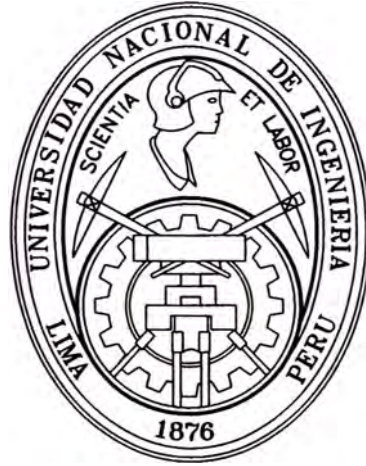


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“ANALISIS DE EFICIENCIA Y MEJORA DE
CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LAS
BOMBAS CENTRIFUGAS EN LA UNIDAD
MINERA DE SAN RAFAEL - MINSUR”**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECANICO

JORGE LUIS RAMIREZ UTANI

PROMOCION 1998-II

LIMA-PERU

2008

Al creador, mi Señor,
A mis lindos y muy amados hijos Jorge Luis y Aura María,
A mi querida esposa Dina,
A mis queridos padres Manuel Antonio Ramírez Portocarrero y
Martha Olga Utani Sánchez,
A mis hermanos Manuel, Leonor, Ivonne y Edwin,
que gracias a su gran apoyo, obtuve las fuerzas
necesarias para lograr mis metas, tanto en el
aspecto profesional como en el personal.

ÍNDICE

PROLOGO	01
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	03
CAPITULO 2. CONSIDERACIONES TEORICAS	06
2.1 Mecánica de Fluidos	06
2.1.1 Propiedades físicas de los fluidos	06
2.1.2 Regímenes de flujo de fluidos en tuberías: laminar y turbulento	10
2.1.3 Ecuación general de la energía - Teorema de Bernoulli.	13
2.1.4 Medida de la presión	15
2.2 Cálculo de Pérdidas.	16
2.2.1 Fórmula de Darcy Ecuación general del flujo de fluidos.	16
2.2.2 Cálculo del diámetro medio de la tubería	23
2.2.3 Rugosidad relativa.	24
2.2.4 Velocidad	24
2.2.5 Número de Reynolds	24
2.2.6 Pérdida de carga en las tuberías	26
2.2.7 Potencia	30
2.3 Bombas Centrifugas	32
2.3.1 Clasificación	32
2.3.2 Definiciones y Nomenclaturas	34
2.3.3 Consideraciones hidráulicas	47
2.4 Bombas para servicio con Pasta Aguada	56
2.4.1 Selección de bombas de pasta aguada	61

IV

2.4.2	Variación de velocidad en bombas para pasta aguada	63
2.4.3	Limitaciones en las bombas para pasta aguada	65
2.4.4	Sellamiento de bombas para pasta aguada	66
2.5	Mantenimiento	67
2.5.1	Confiabilidad	67
2.5.2	Disponibilidad	67
2.6	Vibración	67
2.6.1	Análisis vibracional	68
CAPITULO 3. EVALUACIÓN DE COSTOS		74
3.1	Resumen de Costos de los Años 2005, 2006 Y 2007	74
3.2	Resumen de Equipos críticos por la operación.	78
3.3	Resumen de Equipos por Área de Operación.	83
3.4	Selección de Bombas a evaluar	83
CAPITULO 4. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN GENERAL		87
4.1	Información de la Instalación (Exteriores)	87
4.1.1	Sumidero	87
4.1.2	Tuberías de succión	87
4.1.3	Tuberías de descarga	94
4.1.4	Cimentación	98
4.1.5	Observaciones del levantamiento de datos	101
4.2	Información de la Bomba	104
4.2.1	Alineamiento	105
4.2.2	Nivelación	107
4.2.3	Estado de las líneas de lubricación del sello.	108
4.2.4	Estado de otros componentes (cascos, pedestal, etc.)	112
4.2.5	Consideraciones para el levantamiento de datos.	114

CAPITULO 5. LEVANTAMIENTO DE LOS DATOS DE OPERACIÓN	118
5.1 Flujo y Presión requerido por la Operación.	118
5.2 Flujo y Presión Real	120
5.3 Resumen de otros Parámetros (densidad de la pulpa, granulometría y % de sólidos).	121
CAPITULO 6. OBSERVACIÓN, ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS Y CÁLCULO DE LA ALTURA DINÁMICA TOTAL DE LA BOMBA.	126
6.1 Resumen de tipos de fallas mas significativas y como afectan al equipo de bombeo.	126
6.2 Cálculo de la altura dinámica total.	137
6.2.1 Primer caso	138
6.2.2 Segundo caso	144
6.2.3 Tercer caso	152
6.3 Evaluación de costos para las correcciones en la instalación.	161
CAPITULO 7. ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD Y DE LOS NIVELES DE VIBRACIÓN	165
7.1 Cálculo de Disponibilidad por Equipo y/o por Sistemas.	165
7.1.1 Cálculo – Caso 1	166
7.1.2 Cálculo – Caso 2	168
7.1.3 Cálculo – Caso 3	169
7.1.4 Cálculo – Disponibilidad del sistema	170
7.2 Cálculo y análisis de frecuencia de fallas (MTBF, MTTR)	170
7.2.1 Cálculo – Caso 1	172
7.2.2 Cálculo – Caso 2	173
7.2.3 Cálculo – Caso 3	174
7.3 Resumen de Vibración y Aceleración de los Años 2005, 2006 y 2007.	175

CAPITULO 8. ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO DE OPERACIÓN

Y MANTENIMIENTO	182
8.1 Resumen de costos (mecánicos) por bomba / por año.	182
8.2 Cálculo de costos de operación del equipo.	212
8.3 Análisis de operación y mantenimiento actual.	212

CAPITULO 9. MEJORA DE LA INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS –

