

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“PROPUESTA DE MEJORA AL MODELO DE GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE AGUA DE LA CENTRAL
TERMOELÉCTRICA ILO 21 DE LA EMPRESA ENERSUR S.A. PARA
REDUCIR LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO Y MEJORAR LA
CONFIABILIDAD DE LAS BOMBAS”**

**TESIS PRESENTADA POR EL BACHILLER:
JEFRY ERICK ARCE HURTADO
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO INDUSTRIAL**

AREQUIPA – PERÚ

2013

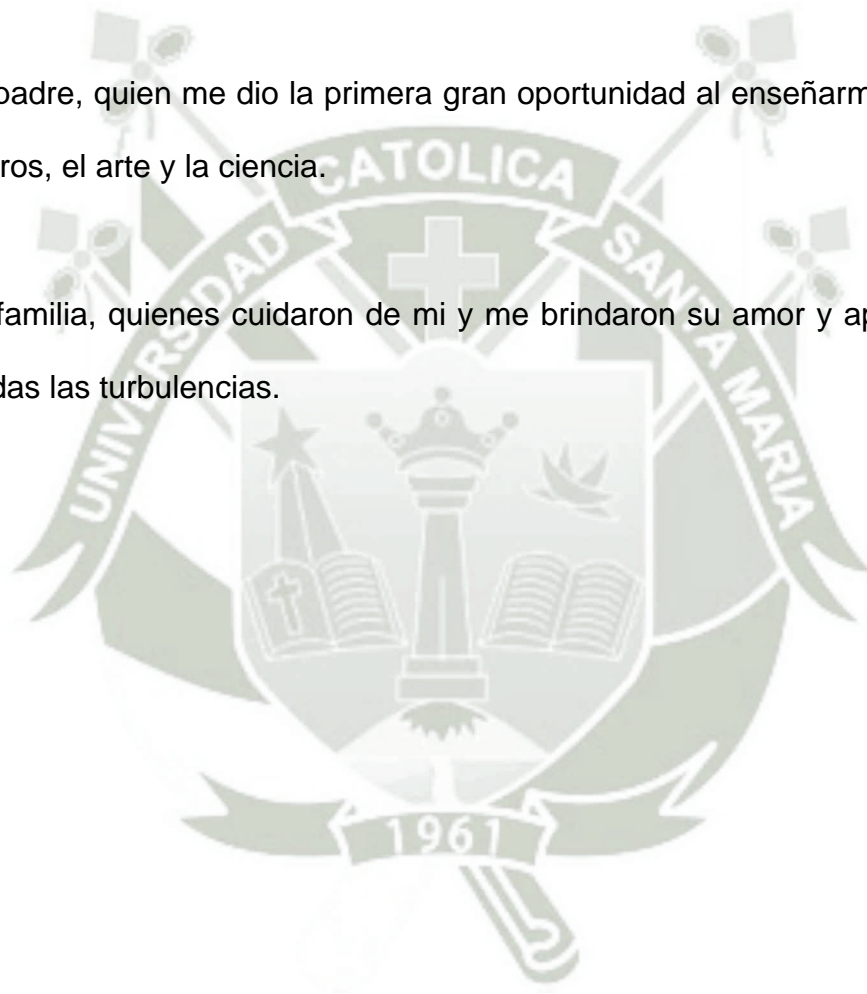
DEDICATORIA

A Dios, fuente de amor y sabiduría que ha hecho todo posible en mi vida.

A mi madre, el ángel de mi vida, la mejor amiga y a quien debo todo lo bueno que me ha sucedido.

A mi padre, quien me dio la primera gran oportunidad al enseñarme el valor de los libros, el arte y la ciencia.

A mi familia, quienes cuidaron de mi y me brindaron su amor y apoyo a pesar de todas las turbulencias.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis amigos y amigas, que han estado a mi lado por los diferentes caminos que he tomado y quienes nunca permitieron que me sintiera solo.

Agradezco a los catedráticos del Programa Profesional de Ingeniería Industrial, quienes durante mi formación universitaria supieron inculcarme conocimiento y valores.



INDICE

Título	Pág.
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....	1
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. Campo y área.....	2
1.2.2. Problema a investigar.....	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos secundarios.....	3
1.4. ALCANCES Y DELIMITACIÓN.....	4
1.5. CAMPO DE VERIFICACIÓN.....	4
1.5.1. Universo.....	4
1.5.2. Muestra.....	4
1.6. PREGUNTAS.....	5
1.7. HIPÓTESIS.....	6

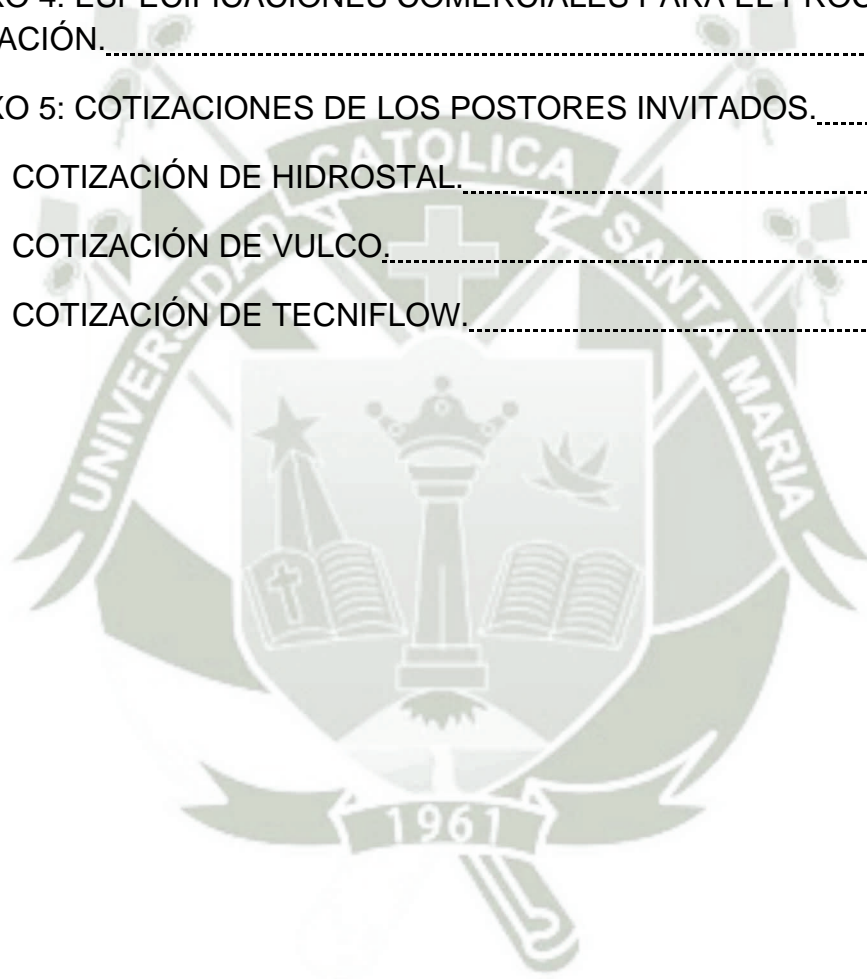
Título	Pág.
1.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.9. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.9.1. Aspecto Económico.....	6
1.9.2. Aspecto Productivo.....	6
1.10. VARIABLES.....	7
1.10.1. Variables dependientes.....	7
1.10.2. Variables independientes.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. MANTENIMIENTO.....	10
2.2. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	10
2.3. FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO.....	11
2.3.1. Funciones primarias.....	11
2.3.2. Funciones Secundarias.....	12
2.4. ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES DEL MANTENIMIENTO.....	12
2.5. TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	13
2.5.1. Mantenimiento correctivo.....	13
2.5.1.1. Mantenimiento correctivo inmediato.....	13
2.5.1.2. Mantenimiento correctivo diferido.....	13
2.5.2. Mantenimiento preventivo.....	13
2.5.2.1. Mantenimiento programado.....	14
2.5.2.2. Mantenimiento predictivo.....	14
2.5.2.3. Mantenimiento de oportunidad.....	14
2.6. EL MANTENIMIENTO EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA.....	15
2.7. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	16

Título	Pág.
2.7.1. Características del mantenimiento preventivo.....	18
2.7.2. Ventajas.....	19
2.7.3. Desventajas.....	20
2.8. CONTROL DE MANTENIMIENTO.....	21
2.9. INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....	22
2.10. REPUESTO.....	23
2.11. COTIZACIÓN.....	23
2.12. EVALUACIÓN TÉCNICO COMERCIAL.....	23
2.13. BOMBAS.....	24
CAPITULO III: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA Y DEL MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE AGUA.....	25
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	26
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA ILO 21.....	28
3.2.1. Situación.....	28
3.2.2. Vías de Comunicación.....	30
3.2.3. Condiciones ambientales.....	31
3.2.4. Otras características del emplazamiento.....	31
3.2.5. Disposición general.....	31
3.2.6. Descripción de las operaciones de la planta.....	33
3.3. ORGANIGRAMA DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA ILO 21.....	42
3.4. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE MANTENIMIENTO.....	42
3.5. ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO.....	44
3.6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO.....	45
3.7. DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	46

Título	Pág.
3.8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE AGUA.....	50
3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO MAYOR DE LAS BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACION.....	52
3.8.2 INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO MAYOR PARA LAS BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACIÓN	52
3.8.2.1. ALCANCE DEL TRABAJO.....	52
3.8.2.2. REFERENCIAS.....	53
3.8.2.3. TAREAS.....	53
3.8.2.4. RECURSOS.....	54
3.9. IDENTIFICACION DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DEL MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE AGUA DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA ILO 21.....	57
3.10. HERRAMIENTAS DE GESTIÓN UTILIZADAS EN EL ANALISIS DE PROBLEMAS Y PARA LA DETERMINACION DE UNA MEJORA.....	60
3.10.1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	60
3.10.1.1. Planeamiento.....	62
3.10.1.2. Compras.....	62
3.10.1.3. Construcción.....	63
3.10.1.4. Condiciones de sitio.....	64
3.10.2. DIAGRAMA DE PARETO.....	64
3.10.3. GRAFICA DE CONTROL.....	66
3.10.4. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE FALLAS.....	68
3.11. ESTADÍSTICAS DE MANTENIMIENTOS.....	71

Título	Pág.
CAPITULO IV: PROPUESTA DE MEJORA AL MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE AGUA DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA ILO 21, ANALISIS DE RESULTADOS Y COMPARACION.....	75
4.1. ADQUISICION DE REPUESTOS NACIONALES.....	78
4.1.1. Especificaciones Técnicas.....	78
4.1.2. Especificaciones comerciales.....	81
4.1.3. Etapa de licitación.....	81
4.2. NUEVO PLAN DE MANTENIMIENTO.....	86
4.2.1. ALCANCE DEL TRABAJO.....	89
4.2.2. REFERENCIAS.....	89
4.2.3. TAREAS.....	89
4.2.4. RECURSOS.....	90
4.2.4.1. Personal.....	90
4.2.4.2. Herramientas.....	90
4.3. COSTOS DE MANTENIMIENTO AJUSTADOS.....	90
4.4. ESPECTATIVA DE MEJORA EN LA CONFIABILIDAD DE LAS BOMBAS.....	93
4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COMPARACIÓN.....	94
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	98
ANEXOS.....	100
ANEXO 1: PLANOS DE DISPOSICION DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA ILO 21.....	101

Título	Pág.
ANEXO 2: DATA SHEET Y CURVA DE OPERACIÓN DE LAS BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACIÓN.....	109
ANEXO 3: PLANO DE CONSTRUCCIÓN DE LA BOMBA DE AGUA DE CIRCULACION.....	112
ANEXO 4: ESPECIFICACIONES COMERCIALES PARA EL PROCESO DE LICITACIÓN.....	113
ANEXO 5: COTIZACIONES DE LOS POSTORES INVITADOS.....	119
1. COTIZACIÓN DE HIDROSTAL.....	119
2. COTIZACIÓN DE VULCO.....	120
3. COTIZACIÓN DE TECNIFLOW.....	121



ÍNDICE DE TABLAS

Título	Pág.
Tabla 1.1. Variables, indicadores y unidades.....	8
Tabla 3.1. DOP de generación de energía.....	39
Tabla 3.2. Ejemplo de cronograma semanal de mantenimiento.....	48
Tabla 3.3. Alcance del trabajo.....	52
Tabla 3.4. Herramientas usadas en el mantenimiento.....	55
Tabla 3.5. Repuestos usadas en el mantenimiento.....	56
Tabla 3.6. Consumibles usadas en el mantenimiento.....	56
Tabla 3.7. Costos y tiempos de mantenimientos hitóricos.....	71
Tabla 3.8. Tiempos de entrega históricos.....	73
Tabla 4.1. Especificaciones técnicas para la fabricación de un Casing Ring.....	80
Tabla 4.2. Evaluación Técnico comercial.....	83
Tabla 4.3. Repuestos del mantenimiento mayor con el modelo propuesto.....	88
Tabla 4.4. Alcance del trabajo.....	89
Tabla 4.5. Herramientas usadas en el mantenimiento.....	90
Tabla 4.6. Costos de mantenimiento del modelo actual.....	91
Tabla 4.7. Costos de mantenimiento del modelo propuesto.....	92
Tabla 4.8. Comparación de precios de mantenimiento entre el modelo actual y el modelo propuesto.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Pág.
Figura 2.1. Cadena de Valor en una empresa generadora de energía eléctrica.....	16
Figura 3.1. Localización de la planta 1.....	29
Figura 3.2. Localización de la planta 2.....	30
Figura 3.3. Organigrama de la central termoeléctrica Ilo21.....	42
Figura 3.4. Organigrama del área de mantenimiento.....	44
Figura 3.5. Etapas del proceso de mantenimiento.....	45
Figura 3.6. Diagrama de flujo de la gestión del mantenimiento.....	49
Figura 3.7. Foto de la carcasa e impelente con corrosión.....	58
Figura 3.8. Foto de la bocina con corrosión y desgaste.....	58
Figura 3.9. Foto de desgaste en el anillo de desgaste.....	59
Figura 3.10. Diagrama Causa-Efecto.....	61
Figura 3.11. Diagrama de Pareto.....	65
Figura 3.12. Grafica de control.....	67
Figura 3.13. Diagrama de Dispersión de Fallas.....	69
Figura 3.14. Costos de mantenimiento históricos.....	72
Figura 3.15. Tiempos de mantenimiento históricos.....	73
Figura 3.16. Tiempos de entrega de la última orden de compra.....	74
Figura 4.1. Razones para la mejora en la confiabilidad de la bomba.....	94

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue desarrollado con la finalidad de proponer una mejora al actual modelo de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A., que permita reducir costos de mantenimiento así como mejorar la confiabilidad de las bombas, sin perjudicar las operaciones de la central.

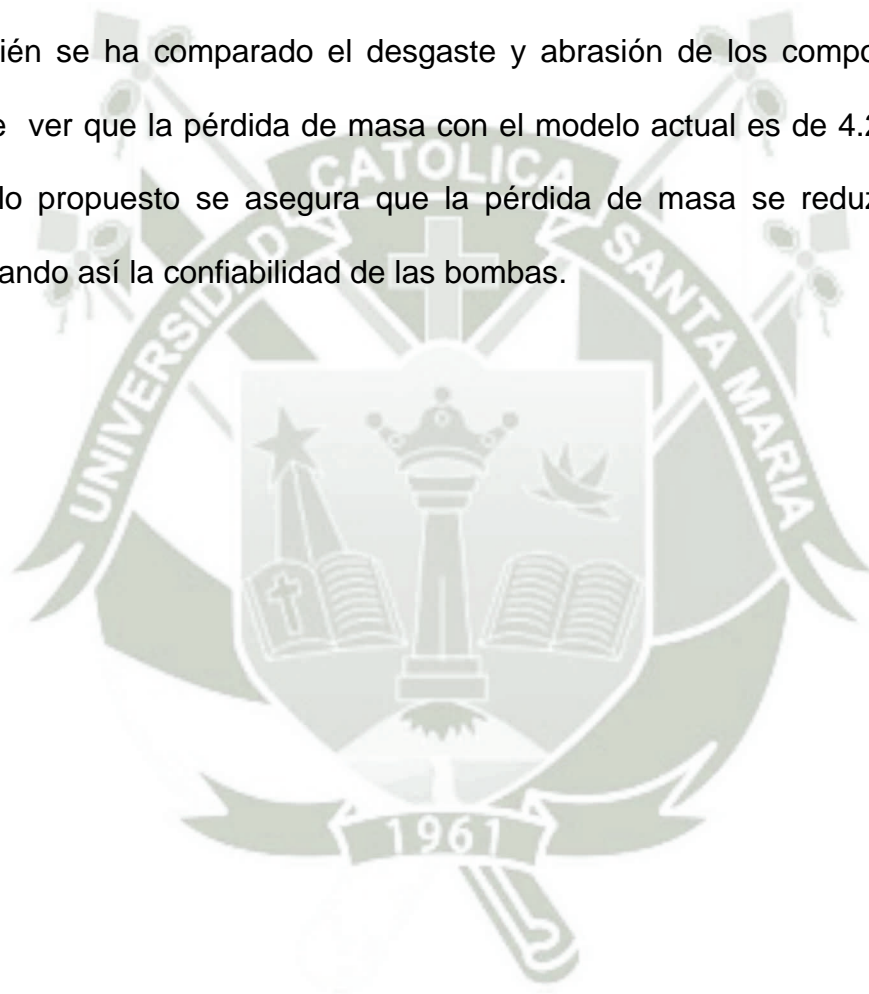
Con la información obtenida en campo que comprende: Reportes de fallos, deterioros encontrados, métodos y procedimientos de mantenimiento y los insumos y recursos utilizados, se ha elaborado una propuesta de mejora al modelo actual de gestión de mantenimiento, que sugiere un cambio en la etapa de planeamiento de mantenimiento.

Una vez definida la propuesta de mejora al actual modelo de gestión de mantenimiento se ha solicitado información externa que comprende: precios de repuestos, tiempos de entrega, tiempos de garantía y mejora en la calidad de los materiales.

Con toda la información recolectada se ha realizado una comparación entre los costos del modelo actual y los costos que comprendería el modelo con la mejora propuesta. El indicador seleccionado para esta comparación es el

porcentaje de ahorro obtenido de los flujos de costos elaborados para un periodo de cinco años. Se puede ver que el costo de los mantenimientos con el modelo actual es \$226,130.00 y con el modelo propuesto es el costo de los mantenimientos es \$76,155.20 existiendo un decremento de \$149,974.80 o 66.32%.

También se ha comparado el desgaste y abrasión de los componentes, Se puede ver que la pérdida de masa con el modelo actual es de 4.2% y con el modelo propuesto se asegura que la pérdida de masa se reduzca a 2.5% mejorando así la confiabilidad de las bombas.



ABSTRACT

The present research was developed in order to propose an improvement to the maintenance management model for water pumps from the thermoelectric plant Ilo 21 property of EnerSur S.A. company, this improvement would reduce maintenance costs and improve the reliability of the pumps, without impairing the operations of the plant.

With the information obtained in the field comprising: Bug reporting, damage found, maintenance methods and procedures and inputs and resources used, we have developed a improvement proposal to the current model that suggests a change in maintenance planning stage.

Once defined the improvement proposal to the current management model, external information has been requested comprising: parts prices, delivery times, warranty time and improves in the quality of the materials.

With all the information gathered a comparison has been made, between the costs of the current model and the costs that would comprise the model with the improvement proposal. The indicator selected for this comparison is the savings percentage obtained from the cost flows developed for a period of five

years. It can be seen that the cost of maintenance with the current model is \$226,130.00 and the cost with the proposed model is \$76,155.20, therefore, there is a decrease of \$149,974.80 or 66.32%.

Also were compared the wear and abrasion of the components, it can be seen that the mass loss with the current model is 4.2% and the improvement proposed to the model ensures that the mass loss is reduced by 2.5% improving reliability pumps.



INTRODUCCIÓN

Desde hace ya varios años a la actualidad, la generación de electricidad en el Perú ha ido en aumento, esto debido al crecimiento de la minería, la aparición de nuevas plantas industriales y en menor proporción debido al crecimiento demográfico. El crecimiento del rubro ha venido acompañado con la construcción de nuevas plantas termoeléctricas con gran capacidad de generación, alimentadas por el gas de Camisea. Sin embargo el crecimiento que se vive actualmente no siempre viene acompañado con una adecuada gestión en las operaciones de las centrales generadoras ya que las empresas existentes no investigan nuevas formas de gestión, varias de estas empresas poseen las nuevas centrales construidas. Esto ha llevado a las empresas a enfrentar grandes retos, más aun en estos tiempos que se habla constantemente de optimización, competitividad y otras cualidades que debe tener toda empresa exitosa, todas estas cualidades tienen como finalidad en común el ahorro de recursos, ya sean estos recursos financieros, recursos humanos, recursos materiales u otros.

El ahorro de recursos puede obtenerse en muchas áreas, la pregunta es, ¿en que área debemos enfocarnos?, en el rubro de generación eléctrica se diferencian dos grandes áreas que hacen posible el funcionar de una central, estas áreas son: Operaciones y Mantenimiento. Este trabajo de investigación se enfoca en el área de mantenimiento por el conocimiento de la misma.

En el área del mantenimiento la gestión se vuelve crítica ya que cualquier mantenimiento no puede durar más tiempo del necesario, los mantenimientos mayores, aquellos que impliquen o puedan ocasionar una parada de planta, así como aquellos que comprometan la capacidad de generación de la central, deben ser reportados al órgano supervisor del gobierno, el Comité de Organización Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC), quien autoriza se proceda a dicho mantenimiento. Esto se debe principalmente al déficit energético del país, lo cual conlleva a que las empresas se encuentren siempre presionadas para cumplir con las demandas de sus clientes ya sean estos particulares o estatales.

En suma, la presión hace que se prefiera eficacia sobre eficiencia en los trabajos de mantenimiento dejando poco margen para la investigación y el desarrollo de nuevas formas de gestión.

El asunto de eficiencia en el mantenimiento no es tarea fácil, se requiere conocimientos de campo así como de gestión, ya que cualquier mejora debe significar un ahorro en recursos y debe ser al mismo tiempo factible técnicamente, sin comprometer las operaciones de la central ni otros aspectos importantes como los medio ambientales, la seguridad, entre otros.



1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

La empresa EnerSur S.A. es una empresa dedicada a la generación y transmisión de energía eléctrica, actualmente cuenta con tres centrales termoeléctricas y una central hidroeléctrica, esta situación significa el uso de agua como insumo principal en el proceso de generación eléctrica por lo cual las bombas de agua en sus centrales representan un punto crítico en el proceso debido que sin el bombeo de agua el proceso de generación de energía eléctrica no sería posible.

Se investigará y analizarán los problemas presentados en los mantenimientos mayores de las bombas de agua en los cuales se pierda tiempo, dinero u otros recursos.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Campo y área.

- Campo: Ingeniería Industrial
- Área: Mantenimiento

1.2.2. Problema a investigar.

El desgaste de componentes de las bombas de agua ha representado siempre un problema mayor en el mantenimiento de las mismas. Esto se debe a que los componentes que presentan desgaste están fabricados de materiales muy específicos y con un nivel de precisión

bastante alto por lo que su reparación en planta es inviable por falta de recursos.

Esta situación obliga al cambio de componentes para asegurar el rendimiento y confiabilidad de las bombas, los componentes a cambiar tienen un costo significativo y el tiempo de entrega es por lo usual bastante largo, esto es muy desfavorable para la confiabilidad de la planta y de sus operaciones, así como para sus intereses económicos.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1. Objetivo general.

