarjeta de reporte TPM, como en el método no incluye el como se debe realizar cada una de las dimensiones, se utilizará los formatos que a continuación se muestran, en las figuras 16, 17, 18:

ACTIVIDAD	EQUIPO	RIESGOS	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	CAUSA	CONTROLES
Actividad a analizar	Equipo a analizar	Riesgos asociados	Probabilidad de la falla Baja/Media/Alta	Consecuencia de la falla	Causa de la falla	Listado de controles aplicables

Figura 16 Formato Matriz de riesgo

Lista de verificación equipos planta de XX Enap				
Equipo	Parte del equipo	Frecuencia	Tipo de intervención	Observaciones
EQUIPO A REVISAR	COMPONENTE A	PERIODICIDAD		
	COMPONENTE B	PERIODICIDAD		
	COMPONENTE C	PERIODICIDAD		

Figura 17 Formato planilla operativa

<b>ETIQUETA DE REPORTE TPM</b> <small>LOGO EMPRESA</small>
PLANTA A LA QUE PERTENECE EL EQUIPO EQUIPO EN EL QUE SE INSTALA TARJETA NIVEL DE CRITICIDAD OBSERVACIONES NOMBRE DEL INSTALADOR TURNO AL QUE PERTENECE FECHA DE INSTALACION PLAZO DE REPARACION SEGÚN NIVEL DE URGENCIA

Figura 18 Formato tarjeta reporte TPM

A su vez el listado de tareas estandarizables se utilizará el formato básico de una tabla como se muestra en la figura 19.

NOMBRE LISTADO	NOMBRE LISTADO

Figura 19 Formato básico tabla de contenidos word

Y en cuanto al procedimiento escrito, se utilizará formato ISO 9000 utilizado en Enap, según se muestra en la figura 20.

LOGO EMPRESA	NOMBRE PROCEDIMIENTO DE TRABAJO			
	Fecha de vigencia	Modificación N°	Procedimiento N°	Página

**PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**  
**NOMBRE PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

• NOMBRES DE ENCARGADOS

REVISIÓN FECHA

Revisión N°	Descripción de la Revisión					

Revisión N°	Preparó		Revisó		Aprobó	
	Fecha	Firma	Fecha	Firma	Fecha	Firma

Párrafo	Contenido	Página N°
1.	Objetivos	
2.	Alcance	
3.	Responsabilidades	
4.	Materiales / Equipos y Herramientas a utilizar	
5.	NOMBRE PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	
6.	Registros	

La utilización de este documento por otros, no está permitida, sin previo consentimiento por escrito de NOMBRE EMPRESA

1

LOGO EMPRESA	NOMBRE PROCEDIMIENTO DE TRABAJO			
	Fecha de vigencia	Modificación N°	Procedimiento N°	Página

**1.0.0.- OBJETIVO**

1.1.0.- Breve descripción del objetivo del procedimiento.

**2.0.0.- ALCANCE**

2.1.0.- Indicación de personal al que aplica el procedimiento.

**3.0.0.- RESPONSABILIDADES**

3.1.0.- Cargos responsables del procedimiento.

**4.0.0.- MATERIALES / EQUIPOS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR:**

4.1.0.- Todo material, maquinaria, equipo y/o herramientas necesarios para llevar a cabo el procedimiento

**5.0.0.- DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD**

5.1.0.- Paso a paso de la actividad

**6.0.0.- REGISTROS**

Identificación	Encargado de su custodia	Tiempo de retención
NOMBRE PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	Departamento a cargo	

La utilización de este documento por otros, no está permitida, sin previo consentimiento por escrito de NOMBRE EMPRESA

2

Figura 20 Formato ISO 9000 Enap

Con respecto a Capacitación (tercera dimensión a desarrollar) se utilizará el formato mostrado en la figura 21 para mostrar las mallas de capacitación que se crearán.

MALLA BÁSICA DE OPERADOR TERRENO									
DIVISIÓN CRACKING									
UNIDAD XX									
								Hrs.	Modulo
								Horas totales	XX
Carga horaria diaria									
HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA		HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA		HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA	HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA
HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA		HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA		HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA	HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA
HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA		HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA		HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA	HORAS ASIGNATU RA	NOMBRE ASIGNATU RA

Figura 21 Formato mallas de capacitación

## 2.4 Cuantificación y Costeo de actividades realizadas para la implementación de TPM y sus mejoras.

El estudio de la mano de obra es el costo de la retribución que los dependientes de una empresa perciben por su trabajo en la transformación de los materiales en su estado natural y/o procesado por otra entidad, en un producto terminado o en los departamentos de servicios, administración y ventas.

Al igual que los materiales, la mano de obra es también clasificada en directa e indirecta, en función a la producción. Corresponden al término directa, los costos del personal específicamente relacionado e identificable con la producción del bien o servicio en particular. Los demás costos de mano de obra se clasifican como indirectos. En una mueblería, los carpinteros y operadores de maquinaria que transforman la madera y otros elementos en muebles en sus diferentes etapas de producción, llámese preparado, armado y acabado del producto, constituyen la mano de obra directa, mientras que el personal de supervisión, control de calidad y otros, constituyen la mano de obra indirecta, por ser la función de éste personal más amplia y corresponder simultáneamente a varios departamentos o productos, sin poder identificarse con cada uno en particular, y menos aún con la unidad específica de cada producto.

El costo de la mano de obra, está formado fundamentalmente por dos grandes rubros, el primero que corresponde a la planilla de sueldos y salarios, que es pagada periódicamente al empleado u obrero. El segundo rubro corresponde a las incidencias sociales o cargas sociales y costos adicionales que significa el personal de la empresa, tales

como remuneraciones adicionales por navidad, primas de producción, vacaciones, aportes a los sistemas de seguridad social, provisiones para indemnizaciones etc., que son un incremento en el costo de la mano de obra, aunque algunos de ellos no sean percibidos en términos de dinero en la gestión.

El costo de la mano de obra directa se define como salario directo que está directamente involucrado en la producción de un determinado artículo, lo cual puede ser cuantificable en el producto y represente un costo directo importante en la transformación del material. Dicho de otra manera, que las remuneraciones de los trabajadores de una línea de ensamble en una fábrica de automóviles o de los operadores de una máquina tejedora en una fábrica de tejidos de tela o chompas, constituye ejemplos del “costo del trabajo” “mano de obra directa”.

El costo de mano de obra directa se considera como un “costo directo” (costo primo) y como “costo de conversión” o de “transformación”, o sea como segundo elemento del costo de producción.

El costo de mano de obra se debe estimar realizando un estudio del tiempo necesario para llevar a cabo una tarea y movimiento en las diversas operaciones. Se establecen luego las tarifas estándar de mano de obra y se multiplica por el valor estándar de cada persona involucrada en el sistema. [Fuente: Dearden, John, Sistema de contabilidad de costos y control Financiero, pag.30, Ed.grigelmo S.A, 1976, españa]

A continuación se muestran las fórmulas utilizadas para la determinación de cada costo asociado a los análisis del presente trabajo

- A. Determinación del costo de trabajos por unidad de proceso: estos son los costos asociados a los trabajos realizados por personal de las empresas colaboradoras y se suma además las horas trabajadas por personal ERA, en las distintas unidades de proceso.

$$C(up) = Ne \times NHr \times Vp \quad (1)$$

Donde (1):

$C(up)$ : costo de trabajos por unidad de proceso

$Ne$ : Número de trabajadores ejecutantes

$NHr$ : número de Horas trabajadas

$Vp$ : Valor promedio de hora

- B. Determinación del % de distribución de costos por unidad de procesos: este porcentaje representa la distribución de los costos por unidad de proceso.

$$\%Dc = \frac{C(up)}{\sum C(up)} \quad (2)$$

Donde(2):

$C(up)$ : costo de trabajos por unidad de proceso

$\sum C(up)$ : Sumatoria de costo unidades de procesos

- C. Costos de capacitación TPM (por estamento): Estos costos son los calculados para la primera fase de la capacitación por estamento que deberá cursar el personal involucrado en las mejoras de mantenimiento.

$$Cc(tpm) = Np \times Nj \times Hrs \times Cap + Cut \quad (3)$$

Donde(3):

$Cc(tpm)$ : costo capacitación tpm

$Np$ : Números de personas

$Nj$ : Número de jornadas realizadas

$Hrs$ : horas de capacitación

$Cap$ : costo unitario hora de capacitación

$Cut$ : costo de útiles

- D. Costo de horas invertidas en ASR: valor de la realización de las ASR.

$$CHrsAsr = Nhrs \times Npi \times Vhr \quad (4)$$

Donde(4):

$CHrsAsr$ : costo de las horas invertidas en ASR

$Npi$ : número de personas involucradas en los ASR

$Vhr$ : valor Hora del personal

- E. Costeo de Análisis sistemáticos de riesgos: analiza el costo por ASR, realizado por personal contratista más el personal ERA que participa en la ejecución de dichos ASR, involucra además el tiempo necesario para dicho análisis.

$$CosttASR = Chrs \times NAsr \quad (5)$$

Donde(5):

$CosttASR$ : costo por tipo de ASR

*Chrs*: costos de las horas invertidas por ASr

*NAsr*: número de ASR realizadas

Costeo tramitación de permisos: Analiza el costo por tramitación de permisos, realizado por personal contratista y supervisores ERA

$$CTP = 2N_t \times 30 \text{ (6)}$$

Donde(6):

*Ctp*: costo por tramitación de permisos

*Nt*: número de tareas

## 2.5 Heramientas complementarias

Adicionalmente a las herramientas antes descritas se utilizará otras herramientas complementarias que se listan a continuación:

- Encuesta a expertos
- Revisiones bibliográficas.
- Normativas; API750, DS 78
- Herramientas internas Enap; PTW (permiso escrito de trabajo), ASR (análisis sistemático de riesgos)

En la figura 22 se muestra un diagrama de flujo de las actividades a realizar mediante el método TPM para la consecución de los objetivos planteados y la obtención de la documentación allí mencionada.

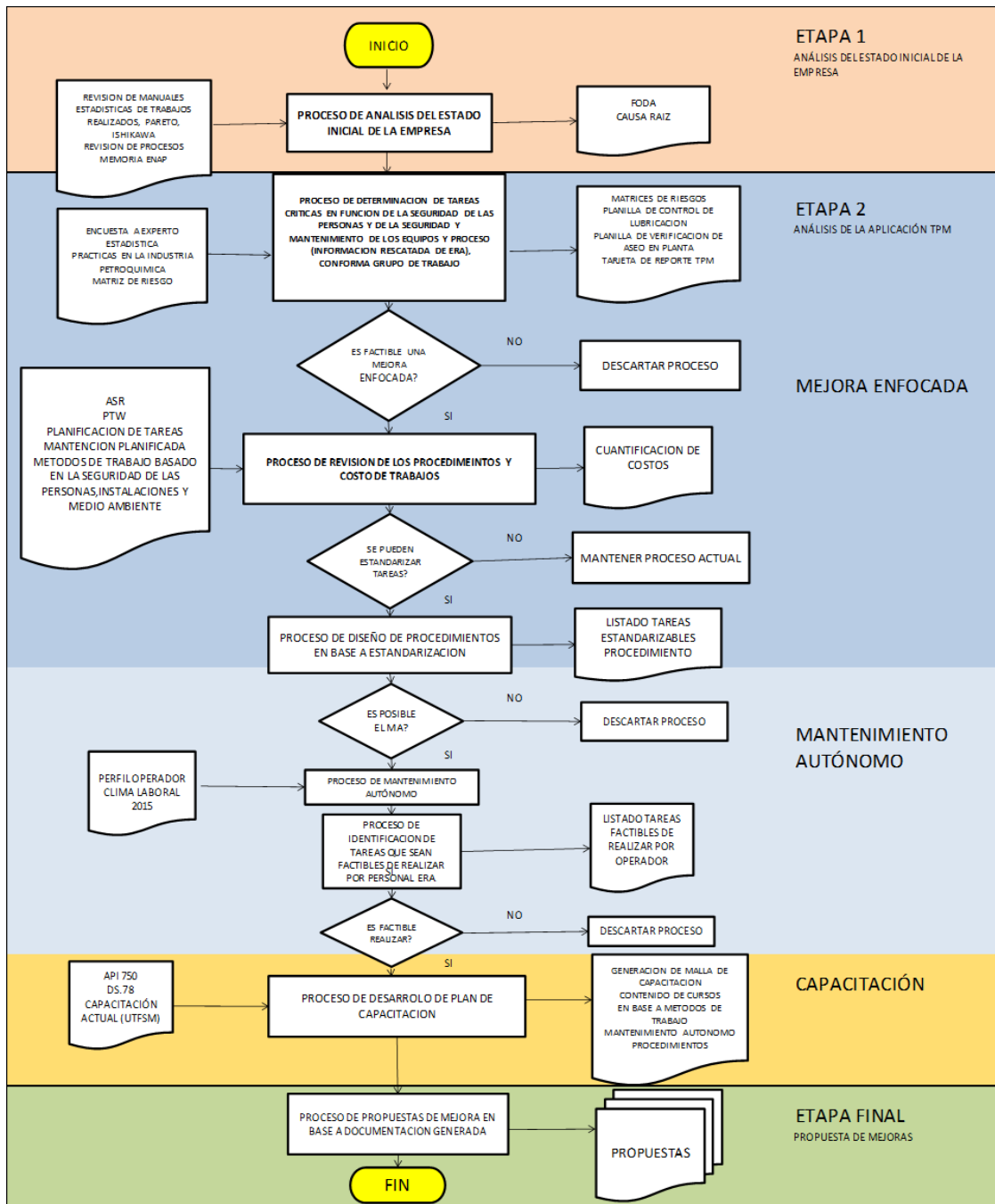


Figura 22: Diagrama de flujo metodología a desarrollar, elaboración propia en base a TPM

### **CAPÍTULO 3 : Desarrollo de la metodología.**

A continuación se procederá al desarrollo de la metodología descrita en el capítulo anterior. Para este propósito, el desarrollo se divide en dos etapas; como primera etapa se realiza el análisis del estado inicial de la empresa y como segunda etapa el análisis de la aplicación de TPM.

#### **3.1. Etapa 1: Análisis del estado inicial de la empresa.**

En este punto se analizará el estado inicial de la empresa, como punto de partida para la propuesta de mejoras que se pretende entregar, para esto se utilizará; revisión de manuales internos de operación para la obtención de datos técnicos de los equipos de cada unidad así como también la revisión de procedimientos de mantenimiento para la obtención de datos de ciclos de mantenimiento, estadísticas de trabajos de mantenimiento, revisión de los procesos, y un análisis FODA.