1ER. GRUPO	215
9.1 Correcciones en las líneas de descarga.	215
9.1.1 Instalación actual (Isométrico y pérdidas).	215
9.1.2 Instalación recomendada (Isométrico y pérdidas).	215
9.2 Correcciones en las líneas de succión.	216
9.2.1 Instalación actual (Isométrico y pérdidas).	216
9.2.2 Instalación recomendada (Isométrico y pérdidas).	216
9.3 Correcciones en el Sumidero.	216
9.3.1 Instalación actual.	216
9.3.2 Instalación recomendada (planos)	217
9.4 Correcciones en las Líneas de Lubricación	217
9.4.1 Instalación Actual.	217
9.4.2 Instalación recomendada (planos).	217
9.5 Correcciones en la Nivelación del Equipo (Grout)	224
9.5.1 Instalación Actual.	224
9.5.2 Instalación Recomendada (planos).	225
9.6 Correcciones en el Alineamiento	225
9.6.1 Instalación Actual.	225
9.6.2 Instalación Recomendada.	225
9.7 Corrección y/o reemplazo de otros componentes.	230

VII

CAPITULO 10. REEMPLAZO DE EQUIPOS	232
10.1 Listado de bombas a reemplazar.	232
10.2 Isométricos y planos de los sumideros.	233
10.3 Selección de Bombas	235
10.4 Evaluación económica de las bombas a reemplazar.	237
CONCLUSIONES	243
BIBLIOGRAFÍA	247
PLANOS.	
APÉNDICE.	

PROLOGO

El informe de ingeniería que se ha desarrollado, es un proyecto que se esta llevando a cabo actualmente en el departamento de Mantenimiento de la unidad minera de San Rafael, y es parte de las mejoras continuas que se realiza en la unidad.

Esta unidad minera se ubica en el Departamento de Puno a más de 4500 msnm, y se dedica a la exploración, explotación y comercialización del estaño, siendo el tercer productor en el mundo de este mineral.

El tipo de bomba que se ha estudiado son las del tipo centrifuga, de diferentes marcas y el producto que se maneja para la mayor cantidad de bombas es pulpa (pasta aguada, mezcla de agua y mineral fino) y en menor cantidad agua. Para este estudio, en el capitulo 3, se ha seleccionado 28 bombas de las 195 que se maneja actualmente. La selección se ha realizado en base a la criticidad del equipo, así como de aquellos equipos que representan mayor costo de mantenimiento.

El informe consta de 10 capítulos, en donde se muestran las condiciones de operación actual y los costos de mantenimiento y operación de los últimos tres años. Se muestra además los niveles de vibración, los valores de confiabilidad y de disponibilidad. En el capitulo 6 se muestran los cálculos realizados para las bombas de pulpa y agua. En el capítulo 7 se muestran los cálculos de confiabilidad y disponibilidad.

En el capítulo 9 se muestran todas las correcciones propuestas, para mejorar la eficiencia y disponibilidad de las bombas. Finalmente en el capítulo 10, se muestra un análisis para determinar si es factible o no el cambio de un grupo de bombas.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

El informe consiste en el desarrollo de un proyecto para la mejora de la eficiencia, la confiabilidad y la disponibilidad de un grupo bombas centrifugas de la Planta Concentradora de Estaño de la unidad Minera San Rafael - Minsur. Adicionalmente se realizará un prototipo de mejoras en uno de los puntos de bombeo para comprobar los resultados.

La unidad minera cuenta con un departamento de mantenimiento, dentro del cual se sub divide en planeamiento de mantenimiento y ejecución del mantenimiento. Actualmente pertenezco a la ejecución del mantenimiento, en donde lo que normalmente se realiza es el mantenimiento correctivo, si bien se tiene un mantenimiento preventivo y predictivo, lo que se realiza aquí con mayor frecuencia es el correctivo. Es por ello que se necesita mejorar la gestión del mantenimiento, comenzando por las bombas.

Las instalaciones de está planta concentradora han sido realizadas con estándares de ingeniería diferentes a los que se maneja actualmente en plantas modernas, por lo que la eficiencia y la disponibilidad de los equipos no es muy buena; en el desarrollo del informe se presentan varias fotos en donde se puede observar, lo gruesos errores en la instalación, afectando directamente a los equipos. Lo que se pretende con este proyecto de mejora de eficiencia de las bombas, es analizar las condiciones de operación e instalación para ver como trabaja el equipo y realizar

las mejoras del mismo para aumentar su eficiencia, confiabilidad y disponibilidad, y con estos resultados mejorar el programa de mantenimiento preventivo y predictivo.

Es importante mencionar que para el manejo de pulpa ó concentrados de plantas mineras no existen normas que regulen la operación y manutención de los equipos de bombeo y esto es básicamente porque la pulpa que se maneja entre las muchas plantas concentradoras es diferente, más aún cuando el mineral que se explota, como el estaño, no es común. En San Rafael, se explota el estaño y el cobre, siendo la explotación de este último en menor volumen, pero el tipo de pulpa que se maneja es diferente, dado que el proceso también es diferente. En el caso del cobre la carga es más abrasiva y los períodos de cambio de repuestos son menores.

Este proyecto lo estoy llevando a cabo desde el 01/07/07 y es parte de la mejora continua de la gestión de mantenimiento. Actualmente se cuenta con 195 bombas en la planta de estaño, las cuales he evaluado los costos de acuerdo a las áreas de operación y criticidad de las mismas para seleccionar un grupo de bombas y hacer las mejoras correspondientes.

Para el análisis de costos se ha tomado como referencia la data de los años 2005, 2006 y 2007.

Los costos de mantenimiento del último año han aumentado, a pesar que en el 2006 se manejaba el mismo tonelaje (2800 Ton/día), es por esta razón que se pensó en llevar a cabo este proyecto.

Después de evaluar los costos se ha seleccionado un grupo de bombas, para las cuales se ha evaluado los niveles de vibración y aceleración de los tres últimos

años, así como el cálculo de pérdidas y los detalles de la instalación que deben ser mejorados.

Entre las razones que se tiene por la mala instalación de los equipos, son por la cultura del trabajador, por la falta de supervisión y en muchos casos por la premura de terminar el trabajo por exigencia de la operación.

