

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**MEJORA DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO
DE LA REFINERÍA CAJAMARQUILLA S. A.**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

FREDDY NAUMANN MARCHÁN CABRERA

PROMOCION 2006 - I

LIMA - PERU

2010

ÍNDICE

PROLOGO	1
CAPITULO 1: INTRODUCCION	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Objetivos	4
1.3. Alcance	5
CAPITULO 2: MARCO TEORICO	6
2.1. Generalidades	6
2.2. Evolución de Mantenimiento	6
2.3. Tipos de Mantenimiento de los Equipos	8
2.3.1. Mantenimiento Reactivo o Correctivo (a la falla)	8
2.3.2. Mantenimiento Preventivo o Programado	9
2.3.3. Mantenimiento Predictivo, Sistemático o por Condición	9
2.3.4. Mantenimiento Proactivo	9
2.3.5. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	9
2.4. Conceptos y terminología básica en Mantenimiento	10
2.5. Gestión de Mantenimiento	13
2.5.1. Estrategia y Procesos del Negocio	14
2.5.2. Pilares de Mantenimiento en el sistema de Gestión de Votorantim	16
CAPITULO 3: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ACTUAL	18
3.1. Descripción del Macroproceso de la Refinería	18

3.1.1.	Planta de Tostación - Acido	18
3.1.2.	Planta de Hidrometalurgia	19
3.1.3.	Planta de Electrometalurgia	21
3.1.4.	Plantas Auxiliares	21
3.1.5.	Productos de Zinc y Principales Indicadores de Producción	22
3.2.	Organización de Mantenimiento en la Refinería de Cajamarquilla	23
3.2.1.	Modelo de Gestión de Mantenimiento	23
3.2.2.	Pilares de Mantenimiento	23
3.2.2.1.	Gerencia de Mantenimiento	23
3.2.2.2.	Planeamiento, Programación, Control e informatización de Mantenimiento (PPCIM)	24
3.2.2.3.	Preventivo – Predictivo	24
3.2.2.4.	Confiabilidad	24
3.2.2.5.	Ejecución de Mantenimiento	24
3.2.2.6.	Mantenimiento Autónomo	25
3.2.2.7.	Stocks de Mantenimiento	25
3.2.3.	Procesos de Mantenimiento	26
3.2.4.	Indicadores de los Pilares de Mantenimiento	30
3.3.	Pilar de Mantenimiento Preventivo - Predictivo	32
3.3.1.	Identificación, Jerarquía Criticidad de Equipos	32
3.3.2.	Planes de Mantenimiento	36
3.3.3.	Procedimientos	36
3.3.4.	Fichas Técnicas	37
3.3.5.	Indicadores de mantenimiento Preventivo – Predictivo	37
3.3.5.1.	Indicador de Cumplimiento de Plan Preventivo – ICPMP	37
3.3.5.2.	Indicador de Cumplimiento de Plan Predictivo – ICPPD	37

3.3.5.3.	Indicador de Disponibilidad – Tostación	37
3.4.	Alcance del proyecto de mejora de Estrategia de Mantenimiento	38
3.4.1.	Planta Actual 160K	38
3.4.2.	Planta Nueva 320K	38

CAPITULO 4: IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA

ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO 39

4.1.	Planeamiento	39
4.1.1.	Estructura de Implementación (WBS)	39
4.1.2.	Cronograma de Implementación	41
4.1.3.	Estrategia de Mantenimiento	43
4.2.	Entregables de Proyecto de mejora de la estrategia del mantenimiento	45
4.2.1.	Jerarquía y Criticidad de Equipos	45
4.2.2.	Planes de Mantenimiento	56
4.2.3.	Procedimientos de Mantenimiento	62
4.2.4.	Fichas Técnicas de Equipos	64

CAPITULO 5: EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA 68

5.1.	Evaluación de Indicadores de Mantenimiento antes y después de la implementación – Análisis Técnico	68
5.1.1.	Indicador de Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo – ICPMP	68
5.1.2.	Indicador de Cumplimiento de Predictivo – ICPPD	69
5.1.3.	Indicador de Disponibilidad – Tostación	69
5.2.	Análisis Económico	70

CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	76
APÉNDICE	77
GLOSARIO	

PRÓLOGO

El presente trabajo nace por la necesidad de implementar la gestión de mantenimiento a los equipos nuevos que el Proyecto de Ampliación 320K a ejecutarse en la Refinería Cajamarquilla durante los años 2008 y 2009, y que entraría en operación el año 2010.

El trabajo está dividido en 5 capítulos:

En el **capítulo uno** se habla con más detalle de cómo nació este trabajo, los objetivos que se pretende alcanzar, y cuál es el alcance que este tiene.

En el **capítulo dos** se habla de todo el fundamento teórico que soporta los temas tratados en el presente informe. Se brindan conceptos generales de mantenimiento para poder entender la terminología utilizada en el resto del trabajo.

En el **capítulo tres** se toca la gestión de mantenimiento que se lleva en la empresa, cómo esta organizada el área de Mantenimiento, cuáles son los objetivos de cada una, y como interactúan para conseguir la preservación de los equipos.

En el **capítulo cuatro** se desarrollan los entregables de este proyecto, se muestran los pasos seguidos en cada uno y se hacen comparaciones entre el antes y el después de la implementación del proyecto.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La Refinería Cajamarquilla fue inaugurada en el año 1981 por el estado peruano y comenzó sus operaciones bajo el control de la empresa Minero Perú. Posteriormente fue adquirida por el consorcio canadiense-japonés Teck Cominco – Marubeni en el año 1994; y finalmente la brasileña Votorantim Metais adquirió la refinería en el año 2005. La planta ha ido incrementando su capacidad de producción de zinc refinado hasta llegar en el año 2008 a las 160K Ton por año de capacidad instalada, además de contar con un proyecto de expansión para duplicar la capacidad productiva a 320K Ton a partir de junio del 2010.

Como parte de la gestión que requiere la compañía para su operación y funcionamiento integral, el mantenimiento de la planta, y sobretodo de los equipos industriales juega un papel importante. Desde sus inicios la gestión de mantenimiento se llevó en base a las ubicaciones técnicas de los equipos – es decir, el espacio físico que ocupan en planta – y no en base a los códigos de los equipos como activos inmovilizados. Por lo tanto las acciones de mejora de tienen un enfoque parcial, ya que se dirigen a una ubicación y no al equipo. El presente trabajo busca construir y consolidar las bases para implementar una gestión de activos eficiente.

Actualmente la metodología utilizada para la elaboración de planes de mantenimiento es el RCM (Reliability Centered Maintenance) para los equipos de la planta actual (160K), esto implica el levantamiento de información de los equipos en cuanto a su criticidad, jerarquía en el proceso y de equipos, data técnica, procedimientos de mantenimiento y lista de repuestos; sin embargo no se ha aplicado esta metodología a todos los equipos. Con el Proyecto de Expansión 320K nace la necesidad de implementar el Plan de Mantenimiento con RCM para los equipos nuevos a ser instalados. En consecuencia se ha visto necesario hacer una revisión de la estrategia a utilizar para la planta antigua y el acoplamiento de los equipos nuevos a la gestión actual, con la finalidad de optimizar los recursos disponibles para el mantenimiento de la planta. Cabe mencionar que este trabajo estaba previsto realizarlo en un tiempo muy corto para la magnitud que representa el Proyecto de Expansión 320K.

1.2. Objetivos

Mejorar la Estrategia de Mantenimiento aplicada a los equipos de la Refinería Cajamarquilla, garantizando la disponibilidad de los equipos y la continuidad operacional de la planta, optimizando el uso de los recursos disponibles para mantenimiento.

Construir una base de información alineada a los objetivos de negocio de Votorantim Metais para los equipos y componentes de las plantas 160K y 320K de la refinería Cajamarquilla aplicando el RCM.

1.3. Alcance

El alcance del proyecto solo abarca los equipos actuales que producen las 160K Ton de zinc refinado al año, y los nuevos equipos que entraran en funcionamiento a plena carga en junio de 2010 con el Proyecto de Expansión 320K. Esto incluye: las plantas de Tostación – Ácido (Almacenamiento de Concentrados, Tostación, Ácido Sulfúrico, Tratamiento de Efluentes, planta de Ósmosis Inversa), la planta de Hidrometalurgia (Lixiviación, Purificación, Flotación Pb-Ag, planta de Cadmio, refinería de Indio), la planta de Electrometalurgia (Electrólisis, Fusión y Moldeo, Polvo de Zinc, Tratamiento de Dross) y la planta de Utilidades (energía, vapor, aire industrial e instrumental, tratamiento de agua).

El presente informe no pretende profundizar en cada concepto de mantenimiento, más si busca ir directamente al tratamiento del problema y mostrar el trabajo realizado en busca de los resultados para mejorar la gestión de mantenimiento.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

El objetivo principal del mantenimiento dentro de cualquier planta industrial es mantener los equipos disponibles para que la producción sea alcanzada sin inconveniente alguno. Sin embargo de un tiempo a esta parte también se ha hecho inherente un objetivo mas para el mantenimiento, es que este se realice al menor costo posible. En consecuencia, cuando hablamos de mantenimiento de equipos de plantas industriales, no solo implica saber qué hacer, sino estar en la capacidad de hacerlo utilizando la menor cantidad de recursos, sin afectar la disponibilidad de los equipos.

El mantenimiento busca restablecer las condiciones de operación de los equipos, maquinarias, instalaciones o sistemas cuando sufren un deterioro por su uso, defectos de montaje, especificaciones técnicas mal concebidas y a la vez por la no utilización.

2.2. Evolución del Mantenimiento

El enfoque dado al mantenimiento en plantas industriales ha cambiado drásticamente comparado a la época en que el mantenimiento se veía como un mal necesario de los procesos productivos de las fábricas. Actualmente la gestión de

mantenimiento se ha convertido en una de las piedras angulares del control del costo fijo en las empresas de clase mundial, ya que los resultados financieros se ven impactados en mayor o menor medida por la buena utilización de los recursos (equipos, personas, presupuesto).

Hasta los años 40's el enfoque de mantenimiento solo contemplaba que los equipos se deben reparar cuando se rompen o fallan. Esto se debe a que en esa época los equipos estaban sobredimensionados y la mecanización de la industria no estaba tan avanzada como hoy en día. Al tener equipos tan robustos, no había mucha preocupación por el tiempo que los equipos paraban, por lo tanto el tratamiento de las fallas no era tan especializado. Las tareas de mantenimiento se limitaban a actividades de limpieza, lubricación e inspecciones rutinarias.

Pasados algunos años los industriales comenzaron a preocuparse mucho más por la función del mantenimiento debido a que la demanda de bienes y productos fabricados se incrementaba y los equipos se fueron mecanizando cada día mas, por lo tanto eran más complejos. En este momento se comenzó a prestar atención al tiempo que tomaba reparar las fallas, y además se planteo la prevención de las fallas, es así como nace el mantenimiento preventivo que implicó también el aumento de inversión como costo de operación. Asimismo los equipos técnicos de mantenimiento comenzaron a preocuparse por alargar la vida útil de los equipos o activos.

A partir de la década de los 70's los industriales se dieron cuenta que los tiempos de parada de las máquinas afectaban a la producción, aumentaban los costos operativos y disminuían la calidad de los productos. La mecanización y la

automatización de las máquinas y sistemas de producción han tornado a la confiabilidad y disponibilidad en factores importantes para sectores tan diversos como el de manufactura, minería, textil, salud, transportes, telecomunicaciones, y otros.

En el cuadro siguiente se muestra como ha sido la evolución del mantenimiento en paralelo con el de producción y manufactura. Podemos ver como el mantenimiento ha ido adecuando su enfoque de acuerdo a como el proceso productivo ha orientado su esfuerzo en la búsqueda de alcanzar sus metas. Esto permite por un lado desarrollar nuevas técnicas, nuevos estudios e investigaciones sobre los equipos.

TABLA 2.1: Cuadro de Evolución de Mantenimiento con la Industria

Etapa	sucede aproximadamente	Producción - Manufactura		Mantenimiento e Ingeniería de Fábricas	
		Orientación hacia ...	Necesidad específica	Orientación hacia ...	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto.	hacer acciones correctivas.	reparar fallos imprevistos.
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo.	aplicar acciones planeadas.	prevenir, predecir y reparar fallos.
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción.	establecer tácticas de mantenimiento.	gestar y operar bajo un sistema organizado.
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales.	implementar una estrategia.	medir costos, OMD, compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica	hacer la producción ajustada a la demanda.	desarrollar habilidades y competencias.	aplicar ciencia y tecnología de punta.
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias. Gestión de activos.			

2.3. Tipos de Mantenimiento de los Equipos

2.3.1. Mantenimiento Reactivo o Correctivo (a la falla)

Se espera que el ítem falle antes de hacer algún trabajo de mantenimiento. También se le conoce como RTF (Run to Failure).

2.3.2. Mantenimiento Preventivo o Programado

Se basa en la estimación de la frecuencia de las fallas de los componentes de un equipo o sistema, conocida la frecuencia con que se produce, se ejecutan las correcciones o cambios de componentes antes de la fecha estimada.

2.3.3. Mantenimiento Predictivo, Sintomático o por Condición

Predictivo, sintomático, basado en la condición, son sinónimos. Se basa en controlar la evolución de un síntoma para poder predecir el momento en que se producirá la falla definitiva. Si es posible predecir este momento se podrá mejorar el uso de todos los recursos de mantenimiento y la coordinación con Operaciones.

2.3.4. Mantenimiento Proactivo

Basado en adelantarse incluso al inicio de la falla, es posible al detectar síntomas que de mantenerse generarían fallas en los componentes. Ejemplo: Se detecta desbalance o desalineamiento mucho antes de que se inicie la falla de un rodamiento. Se balancea o se alinea para evitar la posibilidad de falla.

2.3.5. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

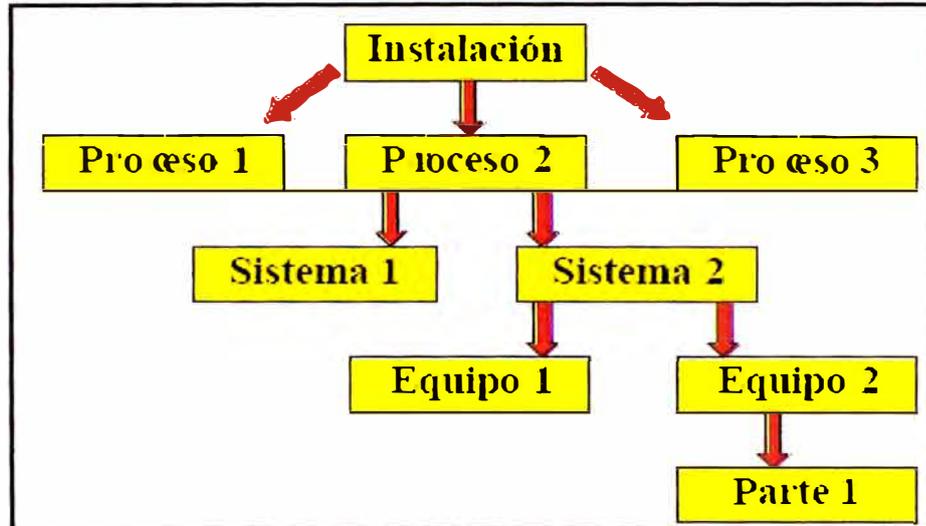
Es un proceso usado para determinar la forma más efectiva de manejar el mantenimiento. El objetivo central es el aumento de la confiabilidad con el costo más efectivo posible, que no necesariamente significa el menor costo.

El RCM se busca preservar la función del sistema en el tiempo. Para esto se busca la probabilidad de falla, reconoce las limitaciones en el diseño del sistema, reconoce tareas de tipo preventivas (por tiempo), predictivas (por condición), proactivas (por la búsqueda de la falla), correctivas (run to failure, es decir, operar hasta que falle), y se retroalimenta con los datos obtenidos para mejorar el futuro.

2.4. Conceptos y terminología básica en Mantenimiento

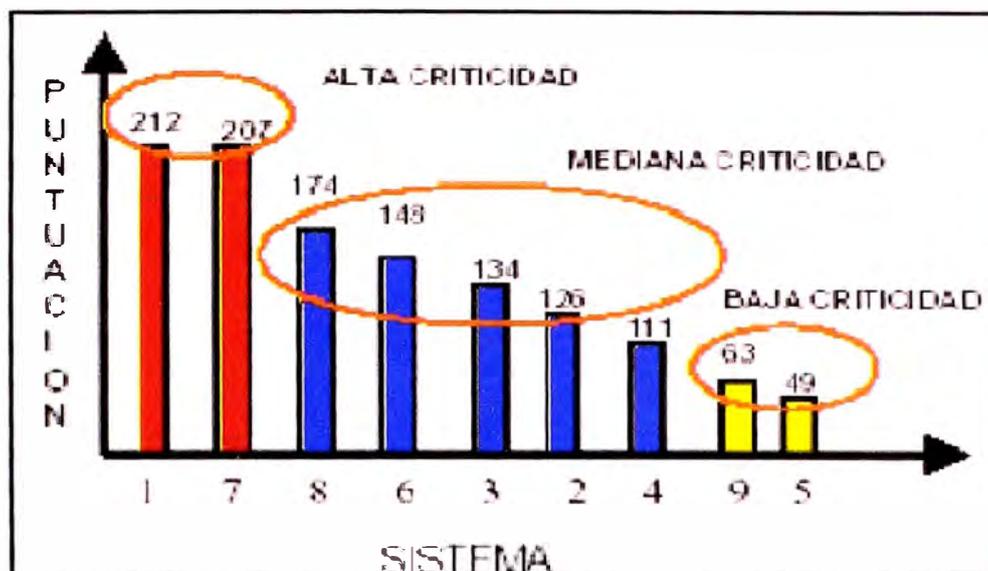
A continuación se describe una terminología básica usada en mantenimiento que permitirá entender cada tema planteado en este trabajo:

- **Planta:** Varios o muchos sistemas operando para cumplir una función o generar un bien (producto). Ejemplos: Una planta minera, agrícola, de alimentos, un hospital, una empresa de transportes.
- **Sistema:** Conjunto de máquinas y componentes que cumplen una función mas general. Ejemplos: sistemas de alimentación, sistemas de enfriamiento, sala de compresores, sala de bombas, sistema de control.
- **Máquina o equipo:** Aparato que cumple una función o hace una transformación determinada. Ejemplo: motor, bomba, compresor, chancador, reductor, etc.
- **Componentes:** Partes que forman una máquina o equipo. Ejemplo: ejes, rodamientos, pernos, sellos, etc.
- **Jerarquía:** Es el registro de planta que permite identificar dónde se encuentra cada uno de los activos (móviles o fijos), ya sean equipos o edificios, que requieren mantenimiento de algún tipo.