##### **3.1.1. Revisión de manuales.**

Con esta revisión se podrá explicar cada proceso productivo del área de Cracking Catalítico y dar una breve introducción de los mismos, para familiarizar al lector con el proceso donde se enfoca el presente trabajo ,así también entrega la cantidad de equipos rotativos presente en cada unidad de estudio, la cantidad de equipos y la mantención a la que se debe someter . Los manuales de operación internos consultados fueron:

- Cracking
- Alquilación
- Isomerización
- Plata de ácido
- Tres plantas URA 2

##### **3.1.2. Estadísticas de trabajos de mantención.**

En base a sistema SAP ERA se pudo obtener una estadística de los trabajos de mantención realizados en los meses de Julio y Agosto del 2015, se pudo realizar a través de la técnica de Pareto la clasificación de los trabajos realizados, como los no realizados, y éstos a su vez sub clasificarlos en las razones por la cual no fueron realizados adicional a la técnica de Pareto se realiza también un diagrama de Ishikawa para determinar causa Raíz del desperdicio y reasignación de mano de obra, cabe señalar que esta sub clasificación se realizó con la cooperación de los trabajadores involucrados en el proceso mismo, es decir tanto supervisores de mantención como operadores de procesos, las sub clasificaciones obtenidas fueron:

- Protocolo
- No cerrado
- Falta de dotación
- ASR
- Proceso de plantas
- Apoyo de operaciones
- Falta de repuesto

- Programación
- Emergencia

Con la información de SAP ERA se obtuvo un total de 1523 permisos de trabajo, equivalente al total de trabajos de mantención, para ese período. De este listado de trabajos se filtró la información para la obtención de los trabajos realizados así como los no realizados, con lo cual se obtuvo un total de 348 trabajos no realizados, equivalentes a un 22,85% aproximadamente. Gracias a la técnica de Pareto, se obtuvo que el 80% de los motivos por no realización de trabajo son:

- Protocolo
- No cerrado
- Falta de dotación
- ASR

Con este análisis y el análisis de los procesos de mantención internos, los cuales consistieron básicamente en la elaboración de un diagrama de flujo de los procesos de gestión de los trabajos de mantención en la empresa (ver figura 7) se logró definir el problema de Cracking Catalítico de Enap Refinería Aconcagua y su proceso de mantención.

### **3.1.3. Análisis FODA.**

La realización del análisis FODA se realizó por un conjunto de expertos, constituido por supervisores de mantención, operaciones y operadores de proceso. Con la realización de este análisis es posible vislumbrar un par de características muy representativas y relevantes para la decisión de la metodología a utilizar para la propuesta, ya que se obtienen características tales como:

Fortalezas; compromiso de sus empleados con respecto a la empresa, y personal altamente calificado en la industria de los combustibles.

Luego de la determinación mediante los resultados obtenidos del análisis inicial, y las posibles metodologías aplicables, se obtuvo que la metodología aplicable más ajustada, en base la matriz de decisión empleada es TPM, con ciertas limitaciones identificadas en el capítulo 1. En la tabla 8 se muestra el análisis FODA obtenido.

Tabla 8: FODA, análisis inicial ERA

<b>Fortalezas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal altamente calificado en la industria de los combustibles.</li> <li>• Compromiso de sus empleados con respecto a la empresa.</li> <li>• Mejora continua a sus procesos de refinación.</li> <li>• Excelencia y calidad en sus productos.</li> </ul>
<b>Oportunidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploración de nuevos mercados energéticos (geotermia, electricidad, Gas natural).</li> <li>• Ingreso a la distribución de combustibles a la mediana industria.</li> <li>• Infraestructura logística importante en el centro del país.</li> <li>• Incrementar la utilización de sus instalaciones.</li> </ul>
<b>Debilidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto endeudamiento en el sistema financiero.</li> <li>• Dependencia a las fluctuaciones del mercado petrolero.</li> <li>• Contratos poco estables.</li> </ul>
<b>Amenazas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada de nuevos actores al mercado nacional.</li> <li>• Entorno cambiante (comunidades cada vez más exigentes y conscientes del medio ambiente).</li> <li>• Regulaciones ambientales.</li> </ul>

Fuente; elaboración propia, realizado por equipo de expertos, en base a encuesta a trabajadores “Clima Laboral 2015” y datos internos Enap.)

### 3.2. Etapa 2: Análisis de la aplicación de TPM.

La política estratégica de ERSA contempla la mejora permanente en sus procesos, la optimización del uso de sus activos y reducir a cero los accidentes dentro de la planta. De acuerdo a esta política y a los objetivos de este trabajo de investigación se estima que la aplicación de un plan de mejora enfocado en la filosofía TPM, brindará las herramientas necesarias para mejorar las actividades de mantenimiento y gestión de controles internos de seguridad. Se detallarán los tres pilares seleccionados para ser aplicados a la gestión de la empresa, definiendo los planes y acciones orientados a la mejora, en el sector donde está enfocado el presente trabajo.

Para la aplicación de TPM, en primera instancia se desarrolló el pilar “Mejora enfocada”, el cual se dividió en tres áreas; mejora en la seguridad de las personas, estandarización de tareas y costos, en primer lugar se determinaron las tareas críticas en función de la seguridad de las personas

Proceso de determinación de tareas críticas en función de la seguridad de las personas, para llevar a cabo este punto se recurrió a encuesta a expertos, mejores prácticas de la industria petroquímica y revisión de matrices de riesgo existentes, con estos datos de entrada fue posible mejorar y determinar la tareas críticas del operador insertas en las matrices de riesgos existentes, además fue generada la tarjeta de reporte TPM.

Luego se realizó el proceso de Revisión de procedimientos y costos de trabajos, en el costeo de trabajos se utilizó el costeo tradicional y se obtuvo datos tales económicos; mostrados en detalle en Anexo B.

Luego de la revisión de procedimientos se desarrolló el proceso de diseño de procedimientos en base a estandarización, esto se realizó en base a la obtención de tareas estandarizables, las cuales son desarrolladas en base a un análisis sistemático de riesgos (ASR) cada vez que la tarea deba ser realizada, con el gasto de tiempo y dinero que esto implica, valores mostrados en tabla 26 y 27.

Finalizando este punto se pudo elaborar un procedimiento escrito el cual corresponde a una de las tareas estandarizables mostradas en listado siguiente, y el procedimiento desarrollado es “Carguío de percloroetileno, el cual se detalla en Anexo C”.

- Carguío de Percloroetileno
- Trabajo en caliente
- Uso de aire en línea
- Trabajo en altura
- Izamiento de materiales
- Bloque y desbloqueo de equipos rotatorios
- Trabajos con instrumentación que contenga gases peligrosos

Como segundo pilar a desarrollar se eligió “Mantenimiento autónomo”, pilar fundamental de este sistema, y fundamentado en; fortalezas de FODA, encuesta de clima laboral Enap 2015, y encuesta a expertos desarrollada, tiene la mayor importancia de este trabajo, como principal tarea es el proceso de identificación de tareas realizables por el operador, el cual se detalla en la tabla 9.

Tabla.9.- Trabajos realizables por el operador

LISTADO DE TAREAS		
ITEM	TRABAJOS REALIZABLES POR OPERADORES	MANTENCION
1	Medicion de vibraciones Bombas y motores	preventiva
2	Revisión de trabajo termodinámico de trampas de vapor	preventiva
3	Mantenion y cambio de filtros de hasta 4"	preventiva
4	Cambio de empaquetaduras y pernos en pipping	preventiva
5	cambio de aceite en descanso de motores y bombas	preventiva
6	cambio de valvulas en proceso hasta 2"	preventiva
7	autorizacion y desautorizacion de motores	preventiva

Fuente; elaboración propia en base a encuesta exertos departamentos de producción y mantención ERA ,2015

Como tercer y último pilar a desarrollar se eligió “Capacitación”, el cual se desarrolla a partir del proceso de desarrollo de un plan de capacitación, basado básicamente en metodología actual de entrenamiento de operadores nuevos, realizado por Universidad Técnica Federico Santa María, apoyado por norma API 750, y tareas nuevas de mantenimiento básico para el operador sugeridas por TPM. Con el desarrollo de este pilar, y apoyado por el listado anterior, se pudo generar una malla de capacitación, y algunos temarios de cursos necesarios para el desempeño futuro del operador y sus “nuevas” funciones. Algunas nuevas funciones pueden ser:

- Correcta operación
- Correcta puesta a punto
- Limpieza y orden
- Lubricación
- Ajustes menores
- Retroalimentación y reparaciones de fallas menores

Como producto de este desarrollo se obtuvo mallas de capacitación mostradas a continuación en las figuras 23, 24, 25, 26 y 27, y algunos programas de ramos anexados en Anexo D y E.

MALLA BÁSICA DE OPERADOR TERRENO						Hrs.	Modulo
DIVISIÓN CRACKING							
UNIDAD CRACKING/SWS							
						894	
7,5							
30	Seguridad, Prevención riesgos, Salud, Medio Ambiente.	24	Conocimiento del proceso.	12	Catálisis y catalizadores.	408	Circuitos.
6	Conocimiento de los productos.	18	Condiciones de operación de la unidad.	6	Operación de válvulas.	24	Operación de bombas.
36	Operación de compresores.	36	Operación de torres.	12	Operación de hornos.	18	Operación de calderas.
24	Operación de reactores.	24	Operación del regenerador .	24	Operación de acumuladores.	18	Operación de intercambiadores.
6	Operación de filtros y coalescedores.	24	Operaciones eventuales y especiales.	27	Partida unidad cracking.	18	Parada unidad cracking.
36	Emergencias operativas.	12	Conocimientos de instrumentación	12	Rutinas de operación.	6	Operación de tanques

Figura 23.- Malla de capacitación Cracking Catalítico (Fuente; elaboración propia en base a proceso actual y API 750)

MALLA BÁSICA DE OPERADOR TERRENO						Hrs.	Modulo
DIVISIÓN CRACKING							
UNIDAD LPG2/E-908/F-925/Tks ácido							
						<b>420</b>	
<b>3,5</b>							
30	Seguridad, Prevención riesgos, Salud, Medio Ambiente.	24	Conocimiento de los procesos.	60	Conocimiento de los circuitos.	6	Conocimiento de los productos.
12	Condiciones de operación.	6	Operación de válvulas.	12	Operación de bombas.	12	Operación de torres.
18	Operación de acumuladores.	18	Operación de intercambiadores.	6	Operación de filtros y coalescedores.	24	Operaciones eventuales y especiales.
30	Partida.	30	Parada.	24	Emergencias operativas.	12	Conocimientos de instrumentación.
12	Rutinas de operación.	12	Operación de tanques.	6	Conocimiento del Proceso E-908	6	Condiciones de Operación E-908
9	Partida E-908.	9	Parada E-908.	12	Emergencias operativas E-908	12	Rutinas de operación E-908
3	Conocimiento del Proceso F-925.	3	Condiciones de Operación F-925.	6	Emergencias operativas F-925	6	Rutinas de operación F-925

Figura 24.- Malla básica LPG 2 (Fuente; elaboración propia en base a proceso actual y API 750)

MALLA BÁSICA DE OPERADOR TERRENO						Hrs	Modulo
DIVISIÓN CRACKING							
UNIDAD TRES PLANTAS						429	
3,575							
30	Seguridad, Prevención riesgos, Salud, Medio Ambiente.	24	Conocimiento de los procesos.	81	Conocimiento de los circuitos.	6	Conocimiento de los productos.
12	Condiciones de operación.	6	Operación de válvulas.	12	Operación de bombas.	6	Operación de compresores.
12	Operación de torres.	12	Operación de hornos.	18	Operación de calderas.	24	Operación de reactores.
18	Operación de acumuladores.	18	Operación de intercambiadores.	6	Operación de filtros y coalescedores.	12	Operación de tanques.
24	Operaciones eventuales y especiales.	30	Partida.	30	Parada.	24	Emergencias operativas.
12	Conocimientos de instrumentación.	12	Rutinas de operación.				

Figura 25.- Malla de capacitación URA 1, (Fuente; elaboración propia en base a proceso actual y API 750)

MALLA BÁSICA DE OPERADOR TERRENO DIVISIÓN CRACKING UNIDAD DIPE Y TANQUES DE ÁCIDO				Hrs.	Modulo		
				414			
<b>3,45</b>							
30	Seguridad, Prevención riesgos, Salud, Medio Ambiente.	18	Conocimiento de los procesos.	120	Conocimiento de los circuitos.	6	Conocimiento de los productos.
12	Condiciones de operación.	6	Operación de válvulas.	12	Operación de bombas.	24	Operación de torres.
24	Operación de reactores.	18	Operación de acumuladores.	18	Operación de intercambiadores.	6	Operación de filtros y coalescedores.
24	Operaciones eventuales y especiales.	18	Partida.	18	Parada.	24	Emergencias operativas.
12	Conocimientos de instrumentación.	12	Rutinas de operación.	12	Operación de tanques.		

Figura 26.- Malla de capacitación DIPE, (Fuente; elaboración propia en base a proceso actual y API 750)

MALLA BÁSICA DE OPERADOR TERRENO						Hrs	Modulo
DIVISIÓN CRACKING							
UNIDAD TRES PLANTAS						429	
<b>3,575</b>							
30	Seguridad, Prevención riesgos, Salud, Medio Ambiente.	24	Conocimiento de los procesos.	81	Conocimiento de los circuitos.	6	Conocimiento de los productos.
12	Condiciones de operación.	6	Operación de válvulas.	12	Operación de bombas.	6	Operación de compresores.
12	Operación de torres.	12	Operación de hornos.	18	Operación de calderas.	24	Operación de reactores.
18	Operación de acumuladores.	18	Operación de intercambiadores.	6	Operación de filtros y coalescedores.	12	Operación de tanques.
24	Operaciones eventuales y especiales.	30	Partida.	30	Parada.	24	Emergencias operativas.
12	Conocimientos de instrumentación.	12	Rutinas de operación.				

Figura 27.-malla de capacitación Tres Plantas, (Fuente: elaboración propia en base a proceso actual y API 750)

La capacitación busca aumentar las capacidades y habilidades de los empleados, aquí se define lo que hace cada cual y se realiza mejor cuando los que instruyen sobre lo que se hace y cómo se hace son la misma gente de la empresa, sólo hay que buscar asesoría externa cuando las circunstancias lo requieran.

Los componentes principales de la capacitación son:

- Capacitación liviana: trabajo en equipo, resolución de conflictos, liderazgo, desarrollo de las habilidades en comunicación efectiva, etc.
- Capacitación técnica: pipping, lectura de planos, lubricación, instrumentación, análisis de vibraciones, alineamiento de bombas, funcionamiento de trampas de vapor, lecturas de equipos.
- Capacitación para la prevención: autocuidado, EPP, procedimientos operativos ambientales (POA), matrices de riesgos, etc.
- Capacitación en Seguridad, Higiene y Medio Ambiente: lo importante es buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro, muchas veces ocurre que la contaminación en el ambiente de trabajo es producto del mal funcionamiento del equipo, así como muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos, herramientas o faltas de procedimientos en el área de trabajo.

### **3.3 Criterios para la priorización de la mantención.**

Con el propósito de optimizar los recursos, minimizar los tiempo muertos de producción, además de prestar la debida atención a aquellos procesos críticos y de alto potencial de riesgo para la operación segura y la continuidad del proceso, las actividades de mantenimiento se deberán priorizar según:

A. Su grado de criticidad:

1. Normal
2. Urgente
3. Paros de planta
4. Emergencia

B. Su grado de peligrosidad (peligro – riesgo)

- Rutinario
- Crítico
- Emergencia

En esta etapa y con la cooperación de todas las partes interesadas, se procesaron datos estadísticos e históricos de las principales tareas que pueden ser abordadas por la mantención autónoma, en la planta de Cracking catalítico, tiempos de mantenimiento y costos asociados.