Ya hemos realizado la mejora de algunas bombas y se tienen resultados interesantes, en los niveles de vibración y aceleración, en consecuencia se espera mejorar la vida útil de algunos componentes.

Como parte del proyecto es evaluar si las bombas con las condiciones actuales de operación están debidamente seleccionadas ó es necesario su reemplazo, en el capítulo 10 se muestra un caso.

CAPITULO 2

CONSIDERACIONES TEORICAS

2.1 MECÁNICA DE FLUIDOS

2.1.1 Propiedades físicas de los fluidos

La solución de cualquier problema de flujo de fluidos requiere un conocimiento previo de las propiedades físicas del fluido en cuestión. Valores exactos de las propiedades de los fluidos que afectan a su flujo, principalmente la viscosidad y el peso específico, han sido establecidos por muchas autoridades en la materia para todos los fluidos utilizados normalmente.

Viscosidad: La viscosidad expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza externa. El coeficiente de viscosidad absoluta, o simplemente la viscosidad absoluta de un fluido, es una medida de su resistencia al deslizamiento o a sufrir deformaciones internas. La melaza es un fluido muy viscoso en comparación con el agua; a su vez, los gases son menos viscosos en comparación con el agua.

Se puede predecir la viscosidad de la mayor parte de los fluidos; en algunos la viscosidad depende del trabajo que se haya realizado sobre ellos. La tinta de imprenta, las papillas de pulpa de madera y la salsa de tomate, son ejemplos de fluidos que tienen propiedades tixotrópicas de viscosidad.

Existe gran confusión respecto a las unidades que se utilizan para expresar la viscosidad; de ahí la importancia de utilizar las unidades adecuadas cuando se sustituyen los valores de la viscosidad en las fórmulas.

Viscosidad absoluta o dinámica: La unidad de viscosidad dinámica en el sistema internacional (SI) es el pascal segundo (Pa s) o también newton segundo por metro cuadrado (N s/m²), o sea kilogramo por metro segundo (kg/ms). Esta unidad se conoce también con el nombre de poiseuille (Pl) en Francia, pero debe tenerse en cuenta que no es la misma que el poise (P) descrita a continuación.

El poise es la unidad correspondiente en el sistema CGS de unidades y tiene dimensiones de din a segundo por centímetro cuadrado o de gramos por centímetro segundo. El submúltiplo centipoise (cP), 10⁻² poises, es la unidad más utilizada para expresar la viscosidad dinámica y esta situación parece que va a continuar durante algún tiempo. Por esta razón, y ya que la mayor parte de los manuales y tablas siguen el mismo principio, toda la información sobre viscosidad en este texto se expresa en centipoises. La relación entre el pascal segundo y el centipoise es:

$$1 \text{ Pas} = 1 \text{ N s/m}^2 = 1 \text{ kg/(ms)} = 10^3 \text{ cP}$$

$$1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ Pas}$$

La viscosidad del agua a 20°C es 1.002 centipoise.

Viscosidad cinemática: Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad. En el sistema internacional (SI) la unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo (m²/s). La unidad CGS

correspondiente es el stoke (St), con dimensiones de centímetro cuadrado por segundo y el centistoke (cSt), 10^{-2} stokes, que es el submúltiplo más utilizado.

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^6 \text{ cSt}$$

$$1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$v (\text{centistokes}) = \frac{\mu (\text{centipoise})}{\rho (\text{gramos / cm}^3)}$$

La medida de la viscosidad absoluta de los fluidos (especialmente de gases y vapores) requiere de instrumental adecuado y de una considerable habilidad experimental. Por otro lado, se puede utilizar un instrumento muy simple, como es un viscosímetro de tubo, para medir la viscosidad cinemática de los aceites y otros líquidos viscosos. Con este tipo de instrumentos se determina el tiempo que necesita un volumen pequeño de líquido para fluir por un orificio y la medida de la viscosidad cinemática se expresa en términos de segundos.

Densidad, volumen específico y peso específico: La densidad de una sustancia es su masa por unidad de volumen. La unidad de densidad en el SI es el kilogramo por metro cúbico y se denota por ρ (Rho) (libras por pie cúbico).

Otras unidades métricas que también se usan son:

Gramo por centímetro cúbico (g/cm³) ó gramo por mililitro (g/ml)

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ g/ml} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

La unidad correspondiente en el sistema SI para volumen específico \bar{V} ; que es el inverso de la densidad, es el metro cúbico por kilogramo (m^3/kg) ($\text{pie}^3/\text{libra}$).

$$\bar{V} = \frac{1}{\rho} \quad \rho = \frac{1}{\bar{V}}$$

El peso específico (o densidad relativa) es una medida relativa de la densidad. Como la presión tiene un efecto insignificante sobre la densidad de los líquidos, la temperatura es la única variable que debe ser tenida en cuenta al sentar las bases para el peso específico. La densidad relativa de un líquido es la relación de su densidad a cierta temperatura, con respecto al agua a una temperatura normalizada. A menudo estas temperaturas son las mismas y se suele utilizar $60^\circ\text{F} / 60^\circ\text{F}$ ($15.6^\circ\text{C}/15.6^\circ\text{C}$). Al redondear $15.0^\circ\text{C}/15.0^\circ\text{C}$ no se introduce ningún error apreciable.

$$S = \frac{\rho \text{ (cualquier liquido a cierta temperatura)}}{\rho \text{ agua a } 15^\circ\text{C (60}^\circ\text{F)}}$$

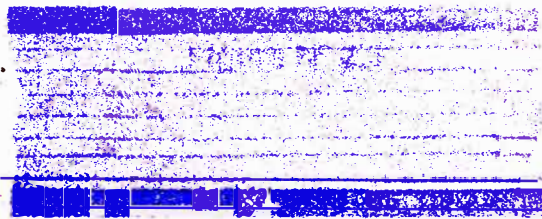
Se usa un hidrómetro para medir directamente la densidad relativa de un líquido. Normalmente se utilizan dos escalas hidrométricas, a saber:

La escala API que se utiliza para productos de petróleo.