- Proponer una mejora al modelo actual de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A. que permita reducir costos de mantenimiento y mejorar la confiabilidad de las bombas.

1.3.2. Objetivos secundarios.

- Realizar un diagnóstico del modelo actual de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A.

- Identificar los principales problemas en el modelo actual de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A..
- Analizar la factibilidad económica y técnica del modelo de gestión de mantenimiento implementando la mejora propuesta.

1.4. ALCANCES Y DELIMITACIÓN

La presente investigación propondrá una mejora al actual modelo de gestión de mantenimiento, será aplicable a todas las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21.

No se incluye la implementación efectiva de dicho propuesta de mejora.

1.5. CAMPO DE VERIFICACIÓN.

1.5.1. Universo

Las 80 bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21.

1.5.2. Muestra.

La muestra elegida son las dos bombas de agua de circulación. Se seleccionó estas bombas porque son las de mayor tamaño de toda la planta y las que históricamente han presentado mayores problemas.

Realizar un análisis de los mantenimientos de todas las bombas es inviable por temas de disponibilidad. La muestra elegida representa un tipo de bombas de alta complejidad y cuyos componentes se encuentran en la gran mayoría del resto de bombas de la central por lo que el análisis de su mantenimiento dará una base lo suficientemente fuerte para afirmar que la propuesta de mejora será aplicable a la gran mayoría de las bombas de agua de la central termoelectrica Ilo 21

1.6. PREGUNTAS.

- ¿Es posible proponer una mejora al modelo actual de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A. que permita reducir los costos de mantenimiento y mejorar la confiabilidad de las bombas?
- ¿Cuáles son los principales problemas que afectan al actual modelo de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A.?
- ¿Qué mejoras se puede realizar en el actual modelo de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A.?
- ¿Es factible económica y técnicamente implementar dichas mejoras?

1.7. HIPÓTESIS.

“Es posible que con la propuesta de mejora al modelo actual de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A. se pueda reducir costos mantenimiento y mejorar la confiabilidad de las bombas”.

1.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente es una investigación de tipo descriptiva, ya que se realizará un diagnóstico del modelo de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoelectrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A. y a partir de este diagnóstico se establecerá cómo se puede optimizar dicho modelo.

1.9. JUSTIFICACIÓN.

1.9.1. Aspecto Económico.

- Se lograría una mayor rentabilidad debido al ahorro que se tendría en los costos de mantenimiento.

1.9.2. Aspecto Productivo.

- Se lograría mejorar la productividad en los mantenimientos, ya que los tiempos de cada mantenimiento se reducirían.
- Se lograría mejorar la confiabilidad de las bombas de agua y por ende de la central termoeléctrica Ilo 21.

- Se lograría mejorar la eficiencia de las bombas ya que mejoraríamos la calidad de los repuestos según las necesidades.

1.10. VARIABLES.

1.10.1. Variables dependientes.

- Rendimiento económico (Costos de mantenimiento).
- Confiabilidad de las bombas.

1.10.2. Variables independientes.

- Frecuencia de mantenimientos.
- Tiempo de entrega de los repuestos en planta.
- Costos de los repuestos.
- Propiedades de los repuestos.

Tabla 1.1. Variables, indicadores y unidades

Variables		Indicadores	Unidad de medición	Fuente
VARIABLE INDEPENDIENTE	Costos de repuestos	Precio de los repuestos originales y los maquinados nacionalmente.	Dólares americanos	Primaria
		Cantidad de repuestos	Unidades	Primaria
	Tiempo de entrega de repuestos	Intervalo entre entregas de repuestas	Días	Primaria
	Frecuencia de mantenimientos	Intervalos entre mantenimientos mayores	Días	Primaria
		Intervalos entre mantenimientos menores	Días	Primaria
	Propiedades de los repuestos	Resistencia al Desgaste	Porcentaje de masa perdida (Kg.)	Primaria y secundaria
VARIABLE DEPENDIENTE	Rendimiento económico	Ahorro en el costo de los mantenimientos	Dólares americanos	Primaria y secundaria
	Confiabilidad de las bombas	Resistencia al Desgaste	Porcentaje de masa perdida (Kg.)	Secundaria

Fuente: Elaboración propia.



2.1. MANTENIMIENTO.

La combinación de todas las acciones técnicas y acciones asociadas mediante las cuales un equipo o sistema se conserva o repara para que pueda realizar sus funciones.¹ Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos maquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con este fin. El mantenimiento se divide en mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.²

2.2. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.^{3 4}

- Llevar a cabo una inspección sistemática de todas las instalaciones, con intervalos de control para detectar oportunamente cualquier desgaste o rotura mantenimiento los registros adecuados.
- Mantener permanentemente los equipos e instalaciones, en su mejor estado para evitar los tiempos de parada los cuales implican grandes costos.

¹ Duffuaa Raouf D. (2009). "Sistemas de Mantenimiento, Planeacion y Control". Pág. 42. (1era Edición). Editorial Limusa, México.

² Mainero A. (2009) "Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta HyL II en la siderúrgica del Orinoco", Pág. 28. Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio Jose de Sucre", Venezuela.

³ Sarmiento J. (2009). "Mantenimiento Industrial" Pág. 07-15. (2da Edición). Editorial Universitas Libros, Argentina.

⁴ Mora L. (2009). "Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control", Pág. 03. (1era edición). Editorial Alfaomega, México.

- Efectuar reparaciones de emergencias lo más pronto, empleando métodos fáciles y de calidad.
- Prolongar la vida de los equipos e instalaciones al máximo.
- Sugerir y proyectar mejoras en la maquinaria y equipos para disminuir las posibilidades de daño y/o rotura.
- Controlar el costo directo del mantenimiento mediante el uso correcto y eficiente del tiempo, materiales, hombres y servicios.

2.3. FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO.

La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo.⁵

2.3.1. Funciones primarias.^{6 7}

- Mantener reparar y revisar los equipos e instalaciones.
- Generación y distribución de los servicios eléctricos, vapor, aire, agua, gas, etc.
- Modificar, instalar, remover equipos e instalaciones.
- Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo y programado.
- Selección y entrenamiento del personal.

^{5 6 8} Mora L. (2009). "Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control", Pág. 03. (1era edición). Editorial Alfaomega, México.

^{7 9} Sarmiento J. (2009). "Mantenimiento Industrial" Pág. 07-20. (2da Edición). Editorial Universitas Libros, Argentina.

2.3.2. Funciones Secundarias.^{8 9}

- Asesorar la compra de nuevos equipos.
- Hacer pedidos de repuestos, herramientas y suministros.
- Controlar y asegurar un inventario de repuestos y suministros.
- Mantener los equipos de seguridad y demás sistemas de protección.
- Llevar la contabilidad e inventario de los equipos.
- Cualquier otro servicio delegado por la administración.

2.4. ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES DEL MANTENIMIENTO.¹⁰

- Dar la máxima seguridad durante las operaciones.
- Mantener los equipos en máxima eficiencia de operación.
- Reducir al mínimo los tiempos de parada.
- Reducir al mínimo los costos de mantenimiento.
- Mantener un alto nivel de ingeniería práctica en el trabajo realizado.
- Investigar las causas y remedios de los paros de emergencia.
- Planear y coordinar la distribución de trabajo acorde a la fuerza laboral disponible.
- Proporcionar y mantener el equipo de taller requerido.
- Preparar anualmente un presupuesto, con justificación adecuada que cubra el costo de mantenimiento

¹⁰ Sarmiento J. (2009). "Mantenimiento Industrial" Pág. 07-20. (2da Edición). Editorial Universitas Libros, Argentina.

- Establecer una rutina adecuada de inspección de los equipos e instalaciones.

2.5. TIPOS DE MANTENIMIENTO.

2.5.1. Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento que se lleva a cabo después de que ocurre una falla y que pretende restablecer el equipo a un estado en el que pueda realizar la función requerida.¹¹

2.5.1.1. Mantenimiento correctivo inmediato.

Es el que se realiza inmediatamente de percibir la avería y defecto, con los medios disponibles, destinados a ese fin.¹²

2.5.1.2. Mantenimiento correctivo diferido.

Al producirse la avería o defecto, se produce un paro de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.¹³

2.5.2. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o con la intención de minimizar la probabilidad de falla o la degradación

¹¹ ¹²Duffuaa Raouf D. (2009). "Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control". Pág 42. (1era Edición). Editorial Limusa, México.

¹² ¹³ <http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento> al 10 de noviembre del 2013 a las 13.00 hrs.

del funcionamiento del equipo.¹⁴ En el mantenimiento preventivo podemos ver:

2.5.2.1. Mantenimiento programado.

El mantenimiento preventivo realizado a un intervalo de tiempo predeterminado o después de cierto número de operaciones, kilometraje, etc.¹⁵

2.5.2.2. Mantenimiento predictivo.

Que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedará fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.¹⁶

2.5.2.3. Mantenimiento de oportunidad.

Que es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización.¹⁷

¹⁵ Duffuaa Raouf D. (2009). "Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control". Pág 43. (1era Edición). Editorial Limusa, México.

¹⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento> al 10 de noviembre del 2013 a las 13.00 hrs.

¹⁷ Duffuaa Raouf D. (2009). "Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control". Pág 33. (1era Edición). Editorial Limusa, México.

2.6. EL MANTENIMIENTO EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA

El mantenimiento en la generación de energía, así como en cualquier otra industria, es una actividad de soporte a las operaciones, sin embargo, al tratarse de una industria de producción constante el mantenimiento cobra vital importancia en las operaciones de una central generadora de energía.

Es así que el mantenimiento pasa de ser una actividad de soporte a las operaciones a ser una actividad que se realiza en sinergia junto con las operaciones.

A continuación se presenta un esquema de la cadena de valor de una empresa generadora de energía eléctrica.

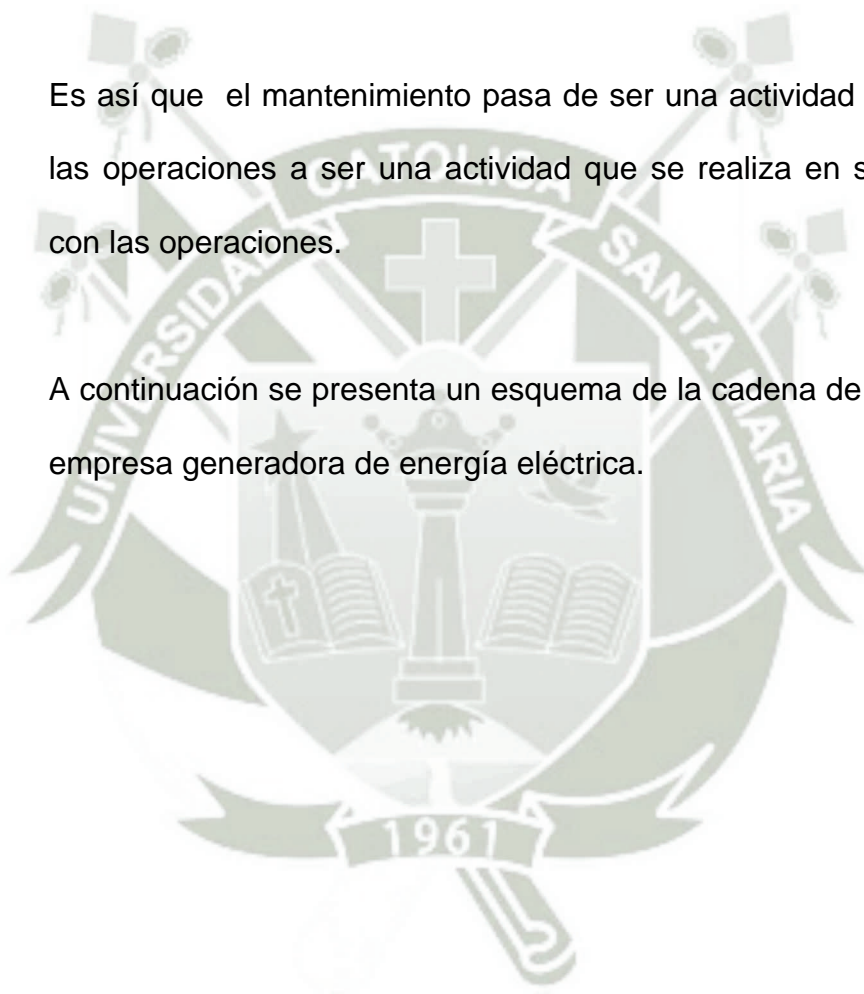
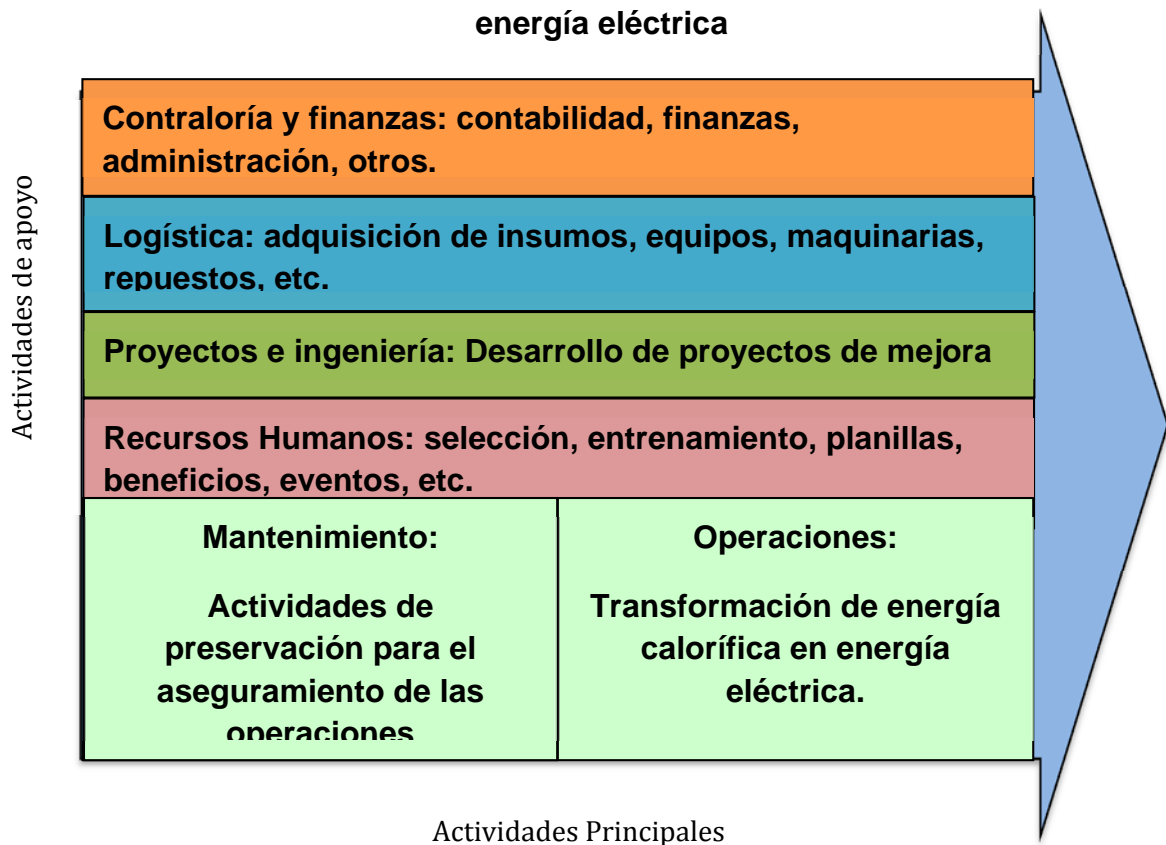


Figura 2.1. Cadena de valor en una empresa generadora de energía eléctrica



Fuente: Elaboración propia

2.7. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Se trata de la descripción detallada de las tareas de Mantenimiento Preventivo asociadas a un equipo o máquina, explicando las acciones, plazos y recambios a utilizar; en general, hablamos de tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de piezas.¹⁸

¹⁸ Sarmiento J. (2009). "Mantenimiento Industrial" Pág. 26. (2da Edición). Editorial Universitas Libros, Argentina.

Las intervenciones serán a intervalos programados y en lapsos inferiores a los que el equipo normalmente pueda presentar problemas, con estas intervenciones se pretende asegurar el buen funcionamiento por un tiempo prolongado y que la maquina no tenga que ser detenida en momento que se la requiere en producción.¹⁹

En la industria de la generación energética las labores de mantenimiento del día a día se basa en planes de mantenimiento preventivo, es decir en tareas de mantenimiento previamente establecidas que deben ser realizadas cada cierto intervalo de tiempo, dependiendo de los equipos que requieran el mantenimiento mencionado.

El planeamiento incluye las siguientes actividades:

- Definir que partes o elementos serán objetos de mantenimiento.
- Establecer la vida útil de los mismos.
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso.
- Agrupar los trabajos según época en que deberá ser efectuados.
- Determinar los riesgos de los trabajos y las maneras de suprimirlos, disminuirlos o evitarlos.
- Mano de obra estimada, los trabajadores que se requieren para realizar las labores de mantenimiento y el tiempo que se les requiere.

¹⁹ Sarmiento J. (2009). "Mantenimiento Industrial" Pág. 27. (2da Edición). Editorial Universitas Libros, Argentina.

- La secuencia de los trabajos.
- Los materiales y repuestos a emplear.
- La descripción de cada tarea con referencia explícita a documentos necesarios (planos, manuales, instructivos, etc.).

Dentro de la planificación de los mantenimientos preventivos se debe tomar en cuenta que se realizara otras actividades que no estén involucradas directamente con las tareas de mantenimiento pero sin las cuales no sería posible realizar dichas tareas, estas actividades son:

- Compras e inventario.
- Listado de equipos, instalaciones y partes.
- Archivo y organización de documentación (planos, manuales, instructivos, informes de mantenimientos anteriores etc.)
- Elaboración de presupuestos y control de costos de mantenimiento.

2.7.1. Características del mantenimiento preventivo,

Consiste en programar revisiones de los equipos apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas.

Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizarán las acciones necesarias: Engrasar, cambiar partes, desmontaje, limpieza, etc.

2.7.2. Ventajas.^{20 21}

- Confiabilidad: los equipos operan en mejores condiciones de seguridad ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos y máquinas.
- Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto, en sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

Para el éxito del mantenimiento preventivo se exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria y las instalaciones.

²⁰ Sarmiento J. (2009). "Mantenimiento Industrial" Pág. 28. (2da Edición). Editorial Universitas Libros, Argentina.

²¹ Mainero A. (2009) "Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta HyL II en la siderúrgica del Orinoco", Pág. 32. Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio Jose de Sucre", Venezuela.

El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para construir a un correcto sistema de calidad y a la mejora continua. Una adecuada planificación concreta un mutuo acuerdo con operaciones sobre el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones.

2.7.3. Desventajas.²²

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento debe ser realizada por mano de obra especializada.
- Si no se hace un correcto análisis de nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce una falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genera satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.
- Cambios innecesario, muchas veces se planifica cambios de partes en los equipos para garantizar sus confiabilidad y

²² Mainero A. (2009) "Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta HyL II en la siderúrgica del Orinoco", Pág. 32. Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio Jose de Sucre", Venezuela.

maximizar su vida útil, muchos de estos cambios son innecesarios aumentando el costo de mantenimiento.

- Cuando se desarma, se montan piezas nuevas, se rearma y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.
- El costo de inventarios que se crea por tener repuestos en almacén.
- Los mantenimientos no efectuados, por razones diversas, alteran los periodos de intervención y se produce un degeneramiento del servicio.

2.8. CONTROL DE MANTENIMIENTO.²³

Entre la información que debemos considerar a efectos de controlar la actuación de mantenimiento se tiene:

- Control del cumplimiento de los planes, identificación y análisis de las causas que motivaron desvíos.
- Control de la productividad y la eficiencia de la mano de obra.
- Control de los gastos reales con relación a los planificados.
- Control de las horas de mantenimiento relacionadas con las horas de actividad de un equipo.

²³ Duffuaa Raouf D. (2009). "Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control" Pág 39-49 (1era Edición). Editorial Limusa, México.

2.9. INDICADORES DE MANTENIMIENTO.²⁴

Es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción en cuanto a costo-calidad y plazos.

Los indicadores de mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes. De esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar sus actividades.

Las características fundamentales que deben cumplir los indicadores de mantenimiento son las siguientes:

- Pocos, pero suficientes para analizar la gestión.
- Claros de entender y calcular.
- Útiles para conocer rápidamente como van las cosas y por qué.

Es por ello que los indicadores deben:

- Identificar los factores claves del mantenimiento y afectación a la producción.
- Dar los elementos necesarios que permiten realizar una evaluación profunda de la actividad en cuestión.

²⁴ Dounce E., Dounce J.F. (1997). "La Productividad en el Mantenimiento Industrial". Pág. 162-169 (4ta Edición). Editorial Continental, México.

- Establecer un registro de datos que permita su cálculo periódico.
- Controlar los objetivos propuestos comparando los valores reales con los valores planificados.
- Facilitar la toma de decisiones y acciones oportunas ante las desviaciones que se presentan.

2.10. REPUESTO.

Es una pieza que se utiliza para reemplazar las originales en máquinas que debido a su uso diario han sufrido deterioro o una avería.

2.11. COTIZACIÓN.

Aquel documento o información que el departamento de compras usa en una negociación. Es un documento informativo que no genera registro contable. Cotización son la acción y efecto de cotizar (poner precio a algo, estimar a alguien o algo en relación con un fin, pagar una cuota). El término suele utilizarse para nombrar al documento que informa y establece el valor de productos o servicios.

2.12. EVALUACIÓN TÉCNICO COMERCIAL.

Aquellos métodos y procedimientos que se llevan a cabo para determinar si un producto o servicio cumple con los requisitos técnico-comerciales solicitados por una entidad que realiza el requerimiento de dicho producto o servicio.


2.13. BOMBA

Una bomba o equipo de bombeo es un transformador de energía. Recibe energía mecánica y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad.²⁵

Existen variados tipos de bombas y pueden ser fabricados para cumplir con casi cualquier especificación que se requiera. La clave para hacer la selección correcta de la bomba radica en el conocimiento del sistema en que trabajara la bomba. Se debe investigar los requisitos totales del sistema y en base a todos los factores determinar cuál debe ser el rendimiento y las características de la bomba.²⁶

²⁵ Viejo M., Alvarez J. (2003) "Bombas, Teoría, Diseño y Aplicaciones" Pág. 13. (3era Edición). Editorial Limusa, Mexico.

²⁶ McNaughton K. "Bombas, Selección, Uso y Mantenimiento" Pág. 02. (1era Edición). Editorial McGraw-Hill/Interamericana, México.



**CAPITULO III: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA Y DEL MODELO
ACTUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE
AGUA.**

El presente capítulo tiene como finalidad la descripción de la empresa EnerSur S.A., su área de mantenimiento, el actual modelo de gestión de mantenimiento y los mantenimientos de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21.

También tiene como finalidad identificar, describir y analizar los principales problemas que existen en el actual modelo de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21, con el propósito de proponer una posible mejora.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

EnerSur se constituyó en 1996 bajo la denominación social de Powerfin Perú S. A. y al año siguiente la cambió por Energía del Sur S. A. (y, de manera abreviada, derivó en EnerSur S. A.) con el objetivo de adquirir los activos de generación eléctrica que eran propiedad de Southern Perú Copper Corporation (SPCC) ubicada dentro de su planta de fundición de cobre en Ilo (Moquegua).