De acuerdo a los datos recopilados, se ha podido determinar que existen trabajos repetitivos, como lo son la revisión de trampas, la medición de vibraciones en los motores eléctricos, algunos cambios de filtros de rutina y la ruta de lubricación, etc. en la planta de Cracking, los cuales son realizados por distintas empresas contratistas de acuerdo a la naturaleza de cada trabajo y a las especialidades de cada empresa.

Se puede aplicar TPM para disminuir la cantidad de trabajos subcontratados en función de la Capacitación y Mantenimiento autónomo que se logre con los operadores y mantenedores de ENAP. Por otra parte, al mejorar el mantenimiento predictivo en función de las inspecciones periódica, en donde se detectaran fugas y derrames, producto de roturas de empaquetaduras, sellos de flanges, prensas de válvulas, bombas, pernos, roturas de líneas, aseo general del equipo, medición de vibraciones, mantención a trampas de vapor, lubricación, mantención de servicios y equipos de emergencia (duchas, extintores, frazadas ignífugas), etc. De acuerdo a lo anterior, se pretende mejorar y disminuir el nivel de fallas que originen fugas y derrames de fluidos; al disminuir los derrames, también se estarán disminuyendo los trabajos de reparación urgentes no programados.

De este modo se reducirá la utilización de HH por concepto de trabajos de mantenimiento correctivo y emergencias, disminuyendo también los costos por concepto de mantenimiento y la cantidad de permisos de trabajos no cerrados. Paralelamente se estará disminuyendo el tiempo de exposición al peligro a los trabajadores contratistas que trabajan en áreas de procesos críticos, y respecto a las condiciones generales de la planta, se estará garantizando condiciones de trabajo más seguras en una planta con un mantenimiento de equipos más efectivo.

En relación con la gestión de documentación, de acuerdo al sistema actual de tramitación de permisos de trabajos (PTW) y análisis sistemáticos de riesgos (ASR), el presente pilar, pretende realizar una reevaluación del proceso actual de gestión de permisos de trabajo en un escenario complejo de mantenimiento no definido, donde, de acuerdo a lo estudiado, la gestión y la responsabilidad recae principalmente, en el personal de operaciones de ERA.

En este punto se pretende analizar los pasos a seguir al interior de la planta para realizar la gestión de solicitud de permisos de trabajo, tanto para personal directo de ENAP, como para empresas contratistas. Cabe mencionar, que el 80% de los trabajos, son trabajos repetitivos y realizados por las mismas empresas, por lo que se ha podido determinar que gran parte del tiempo que las empresas pierden durante la jornada de trabajos, es por concepto de tramitación PTW del área correspondiente. En consideración a los tipos de trabajo clasificados según su urgencia o criticidad, se deben ponderar sus riesgos en base a las consecuencias de un potencial incidente, en función de la exposición de los trabajadores y la continuidad del proceso.

En función de la seguridad del proceso, se realizó el análisis (matriz de riesgos) de la planta de manera de definir cuáles serían las actividades de mantenimiento con alto potencial de riesgo de afectar la continuidad del proceso, para así determinar sus respectivas medidas de control, los cuales se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10.- Matriz de riesgo de procesos

ACTIVIDAD	EQUIPO	RIESGOS	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	CAUSA	CONTROLES
Mantenimiento de sensores de seguridad	Detectores de gas	No detección de fugas	Media	Explosiones	Inhibición o falla del sistema	Planificación de la tarea ASR del trabajo Capacitación Plan de emergencia
	Monitores de sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)	No detección de fugas	Media	Intoxicación Asfixia Explosiones	Inhibición o falla del sistema	Planificación de la tarea ASR del trabajo Capacitación Plan de emergencia
Mantenimiento de equipos rotativos	Bombas	No flujo fugas	Media	Detención de suministro de fluido Falta de lubricación Calentamiento del equipo Detención del proceso por alta Temperatura Inflamación Explosión	Planificación del trabajo deficiente Falta de conocimientos mala coordinación Información insuficiente	Planificación de la tarea ASR del trabajo Capacitación Plan de emergencia Sistemas de bloqueo
	Compresores	No flujo de aire no flujo de nitrógeno No flujo de livianos Fugas	Media	Falla de suministro de aire Falla de suministro nitrógeno Falla de realimentación Detención del proceso por alta Temperatura incendio Explosiones	Planificación del trabajo deficiente Falta de conocimientos Mala coordinación Información insuficiente	Planificación de la tarea ASR del trabajo Capacitación Plan de emergencia Sistemas de bloqueo
Montaje y desmontaje de líneas	Líneas de agua, gases, combustibles líquidos, aire, nitrógeno, ácido, soda, etc.	No flujo de agua, gases combustibles, líquidos, nitrógeno	Alta	Fugas de fluidos líquidos y gases, explosivos, tóxicos, y asfixiantes y corrosivos con la detención del proceso por falla en alimentación o reacción química del proceso. Explosiones, intoxicaciones, contaminación ambiental.	Planificación del trabajo deficiente Falta de conocimientos Mala coordinación Información insuficiente Falta de planos	Planificación de la tarea Revisión de planos ASR del trabajo Capacitación Plan de emergencia Sistemas de bloqueo
Trabajos en caliente, soldaduras, esmerilados, trabajos eléctricos, operación de maquinaria a combustión, tránsito de vehículos	Trabajos en caliente directos o cercanías de compresores, bombas, reactores, acumuladores, tanques, válvulas, flanges, sistemas de detección, etc.	Activación de sistemas de protección Generación de calor en presencia de atmósferas explosivas	Alta	Trip de planta Activación de alarmas Evacuación del personal Explosiones Incendios Calor Radiaciones	No inertizado o deficiente No barrido de líneas, No bloqueo de sistemas de aislación de energías Descoordinaciones Falta de planificación Información insuficiente	Planificación de la tarea ASR del trabajo Capacitación Plan de emergencia Sistemas de bloqueo Uso de extintores inhibición de detectores cortinas de vapor

Fuente elaboración propia, en base a matrices de riesgo existentes y documentación interna

Enap

De acuerdo a la evaluación realizada en la matriz de riesgos, se puede determinar que las medidas de control en común para las actividades de mantenimiento con mayor criticidad para la operación de la planta, son:

1. Planificación de la tarea.
2. ASR del trabajo.
3. Aplicación de protocolo de bloqueo y etiquetado.
4. Sistemas de detección temprana monitoreo, medición ambiental.
5. Capacitación, entre otros.

Se realizó el análisis (matriz de riesgos) de acuerdo a las actividades más críticas realizadas por personal de la empresa y empresas contratistas, en función del peligro y el riesgo para las personas. Lo anterior tiene como objetivo determinar las medidas de control para garantizar las condiciones de seguridad durante el proceso de mantención en las instalaciones y se listan en la tabla 11. Lo anterior permitirá profundizar en la evaluación de los riesgos durante la generación del ASR correspondiente.

**Tabla 11.-Matriz de riesgo a las personas**

ACTIVIDAD	PELIGRO	RIESGOS	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	CAUSA	CONTROLES
<i>Espacios confinados</i>	Atmosferas explosivas tóxicas asfixiantes Altas presiones Energías Altura física	Explosión Asfixia Intoxicación Golpes Caídas Electrocución	Alta	Quemaduras Enfermedades respiratorias Heridas Pérdida del conocimiento Fatalidades	Falta de procedimiento Sub-valoración del peligro Descoordinación Falta de equipamiento No uso de EPP Personal sin entrenamiento Falta de aire	Planificación de la tarea Ventilación adecuada ASR del trabajo Capacitación Plan de emergencia Examen de salud Uso de EPP
Trabajos en caliente, soldaduras, esmerilados, trabajos eléctricos, operación de maquinaria a combustión, tránsito de vehículos	Llama abierta Soldadura Partículas incandescentes Sustancias comburentes Atmósfera explosiva Mal confinamiento del área	Explosiones Incendios Fiebre actinia Electrocución Quemaduras	Alta	Lesiones Heridas Quemaduras Enfermedades respiratorias Fatalidades	No inertizado o deficiente No barrido de líneas No bloqueo de sistemas de aislamiento de energías Descoordinaciones Falta de planificación Información insuficiente No uso de EPP	Planificación de la tarea ASR del trabajo Capacitación Plan de emergencia Sistemas de bloqueo Uso de extintores Inhibición de detectores Cortinas de vapor
Trabajos con sustancias peligrosas (percloro etileno, ácido clorhídrico) Trabajos con gases tóxicos	Procesos de: Alquilación, Hidrotratamientos, Plantas de ácido y Plantas de azufre	Atmosferas tóxicas	Alta	Asfixia Intoxicación Muerte	No uso de aire en línea u equipo autónomo	Planificación de la tarea ASR del trabajo Capacitación Plan de emergencia Sistemas de bloqueo

Fuente elaboración propia, en base a matrices de riesgo existentes y documentación interna Enap

Los trabajos se deberían priorizar de acuerdo a los aspectos listados en la Tabla 12, en función del peligro y riesgos.

**Tabla 12.- Tabla de principales fuentes de peligro y riesgos en plantas de procesos**

<b>Fuentes físicas</b>	<b>Fuentes químicas</b>
Altas temperaturas	Ácido sulfhídrico
Atmósferas explosivas	Sustancias corrosivas
Vibraciones	Desplazamiento de oxígeno
Ruidos	Monóxido de carbono
Altura física	-----
Radiaciones ionizantes	-----

Fuente; elaboración propia en base a matrices de riesgo

En el pilar de Mantenimiento autónomo, es de suma importancia es el establecimiento y adquisición de nuevas tareas y competencias por parte de los operadores de la planta.

El objetivo del mantenimiento autónomo, es adiestrar a los operadores en la mantención básica de su equipo, llevando a cabo:





- Verificaciones diarias
- Lubricación
- Reemplazo de partes
- Reparaciones menores
- Verificar precisión
- Detección temprana de condiciones anormales
- Medición de vibraciones
- Mantenimiento de trampas de vapor.

Mantención servicios de mantenimiento de duchas y equipos de emergencia.

De acuerdo a la información contenido en anexo B, uno de los trabajos rutinarios más recurrentes es la lubricación de equipos móviles como: bombas, turbinas, compresores, y equipos Aero-refrigerantes. También se puede verificar que la baja eficiencia de algunos de los equipos anteriores es una actividad que concentra un alto porcentaje de los HH destinados para mantención de equipos de la planta como lo es la medición de vibraciones. Por otra parte, el cambio de filtros es una actividad que concentra una carga considerable de trabajo para cuatro de los equipos operativos principales, como son: bombas centrífugas, turbinas, compresores y hornos.

Se creó una lista de verificación, mostrada en la tabla 13, para mantener los estándares de aseo y lubricación para el área, con el propósito de mantener los estándares de limpieza y lubricación de equipos de la planta. La idea principal sería la implementación en conjunto con personal de los departamentos de mantención y operaciones, de acuerdo a especificaciones técnicas de los distintos equipos de la planta entregados por el proveedor.

Tabla 13.- Verificación de lubricación equipos rotativos (Fuente elaboración propia, en base a estadísticas de trabajos SAP ERA)

Lista de verificación de viscosidad y lubricación de equipos planta de cracking ERSA				
Equipo	Parte del equipo	Frecuencia	Tipo de lubricante	Observaciones
<b>Bombas centrífugas</b> 	Cojinete	Trimestral		Lubricar caja de cojinete de acuerdo a nivel y verificación de impurezas
<b>Turbinas</b> 	Cojinete	Mensual		Lubricar caja de cojinete de acuerdo a nivel y verificación humedad, lodos, óxidos.
	Engranajes			
<b>Aero-refrigerantes</b> 	Cojinetes	Bimestral		Lubricar cojinetes y ejes de rotores
<b>Compresores</b> 	Pistones	Trimestral		Lubricar partes móviles y verificar humedad, estado de rodamientos, herrumbres, óxidos, fugas.
	Válvulas			
	Anillos			
	Cilindros			
	Cojinetes			
	Bielas			

Fuente; elaboración propia, en base a estadísticas de trabajos SAP ERA

Los trabajos de lubricación, rutina que debería ser cumplido estrictamente, dada la importancia que esto tiene para el correcto funcionamiento de los equipos, y por ende de la planta. De esta tarea depende en gran medida evitar paros no programados por fallas de equipos, con las correspondientes pérdidas en la producción. Se realizó un programará de lubricación de equipos y maquinaria de acuerdo a las distintas áreas y procesos de la planta, esta programación está en relación a la disponibilidad de recursos y a la planificación de otros trabajos, los cuales se muestran en la tabla 14.

**Tabla 14.- Programación de lubricación**

<b>Día de la semana</b>	<b>Plantas</b>
Lunes	1. Cracking
	2. Isomerización
Martes	1. LPG 2
	2. Alquilación
Miércoles	1. Ura 1- 2
	2. LPG 3
Jueves	1. Aminas
	2. URA 3
	3. SWS 2
Viernes	1. SWS 1
	2. DIPE

Fuente elaboración propia, en base a trabajos de mantenimiento SAP ERA

Se consideró la creación de un sistema de verificación de área al inicio de cada turno, de acuerdo a la filosofía de las 5 s. La idea es que el turno saliente, dedique la última hora de la jornada para realizar limpieza de las áreas de responsabilidad con medios propios. Al inicio del turno entrante, el operador verificará la condición de aseo e inspeccionará todas aquellas anomalías de la planta que pudieran presentarse en equipos del proceso, como son fugas de fluidos, ruidos, vibraciones, alarmas, etc., tareas que se especifican en la tabla 15.

**Tabla 15.- Verificación aseo planta**

<b>Lista de verificación de aseo de equipos planta de cracking ERSA</b>				
<b>Equipo</b>	<b>Parte del equipo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Tipo de limpieza</b>	<b>Observaciones</b>
Bombas centrífugas	Eje del impulsor	Semanal	Agua a presión Vapor	Bloquear alimentación de la bomba Secar restos de humedad
	Carcasa	Semanal	Paño húmedo	
	Cojinetes	Mensual	Aire a presión	
Turbinas	Cojinetes	Mensual	Aire a presión	Bloquear alimentación del equipo y Secar restos de humedad
	Carcasa	Semanal	Aire a presión	
	Alabes	Semanal	Aire a presión	
Aero-refrigerantes	Carcasa	Semanal	Aire a presión Paño húmedo	Bloquear alimentación del equipo
	Cojinetes	Mensual		
	Aspas	Mensual		
Compresores	Pistones	Mensual	Agua a presión	Bloquear alimentación del equipo Secar restos de humedad
	Filtros	Mensual	Aire a presión	
	Válvula anti-retorno	Anual	Manual	
	Carcasa	Semanal	Aire a presión	
Cañerías	Exterior	Mensual	Agua a presión Aire a presión	Drenar, barrer e inertizar líneas antes de limpieza Secar partículas de agua
	Interior	Semestral	Vapor Nitrógeno	
Intercambiadores de calor	Carcasa exterior	Mensual	Agua a presión Arenado	Precaución al desmontar carcasa Eliminar fuentes de ignición Eliminar partículas de humedad Precaución al montar carcasa para evitar fugas (sello)
	Tubos interiores	Semestral	Limpieza química Agua a presión Aire a presión Limpieza mecánica	
	Interior	Semestral	Limpieza	

Fuente elaboración propia, en base a filosofía 5S y tareas actuales del operador

Al cumplir esta rutina, se estima que las actividades de limpieza correctivas realizadas antes de aplicar el programa TPM, disminuirán aproximadamente en un 30%.