Las escalas Baumé, que a su vez usan 2 tipos: uno para líquidos más densos que el agua y otro para líquidos más ligeros que el agua.

2.1.2 Regímenes de flujo de fluidos en tuberías: laminar y turbulento

Un experimento simple (el que se muestra abajo), muestra que hay dos tipos diferentes de flujo de fluidos en tuberías. El experimento consiste en inyectar pequeñas cantidades de fluido coloreado en un líquido que circula por una tubería de cristal y observar el comportamiento de los filamentos coloreados en diferentes zonas, después de los puntos de inyección.



Flujo laminar

Fotografía que muestra cómo los filamentos coloreados se transportan sin turbulencia por la corriente de agua.

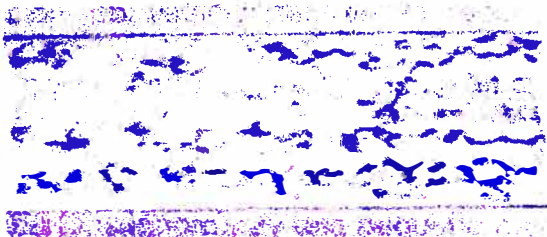
Figura N° 2.1



Flujo en la zona crítica, entre las zonas laminar y de transición

A la velocidad crítica los filamentos comienzan a romperse, indicando que el flujo comienza a ser turbulento.

Figura N° 2.2



Flujo turbulento

Esta fotografía muestra cómo la turbulencia en la corriente dispersa completamente los filamentos coloreados a poca distancia del punto de introducción.

Figura N° 2.3

Si la descarga o la velocidad media es pequeña, las láminas de fluido coloreado se desplazan en líneas rectas, como se ve en la figura N° 2.1. A medida que el caudal se incrementa, estas láminas continúan moviéndose en líneas rectas hasta que se alcanza una velocidad en donde las láminas comienzan a ondularse y se rompen en forma brusca y difusa, según se ve en la figura N° 2.2. Esto ocurre en la llamada velocidad crítica. A velocidades mayores que la crítica los filamentos se dispersan de manera indeterminada a través de toda la corriente, según se indica en la figura N° 2.3.

El tipo de flujo que existe a velocidades más bajas que la crítica se conoce como régimen laminar y a veces como régimen viscoso. Este régimen se caracteriza por el deslizamiento de capas cilíndricas concéntricas una sobre otra de manera ordenada. La velocidad del fluido es máxima en el eje de la tubería y disminuye rápidamente hasta anularse en la pared de la tubería.

A velocidades mayores que la crítica, el régimen es turbulento. En el régimen turbulento hay un movimiento irregular e indeterminado de las partículas del fluido en direcciones transversales a la dirección principal del

flujo; la distribución de velocidades en el régimen turbulento es más uniforme a través del diámetro de la tubería que en régimen laminar. A pesar de que existe un movimiento turbulento a través de la mayor parte del diámetro de la tubería, siempre hay una pequeña capa de fluido en la pared de la tubería, conocida como la "capa periférica" o "subcapa laminar", que se mueve en régimen laminar.

Velocidad media de flujo: El término "velocidad", a menos que se diga lo contrario, se refiere a la velocidad media o promedio de cierta sección transversal dada por la ecuación de continuidad para un flujo estacionario:

$$v = \frac{q}{A} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Donde:

v = velocidad

q = caudal

A = sección transversal

Número de Reynolds: Las investigaciones de Osborne Reynolds han demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir, si es laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad y la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo. El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, conocido como el número de Reynolds, puede "Considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad. El número de Reynolds es:

$$\text{Re} = \frac{V \times \phi_{\text{int}} \times \rho}{\mu} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde:

V , velocidad del Fluido

\varnothing_{int} , diámetro interior de la tubería

ρ , Densidad del Fluido

μ , Viscosidad del Fluido

Para estudios técnicos, el régimen de flujo en tuberías se considera como laminar si el número de Reynolds es menor que 2 000 y turbulento si el número de Reynolds es superior a 4 000. Entre estos dos valores está la zona denominada "crítica" donde el régimen de flujo es impredecible, pudiendo ser laminar, turbulento o de transición, dependiendo de muchas condiciones con posibilidad de variación. La experimentación cuidadosa ha determinado que la zona laminar puede acabar en números de Reynolds tan bajos como 1 200 o extenderse hasta los 40 000, pero estas condiciones no se presentan en la práctica.

2.1.3 Ecuación general de la energía - Teorema de Bernoulli

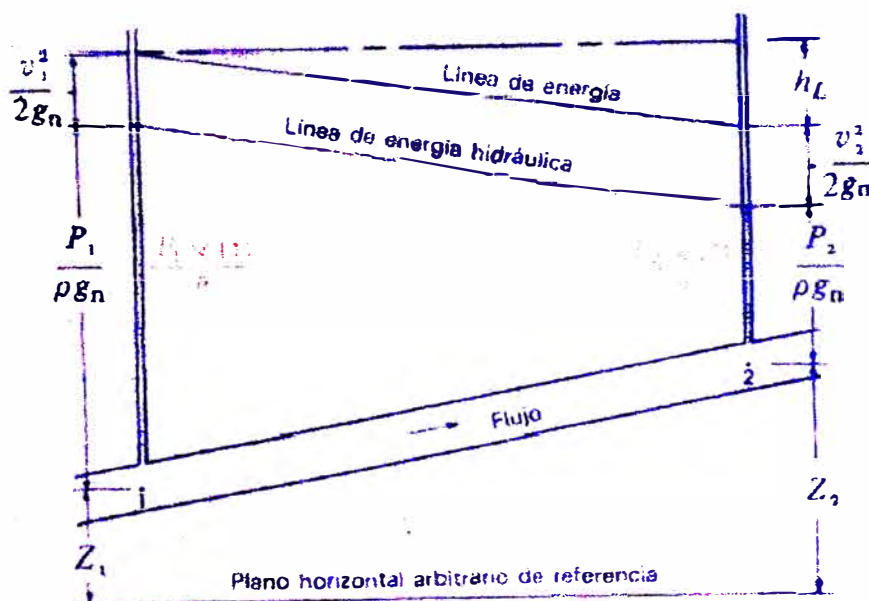


Figura N° 2.4

El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la aplicación de la ley de la conservación de la energía al flujo de fluidos en una tubería. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica, la altura debida a la presión y la altura debida a la velocidad, es decir:

$$Z + \frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = H \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