Es así que desde 1997, EnerSur opera instalaciones de generación y transmisión de energía eléctrica en esta provincia del sur del país. En octubre de 2000, ingresó en operación comercial en esa misma ciudad la Central Termoeléctrica Ilo 21. En septiembre de 2005, se incorporó la Central Hidroeléctrica de Yuncán, localizada en el departamento de Pasco, y desde diciembre de 2006, se incorporó la Central Termoeléctrica ChilcaUno, situada en el distrito de Chilca,

provincia de Cañete (Lima), la misma que fue convertida a ciclo combinado en noviembre de 2012.

En la actualidad EnerSur brinda soluciones energéticas innovadoras e integrales con los más altos estándares internacionales de calidad y medio ambiente para sus clientes. Pertenece al grupo GDF Suez, líder mundial en el mercado energético cuya casa matriz se encuentra en Francia.

Opera cinco centrales de generación eléctrica y una subestación eléctrica: Central Termoeléctrica Ilo1, Central Termoeléctrica Ilo 21, Central Reserva Fría de Generación Planta Ilo, Central Hidroeléctrica Yuncán, Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado ChilcaUno y la Subestación Moquegua.

Dentro de las consideraciones principales podemos encontrar:

- 16 años de operación en el Perú.
- USD 1,500 millones en inversiones (1997-2014).
- 1,820 MW de capacidad instalada.
- 112 MW adicionales en construcción (Central Hidroeléctrica Quitaracsa).
- Portafolio balanceado de clientes: Regulados (66%) y Libres (34%).

- USD 820 millones de inversión en 3 nuevos proyectos entre el 2010 y el 2014 (Central Reserva Fría de Generación Planta Ilo, Ciclo combinado ChilcaUno y la Central Hidroeléctrica Quitaracsa)
- Un portafolio más balanceado de fuentes de generación.
- Muelle propio para buques de 70 mil toneladas (ubicado en la Central Termoelectrica Ilo 21)

Los principales datos de la empresa son:

- Nombre comercial: EnerSur S.A.
- RUC: 20333363900
- Dirección de domicilio fiscal: Av. Republica de Panamá Nro. 3490 Urb. Corpac (cruce Republica de Panama y FLamencos) Lima - Lima - San Isidro.
- Cantidad de trabajadores: 440.
- Representante legal: Alexandre Keisser.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA ILO 21.

3.2.1. Situación.

La central térmica de Ilo 21 tiene una capacidad instalada de 135 MW está situada en la provincia de Ilo, Departamento de Moquegua, en el Sur de Perú. El emplazamiento de la central está

definido en el puerto de Ilo, aproximadamente a 1300 Km. al sur de Lima.

La situación exacta del puerto tiene por coordenadas:

- Longitud (Greenwich) : 71 Grados - 21 Minutos Oeste
- Latitud (Ecuador) : 17 Grados - 38 Minutos Sur

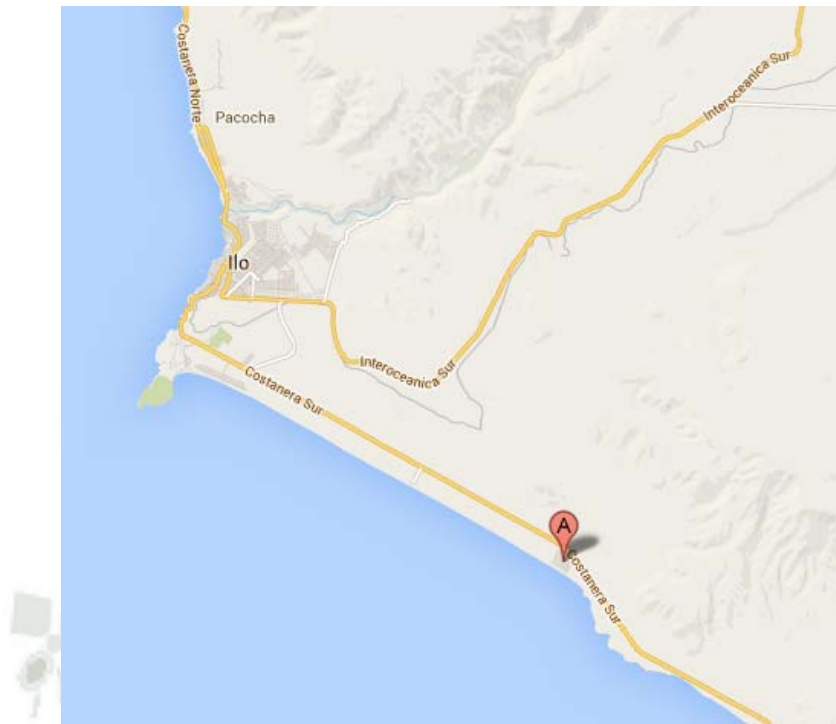
Ver figura 3.1. y figura 3.2.

Figura 3.1. Localización de la planta 1



Fuente: Google Maps

Figura 3.2. Localización de la planta 2



Fuente: Google Maps

3.2.2. Vías de Comunicación.

Las vías de comunicación más importantes al puerto de Ilo son las siguientes:

- Por carretera desde Lima : 1287 Kilómetros
- Por carretera desde Arequipa : 316 Km
- Por carretera desde Tacna : 147 Km
- Por carretera desde Moquegua : 95 Km
- Por carretera desde La Paz - Bolivia : 500 Km
- Por vía marítima : Desde múltiples puertos internacionales
- Por vía aérea: : Aeropuerto de Tacna con servicio diario (diurno y nocturno).

3.2.3. Condiciones ambientales.

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

- Temperatura ambiente mínima :13° C
- Temperatura ambiente máxima :28° C
- Temperatura ambiente media :18° C
- Humedad relativa mínima :43%
- Humedad relativa máxima :97%
- Humedad relativa media :74%
- Humedad relativa media más alta esperada :80% (julio-agosto)
- N° de días con lluvia al año :1 día
- Nieve o heladas :No hay
- Calidad del aire :Polvoriento, salino y corrosivo

3.2.4. Otras características del emplazamiento.

- Actividad sísmica: zona sujeta a terremotos, con un factor Z igual al 0,4 (tanto en normativa peruana como siguiendo el “Uniform Building” Code (UBC, edición 1994)
- Mareas: Máxima diferencia del nivel del agua: 1.34 m.

3.2.5. Disposición general.

La disposición general de toda la planta está diseñada en función de su fácil mantenimiento y operación, para lo cual las carreteras del interior de la misma separan las zonas que se indican a continuación, permitiendo su fácil accesibilidad. Las carreteras

principales que rodean las zonas tienen un ancho de 8 m. Algunas secundarias que se introducen en el interior de una zona son de 5 m, así como la que rodea la zona de bombeo del agua de circulación. Así mismo, hay más espacio en las zonas donde se necesita gran maniobrabilidad y trasiego de camiones o transportes especiales.

La central se encuentra vallada, como método de protección anti-intrusismo. El acceso se realiza pasando por la caseta de vigilancia de la entrada.

La orientación general de la planta sigue dos direcciones perpendiculares. Una de ellas tiene orientación NE-SO y forma 31° con el Norte geográfico y la otra es la perpendicular y coincide aproximadamente con la línea de la costa. Todas las carreteras de separación de las distintas zonas de la central son paralelas a uno de estos dos ejes, así como la disposición general de edificios y equipos principales, parque de carbón, etc.

Dentro del emplazamiento de la planta se distinguen las siguientes zonas y edificios: (Anexo 1)

- Zona de la central
- Zona del parque de almacenamiento de carbón

- Zona de la toma de agua de circulación y terminal marítima de carbones
- Zona de descarga de agua de circulación
- Zona auxiliar
- Zona de subestación
- Zona de calderas y turbogeneradores
- Zona de tratamiento de aguas y tanque de almacenamiento de fuel-oil
- Edificio de turbinas
- Edificio principal de control

3.2.6. Descripción de las operaciones de la planta.

Las operaciones de una planta generadora de energía son complejas, teniéndose muchos equipos que cumplen funciones específicas dentro de la generación de energía.

Explicar todos los sistemas que hacen posible el funcionamiento de la central termoeléctrica Ilo 21 resulta poco práctico para los fines de este trabajo de investigación por lo que se explicara a groso modo los procesos que se llevan a cabo en la central para alcanzar su objetivo de generar energía eléctrica.

La central termoeléctrica Ilo 21 funciona bajo el principio de usar la energía calorífica del carbón para transformar agua en vapor, se

usa la energía del vapor para mover una turbina, la turbina a la vez mueve un generador el cual es el que finalmente entrega energía eléctrica.

Se puede resumir el proceso completo siguiendo el camino de los dos principales actores el carbón y el agua.

Camino del carbón:

- El carbón llega a la central vía marítima.
- El carbón es descargado en el muelle, se descarga utilizando palas, propias del barco.
- El carbón se descarga sobre dos grandes chutes que alimentan una faja transportadora la cual lleva el carbón hasta las canchas de almacenamiento.
- En las canchas de almacenamiento se dispone de dos recuperadores de carbón, estos recuperadores depositan el carbón en fajas transportadoras que lleva el carbón hasta los pulverizadores.
- Los pulverizadores, disminuyen el tamaño del carbón para que su quemado sea más fácil.
- Una vez pulverizado, el carbón llega a los quemadores, vía tuberías impulsado por aire comprimido.

- Los quemadores producen la llama que está en contacto con el exterior de las tuberías del intercambiador de calor de la caldera.

Camino del agua:

- Se succiona agua de mar utilizando bombas de vacío.
- El agua de mar es bombeada hacia plantas desalinizadoras
- El agua desalinizada es bombeada hacia una caldera.
- El agua pasa por las tuberías del intercambiador de calor de la caldera convirtiéndose en vapor a alta presión y temperatura.
- Una vez el vapor se encuentra a la presión y temperatura deseada este se bombea a la turbina.
- Debido a la presión y temperatura del vapor la turbina empieza su rotación.
- La turbina esta acoplada a un generador eléctrico, al girar la turbina también gira el generador eléctrico el cual produce energía eléctrica y la transmite a una barra de transmisión.
- La barra de transmisión llega hasta un transformador, el cual entrega la energía eléctrica a las subestaciones de transmisión de la red interconectada nacional.

Además de los procesos principales los cuales incluyen los equipos principales referidos anteriormente, existen muchos otros equipos

que se utilizan en la central que hacen posible el funcionamiento de la central, estos sistemas auxiliares son los siguientes:

- Sistema de agua de enfriamiento: es un sistema de soporte que bombea agua de mar fría a los diferentes equipos de la planta y sus respectivos sistemas de enfriamiento con la finalidad de evitar los sobrecalentamientos y los perjuicios que estos conllevan. Es un red de tuberías que se extiende a todas las áreas de la central.
- Sistema de muestreo: es un sistema de soporte que recolecta periódicamente muestras de carbón para su análisis, de acuerdo a los resultados obtenidos se determina la cantidad de carbón que se debe utilizar en las operaciones.
- Sistema de control: es un sistema principal que permite efectuar y monitorear las operaciones de la central desde un cuarto de control. Comprende la mayoría de las operaciones de la planta como son encendido y apagado de equipos, regulaciones de flujos, etc., sin embargo existen muchas otras tareas que deben ser realizadas en el campo de manera presencial.
- Sistema contra incendio: es un sistema de soporte que tiene como finalidad la prevención de incendios y su eventual extinción en caso estos se produzcan.
- Sistema de manejo de escorias y cenizas: es un sistema de soporte que maneja los desechos productos de la quema de

carbón, la ceniza y la escoria son recolectadas y transportadas con aire comprimido para su adecuada disposición final. Adicionalmente existe un sistema de humidificación del carbón que evitan el desprendimiento de particular de carbón durante su almacenamiento en las canchas de carbón.

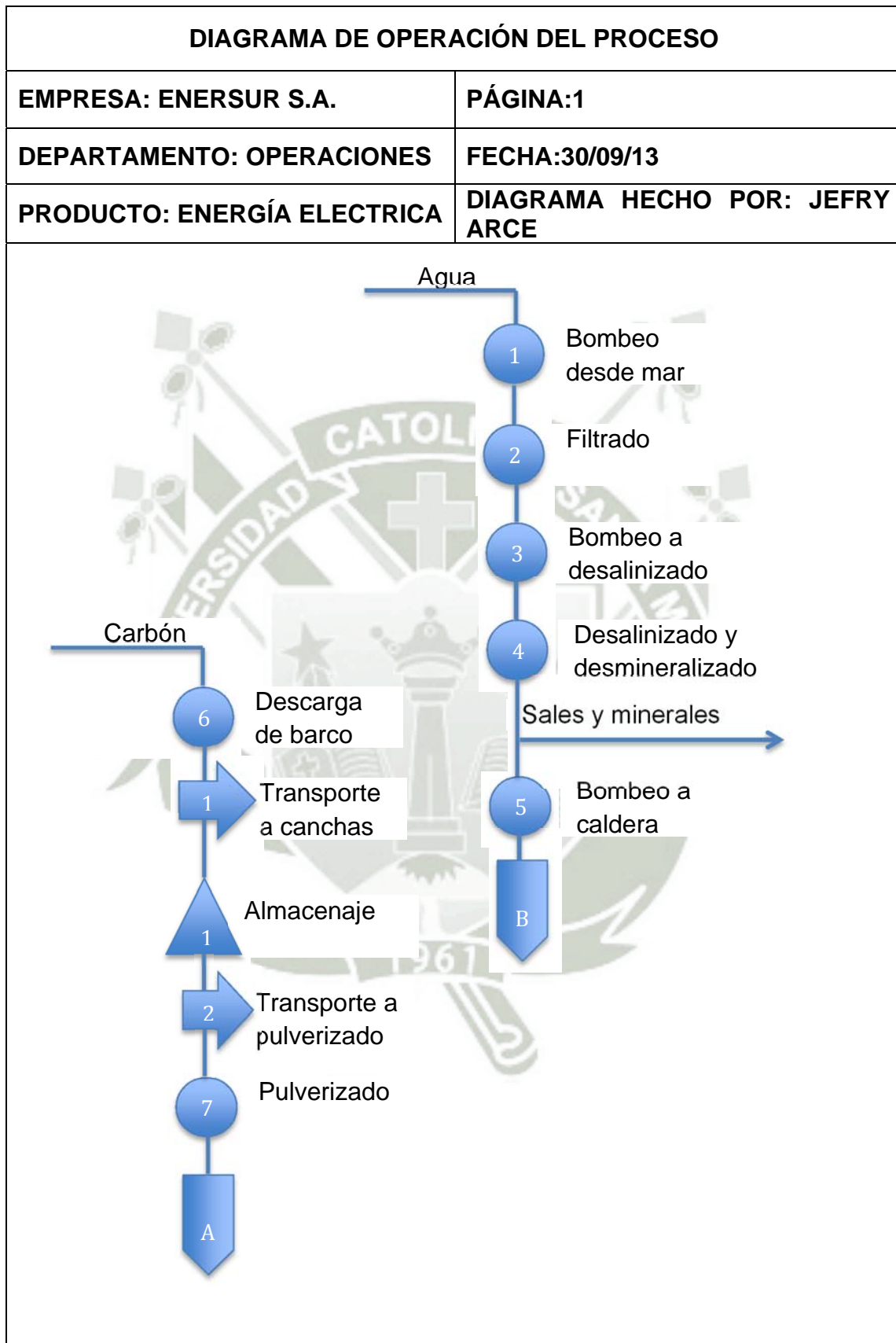
- Sistema de baja tensión: es un sistema principal de la central que provee de energía eléctrica a los equipos pequeños de la central.
- Sistema de media tensión: es un sistema principal de la central que provee de energía eléctrica a los equipos mayores de la central.
- Sistema de emergencia de baja y media tensión: es un sistema de emergencia cuyo funcionamiento se da en caso se pierda la energía eléctrica en la central. Es un generador de emergencia que funciona con la quema de Diesel D5
- Sistema de alumbrado: es un sistema de soporte que provee de iluminación a la central durante la noche y a zonas con escasa luz natural durante el día.
- Sistema de comunicaciones: es un sistema de soporte que facilita la comunicación entre trabajadores que se encuentran en lugares alejados de la central. Consiste en un sistema de radio y otro de telefonía cerrada.

- Sistema de protección catódica: es un sistema de soporte que provee de corrosión a los pilotes del muelle junto con otros equipos que se encuentran en sumergido en agua de mar.

El flujo de proceso principal de la central termoeléctrica Ilo 21 puede verse en el siguiente diagrama de operación de proceso.



Tabla 3.1. DOP de generación de energía



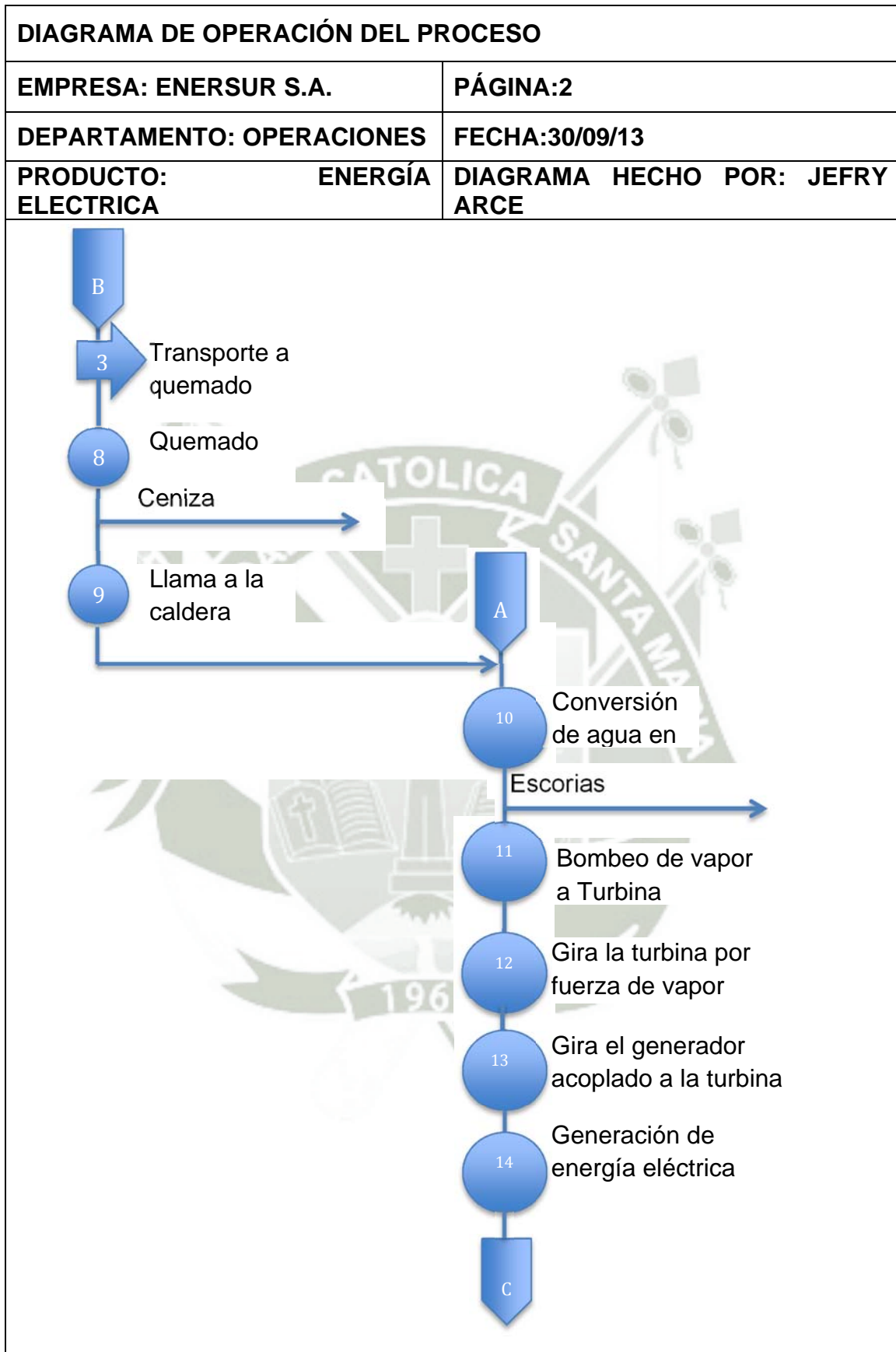


DIAGRAMA DE OPERACIÓN DEL PROCESO		
EMPRESA: ENERSUR S.A.	PÁGINA:3	
DEPARTAMENTO: OPERACIONES	FECHA:30/09/13	
PRODUCTO: ELECTRICA	ENERGÍA	DIAGRAMA HECHO POR: JEFRY ARCE

The diagram illustrates a process flow for electricity. It starts with a blue inverted triangle labeled 'C' at the top, representing 'Almacenes'. A vertical line descends from 'C' to a blue arrow labeled '4', representing 'Transportes'. From '4', the line continues to a blue circle labeled '15', representing 'Operaciones'. From '15', the line goes to another blue arrow labeled '5', representing 'Transportes'. Finally, the line ends at a blue double-line symbol representing a power line. Text descriptions are placed to the right of the arrows: 'Transporte de la energía al transformador' next to arrow '4', 'Transformación al voltaje deseado' next to circle '15', and 'Transporte de la energía del transformador a las subestaciones de transmisión y al sistema interconectado nacional' next to arrow '5'.

Símbolo	Resumen	Cantidad
○	Operaciones	15
□	Inspecciones	0
➡	Transportes	4
D	Demoras	0
▽	Almacenes	1

3.3. ORGANIGRAMA DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA ILO 21

La central termoeléctrica Ilo 21 cuenta con cuatro áreas o jefaturas definidas. La dirección general está a cargo del superintendente quien cuenta con tres áreas de apoyo que son seguridad, medio ambiente y relaciones comunitarias y asesoría legal.

Figura 3.3. Organigrama de la central termoeléctrica Ilo21



Fuente Elaboración propia

3.4. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE MANTENIMIENTO

El responsable del área es el jefe de mantenimiento.

El área de mantenimiento se divide en tres unidades ejecutoras: Mecánica, eléctrica e instrumentación y control. Cada unidad posee un coordinador de mantenimiento y servicios, cada coordinador

cuenta con supervisores de campo y cada supervisor a su vez cuenta con un equipo de técnicos.