Figura 28.-: Compresor planta de Cracking Catalítico (fuente: sala de compresores ENAP)

Las actividades de limpieza realizadas en la planta se enfocan principalmente a aseo de superficies y pisos. Los equipos en sí, se mantienen sucios con restos de aceites, polvo, y virutas metálicas.

Para cumplir con el programa de TPM, el orden y limpieza de las áreas de trabajo deberán estar dirigidos de igual forma tanto en superficies de trabajo como en los componentes de los equipos. Esto tiene por objetivo, mantener las zonas de tránsito despejadas y limpias para evitar acumulación de desperdicios y caídas al mismo nivel, lo que podría generar accidentes graves, tanto para los operadores como para personal contratista de la planta. Respecto de la limpieza de equipos, se pretende aumentar la eficiencia de estos, garantizando su operatividad al disminuir las fallas por problemas de lubricación, desgaste prematuro, exceso de humedad, fugas y derrames que no puedan ser advertidos a tiempo, generando el potencial de peligro para la formación de atmósferas explosivas o el calentamiento de sus componentes.

El personal de operaciones, particularmente, los operadores de los equipos deberán ser instruidos en los aspectos más comunes del equipamiento con cuenta la planta. Algunos de los aspectos más importantes a considerar son:

- Funcionamiento
- Posibles fallas
- Fallas más recurrentes
- Ubicación de las componentes principales

En esta etapa del TPM y particularmente, considerando la naturaleza de los trabajos al interior de ERSA, donde se realizan procesos complejos, en combinación con una serie de trabajos críticos por la naturaleza de los mismos y por la cantidad de personal contratista, es fundamental establecer una rutina de inspecciones de fallas y de orden y limpieza, enfocadas en la filosofía japonesa de las 5'S. Este método de organización de los puestos de trabajo, busca la mejora continua a través de espacios de trabajos mejores organizados, con una alta orientación a la productividad, reducción de fallas y mejoramiento de las condiciones de seguridad y medio ambiente.

Una inspección eficiente de los equipos se logrará mediante la capacitación y apoyo técnico del personal del departamento de mantenimiento especializado, también con la consulta a manuales técnicos de cada equipo. Junto con los avisos correspondientes ante la detección de falla de los equipos en la planta, se desarrolló un sistema de tarjetas de identificación de fallas, las que deberán ser informadas a los respectivos supervisores de turno. El propósito de estas tarjetas es mejorar la individualización del equipo inoperativo, junto con generar un aviso de advertencia por su falla operacional, la figura 29 muestra la figura descrita.

ETIQUETA DE REPORTE DE FALLA		enap	
TPM			
PLANTA	_____	<span style="color: red;">●</span>	Crítico
EQUIPO	_____	<span style="color: yellow;">●</span>	Urgente
		<span style="color: green;">●</span>	Importante
Observación : _____			
_____			
Reportado por: _____			
Turno: _____		Fecha: _____	
<b>Plazo de reparación:</b>			
Inmediato	<input type="checkbox"/>	Mensual	<input type="checkbox"/>
Semanal	<input type="checkbox"/>	Trimestral	<input type="checkbox"/>

Figura 29.-: Tarjeta de reporte de falla TPM (Fuente: elaboración Propia, en base a TPM)

Este sistema además está orientado a priorizar las actividades de mantenimiento correctivo de acuerdo a su urgencia de acuerdo al tipo de falla y al rol del equipo en el proceso.

Esta rutina tiene como objetivo que los operadores desarrollen habilidades orientadas a detectar fallos y desviaciones del funcionamiento rutinario del equipo con el propósito de adelantarse a fallas mayores que pudiesen significar una detención parcial o total de la planta, las rutinas planteadas se listan en la tabla 16.

**Tabla 16: Rutinas de inspecciones y tareas a cargo de operador de área**

Actividad	Objetivos
1. Limpieza inicial	Desarrollar la habilidad de identificar las anomalías y las oportunidades, hacer mejoras y resolver las anomalías.
2. Eliminación de fuentes de contaminación y áreas inaccesibles.	
3. Creación de una lista de verificación para mantener los estándares de limpieza y lubricación.	Los operadores determinan por si mismos lo que tienen que hacer.
4. Inspección general	Los operadores más experimentados y los técnicos de mantenimiento enseñan a los menos experimentados.
5. Inspección autónoma	Organización de la información para describir las condiciones óptimas y cómo mantenerlas.
6. Organización y limpieza	
7. Continuidad, implementación total.	

Fuente; elaboración propia, en base a TPM

Respecto de la capacitación y de acuerdo a la base de los pilares del TPM, éste descansa en la gestión de las personas. Cabe señalar que la capacitación está referida a que sea realizada por personal interno, aprovechando así la experiencia existente y respetando la cultura interna de la empresa, el perfil de este “instructor” se definió con lo anteriormente expuesto y se detalla en Anexo F. Este plan como cualquier plan de mejora continua requiere, junto con el compromiso de quienes lo administran, la capacitación y desarrollo de competencias técnicas y de habilidades blandas para asegurar el éxito del plan. Este pilar asegura que todo el personal involucrado en el TPM conozca de manera integral las necesidades de la organización tanto en su puesto de trabajo como las del cliente interno del proceso.

Se propone la realización de una evaluación para poder gestionar el conocimiento, el propósito de este cuadro es evaluar la situación actual de los operadores y mantenedores respecto a las tareas básicas de operación y mantenimiento de equipos. En esta etapa, junto con la evaluación de materias técnicas, es importante detectar aspectos conductuales de liderazgo y seguridad industrial respecto a los diferentes posibles escenarios y principales fuentes de peligro y riesgos de las respectivas áreas de interés.

Para la realización del cuadro integral de gestión, el TPM se basará en los principales aspectos de la operación como importancia de los equipos, costos de operación, eficiencia energética, seguridad y logística en relación a la optimización del proceso. También es necesario introducir el concepto de la sustentabilidad en función del éxito del negocio y el cuidado del medio ambiente dada la naturaleza de los procesos de la refinería. En la tabla 17,

se lista el personal que debería ser evaluado como inicio del desarrollo del pilar de Capacitación

**Tabla 17.- Evaluación de capacitación**

Operaciones	Mantenimiento
1.- Supervisores de turno	1.- Supervisores de mantenimiento mecánicos
2.- Operadores de planta senior	2.- Supervisores de mantenimiento eléctricos y Mecánicos
3.- Operadores de planta junior	3.- Eléctricos
	4.- Instrumentistas

Fuente; elaboración propia, en base a TPM

El plan pone especial atención al personal con poca experiencia con el propósito de nivelar conocimientos y buenas prácticas.

El Plan de capacitación, una vez realizado el cuadro integral de evaluación de gestión, y de acuerdo a los resultados obtenidos, se procederá a la conformación de grupos para capacitación en las materias más relevantes relacionadas con el TPM y el mantenimiento de los equipos. Para llevar a cabo esta tarea, se considerará un programa de capacitación de acuerdo a objetivos en las diferentes áreas de la empresa, considerando una fase teórica y una fase práctica. En relación a optimizar los tiempos de trabajo y la seguridad del proceso, se organizará por turnos, siguiendo una pauta única que permita medir de igual forma a todos el personal en entrenamiento. El personal de las áreas de mantenimiento y logística que no estén bajo un régimen de turno, será capacitado en jornada de trabajo administrativo, sin perjuicio de ajustarse a las necesidades de la empresa en horarios extraordinarios.

En la tabla 18 se detallan algunas materias que se consideran relevantes en el plan de capacitación, de acuerdo a la importancia que tienen para la optimización de los recursos en relación a obtener un nivel óptimo de mantenimiento planificado, considerando la autonomía de operadores y mantenedores, y por otra parte, mejorar la gestión de personal de los departamentos de apoyo y logística, particularmente en los procesos de administración de los recursos y gestión de materiales.

**Tabla 18.- Cursos de capacitación TPM por cargos**

Capacitación	Código	Participantes
Capacitación en hidráulica	Hid	Operadores
Capacitación en neumática	Neu	Operadores
Capacitación en mecánica de fluidos	Mec.F.	Operadores
Mecánica básica	Mec.B	Operadores
Electricidad básica	Elec	Operadores
6sigma	6Sg	Jefes de Área – Mantenedores
Instrumentación	Inst	Operadores
Prevención de Riesgos	Pre.R	Operadores – Mantenedores
Logística y bodegas	Log	Jefe de Bodega – Bodegueros
Just in time	JIT	Jefe Compra – jefe Bodega – Bodeg - Mant.
Liderazgo	Lead	Op. - Mant. - Jefes de Área
Administración	Adm	Op. - Mant. - Jefes de Área - Bodegueros.
Análisis de causas de fallas	ACF	Mantenedores – Jefes de Área

Fuente; elaboración propia en base a TPM

Dónde:

**Hid:** hidráulica, **Neu:** Neumática, **Mec F:** mecánica de fluidos, **Mec.B:** mecánica básica, **6Sg:** seis sigma, **Pre.R:** prevención de riesgos, **Adm:** administración, **ACF:** analisis de causas de fallas, **Lead :** liderazgo, **JIT:** just and time, **Inst:** instrumentación

El equipo responsable del desarrollo de TPM, deberá determinar las necesidades de capacitación y perfeccionamiento para las distintas áreas comprometidas en el mejoramiento de la metodología del actual sistema de control de gestión de mantenimiento. Los cursos se seleccionan; de acuerdo a la naturaleza de las falencias detectadas y con el propósito de optimizar los recursos humanos y económicos que permitiesen cumplir con los objetivos del proyecto y garantizar mejoras sustentables en el mantenimiento de activos de la planta y las condiciones de seguridad de todos los trabajadores al interior de ENAP. La programación de las jornadas de capacitación se podría realizar como muestra el ejemplo de la tabla 19.


**Tabla 19. Propuesta jornadas de capacitación.**

Propuesta de jornadas de capacitación												
Grupos	MES 1				MES 2				MES 3			
	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4
Turno A	Adm.	Hid.	Lead.	Libre	Neu.	Pre.R	Inst.	Libre	Mec.B	Elec.	Mec.F	Libre
Turno B	Hid.	Adm.	Libre	Lead.	Inst.	Neu.	Libre	Pre.R	Elec.	Mec.F	Libre	Mec. B
Turno C	Lead.	Libre	Adm.	Hid.	Pre.R	Libre	Neu.	Inst.	Mec. F	Libre	Elec.	Mec. B
Turno D	Libre	Lead	Hid.	Adm.	Libre	Inst.	Pre.R	Neu.	Libre	Mec.B	Elec.	Mec.F
Mantenim.	Adm.	6 Sig.	Lead.	Libre	Pre.R	Libre	JIT	Libre	ACF	Libre	Libre	Libre
Jefes de Área	Adm.	6 Sig.	Lead.	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre	ACF	JIT	Libre

Fuente; elaboración propia en base a detección de necesidades de capacitación.

En cuanto a las mejoras enfocadas, para la implementación de este pilar de TPM, se desarrollaron actividades tanto individuales como con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, para este propósito se evaluó la estadística de los trabajos de mantenimiento de Julio y Agosto 2015, según se detalla en la Tabla 20.

**Tabla 20.- Permisos de trabajo programados julio y agosto 2015**

	Jul	Ago	TOTAL PERMISOS	% ACUM	"NO REALIZADOS"	NO CERRADOS
CRACKING	180	188	368	24,20	94	32
ALQUILACIÓN	90	154	244	40,20	72	25
ISOMERIZACIÓN	77	94	171	51,40	37	5
PTA ACIDO	80	73	153	61,50	59	13
3 PLANTAS	52	49	101	68,10	48	5
URA 2	54	44	98	74,50	20	8
DIPE	39	57	96	80,80	18	6
<b>TOTAL</b>	<b>572</b>	<b>659</b>	<b>1231</b>		<b>348</b>	<b>94</b>
TOTAL PERMISOS	1231					
TRABAJOS REALIZADOS	883	<b>71,73%</b>		<b>79,37%</b>		
TRABAJOS NO REALIZADOS	254	20,63%				
PERMISOS NO CERRADOS *	94	7,64%				

Fuente; elaboración propia en base a SAP ERA

De esta tabla se desprenden los siguientes datos:

Total de trabajos programados: 1.137  
 Total de trabajos no realizados: 254  
 Total de trabajos realizados: 883  
 Tasa de realización de AM (según fórmulas indicadas en el punto 2.4) =  $(883 / 1.137) = 0,77$

Determinación de porcentaje (%) de costos de sub-contratistas, de acuerdo a los datos de la tabla Anexo C, el porcentaje de los costos de mantención por concepto de servicios de empresas contratistas del mes de agosto sería según lo indica la fórmula.

Gastos de mano de obra contratista :

Gastos en su-contratistas = \$ 250.036.285  
 Costo total del mantenimiento = \$ 1.276.839.428  
 Costo en subcontratistas (Ago) =  $(250.036.285 / 1.276.428) * 100 = 19,6 \%$

Respecto a los costos por HH de trabajos no realizados por concepto de mantenimiento, esta se estimó en 5.3%, de acuerdo a la fórmula Costos en sub-contratistas (%).

Mejora del ciclo del ASR (análisis sistemático de riesgos); el objetivo es la búsqueda de la eliminación de los procesos que no generen valor en la gestión de permisos de trabajo y análisis sistemáticos de riesgos (ASR) en función de optimizar los tiempos de trabajo, minimizar las HH perdidas y lo más importante, establecer las directrices que garanticen condiciones de trabajo seguras al interior de las distintas áreas de proceso, con ocasión de la operación y mantenimiento, tanto por personal de ENAP como también por colaboradores de empresas contratistas.

El alcance de este plan es para todos los trabajadores que realicen trabajos al interior de la empresa, sean estos de operación o mantención. Dependiendo del alcance de los trabajos, serán las medidas de control administrativas de este plan de control interno a implementar. Las medidas de control estarán dadas de acuerdo a la:

1. Nivel de criticidad de los trabajos
2. Las consecuencias que podría ocasionar un evento no deseado (nivel de pérdida)
3. La exposición al riesgo, y
4. La idoneidad de quien realiza el trabajo (experiencia, competencias técnicas, etc.)