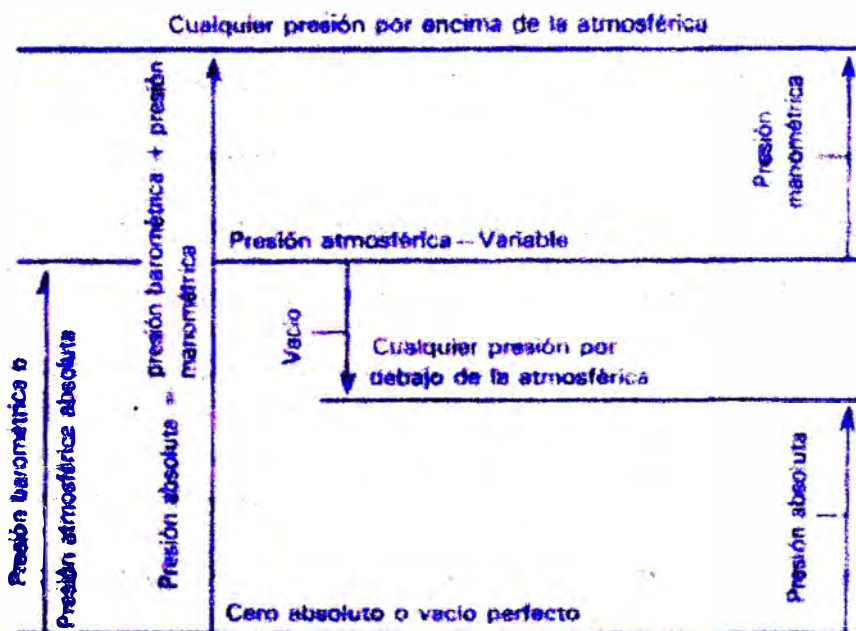
Si las pérdidas por rozamiento se desprecian y no se aporta o se toma ninguna energía del sistema de tuberías (bombas o turbinas), la altura total H en la ecuación anterior permanecerá constante para cualquier punto del fluido. Sin embargo, en la realidad existen pérdidas o incrementos de energía que deben incluirse en la ecuación de Bernoulli. Por lo tanto, el balance de energía puede escribirse para dos puntos del fluido, según se indica en el ejemplo de la figura 2.4.

Nótese que la pérdida por rozamiento en la tubería desde el punto uno al punto dos (h_L) se expresa como la pérdida de altura en metros de fluido (pies de fluido). La ecuación puede escribirse de la siguiente manera:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho_1 g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho_2 g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Todas las fórmulas prácticas para el flujo de fluidos se derivan del teorema de Bernoulli, con modificaciones para tener en cuenta las pérdidas debidas al rozamiento.

2.1.4 Medida de la presión



Relación entre las presiones manométrica y absoluta—

Figura Nº 2.5

En la figura 2.5 se ilustra gráficamente la relación entre las presiones absoluta y manométrica. El vacío perfecto no puede existir en la superficie de la Tierra pero es, sin embargo, un punto de referencia conveniente para la medición de la presión.

Presión barométrica es el nivel de la presión atmosférica por encima del vacío perfecto.

La presión atmosférica normalizada es 1.01325 bar (14.696 libras/pulg²) o 760 mm de mercurio.

La presión manométrica es la presión medida por encima de la atmosférica, mientras que la presión absoluta se refiere siempre al vacío perfecto.

Vacío es la depresión por debajo del nivel atmosférico. La referencia a las condiciones de vacío se hace a menudo expresando la presión absoluta en términos de altura de columna de mercurio o de agua. Las unidades utilizadas normalmente son milímetros de mercurio, micras de mercurio, pulgadas de agua y pulgadas de mercurio.

2.2 CÁLCULO DE PÉRDIDAS

2.2.1 Fórmula de Darcy Ecuación general del flujo de fluidos

El flujo de los fluidos en tuberías está siempre acompañado de rozamiento de las partículas del fluido entre sí y, consecuentemente, por la pérdida de energía disponible; en otras palabras, tiene que existir una pérdida de presión en el sentido del flujo. Si se conectan dos manómetros Bourdon a una tubería por la que pasa un fluido, según se indica en la figura 2.6, el manómetro P_1 indicaría una presión estática mayor que el manómetro P_2 .



Figura Nº 2.6

La ecuación general de la pérdida de presión, conocida como la fórmula de Darcy y que se expresa en metros de fluido, es:

$$h_L = \frac{\rho f L v^2}{2 g D} \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

Esta ecuación también puede escribirse para obtener la pérdida de presión en newtons por m² (pascales) sustituyendo las unidades correspondientes de la manera siguiente

$$\Delta P = \frac{\rho f L v^2}{2 D} \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

ya que : $\Delta P = h_L \rho g$.

La ecuación de Darcy es válida tanto para flujo laminar como turbulento de cualquier líquido en una tubería. Sin embargo, puede suceder que debido a velocidades extremas, la presión corriente abajo disminuya de tal manera que llegue a igualar la presión de vapor del líquido, apareciendo el fenómeno conocido como cavitación y los caudales obtenidos por cálculo serán inexactos. Con las restricciones necesarias la ecuación de Darcy puede utilizarse con gases y vapores (fluidos compresibles).

Con la ecuación 2.5 se obtiene la pérdida de presión debida al rozamiento y se aplica a tubería de diámetro constante por la que pasa un fluido cuya densidad permanece razonablemente constante, a través de una tubería recta, ya sea horizontal, vertical o inclinada. Para tuberías verticales, inclinadas o de diámetro variable, el cambio de presión debido a cambios de elevación, velocidad o densidad del fluido debe hacerse de acuerdo con el teorema de Bernoulli (sub capítulo 2.1.3).