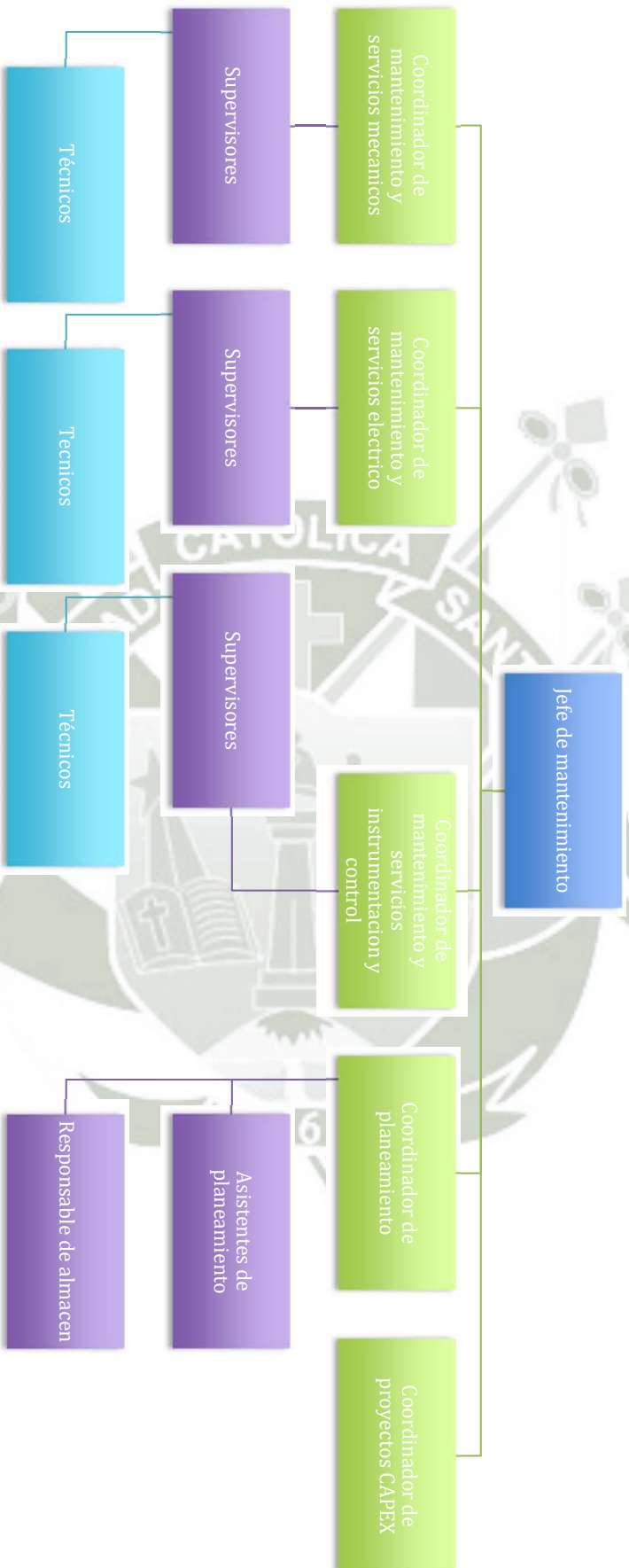
Además se cuenta con un área de planeamiento a cargo del coordinador de planeamiento quien cuenta con dos asistentes de planeamiento. El área de planeamiento coordina las actividades con los coordinadores y supervisores para que se realicen las actividades diarias de mantenimiento.

El área de planeamiento es también responsable de los temas logísticos y de almacén, se tienen tres almacenes cada uno con su responsable: Almacén de herramientas y equipos de mantenimiento, almacén de insumos y materiales y el almacén de repuestos.

Por último se cuenta con un área de proyectos de mejora que es autónoma y trabaja con contratistas externos.

3.5. ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

Figura 3.4. Organigrama del área de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

3.6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

El proceso de mantenimiento de cuenta de cuatro distinguidas operaciones (ver figura 3.5.)

Figura 3.5. Etapas del proceso de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

- **Programación:** Es realizada por el jefe de mantenimiento, él crea los planes de mantenimiento, establece los intervalos en los que serán realizados así como todas las actividades que se incluye dentro de los planes, deben ser revisados cada cierta cantidad de tiempo para su mejora y optimización.
- **Planeamiento:** Se basa en los planes de mantenimiento creados por el jefe de mantenimiento. El área de planeamiento, en coordinación con los coordinadores de mantenimiento y servicios,

emite las ordenes de trabajo del día a día, asigna los recursos a ser utilizados; mano de obra, materiales e insumos, repuestos, etc. De no contar con materiales insumos o repuestos es la obligación del área de planeamiento procurar los mismos lo antes posible para llevar a cabo las labores de mantenimiento

- Supervisión: Verifica que se cumplan todos los aspectos necesarios para que se realice un mantenimiento eficaz, eficiente y seguro. Supervisa las instalaciones, los equipos de protección personal, la condición de las herramientas, que se cuente con todo lo necesario para realizar las labores de mantenimiento.
- Ejecución: Realiza las labores de mantenimiento propiamente dichas.

3.7. DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La gestión del mantenimiento se realiza en la etapa de la programación y el planeamiento, para un correcta gestión se necesita inputs de la supervisión y de la ejecución.

Los responsables de la gestión del mantenimiento son los coordinadores de mantenimiento y servicio y el coordinador de planeamiento, todos ellos reciben información de campo de los técnicos y supervisores, con esta información se determina el mejor camino que debe seguir el mantenimiento, todas las decisiones son supervisadas y aprobadas por el jefe de mantenimiento.

La gestión del mantenimiento comprende tres actividades principales.

Elaboración del cronograma de mantenimiento: El cronograma de mantenimiento se trabaja de manera semanal, en el se incluyen todos los trabajos que deben ser realizados durante la semana. Los trabajos son determinados según la itinerancia de los planes de mantenimiento establecidos desde el principio de operaciones,

Para ilustrar mejor la elaboración de cronograma de mantenimiento se ha elaborado el siguiente ejemplo:

EJEMPLO:

Se trabaja la semana 30 del año y en esta se tiene dos trabajos mayores, tres trabajos de inspección profunda, un trabajo de preservación y dos trabajos de rutina de acuerdo a la rotación de los planes de mantenimiento, además siempre se debe tener un tiempo libre de contingencia por si se presenta algún mantenimiento correctivo.

Es así que el cronograma semanal de mantenimiento quedaría como sigue:

Tabla 3.2. Ejemplo de cronograma semanal de mantenimiento

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mantenimiento 1 año bomba de agua de circulación	Mantenimiento 1 año bomba de agua de circulación	Mantenimiento 1 año bomba de agua de circulación	Mantenimiento 1 año bomba de agua de circulación	Espacio Libre para mantenimiento correctivo
Ruta de inspección de la caldera	Mantenimiento 2 años de las válvulas de control de la turbina	Mantenimiento 2 años de las válvulas de control de la turbina	Mantenimiento 2 años de las válvulas de control de la turbina	Mantenimiento 2 años de las válvulas de control de la turbina
Lubricación de los ventiladores de aire primario y secundario.	Ruta de inspección de la turbina	Ruta de inspección de sistemas auxiliares	Mantenimiento 15 días de las compresoras de aire	Mantenimiento 15 días de motores de baja tensión Zona carbón

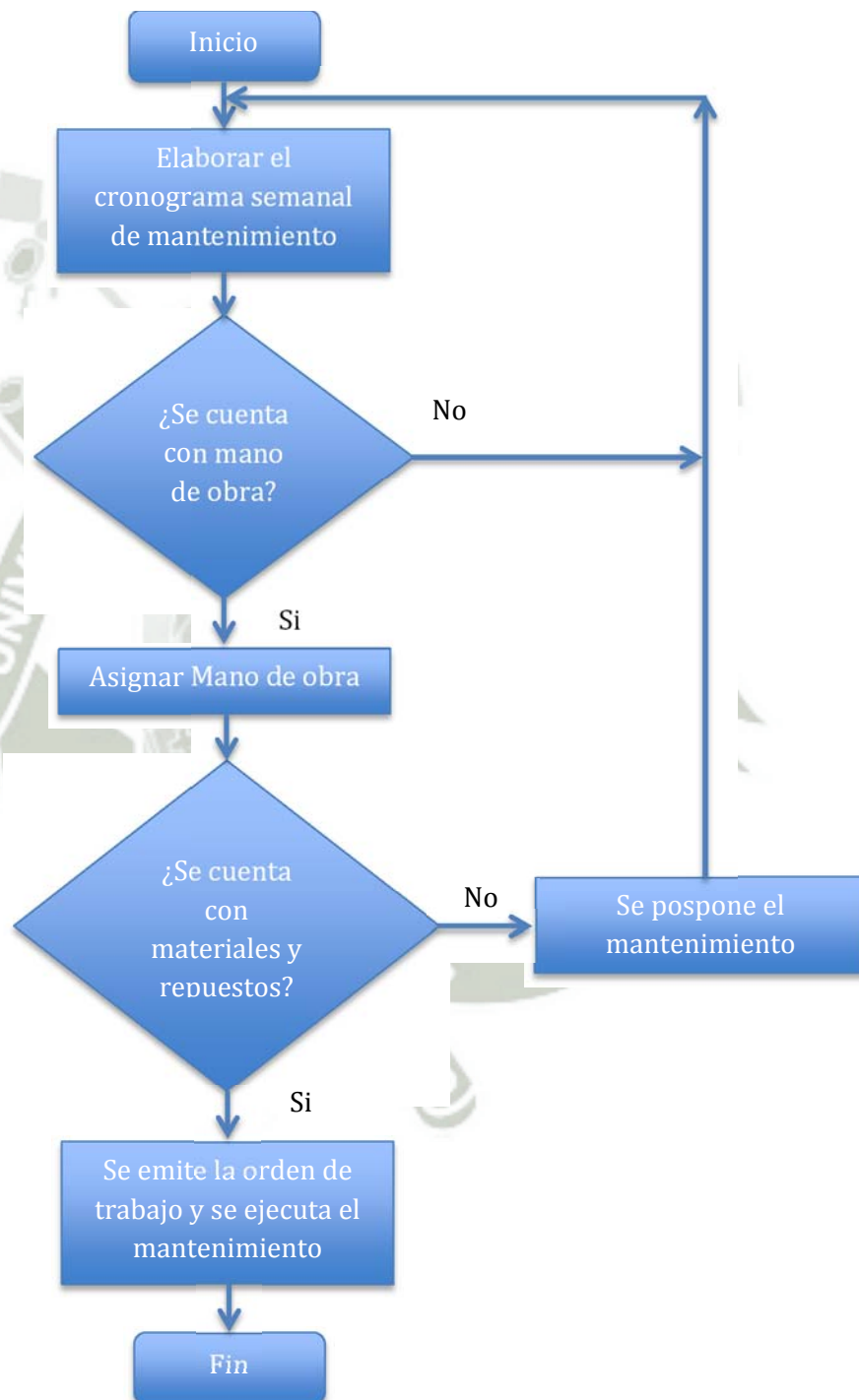
Fuente: Elaboración propia

Una vez elaborado el cronograma semanal de mantenimiento se asigna personal para cada trabajo de mantenimiento, esta actividad la realiza el coordinador de planeamiento en colaboración con los coordinadores de mantenimiento y servicios o en su defecto con los supervisores de campo.

Luego de asignar la mano de obra se asignan los recursos materiales: Repuestos, insumos y materiales. Estos se encuentran detallados en los planes de mantenimiento creados por el jefe de mantenimiento en la etapa de programación. De ser necesario otros materiales o repuestos, el técnico de campo lo hará saber al área de planeamiento quienes facilitarán lo que se necesite de ser esto conveniente y posible dentro de los tiempos y costos.

El proceso de mantenimiento se puede ver en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 3.6. Diagrama de flujo de la gestión del mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

3.8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE AGUA

El mantenimiento de las bombas de agua de EnerSur, es una actividad de gran importancia, ya que el agua es el insumo principal de la generación de energía, el agua además es usada para muchos otros propósitos como son el enfriamiento de las máquinas, el sistema contra incendio, uso en los trabajos de mantenimiento, etc.

Dentro de los trabajos de mantenimiento que se realizan a las bombas se distinguen tres actividades principales.

- Inspección rutinaria: Esta inspección se realiza cada 15 días, en ella se verifica la temperatura de los rodamientos y se verifica las vibraciones. Para verificar las vibraciones se utiliza un estetoscopio en los acoples de los rodamientos, si el ruido es demasiado se procede a un análisis de vibraciones más profundo.
- Trabajos de preservación menores: Se realizan mensual o bimensualmente, consiste en el cambio de grasa en las partes que lo necesiten, también se realiza el megado de los motores eléctricos, que es básicamente una medición del nivel de aislamiento. Se aprovecha la oportunidad para realizar la inspección previamente descrita.
- Parada de equipo y mantenimiento mayor: el mantenimiento mayor se realiza anualmente, implica la detención total de la

bomba, su desmontaje, despiece, limpieza, inspección de partes, reemplazo de repuestos, calibrado, balanceo, alineación, armado, montaje, pruebas y puesta en marcha.

Estas son las actividad generales que se realizan en todas las bombas de la central, sin embargo, la parada de equipo y mantenimiento mayor de cada bomba posee un procedimiento particular, ya sea en tiempo de mantenimiento, repuestos utilizados, etc.

Para nuestro caso de estudio nos enfocaremos el mantenimiento mayor de las Bomba de Agua de Circulación (BAC), estas bombas son las de mayor tamaño y potencia de toda la planta. Así mismo las actividades que se realizan en su mantenimiento mayor, involucran casi todas las actividades de mantenimiento de cualquier otra bomba de agua de la central.

Por otro lado es sabido que las bombas de agua de circulación presentan problemas frecuentes y sus mantenimientos mayores son complicados, por lo cual representan una excelente oportunidad para la investigación y una eventual mejora.

3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO MAYOR DE LAS BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACION

Las bombas de agua de circulación son dos y se conocen como BAC 1 y BAC 2 entre sus principales características tenemos:

- Líquido de bombeo : Agua de mar
- Caudal de bombeo : 15700 m³/h
- Potencia : 1850 kW
- Peso Total : 64100 Kg.

Para encontrar toda la información de las Bombas ver Anexo 2 (Data sheet y curva de operación) y el Anexo 3 (Plano de construcción general).

El procedimiento del mantenimiento mayor de las bombas puede verse en el de las bombas puede verse en el siguiente instructivo.

3.8.2. INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO MAYOR PARA LAS BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACION

3.8.2.1. ALCANCE DEL TRABAJO

Procedimiento aplicable a los siguientes equipos:

Tabla 3.3. Alcance del trabajo

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
21MAJ10AP002KP01	Bomba de agua de circulación 1
21MAJ10AP002KP02	Bomba de agua de circulación 2

Fuente: Instructivo del plan de mantenimiento de 1 año de las bombas de agua de circulación

3.8.2.2. REFERENCIAS

- Manual de operaciones y mantenimiento EBARA
- Informes de trabajos efectuados

3.8.2.3. TAREAS

- Consignación de la Bomba (Lock out)
- Drenaje de la bomba
- Desmontar y retirar la tubería de descarga (fibra de vidrio).
- Desconectar la parte eléctrica.
- Retirar los pernos del cople y retirarlo.
- Retirar los pernos entre el motor y la base y luego retirar el motor.
- Retirar la bomba (Grúa Tadano de 50 TN).
- Drenar el aceite de la caja de sellos inferior (inclinarse totalmente la bomba y retirar tapones).
- Retirar la canastilla y el stand o soporte de la bomba.
- Calibrar las luces de los anillos de desgaste y el impulsor.
- Inspeccionar visualmente el desgaste de la carcasa y las tapas.
- Inspeccionar visualmente la caja de empaquetaduras de.
- Inspeccionar con el Dial Indicador de la deflexión del eje.
- Inspección visual y calibración de la bocina de desgaste.

- Inspección visual y calibración del anillo de desgaste (Casing Ring)
- Inspección visual/tacto del rodamiento.
- Calibrar las luces de eje de la caja de rodamiento.
- Cambiar los rodamientos del eje.
- Cambiar los retenes.
- Verificar el estado del sello mecánico.
- Verificar el giro libre del impelente.
- Llenar y verificar el nivel de aceite.
- Rearmar la bomba y montar.
- Se debe retocar la pintura para evitar una posible corrosión.
- Coordinar con operaciones la desconsignación de la Bomba.
- Redactar informe de tarea concluida.

3.8.2.4. RECURSOS

Personal

- 1 Técnico Mecánico autónomo.
- 2 Técnicos mecánicos asistentes.
- Duración Estimada: 4 Días.

Herramientas

Tabla 3.4. Herramientas usadas en el mantenimiento

Cantidad	Descripción
1	Llave mixta de 13mm.
1	Llave mixta de 17mm.
1	Llave mixta de 19mm.
1	Llave mixta de 24mm.
1	Dado de 24mm.
1	Dado de 19mm.
1	Dado de 17mm.
1	Llave de 30mm.
1	Dado de 30mm.
1	Trinquete
1	Palanca encastre $\frac{3}{4}$ ".
1	Torquimetro
1	Llave Stilson de 12".
1	Llave francesa de 12".
1	Martillo de Bola.
1	Juego de llaves allen.
1	Kit extractor de anillos de empaquetaduras.
1	Extractor de rodamientos.
1	Micrómetro de exteriores 0-25mm.
1	Micrómetro de exteriores 25-50mm.
1	Micrómetro de exteriores 50-75mm.

1	Equipo de alineamiento (relojes comparadores).
1	Kit de lanas (ref 3/8").

Fuente: Instructivo del plan de mantenimiento de 1 año de las bombas de agua de circulación

Repuestos

Tabla 3.5. Repuestos usadas en el mantenimiento

Cantidad	Descripción
2	Bearing (Rodamientos) NSK QJ 234.
2	Oil Deflector.
1	Shaft Sleeve.
1	Basket.
1	Oring.
1	Plancha packing (e=0.4mm).
4	Gland Packing (Anillos).
4	Bolt M8x20.

Fuente: Instructivo del plan de mantenimiento de 1 año de las bombas de agua de circulación

Consumibles

Tabla 3.6. Consumibles usadas en el mantenimiento

Cantidad	Descripción
	Trapos
	Aceite Shell turbo oil.
	Líquido penetrante

Fuente: Instructivo del plan de mantenimiento de 1 año de las bombas de agua de circulación

3.9. IDENTIFICACION DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DEL MODELO ACTUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE AGUA DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA ILO 21.

Como se indicó anteriormente la gestión y la mejora de la misma necesita de inputs de la ejecución y la supervisión en campo por lo cual primero se tiene que evaluar los problemas que se encontraron en los mantenimiento mayores de las bombas de agua de circulación.

Después de estar presente en el mantenimiento de la bombas de agua de circulación 1 se pudo ver los siguientes problemas en el mismo:

- Corrosión en la parte interna de la carcasa y el impelente. Ver Figura 3.7.
- Corrosión y desgaste en la bocina de la bomba. Ver Figura 3.8.
- Gran desgaste en el anillo de desgaste (Casing Ring). El desgaste produjo una pérdida de masa de 4,2%. Ver Figura 3.9.
- Pequeña deflexión en el eje
- Desgaste mayor al esperado en los rodamientos.

Figura 3.7. Foto de la carcasa e impelente con corrosión



Fuente: Primaria

Figura 3.8. Foto de la bocina con corrosión y desgaste



Fuente: Primaria

Figura 3.9. Foto de desgaste en el anillo de desgaste



Fuente: Primaria

Debido a estos problemas encontrados se tuvo que realizar un cambio del anillo de desgaste y se consideró el cambio de la bocina de bomba, sin embargo no se contaba con el repuesto para realizar el cambio y se optó por aplicar un recubrimiento de pintura epóxica anticorrosiva.

De estos problemas podemos identificar los siguientes problemas de gestión:

- Solo se contaba con un repuesto de casing ring, por lo que si se necesitara otro para el mantenimiento de la bomba de agua de circulación 2 no se podría garantizar la confiabilidad de la misma.

- No se ha considerado en el mantenimiento la acción corrosiva y abrasiva del agua de mar de Ilo,
- No se realizaron inspecciones lo suficientemente profundas o periódicas que pudieran detectar el alto grado de desgaste.
- Al tratar de conseguir el repuesto de la bocina, salto a la luz que la compra de repuestos del fabricante es muy ineficiente ya que los repuestos vienen desde Japón, el costo es muy elevado al igual que el tiempo de entrega.

3.10. HERRAMIENTAS DE GESTIÓN UTILIZADAS EN EL ANALISIS DE PROBLEMAS Y PARA LA DETERMINACION DE UNA MEJORA.

3.10.1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

A partir de los problemas identificados en el mantenimiento de la bomba de agua de circulación 1 podemos definir claramente la situación en la que nos encontramos para un mejor análisis se elaboró un diagrama de Ishikawa en la figura 4.4.

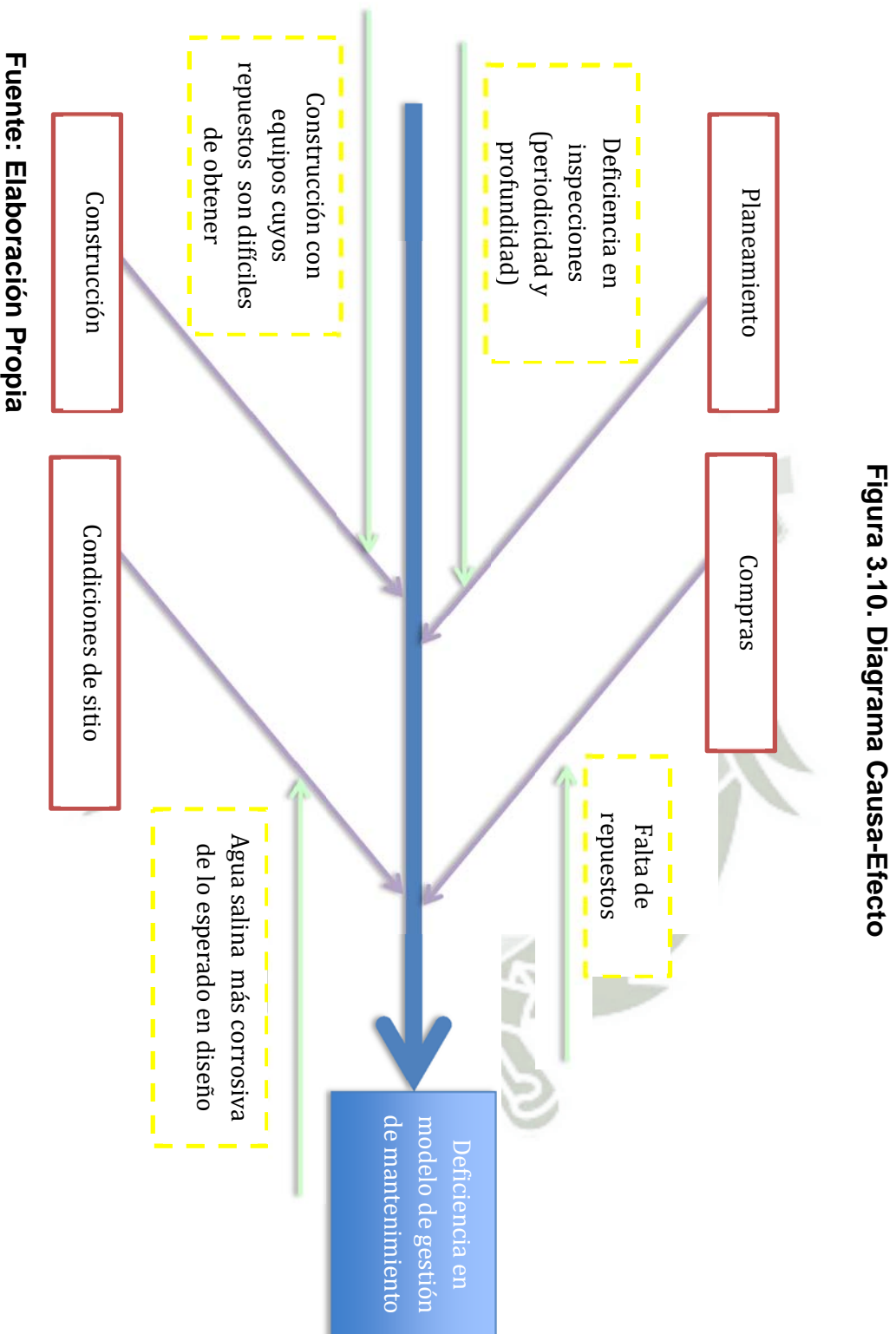


Figura 3.10. Diagrama Causa-Efecto

Fuente: Elaboración Propia

3.10.1.1. Planeamiento.

De las condiciones en las que se encontraron el eje de la bomba que presentaba deflexión y los rodamientos que presentaban gran deterioro, se puede deducir que la bomba presentaba vibraciones por encima de lo normal.