De acuerdo al actual sistema de Análisis de Riesgos, todo trabajo tiene el mismo tratamiento en sus diferentes etapas. Lo anterior se traduce en pérdidas de tiempo y una sub-valoración de los riesgos, dado lo rutinario que para las empresas contratistas significa llenar formularios y registros que muchas veces no genera el valor deseado. También se puede afirmar que muchas veces las medidas de control establecidas para minimizar un determinado riesgo, involucra más tiempo que el trabajo mismo. Por otra parte, muchas veces las actividades destinadas a implementar barreras de control físicas contra un determinado peligro, involucran acciones o condiciones de mayor riesgo que las que representan el trabajo

propiamente tal (como es el caso de armado de andamios para una actividad donde pudiese utilizar otro tipo de plataforma, o sistema de protección anti-caída.), estos trabajos se listan en la tabla 21.

**Tabla 21.-Trabajos críticos área Cracking**

Trabajos críticos	Trabajos no críticos
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajos en caliente</li> <li>- Trabajos con líneas vivas</li> <li>- Líneas con sulfhídrico</li> <li>- Trabajos eléctrico de media y alta tensión</li> <li>- Trabajos en espacios confinados</li> <li>- Trabajos con altas presiones</li> <li>- Trabajos en altura física &gt; 2m.</li> <li>- Izaje de cargas en áreas clasificadas</li> <li>- Limpiezas químicas</li> <li>- Limpiezas con altas presiones</li> <li>- Recambio de catalizadores</li> <li>- Ensayos destructivos</li> <li>- Gammagrafías</li> <li>- Trabajos con sustancias corrosivas</li> <li>- Manipulación, traslado y disposición de sustancias peligrosas</li> <li>- Inertizado de líneas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo de pintura</li> <li>- Trabajo de limpieza normal</li> <li>- Mantenciones rutinarias</li> <li>- Inspecciones visuales</li> <li>- Armado de andamios</li> <li>- Transporte de personal planta</li> <li>- Trabajos de jardinería</li> <li>- Labores administrativas</li> <li>- Trabajos en bodegas</li> <li>- Servicios de alimentación</li> <li>- Aseo doméstico</li> <li>- Transporte de áridos</li> <li>- Obras civiles menores</li> <li>- Labores de capacitación</li> <li>- Arenado en talleres</li> <li>- Trabajos en caliente en talleres</li> <li>- Izajes de carga en instalaciones de faenas</li> </ul>

Fuente: elaboración propia en base a procedimiento actual de ASR

El flujo de acciones para la gestión de permisos de trabajo, que se muestra en la tabla 22, estará dado de acuerdo orden de acontecimientos que allí aparece, los cuales a su vez estarán divididos en dos escenarios. El primer escenario es para la gestión de permisos de trabajos críticos que requieren un ASR, y el segundo es para trabajos no críticos que sólo requieren la presentación de un AST y los procedimientos específicos de cada trabajo por parte del ejecutante de la tarea (mantenimiento ERA o EE.CC).

**Tabla 22.- Flujo de gestión de permisos de trabajos críticos y no críticos**

<b>Planificación del trabajo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Confección de documentos</li> <li>- Revisión de la normativa</li> <li>- Gestión de recursos</li> <li>- Revisión de procedimientos y aspectos de seguridad</li> </ul>	
<b>Gestionar permiso de trabajo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coordinación con todas las partes interesadas</li> <li>- Verificación de criticidad de los trabajos</li> <li>- Verificar interferencias con procesos</li> <li>- Verificar idoneidad de los ejecutores</li> </ul>	
<b>Trabajo crítico</b>	<b>Trabajo no crítico</b>
<b>Se debe realizar ASR</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se presenta matriz de riesgos</li> <li>- Se realiza AST</li> <li>- Se difunde charla de 5 minutos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se presenta matriz de riesgos</li> <li>- Se realiza AST</li> <li>- Se difunde charla de 5 minutos</li> </ul>
<b>Reunión para ASR</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Encargado de área</li> <li>- ITO de la tarea</li> <li>- Línea de mando de EECC</li> <li>- Trabajadores</li> <li>- <b>Operador de planta</b></li> </ul>	<b>Operaciones autoriza el trabajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión de permiso de trabajo</li> <li>- Revisión de documentos relacionados</li> <li>- Comunicación de novedades</li> <li>- Verificación de interferencias</li> <li>- Verificación de competencias</li> </ul>
<b>Operaciones autoriza el trabajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión de permiso de trabajo</li> <li>- Revisión de documentos relacionados</li> <li>- Comunicación de novedades</li> <li>- Verificación de interferencias</li> <li>- Verificación de competencias</li> <li>-</li> </ul>	<b>Operador de área autoriza el trabajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Firma de permiso de trabajo</li> <li>- Efectúa medición de gases</li> <li>- Comunica estado de la planta</li> </ul>
<b>Operador de área autoriza el trabajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Firma de permiso de trabajo</li> <li>- Efectúa medición de gases</li> <li>- Comunica estado de la planta</li> </ul>	<b>Supervisor de la tarea realiza el trabajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Difusión de AST</li> <li>- Charla de 5 min</li> <li>- Seguir procedimiento de trabajo</li> <li>- Realización del trabajo</li> <li>- <b>“Ciclo de mejora continua”</b></li> </ul>
<b>Supervisor de la tarea realiza el trabajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Difusión del ASR</li> <li>- Difusión de AST</li> <li>- Charla de 5 min</li> <li>- Seguir procedimiento de trabajo</li> <li>- Realización del trabajo</li> <li>- <b>“Ciclo de mejora continua”</b></li> </ul>	<b>Inspector del área cierra permiso de trabajo (cambio de turno, emergencia, etc.)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Firma permiso de trabajo</li> <li>- Verifica estado de la planta</li> <li>- Reporte novedades a sala de control</li> <li>- Retroalimentación a EE.CC.</li> </ul>
<b>Inspector del área cierra permiso de trabajo (cambio de turno, emergencia, etc.)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Firma permiso de trabajo</li> <li>- Verifica estado de la planta</li> <li>- Reporte novedades a sala de control</li> <li>- Retroalimentación a EE.CC.</li> </ul>	

Fuente elaboración propia basada en procesos administrativos ERA

Respecto de la gestión de Análisis Sistemático de Riesgos (ASR) y los costos asociados, se considera la escala de rentas internas de ERA, mostrada en la tabla 23, la que encierra varios parámetros partiendo por los grados lo cual origina la escala comenzando por el grado 12.1 para el ingreso y llegando al grado 5.1 para el supervisor de mantenimiento, además se entrega un porcentaje por trabajo en turno, para el personal que se desempeña en este es régimen de trabajo, como es el caso del supervisor de terreno, adicional a esto este último recibe una bonificación por la firma y supervisión de permisos, en lo que respecta a técnicos en mantención de turbo máquinas, maquinaria, instrumentista su escala de renta se integra en el escalafón 6.1 , para el personal de contratista se origina una escala que se representa en años y experiencia, al igual que los técnicos mecánicos, se lista además según tabla 24 el tiempo empleado en ASR, para finalizar con el costo total por este mismo concepto, mostrado en la tabla 25, estos datos permitirán conocer el costo final de cada ASR por cada actividad que lo amerite se calculó para el periodo Julio – Agosto y se proyecta a un año con los datos obtenidos.

**Tabla 23.-Escala de rentas**

Escala de rentas			
Cargo	Valor HH (\$)	RENDA BRUTA (\$)	grado ERA
Supervisor mantención ERA	9.524	1.600.032	5.1
Inspector de terreno ERA	9.404	1.579.872	6.1
Asesor Prevención de riesgo ERA	7.142	1.199.856	6.1
supervisor empresa contratista	5.357	899.976	
prevencionista de riesgo contratista	5.357	899.976	
soldador contratista	7.142	1.199.856	
maestro cañonero	5.357	899.976	
ayudante soldador	3.571	599.928	
Observador	3.571	599.928	
Rescatista	7.142	1.199.856	
Técnicos Mecánicos	7.142	1.199.856	6.1
Técnicos instrumentista ERA	7.142	1.199.856	6.1
Técnicos turbo maquinas	7.142	1.199.856	6.1
Maquinarias	7.142	1.199.856	6.1

Fuente; elaboración propia, en base a SAP ERA

**Tabla 24.-Tiempo involucrado por actividad ASR**

<b>Nº</b>	<b>Actividades</b>	<b>Tiempo Hrs.</b>
1	Asignación de trabajo a especialidad	0,3
2	Revisión de actividad en terreno con todos los involucrados Reunir Personal implicado Dar forma al ASR Preparación de trabajo en terreno	2
3		1,5
4		2
5		2
<b>total</b>		<b>7,8</b>

Fuente; elaboración propia, en base a equipo de expertos

Tabla 25.- Costo ASR

Nº	Cargo	costo por Hr (\$)	Tiempo en Hrs.	Análisis de costos por tipo de ASR				
				Trabajos en caliente (11) (\$)	Trabajos con gases tóxicos (11) (\$)	Trabajos con productos corrosivos (12) (\$)	Trabajos en instrumentos de gases peligrosos (5) (\$)	Trabajo mantenimiento bombas críticas con H2S (14) (\$)
1	Supervisor mantenimiento ERA	9.524	8	74.287		74.287	579.440	579.440
2	Inspector de terreno ERA	9.404	8	73.351	73.351	73.351	572.139	572.139
3	Asesor Prevención de riesgo ERA	7.142	8	55.708	55.708	55.708	434.519	434.519
4	supervisor empresa contratista	5.357	8	41.785	41.785	41.785		325.920
5	prevenionista de riesgo contratista	5.357	8	41.785	41.785	41.785		325.920
6	soldador contratista	7.142	8	55.708				
7	maestro cañonero	5.357	8	41.785				
8	ayudante soldador	3.571	8	27.854				
9	Observador	3.571	8	27.854	27.854	217.260		27.854
10	Rescatista	7.142	8	55.708	55.708	434.519		55.708
11	Técnicos Mecánicos	7.142	8	55.708	55.708	434.519		55.708
12	Técnicos instrumentista ERA	7.142	8				111.415	111.415
13	Técnicos turbo na quitas	7.142	8					111.415
14	Maquinarias	7.142	8			7.142		111.415
<b>SUB TOTALES</b>				440.115	426.184	1.380.355	1.697.514	2.600.038
<b>TOTALES</b>				<b>4.841.265</b>	<b>4.688.026</b>	<b>16.564.265</b>	<b>8.487.570</b>	<b>36.400.531</b>

Fuente: elaboración propia, en base a SAP ERA y equipo de expertos

#### 4.- Análisis de resultados

El contenido del capítulo 4 es un análisis concluyente de la aplicación de la metodología planteada para el presente trabajo.

##### 4.1 Causa de la reasignación de mano de obra a una misma tarea

Luego de recolectar información respecto a los permisos de trabajos solicitados de acuerdo al plan de mantenimiento, pedidos diarios de órdenes de trabajo por parte de producción y a la mantención planificada de los equipos y líneas de proceso en la unidad de cracking catalítico de Enap refineries Aconcagua, se identifican y seleccionan 7 unidades (cracking catalítico, alquilación, isomerización, planta de caído, tres plantas, Ura 2 y DIPE) que presentan la mayor concentración de trabajos, de estos no fueron llevados a cabo con un 23 % sobre el 43,75%, del total de los equipos del área, (calculados por el universo de máquinas y equipos del área completa), los motivos de la no realización de los trabajos se obtuvieron de el diagrama de Ishikawa (figura 10). De acuerdo a la tasa de realización de trabajos que se expuso más atrás (tabla 20), esta llegó solo al 79,37% lo que representa claramente una oportunidad de mejora al sistema. La tasa de realización de trabajos efectivamente cursados es de 0,77 lo que demuestra una ineficiencia en el control de los trabajos realizados.

En la tabla 26 se listan las causas genéricas de la no realización de estos trabajos, y en la tabla 27 acciones correctivas planteadas.

Tabla 26.- Causas de la no realización de tareas y reasignación de mano de obra.

Personal	métodos de trabajo	materiales	maquinarias
P1.-Falta de dotación	M1.-Falta de procedimiento en tareas repetitivas	Mat 1.-Stock deficiente	Maq 1.-Maquinas defectuosas
P2.-Falta de seguimiento y control en los trabajos	M2.-Excesivo tiempo en la elaboración de ASR	Mat 2.-Materiales no cumplen estándar de calidad	Maq 2.-Máquinas y herramientas no aptas para realizar la tarea
P3.-Falta de experiencia	M3.-Falta de estandarización de tareas	Mat 3.-Entrega de materiales fuera de plazo	Maq 3.-Maquinas no cumplen con estándares
P4.-Desconocimiento técnico del trabajo			

Fuente; elaboración propia en base a Ishikawa ERA

Tabla 27.- Acciones correctivas para trabajos no realizados y mano de obra reasignada

	Mejoras y acciones correctivas
Cód.	Acción correctiva
P1	Realización de mantenimiento autónomo
P2	Capacitación en gestión de trabajos
P3	Capacitación en materias técnicas
P4	Capacitación en materias técnicas
M1	Estandarización de tareas
M2	Estandarización de trabajos críticos, procedimientos de trabajo
M3	Estandarización de trabajos críticos, procedimientos de trabajo
Mat 1	Capacitación en repuestos, materiales y aspectos técnicos de equipos
Mat 2	Capacitación en repuestos, materiales y aspectos técnicos de equipos
Mat 3	Aspecto no aplicable
Maq 1	Fiscalización y control en terreno, capacitación
Maq 2	Fiscalización y control en terreno, capacitación
Maq 3	Fiscalización y control en terreno, capacitación

Fuente; elaboración propia en base a TPM

Para estas causas se proponen mejoras que estarían focalizadas a realización de tareas estandarizables y trabajos de mantenimiento que podrían ser realizados por el operador, después de un análisis con personal involucrado en las áreas correspondientes a mantención y procesos incluye también, personal de apoyo, se llega a que las tareas que se pueden asignar al operador de terreno .

#### 4.2.- Distribución de los costos de mantenimiento

La distribución de los costos de mantenimiento se desglosan por unidad , acá ocurre que las mantenciones tienen que ver también con la prestación y el tipo de proceso que se lleva a cabo, esta distribución se muestra en la figura 30.