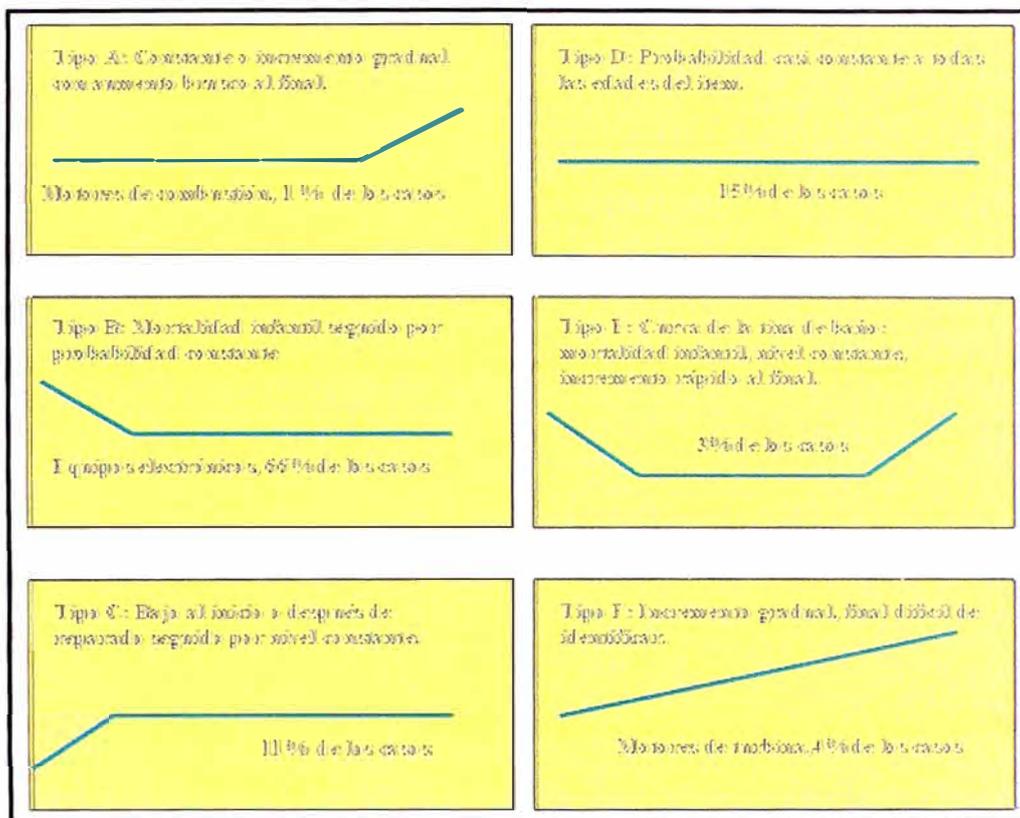
GRÁFICA 2.1: Esquema de la Jerarquía de una Instalación Industrial

- Criticidad:** Define la importancia que tiene una parte de un conjunto para que la función que debe cumplir no se interrumpa y afecte a las demás. Puede ser desde un componente como parte de un equipo, o un subproceso como parte de una planta o sistema de producción. Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como: $Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia$. Donde la frecuencia esta asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.



GRÁFICA 2.2: Esquema de evaluación de criticidad (sistemas, procesos, equipos)

- **Falla Potencial:** Es una condición identificable que indica que una falla funcional está en proceso de ocurrir.
- **Falla Funcional:** Estado en el cual el activo o sistema es incapaz de cumplir una función específica a un nivel aceptable para el usuario.
- **Intervalo P-F:** También se le conoce como periodo de falla. Es el intervalo desde que se detecta una falla potencial hasta que ocurre la falla funcional.
- **Modo de Falla:** Es un evento singular que origina una falla funcional.
- **Efecto de Falla:** El lo que sucede cuando un modo de falla ocurre.



GRÁFICA 2.3: Tipos de Fallas en equipos y frecuencia con que aparecen

2.5. Gestión de Mantenimiento

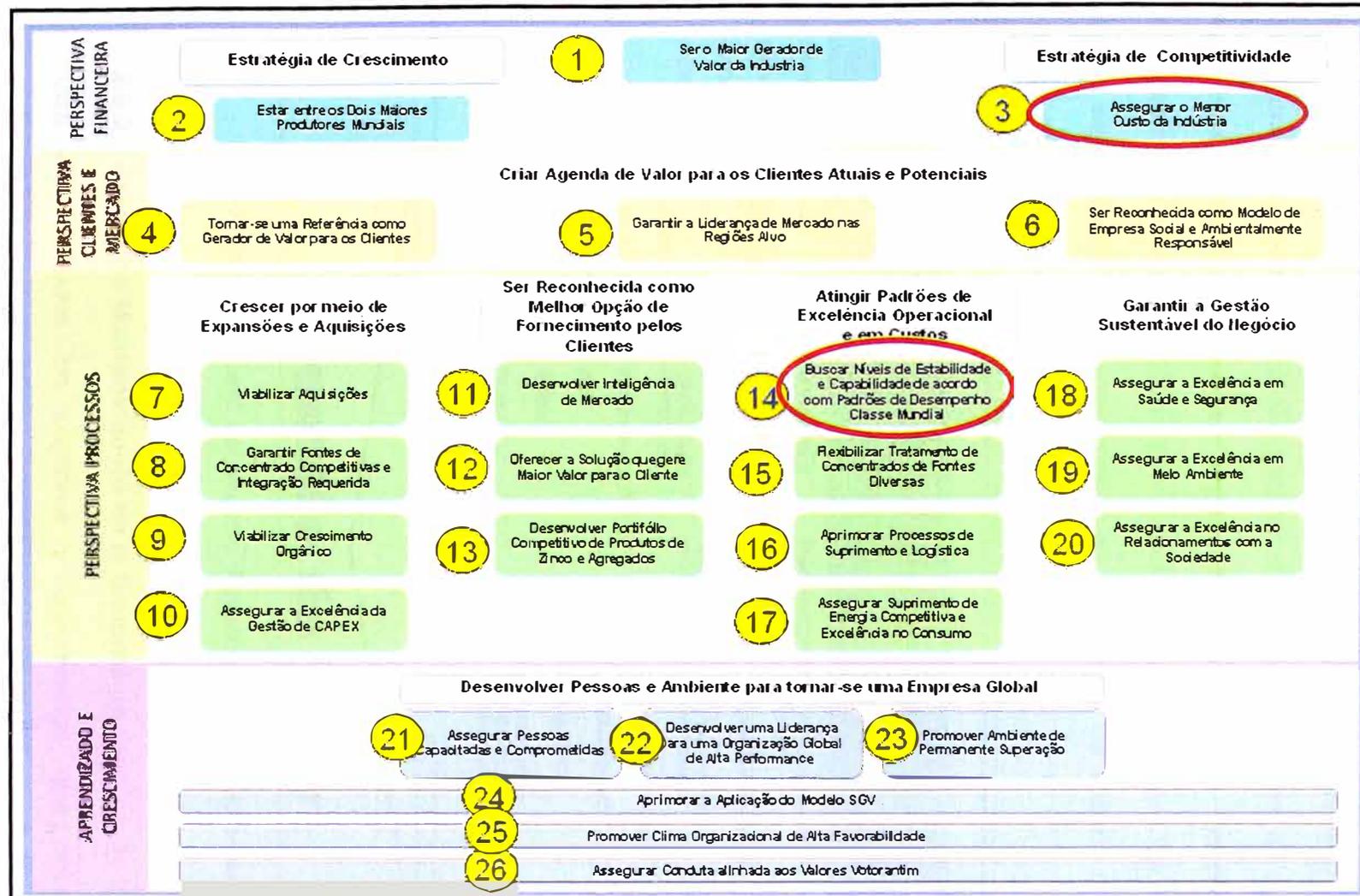
Teniendo en cuenta que las empresas deben cumplir con la función de generar valor siendo socialmente responsables, la gestión del mantenimiento es un instrumento que permite conjugar los anteriores conceptos, mediante la aplicación de técnicas de ingeniería y estrategias de mantenimiento que otorgan a los equipos la disponibilidad requerida para la estabilidad operacional de la empresa, que finalmente se ve reflejado en un margen de contribución a las utilidades de cada empresa y a la conservación del medio ambiente que la rodea.

2.5.1. Estrategia y Procesos del Negocio

Las organizaciones corporativas tienen implementados Sistemas de Gestión que buscan alcanzar los objetivos estratégicos del negocio en que se desarrollan, de acuerdo a la Visión, Misión y Valores que la empresa se plantea. De esta manera nace el Planeamiento Estratégico, que tiene como uno de los entregables finales el Mapa Estratégico, donde se contemplan los objetivos a cumplir en el plazo analizado (generalmente se hace con una visión de 5 años), teniendo en cuenta las perspectivas de interés para el negocio (Financiera, Clientes y Mercado, Procesos, y Aprendizaje y Crecimiento).

El Mapa Estratégico tiene dentro de las perspectivas financieras y de procesos los siguientes objetivos que sirven de lineamiento para la Gestión de Mantenimiento:

- Asegurar el menor costo de la industria (Estrategia de Competitividad – N° 3)
- Buscar niveles de estabilidad y capacidad de acuerdo estándares de desempeño de Clase Mundial (Alcanzar estándares de Excelencia Operacional y en Costos – N° 14)



GRÁFICA 2.4: Mapa Estratégico del Negocio de Zinc de Votorantim Metais – Unidad Cajamarquilla

Además del Mapa Estratégico producto del análisis interno y externo del negocio, las corporaciones también analizan y evalúan la Cadena de Valor de sus unidades productivas, de tal forma que se tengan identificados todos los procesos que participan en la Creación de Valor, y los procesos de soporte para los primeros. Es así que se determina que Mantenimiento es un proceso de soporte en la cadena productiva del negocio.

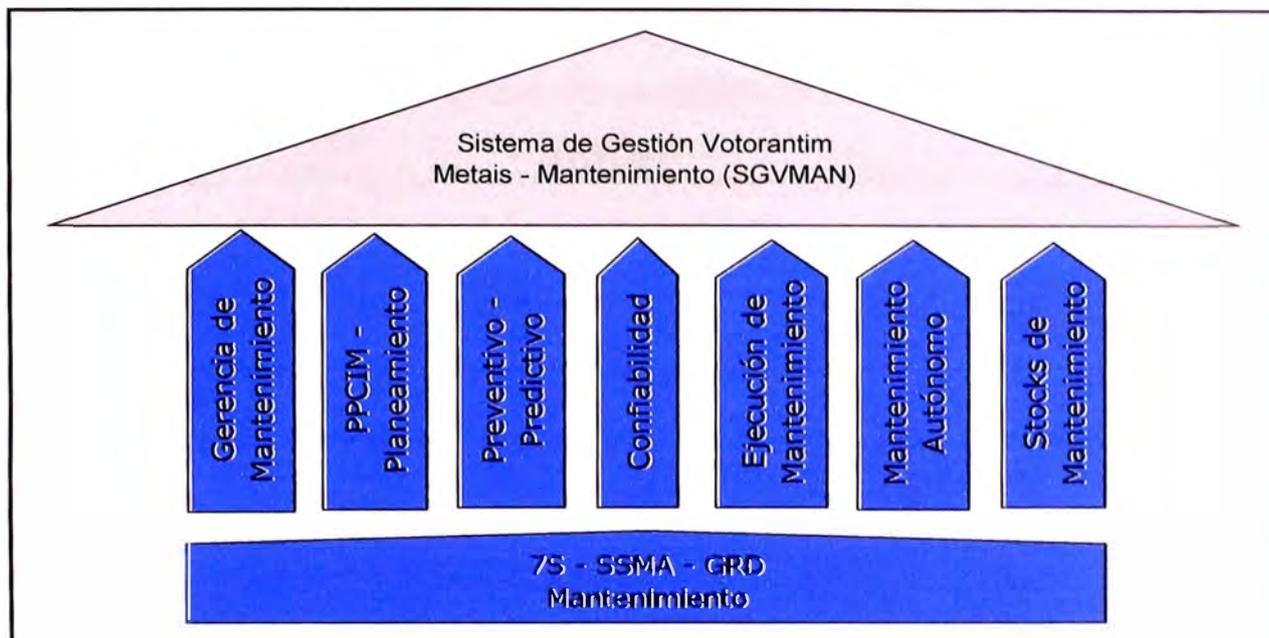


GRÁFICA 2.5: Proceso del Negocio: Metodología y Herramientas

2.5.2. Pilares de Mantenimiento en el Sistema de Gestión de Votorantim

Una vez definidos los objetivos y lineamientos que debe tener el Mantenimiento dentro del negocio corporativo, se definen los Pilares que van a sustentar y buscar que dichos objetivos se cumplan, a través de los

procesos internos que se definen para Mantenimiento. En el cuadro siguiente se resumen los Pilares de Mantenimiento.



GRÁFICA 2.6: Pilares de Mantenimiento para Votorantim Metais

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

ACTUAL

3.1. Descripción del Macroproceso de la Refinería

A continuación se describe brevemente cómo se llevan a cabo los procesos de la refinería y algunas reacciones para entender cómo se consiguen los productos en cada etapa, y que a la vez serán los insumos de la siguiente.

3.1.1. Planta de Tostación – Ácido

Recepción y Mezcla de Concentrado: Recepcionar y almacenar los concentrados comprados a proveedores. Luego se prepara una mezcla óptima para ser tostados en el horno.

Planta de Tostación: Los concentrados son tostados en el horno. El objetivo de esta etapa es transformar todos los sulfuros de zinc en óxido de zinc; el sulfuro es liberado como gas SO_2 . Los gases calientes ingresan a la caldera de recuperación (vapor a 40 Bar y 350°C para producir 2.5MW en la turbina); y el vapor remanente se usa para el proceso de lixiviación y purificación.

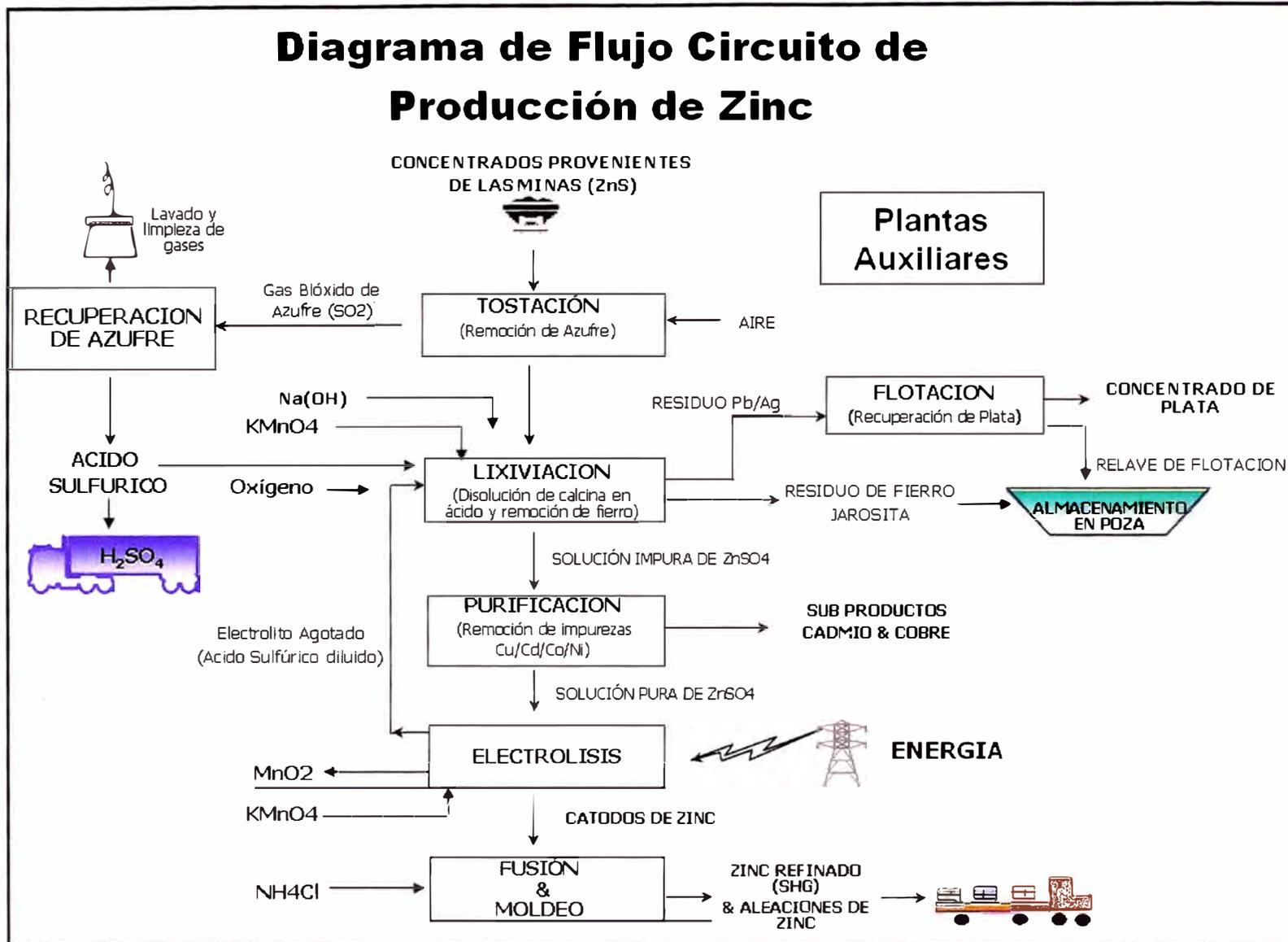
Planta de Ácido Sulfúrico: Los gases calientes del tostador (que contienen SO_2) entran al Sistema de Depuración Húmeda donde son limpiados, enfriados y los polvos residuales y gotas de ácido son eliminadas. Se elimina la humedad de los gases (torre de secado), luego ingresan a la Torre de Catálisis, generándose SO_3 . Luego ingresan a las Torres de Absorción Intermedia y Final donde se produce el Ácido Sulfúrico (Grado B con una pureza de 96% a 98.5%) para su comercialización.