De haberse realizado inspecciones con un poco de análisis de vibraciones se hubiera detectado que existía un problema y se hubiese programado un mantenimiento mayor antes de que se produzca un daño mayor.

De las condiciones que encontramos otras partes de las bombas, la bocina y el casing ring, que presentaban gran desgaste, en particular el casing ring, se puede deducir que este desgaste es el que produjo el aumento de las vibraciones ya que son la bocina y el casing ring los que acoplan y sellan la bomba en su posición de trabajo.

Estas deducciones fueron determinadas por los técnicos y supervisores con mayor experiencia.

3.10.1.2. Compras.

El principal problema de las compras es que sólo se tenía un casing ring en inventario y que no existía bocina de repuesto.

Conseguir ambos repuestos demanda un largo tiempo debido ya que ambos son importados del fabricante de la bomba, EBARA, además ambos repuestos representan un alto costo y también tienen un largo tiempo de entrega a pesar de ser piezas mecánicas relativamente simples de fabricar (Fundición). El suministro del fabricante ofrece un tiempo de entrega de dos meses entregado en el puerto del Callao, no incluye el tiempo de desaduanaje ni tampoco sus costos.

No se tiene problemas con el resto de repuestos ya que pueden ser adquiridos fácilmente en el mercado local (rodamientos, empaques, sellos, etc.)

3.10.1.3. Construcción.

La central termoeléctrica Ilo 21 fue construida por la empresa HITACHI de procedencia japonesa. Dentro de la construcción de la planta se tomó en cuenta la funcionalidad y eficiencia de la planta como un ente separado, es por esta razón que se utilizaron muchos equipos de procedencia japonesa como las bombas de agua circulación, estas bombas se acoplan a perfección en las operaciones de la planta. Sin embargo otras consideraciones no fueron estudiadas a fondo como la

disponibilidad de repuestos, o condiciones particulares del lugar de emplazamiento de la central.

3.10.1.4. Condiciones de sitio.

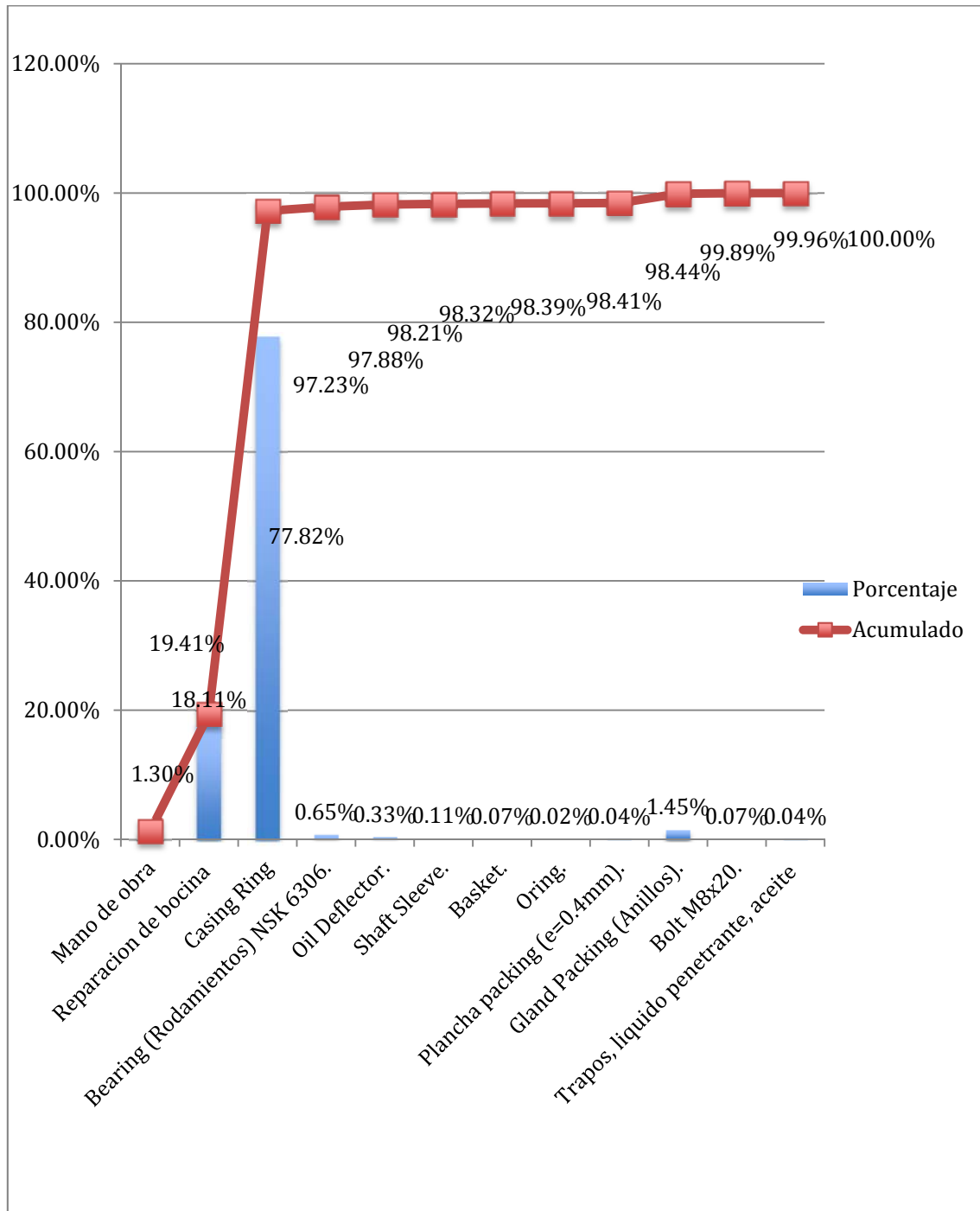
Después de un análisis de las causas que pudieron haber ocasionado el gran desgaste en la bocina de la bomba y particularmente en el casing ring, se llegó a la conclusión que el desgaste fue producto de la abrasión que produce la arena en los elementos que están en contacto con el agua de mar cuyo movimiento produce fricción entre los componentes metálicos y la arena en el agua.

Esta conclusión fue alcanzada tras un análisis entre los técnicos y supervisores más experimentados de la central y el jefe de laboratorio.

3.10.2. DIAGRAMA DE PARETO

A continuación se ha elaborado un diagrama de Pareto con los costos de mantenimiento para determinar aquellos que son más significativos.

Figura 3.11. Diagrama de Pareto de los costos de mantenimiento



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en el diagrama de Pareto el costo de mantenimiento que representa el cambio del repuesto del casing ring significa un 77.82% de los costos de mantenimiento.

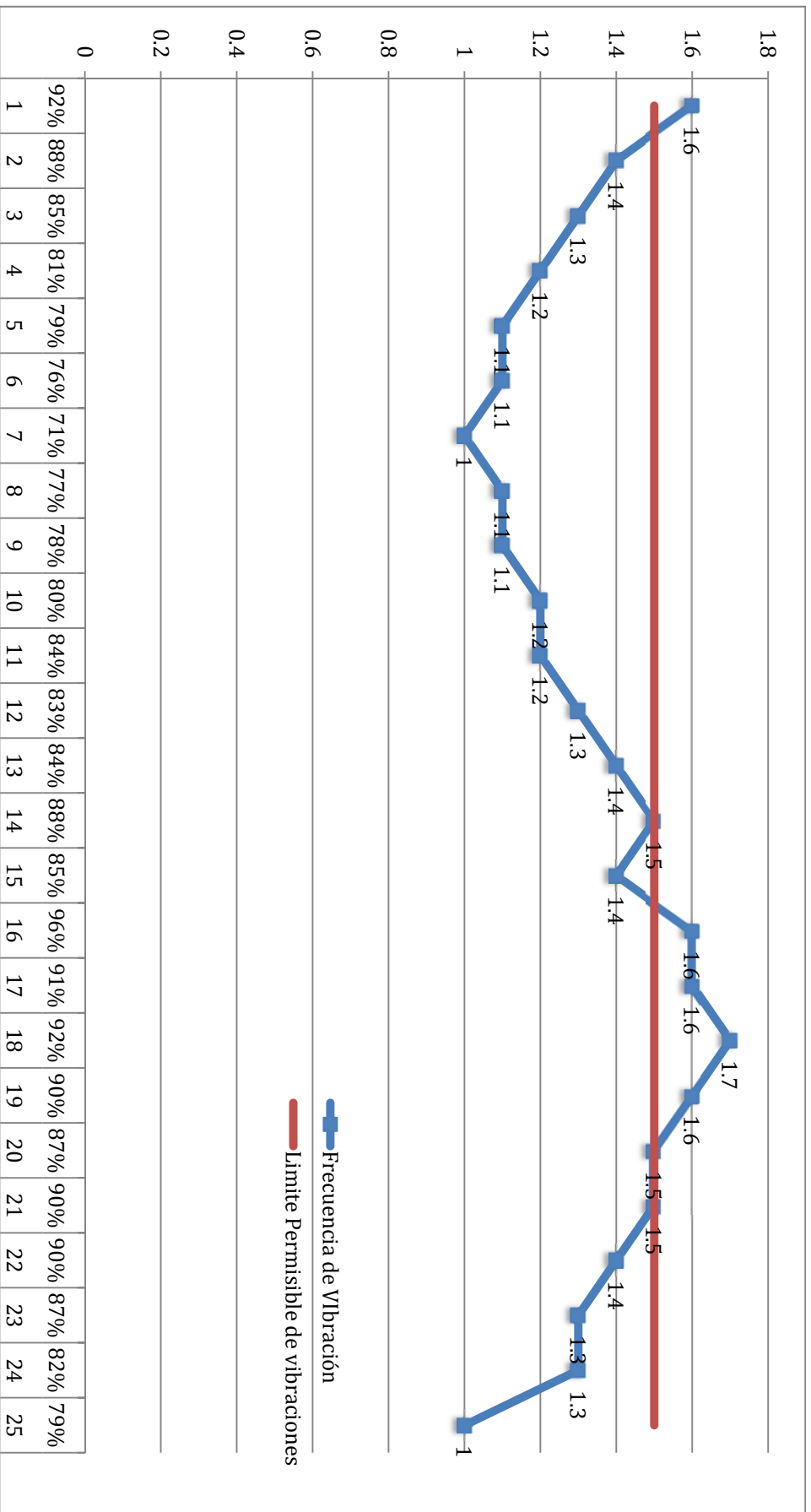
Es claro que es un costo que debe ser reducido dado su alto impacto en los costos totales de mantenimiento.

3.10.3. GRAFICA DE CONTROL.

Anteriormente se había detectado mediante el análisis causa-raíz que no hubo un adecuado monitoreo de vibraciones para lo cual se ha solicitado datos de control de las vibraciones de la bomba y se ha elaborado la siguiente grafica de control la cual nos da una mejor idea de lo sucedido.

Una frecuencia normal de vibraciones es de 1 x RPM en el siguiente cuadro se pueden ver las frecuencias de vibraciones según la carga de la bomba.

Figura 3.12. Gráfica de control de vibraciones



Fuente: Elaboración Propria

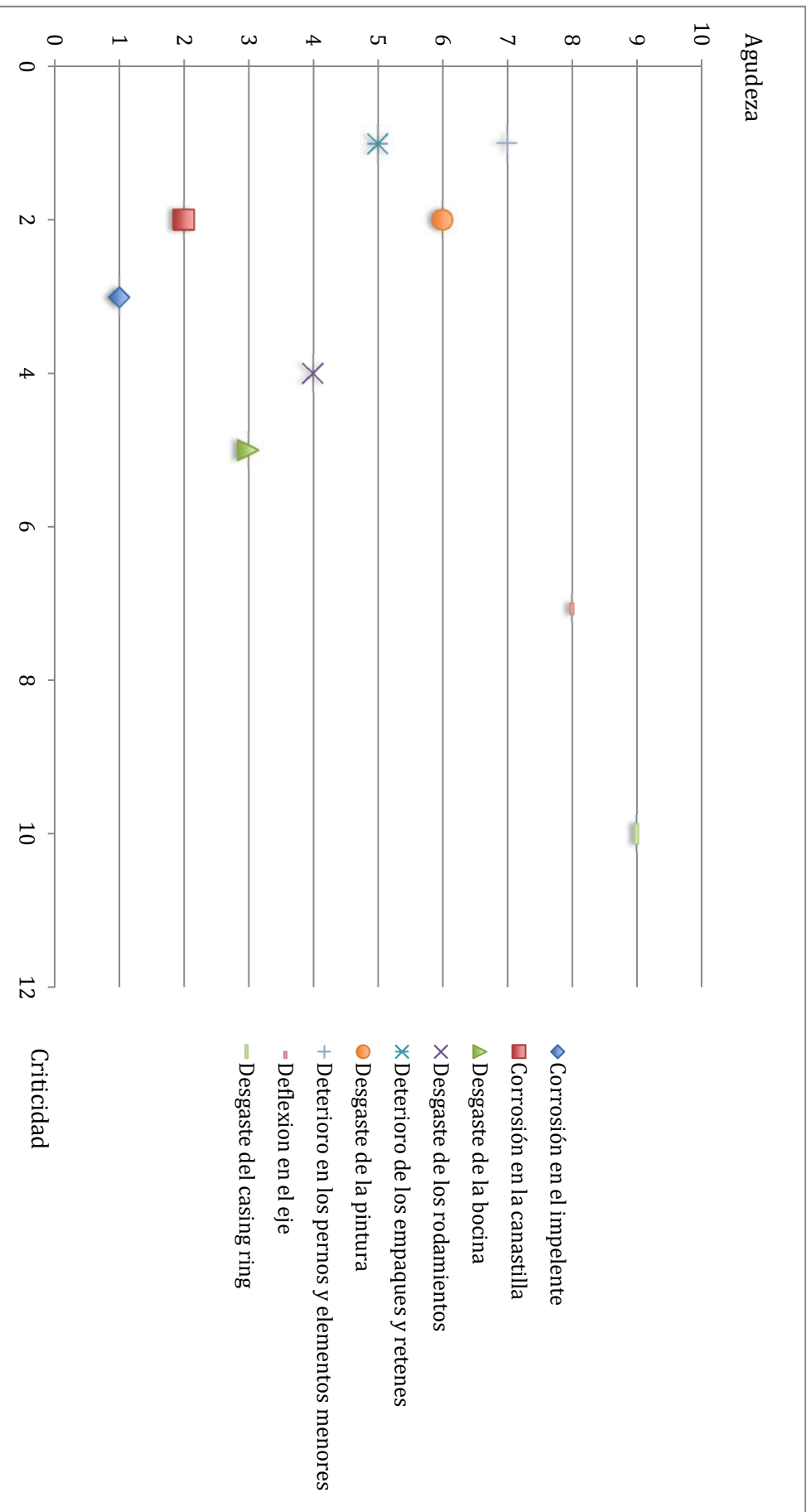
Como se puede apreciar de la gráfica de control, la bomba se acerca o supera el límite de $1.5 \times \text{RPM}$ cuando se acerca o supera el 90 % de su carga. Si se supera muchas veces o durante mucho tiempo el límite de frecuencia habrá un deterioro en todas las partes de la bomba principalmente en los rodamientos y en el eje,

Como se puede apreciar en la gráfica de control, el límite es superado pocas veces sin embargo las lecturas se acercan al mismo repetidas ocasiones, para que el problema no se acentúe o se puedan tomar medidas mitigadoras de los efectos de las vibraciones cerca de su límite permitido, debemos realizar un monitoreo más cuidadoso y con mayor frecuencia al que se realiza actualmente.

3.10.4. DIAGRAMA DE DISPERSION DE FALLAS.

Para identificar la criticidad y la agudeza de los problemas encontrados se ha elaborado el siguiente diagrama de dispersión de fallas.

Figura 3.13. Diagrama de Dispersión de Fallas



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar los dos problemas encontrados que tienen mayor criticidad y agudeza son el desgaste del casing ring y la deflexión del eje.

Como se determinó con el diagrama causa y efecto, el desgaste de del casing ring es producto de la abrasión y corrosión debido al agua salina y arenosa, esto es una condición que debemos atenuar dado que es el problema más crítico y agudo que hemos podido encontrar. Si atenuamos esta condición también podremos disminuir el desgaste en la bocina, problema cuya criticidad y agudeza son medias.

La deflexión del eje es producto de altas vibraciones que a su vez es producto del desgaste y deterioro de las partes de la bomba. Debemos así mismo atenuar las altas vibraciones que presenta la operación de la bomba ya que la deflexión del eje es también un problema agudo y de alta criticidad. Si disminuimos las altas vibraciones podremos lograr un menor deterioro en los rodamientos, problema cuya agudeza y criticidad son medias.

El resto de problemas tienen una baja criticidad para las operaciones de la bomba por lo cual, la solución de dichos problemas no es de gran prioridad, además problemas como el deterioro de lo pernos, deterioro de partes menores o el deterioro

de los retenes, es previsto en el tiempo y es fácilmente solucionado con el reemplazo de las partes deterioradas, estos reemplazos no significan mayor costo de mantenimiento por tratarse de partes menores.

3.11. ESTADÍSTICAS DE MANTENIMIENTOS.

Para visualizar mejor la evolución de los mantenimientos revisamos las estadísticas históricas de los mantenimientos realizados a la fecha. Para un mejor análisis ver la tabla 3.7.

Como se puede ver en la figura 3.11. en la evolución de los mantenimientos el costo ha sido mucho mayor por la necesidad de cambiar los Casing Ring los cuales representan un costo significativo. Como se puede ver en la figura 3.12. el tiempo de mantenimiento ha ido decreciendo esto se debe a la experiencia que van adquiriendo los técnicos con cada mantenimiento

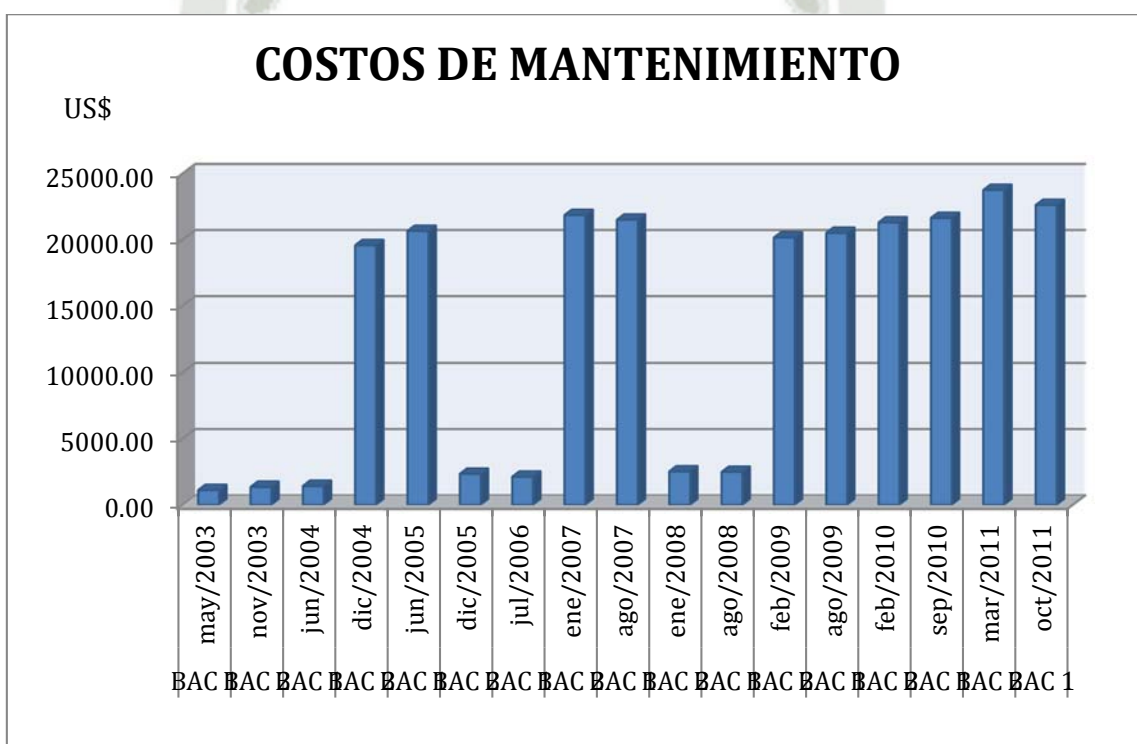
Tabla 3.7. Costos y tiempos de mantenimiento históricos

BOMBA	FECHA	COSTOS DE MANTENIMIENTO (US\$)	TIEMPOS DE MANTENIMIENTO (Días)
BAC 1	may-2003	1115.00	7
BAC 2	nov-2003	1350.00	8
BAC 1	jun-2004	1425.00	6
BAC 2	dic-2004	19570.00	7
BAC 1	jun-2005	20650.00	7
BAC 2	dic-2005	2340.00	6
BAC 1	jul-2006	2120.00	5
BAC 2	ene-2007	21850.00	6
BAC 1	ago-2007	21500.00	6

BAC 2	ene-2008	2520.00	5
BAC 1	ago-2008	2480.00	5
BAC 2	feb-2009	20150.00	4
BAC 1	ago-2009	20500.00	5
BAC 2	feb-2010	21290.00	5
BAC 1	sep-2010	21630.00	4
BAC 2	mar-2011	23743.65	5
BAC 1	oct-2011	22613.00	4

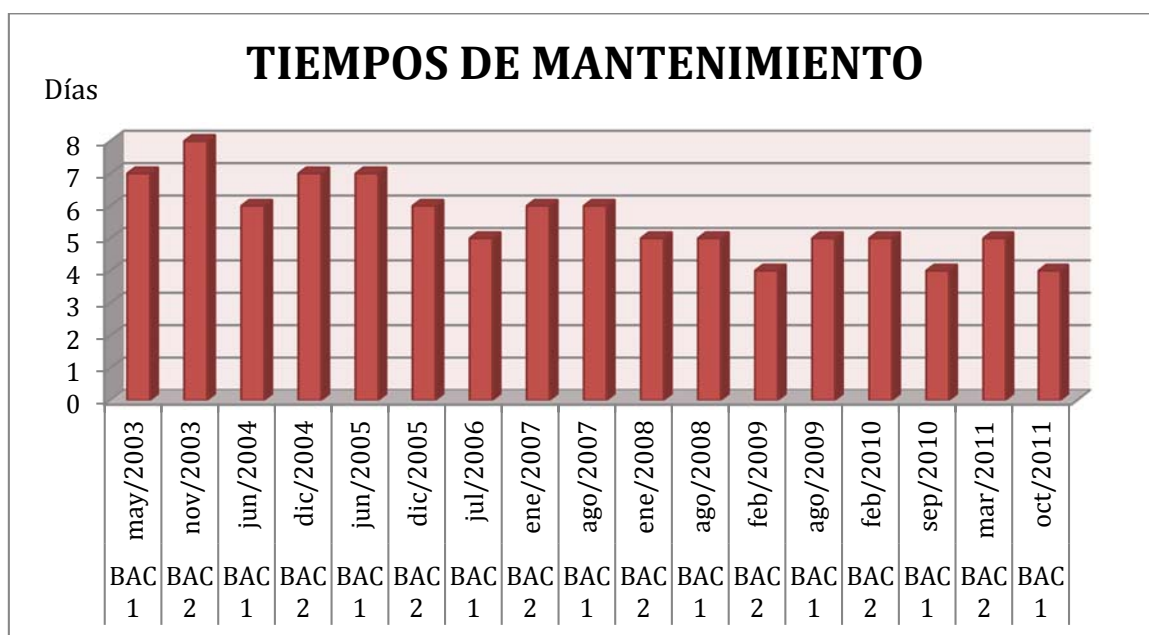
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.14. Costos de mantenimiento históricos



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.15. Tiempos de mantenimiento históricos



Fuente: Elaboración Propia

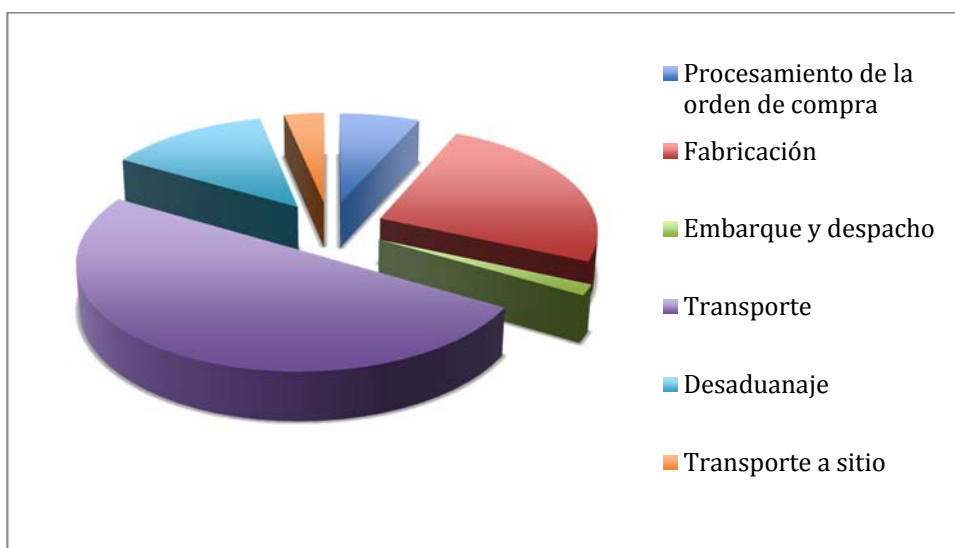
Otro factor a tomar en cuenta es el tiempo de entrega de los repuestos, en la Tabla 3.8. se puede ver los tiempos del proceso desde la puesta de orden de compra hasta su recepción final en el almacén de repuestos de la central termoeléctrica Ilo 21. Así mismo en la figura 3.13. se puede apreciar que el tiempo de transporte es el mayor en todo el proceso por lo cual requiere ser reducido.