Factor de fricción: La fórmula de Darcy puede deducirse por análisis dimensional con la excepción del factor de fricción, que debe ser determinado experimentalmente. El factor de fricción para condiciones de flujo laminar ($Re < 2(00)$) es función sólo del número de Reynolds; mientras

que para el flujo turbulento ($Re > 4000$) es también función del tipo de pared de la tubería.

La región que se conoce como la "zona crítica" aparece entre los números de Reynolds de 2000 a 4000. En esta región el flujo puede ser tanto laminar como turbulento, dependiendo de varios factores; éstos incluyen cambios de sección, de dirección del flujo y obstrucciones tales como válvulas corriente arriba de la zona considerada. El factor de fricción en esta región es indeterminado y tiene límites más bajos si el flujo es laminar y más altos si el flujo es turbulento.

Para números de Reynolds superiores a 4000, las condiciones de flujo vuelven a ser más estables y pueden establecerse factores de rozamiento definitivos. Esto es importante, ya que permite al ingeniero determinar las características del flujo de cualquier fluido que se mueva por una tubería, suponiendo conocidas la viscosidad y la densidad en las condiciones del flujo. Por esta razón, la ecuación 2.6 se recomienda con preferencia sobre algunas de las ecuaciones empíricas usadas normalmente para el agua, petróleo y otros líquidos, así como para el flujo de fluidos compresibles teniendo en cuenta las restricciones antes citadas.

Si el flujo es laminar ($Re < 2000$), el factor de fricción puede determinarse a partir de la ecuación:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

Si esta ecuación se sustituye en la ecuación 2.6 la pérdida de presión en newtons por m^2 es:

$$\Delta P = 32000 \frac{\mu L v}{d^2} \quad (\text{Ecuación 2.8})$$

que es la ley de Poiseuille para flujo laminar.

Cuando el flujo es turbulento ($Re > 4(00)$) el factor de fricción depende no sólo del número de Reynolds, sino también de la rugosidad relativa de las paredes de la tubería, ϵ/d , es decir, la rugosidad de las paredes de la tubería (ϵ) comparada con el diámetro de la tubería (d). Para tuberías muy lisas, como las de latón extruido o vidrio, el factor de fricción disminuye más rápidamente con el aumento del número de Reynolds, que para tuberías con paredes más rugosas.

Como el tipo de la superficie interna de la tubería comercial es prácticamente independiente del diámetro, la rugosidad de las paredes tiene mayor efecto en el factor de fricción para diámetros pequeños. En consecuencia las tuberías de pequeño diámetro se acercan a la condición de gran rugosidad y en general tienen mayores factores de fricción que tuberías del mismo material pero de mayores diámetros.

La información más útil y universalmente aceptada sobre factores de fricción que se utiliza en la fórmula de Darcy, la presentó L.F. Moody y es la que se reproduce en los gráficos 2.7 y 2.8. El profesor Moody mejoró la información en comparación con los conocidos diagramas de factores de fricción, de Pigott y Kemkr, incorporando investigaciones más recientes y aportaciones de muchos científicos de gran nivel.

El factor de fricción f , se observa en el gráfico 2.8 con base a la rugosidad relativa obtenida del cuadro del gráfico 2.7 y el número de Reynolds. El valor f se determina por la proyección horizontal de la intersección de la curva ϵ/d según el número de Reynolds calculado en la escala vertical a la izquierda del cuadro de la figura 2.7. Como la mayor parte de los cálculos tratan con tuberías de acero comercial o tuberías de hierro forjado, la figura 2.8 facilita la determinación más rápida. Debe tenerse en cuenta que estos valores sólo se aplican cuando las tuberías son nuevas y están limpias.