3.1.2. Planta de Hidrometalurgia

Planta de Lixiviación: La lixiviación de calcina (ZnO) tiene como objetivo la disolución de los óxidos metálicos en ácido sulfúrico diluido proveniente de la etapa de electrólisis. Produce una solución impura rica en sulfatos de zinc, cadmio, cobre, cobalto, níquel y hierro. Esta solución es enviada luego a la etapa de Purificación.

Planta de Flotación: Esta planta trata los residuos de Pb y Ag producidos en la etapa de lixiviación para producir un concentrado de Ag con alta ley (450oz/tc).

Planta de Purificación: La purificación tiene por objetivo de reducir las impurezas a valores extremadamente bajos, a fin de obtener en la electrolisis un buen rendimiento de corriente y una calidad de zinc SHG. La solución es purificada bajo sedimentación con polvo de zinc; en la primera etapa se controla cobre (secado y vendido) y cadmio y en la segunda etapa el cobalto (secado y vendido), continuando el proceso en la planta de Electrodeposición.



GRÁFICA 3.1: Macro Proceso de Producción de Zinc en Refinería Cajamarquilla

Planta de Cadmio: Los residuos de Cadmio en la solución $ZnSO_4$ son separadas en la Planta de Purificación con ácido sulfúrico diluido para recuperar el cadmio metálico (99.97% de pureza) que es vendido en forma de varillas y bolas.

3.1.3. Planta de Electrometalurgia

Planta de Electrólisis: El zinc es extraído de la solución purificada por Electrólisis, mediante una corriente eléctrica que pasa a través de la solución electrolítica, el zinc se deposita en los cátodos de aluminio, el oxígeno se libera en los ánodos de plomo con formación de ácido sulfúrico.

Planta de Fusión y Moldeo: El zinc obtenido en la Planta de Electrólisis es fundido en un horno de inducción y moldeado en barras SHG, jumbos de calidad SHG (99.995% de pureza), jumbos de aleación de varias calidades.

Planta de Polvo de Zinc: Esta planta recibe el zinc fundido procedente del horno de fusión de cátodos. El zinc líquido será atomizado mediante aire comprimido para obtener polvo. Las fracciones finas e intermedias son usadas para la purificación del electrolito, mientras que el polvo de mayor fracción es refundido.

3.1.4. Plantas Auxiliares

Aire Comprimido: Producción de Aire Seco Comprimido para Instrumentos Neumáticos.

Planta de Tratamiento de Efluentes: Tratamiento de las soluciones residuales de las Plantas de Proceso para su disposición final.

Planta de Agua: Suministro de Agua Tratada para consumo y utilización en los procesos de Planta.

Planta de Desmineralizado: Producción de Agua de Buena Calidad para la generación de Producción de Vapor y suministro a la Sección 30.

Calderas: Producción de Soporte de Vapor para las secciones 40 y 50.

Energía: Generación de Energía mediante la Turbina para suministro interno.

3.1.5. Productos de Zinc y Principales Indicadores de Producción

Productos de Zinc

- **Barras de Zinc:** Especificación / 1016 Kg (40 barras) / Zn: 99.995%
- **Jumbos de Zinc:** Especificación / 1089 Kg (1 Jumbo) / Zn: 99.995%

Principales Indicadores de Producción

TABLA 3.1: Principales Indicadores de Producción por Planta

AREA	INDICADOR (KPI)	UNIDAD
Tostación	Ritmo de Tostación	TMS/m ² /día
	Ley de Zinc en el Concentrado	%
	Producción de energía	MWhr
Hidrometalurgia	Recuperación de Zinc	%
	Recuperación de Plata	%
	Consumo específico de polvo de Zinc	% de cátodos consumidos
Electrólisis	Eficiencia de Corriente	%
	Consumo de Energía	KWhr/TM cátodo
Fusión y Moldeo	Producción de Zinc Refinado	TM
	Porcentaje de Dross producido	%

3.2. Organización de Mantenimiento en la Refinería Cajamarquilla

3.2.1. Modelo de Gestión de Mantenimiento

Al establecer la Estructura Organizacional de la empresa, se establecen también los conceptos y mejores prácticas para cada una de las áreas, incluyendo a Mantenimiento, con el fin de alcanzar los objetivos estratégicos trazados. En el caso de Mantenimiento se tiene como fin la integridad de los activos que proporcionan la estabilidad del proceso productivo a costos competitivos, es decir busca cumplir los objetivos del negocio.

El Modelo de Gestión de Mantenimiento (SGVMAN) contempla la composición del Mantenimiento por 7 Pilares, los mismos que han sido estructurados y estandarizados, y son sustentados por herramientas e indicadores de desempeño.

3.2.2. Pilares de Mantenimiento

3.2.2.1. Gerencia de Mantenimiento

Verifica la participación y el involucramiento de los líderes en los procesos relacionados con la preservación de los activos, programa las capacitaciones del equipo, define las acciones efectivas para los líderes de los pilares, la gestión de contratos de servicios, la documentación técnica, el seguimiento de los programas de mejora continua, y el alineamiento entre Mantenimiento y Operaciones. Controla los costos de mantenimiento y su adherencia con la estrategia con la Unidad de Negocio.

3.2.2.2. Planeamiento, Programación, Control e Informatización de Mantenimiento (PPCIM)

Busca estandarizar, organizar, dimensionar, negociar, provisionar, viabilizar los servicios a ser ejecutados por los talleres de mantenimiento, analizar el resultados de los servicios registrados, actualizar y mejorar continuamente la base técnica de los planes de mantenimiento, en el sentido de tornar las actividades de los equipos multifuncionales cada vez mas productivos.

3.2.2.3. Preventivo – Predictivo

Buscar verificar la estrategia en la elaboración, revisión, implementación, ejecución y control del cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo. Analizar también la forma por la cual los activos están catastrados y clasificados en el sistema informatizado de gestión (ERP).

3.2.2.4. Confiabilidad

Busca garantizar la operación y el desempeño máximo de los sistemas con relación a la disponibilidad física, confiabilidad operacional, seguridad, vida útil máxima y costo competitivo, para la finalidad principal de producir en la cantidad, en el plazo, en el costo y en la calidad exigida por el cliente.

3.2.2.5. Ejecución de Mantenimiento

Verifica las condiciones de trabajo de los talleres de mantenimiento, enfocándose en la organización, limpieza y seguridad. Analiza también el resultado en campo de los servicios programados o no realizados por el mantenimiento relacionados a los activos en general, en las modalidades de mecánica, eléctrica, electrónica, lubricación, instrumentación y civil.

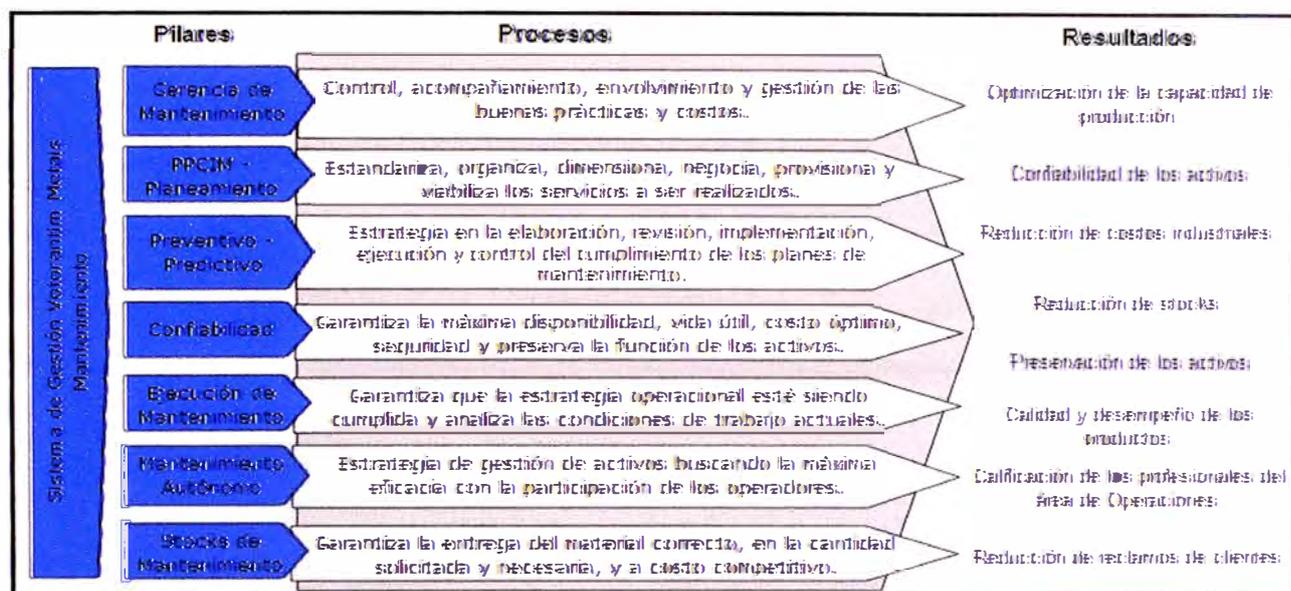
3.2.2.6. Mantenimiento Autónomo

Estrategia de gestión de los equipos concebida para alcanzar la máxima eficacia a través del involucramiento de los operadores. Usando sus sentidos, el operador puede constatar cualquier tipo de señal de aviso toda vez que mantiene un contacto permanente con la máquina.

3.2.2.7. Stocks de Mantenimiento

Verificar la garantía del abastecimiento del material correcto, en la cantidad solicitada, con la calidad necesaria, en el tiempo cierto y con el costo óptimo, desde la etapa de solicitud, adquisición, recibimiento, manipuleo, almacenamiento, entrega y aplicación.

A continuación se muestra un resumen de los Pilares de Mantenimiento y los Procesos que se contemplan para cada uno de ellos. Asimismo se muestra los Resultados que se espera de la interacción de los mismos.



GRÁFICA 3.2: Resumen de los Pilares de Mantenimiento en Cajamarquilla

3.2.3. Procesos de Mantenimiento

En el aspecto de organización de empresas, se puede definir un Sistema como un conjunto de procesos que interactúan y se relacionan para alcanzar objetivos definidos. A su vez, los Procesos son formados por un conjunto de tareas ejecutadas de forma ordenada.

Siendo el Mantenimiento un conjunto de actividades realizadas por un equipo de trabajo, podemos hablar del Proceso de Mantenimiento al grupo de tareas ejecutadas de manera coordinada y secuencialmente con el objetivo de preservar los activos en óptimas condiciones para los requerimientos de producción para los que fueron adquiridos. En resumen estos Procesos son:

Planeamiento: Es la etapa en que se reciben todos los servicios de mantenimiento generados por el ERP (sistema informático) que forman parte del Plan Preventivo, y adicionalmente se reciben los Avisos generados por personal de Operaciones o Mantenimiento para la revisión o intervención de algún equipo que se ha detectado algún desvío o no conformidad con su condición de operación. Las órdenes de trabajo (OT's) generadas para cada equipo deben ser revisadas para la reserva de materiales y recurso humano para la ejecución.

Programación: Una vez que se ha realizado el planeamiento de las OT's, estas deben entrar a un programa de ejecución semanal. Esta etapa es coordinada con el personal de Operaciones, con quienes se acuerda la intervención o inspección de los equipos según la prioridad del trabajo y la disponibilidad de entrega del equipo por parte de Operaciones.

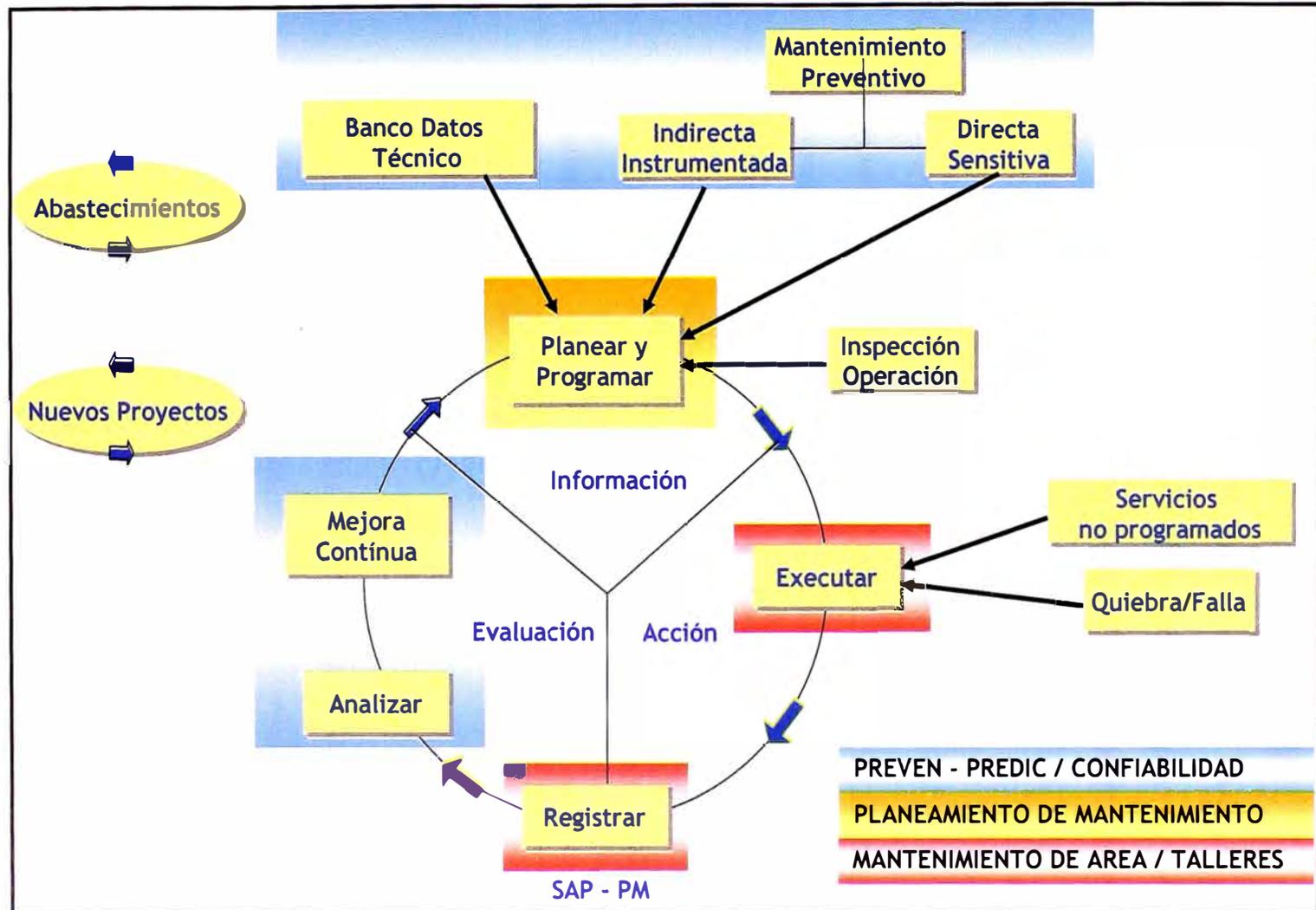
Ejecución: Con el programa de mantenimiento elaborado, los talleres de mantenimiento deben ejecutar las labores estipuladas en el plan para cada uno de los equipos, ya sea la ejecución del Plan Preventivo, o los servicios adicionales generados por Avisos. Además se debe agregar la ejecución de los servicios que se atienden por emergencia y que comprometen la producción, la salud, seguridad o medio ambiente.

Notificación y Cierre: Después de ejecutados todos los servicios de mantenimiento a los activos, estos deben ser reportados, es decir, debe quedar registro de las actividades realizadas, las anomalías encontradas y que deben ser atendidas en el próximo mantenimiento o en su defecto antes si

comprometen alguna condición operacional, las horas-hombre utilizadas en cada uno de los servicios, mejoras propuestas para el Plan Preventivo.

Análisis: Se realiza un análisis previo por el personal de PPCIM que evalúan lo reportado en las OT's que han sido notificadas y cerradas. Estas observaciones serán ejecutadas por ellos mismos, o serán dirigidas a los responsables de los otros Pilares de Mantenimiento dependiendo de cual sea la necesidad. Por ejemplo: modificación de planes de mantenimiento (Preventivo-Predictivo), realizar un análisis de falla (Confiabilidad), requerimiento de repuestos y materiales para los equipos (Stock de Materiales y Técnico de Materiales), modificaciones y/o mejoras (Confiabilidad), actualización de data técnica (Preventivo-Predictivo).