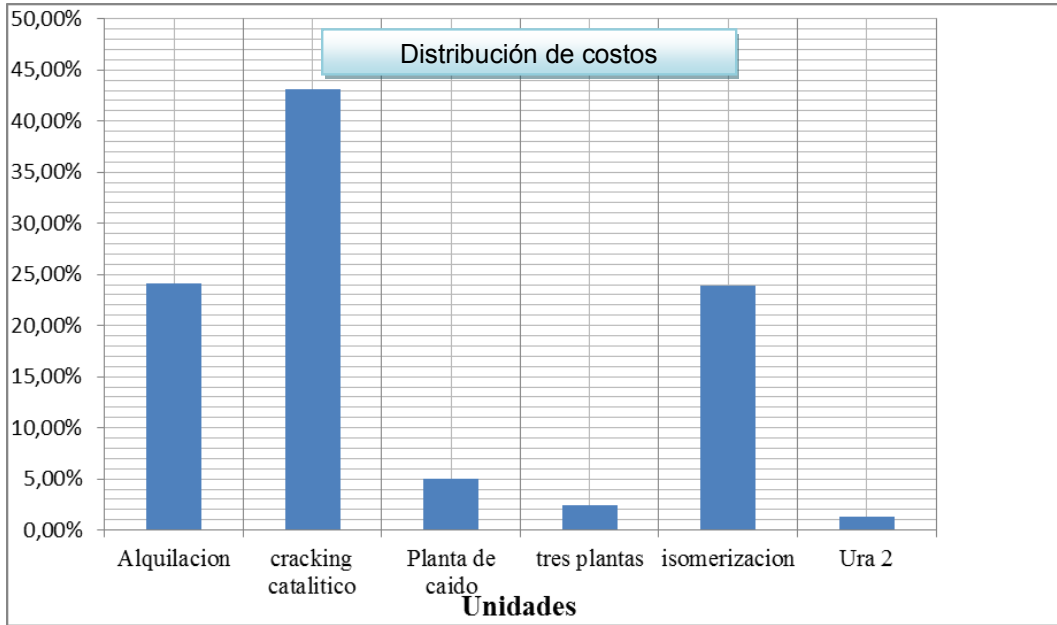


Figura 30. Distribución de costos Fuente elaboración propia en base a costos ERA,2015

Los costos de toda el área están concentrado en tres unidades esta son cracking catalítico, alquilación e isomerización, estas plantas representan el 91,17% en el gasto de mantención, el 19,6% de este gasto es asignado a la mano de obra contratista, de este análisis se puede suponer que interviniendo en primera medida e implementando los tres pilares de TPM desarrollados en el presente trabajo al personal de ERA que representa el otro 80,83% del gasto en personal que labora en ellas, se obtendrían los mejores resultados en lo que concierne a la disminución de costos por concepto de mantenimiento.

### 4.3 Tareas estandarizables y la disminución de los costos

A continuación se muestran las tareas que podrían ser realizadas por el operador de procesos, sin perjuicio de sus funciones.

Tabla 28 Listado de tareas estandarizables

LISTADO DE TAREAS		
ITEM	TRABAJOS REALIZABLES POR OPERADORES	MANTENCION
1	Medicion de vibraciones Bombas y motores	preventiva
2	Revisión de trabajo termodinámico de trampas de vapor	preventiva
3	Mantenimiento y cambio de filtros de hasta 4"	preventiva
4	Cambio de empaquetaduras y pernos en pipping	preventiva
5	cambio de aceite en descanso de motores y bombas	preventiva
6	cambio de valvulas en proceso hasta 2"	preventiva
7	autorización y desautorización de motores	preventiva

Fuente; elaboración propia en base a encuesta a expertos ERA 2015

Estos trabajos realizables por el operador permitirían disminuir el tiempo de respuesta en un 4,46% (de un total de Horas 4704 mensuales), que es utilizado por concepto de tramitación de permisos y autorización de ingreso al área para esas labores, lo que representaría una disminución del gasto de \$ 7.560.000 en mano obra entre el personal contratista que realiza el trámite y el supervisor que visa el permiso (formula 6,\$9000 Hr/cp) , además por concepto del costo de asignación de estos trabajos a una empresa externa, lo cual representa aproximadamente el 0,84% del costo total de mantenimiento preventivo y correctivo, que son por concepto de prestación de servicio por estas tareas, se traduciría en una disminución de \$10.753.344.- ( costo \$2286 Hr/cp por 7 tareas por 168 semanales por 4 semanas de trabajo, de un total de \$1.276.839.428.- por concepto de mantención total), estos costos anualmente lograrían una disminución total de \$219.760.128.-

### 4.4.- Capacitación de operadores con enfoque al mantenimiento autónomo.

El plan de capacitación comienza con la conformación de un equipo de trabajo que designaría las tareas que deben ser consideradas como mejoras enfocadas que estarían al alcance del operador de cada planta.

El factor económico de cualquier proyecto es uno de los aspectos más importantes respecto a la viabilidad y éxito del proyecto. En el caso de implementar el TPM en ERSA, el factor económico es importante, pero no concluyente ya que no se requiere invertir grandes sumas de dinero para implementar los pilares que el programa requiere, sino, se busca optimizar los recursos que la compañía dispone para la mantención de los activos de

la planta de manera de obtener la eficiencia en la operación, la disponibilidad de los equipos y sistemas y garantizar condiciones seguras de trabajo.

De acuerdo a lo anterior se realiza un calendarización de la capacitación para los equipos involucrados en la realización futura de las “**Mejoras Enfocadas**” y “**Mantenimiento Autónomo**”. Para esto se considera al 72% de los operadores de cracking catalítico los cuales estarían dispuestos en 9 jornadas de 8 hrs. para completar el plan de capacitación, las cuales serían alcanzables en 3 meses de acuerdo a la calendarización expuesta en el capítulo calendarización.

Los costos asociados al plan de capacitación para las mejoras enfocadas y el mantenimiento autónomo tienen un valor de \$ 81.955.000 lo cual considera las horas de capacitación, útiles usados y el valor de las horas de capacitación, y representa un 2,6 % respecto al gasto total de mantenimiento (\$ 3.830.518.284.-), para los tres meses que duraría el programa

#### **4.5.- Disminución del costo y el tiempo en la realización de ASR.**

##### **(Estandarización de tareas)**

La realización de los Análisis sistemáticos de riesgos es una tarea tediosa que se lleva y consume una enorme cantidad de recursos en los que respecta al personal involucrado a una tarea crítica en el periodo analizado se realizaron un total de 57 ASR, que en total representan un costo Anual asociado de \$ 425.889.945.- que representa el 2,78% del costo total anual de mantención que asciende a \$ 15.322.073.136.- esta disminución se lograría gracias a un plan de estandarización de tareas, que tendría que estar conformado por un equipo multidisciplinario de personas, los costos asociados por este concepto no es materia de este análisis.

Tabla 29.- Resumen de costo de ASR

Concepto de Trabajo que genera el ASR	Cantidad	Costo Asociado (\$)
Trabajos en caliente	11	4.841.265
Trabajos con Gases tóxicos	11	4.688.026
Trabajos con productos corrosivos	12	16.564.265
trabajos con instrumentos Gases tóxicos	5	8.487.570
trabajos en Bombas con H2S	14	36.400.531
	Sub-total	70.981.657
	Total	425.889.945

Fuente; elaboración propia en base a costos por actividad ASR

En síntesis la disminución del costo total de los trabajos de mantenimiento aplicando la “**Mejora Enfocada**” y el “**Mantenimiento Autónomo**” en las actividades descritas anteriormente ascienden a la suma de \$219.760.128 y \$ 425.889.925 respectivamente lo cual representa un 4,21% del total de los gastos anuales de mantención en la unidad de cracking catalítico de ERA, para esto se debería incurrir en los gastos de

“Capacitación” que ascienden a \$81.955.000. Se aprecia que la implementación de un programa de TPM retornara 7,8 veces el gasto que representa la capacitación y la conformación de los equipos de trabajo.

#### **4.6.- Análisis de los resultados encuesta a personal ERA**

La finalidad de practicar una encuesta a los involucrados en trabajos de mantención, es para determinar lo puntos de fortaleza y debilidad que tenga la organización, respecto a los trabajos de mantenimientos correctivo y preventivos, que involucre a los actores principales del área de mantención y operaciones.

##### **A. Análisis de resultados Encuesta a expertos sobre sistema de gestión aplicable**

La encuesta arrojó los siguientes resultados de acuerdo a cada una de las 10 preguntas realizadas al personal ERA (ver anexo A.)

Pregunta 1:

Se pudo apreciar que hay un 100% de interés en implementar estrategias de gestión que permitan mejorar los resultados en las mantenciones preventivas y correctivas de las planas de proceso.

Pregunta 2:

Se pudo establecer que el 100% de los encuestados cree que hay oportunidad de mejora en los procesos de mantenimiento que se utilizan actualmente.

Pregunta 3:

Se pudo establecer que el 58% de los encuestados cree que los tiempos planificados se pueden mejorar.

Pregunta 4:

Se pudo establecer que el 75% cree que no existe una capacitación adecuada respecto a las tareas de mantenimiento que puede realizar el operador.

Pregunta 5:

El 67% de los encuestados cree que hay una baja integración entre las especialidades involucradas en las tareas de mantención.

Pregunta 6:

El 75% de los encuestados no tiene una visión clara de las tareas que pueden ser realizadas por el personal de operaciones.

Pregunta 7:

El 67% de los encuestados reconoce que la dotación no es la adecuada en ciertos trabajos.

Pregunta 8:

El 75% de los encuestados cree que existe poca documentación que pueda fortalecer el proceso de Mejora Continua en trabajos de mantenimiento.

Pregunta 9:

Se pudo establecer que el 58% de los encuestados tiene un bajo conocimiento en software de gestión.

Pregunta 10:

Se pudo establecer que el 50% de los encuestados tiene conocimiento de algún sistema de gestión.

### **B. Problemas detectados**

1. No existe una identificación de las tareas que pueden ser llevadas a cabo por personal de operaciones como parte de su rutina diaria de trabajo.
2. A pesar de tener conciencia que existen nuevas formas de hacer gestión en los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivos, no se han realizado mejoras en el actual sistema.
3. Actualmente se realizan muchas tareas que traban el sistema de trabajo, haciéndolo más engorroso y lento.
4. Existe baja cohesión de trabajo en equipo entre mantención y operaciones para llevar a cabo trabajos de mantenimiento.
5. No existe un buen control de tiempos y tareas realizadas en trabajos de mantención y las tareas anexas de gestión de permisos.
6. No hay una estructura de gestión definida.

## Conclusiones

En el presente capítulo se muestran las conclusiones y recomendaciones finales del trabajo de título, Primero se presentan las respuestas a los objetivos planteados partiendo por los específicos para terminar con el general. Para concluir este capítulo se enumerarán una serie de recomendaciones y a su vez las limitaciones del estudio, con el propósito de sugerir y/o buscar mejoras para el área de cracking catalítico de Enap ERA.

### Conclusiones

El presente trabajo se enmarcó en los trabajos de mantención correctiva realizados en el área de cracking catalítico de Enap ERA, y se desarrolló en base a tres objetivos específicos, con lo cual se obtuvo lo siguiente:

Se diagnosticó la situación actual del proceso de mantención, para la identificación del problema, con lo cual se pudo determinar costos de tareas, tiempos muertos y reasignaciones de personal. Por medio de las metodologías aplicadas se logró cuantificar la situación actual respecto de los costos de mantención obteniendo valores como; costo total mantención anual; \$15.322.073.136, número de trabajos realizados; 2088, promedio de ASR's realizados por mes; 264, promedio del costo de ASR's mensual; \$35.490.835, proyección anual; \$425.889.906, lo que representa un 2,77 % del costo de mantenimiento. El costo de trabajos realizables por el operador es de aproximadamente un 1,43% de los costos de mantención, llegando a la suma de \$ 219.760.128 anual, trabajo que podría ser realizado en su totalidad por personal interno, sin revestir éste en un costo adicional, salvo el referente a la capacitación requerida para su realización.

Se identificaron las causas e impactos del problema, para definir propuestas de mejora, basadas en la "cultura" interna de Enap, las causas determinadas son:

-Por parte del personal: desconocimiento de los trabajos, falta de dotación, falta de seguimiento en los trabajos, falta de experiencia del personal.

-Por parte de materiales y suministros: stock deficiente, materiales no cumplen con la calidad, entrega inoportuna de materiales.

-Métodos de trabajo: falta de procedimientos para tareas repetitivas, exceso de tiempo y recursos utilizados para los ASR del área, falta de estandarización de tareas, asignación de personal.

Todas estas causas detectadas impactan negativamente en el proceso de mantención, ya que provocan aumento de tiempo de la realización de un trabajo determinado, y en consecuencia un aumento del costo por concepto de mantención.

Se propuso mediante TPM mejoras al proceso de mantención, las mejoras desarrolladas y propuestas son:

1. **Listado de tareas críticas**, como lo son trabajos con aire en línea, trabajos instrumentales con gases tóxicos, trabajos en altura, trabajos de limpieza con agua a alta presión, trabajos con electricidad, lo cual modifican y/o complementan matrices de riesgo existentes, se desarrollaron planillas de control de tareas como; Lubricación y Aseo de la planta, y se generó una tarjeta de reporte TPM.

2. **Listado de tareas estandarizables**, para las cuales es posible desarrollar procedimientos de trabajo escritos, este listado incluye las siguientes tareas; utilización de aire en línea, trabajos en caliente, uso de máquina fotográfica, trabajos con productos corrosivos, trabajos con gases tóxicos, uso de taladros, uso de esmeril angular, máquinas de torque en áreas clasificadas, etc., lo que impactará en forma directa en la disminución de tiempo en la realización de trabajos y en el costo de éstos.

3. **Procedimiento de trabajo estandarizado**, orientado a mejorar (disminuir) los tiempos de ejecución de una tarea rutinaria, con lo cual se lograría disminuir costos y aumentar la disponibilidad de personal. El procedimiento desarrollado es; “Carguío de Per cloro Etileno”.

4. **Listado de tareas realizables** por el operador en apoyo al proceso de mantenimiento, el cual incluye tareas como; medición de vibraciones, autorización y desautorización eléctrica de motores, cambio de aceite y lubricación, etc.

5. **Malla de capacitación** ad-hoc con el concepto de mantenimiento autónomo propuesto por TPM. Esta malla de capacitación basada en norma api 750, complementada con formación antigua de operadores (curso utfsm) y experiencia de operadores, con la cual se obtuvo ramos básicos y aplicados tales como: mecánica de fluidos, principios de procesos, principios químicos, etc. La malla completa y programas de contenidos se presenta en extenso más adelante en “documentación generada”.

## 5.1. Recomendaciones

Mediante el proceso de análisis causa raíz se determinó como acción a realizar la verificación de brechas de competencias y la capacitación al personal, para esto se debe realizar las siguientes acciones:

- Creación de un instrumento de medición de competencias laborales de conocimientos y habilidades, esta debe ser realizada entre profesionales de la educación e instructores de terreno, con el fin de obtener un instrumento integral en lo práctico y en lo teórico.
- Efectuar la evaluación mediante el instrumento de medición, dividido en una evaluación en aula y otra en terreno.
- Determinación de brechas de manera individual y grupal, con el fin de determinar los cursos y capacitaciones a realizar.
- Realización de cursos asociados a las brechas detectadas en esta evaluación.

La organización no debe permitir que la experiencia de los cientos de trabajadores que posee se pierda con el tiempo, es por esto que esta metodología permite rescatar estas experiencias y lograr una metodología de mantenimiento, en donde los trabajadores se sientan partícipes y reconocidos y no solo como un documento y/o una actividad más, Enap tiene la gran oportunidad de utilizar al personal y sacarle el máximo rendimiento, ya que en la última encuesta de clima laboral realizada, un porcentaje de 20% (valor crítico) estima que existe reconocimiento no monetario en la empresa, y en contraste un 65% (valor positivo) se manifiesta Identificado y comprometido con la Empresa, por lo que la participación de éstos y la importancia de los mismos sería un factor clave de éxito.