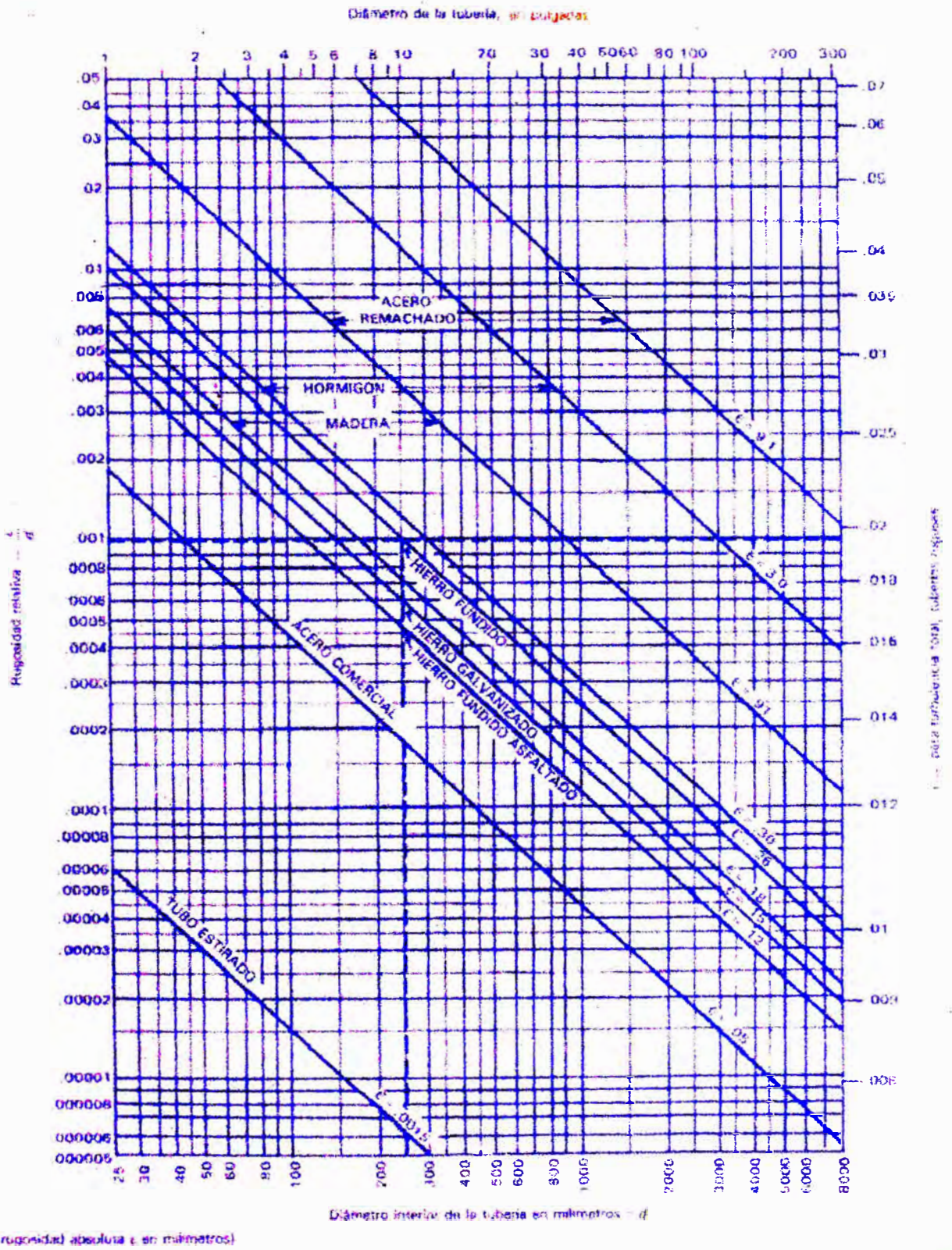


Figura Nº 2.7 Rugosidad relativa de los materiales y factor de fricción para flujo en régimen de turbulencia total

Valores de (f) para agua a 15°C (velocidad en m/s x diámetro en mm)

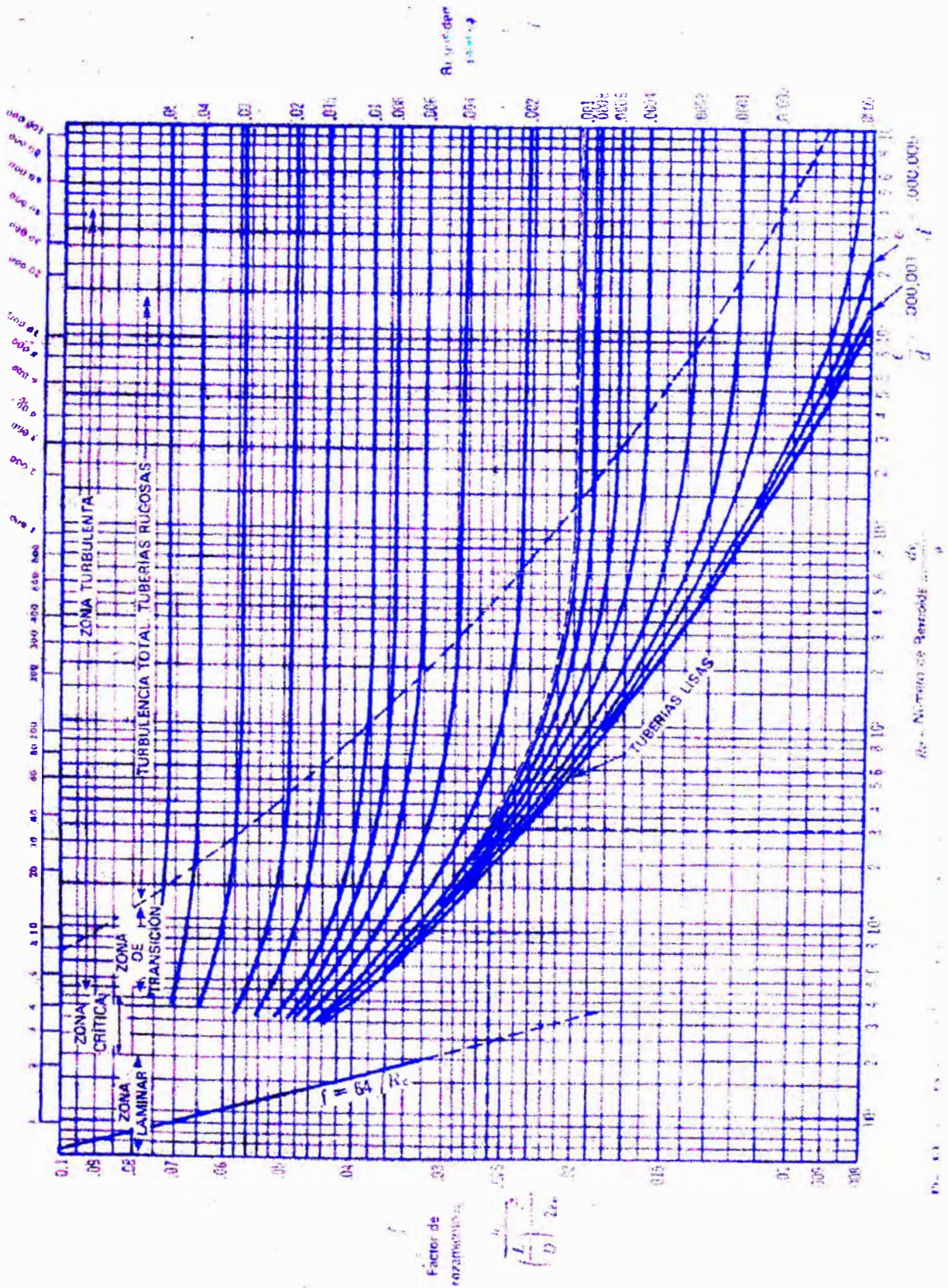


Figura N° 2.8 Factores de fricción para cualquier tipo de tubería comercial

Efecto del tiempo y uso en la fricción de tuberías: Las pérdidas por fricción en tuberías son muy sensibles a los cambios de diámetro y rugosidad de las paredes. Para un caudal determinado y un factor de fricción fijo, la pérdida de presión por metro de tubería varía inversamente a la quinta potencia del diámetro. Por ejemplo, si se reduce en 2% el diámetro, causa un incremento en la pérdida de la presión del 11 %; a su vez, una reducción del 5% produce un incremento del 29%. En muchos de los servicios, el interior de la tubería se va incrustando con cascarilla, tierra y otros materiales extraños; luego, es una práctica prudente dar margen para reducciones del diámetro de paso.