Tabla 3.8. Tiempos de entrega Históricos

	Primera OC (Días)	Segunda OC (Días)	Tercera OC (Días)
Procesamiento de la orden de compra	5	4	4
Fabricación	15	15	15
Embarque y despacho	2	1	1
Transporte	30	30	30
Desaduanaje	15	10	8
Transporte a sitio	3	3	2
TOTAL	70	63	60

Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.16. Tiempos de entrega de la ultima orden de compra



Fuente: Elaboración Propia



**CAPITULO IV: PROPUESTA DE MEJORA AL MODELO ACTUAL DE
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE AGUA DE LA
CENTRAL TERMOELECTRICA ILO 21, ANALISIS DE RESULTADOS Y
COMPARACION**



La propuesta de mejora al modelo actual está enfocada en la etapa de planeamiento, nos enfocamos en esta área ya que no podemos acceder a la etapa de programación sin antes evaluar el planeamiento; otra razón es por que en las etapas de supervisión y ejecución se tiene métodos y procedimientos bastante rígidos y estandarizados, por la misma razón nos enfocamos en el área de planeamiento y no en las áreas ejecutoras. Se debe solucionar la mayoría de los problemas y proponer un modelo que signifique un ahorro de recursos y vuelva la gestión de mantenimiento más eficiente.

En el capítulo anterior se vieron los problemas identificados en el mantenimiento de la bomba de agua de circulación muchos de ellos se deben al desgaste en la bocina de la bomba y principalmente en el casing ring.

Nos enfocaremos en el caso del casing ring ya que esta pieza fue reemplazada debido a su gran desgaste, además esta pieza es de gran importancia ya que sobre ella descansa el impelente de la bomba por lo cual forma parte importante de la misma.

La propuesta de mejora es sencilla, sin embargo puede solucionar la mayoría de los problemas y representar una mejora en el uso de recursos. Esta propuesta consiste en adquirir el repuesto de casing ring fabricado nacionalmente.

En la actualidad se cuenta con proveedores capaces de manufacturar piezas metalizas que no tengan un alto grado de complejidad, lo cual no se tenía cuando se inició las operaciones de la planta por lo cual no fue considerado en su momento.

Evaluamos los impactos en los causas de los problemas que representa esta modificación en la gestión del mantenimiento.

- Compras: al adquirir los repuestos de un proveedor local se reduciría de manera significativa el costo de los repuestos así como su tiempo de entrega. También se podría negociar descuentos en base a la compra de múltiples repuestos, además se puede negociar un programa de entregas para disponer repuestos en los momentos oportunos y así no incurrir en costos de inventarios
- Construcción y condiciones de sitio: al adquirir los repuestos de un proveedor nacional podemos agregar especificaciones a la pieza que se ajuste mejor a las condiciones de la central termoeléctrica Ilo 21. Se puede solicitar un metalizado superficial que soporte mejor la corrosión, el desgaste y la abrasión producida por la arena que se encuentra en el agua de mar que utiliza la central termoeléctrica Ilo 21.
- Planeamiento: si podemos reducir el desgaste de las piezas que cierran la bomba como es el casing ring esto reducirá las vibraciones de la bomba lo cual atenuará el efecto negativo de una mala planeación de

las inspecciones, sin embargo, se propondrá un nuevo plan de mantenimiento en base a la adquisición de los nuevos repuestos y como esto puede afectar el plan actual.

Como se puede ver la adquisición de repuestos de manufactura nacional atenúa las causas de los problemas encontrados en el mantenimiento de la bomba de agua de circulación. Además tendremos un ahorro en recursos financieros y podremos contar con repuestos de manera oportuna, esto de por si mejora la confiabilidad de las bombas de agua, así como lo hace personalizar las características de los repuestos los cuales serán más resistentes al desgaste y la abrasión con lo cual también se mejora la confiabilidad de las bombas.

4.1. ADQUISICIÓN DE REPUESTOS NACIONALES

4.1.1. Especificaciones Técnicas.

Para la adquisición del repuesto solicitado se debe tener sumo cuidado, ya que al ser manufacturado nacionalmente será EnerSur quien brinde las especificaciones con las que estos deberán ser fabricados.

Para determinar las especificaciones del casing ring se refirió al manual de operaciones y mantenimiento de la bomba de agua de circulación.

Del manual se obtuvo el material del cual está hecho el casing ring, el diámetro externo, el diámetro interno, y las tolerancias de los acoples.

Lamentablemente no existe un diagrama o plano del casing ring por lo que se elaboró uno propio tomando información de campo.

Se ha decidido solicitar un metalizado superficial de Níquel-Cromo, este metalizado en particular provee una protección contra la corrosión y la abrasión muy resistente. El metalizado será aplicado solo en la parte donde descansa el impelente (ver detalle 1 de la en la Tabla 4.1. Especificaciones técnicas para la fabricación de un casing ring)

Finalmente la información que se enviará a los posibles proveedores es la siguiente:

Tabla 4.1. Especificaciones técnicas para la fabricación de un Casing Ring

	<p>Especificaciones técnicas para la fabricación de un Casing Ring</p> <p>De: Coordinador de planeamiento</p> <p>A: Ejecutivo de Ventas</p> <p>Elaborado por: Jeffrey Arce Hurtado</p>	
	<p>Especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Material: Duplex Stainless Steel S31260/39226 ➤ Diámetro interior: 1104 mm ➤ Diámetro exterior: 1140 mm ➤ Altura: 73 mm <p>Tolerancias:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sliding parts impeller and casing ring ➤ Basic size: 1104 mm ➤ Design clearance (luz): 2.2 -2.565 mm ➤ Allowable clearance: 6.4 mm <p>Metalizado superficial de Níquel-Cromo, para provee una protección contra la corrosión y la abrasión muy resistente</p>	

4.1.2. Especificaciones comerciales

Como se mencionó anteriormente una de las ventajas que obtendremos de la mejora propuesta es que se puede lograr un descuento por cantidad de repuestos, y un mejor programa de entregas que facilite y mejore la adquisición de los repuestos en los momentos oportunos.

Para ello se ha elaborado un documento llamado especificaciones comerciales, en este se detallan las condiciones comerciales y otros temas de interés para los posibles proveedores. el documento completo puede encontrarse en el Anexo 4.

Los puntos más resaltantes solicitados en la especificación son:

- Suministro de 10 Casing Rings en un periodo de 5 años.
- Descuento del fabricante.
- Cronograma de entregas.
- Certificado de materiales.
- Certificado por el metalizado.
- Condiciones comerciales propuestas por el fabricante (Tiempo de entrega, lugar de entrega, tiempo de garantía, etc).

4.1.3. Etapa de licitación.

Para seleccionar al proveedor se realizó un proceso de licitación invitando a tres proveedores nacionales:

- Hidrostral
- Vulco Perú
- Tecniflow

Se envió tanto las especificaciones técnicas como las condiciones comerciales a los postores para que realizaran sus propuestas las cuales se pueden ver en el Anexo 5.

Se recibió las tres propuestas en el plazo definido.

Una vez recibidas las propuestas procedimos a la evaluación técnico comercial. Para lo cual se elaboró el siguiente cuadro comparativo:

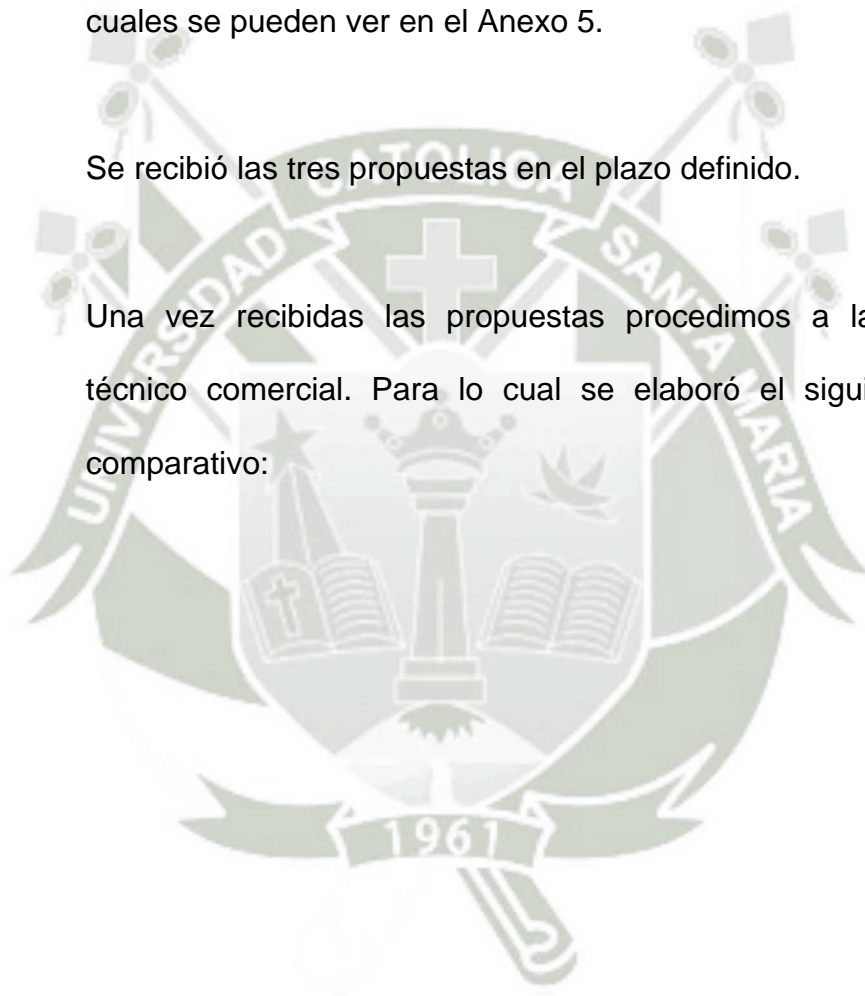


Tabla 4.2. Evaluación Técnico comercial

EVALUACION TÉCNICO - COMERCIAL									
CASING RING PARA BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACION									
PROVEEDOR			HIDROSTAL		VULCO		TECNIFLOW		
COTIZACION N°			VL0010015590		35722		TFCNC/1036		
MONEDA			USD		USD		USD		
ITEM	UN	CANT.	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	EA	10	SUMINISTRO CASING RING	5,486.00	54,860.00	6,500.00	65,000.00	6,250.00	62,500.00
				54,860.00		65,000.00		62,500.00	
COMPLEMENTOS									
2	GLB	1	PRUEBAS A LAS PIEZAS		INCLUIDO		INCLUIDO		INCLUIDO
3	GLB	1	EMBALAJE		NO INCLUIDO		INCLUIDO		NO INCLUIDO
4	GLB	1	FLETE A ALMACEN DEL PROPIETARIO		INCLUIDO		INCLUIDO		INCLUIDO

OBSERVACIONES	Ofrecen un descuento del 5% por el suministro por el periodo establecido	Ofrecen un descuento del 3,0% por el suministro por el periodo establecido	Ofrecen un descuento del 2,5% por el suministro por el periodo establecido
VALOR FINAL DE LA PROPUESTA (No incluye IGV)	52,117.00	63,050.00	60,937.50
RESULTADO DE LA EVALUACION TECNICA	Aprobado	Aprobado	Aprobado
OPCION DE ADJUDICACION	1	3	2

Fuente: Elaboración propia



Del cuadro comparativo tomamos la decisión de adjudicar el suministro al proveedor HIDROSTAL por un costo unitario de \$5486,00 (cinco mil cuatrocientos ochenta y seis con 00/100 dólares americanos) y las siguientes condiciones comerciales:

- Plazo de entrega de dos semanas desde puesta la orden de compra
- Entrega el suministro en almacenes de EnerSur
- Certificado de materiales
- Garantía por 12 meses
- Acepta un cronograma de entregas.
- Descuento del 5%

Una vez elegido el proveedor éste nos garantizó que el desgaste del anillo se reduciría a un máximo de 2,5% en pérdida de masa debido al metalizado solicitado. Este dato es de suma importancia ya que está incluido en la garantía del fabricante y además nos brinda la mejora en la confiabilidad de las bombas.

4.2. NUEVO PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento mayor seguirá siendo Anual. Dentro del mantenimiento se añadirá el reemplazo anual del casing ring para minimizar las vibraciones por desgaste.

De esta manera las actividades del mantenimiento mayor quedaría como sigue:

- Consignación de la Bomba (Lock out)
- Drenaje de la bomba
- Desmontar y retirar la tubería de descarga (fibra de vidrio).
- Desconectar la parte eléctrica.
- Retirar los pernos del cople y retirarlo.
- Retirar los pernos entre el motor y la base y luego retirar el motor.
- Retirar la bomba (Grúa Tadano de 50 TN).
- Drenar el aceite de la caja de sellos inferior (inclinarse totalmente la bomba y retirar tapones).
- Retirar la canastilla y el stand o soporte de la bomba.
- Calibrar las luces de los anillos de desgaste y el impulsor.
- Inspección visual del desgaste de la carcasa y las tapas.
- Inspeccionar visualmente la caja de empaquetaduras de.
- Inspeccionar con el Dial Indicador de la deflexión del eje.
- Inspección visual y calibración de la bocina de desgaste.
- **Reemplazo del anillo de desgaste (Casing Ring)**
- Inspección visual/tacto del rodamiento.
- Calibrar las luces de eje de la caja de rodamiento.
- Cambiar los rodamientos del eje.

- Cambiar los retenes.
- Verificar el estado del sello mecánico.
- Verificar el giro libre del impelente.
- Llenar y verificar el nivel de aceite.
- Rearmar la bomba y montar.
- Se debe retocar la pintura para evitar posible corrosión.
- Coordinar con operaciones la desconsignación de la Bomba 2 de transferencia de drenaje del caldero.
- Redactar informe de tarea concluida.

Los repuestos utilizados en el mantenimiento mayor serian:

Tabla 4.3. Repuestos del mantenimiento mayor con el modelo propuesto

Cantidad	Descripción
2	Bearing (Rodamientos) NSK QJ 234.
2	Oil Deflector.
1	Shaft Sleeve.
1	Basket.
1	Oring.
1	Plancha packing (e=0.4mm).
4	Gland Packing (Anillos).
4	Bolt M8x20.
1	Casing Ring

Fuente: Elaboración propia

Se creará un plan de mantenimiento predictivo que incluye un análisis de vibraciones bimensual para un mejor monitoreo del desgaste de los rodamientos, los cuales reflejan el desgaste de las piezas que cierran la bomba (bocina y casing ring). Este plan incluirá lo siguiente.

4.2.1. ALCANCE DEL TRABAJO

Procedimiento aplicable a los siguientes equipos:

Tabla 4.4. Alcance del trabajo

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
21MAJ10AP002KP01	Bomba de agua de circulación 1
21MAJ10AP002KP02	Bomba de agua de circulación 2

Fuente: Instructivo del plan de mantenimiento de 1 año de las bombas de agua de circulación

4.2.2. REFERENCIAS

- Manual de operaciones y mantenimiento EBARA
- Informes de trabajos efectuados

4.2.3. TAREAS

- Realizar un análisis de vibraciones de en los acoples de los rodamientos de la bombas.
- Presentar un informe con los resultados.

4.2.4. RECURSOS

4.2.4.1. Personal

- 1 Técnico mantenimiento predictivo.
- Duración estimada: 1 día.

4.2.4.2. Herramientas

Tabla 4.5. Herramientas usadas en el mantenimiento

Cantidad	Descripción
1	Kit de análisis de vibraciones
1	Pirómetro

Fuente: Elaboración propia

4.3. COSTOS DE MANTENIMIENTO AJUSTADOS

Se sabe que en los últimos cuatro mantenimiento mayores de las bombas de agua se ha cambiado los casing ring así estos no se encuentren dentro de la lista de repuestos del plan de mantenimiento el cambio era necesario, es decir que no se incurriría en un nuevo costo por el uso de un repuesto no considerado teniendo así los siguientes costo para el mantenimiento mayor de la bombas de agua de circulación

Tabla 4.6. Costos de mantenimiento del modelo actual

Costos de Mano de Obra			
	Días	Costo diario	Total
Mano de obra de un técnico autónomo	4	137	548
Mano de obra de un técnico asistente	4	115	460
		Total S/.	1008
		Total \$.	360

Costos de Repuestos			
Repuestos	Cantidad	Costo	Total
Bearing (Rodamientos) NSK 6306.	2	90	180
Oil Deflector.	2	45	90
Shaft Sleeve.	1	30	30
Basket.	1	20	20
Oring.	1	5	5
Plancha packing (e=0.4mm).	1	10	10
Gland Packing (Anillos).	4	100	400
Bolt M8x20.	4	5	20
Casing Ring	1	21488	21488
		Total \$	22243

Costos de Insumos			
Repuestos	Cantidad	Costo	Total
Trapos, Liquido penetrante, aceite		10	10
		Total \$	10

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO \$22613

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7. Costos de mantenimiento del modelo con la propuesta de mejora

Costos de Mano de Obra			
	Días	Costo diario	Total
Mano de obra de un técnico autónomo/ día	4	137	548
Mano de obra de un técnico asistente/ día	4	115	460
		Total S/.	1008
		Total \$.	360

Costos de Repuestos			
Repuestos	Cantidad	Costo	Total
Bearing (Rodamientos) NSK 6306.	2	90	180
Oil Deflector.	2	45	90
Shaft Sleeve.	1	30	30
Basket.	1	20	20
Oring.	1	5	5
Plancha packing (e=0.4mm).	1	10	10
Gland Packing (Anillos).	4	100	400
Bolt M8x20.	4	5	20
Casing Ring	1	6149.806	6149.806
		Total \$	6904.806

Costos de Insumos			
Repuestos	Cantidad	Costo	Total
Trapos, Liquido penetrante, aceite		10	10
		Total \$	10

Costos de Mantenimiento predictivo			
Repuestos	Cantidad	Costo	Total
Mano de obra de un tecnico mantenimiento predictivo	6	159	954
		Total \$	340.7

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO	\$7615.5
-------------------------------------	-----------------

Fuente: Elaboración propia

Un costo no directo del mantenimiento que se también se ahorrara es el costo de inventario de los casing rings.

Se sabe que con anterioridad el último anillo en ser cambiado permaneció en almacén un periodo de 4 años. Investigamos más a fondo y descubrimos que inicialmente se compraron 4 anillos y fueron cambiados uno anualmente.

Con el modelo propuesto la entrega se realizaría un mes antes de la fecha programada para el mantenimiento.

4.4. ESPECTATIVA DE MEJORA EN LA CONFIABILIDAD DE LAS BOMBAS

Con las mejoras propuestas se tiene dos efectos inmediatos:

Disminución en el desgaste de las piezas (según garantiza el fabricante será como un máximo de 2,5% en lugar del 4,2% encontrado en el último mantenimiento) y mejor análisis del estado de las bombas mediante el análisis de las vibraciones.

Ambos efectos contribuyen a la disminución de las vibraciones durante la operación de la bomba si las vibraciones de la bomba disminuyen existe menos riesgo de fallo en la misma, habrá menor deterioro en todas las partes de las piezas y por consiguiente mejora la confiabilidad de la misma. Ver Figura 5.1.

Figura 4.1. Razones para la mejora en la confiabilidad de la bomba



Fuente: Elaboración Propia

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COMPARACIÓN

Los resultados derivados de la implementación del modelo propuesto de mejora muestran un disminución de \$149,974.80 para el total de diez mantenimientos planificados significando esto un ahorro del 66,32%. Ver Tabla 6.1.

Tabla 4.8. Comparación de precios de mantenimiento entre el modelo actual y el modelo propuesto

Ahorro en costos de mantenimiento			
Costos de mantenimiento	Costo unitario	Cantidad	Total
Modelo Actual	\$22,613.00	10	\$226,130.00
Modelo Propuesto	\$7,615.52	10	\$76,155.20
Ahorro			\$149,974.80
% Ahorro			66.32%

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera se tiene garantizado una pérdida de masa por desgaste de 2,5% en lugar del 4,2% encontrado anteriormente. Esto representa 40,47% menos desgaste en el casing ring, lo cual mejorará significativamente la confiabilidad de la bomba.



CONCLUSIONES

Al concluir el presente estudio se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Primera: Se pudo Identificar los principales problemas en el modelo actual de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoelectrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A.. Los cuales son: Inspecciones mal programadas, compras de alto costo y tiempo de entrega, poca adaptación de los equipos y componentes a las condiciones de sitio.
- Segunda: Se pudo proponer una mejora al modelo de gestión de mantenimiento de las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21 de la empresa EnerSur S.A. basándose en un análisis causas raíz y en la aplicación de herramientas logísticas y de planeamiento.
- Tercera: La propuesta de mejora al modelo actual de gestión de mantenimiento permitirá reducir costos de mantenimiento en un 66,32% y mejorar la confiabilidad de las bombas reduciendo el desgaste, de una pérdida de masa inicial de 4,2% a 2,5% como máximo.
- Cuarta: El modelo propuesto es aplicable a todas las bombas de agua de la central termoeléctrica Ilo 21 que presenten desgaste en piezas cuya estructura mecánica no sea muy complicada para su fabricación.