Mejora Continua: Esta etapa es la que permite la evolución continua del mantenimiento. Dentro del SGVMAN (Sistema de Gestión de Votorantim Metais – Mantenimiento) se contemplan diferentes herramientas que ayudan en labor de los responsables de la ejecución de la mejora recomendada, por ejemplo: PDCA, RCA, Six Sigma, FMEA, FTA, entre otras



GRÁFICA 3.3: Procesos de Mantenimiento e Interacción con los Pilares de Mantenimiento

3.2.4. Indicadores de los Pilares de Mantenimiento

Los indicadores miden el nivel de desempeño de un proceso. En el caso de Mantenimiento tienen la finalidad de retratar la eficiencia y eficacia de la Gestión de Mantenimiento en el cumplimiento de las Metas establecidas y alineadas al Planeamiento Estratégico de los Negocios de Votorantim Metais.

El control y seguimiento de la Gestión de Mantenimiento a través de indicadores de desempeño se debe complementar con el Análisis Crítico de los mismos, que es realizado por líderes de los pilares, y que busca la causa raíz de las ocurrencias que no permitieron alcanzar las metas propuestas en el periodo de análisis (generalmente mensual). Una vez identificadas las causas se elabora un Plan de Acción con diferentes tareas a cumplir por los responsables asignados. Finalmente se debe hacer el Análisis de Eficacia del Plan de Acción, que se verifica cuando la tendencia del indicador analizado resulta favorable.

Los indicadores se pueden clasificar según el nivel de medición al que se hace, como también de acuerdo a que Pilar de Mantenimiento es el responsable de su seguimiento y gestión. En el siguiente cuadro vemos un resumen de los Indicadores de Mantenimiento que forman parte de la Gestión de Mantenimiento en la Unidad de Negocio de Votorantim Metais, incluida la Unidad de Cajamarquilla. El análisis técnico de los Indicadores se realizará para aquellos que corresponden al Pilar de Mantenimiento Preventivo – Predictivo, incluso el de Disponibilidad de Plantas

TABLA 3.2: Indicadores de Desempeño en la Gestión de Mantenimiento de Votorantim Metais.

CLASE DE INDICADORES	Financieros	Eficiencia y Eficacia	Tácticos	Funcionales
Gerencia de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Costo de mantto por unidad producida (\$/und) Costo de mantto / facturación bruta (%) Costo de mantto / activo inmovilizado (%) Sustaining / activo inmovilizado (%) 	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad de los sistemas productivos (%) 		
PPCIM		<ul style="list-style-type: none"> Eficacia del planeamiento de parada - Costos x Plazos (%) ICPOS - Servicios realizados / servicios planeados (%) IAMHH - Índice de apontamento de Mano de Obra (%) IHHMP - Horas programadas / Total horas disponibles (%) 	<ul style="list-style-type: none"> Backlog (días) 	
Preventivo - Predictivo		<ul style="list-style-type: none"> ICPMP - Ind. de Cump. de Planes de Mantto Preventivo (%) ICPPD - Ind. de Cump. de Planes de Mantto Preditivo (%) IALLP - Ind. de Atención a Laudos de Predictivo en Plazo (%) 		
Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Ganancias financieras en los proyectos de confiabilidad (\$) 		<ul style="list-style-type: none"> Análisis de fallas realizadas (%) Índice de fallas reincidentes (%) MTBF (por equipo) tiempo medio entre fallas (horas) 	
Ejecución de Mantenimiento			<ul style="list-style-type: none"> MTTR (por equipo) tiempo medio para reparar (horas) Horas correctivas no programadas / Horas disponibles (%) 	<ul style="list-style-type: none"> Satisfacción del cliente da mantenimiento (%)
Mantenimiento Autónomo			<ul style="list-style-type: none"> Adherencia de Operaciones a los planes de mantenimiento (%) 	<ul style="list-style-type: none"> Número de fallas
Stocks de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Capital total inmovilizado en Stocks / activo inmovilizado (%) 			<ul style="list-style-type: none"> Nivel de atendimento de las RM's (%) Cobertura de stocks (meses)

3.3. Pilar de Mantenimiento Preventivo – Predictivo

Como ya se comentó anteriormente, este Pilar busca verificar la estrategia en la elaboración, revisión, implementación, ejecución y control del cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo. Analizar también la forma por la cual los activos están catastrados y clasificados en el sistema informatizado de gestión (ERP).

Como parte del Proceso de Mantenimiento, el Pilar Preventivo – Predictivo brinda toda la información necesaria para el mantenimiento de los activos. Desde el momento en que el activo esta comisionado y comienza a operar, este debe contar con un plan de mantenimiento en el sistema ERP, la lista de repuestos debe estar cargada para cada uno de los componente del equipo, la data técnica más importante debe estar plasmada en un ficha técnica, se debe contar con procedimientos de mantenimiento según las actividades que se van a realizar para su preservación.

3.3.1. Identificación, Jerarquía y Criticidad de Equipos

La **Identificación de Equipos** consiste en codificar los activos (equipos, edificaciones) de acuerdo al proceso en que se encuentran, este código debe estar registrado en el software de gestión (ERP), y a la vez en campo debe tener la codificación en físico. En las unidades de Votorantim utilizamos los siguientes nombres para identificar a nuestros equipos:

- **Ubicación Técnica:** Se usa para definir el espacio geográfico donde se encuentra alojado un equipo o sistema, y que no necesariamente le corresponde a un solo activo a exclusividad.

- **Código de Equipo:** Identifica a un solo activo, y ningún otro activo puede tener el mismo código. Puede estar posicionado físicamente en diferentes Ubicaciones Técnicas.

La **Jerarquía de Equipos** consiste en el ordenamiento y pertenencia de un componente menor y uno superior, siguiendo una codificación que permita establecer el vínculo entre ambos. La Jerarquía debe ser establecida para todos los sistemas productivos de la refinería, desde los procesos, los sub-procesos, etapas y sub-etapas de producción. En el caso de de los equipos se han establecido niveles para mostrar la correspondencia de unos con otros.

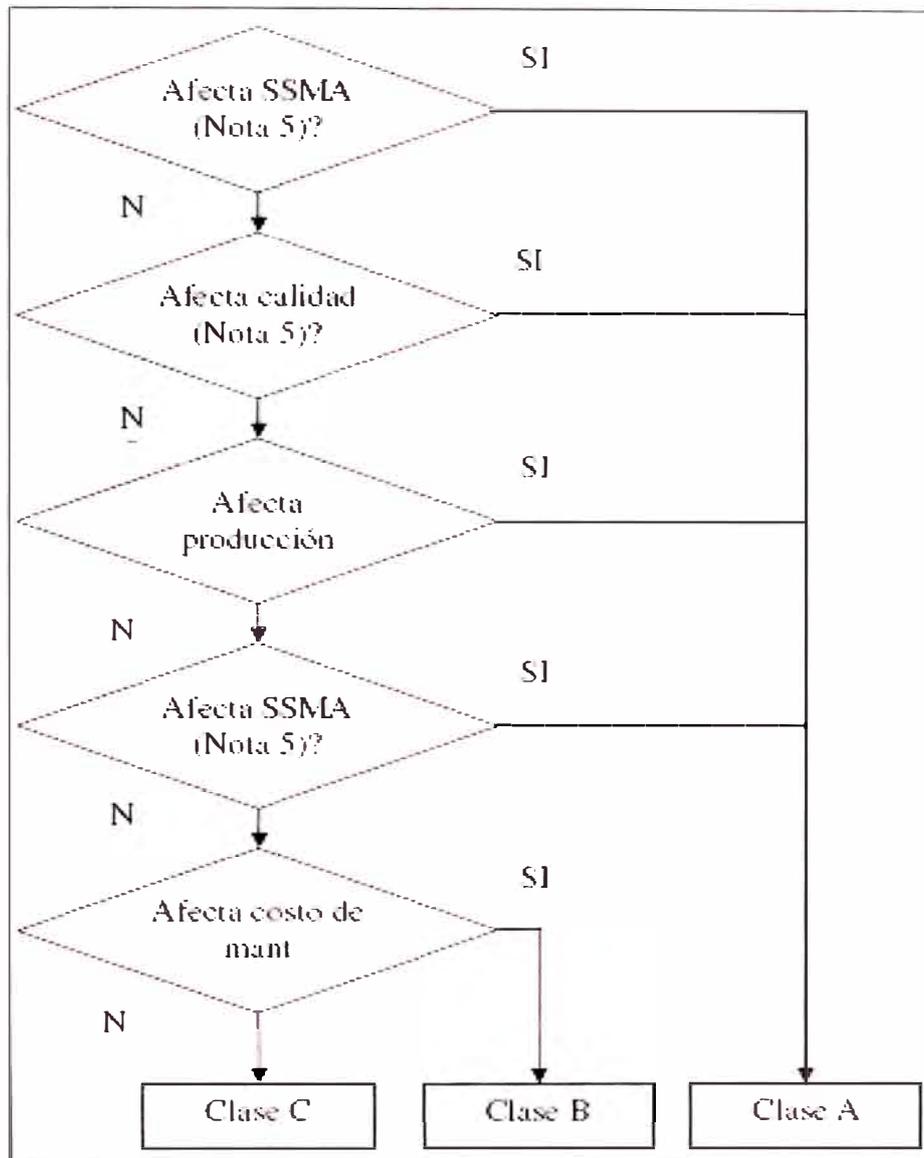
- **Equipo Nivel 1:** Equipo principal, en su mayoría relacionados directamente con el proceso productivo. Estos equipos pueden albergar equipos dependientes relacionados funcionalmente. Ejemplo: bombas, tanques, transportadores, etc.
- **Equipo Nivel 2:** Equipo dependiente del equipo nivel 1 porque en su mayoría están relacionados directa y funcionalmente al equipo nivel 1. Se identifica por medio de las letras E (componente ELECTRICO), I (componente INSTUMENTAL), y M (componente MECANICO) que están al final del código del equipo nivel 1. Ejemplo: motor, reductor, agitador, lazo de control, etc.

- **Equipo Nivel 3:** Equipo dependiente y relacionado con el equipo nivel 2. Conformado en su mayoría por cubículos y equipos instrumentales (sensores, transmisores, indicadores, etc.).

En cuanto a la **Criticidad de los Equipos**, el SGVMAN tiene definido criterios para la evaluación de criticidad de los equipos, como se muestra en el siguiente cuadro y su flujo de clasificación:

TABLA 3.3: Criterios de Clasificación de Equipos

Cuadro de puntuación según VM		
Afecta SSMA de forma significativa	5	Causa fatalidad o accidentes serios incapacitantes Puede causar accidentes con daños a medio o largo plazo, ambientales
	3	Lesiones leves Pequeño impacto financiero sobre negocio Efectos nocivos a la salud de una o mas personas Puede causar perturbación ecológica de baja duración
	1	Pequeña pérdida financiera Efectos leves a la salud No afecta al medio ambiente
Afecta Calidad del producto	5	Afecta la calidad del producto final (fuera de especificación para cliente externo)
	3	Afecta producto interno (no afecta cliente externo)
	1	No afecta calidad o especificación de producto
Afecta La producción	5	Afecta meta anual de producción (irrecuperable)
	3	Afecta producción de planta (recuperable)
	1	No afecta la producción
Afecta costo de mantenimiento	5	Genera un gasto de mantenimiento igual o superior a 5% de gasto mensual de mantenimiento
	3	Genera un gasto de mantenimiento entre 2% y 5% de costo mensual de mantenimiento
	1	No afecta significativamente a costo de mantenimiento



GRÁFICA 3.4: Flujograma de Clasificación de Equipos

3.3.2. Planes de Mantenimiento

La elaboración de los Planes de Mantenimiento para cada equipo son realizados por Confiabilidad, de acuerdo a los criterios establecidos para clase de equipo. Los planes de calibración y predictivos, y sus respectivas periodicidades son orientados por Preventivo – Predictivo; y a la vez todos los Planes deben ser gestionados por el software ERP.

Asimismo se debe realizar la revisión de los planes de mantenimiento de manera periódica. La responsabilidad es compartida y recae en Preventivo – Predictivo, Confiabilidad y PPCIM.

3.3.3. Procedimientos

En los Procedimientos se muestran las técnicas utilizadas y el proceso de ejecución de las actividades contempladas en los Planes de Mantenimiento. La implementación de estos procedimientos responde a la necesidad de realizar los trabajos de manera segura, por lo que también se hace una revisión de la Matriz de Riesgo que se maneja en conjunto con el área de Seguridad. Aquí se tienen contemplados los riesgos, consecuencias y medidas para mitigar o eliminar dichos riesgos.

La generación de nuevos procedimientos se hace de manera paulatina, de tal manera que se tengan identificadas las actividades específicas de cada equipo, y a la vez procedimientos genéricos que puedan aplicar a más de un equipo.

3.3.4. Fichas técnicas

Las Fichas Técnicas resumen toda la información técnica requerida para los activos. Contempla datos como: marca, modelo, número de serie, año de fabricación, costo de adquisición, potencia, caudal, velocidad en rpm, presión de trabajo, entre otros datos dependiendo la clase de equipo. Toda esta información debe estar registrada en el ERP con la finalidad de que cualquier persona que requiera la información para la ejecución de una tarea de mantenimiento, sepa cuales son las características y que recurso va a necesitar.

3.3.5. Indicadores de Mantenimiento Preventivo – Predictivo

3.3.5.1. Indicador de Cumplimiento de Plan Preventivo – ICPMP

Es la relación entre la cantidad de órdenes de servicios del Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP) ejecutadas en el mes, en relación a la cantidad de órdenes de servicio del Plan de Mantenimiento Preventivos prevista en el mes.

3.3.5.2. Indicador de Cumplimiento de Plan Predictivo – ICPPD

Es la relación entre la cantidad de rutas del Plan de Mantenimiento Predictivo ejecutadas en el mes, en relación a la cantidad de rutas previstas para el mes.

3.3.5.3. Indicador de Disponibilidad – Tostación

Es una relación entre el tiempo en que el equipo, instalación o sistema se encuentra disponible para cumplir sus funciones y el total de horas calendario.

Se considera solamente las hora atribuibles a mantenimiento, ya sea correctivo, correctivo programado, preventivo, predictivo y mejoras.

3.4. Alcance del Proyecto de Mejora de Estrategia de Mantenimiento

3.4.1. Planta Actual 160K

El trabajo realizado para la Planta Actual 160K es para los siguientes puntos:

- Jerarquía y Criticidad
- Procedimientos
- Fichas técnicas

3.4.2. Planta Nueva 320K

En el Proyecto de Expansión 320K, se ha contemplado trabajar en los siguientes puntos:

- Jerarquía y Criticidad
- Planes de Mantenimiento
- Procedimientos
- Fichas técnicas

CAPÍTULO 4

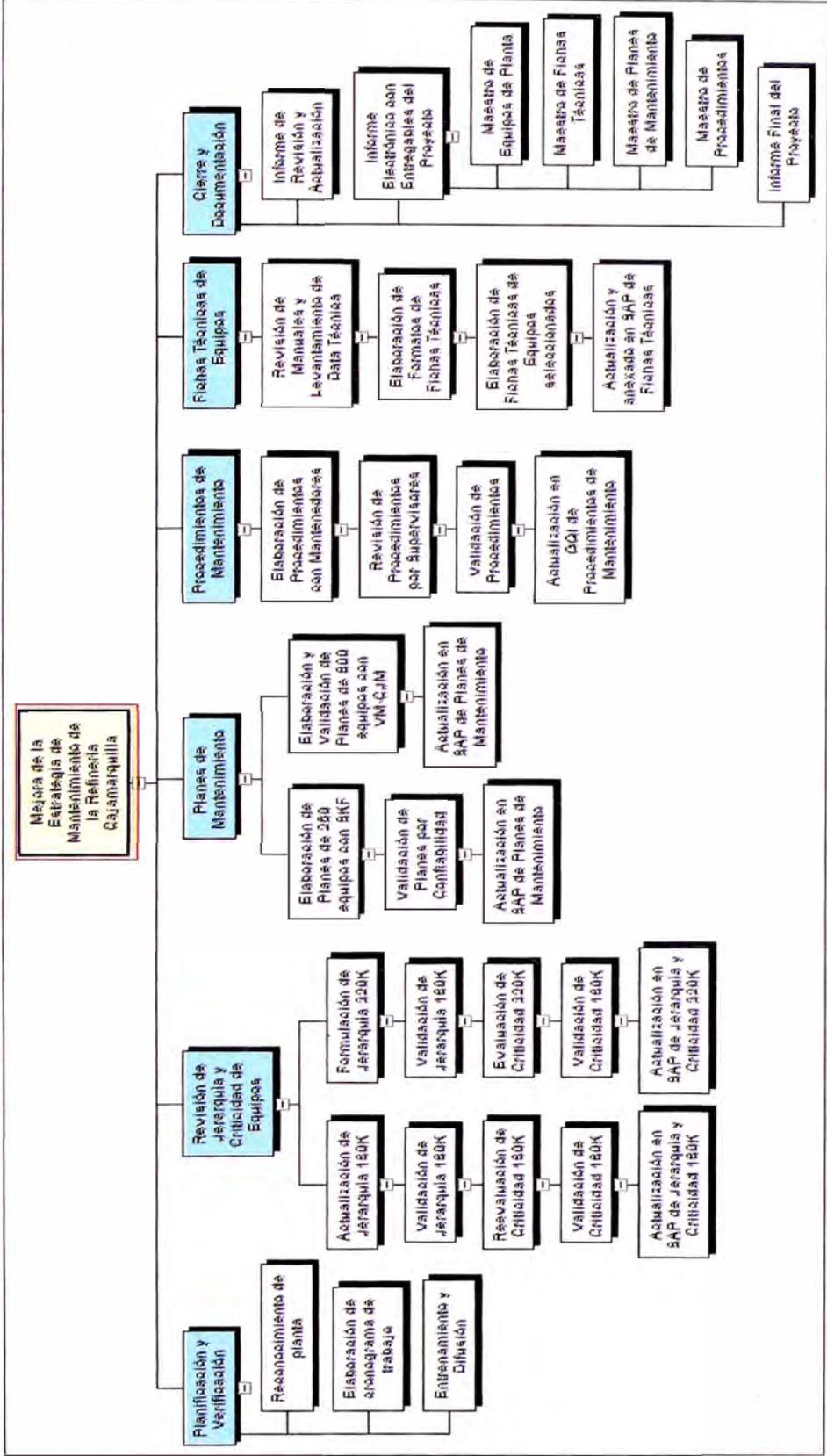
IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

4.1. Planeamiento

El Proyecto de Mejora de la Estrategia de Mantenimiento de la Refinería Cajamarquilla obedece a la optimización de recursos y preservación de los activos de planta, así como a la implementación de la gestión de mantenimiento de los equipos nuevos que comenzaran a operar con el Proyecto de Ampliación 320K (aumento de la capacidad de producción de la refinería de 160mil toneladas por año de zinc refinado a 320mil toneladas por año). Es así que se evalúa la necesidad de contar con un equipo de apoyo para la ejecución del proyecto, y se contrató a la empresa SKF del Perú S.A., con experiencia en temas relacionados a la ingeniería de confiabilidad, y que viene trabajando con el Grupo Votorantim en temas de Lubricación y Consultorías Técnicas, tanto en Perú como en la matriz de Brasil.