En resumen los trabajos de cracking catalítico carecen un sistema de estandarización de tareas y un control de cierre de trabajos lo que redundará en un aumento de costo que no ha sido evaluado y una reasignación de recursos que no lleva un seguimiento.

Existe una enorme cantidad de trabajos que no son reportados por personal de mantención ERA, lo que genera una incertidumbre en la finalización de la tarea, así también existe una gran cantidad de tiempo perdido debido a la realización de procedimientos los cuales podrían ser optimizados, por último se nota una falta de personal disponible para nuevas tareas debido a esta doble asignación de trabajos, esto da la oportunidad de proponer mejoras orientadas a corregir el impacto que estas deficiencias producen. Las metodologías seleccionadas fueron previamente estudiadas, analizadas y seleccionadas a través de tablas de decisiones que reúnen las características ideales para abordar cada objetivo.

La metodología consiste en primero recurrir a la técnica de Pareto para cuantificar la cantidad de trabajos que no son reportados y son reasignados, sus causas, y el orden de importancia, luego se lleva a una diagrama de causa-efecto para poder definir las causas raíces de la problemáticas mencionadas, una vez obtenidos estos datos se cuantifica mediante el costeo tradicional el impacto económico de estas falencias.

Para la elaboración de un plan de revisión y mejora de los procedimientos de control interno de la empresa se proponen mejoras basadas en TPM, considerando las características de los procesos y la naturaleza de los factores que interactúan en el proceso de operación y mantenimiento de la planta. Es importante señalar que para garantizar una mejora efectiva y sustentable en el proceso de mantenimiento de los activos y una buena gestión de los trabajos tanto del personal de Enap como de empresas contratistas, debe existir el compromiso de toda la organización que permita enfocar los esfuerzos en función de cumplimiento de objetivos comunes. Según la teoría, se estima que se podrían reducir los gastos en mantenimiento, tanto por concepto de reducción de fallos al implementar acciones predictivas por parte de operadores y mantenedores, y reducir las HH perdidas al optimizar los tiempos de tramitación y obtención de permisos de trabajo al lograr que esta última gestión sea más expedita al actualizar los actuales protocolos de Análisis e identificación de peligros y riesgos, por otra parte la posible implementación de un programa de mantenimiento integral como lo es el TPM, aplicado en forma transversal en la organización, aseguraría la participación y compromiso de todas las áreas de la empresa que tengan incidencia en la cadena de valor de la producción. Lo anterior como parte de la planificación estratégica de la empresa, orientada a resultados a corto, mediano y largo plazo. Es importante considerar en todo momento, la revisión de aspectos legales en temas de seguridad y aspectos ambientales, la actualización de software, nuevas tecnología y nuevas prácticas, de manera de asegurar que el ciclo de mejora continúa sea eficiente en función del éxito de la empresa y su competitividad en la industria nacional e internacional.

En síntesis, por medio de las mejoras propuestas al proceso de mantención de Cracking Catalítico de Enap Refinería Aconcagua, mediante la utilización del método TPM en tres de sus dimensiones, permitiría en su implementación (futura) una disminución del costo de mantención correctiva en un 4,21%, y a su vez la disminución de tiempos muertos generados básicamente por la falta de estandarización, lo cual equivale aproximadamente a una cifra de \$645.560.073 por año para el período 2014-2017, definido para el presente trabajo.

**ANEXOS**

**ANEXO A:**  
**Encuesta expertos**

Especialidad	RESULTADO																						
	Operaciones				Mantención				Personal Contratista														
	Encuestados		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	%								
Preguntas	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO							
1. ¿Existe interés por implementar nuevas estrategias de gestión en el ámbito de mantención preventiva y correctiva en ENAP?	x		x		x		x		x		x		x		100%	0%							
2. ¿Cree Ud que exista alguna oportunidad de mejora en los procesos de mantenimiento que se utilizan actualmente?	x		x		x		x		x		x		x		100%	0%							
3. ¿Los tiempos requeridos para los trabajos de mantenimiento realizado son posibles de optimizar?	x		x		x		x		x		x		x		58%	42%							
4. ¿Existe alguna capacitación dirigida al personal de operaciones que permita mejorar el actual sistema de mantenimiento?	x		x		x		x		x		x		x		75%	25%							
5. ¿Existe una buena integración entre el personal contratista y personal ERA para trabajos de mantenimiento?	x		x		x		x		x		x		x		33%	67%							
6. ¿Existe una vision respecto a cuales tareas pueden ser realizadas por el personal de operaciones?	x		x		x		x		x		x		x		25%	75%							
7. ¿Existe una buena dotación y el personal idóneo en operaciones, mantención y personal contratista para realizar trabajos en un Paro de Planta?	x		x		x		x		x		x		x		33%	67%							
8. ¿Existe documentación que permita fortalecer el proceso de mantenimiento?	x		x		x		x		x		x		x		25%	75%							
9. ¿Existe apoyo mediante algún software para llevar un buen control de los trabajos de mantenimiento?	x		x		x		x		x		x		x		42%	58%							
10. ¿conoce Ud. Algun tipo de sistema de gestion para la mantencion?	x		x		x		x		x		x		x		50%	50%							
	Jefe de Planta		Op. Jefe		Op. TDC		Op. Terreno		Jefe de Planificación		Planificador		Inspector (1)		Inspector (2)		Jefe de paro		Capataz		Maestro 1era		Maestro 2da

Fuente; Elaboración propia

Tabla 30.- Preguntas expertos

<b>Preguntas</b>	
1	¿Existe interés por implementar nuevas estrategias de gestión en el ámbito de mantenimiento preventiva y correctiva de ENAP?
2	¿Cree usted que exista alguna oportunidad de mejora en los procesos de mantenimiento que se utilizan actualmente?
3	¿Los tiempos requeridos para los trabajos de mantenimiento realizado son posibles de optimizar?
4	¿Existe alguna capacitación dirigida al personal de operaciones que permita mejorar el actual sistema de mantenimiento?
5	¿Existe una buena integración entre el personal contratista y personal ERA para trabajos de mantenimiento?
6	¿Existe una visión respecto a cuáles tareas pueden ser realizadas por el personal de operaciones?
7	¿Existe una buena dotación y el personal idóneo en operaciones, mantención y personal contratista para realizar trabajos de mantención?
8	¿Existe documentación que permita fortalecer el proceso de mantenimiento?
9	¿Existe apoyo mediante algún software para llevar un buen control de los trabajos de mantenimiento?
10	¿Conoce usted algún tipo de sistema de gestión para la mantención?

Fuente; elaboración propia en base a expertos ERA

**ANEXO B:****Tablas de costos trabajos área de Cracking catalítico.**

<b>ALQUILACION</b>	TRABAJADORES (EJECUTANTES)	HORAS	VALOR PROMEDIO H.H	TOTAL \$	N° TRABAJOS
ERA	89	668,25	3.429	203.911.714	83
ACONCAGUA	40	76,75	1.829	5.613.714	8
BEC	24	95	1.714	3.908.571	10
BETTOLLI	18	27	2.114	1.027.543	3
CATOX	64	148	2.286	21.650.286	18
GPI	9	11	2.286	226.286	3
IDIEM	98	199	2.286	44.576.000	22
IMA	36	80,5	2.286	6.624.000	12
NEXXO	12	19,5	2.000	468.000	3
PRIM CLIMA	8	11,5	1.714	157.714	4
<b>TOTAL \$ S/ERA</b>				<b>52.052.000</b>	
<b>TOTAL \$ C/ERA</b>				<b>\$ 255.963.714</b>	<b>20,34%</b>

<b>CRACKING</b>	TRABAJADORES (EJECUTANTES)	HORAS	VALOR PROMEDIO H.H	TOTAL \$	N° TRABAJOS
ERA	125	907,75	3.429	389.035.714	116
ACONCAGUA	27	51	1.829	2.517.943	7
BEC	78	273	1.714	36.504.000	32
OTROS	17	47	1.714	1.369.714	8
CATOX	2	5,25	2.286	24.000	1
GPI	18	42	2.286	1.728.000	6
IDIEM	76	132,5	2.286	23.017.143	16
IMA	62	185	2.286	26.217.143	25
NEXXO	87	172	2.000	29.928.000	21
<b>TOTAL \$ S/ERA</b>				<b>80.890.286</b>	
<b>TOTAL \$ C/ERA</b>				<b>\$ 469.926.000</b>	<b>17,21%</b>

**26,37%**

<b>PTA ACIDO</b>	TRABAJADORES (EJECUTANTES)	HORAS	VALOR PROMEDIO H.H	TOTAL \$	N° TRABAJOS
ERA	34	250	3.429	29.142.857	33
ACONCAGUA	28	51,5	1.829	2.636.800	7
BEC	2	9	1.714	30.857	1
BETTOLLI	6	10	2.114	126.857	1
CATOX	4	9,5	2.286	86.857	2
GPI	6	13	2.286	178.286	2
MANANTIALES	1	5,5	1.714	9.429	14
IMA	62	110,5	2.286	15.659.429	1
NEXXO	23	41	2.000	1.886.000	5
<b>TOTAL \$ S/ERA</b>				<b>17.733.143</b>	
<b>TOTAL \$ C/ERA</b>				<b>\$ 46.876.000</b>	<b>37,83%</b>

<b>3 PLANTAS</b>	TRABAJADORES (EJECUTANTES)	HORAS	VALOR PROMEDIO H.H	TOTAL \$	N° TRABAJOS
ERA	26	181,5	3.429	16.179.429	23
ACONCAGUA	10	26	1.829	475.429	3
BETTOLLI	50	56	2.114	5.920.000	6
CATOX	3	5,5	2.286	37.714	1
INTECMA	2	2,5	2.286	11.429	1
IMA	3	7,5	2.286	51.429	1
NEXXO	47	81	2.000	7.614.000	10
PRIM CLIMA	2	3	1.714	10.286	1
<b>TOTAL \$ S/ERA</b>				<b>7.687.143</b>	
<b>TOTAL \$ C/ERA</b>				<b>\$ 23.866.571</b>	<b>32,21%</b>

<b>ISOMERIZACION</b>	TRABAJADORES (EJECUTANTES)	HORAS	VALOR PROMEDIO H.H	TOTAL \$	N° TRABAJOS
ERA	78	466,5	3.429	124.755.429	61
ACONCAGUA	8	18	1.829	263.314	2
BEC	12	43	1.714	884.571	5
CATOX	6	9,5	2.286	130.286	2
GPI	6	12	2.286	164.571	2
IDIEM	133	252,5	2.286	76.760.000	29
IMA	6	38,5	2.286	528.000	6
NEXXO	64	101	2.000	12.928.000	15
<b>TOTAL \$ S/ERA</b>				<b>90.380.571</b>	
<b>TOTAL \$ C/ERA</b>				<b>\$ 215.136.000</b>	<b>42,01%</b>

<b>URA 2</b>	TRABAJADORES (EJECUTANTES)	HORAS	VALOR PROMEDIO H.H	TOTAL \$	N° TRABAJO
ERA	24	167	3.429	13.741.714	22
BEC	29	111,5	1.714	5.543.143	13
GPI	6	5	2.286	68.571	2
			-	-	
IMA	9	25,5	2.286	524.571	4
NEXXO	14	25	2.000	700.000	3
			-	-	
<b>TOTAL \$ S/ERA</b>				<b>1.293.143</b>	
<b>TOTAL \$ C/ERA</b>				<b>\$ 15.034.857</b>	<b>8,60%</b>

TOTAL MENSUAL S/ERA	\$ 250.036.285,71
TOTAL MENSUAL C/ERA	\$ 1.026.803.142,86

realizados + no cerrados S/ERA \$ 270.114.285,71  
realizados + no cerrados C/ERA \$ 1.074.431.428,57

% no cerrados S/ERA	7,43%
% no cerrados C/ERA	4,43%

ANEXO C:

Procedimiento escrito; “Carga de Per cloro etileno en plantas de procesos”

Procedimiento de Trabajo				
Trasvase de Percloroetileno en tambor de 200 lts.				
ENAP-ERA	EN FASE	01	Enap-01	Página 1 de 6

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Trasvase de percloroetileno en tambor de 200 lts.

REVISIÓN 22-07-2016

Revisión N°	Descripción de la Revisión
U	Edición Inicial

Revisión N°	Preparó		Revisó		Aprobó	
	Fecha	Firma	Fecha	Firma	Fecha	Firma
00	21-07-16	Juan Pérez				

La utilización de este documento por otros, no está permitida, sin previo consentimiento por escrito Enap-ERA. 1

Procedimiento de Trabajo				
Trasvase de Percloroetileno en tambor de 200 lts.				
ENAP-ERA	EN FASE	01	Enap-01	Página 2 de 6

Párrafo	Contenido	Página N°
1.	Objetivos	3
2.	Alcance	3
3.	Responsabilidades	3
4.	Materiales / Equipos y Herramientas a utilizar	3-4
5.	Procedimiento para Trasvase de Percloroetileno en tambor de 200 lts.	4-5
6.	Registros	5

1.0.- OBJETIVO

1.1.0.- Establecer los lineamientos necesarios que regulen el trasvase de Percloroetileno en tambores de 200 litros. Considerando este un trabajo de alto riesgo, se debe garantizar que las condiciones para la ejecución del trabajo sean óptimas mediante la aplicación del presente procedimiento y libre de pérdidas accidentales, evitando lesiones personales, pérdida de materiales y/o contaminación al medio ambiente.

2.0.- ALCANCE

2.1.0.- Este procedimiento se aplica a los trabajadores que realicen la operación de trasvase, quienes deben dar cumplimiento a las disposiciones establecidas en este procedimiento, y a las instrucciones en terreno recibidas por la Línea de Supervisión e Inspección ERA.

La utilización de este documento por otros, no está permitida, sin previo consentimiento por escrito Enap-ERA. 2

Procedimiento de Trabajo				
Trasvase de Percloroetileno en tambor de 200 lts.				
ENAP-ERA	EN FASE	01	Enap-01	Página 3 de 6

3.0.0.- RESPONSABILIDADES

3.1.0.- Administrador: Verificar la implementación y cumplimiento de este Procedimiento.

3.2.0.- Supervisor y Capacitador:  
Solicitar a la Supervisión Mantenimiento ERA la convocatoria a ASR. Capacitar, entrenar, evaluar a los trabajadores dejando registro de las actividades relacionadas con el trabajo. Inspeccionar y verificar que el área sea entregada por parte de ERA en condiciones seguras para la ejecución de las tareas respectivas. Dar cumplimiento a la legislación vigente y normativas de ERA. Verificar el cumplimiento de la aplicación de este Procedimiento observando el desarrollo del trabajo y evaluando la conducta del personal.

3.3.0.- Departamento de Prevención de Riesgos:  
Verificar y dar cumplimiento al presente procedimiento.

3.4.0.- Trabajadores:  
Dar cumplimiento al presente procedimiento, legislación vigente y a las normativas ERA.

4.0.0.- MATERIALES / EQUIPOS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR:

4.1.0.- Todo material, maquinaria, equipo y/o herramientas deberá ser previamente inspeccionado por el Supervisor o Capacitador a cargo del trabajo verificando que sean las adecuadas y encuentren en buen estado antes de ser utilizadas.