RECOMENDACIONES

- Para que la mejora propuesta tenga éxito se debe contar con el apoyo del personal de campo en el momento de los mantenimientos mayores, ya que es en ese momento es que se puede recabar información valiosa.
- Se recomienda realizar un estudio similar con otros equipos de planta que cuenten con piezas cuya estructura no sea muy compleja.
- Se debe comprobar la información técnica obtenida por manuales y corroborarla en campo, esta tarea es crítica para el éxito de la mejora propuesta.
- Se recomienda realizar un estudio similar en la central Hidroeléctrica de Yuncan, teniendo en cuenta las características del agua de río.

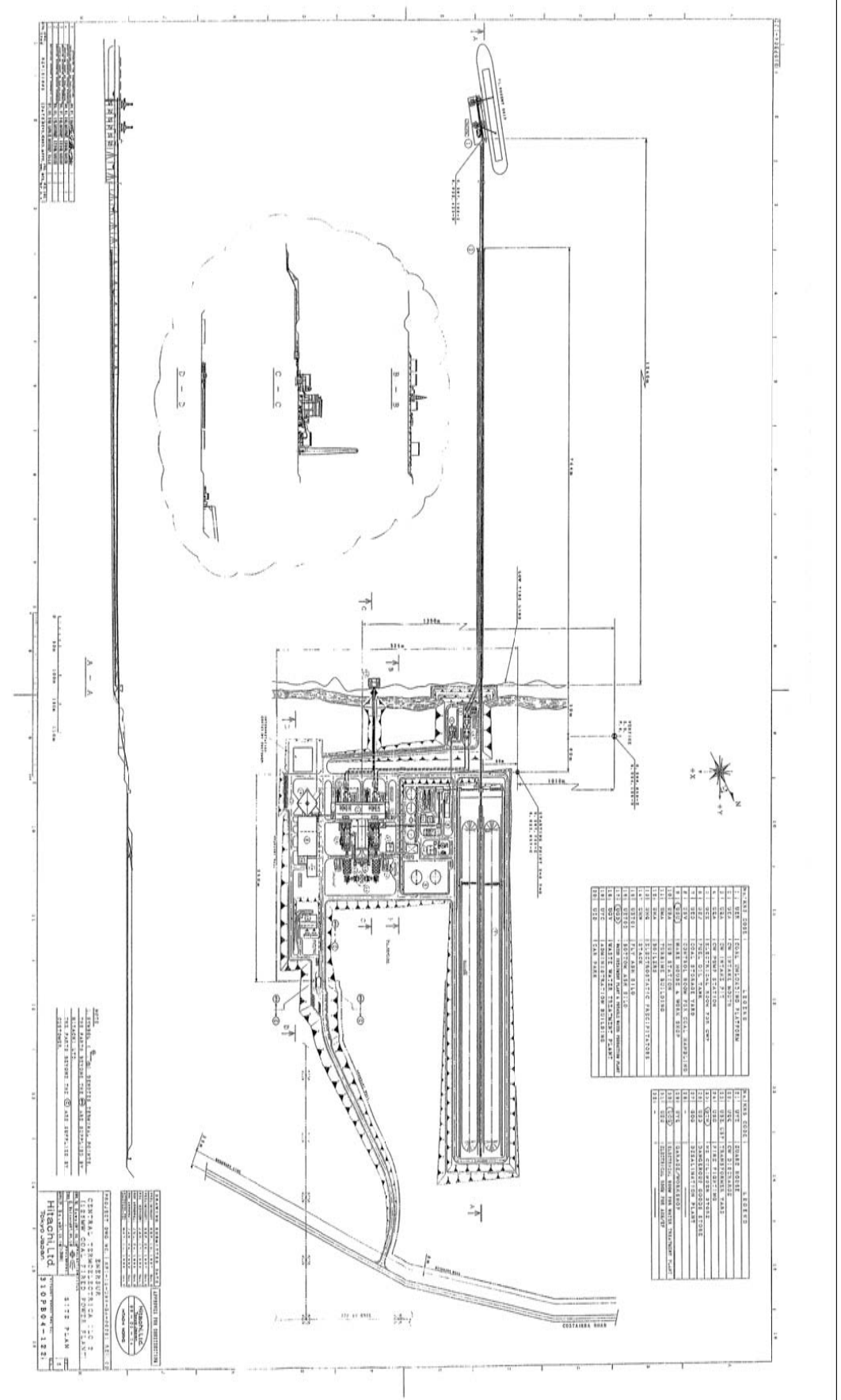
BIBLIOGRAFIA.

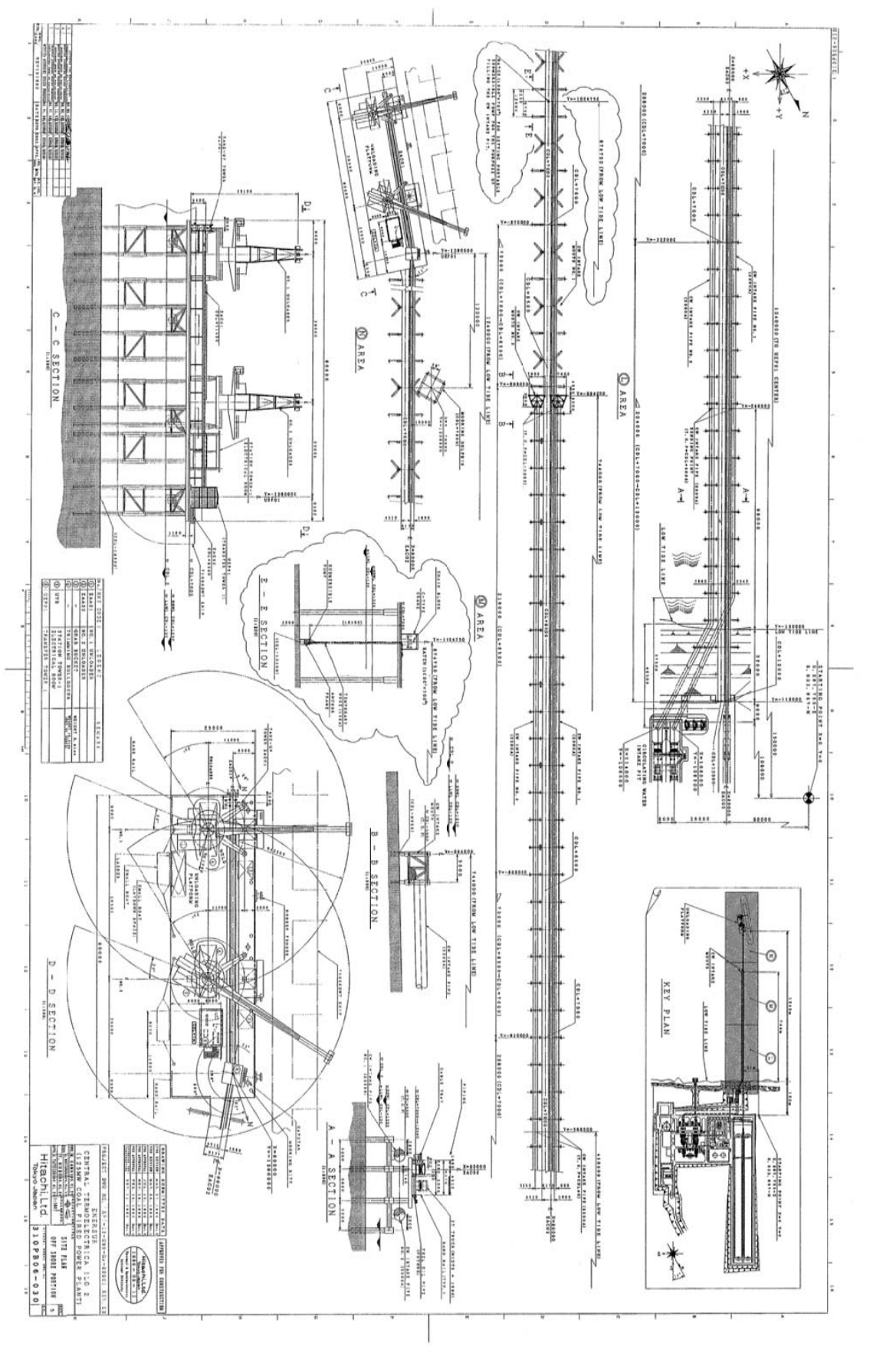
- Sarmiento J. (2009). "Mantenimiento Industrial". (2da Edición). Editorial Universitas Libros, Argentina.
- Mora L. (2009). "Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control". (1era edición). Editorial Alfaomega, México.
- Duffuaa Raouf D. (2009). "Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control" (1era Edición). Editorial Limusa, México.
- Krajewski, Lee J. (2008) "Administración de Operaciones" (2da edición). Editorial Pearson Educación, México.
- Michalsky, Walter J. (1998) "40 Herramientas de gestión para fábricas y servicios" (1era Edición) Editorial Productivity Press, España.
- Claudio Loayza, Pedro Joseph (2011) "Diagnóstico y Propuesta de Mejora de los Procesos de un Taller Mecánico de una Empresa Comercializadora de Maquinaria." Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Perú
- Chase, R.B. (2005). "Administración de producción y operaciones, para una ventaja competitiva" (2da Edición) Mc Graw Hill. Bogota.
- Cuatrecasas LL.A. (1998). "Gestión competitiva de stocks y procesos de producción" 2000. (1era Edicion), Barcelona.
- Dounce E., Dounce J.F. (1997). "La Productividad en el Mantenimiento Industrial" (4ta Edición). Editorial Continental, México.
- Viejo M., Alvarez J. (2003) "Bombas, Teoría, Diseño y Aplicaciones". (3era Edición). Editorial Limusa, México.

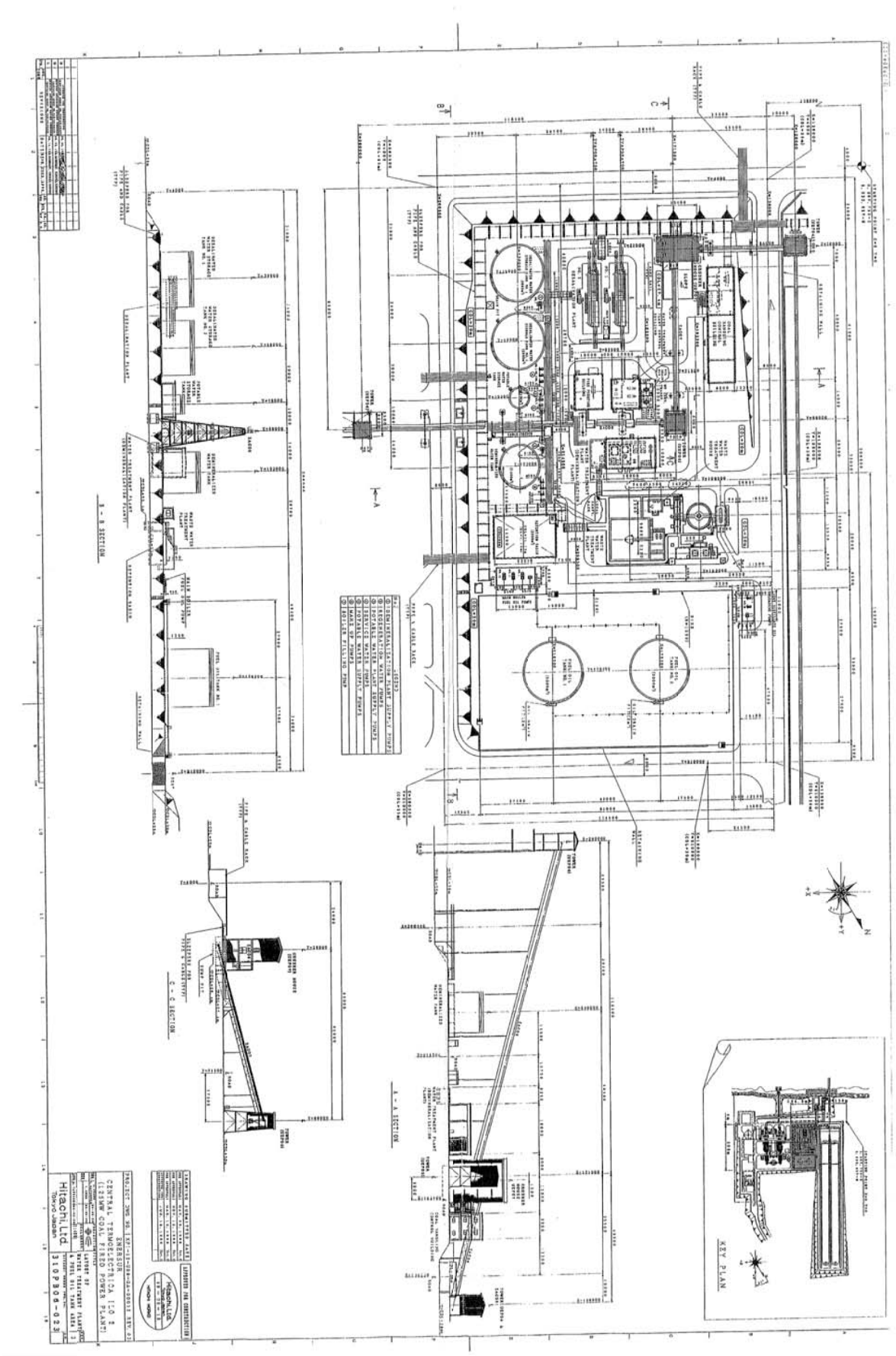
- McNaughton K. “Bombas, Selección, Uso y Mantenimiento”. (1era Edición). Editorial McGraw-Hill/Interamericana, México.
- Rey Sacristán F. (1995). “Gestión de mantenimiento en industrias y talleres”. (6ta Edición). Editorial Ceac, España.
- Hayward H. (2011). “Gestión de mantenimiento” (2da Edición). Editorial Asociación Española de normalización y certificación AENOR, España.
- Mosquera Castellanos G. (2002) “Apoyo logístico para la administración del mantenimiento industrial” (4ta Edición). Fondo editorial de la Universidad Central de Venezuela, Venezuela.
- Newbrough E.T. (1997). "Administración de mantenimiento industrial" (4ta Edición). Editorial Diana, México.
- Mainero A. (2009) “Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta HyL II en la siderúrgica del Orinoco. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio Jose de Sucre”, Venezuela.
- Manual de entrenamiento EnerSur S.A., “Descripción General de la Planta” (1999).
- Manual de Operación y Mantenimiento de Bombas EBARA Modelo 1350 VYM
- <http://www.mantenimiento/mundial>.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>

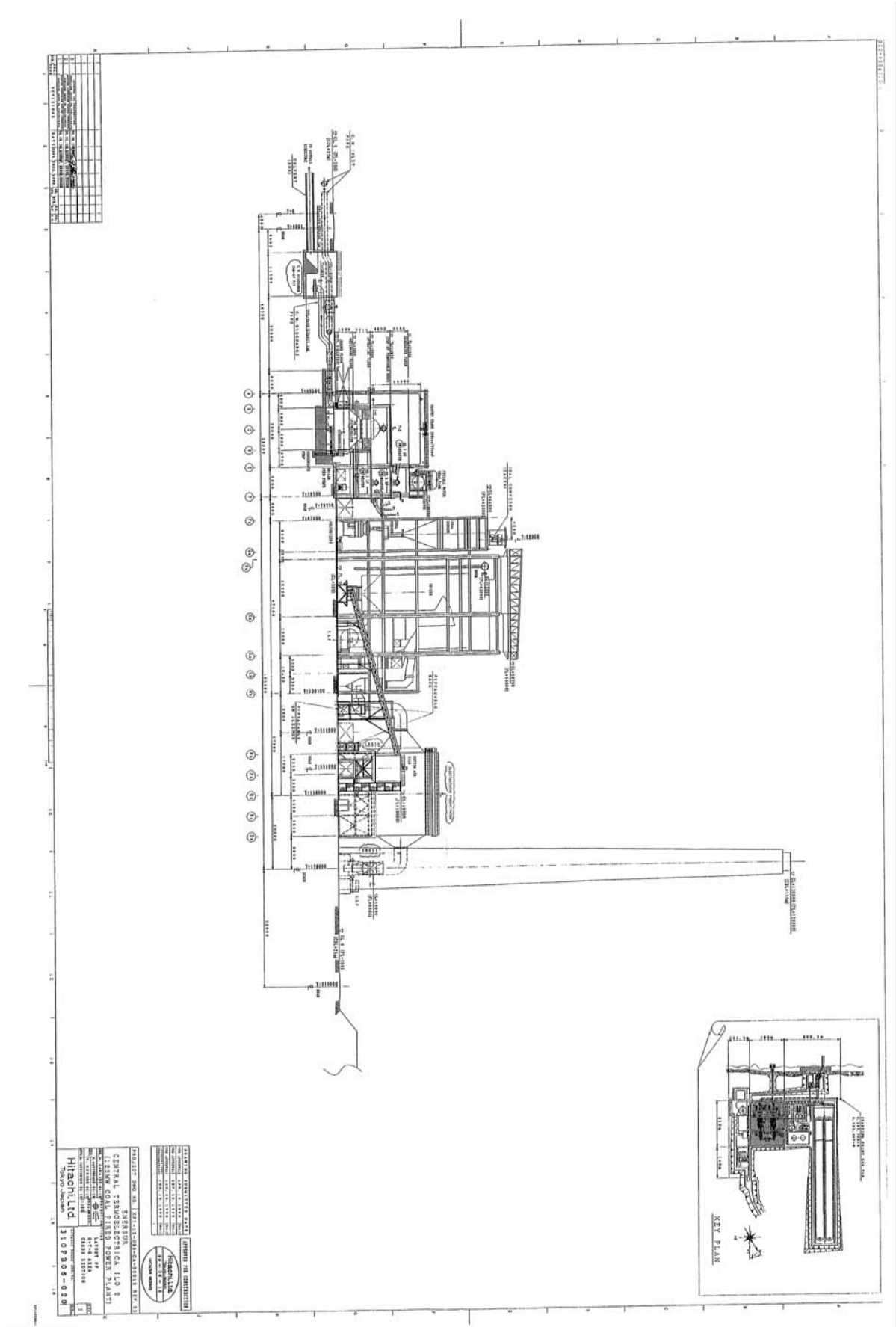


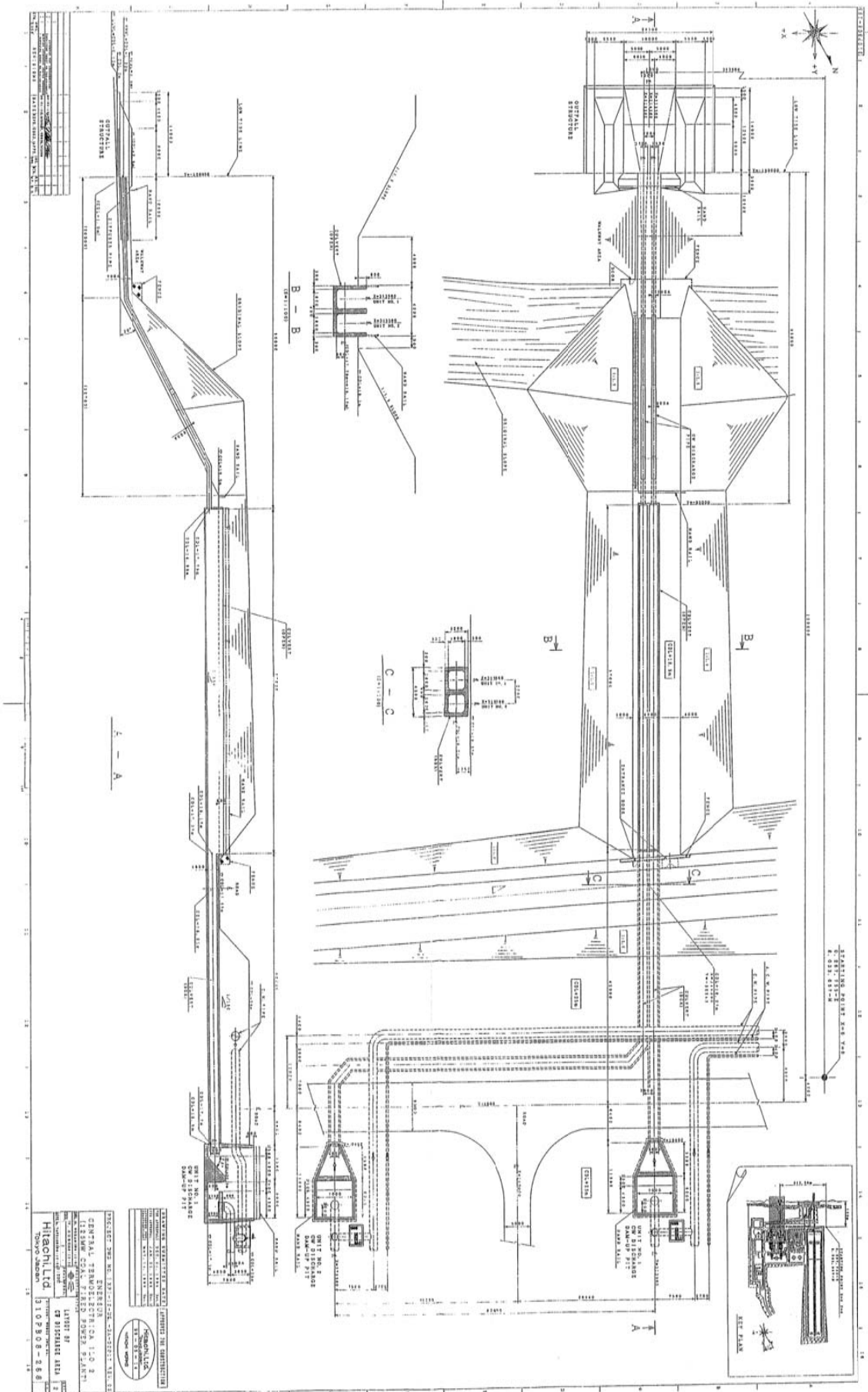
ANEXO 1: PLANOS DE DISPOSICION DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA ILO 21











ANEXO 2: DATA SHEET Y CURVA DE OPERACIÓN DE LAS BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACIÓN

TITLE	CWP DATA SHEETS		DOC. No.	RX06000-1170-0401	REV.	1
CUSTOMER	HITACHI, LTD.		COMPLETE IN	2 SHEETS		
			WITH COVER			
FINAL USER	ENERSUR					
PROJECT	CENTRAL TERMoeLECTRICA ILO 2	SERVICE	Circulating Water Pump			
JOB No.		EBARA SER. No.	RX06000-04, RX06001-04			
ITEM No.		MODEL/ EQUIP.	1350VYM	SET	1+1	

AS BUILT

PROJECT DWG NO.	XPI - 12 - PAC - CS - 23206	REV	0
ENERSUR			
CENTRAL TERMoeLECTRICA ILO 2			
(125MW COAL FIRED POWER PLANT)			

TO	SET	REV.	PAGE	DATE	APP'D	BY	ISSUED BY
							Turbomachinery Engineering Dept.
							APPROVED BY
							<i>R. Miyaska</i>
							CHECKED BY
							PREPARED BY R. MIYASKA Jul. 9 '98