4.1.1. Estructura de Implementación (WBS)

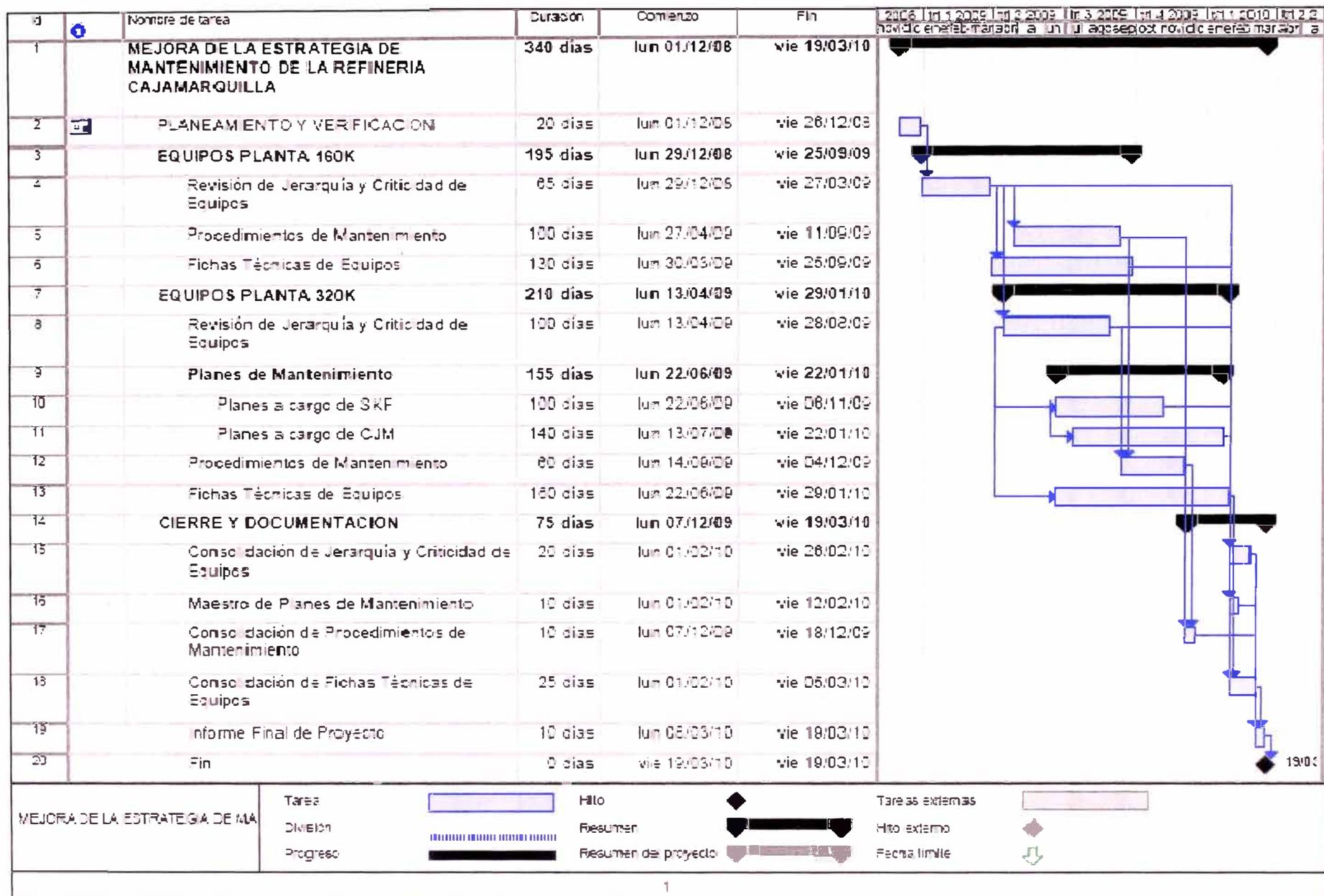
El proyecto se estructuró por entregables de acuerdo a los lineamientos establecidos en nuestros Procedimientos Gerenciales de Mantenimiento. En el desglose mostrado en la Figura 4.1 se observa cuáles son estos principales entregables que permitirán gestionar nuestros activos de manera ordenada y eficiente.



GRÁFICA 4.1: Estructura y Detalle de Entregables de Proyecto de Mejora de Estrategia de Mantenimiento

4.1.2. Cronograma de Implementación

A continuación el cronograma de ejecución del proyecto. Cabe resaltar que en este trabajo no se entrará en detalles en cada una de las etapas que contiene cada entregable; sin embargo hay que mencionar que como parte del trabajo de control y seguimiento se llevaron a cabo reuniones para revisión y validación de lo ejecutado en cada etapa, se manejo una gestión de cambios ordenada y documentada, el avance de cada entregable del proyecto se manejo con las conocidas Curvas S para el alcance y el tiempo, y se tomaron las medidas correctivas y de apoyo cuando fueron requeridas, es decir, el proyecto se manejó con muchas de las buenas prácticas que establece el PMBOK del PMI.

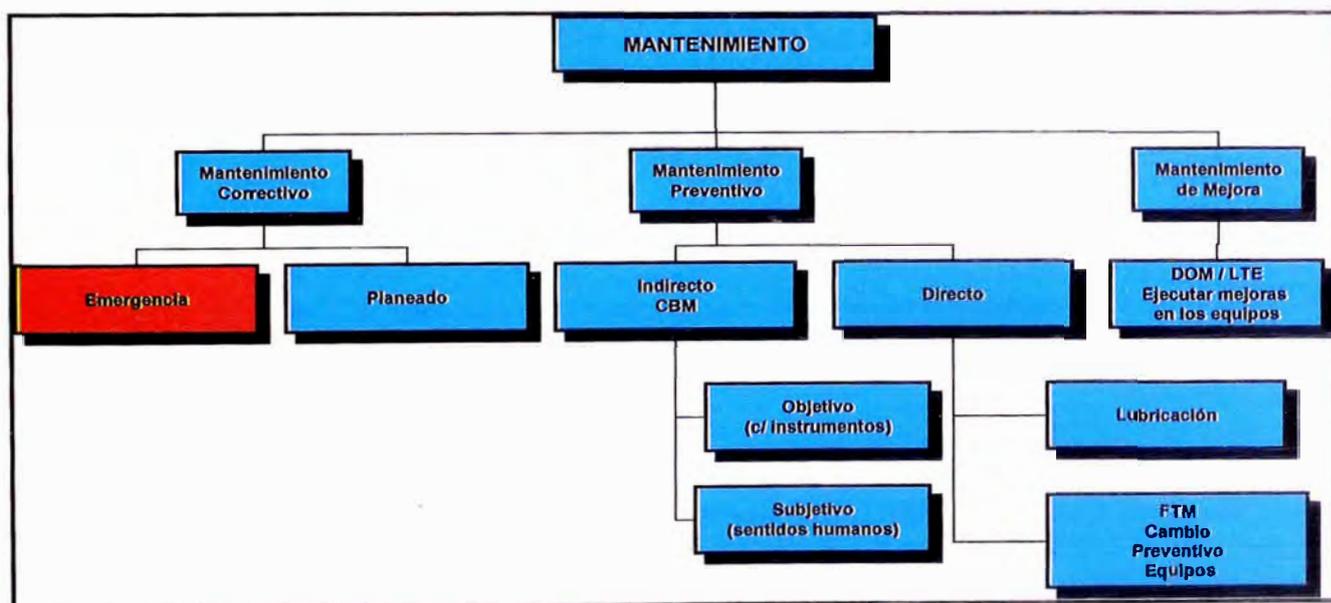


GRÁFICA 4.2: Cronograma de Proyecto de Mejora de Estrategia de Mantenimiento.

4.1.3. Estrategia de Mantenimiento

La Estrategia de Mantenimiento de una empresa queda definida según los objetivos estratégicos que busca la compañía. La clave es ser sistemático y disciplinado, y además saber utilizar los recursos de manera eficiente y eficaz.

La Gestión de Mantenimiento en Votorantim Metais plantea los siguientes tipos de Mantenimiento (ver Figura 4.4), por lo tanto la Estrategia de Mantenimiento consiste en aplicar la mejor combinación de estos a los equipos de acuerdo a la criticidad que representan para el proceso productivo.



GRÁFICA 4.3: Clasificación del Mantenimiento según el tipo de intervención.

En el siguiente cuadro se resume la aplicación de la Estrategia de Mantenimiento para la Unidad Cajamarquilla. Como se observa, las técnicas modernas de mantenimiento y el mayor recurso económico y humano se destinan a la atención de los equipos según su criticidad.

Para los **Equipos A** se ha planteado el monitoreo de la condición del equipo con instrumentos y herramientas especializadas para detectar potenciales fallas que puedan ocurrir (análisis de vibraciones, termografía, ultrasonido, medición de variables eléctricas, otras), y también se contemplan tareas de inspección sensitiva (sin instrumentos). Además dentro de las tareas de intervención directa al equipo se tiene la lubricación y los cambios periódicos de componentes cuando lo amerite. Adicionalmente el equipo de Ingeniería de Confiabilidad evalúa que mejoras se pueden implementar en los equipos o los sistemas a los que pertenecen.

Para los **Equipos B** el monitoreo de la condición se realiza solo para los que sus fallas tengan efectos y/o consecuencias en la producción, seguridad, salud, medio ambiente o costos elevados de reparación. Las tareas preventivas de lubricación y cambio periódico también son ejecutadas para estos equipos. Las mejoras son evaluadas antes de ser implementadas según el costo beneficio.

En cambio en los **Equipos C**, el monitoreo de la condición será para un porcentaje mínimo de equipos, las tareas de lubricación se realizan de acuerdo a un programa, y los cambios preventivos solo se hacen cuando el equipo falla, pues no comprometen ninguno de los aspectos antes mencionados. Las mejoras son evaluadas antes de ser implementadas según el costo beneficio.

TABLA 4.1: Aplicación de Tipos de Mantenimiento según Criticidad de Equipos.

Criticidad	Mantenimiento Preventivo				Mejoras (DOM / LTE)	AF
	Indirecto / CBM		Directo			
	Objetivo	Subjetivo / Sensitivo	Lubricación / Limpieza	FTM / Cambio Sistemático		
A	Aplicado cuando no sea posible detectar la falla de manera sensitiva.	En todos los puntos donde se pueda	En todos los puntos donde se pueda	Aplicada en todos los puntos no cubiertos por el CBM	Aplicada cuando el costo beneficio sea favorable	Aplicado en todas las fallas, siguiendo el criterio de tiempo de parada y repetitividad para cada máquina.
B	Aplicado cuando no sea posible detectar la falla de manera sensitiva y el costo / beneficio sea favorable.	En todos los puntos donde se pueda	En todos los puntos donde se pueda	Aplicada en todos los puntos no cubiertos por el CBM y el costo beneficio sea favorable	Aplicada cuando el costo beneficio sea favorable	Aplicado en todas las fallas, siguiendo el criterio de tiempo de parada y repetitividad para cada máquina.
C	Aplicado solamente donde el costo / beneficio sea favorable o haya riesgo de seguridad y/o medio ambiente.	Aplicada solamente donde el costo beneficio sea favorable	En todos los puntos donde se pueda	No se aplica	Aplicada cuando el costo beneficio sea favorable	Aplicado en todas las fallas, siguiendo el criterio de tiempo de parada y repetitividad para cada máquina.

Nota 1: En caso sea elaborado un análisis costo / beneficio para la realización de las actividades, el mismo deberá ser presentado. caso contrario no es Leyenda:

Indirecta/CBM (Condition Based Maintenance): Acciones que no impactan directamente en el equipo cuando se da su ejecución. Es el mantenimiento basado en condiciones del equipo.

Directo: Acciones que impactan directamente en el equipo cuando se da su ejecución.

Objetivo: Es la inspección a través de instrumentos o análisis. Ejemplo: análisis de vibraciones, termografía, medición de temperatura, ferrografía, análisis de lubricantes, líquidos penetrantes, etc.

Subjetivo: Es la inspección realizada a través de los sentidos (visua, ruido, temperatura, vibraciones, etc.).

FTM (Fixed Time Maintenance): Es el cambio preventivo basado en el tiempo. Después de la vida útil estimada, horas de trabajo, kilometraje recorrido, etc., se realiza el cambio del equipo.

DOM (Design Out Maintenance): Son acciones que buscan mejoras en el equipo (diseño) de tal forma que aumente la Confiabilidad del mismo.

LTE (Life Time Extention): Son acciones que buscan aumentar la vida útil del equipo cuando no sea posible aplicar el DOM.

AF: Análisis de Fallas

4.2. Entregables de Proyecto de Mejora de la Estrategia de Mantenimiento

4.2.1. Jerarquía y Criticidad de Equipos

Se revisaron los actuales procesos y subprocesos, y se mejoró el detalle de las Etapas de Planta, mejorando la descripción de los Procesos, y se agregaron Sub-Procesos tal como sigue:

TABLA 4.2: Jerarquía de la Etapa de Tostación - Ácido

DESCRIPCION ETAPA	ID/TAG PROCESO	DESCRIPCION PROCESO	DESCRIPCION SUBPROCESO
TOSTACION - ACIDO	7500-0110	ALMACENAMIENTO DE CONCENTRADOS	
	7500-0120	TOSTACION 1	LINEA DE CALCINA 1 LINEA DE GAS 1
	7500-0125	TOSTACION 2	LINEA DE CALCINA 2 LINEA DE GAS 2
	7500-0130	PLANTA DE ACIDO 1	LAVADO DE GASES CON ACIDO DEBIL 1 PRODUCCION DE ACIDO 1
	7500-0132	DESPACHO DE ACIDO SULFURICO	
	7500-0134	TRATAMIENTO DE EFLUENTES	PLANTA N° 2 (PH 7)
			PLANTA N° 3 (PH 7)
			PLANTA N° 4 (PH 9)
			PLANTA DE RECUPERACION DE AGUA (OSMOSIS INVERSA)
	7500-0135	PLANTA DE ACIDO 2	LAVADO DE GASES CON ACIDO DEBIL 2 PRODUCCION DE ACIDO 2

TABLA 4.3: Jerarquía de la Etapa de Hidrometalurgia

DESCRIPCION ETAPA	ID/TAG PROCESO	DESCRIPCION PROCESO	DESCRIPCION SUBPROCESO
HIDRO METALURGIA	7500-0240	LIXIVIACION	ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE CALCINA
			LIXIVIACION NEUTRA
			LIXIVIACION ACIDA 1
			LIXIVIACION ACIDA 2
			REDUCCION ACIDA
			PRENEUTRALIZACION
			PRECIPITACION DE GOETITA
			CONCENTRADO DE LODOS (SEC. 40-10)
	7500-0241	FLOTACION PLOMO PLATA	LINEA DE REACTIVOS
			LINEA DE PLATA
			LINEA DE PLOMO
	7500-0242	CONCENTRADO DE INDIO	PRIMERA PRECIPITACION CONC. INDIO
			PRIMERA RELIXIVIACION CONC. INDIO
			PRIMERA REDUCCION ACIDA DE CONC. INDIO
			PRENEUTRALIZACION CONC. INDIO
			SEGUNDA PRECIPITACION DE CONC. INDIO
	7500-0243	REFINADO DE INDIO	SEGUNDA RELIXIVIACION DE REFIN. INDIO
			FILTRADO Y ALIMENTACION SX REF. INDIO
			EXTRACCION DE SOLVENTE REFINADO INDIO
			PURIFICACION CLORHIDRICA DE REFINADO INDIO
			CEMENTACION DE REFINADO INDIO
			PREPARACION DE REACTIVOS REFINADO INDIO
			BRIQUETEADO DE INDIO
FUSION Y MOLDEO DE INDIO			
7500-0250	PURIFICACION	PURIFICACION FRIA	
		PURIFICACION CALIENTE	
		REPULPADO DE COBRE	
7500-0260	PLANTA DE CADMIO	CEMENTACION DE CADMIO	
		LIXIVIACION DE CADMIO	
		BRIQUETEADO, FUSION Y MOLDEO DE CADMIO	