- Grúa Horquilla (propiedad ERA)
- Grúa Grove (propiedad ERA)
- Sistema de aire en línea.
- EPP, básico (PHSEQ-08 ERA), especial 8 traje de poluretano, respirador de 2 vías de medio rostro.
- Cinturón para demarcar área.
- Vainillas de 1/4" y 1/2" con los ojales respectivamente.
- Sistema de levante y traslado de tambores de 200 litros.
- Herramientas menores.
- Sistema de vapor ERA.

4.2.0.- En cuanto a la selección y uso de los elementos de protección personal requeridos, éstos serán los básicos (ERA PHSEQ-08), entendiéndose por ellos: casco con barboqueo, lentes de seguridad, protección auditiva, calzado de seguridad, guantes de cabritilla de puño largo. Los Elementos de Protección Personal Básico (EPPB) se complementarán con el siguiente equipamiento especial:

La utilización de este documento por otros, no está permitida, sin previo consentimiento por escrito Enap-ERA. 3

Procedimiento de Trabajo				
Trasvase de Percloroetileno en tambor de 200 lts.				
ENAP-ERA	EN FASE	01	Enap-01	Página 4 de 6

1.- Protección respiratoria:

Suministro de Aire en Línea, Respirador de medio rostro completo de dos vías. Para la utilización de protección respiratoria, es básico y elemental que el personal esté asegurado de un día.

2.- Traje de Poluretano, botas, guantes de nitrilo:  
Todos los EPP deberán ser Certificados y encontrarse en condiciones operativas y previamente chequeadas.  
El operador del camión pluma, debe estar con protección respiratoria (máscara de medio rostro de dos vías con filtros para percloroetileno).  
En cuanto a la ropa de trabajo esta debe ser 100% algodón.

5.0.0.- DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD DE TRÁNSVASE.

- o Personal involucrado (7 trabajadores): Este equipo de trabajo deberá estar calificado para la ejecución del trabajo, operativa y médicamente.
  - 1 Capacitador a cargo del trabajo.
  - 1 Operador de Grúa Horquilla y Grúa Grove.
  - 2 Mecánicos pipetteers, para el proceso de trasvase específico.
  - 2 Mecánicos pipetteers, para manipulación de tambores.
  - 1 Experto en Prevención de Riesgos.
- o Gestionar los Permisos de Trabajo correspondientes: Permiso Básico de Trabajo y Complementario de Maquinaria.
- o Charla DAS (Derecho a saber según Hoja de Seguridad de Percloroetileno), Charla 5 minutos operativa del trabajo.
- o Verificar estado de herramientas y equipos de apoyo.
- o El Supervisor y/o Capacitador coordinará al inicio del trabajo con Mantenimiento y Operaciones ERA, además coordinar con otros trabajos programados en la misma área con la Supervisión de otra Empresa.
- o Cerrar el acceso al personal no involucrado en el trabajo. Demarcar el área involucrada con cinta Peligro, dejar totalmente el acceso a la Grúa de apoyo.
- o Traslado a terreno de equipos y herramientas necesarios para la ejecución del trabajo.
- o Instalar sistema de Aire en Línea, dejar dispuesto el equipo en un lugar seguro, las mangueras deben quedar ordenadas y con suficiente holgura para despejar el área en caso de emergencia y retirarse el equipo en un lugar seguro, el Operador de Grúa deberá verificar regularmente cada 15 minutos presión y consumo de aire respirable del equipo.
- o Solicitar a Mantenimiento Operaciones ERA cortina de vapor en área de operación Grúas.

La utilización de este documento por otros, no está permitida, sin previo consentimiento por escrito Enap-ERA. 4

Procedimiento de Trabajo Trasvase de Percloroetileno en tambor de 200 lts.				
ENAP-ERA	Fecha de vigencia: en revisión	Modificación N° 01	Procedimiento N° Enap-01	Página: Página 5 de 6

- o Acopio de tambores de percloroetileno en pallets (área designada por Mantenimiento ERA). Esta tarea se realizará con grúa horquilla, el operador deberá estar capacitado con capacitación (Curso de Operador de Grúa Horquilla y Licencia clase D al día otorgada por Departamento de Tránsito, charla operativa de uso de equipos de levante).
- o Instalación de válvulas en el tambor para el trasvase; esta tarea la realizan mecánicos pipetteas con los siguientes EPP: Respirador de dos vías con filtros o cartuchos vapores orgánicos, traje de Poliuretano con resistencia química, más equipamiento de protección personal básico.
- o Traslado de tambores al punto de trasvase; esta tarea se realiza con apoyo de Grúa Grove de propiedad ERA (el operador contratista de la Grúa Grove deberá contar con autorización escrita de ERA) y dispositivo para traslado de tambores (cadena con pestillos acoradas o sistema de traslado de tambores de cinta metálica ajustable mecánicamente).
- o Instalación y retiro de tambores; conecte y/o flexibles en sistema de trasvase (según corresponda) y apriete asegurando filtración y/o derrame cargo; esta tarea la realizan 2 mecánicos pipetteas con los siguientes EPP: Sistema de aire en línea, traje de PVC más el equipamiento de protección personal básico.

Esta tarea se repite según la cantidad de tambores a trasvasar.

**5.1.0 ENTREGA DEL TRABAJO Y NORMALIZACIÓN DEL ÁREA.**

**OBSERVACION:**  
Durante el retiro del tambor del pallets soportado por el dispositivo de levante de cadenas existe el peligro de caída por falla del sistema, en este evento el Operador de la grúa deberá reportar de inmediato al Capataz a cargo, en caso de ausencia del Capataz el Operador de Grúas Informará a operaciones y a mantenimiento para actuar el sistema de Emergencia ERA, quienes trabajaran en el control de derrame. El personal restante deberá abandonar el área.  
Adjuntar Hoja de Seguridad del Percloroetileno.

**PELIGRO DE EL PERCLOROETILENO:**

El percloroetileno puede entrar en el cuerpo mediante exposición respiratoria y a través de la piel. Los síntomas asociados con la exposición son, entre otros, los siguientes:

Depresión del sistema nervioso central; daño al hígado y los riñones; deterioro de la memoria; confusión; mareos; jaquecas; somnolencia e irritación de los ojos, la nariz y la garganta. La exposición dérmica repetida puede resultar en dermatitis. NIOSH considera el percloroetileno como un posible carcinógeno humano.

Procedimiento de Trabajo Trasvase de Percloroetileno en tambor de 200 lts.				
ENAP-ERA	Fecha de vigencia: en revisión	Modificación N° 01	Procedimiento N° Enap-01	Página: Página 6 de 6

**Se adjunta Hoja de Datos de Seguridad Productos Químicos**

**5.1.1 Medio Ambiente.**

**Consultar Hoja de Datos Seguridad**

**6.0.0.- REGISTROS**

Identificación	Encargado de su custodia	Tiempo de retención
Procedimiento de Trasvase de percloroetileno en tambor de 200 lts.	Departamento de calidad	No Aplica













**ANEXO D:****Programas de entrenamiento**

<b>UNIDAD DIDACTICA 1</b>
<b>MÓDULO 15 : OPERACIÓN DE FILTROS Y COALESCEDORES</b>
<b>DESCRIPCIÓN:</b>
En este módulo el operador adquirirá los aprendizajes que le permitirán conocer y operar con seguridad y calidad los diferentes filtros presentes en la Unidad. Supone que el Operador ha tenido formación en conceptos generales de filtros.
<b>HORAS:</b>
10 horas: 4 Teóricas y 6 Prácticas
<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE</b>
Al finalizar el módulo se espera que el Operador, respecto de los filtros presentes en la Unidad, sea capaz de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los diferentes tipos de filtros.</li> <li>• Conocer el objetivo de los tipos de filtros.</li> <li>• Conocer las partes principales de los filtros.</li> <li>• Conocer los Internals de los filtros.</li> <li>• Conocer el producto filtrado.</li> <li>• Conocer su instrumentación.</li> <li>• Conocer los riesgos asociados a los filtros.</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento de los filtros de acuerdo a las condiciones de operación.</li> <li>• Efectuar las comunicaciones necesarias para corregir desviaciones de un correcto funcionamiento de los filtros.</li> <li>• Dejar fuera servicio y/o dejar en servicio los filtros siguiendo los procedimientos operativos con seguridad.</li> <li>• Entregar y/o recibir de mantención los filtros, siguiendo los procedimientos operativos con seguridad.</li> </ul>
<b>CONTENIDOS</b>
<b>CONCEPTUALES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de los filtros</li> <li>• Riesgos presentes en la operación de los filtros.</li> <li>• Riesgos presentes en la puesta en servicio de los filtros.</li> <li>• Riesgos presentes al dejar fuera de servicio los filtros.</li> <li>• Riesgos presentes en la entrega y recepción de los filtros a/de mantención.</li> <li>• Elementos de protección personal necesarios para operar los filtros.</li> </ul>

- Filosofía del procedimiento de bloqueo.
- Condiciones de normalidad y anormalidad de los filtros.

### **PROCEDIMENTALES**

- Procedimiento de puesta en servicio de un filtro con seguridad.
- Procedimiento para dejar fuera de servicio un filtro con seguridad.
- Procedimiento sistema de bloqueo
- Procedimiento de entrega de los filtros a mantención con seguridad.
- Procedimiento de recepción de los filtros de mantención con seguridad
- Prueba de martillo.
- Accidentes e incidentes ocurridos en la unidad, refinería u otras refinerías.
- Protocolo de comunicación con TDC para asegurar un correcto funcionamiento de los filtros.

### **ACTITUDINALES**

- Respeto a las normas (Uso de EPP y seguir procedimientos)
- Comunicación.
- Coordinación.
- Trabajo en equipo.

### **METODOLOGÍA**

- Contenidos conceptuales deben ser entregados en sala de clases.
- Contenidos procedimentales y actitudinales deben ser entregados en sala de clases y en terreno, entregando los procedimientos y las actitudes necesarias para realizarlo en la sala, chequeándolo en terreno.
- Al revisar los accidentes e incidentes ocurridos anteriormente en la Unidad en la Refinería o en otras Refinerías, se deben revisar las experiencias ocurridas focalizándose en los aprendizajes logrados a partir de ellas

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Manual de operación
- Instrucciones de operaciones
- Planos de equipos.
- Docushare.
- Listado de blinds

<b>UNIDAD DIDACTICA 1</b>
---------------------------

<b>MÓDULO 6: Medición de vibraciones</b>
--

<b>DESCRIPCIÓN:</b>
---------------------

<p>En este módulo el operador adquirirá los aprendizajes que le permitirán conocer y dominar los conceptos básicos para la medición de vibraciones en los equipos rotativos de la unidad de cracking. Supone que el Operador ha tenido formación básica en bombas y compresores.</p>
--

<b>HORAS:</b>
---------------

24 horas: 8 Teóricas y 16 Prácticas
-------------------------------------

<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE</b>
----------------------------------

<p>Al finalizar el módulo se espera que el Operador, respecto de las válvulas presentes en la Unidad, sea capaz de:</p>
---

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los diferentes fenómenos que involucran las vibraciones</li> <li>• Conocer los conceptos físicos y mecánicos de vibración y ondas.</li> <li>• Reconocer las partes principales</li> <li>• Visualizar status estándar de los equipos rotativos de cracking</li> <li>• Visualizar problemáticas derivadas del análisis vibracional</li> <li>• Operar equipos de vibración mecánica.</li> <li>• Entrega información derivada del análisis previo</li> <li>• Verificar correcto funcionamiento acorde a condiciones de operación</li> <li>• Realizar las comunicaciones necesarias para verificar el correcto funcionamiento</li> <li>• Entregar a mantención los equipos que representen un riesgo en la operación.</li> <li>• Realizar las comunicaciones necesarias para verificar el correcto funcionamiento los equipos rotatorios</li> </ul> |
|---|

<b>CONTENIDOS</b>
<b>CONCEPTUALES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vibración y ondas.</li> <li>• Interpretación física de las ondas.</li> <li>• Riesgos presentes en la entrega y recepción de equipos rotativos a mantención.</li> <li>• Elementos de protección personal necesarios para operar equipos.</li> <li>• Filosofía del análisis vibracional.</li> <li>• Condiciones mecánicas estándar de bombas y compresores.</li> </ul>
<b>PROCEDIMENTALES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner en funcionamiento bombas.</li> <li>• Procedimiento de operación de los distintos equipos de análisis vibracional.</li> <li>• Entregar equipos a mantención operativamente y con seguridad.</li> <li>• Conceptos básicos de mecánica.</li> <li>• Protocolo de comunicación con TDC para asegurar correcta operación de válvulas.</li> </ul>
<b>ACTITUDINALES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respeto por las normas y procedimientos.</li> <li>• Comunicación.</li> <li>• Coordinación.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Atención.</li> </ul>
<b>METODOLOGÍA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenidos conceptuales deben ser entregados en sala de clases.</li> <li>• Contenidos procedimentales y actitudinales deben ser entregados en sala de clases y en terreno, entregando el procedimiento y las actitudes necesarias para realizarlo en la sala y chequeándolo en terreno.</li> </ul>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libro de física aplicada.</li> <li>• Mecánica de ondas.</li> <li>• Manual de bombas y compresores.</li> </ul>

**ANEXO E:****Perfil básico del Instructor de operaciones****INSTRUCTOR**

Podrá cumplir el rol de instructor un Operador multiplanta, Operadores TDC, Supervisores de terreno; Operadores jefe, Supervisor de operaciones, o Jefes de turno, con al menos 12 años de experiencia en operaciones y que aprueben el proceso de selección dispuesto para ello. Esto se basa en el actual desarrollo del departamento de operaciones, en el cual un operador de terreno concluye tal desarrollo a los 12 años de antigüedad, y apoyado por requerimiento de la norma API 750.

Sus principales funciones serán

- 1.- Participar de capacitaciones que mejoren y/o entreguen herramientas para su función
- 2.- dictar los módulos de la Etapa de entrenamiento modulado
- 3.- Coordinar con otros relatores de Entrenamiento
- 4.- mantener actualizados los módulos y evaluaciones
- 5.- Mantener actualizados los manuales de operación
- 6.- Realizar gestión del conocimiento a través de captura de experiencias y aprendizajes de los operadores en casos de evaluación
- 7.- Mantener actualizados los procedimientos relacionados con los entrenamientos

**7 Bibliografía**

- [https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento\\_productivo\\_total](https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_productivo_total)
- <https://www.alcion.es>
- <https://www.ceroaverias.com>
- <http://www.maintenance.com>
- <https://www.enap.cl>
- <http://www.google.com>
- Guía MTD en España Sector Refino-CA3011F7BAF05D92
- Memoria ERSA 2014 WEB
- RCM, [http://standards.sae.org/ja1011\\_199908/](http://standards.sae.org/ja1011_199908/)
- RCM, [http://standards.sae.org/ja1012\\_200201/](http://standards.sae.org/ja1012_200201/)
- PM, Lluís Cuatrecasas, TPM Gestión 2000
- API 750, <http://es.slideshare.net/SalmanAjweh/api-750-1990>