PM32U

EBARA CORPORATION

VERTICAL PUMP DATA SHEET

P. 1

CUSTOMER <i>HITACHI, LTD.</i>		EBARA SER. No. <i>PX06000-04 PX06001-04</i>	
FINAL USER <i>ENERSUR</i>		MODEL <i>1350 VYM</i>	
ITEM No.		No. OF UNIT <i>1 + 1</i>	
SERVICE <i>Circulating Water Pump</i>			
OPERATING CONDITION			
LIQUID <i>SEAWATER</i>	CAPACITY NOR. RATED. <i>15700 m³/h</i>	LOCATION <input type="checkbox"/> INDOOR <input checked="" type="checkbox"/> OUTDOOR	
TEMP. <i>25 °C</i>	TOTAL HEAD <i>33.5 m</i>	NPSH AV. <i>12.7 m (AT IMP. EYE)</i>	
SP.GR. <i>1.025</i>	PUMP EFF. <i>88 %</i>	NPSH REQ. <i>8 m (AT IMP. EYE)</i>	
SOLID	SHAFT POWER <i>1664.3</i>	MIN. SUBMERGENCE <i>3.43 m</i>	
VISCOSITY	DRIVER OUTPUT <i>1850 kW</i>	ROTATION VIEWED FROM COUPLING	
VAP.PRESS.	SPEED <i>445 min⁻¹</i>	END <input checked="" type="checkbox"/> CW <input type="checkbox"/> CCW	
THRUST LOAD SUPPORTED BY <input type="checkbox"/> PUMP <input checked="" type="checkbox"/> MOTOR <input type="checkbox"/> GEAR BOX		THRUST LOAD NOR. <i>7 ton MAX. 12 ton</i>	
LEVEL	PUMP FLOOR <i>+ 4.000</i>	DISCHARGE CENTER <i>+ 5.400</i>	DRIVER <input checked="" type="checkbox"/> MOTOR <input type="checkbox"/> ENGINE <input type="checkbox"/> TURBINE
	SUMP/PIT BOTTOM <i>- 6.550</i>	LWL <i>- 2.120</i>	DRIVING SYSTEM <input checked="" type="checkbox"/> DIRECT <input type="checkbox"/> GEAR BOX
CONSTRUCTION			
NOZZLE	LOCATION	SIZE	RATING
DISCHARGE	SIDE	<i>1350^A (54B)</i>	AXSI #125
SUCTION BELL	BOTTOM		
PUMP LENGTH		DISTANCE FROM THE LOWER FACE OF BASE TO THE END OF SUCTION BELL	
		<i>9.60 m</i>	
No. OF STAGE	<i>ONE</i>		COUPLING
			<input type="checkbox"/> FLEXIBLE <input type="checkbox"/> GEAR <input type="checkbox"/> DIAPHRAGM <input checked="" type="checkbox"/> RIGID
CASING	<input checked="" type="checkbox"/> NON-PULLOUT <input type="checkbox"/> PULLOUT		SPACER <input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO
IMPELLER	<input checked="" type="checkbox"/> CLOSED <input type="checkbox"/> OPEN		SHAFT SEAL
			<input checked="" type="checkbox"/> GLAND PACKING <input type="checkbox"/> MECH. <input type="checkbox"/> SINGLE <input type="checkbox"/> DOUBLE
BEARING	RADIAL	RUBBER, <i>TEFLON</i>	LUB: WATER <input checked="" type="checkbox"/> SELF <input type="checkbox"/> EXTERNAL (START-UP, SHUT-DOWN)
	THRUST (MOTOR)	<input type="checkbox"/> BALL <input type="checkbox"/> ROLLER <input checked="" type="checkbox"/> TILTING PAD	LUB: OIL COOLING WATER <input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO
UTILITY			
BEARING LUB. WATER	<i>N/A</i>	<i>l/min x</i>	kgf/cm ² G
SEALING WATER	<i>N/A</i>	<i>l/min x</i>	kgf/cm ² G
BEARING COOLING WATER	<i>12 l/min (FOR MOTOR, SUPPLIED FROM PUMP DISCHARGE)</i>		
MATERIAL			
SUCTION BELL	<i>FCDA-NiC₂Nb 202</i>	IMPELLER	<i>SCS 16</i>
DISCHARGE BOWL	<i>FCDA-NiC₂Nb 202</i>	SHAFT	<i>SUS 316L</i>
DISCHARGE ELBOW	<i>2% Ni FC 250</i>	SHAFT SLEEVE	<i>SUS 316L</i>
COLUMN PIPE	<i>2% Ni FC 250</i>		
ACCESSORIES (PER UNIT)			
COUPLING	1 Set	COMP. GAUGE	1 Set
BASE	1 Set	AIR VENT VALVE	1 Set
FOUNDATION BOLT	1 Set	DRIVER PEDESTAL	1 Set
		TOOLS	1 Set / All unit
		<i>SLIP RING AND BRUSH 1 Set</i>	
		<i>STRAINER, FLOW SWITCH 1 Set</i>	
SPARE PARTS (PER UNIT)			
HYDRO. TEST PRESS. <i>0.9MPaG (9.2 kgf/cm²G)</i>	APPROX. WEIGHT		
REMARKS	PUMP <i>21,000 kgf</i>		
	BASE <i>1,300 kgf</i>		
	DRIVER PEDESTAL <i>4,800 kgf</i>		
	DRIVER <i>25,000 kgf</i>		
	TOTAL <i>64,100 kgf</i>		

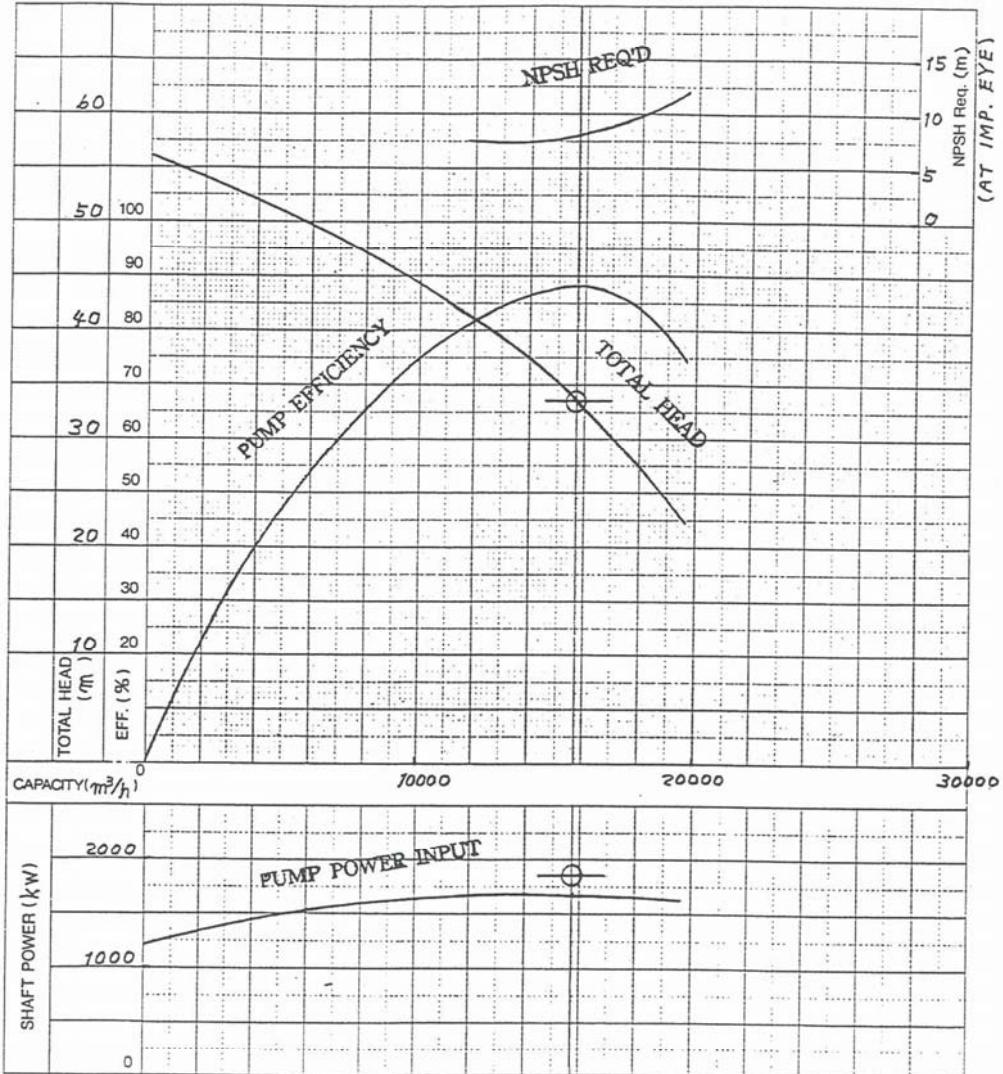


EBARA CORPORATION

EXPECTED PERFORMANCE CURVE

DATE: JUN 2 '98

ITEM No. : _____ DOC. No.: RX06000-1170-0402 Rev.0
 CUSTOMER : HITACHI LTD. SERVICE: CIRCULATING WATER PUMP
ENEPSUR
 EBARA SER. No. : RX06000-04 MODEL : 1350 VYM
RX06001-04
 SPECIFIED ITEMS : 15700 m³/h x 33.5 m x 445 min⁻¹ x 1850 kW
 (LIQUID HANDLED= SEA WATER : $\gamma = 1.025$ kg/l : TEMP. = 25 °C : VIS. = _____)



TO SET

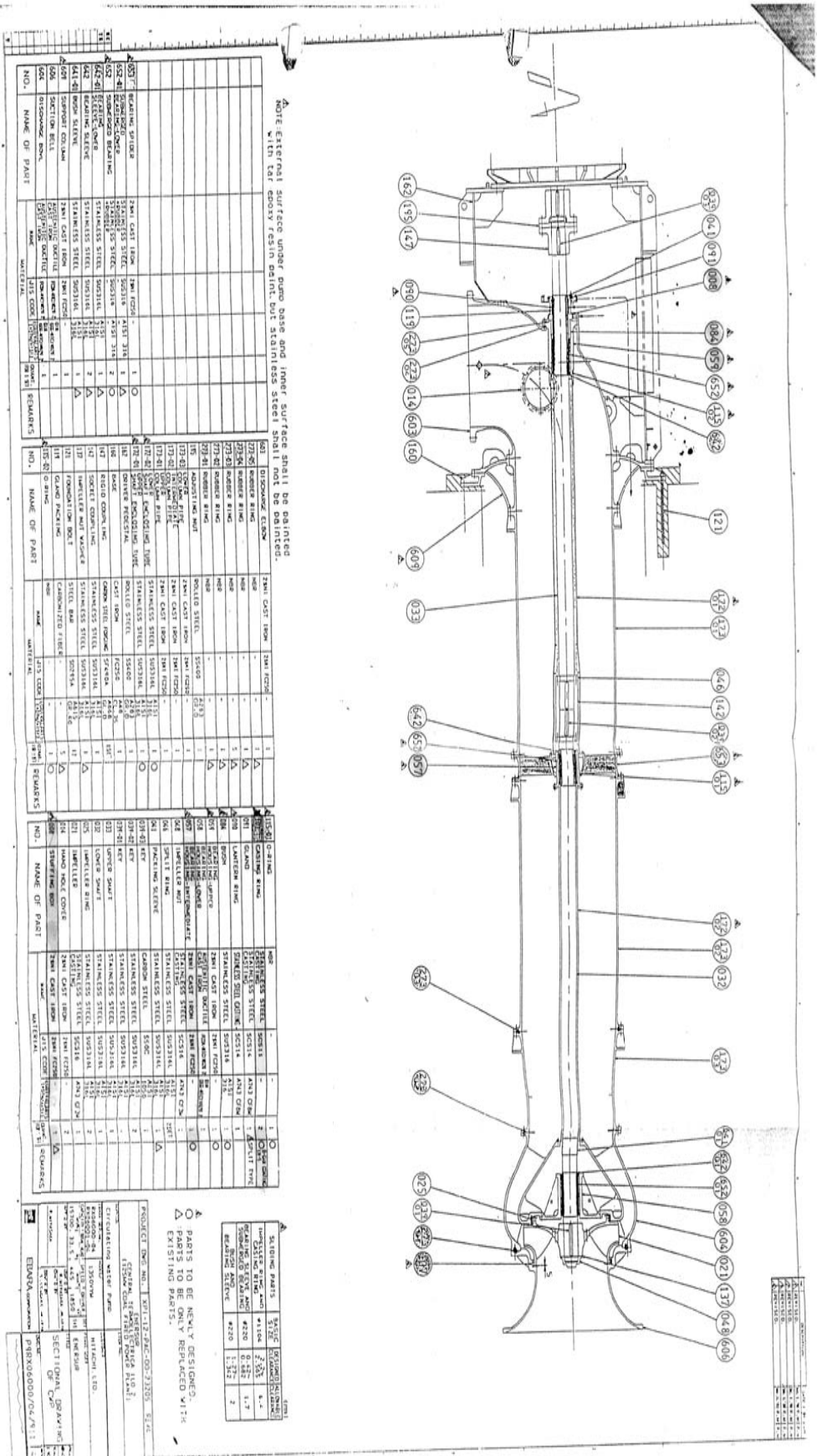
ISSUED BY : _____ APP'D BY : R. M CHK'D BY : _____ PREP'D BY : R. Niyasaka
 Turbomachinery Engineering Dept.



EBARA CORPORATION

411

ANEXO 3: PLANO DE CONSTRUCCIÓN DE LA BOMBA DE AGUA DE CIRCULACION



ANEXO 4: ESPECIFICACIONES COMERCIALES PARA EL PROCESO DE LICITACIÓN.

ESPECIFICACIONES COMERCIALES PARA EL SUMINISTRO DE 10 CASING RINGS PARA LAS BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACIÓN

ALCANCES GENERALES

El presente documento establece los procedimientos que deben cumplir los postores y proporciona información para la preparación y presentación de la(s) propuesta(s).

El postor antes de preparar y presentar su propuesta, deberá leer las especificaciones comerciales y las especificaciones técnicas que corresponden al proceso de licitación.

ESPECIFICACIONES DEL SERVICIO

Persona de contacto: Mario Huanca

- Email del contacto: mario.huanca@enersur.com.pe

Fecha límite de cotización: 5 días hábiles después de la visita técnica.

- Suministro de 10 casing ring según las especificaciones técnicas.

Solicitante del servicio: Mario huanca.

Supervisor de EnerSur a cargo: Javier Lugo

RESPONSABILIDAD DE ENERSUR

- Coordinador de la ejecución del servicio.
- Gestión de pases de ingreso.
- Inducción de seguridad y medio ambiente.

CONFIRMACION DE PARTICIPACION

Los postores deberán confirmar su participación vía correo electrónico, siendo este el único documento que confirma la participación del Postor al proceso de licitación al que ha sido invitado.

EnerSur se reserva el derecho de aceptar las propuestas de aquellos postores que no confirmaron su participación e intención de presentar propuesta.

CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN

EnerSur no dará a conocer a los postores, cualquier información relacionada con el proceso de selección de los postores, invitaciones de participación a la licitación, resultados de la evaluación técnica y económica, ni información del análisis de las propuestas, carta de recomendación de adjudicación y/o adjudicación la presente licitación.

EnerSur es el único dueño de toda la información del proceso de licitación.

CONDICIONES DE IGUALDAD ENTRE LOS POSTORES

EnerSur mantendrá en todas las etapas del proceso de licitación el principio de igualdad entre todos los postores convocados.

Todos los postores recibirán la misma información para que puedan preparar sus propuestas y estas sean presentadas bajo el mismo esquema y alcance de trabajo.

Cualquier intento por parte de un Postor de influenciar en la evaluación y/o análisis de las propuestas o en la decisión de recomendación de adjudicación, tendrá como resultado la descalificación del Postor.

CONSULTAS

Todos los postores que requieran aclaraciones, deberán enviar sus consultas siguiendo las indicaciones del punto en un plazo no mayor a los dos días de recibida la invitación.

EnerSur recibirá todas las consultas de los postores y responderá por escrito toda solicitud de aclaración y/o consultas, cumpliendo con las fechas indicadas en el cronograma de la licitación.

Las respuestas de todas las consultas realizadas, serán enviadas a todos los postores invitados y que hayan confirmado su participación al proceso de licitación.

IDIOMA DE LA PROPUESTA

La propuesta, la correspondencia y todos los documentos que entregue el Postor deberán redactarse en el idioma español.

MONEDA DE LA PROPUESTA

La propuesta será presentada en Dólares Americanos (USD)

La evaluación económica de las propuestas se realizará en dólares americanos; si algún Postor presenta su propuesta en otra moneda, se realizará la conversión tomando como referencia el tipo de cambio del día en que se realice la evaluación según valores de conversión indicados por la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP del Perú. (ver <http://www.sbs.gob.pe/app/stats/tc-cv.asp>).

CONDICIONES DE PAGO

Las políticas de pago del EnerSur son las siguientes:

- Pago a 30 días calendario contado a partir de la fecha de entrega de la factura,
- Todo pago solicitado como adelanto, se realizará previa entrega de una carta fianza,

DECLARACION DE EXCEPCIONES

El Postor en su propuesta indicará las excepciones al alcance de trabajo, especificaciones técnicas. Sólo en las excepciones específicamente declaradas se anotarán y reconocerán como desviaciones de la propuesta.

El postor deberá indicar sus excepciones relacionándolas al documento técnico y/o administrativo respectivo. De no indicarse ninguna excepción en la propuesta, el postor acepta cumplir con todo el alcance de trabajo, especificaciones técnicas y especificaciones comerciales.

DISPOSICIONES FINALES

- **Contrato**: El Contrato consecuencia del otorgamiento de la Buena Pro, será una orden de compra enviada vía correo electrónico y en físico.

- **Penalidad**: Si el proveedor no cumpliera con entregar el suministro en el plazo indicado en el Contrato, pagará al Propietario una penalidad correspondiente al 2% del monto total del Contrato por semana de atraso o su equivalente en días.
La penalidad será ejecutada hasta un máximo de 20% del monto total del Contrato.

- **Confidencialidad**: Los Postores y el Proveedor que obtenga la Buena Pro no podrán, sin la previa autorización del EnerSur, hacer pública ni usar para su beneficio ninguna información a la cual hayan tenido acceso y que esté relacionada con el proyecto.

- **Derechos de Propiedad**: Toda la información entregada como parte de este proceso de licitación es de propiedad de EnerSur S.A. Todos los planos, especificaciones y otros documentos a los que la Contratista tenga acceso y que hayan sido elaborados como parte del servicio contratado son de propiedad de EnerSur S.A.

- **Conocimiento de las bases administrativas y contrato:** al confirmar su participación a esta licitación y al presentar su propuesta, el contratista confirma y da por aceptado que tiene conocimiento del contenido de las especificaciones comerciales y la especificaciones técnicas, también acepta que no reclamará por daños o perjuicios debido a su mala interpretación o mala comprensión de los documentos que forman parte de esta licitación.



ANEXO 5: COTIZACIONES DE LOS POSTORES INVITADOS.

1. COTIZACIÓN DE HIDROSTAL



Lima, 02 de setiembre del 2011

Oferta No. VL-0010015590

Señores
ENERSUR S.A
Av. República de Panamá No. 3490
SAN ISIDRO

Atención: Sra. Miriam Pedraza
Gerencia de Organización

Referencia: Solped 6000037893

Estimados señores:

Nos es grato someter a su consideración nuestra oferta por servicio de Fundición y Mecanizado, para la fabricación exclusiva de la siguiente pieza:

Item	Cant.	Material	Descripción	Valor Venta Unit.	Valor Venta Total
1	1	ACERO INOX. DUPLEX S31260	CASING RING DE LA BAC2 (DIAM. 1140 X DIAM. 1104 X 73) Plano: Según plano del cliente Acabado: Fundición y Mecanizado Peso unt. estimado: 121	5,486.00	5,486.00
VALOR VENTA NETO				US\$	5,486.00
I.G.V. 18 %				US\$	987.48
PRECIO VENTA TOTAL				US\$	6,473.48

Precios: En Dólares Americanos o en Nuevos Soles al tipo de cambio de venta del día de Pago.

CONDICIONES DE VENTA

Condición N° 1: De recibir su orden de compra, por ser productos sujetos a especificaciones técnicas para poder cumplir con la calidad ofrecida, es necesario aclarar todos los detalles antes de iniciar la fabricación y/o el despacho.

Condición N° 2: De haberse además convenido un pago inicial es necesario que este se haya realizado. Luego de cumplido con ello emitiremos nuestro Acuse y Confirmación de Pedido y/o Factura.

Forma de Pago: Factura 30 días.

Plazo de Entrega: A la fecha nuestro plazo de entrega es de 02 semanas a partir de emitido nuestro Acuse y Confirmación de Pedido y/o Factura en nuestra planta.

Embalaje: Los productos se entregan sin embalar salvo que haya sido ofrecido expresamente en nuestra oferta.

Validez de Oferta: 30 días de su emisión, las condiciones de venta definitivas son las establecidas en nuestro Acuse y Confirmación de Pedido y/o Factura.

Lugar de entrega: En Almacenes Ransa en el Callao. Nuestro compromiso termina encima del camión debiendo el cliente disponer de las facilidades para descargarlo.

2. COTIZACIÓN DE VULCO

<p>Vulco Perú S.A. Avda. Separadora Industrial 2201, Urb. Vulcanos Aba Vitarte, Lima 3 - PERU Teléfono : +51 1 6187575 Fax : +51 1 6187576 Ruc : 20106740004 Email : vulcoperu@weiminerals.com.pe</p>	<p>Excellent Minerals Solutions WEIR SINCE 1858</p>
---	--

Señores : EnerSur S.A.
 Atención : Mario Huanca
 Email : mario.huanca@enersur.com.pe
 Cotización : 35722

Tenemos el agrado de cotizar lo siguiente:

Código	Item	Can t.	UN	Descripción	Tiempo de entrega	Precio	
						Unitario	Total
CRS321	1	10	EA	Casing Ring para bombas de agua. Los precios no incluyen IGV	28 días	\$6500.00	\$65000.00
TOTAL GENERAL							\$65000.00

Forma de pago : Factura a 30 días
 Validez de la oferta : 60 días
 Tiempo de entrega : 28 Días desde la puesta de la orden de compra
 Garantía : 12 meses contra defectos de fabricación

Sírvase ver los Términos y Condiciones Generales de Venta en archivo adjunto, que forman parte integral de la presente cotización.



LUIS KONG
VULCO PERU S.A.



3. COTIZACIÓN DE TECNIFLOW



TFCNC/1036

Señores
EnerSur S.A.

Presente

Atención : Mario Huanca
Operaciones y mantenimiento

Referencia : Solicitud para la fabricación de diez anillos Casing Ring

Estimados Señores:

Muy cordialmente nos dirigimos a ustedes para hacerles llegar nuestra propuesta.

Tiempo de entrega

28 Días desde la puesta de la orden de compra

Forma de pago

20 % de adelanto Factura a 30 días

Lugar de entrega

Almacenes Lima

Validez de la oferta

30 días

Garantía

12 meses contra defectos de fundición y fabricación

Carlos Coblich N° 104, San Diego, Lima 41 - Perú. Telfs: (51-1) 346-2102/ 346-0799. Fax: (51-1) 346-2101
tecniflow@tecniflow.com.pe www.tecniflow.com

Ítem	Cant.	Descripción	Tiempo de entrega	Precio	
				Unitario	Total
1	10	Anillos Casing Ring	4 semanas	\$6250.00	\$62500.00
		TOTAL GENERAL <small>Los precios no incluyen IGV</small>			\$62500.00

Atentamente,

Ing. Cesar Navarro
e-mail: cnavarro@tecniflow.com.pe

Ing. Fernando Aliaga
e-mail: falaiga@tecniflow.com.pe

Carlos Coblich N° 104. San Borja, Lima 41 – Perú. Telts: (51-1) 346-2102/ 346-0799. Fax: (51-1) 346-2101
tecniflow@tecniflow.com.pe - www.tecniflow.com