TABLA 4.4: Jerarquía de la Etapa de Electrometalurgia

DESCRIPCION ETAPA	ID/TAG PROCESO	DESCRIPCION PROCESO	DESCRIPCION SUBPROCESO
ELECTRO METALURGIA	7500-0355	ENFRIAMIENTO DE SOLUCION PURA	
	7500-0370	CASA DE CELDAS 1	LINEA DE SOLUCION PURA 1
			LINEA DE DESLAMINADO 1
			LINEA DE SPENT 1
			LINEA DE REACTIVOS 1
	7500-0371	PLANTA DE ANODOS	
	7500-0373	CASA DE CELDAS 2	LINEA DE SOLUCION PURA 2
			LINEA DE DESLAMINADO 2
			LINEA DE SPENT 2
			LINEA DE REACTIVOS 2
	7500-0375	CASA DE CELDAS 3	LINEA DE SOLUCION PURA 3
			LINEA DE DESLAMINADO 3
			LINEA DE SPENT 3
			LINEA DE REACTIVOS 3
7500-0381	FUSION Y MOLDEO	LINEA DE BARRAS 1	
		LINEA DE JUMBOS	
		LINEA DE BARRAS 2	
7500-0382	PLANTA TRATAMIENTO DE DROSS		
7500-0383	POLVO DE ZINC	POLVO DE ZINC 1	
		POLVO DE ZINC 2	

TABLA 4.5: Jerarquía de la Etapa de Utilidades

DESCRIPCION ETAPA	ID/TAG PROCESO	DESCRIPCION PROCESO	DESCRIPCION SUBPROCESO
UTILIDADES	7500-0491	ENERGIA DE PLANTA	ALTA TENSION 30KV
			MEDIA TENSION 4.16KV
	7500-0492	PLANTA DE AGUA Y VAPOR	AGUA CRUDA
			AGUA POTABLE
			AGUA DESMINERALIZADA 1
			AGUA DESMINERALIZADA 2
			VAPOR DE PLANTA
	7500-0493	AGUA DE REFRIGERACION	
	7500-0494	AIRE COMPRIMIDO	AIRE INDUSTRIAL
			AIRE INSTRUMENTAL
	7500-0499	PLANTA DE OXIGENO	

TABLA 4.6: Jerarquía del resto de Planta

DESCRIPCION ETAPA	ID/TAG PROCESO	DESCRIPCION PROCESO	DESCRIPCION SUBPROCESO
LABORATORIO CENTRAL	7500-0501	LABORATORIO QUIMICO	
	7500-0502	MUESTRAS Y CONCENTRADOS	
	7500-0503	LABORATORIO HIDROMETALURGIA	
	7500-0504	LABORATORIO ELECTROMETALURGIA	
	7500-0505	LABORATORIO PLANTA PILOTO	
ADMINISTRACION	7500-0601	INFORMATICA (TI)	
	7500-0602	SERVICIOS GENERALES	
	7500-0603	SEGURIDAD	
	7500-0604	SERVICIO MEDICO	
	7500-0605	MEDIO AMBIENTE	
UNIDADES MOVILES	7500-0701	EQUIPO MOVIL LIVIANO	
	7500-0702	EQUIPO MOVIL PESADO	
INGENIERIA DE MANTENIMIENTO	7500-0801	TALLER CENTRAL	
	7500-0802	TALLER PREDICTIVO	
	7500-0803	LABORATORIO DE METROLOGIA	
LOGISTICA	7500-0901	ALMACEN CENTRAL	
	7500-0902	ALMACEN DE EQUIPOS REPARADOS	
	7500-0903	ALMACEN DE EQUIPOS POR REPARAR	
	7500-0904	ALMACEN DE EQUIPOS Y UT's DADOS DE BAJA	

La Jerarquía de los Equipos depende de los procesos y subprocesos definidos arriba. Como se mencionó, los equipos están jerarquizados por niveles:



GRÁFICA 4.4: Equipo de Planta con Jerarquía entre componentes.

TABLA 4.7: Jerarquía de Equipos de Planta con lista de componentes (ver foto GRÁFICA 4.4).

NIVEL	ID/TAG	CLASE	DESCRIPCION	CRITICIDAD
1	7500-0120B019-2	TPT	TRANSPORT CADENA CALO CALDER TOSTACION 1	A
2	7500-0120B019-2E1	MOE	MOTOR TRASP CADENA CALDERA TOSTACION 1	B
3	7500-0120B019-2E1-C	CUB	CUBIC MOTOR TRASP CADENA TOSTACION 1	B
2	7500-0120B019-2I1	IDV	INDIC VELOCID TRANSP CADE CALDERA TOST 1	B
3	7500-0120B019-2I1-1	SE	SENSOR DE VELOCIDAD	B
2	7500-0120B019-2M1	RED	REDUCTOR TRASP CADE CALDERA TOSTACION 1	B

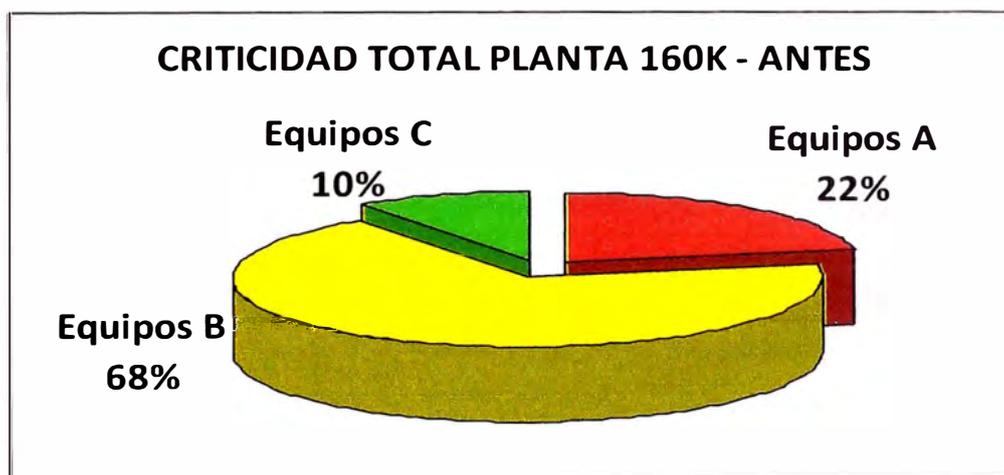
La revisión de la Jerarquía de la Planta 160K (planta antes del Proyecto de Ampliación 320K), se actualizó después de levantar la información en campo, y la Criticidad de Equipos 160K, y para la Planta 320K se elaboró la Jerarquía y Criticidad bajo los mismo criterios definidos anteriormente.

- Reconocimiento de las áreas y equipos de la refinería.
- Identificación de número de activo de equipos en planta y verificación de ID/TAG de equipos.
- Reconocimiento de equipos en planta, verificación del tipo, características y definición de nombre técnico.
- Recolección de número de activo correspondiente a equipos de planta.
- Identificación de equipos fuera de servicio, reemplazados, no considerables.
- Se validó la criticidad de los equipos con el personal de Cajamarquilla de las áreas de Operaciones, Mantenimiento, Seguridad y Medio Ambiente.
- Se ubicaron tanto los componentes mecánicos como instrumentales correspondientes a cada equipo de planta.

- Se establecieron niveles para los equipos ubicados en planta, se llegó a establecer el primer, segundo y tercer nivel.
- Se establecieron los lazos de control y lazos de indicación dentro de la jerarquía, los cuales se encuentran en segundo nivel.
- El nivel 3 se desarrolló en torno a los componentes instrumentales que poseen los lazos de control y lazos de indicación.
- Se establecieron clases de equipos para todos los niveles.
- Indicando las columnas los siguientes enunciados considerados para la jerarquía.

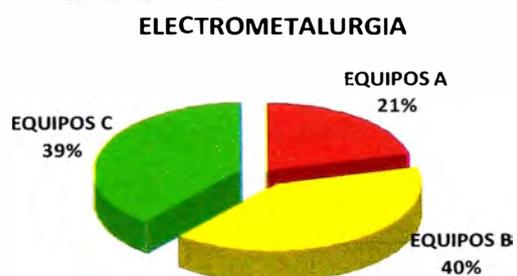
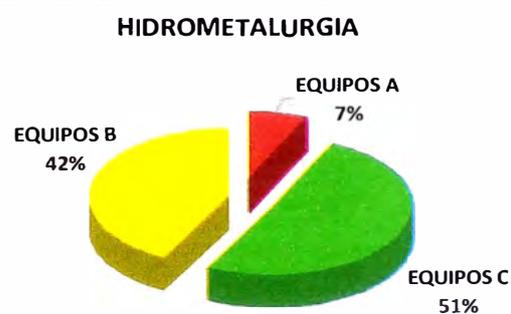
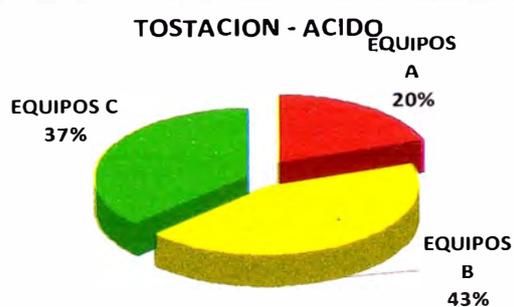
Criticidad de la Planta 160K de los Equipos Nivel 1 antes del Proyecto para las plantas Tostación-Ácido, Hidrometalurgia, Electrometalurgia y Utilidades:

PLANTA	CRITICIDAD 160K - NIVEL 1			TOTAL
	Equipos A	Equipos B	Equipos C	
TOSTACION - ACIDO	90	173	33	296
HIDROMETALURGIA	33	529	79	641
ELECTROMETALURGIA	102	286	39	427
UTILIDADES	151	169	16	336
TOTAL	376	1157	167	1700



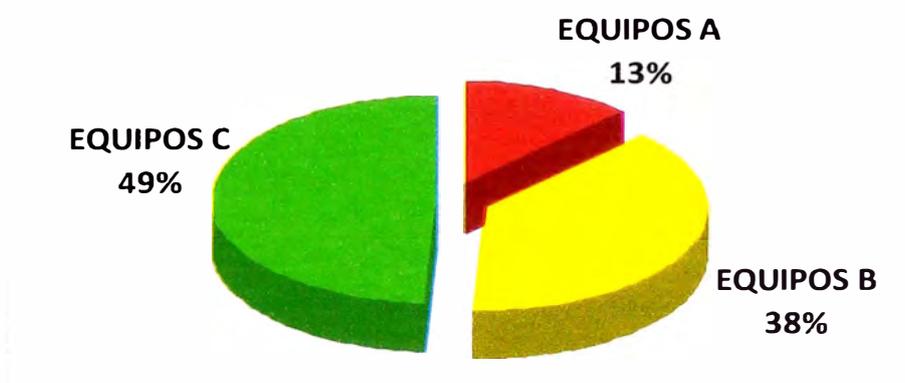
Criticidad Total de la Planta (160K + 320K) de los Equipos Nivel 1 después del Proyecto:

PLANTA	CRITICIDAD 160K + 320K - NIVEL 1			TOTAL
	Equipos A	Equipos B	Equipos C	
ELECTROMETALURGIA	153	292	280	725
HIDROMETALURGIA	78	564	469	1111
UTILIDADES	91	219	255	565
TOSTACION - ACIDO	110	243	207	560
TOTAL EQUIPOS PLANTA	432	1318	1211	2961
INGENIERIA DEL MANTENIMIENTO		2	64	66
LABORATORIO CENTRAL	17	39	194	250
LOGISTICA			23	23
UNIDADES MOVILES		2	83	85
ADMINISTRACION		10	190	200
TOTAL OTRAS AREAS	17	53	554	624
TOTAL GENERAL	449	1371	1765	3585





CRITICIDAD TOTAL PLANTA



4.2.2. Planes de Mantenimiento

Los Planes de Mantenimiento de los equipos nuevos del Proyecto de Ampliación 320K se han elaborado con la metodología del RCM, lo que complementa el trabajo realizado anteriormente en algunos de los equipos de la Planta 160K. Sin embargo, la metodología utilizada debió plantearse de manera tal que en el tiempo previsto de ejecución del Proyecto de Mejora de la Estrategia se elaboren planes de mantenimiento para un poco más de 1000 equipos, por tal motivo se generó una plantilla para la elaboración que contempla, en resumen, lo que la metodología requiere:

- Identificar los sistemas, sus fronteras y las funciones que cumplen.

- **Componente:** Componentes mantenibles del equipo a los cuales se les aplicará las tareas, se indica el Sistema al que pertenece, ID/TAG, Nombre del componente, Clase.
- **Análisis de Fallas:** En este campo se indica el Modo de Falla Funcional de los Equipos, Causa de los Modos de Fallas determinados, y Velocidad de Degradación se indica en el campo P-F (SI: degradación progresiva y lenta; NO: degradación progresiva y rápida, o degradación aleatoria y definitiva).
- **Tareas de Mantenimiento:** Aquí tenemos descripción de la tarea que elimina o minimiza la causa, frecuencia, tipo de tarea, tiempo de ejecución, número de personas, límites de alarma y alerta para tareas predictivas, responsable de elaboración del plan.
- **Frecuencia de Fallas:** Indica la frecuencia con que se presenta la falla. Sirve de referencia para determinar las frecuencias de las tareas de mantenimiento.
- **Periodicidad de las tareas de mantenimiento:** Indica la frecuencia con que se debe ejecutar las tareas de mantenimiento. Está sujeto a modificaciones según el análisis que se haga del equipo.
- **Estado del equipo:** Indica en qué estado se encuentra el equipo al momento de la intervención de mantenimiento.

Frecuencia de Falta	Periodicidad	Estado Equipo
D01 diaria	0.05 Turno	OP En Operación
S01 semanal	0.14 Diaria	PE Parada de Equipo
M01 mensual	1 Semanal	PP Parada de Planta
M03 trimestral	2 Quincenal	PG Parada General
M06 semestral	4 Mensual	
M09 9 meses	8 Bimensual	
A01 anual	12 Trimestral	
A02 2 años	16 04 Meses	
A03 3 años	24 Semestral	
A05 5 años	32 09 meses	
	48 Anual	
	96 2 Años	
	144 3 años	

- **Tipo de tarea:** Se indica el tipo de tarea de mantenimiento que se le hará al equipo.
- **Ejecutante:** Indica el responsable de ejecutar el mantenimiento.

Tipo Tarea	Ejecutante
COR Correctivo	OPE operador
ISE Inspecciones Sensitivas / Limpieza	LUB lubricación
LUB Lubricación	PRE equipo predictivo
TPR Técnicas Predictivas	MEC mecánico
RRE Revisiones / Reglajes	ELE electricista
PRU Pruebas / Testeos	INS instrumentista
CAS Cambio Sistemático	PLA-E planeador electrico
MOD Modificaciones / Mejoras	PLA-M planeador mecanico
CMET Confirmación Metrológica	MET metrologia
	CIV civil
	ING ingeniería
	TER-E terceros
	TER-M terceros

Los 1035 Planes de Mantenimiento elaborados para los equipos del Proyecto de Ampliación 320K están distribuidos de la siguiente manera:

- Luego observamos en este ejemplo el desglose de las actividades mecánicas con las frecuencias de atención de 2, 4, 12 y 48 semanas.

Visualizar instrucción: resumen operaciones

GiHRuta 90117 Serv. Mec Bomba 2-4-12-48 Sem ContGpoHR 1

Dep.	SCor	PlanoTarea	Ce	ICor	Descripción actividad	T	Tiempo	Un	Nº	Un	C%	Cost	Unid	Fac	Clas	Comod	Consumo	HS	CS	CG	GL	GC
0810	T22	7500-PR01	Serv. Mec Bomba	2 Sem		0.5	H	1	0.5	H	2.100	1	TRV					0				0
0820	T22	7500-PR01	Serv. Mec Bomba	4 Sem		0.5	H	1	0.5	H	2.100	1	TRV					0				0
0830	T22	7500-PR01	Serv. Mec Bomba	12 Sem		1.0	H	1	0.0	H	2.100	1	TRV					0				0
0840	T22	7500-PR01	Serv. Mec Bomba	48 Sem		3.0	H	2	4.0	H	2.100	1	TRV					0				0

- Finalmente en el sistema ERP se registran las tareas de mantenimiento a realizar a un equipo determinado. Estas actividades son arrojadas del sistema en forma de órdenes de trabajo que serán ejecutadas en campo una vez que hayan sido planificadas y programadas por el Pilar de Planeamiento, Programación, Control e Información de Mantenimiento.

Votorantim

Orden de Mantenimiento Planificado

Orden	Descripción					Tipo	Prioridad
43257731	Serv. Mec Bomba 2-4-12-48 Sem					PLC1	3-Normal
Fecha Inic.	Fecha Fin	C. Coste	P. Trab. Resp	Área	Ubicación	Grp. Plant	Centro P.M.
12.05.2010	12.05.2010	1CJ095	T22	02	0240	PMII	7500
Tipo de actividad		Estado				Plan	Via
Por tiempo		L.R. IMPR REGIP NIJO FREC				96771	001
Objeto Técnico				Descripción			
Ubic. Instalación		7500-0240B2098		BOMBA 2 FILTRADO PRIM. FILTRO PH/AGAG			
Crit. Ublc.Inst		B		Criticidad Media			
Equipo:							
Equipo Sup.							
Dble.Inst. Sup.		7500-324004		LIXIVIACION ACIDA 2			
Operación	Matrícula	Persona			Fecha	Hr. Inic.	Hr. Fin
Comentarios:							
CÓDIGO	RELACIONADO			DESCRIPCIÓN			
Aceptación del servicio				Ejecución			
<p>OPERACIÓN 0010 Serv. Mec Bomba 2 Sem</p> <p>CENTRO TRABAJO T22 QTDE RECURSO: 1</p> <p>DT INI PREV DT FIN PREV HORA INI PREV HORA FIN PREV DT INI DT FIN HR INICIO HR FIN</p> <p>12.05.2010 12.05.2010 09:00:00 24:00:00</p> <p>Serv. Mec Bomba 2 Sem</p> <p>INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD</p> <p>1.- Confirmar con operaciones que las coordinaciones para intervenir el equipo fueron realizadas</p> <p>2.- Ejecutar los EPP de acuerdo al Instructivo de Trabajo</p> <p>OP.VM.ZINCO.CIM.HSMQ 016</p> <p>3.- Para bloquear la energía eléctrica del equipo aplicar el procedimiento VM-ZINC-CIM-HSMQ-012</p> <p>4.- Elaborar su APR para evaluación de los riesgos de las tareas</p> <p>PROCEDIMIENTO</p> <p>BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL.</p> <p>() Medir nivel de vibración con vibrómetro. Generar alerta a 4.5 mm/s.</p> <p>MOTOR DE BOMBA # 2 FILTRADO FILT PH/AG</p> <p>() Medir nivel de vibración con vibrómetro. Generar alerta a 4.5 mm/s.</p>							

4.2.3. Procedimientos de Mantenimiento

Los Procedimientos de Mantenimiento se dividieron en:

- **Específicos:** Aplicados a los equipos de la planta que no tienen similitud con otros, o que por su complejidad requieren de la elaboración

de procedimientos con el fin de mitigar o eliminar los riesgos que se presenten.

- **Genéricos:** Estos procedimientos aplican a los equipos más comunes (bombas, motores, fajas, etc.) que se encuentran en toda la planta.

Las actividades realizadas en este entregable fueron:

- Identificación del equipo con criticidad A en la Jerarquía de Equipos.
- Reconocimiento y selección de los planes de mantenimiento.
- Identificación y creación del título del procedimiento aplicable al componente o equipo.
- Verificación en campo y toma de foto al componente o equipo.
- Entrevista al técnico capacitado sobre la secuencia del trabajo a realizar.
- Elaboración del procedimiento.
- Entrega de procedimiento a Votorantim para la revisión.
- Corrección del procedimiento.
- Validación de procedimiento.

La cantidad de Procedimientos de Mantenimiento para toda la planta está de la siguiente forma:

AREA	ESPECIALIDAD	PROYECTO		TOTAL
		160K	320K	
TOSTACION	ELÉCTRICO	1		1
	INSTRUMENTISTA	4		4
	MECÁNICO	48	27	75
	LUBRICADOR	6		6
HIDROMETALURGIA	INSTRUMENTISTA	10	4	14
	MECÁNICO	38	11	49
	LUBRICADOR	4		4
ELECTROMETALURGIA	ELÉCTRICO	7	15	22
	INSTRUMENTISTA	14		14
	MECÁNICO	48		48
UTILIDADES	ELÉCTRICO	4		4
	INSTRUMENTISTA		3	3
	MECANICO	15	22	37
MANTENIMIENTO	ELÉCTRICO	14	2	16
	INSTRUMENTISTA	31	6	37
	MECÁNICO	72	2	74
	LUBRICADOR	14		14
TOTAL		330	92	422

AREA	PROYECTO		TOTAL
	160K	320K	
TOSTACION	59	27	86
HIDROMETALURGIA	52	15	67
ELECTROMETALURGIA	69	15	84
UTILIDADES	19	25	44
MANTENIMIENTO	131	10	141
TOTAL		330	422

4.2.4. Fichas Técnicas de Equipos

Debido al alcance del Proyecto de Mejora de la Estrategia, se determinaron cierta cantidad de activos para la elaboración de Fichas Técnica. Se ejecutaron los siguientes pasos:

- Se ubicaron en campo los equipos, se recopiló información de sus componentes, placas de motor, características técnicas de campo, información de archivo técnico.
- Se verificó la información recopilada en campo con la información que se tiene en Archivo Técnico para verificar que la data sea la correcta.

- Se elaboraron formatos nuevos para las clases de equipos que no se tenían. Estos formatos fueron validados por los ingenieros de Confiabilidad.

Se tiene la siguiente información en las Fichas Técnicas:

- La descripción del equipo y descripción del proceso
- Número de activo y código de equipo
- Ubicación Técnica, Sección, Familia, Fuente de datos.
- Fabricante, Modelo, Número de serie, Marca, Precio de compra
- Datos específicos de cada equipo

La cantidad total de formatos elaborados es la siguiente:

TIPO DE FICHA	CANTIDAD
MECANICAS	108
ELECTRICAS	27
INSTRUMENTALES	63
TOTAL	198

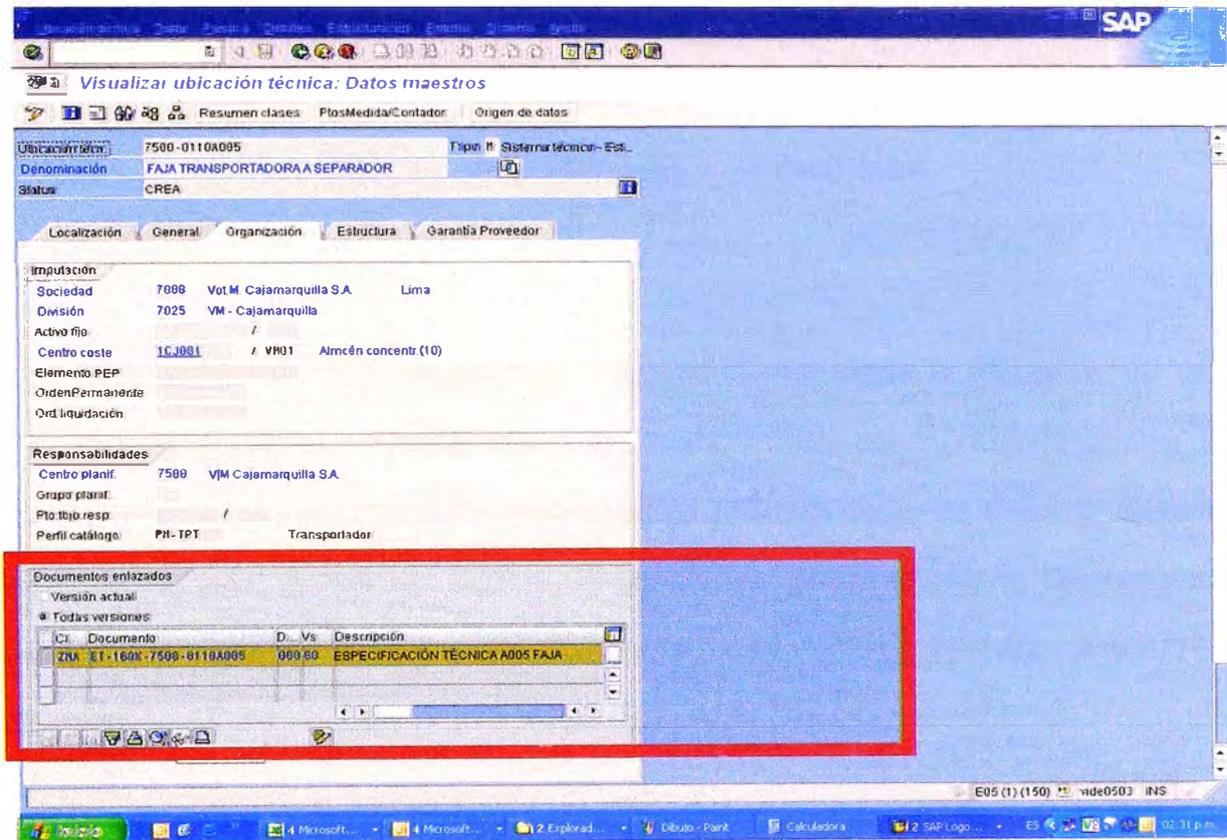
La cantidad total de formatos elaborados es la siguiente:

PROYECTO	NIVEL	TOTAL DE EQUIPOS (fichables)	TOTAL ELABORADOS	% TOTAL
160K	Nivel 1	1870	1870	100%
	Nivel 2	2755	1936	70%
	Nivel 3	1935	693	36%
	TOTAL	6560	4499	69%
320K	Nivel 1	1058	569	54%
	Nivel 2	1926	939	49%
	Nivel 3	2668	1329	50%
	TOTAL	5652	2837	50%

A continuación se muestra un formato de Ficha Técnica elaborada para uno de los activos de planta.

 	
MOTOR	
DATOS GENERALES	
DESCRIPCION	MOTOR
DESCRIPCION DEL PROCESO	MOTOR DE FAJA TRANSPORTADORA
NUMERO ACTIVO	4520
CODIGO DE EQUIPO	70015492
TAG	7500-0110A017E1
TAG SYBETRA	A017E1
FECHA DE TOMA DE DATOS	10/12/2008
SECCION	10
FAMILIA	MOTORES
FUENTE DE DATOS	YDL 1006 (ARCHIVO TECNICO)
DATOS DE ACTIVO	
MARCA	DEL CROSA
MODELO	NV-132S4 - B3
N°SERIE	117305-M5
FABRICANTE	DEL CROSA
DATOS ESPECIFICOS	
FRAME (CARCASA)	DNE
POTENCIA (HP)	9
TORQUE (Nm)	170
BLOQUEO DEL MOMENTO MIN. TORQUE	DNE
DESIGNACIÓN NEMA	IEC 34
AÑO DE FABRICACION	1980
VELOCIDAD NOMINAL (RPM)	1745
FRECUENCIA (Hz)	60
NUMERO DE FASES	3
TENSION (V)	440
CORRIENTE (A)	12,5
FACTOR DE POTENCIA	0,83
FACTOR DE SERVICIO	1
SERVICIO	DNE
CONEXIÓN	TRIANGULO
EFICIENCIA (%)	84
PROTECCIÓN CORROSIVA	IP55
GRADO DE PROTECCIÓN	TEFC
PESO (Kg)	615
PINTURA	ANTICORROSIVA
RODAMIENTOS	6308

Luego se cargan las fichas al software ERP para el conocimiento de todo el personal que lo necesite.

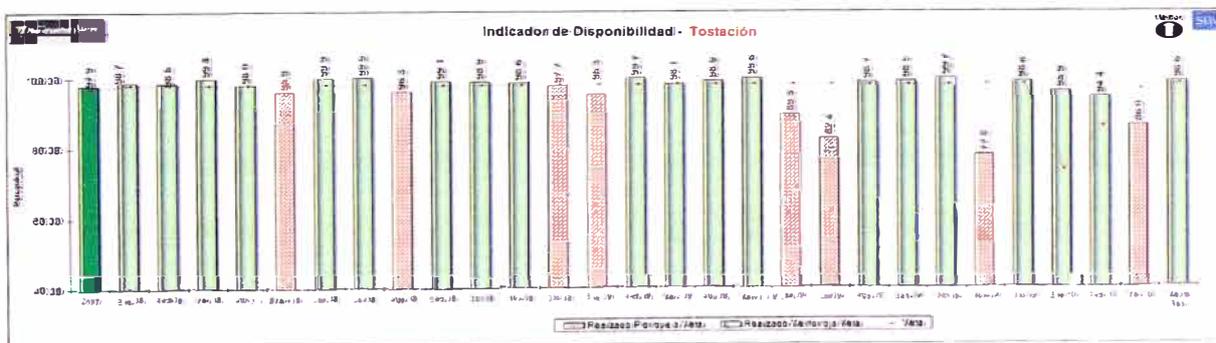


5.1.2. Indicador de Cumplimiento de Predictivo - ICPPD



Análisis Crítico: Se observa un punto bajo la meta en el mes de agosto del 2009. Cuando esto ocurre se determinan cuales han sido las causas del desvío y se toman acciones correctivas y preventivas para que no vuelva a ocurrir. Sin embargo se observa que desde diciembre en adelante no se ha tenido desvíos respecto a la meta corporativa de cumplimiento (95%).

5.1.3. Indicador de Disponibilidad – Tostación



Análisis Crítico: La disponibilidad que se muestra es la de la Planta de Tostación, que es la que marca el ritmo de producción de la refinería. Como se observa, se han tenido varios meses en donde no se ha llegado a la meta, y los análisis de causa raíz se han realizado oportunamente para tomar acciones correctivas.

En el año 2010 se modificó la meta de disponibilidad debido a que se cuenta con 2 plantas de Tostación (sección 20 y sección 25), y debido al arranque progresivo de la nueva planta de Tostación (sección 25), se ha tomado una disponibilidad promedio.

El desvío del mes de marzo del 2010 se debe a una emergencia que afectó el tostador (horno de oxidación de concentrado) de la sección 20, lo que ocasionó que dicha planta esté parada por 10 días. Sin embargo el análisis de causa raíz determino que se debía un problema de falla de material combinado con una mala operación. A esto se sumaron diferentes fallas en equipos que fueron atendidas en el tiempo que la planta estuvo parada.

5.2. Análisis Económico

En el presente trabajo el Análisis Económico se podrá realizar al final del año 2010, ya que recién se habrán ejecutado los planes de mantenimiento para los equipos nuevos, y se podrá evaluar cuánto se ha gastado en mantenimiento planificado (preventivo y predictivo) y no planificado (emergencias o paradas de equipos).

TABLA 5.1: Análisis de Costos por Tipo de Mantenimiento (%) – Años 2007 a 2009.

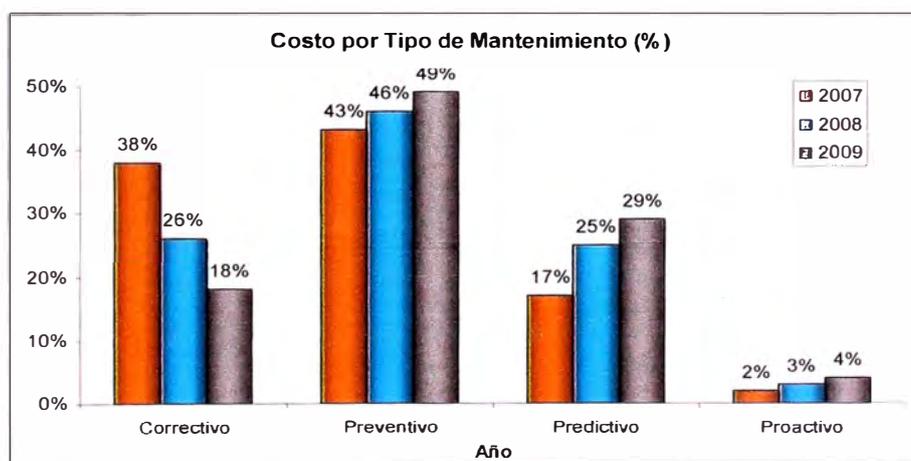
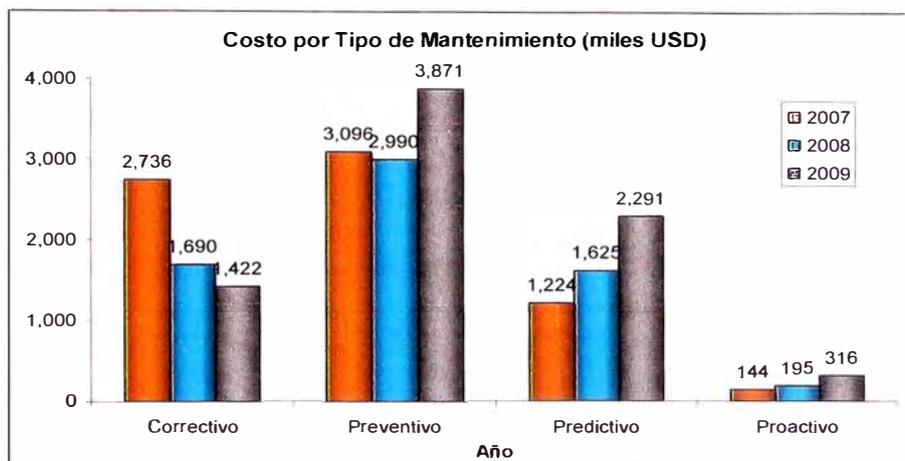


TABLA 5.2: Análisis de Costos por Tipo de Mantenimiento (miles USD) – Años 2007 a 2009.



CONCLUSIONES

1. El mantenimiento industrial requiere de un sistema de gestión que refuerce los objetivos y metas trazadas por la empresa para cada una de las áreas. Es así que se entiende la función que debe cumplir cada uno de los involucrados en la tarea de preservar los activos de la empresa, sin afectar la disponibilidad de los equipos y a un costo sustentable.
2. Una gestión de activos adecuada se sustenta en la base de la información y organización adecuada de los activos. Aun cuando Mantenimiento viene a ser una actividad de soporte dentro de la cadena productiva de una empresa, el aporte que brinda junto con Operaciones, permite dirigir los esfuerzos a lo que realmente es necesario ejecutar para mantener la continuidad operacional de la planta.
3. La aplicación de una adecuada estrategia de mantenimiento depende del análisis de cada etapa, proceso y subproceso de las plantas, siendo única para cada proceso industrial, dependiendo de criterios como producción, seguridad, salud, medio ambiente o costos de mantenimiento. Se busca siempre la generación de valor mediante la continuidad operacional y la optimización de recursos.

4. La aplicación de la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) solo se consigue si previamente se realiza la sistematización de los activos de la planta. Es necesario elaborar una jerarquía desde el más alto nivel hasta el mas bajo, identificando funciones de cada componente, y evaluando cuál es el efecto que causa la falla de un componente que deje de cumplir una función asignada.

5. El plan de mantenimiento preventivo aplicado a los equipos de una planta industrial, es el resultado de todo el análisis previo mencionado. Y su cumplimiento, evolución y mejora depende de qué tan bien esté soportado por el sistema de gestión que se maneja en la empresa, así como también de la participación de todos los pilares del mantenimiento y la retroalimentación de la parte operacional.

RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones se refieren a todo el trabajo realizado en campo y oficina:

- Reemplazar las placas de número de activo en la mayoría de equipos de las plantas antiguas, ya que presentan deterioro por sus mismas condiciones y antigüedad.
- Proteger la placa de información técnica del equipo durante actividades de pintado, mantenimiento, y otras actividades que puedan perjudicar dicha placa, y dificultar la identificación del equipo.
- Facilitar el acceso mediante escaleras fijas a equipos que carecen de algún medio para realización de mantenimiento u otras actividades, sea el caso de algunos polipastos, equipos elevados o distanciados, que se encuentran inaccesibles.
- Describir las tareas de mantenimiento del plan preventivo con mucho detalle para mayor entendimiento al momento de la ejecución por parte de los talleres de ejecución.
- Crear campo SAP que diferencie horas hombre con horas de parada de máquina, actualmente se carga solo las horas totales, y puede ser que la máquina este parada por mas tiempo del requerido.

- Establecer políticas de mantenimiento RCM, como por ejemplo: Sistemas de Back Up como UPS, bombas Stand By, solo realizar lubricación, limpieza externa, y prueba de operación constante (mensual o bimensual) para garantizar funcionamiento.
- Desarrollar software (periférico) que contenga como base de datos la planilla RCM-VM y convierta esta data en formato SAP, para agilizar los cambios por mejora de los planes de mantenimiento en general.
- Estandarizar marcas de repuestos instrumentales, hay mucha variedad.
- Realización de agujero en guardas para monitorear temperatura en acoples.

BIBLIOGRAFÍA

1. TAVARES, Lourival Augusto. **GESTION ESTRATEGICA EN ACTIVOS DE MANTENIMIENTO. Una visión del Mantenimiento Centrado en el Negocio.** Ediciones Técnicas. 2007. Venezuela.
2. PASCUAL, Rodrigo. **GESTIÓN MODERNA DEL MANTENIMIENTO.** Segunda Edición. Editorial de Universidad de Chile. 2002. Santiago, Chile.
3. ELLMAN y Asociados. **NUEVAS ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO PARA EL SIGLO XXI.**
4. MENDOZA Huerta, Rosendo. **EL ANALISIS DE CRITICIDAD, UNA METODOLOGIA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL.** Venezuela.
5. MOORE, Ron. **MAKING COMMON SENSE COMMON PRACTICE. Models for manufacturing excellence.** Third Edition. Elsevier. 2004. USA.
6. Votorantim Metais. **Manual de Mejores Prácticas de la Función de Producción.** 2005. Sao Paulo, Brasil.
7. JARDINE, Andrew K. S. **MAINTENANCE EXCELLENCE.**

APENDICE

APÉNDICE

APÉNDICE A: Base de Cálculo de Indicadores de Mantenimiento analizados

APÉNDICE B: Clases de Equipos definidos para la Elaboración de Planes de Mantenimiento y Formatos de Fichas Técnicas

APÉNDICE A: Base de Cálculo de Indicadores de Mantenimiento analizados

Indicador de Disponibilidade

	VM	Código	PG-VM-MAN-006
	Padrão Gerencial	Revisão	4.2
	Título: Indicadores de Performance da Manutenção	Área	Manutenção
		Páginas	6 / 23

IC: Disponibilidade (DISP)							
Processo Manutenção e Operação							
Definição e Relevância É a relação entre o tempo que o equipamento, instalação ou sistema encontra-se disponível para cumprir suas funções e o total de horas calendário. Devemos considerar somente as horas atribuíveis à Função Manutenção, ou seja, Manutenção Corretiva, Corretiva Programada, Preventiva, Preditiva e Melhorias.							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Elaborador do KPI</td> <td>Área Responsável pelo Cálculo</td> </tr> <tr> <td>Nome Equipe SGVM-MAN</td> <td>Cargo SGV</td> <td>Engenharia de Manutenção</td> </tr> </table>		Elaborador do KPI		Área Responsável pelo Cálculo	Nome Equipe SGVM-MAN	Cargo SGV	Engenharia de Manutenção
Elaborador do KPI		Área Responsável pelo Cálculo					
Nome Equipe SGVM-MAN	Cargo SGV	Engenharia de Manutenção					
Fórmula $DISP = (HCAL - HPDM) / HCAL \times 100$ <p>HCAL = Total de horas calendário em um determinado período de tempo. (Exemplo: número de dias x 24h).</p> <p>HPDM = Total de horas paradas de responsabilidade da manutenção (Manutenção Corretiva, Corretiva Programada, Preventiva, Preditiva e Melhorias de Manutenção), que tornaram indisponível o equipamento, instalação ou sistema para a operação desempenhar sua atividade.</p>							
Unidade de Medida %	Frequência de Medição Mensal						
Fonte de Dados ERP							
Observações <ul style="list-style-type: none"> Setores Produtivos, Áreas Operacionais, que forem julgados relevantes e todos equipamentos considerados TOP10, devem apresentar este indicador. Todos os equipamentos que façam parte do Pilar de Manutenção Autônoma devem apresentar este indicador. 							

Elaborador: Fábio Eduardo T. Scarlassari	Sigilo: Uso Interno da VM	Aprovador: Cloves Otavio Nunes de Carvalho
--	-------------------------------------	--

Indicador de Cumplimiento de Plan de Mantenimiento Preventivo - ICPMP

	VM	Código	FG-VM-MAN-006
	Padrão Gerencial	Revisão	4.2
	Título: Indicadores de Performance da Manutenção	Área	Manutenção
		Páginas	15 / 23

IV: Cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva (ICPMP)		
Processo Manutenção		
Definição e Relevância É a relação entre a quantidade de ordem de serviço do Plano de Manutenção Preventiva (PMP) executada no mês, em relação à quantidade de ordem de serviço do Plano de Manutenção Preventiva previstas para o mês.		
Elaborador do KPI		Área Responsável pelo Cálculo
Nome Equipe SG-VM-MAN	Cargo SGV	PPCIM
Fórmula $ICPMP = (OSPPR / OSPPP) \times 100$ OSPPR = Quantidade de ordens de serviços do Plano de Manutenção Preventiva realizadas no mês. OSPPP = Quantidade de ordens de serviços do Plano de Manutenção Preventiva planejadas para o mês.		
Unidade de Medida %	Frequência de Medição Mensal	
Fonte de Dados ERP		
Observações		

Elaborador: Fábio Eduardo T. Scarlassari	Sigilo: Uso Interno da VM	Aprovador: Clóves Otávio Nunes de Carvalho
---	------------------------------	---

Indicador de Cumplimiento de Plan de Mantenimiento Predictivo - ICPPD

	VM	Código	PG-VM-MAN-008
	Padrão Gerencial	Revisão	4.2
	Título: Indicadores de Performance da Manutenção	Área	Manutenção
		Páginas	10 / 23

IV: Cumprimento do Plano de Manutenção Preditiva (ICPPD)		
Processo Manutenção		
Definição e Relevância É a relação entre a quantidade de rotas do Plano de Manutenção Preditiva executadas no mês, em relação à quantidade de rotas previstas para o mês.		
Elaborador do KPI		Área Responsável pelo Cálculo
Nome Equipe SGVM-MAN	Cargo SGV	Preventiva / Preditiva
Fórmula $ICPPD = (RPEPP / RPPMP) \times 100$ <p>RPEPP = Quantidade de rotas previstas executadas do Plano de Manutenção Preditiva na semana.</p> <p>RPPMP = Quantidade de rotas previstas do Plano de Manutenção Preditiva para a semana.</p>		
Unidade de Medida %	Frequência de Medição Mensal	
Fonte de Dados ERP		
Observações Deve-se levar em consideração as Ordens do tipo RT01;		

Elaborador: Éblio Eduardo T. Scarlascari	Sigilo: Uso Interno da VM	Aprovador: Clóves Otávio Nunes de Carvalho
--	-------------------------------------	--

Indicador de Cumprimento de Laudos de Predictivo en el Plazo - IALPP

	VM Padrão Gerencial	Código	PG-VM-MAN-008	
		Revisão	4.2	
	Título:	Indicadores de Performance da Manutenção	Área	Manutenção
			Páginas	11 / 23

IV: Cumprimento aos Laudos de Preditiva no Prazo (IALPP)							
Processo Manutenção							
Definição e Relevância É a relação entre a quantidade de ordens de serviços de laudos preditivos executados no prazo, em relação à quantidade de ordens de serviços de laudos emitidas para a semana. O prazo é a data definida pela preditiva no laudo.							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Elaborador do KPI</td> <td>Área Responsável pelo Cálculo</td> </tr> <tr> <td>Nome Equipe SGVM-MAN</td> <td>Cargo SGV</td> <td>Preventiva / Preditiva</td> </tr> </table>		Elaborador do KPI		Área Responsável pelo Cálculo	Nome Equipe SGVM-MAN	Cargo SGV	Preventiva / Preditiva
Elaborador do KPI		Área Responsável pelo Cálculo					
Nome Equipe SGVM-MAN	Cargo SGV	Preventiva / Preditiva					
Fórmula $IALPP = (OSLPR / OSLPE) \times 100$ OSLPR = Quantidade de notas M4 de Preditiva realizadas no prazo. OSLPE = Quantidade de notas M4 de Preditiva emitidas para um período.							
Unidade de Medida %	Frequência de Medição Mensal						
Fonte de Dados ERP							
Observações							

Elaborador: Fábio Eduardo T. Searlasari	Sigilo: Uso Interno da VM	Aprovador: Clóves Otávio Nunes de Carvalho
---	-------------------------------------	--

Indicador de Cumplimiento de Planeamiento de Horas-Hombre – ICPHH

	VM	Código	PG-VM-MAN-008
	Padrão Gerencial	Revisão	4.2
	Título: Indicadores de Performance da Manutenção	Área	Manutenção
		Páginas	13 / 23

IV: Cumprimento do Planejamento de Homem-Hora (ICPHH)	
Processo Manutenção	
Definição e Relevância É a relação entre a quantidade de homem-hora efetivamente realizado e o homem-hora planejado em um determinado intervalo de tempo.	
Elaborador do KPI	
Nome Equipe SGVM-MAN	Cargo SGV
Área Responsável pelo Cálculo PPCIM	
Fórmula $ICPHH = (HHR / HHP) \times 100$ <p>HHR = Quantidade de homem-hora realizado em ordens de serviço planejadas e encerradas em um determinado intervalo de tempo.</p> <p>HHP = Quantidade de homem-hora planejado em ordens de serviço planejadas.</p>	
Unidade de Medida %	Frequência de Medição Mensal
Fonte de Dados ERP	
Observações <ul style="list-style-type: none"> Este indicador é comparável ao Benchmarking interno e externo. 	

Elaborador: Fábio Eduardo T. Scarlassari	Sigilo: Uso Interno da VM	Aprovador: Clóves Otávio Nunes de Carvalho
--	-------------------------------------	--

APÉNDICE B: Clases de Equipos definidos para la Elaboración de Planes de Mantenimiento y Formatos de Fichas Técnicas

Clases de Equipos – MECANICOS

BMBH	Bomba centrifuga horizontal
BMBV	Bomba centrifuga vertical
BMBD	Bomba Dosificadora/desplazamiento positivo
BMBPM	Bomba Pulp o matic
BMBPR	Bomba peristaltica
BMBVA	Bomba vacio
BMBDF	Bomba Diafragma/neumatica
BMBE	Bomba de Engranajes
BMBT	Bomba de Tornillo
BMBBS	Bomba Sumergible
BMBHD	Bomba Hidraulica
BMB	Bomba
RED	Reductor
TNOM	Tanque Metálico
TNOF	Tanque de Fibra
TNOC	Tanque de Concreto
TNO	Tanque
AGT	Agitador
VEN	Ventilador
TPT	Transportador cadena
CTR	Transportador faja
RTR	Transportador helicoidal (de gusano)
TPTD	Disco alimentador
SOP	Soplador
MRE	Motoreductor
PRL	Gruas y polipastos
ACP	Actuadores Pneumatico
TRC	Intercambiador
AOC	Calefactores
BLC	Balanza
FOR	Hornos y Crisoles
OTR	Otra Clase
TORP	Torres de Proceso
EXA	Extractores de aire y gases
ALM	Tubo alimentador de Vapor, Aire, Agua
ACH	Accion. Hidraulico
FILD	Filtro US / disco
FILM	Filtro manga bolsa
FILB	Filtro de banda
FILT	Filtro tela o lona
FILP	Filtro prensa (placas)
FIL	Filtro
SUM	Sumidero
CEL	Celdas Electrolyticas
PRS	Prensa
MTH	Motor hidráulico
VPR	Recipiente de presión
ESP	Espesador
SEC	Secadores de aire y presurizador
PRE	Electrofiltors
EXC	Exclusas de Ruedas celular
FCH	Fotómetro de la llama
PDR	Patron
MOC	Motor de combustion
CPS	Compresoras de Aire
SIL	Silo
AEP	Actuadores Electroneumatico
ENF	Enfriador
CEP	Cepilladora
MAEST	Descortezadora

ELV	Elevador
MOI	Molino
TEI	Intercomunicador
CAN	Canaleta
DSD	Dosador
GER	Generador de Vapor
POZ	Poza de Relave
PULV	Pulverizador
QUE	Quemador
TUR	Turbinas
CLS	Clasificadores de Rastrillo
CIC	Ciclon-Separadoras centrifugos
SEP	Separador magnetico
ACE	Accion. Electrico
APL	Apilador
CEX	Camara de expansión
VIB	Vibradores / Golpeadores / Transportadores
RSF	Torres de enfriamiento
LAIR	Línea de Aire / Gas
LPRC	Línea de proceso
EDI	Edificaciones
EOS	Equipo de Soldadura
MH	Maquinas Herramientas
CFL	Celda de Flotacion
UNH	Unidad hidráulica
POL	Polipastos
POZ	Poza de Relave
COP	Acople Hidraulico

Clases de Equipos – ELECTRICOS

MVI	vibrador electrico
PAE	Panel eléctrico
TRF	Transformador de baja tension
TRFA	Transformador de potencia
TRRC	Transformador rectificador
TRFM	Transformador energia electrica (4.16kva)
CAC	Aire Acondicionado
DIS	Disyuntor
CCM	Centro de control de motores
VVE	Variador de Velocidad
BCB	Banco de Baterías
CNT	Contactador MT
BUB	Bus Bar
SCD	Seccionador
SLT	Sistema de Línea de Tierra
CPT	Estación de Operador
CLF	Columna de flotacion
CLF	Columna de flotacion

Clases de Equipos – INSTRUMENTALES

LCN	Lazo de control de nivel
IDN	Lazo de indicación de nivel
LET	Sensor y transmisor de nivel
LEIT	Sensor-transmisor-indicador de nivel
LI	Indicador de nivel
LE	Sensor de nivel
LV	Válvula de control para control de nivel
LCF	Lazo de control de flujo
IDF	Lazo de indicación de flujo
FE	Sensor de flujo
FIT	Transmisor e indicador de flujo
FET	Sensor-transmisor de flujo
FEIT	Sensor-transmisor-indicador de flujo
FV	Valvula de control de flujo
LCT	Lazo de control de temperatura
IDT	Indicación de temperatura
TE	Sensor de temperatura
TIT	Transmisor e indicador de temperatura
TV	Valvula de control de temperatura
LCPH	Lazo de control de PH
IDPH	Indicación de PH
PHT	Transmisor de PH
PHI	Indicador de PH
PHV	Válvula de control para control de PH
ORPI	indicador de ORP
ORPV	Válvula de control para control de PH
PHIT	Transmisor-indicador de PH
LCP	Lazo de control de presión
IDP	Indicación de presión
PEIT	Sensor-transmisor-indicador de presión
PIT	Transmisor-indicador de presión
PV	Valvula de control de presión
IDG	Lazo de indicación de gases
IDV	Lazo de indicación de velocidad
SE	Sensor de velocidad
ST	Transmisor de velocidad
SET	sensor-transmisor de velocidad
LCW	Lazo de control de peso
WE	Sensor de peso
WIT	Transmisor-indicador de peso
IDZ	Lazo de indicación de posición
ZE	Sensor de posición
ZT	Sensor de desplazamiento
TRE	Sensor de torque
ICC	Indicacion de corriente
VAL	Valvulas de control
MED	Automatizmo
LCA	Lazo de control de analisis
AIT	Válvula de Alivio

GLOSARIO

- **Aviso de Mantenimiento:** Es el mecanismo utilizado para reportar una condición subestándar en los activos de la empresa, de manera tal que se ejecute una acción correctiva o preventiva para evitar una posible falla o deterioro de los mismos. En la gestión de mantenimiento, estos avisos quedan registrados en el sistema ERP para conocimiento de los planificadores de mantenimiento que luego darán el tratamiento adecuado.
- **Capex:** Significa Capital Expenditures. Son Inversiones de Capital que se hace en la empresa. Los tipos de inversiones que se tienen definidas en la empresa son: modernizaciones, sustaining (reemplazo de equipos), expansiones y proyectos que mejoren las condiciones de seguridad, salud y medio ambiente.
- **CBM:** Condition Based Maintenance. Mantenimiento Basado en Condición, se refiere a la inspección que se hace a los equipos con instrumentos que permiten detectar síntomas que indiquen posibles fallas potenciales que puedan ocurrir mas adelante. Las técnicas que existen son diversas, tales como: análisis vibracional, emisión acústica, análisis de aceite lubricante, análisis de aceite aislante, análisis de termografía, entre otras.
- **ERP:** Planeamiento de los Recursos Empresariales (Enterprise Resource Planning). Sistema que tiene la misión de gerenciar las áreas comercial, financiera, industrial, administrativa y de recursos humanos de las organizaciones de forma integrada. Se trata de módulos específicos para cada departamento de la compañía, haciendo parte de un mismo programa conjunto.
- **GPP:** Gestión por Procesos. Metodología de gestión que consiste en identificar los procesos que forman parte del proceso productivo de una empresa, con la finalidad de potenciar los que agregan valor al negocio y mejorar la gestión global de la compañía.