Los técnicos experimentados indican que la rugosidad puede incrementarse con el uso (debido a la corrosión o incrustación) en una proporción determinada por el material de la tubería y la naturaleza del fluido. Ippen, comentando sobre el efecto del paso del tiempo, cita una tubería de 4 pulgadas de acero galvanizado que duplicó su rugosidad e incrementó el factor de fricción en 20% después de 3 años de un uso moderado.

Las fórmulas para hallar las pérdidas tanto primarias como secundarias se describen mas adelante.

2.2.2 Calculo del diámetro medio de la tubería

Un primer paso en la determinación del diseño de la línea de impulsión es la selección del diámetro de la tubería, para esto se utiliza una fórmula empírica conocida como la fórmula de Bresse

$$\phi = 0.5873 \times N^{0.25} \times Q^{0.5} \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

Donde:

D: Diámetro interior aproximado (m).

N: Número de horas de bombeo al día.

Q: Caudal de bombeo (m³/s).

2.2.3 Rugosidad relativa

Es el cociente de la Rugosidad del material (que ha de ser las tuberías) entre el diámetro de la misma.

$$K_r = \frac{K_m}{\phi_{int}} \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

Donde:

K_m, Coeficiente de Rugosidad del Material

2.2.4 Velocidad

Establecido el diámetro de diseño y si este no es comercial se determina la velocidad media del flujo en la tubería escogiendo para esto el diámetro inmediato superior comercial

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times \phi_{int}^2} \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

Donde:

V, Velocidad del Fluido

A, Área por donde pasa el fluido

2.2.5 Número de Reynolds

Gracias al número de Reynolds se demuestra la existencia de dos tipos de flujo viscoso en tuberías, a velocidades bajas, las partículas del fluido siguen

las líneas de corriente (flujo laminar) y a velocidades más elevadas, surgen fluctuaciones en la velocidad del flujo, o remolinos (flujo turbulento).

Se determina que la transición del flujo laminar al turbulento era función de un único parámetro que desde entonces se conoce como número de Reynolds. Si el número de Reynolds es menor a 2.100, el flujo a través de la tubería es siempre laminar; cuando los valores son más elevados suele ser turbulento.

$$\text{Re} = \frac{V \times \phi_{\text{int}} \times \rho}{\mu} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde:

ρ , Densidad del Fluido

μ , Viscosidad del Fluido

2.2.6 Pérdidas de carga en las tuberías

Las pérdidas de carga que se presentan en las líneas de Impulsión se dividen básicamente en dos tipos que se definen a continuación:

a. Perdidas primarias

Son las pérdidas de presión en la tubería por la fricción o también dicho es el producto que la resistencia de la cañería opone al paso del agua. Utilizaremos dos métodos para calcular las pérdidas primarias a fin de corroborar nuestro resultado.

✓ Darcy – Weisbach

$$\Delta h = \frac{f \times L \times V^2}{2g \times \phi_{\text{int}}} \quad (\text{Ecuación 2.12})$$

Donde:

f, Coeficiente de fricción

L, Longitud de la tubería

g, gravedad

✓ **Hazen – Williams**

$$S = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times \phi_{int}^{2.63}} \right)^{1.85} \quad (\text{Ecuación 2.13})$$

$$\Delta h = S \times L \quad (\text{Ecuación 2.14})$$

Donde:

C, coeficiente de pérdidas adimensional

S, coeficiente Hazen – Williams

Estos dos criterios están relacionados a la velocidad del flujo y a la capacidad de carga que la tubería puede soportar incluyendo la sobrepresión que resulta de un fenómeno denominado golpe de ariete el cual esta condicionado al tiempo de cierre de las válvulas de control de flujo a la salida de la bomba por corte súbito de la energía.

Lo anterior nos sirve como un instrumento de decisión para descartar o confirmar que el diámetro determinado para el caudal de bombeo sea el adecuado según los criterios de diseño para las condiciones de trabajo óptimas en la tubería evitando que se originen pérdidas de carga superiores a las que se requerirían para la conducción del flujo.

b. Pérdidas secundarias

Son pérdidas de carga denominadas locales producto del paso de flujo a través de los accesorios instalados en la línea y/o al cambio de dirección y/o sección en sus tramos. Para los cuales se aplicará la siguiente expresión:

$$\Delta h = \frac{K \times V^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 2.15})$$

El factor K difiere de acuerdo a los accesorios en cuestión. A continuación se muestra algunos casos:

✓ **Pérdidas por estrechamiento brusco y gradual**

$$K = \frac{0.5 \left(1 - \frac{\phi_1^2}{\phi_2^2} \right) \sqrt{\text{sen} \frac{\theta}{2}}}{\frac{\phi_1^4}{\phi_2^4}} \quad (\text{Ecuación 2.16})$$

Donde:

ϕ_1 , Diámetro menor de la tubería

ϕ_2 , Diámetro mayor de la tubería

θ , Angulo de estrechamiento

✓ **Pérdidas por ensanchamiento brusco y gradual**

$$K = \frac{2.6 \left(\text{sen} \frac{\theta}{2} \right) \left(1 - \frac{\phi_1^2}{\phi_2^2} \right)^2}{\frac{\phi_1^4}{\phi_2^4}} \quad (\text{Ecuación 2.17})$$

Donde:

ϕ_1 , Diámetro menor de la tubería

$\varnothing 2$, Diámetro mayor de la tubería

θ , Angulo de estrechamiento

✓ **Pérdida por válvula compuerta**

$$K = 8 \times f \quad (\text{Ecuación 2.18})$$

Donde:

f , Coeficiente de Fricción de la tubería.

✓ **Pérdida por codo 45°**

$$K = 16 \times f \quad (\text{Ecuación 2.19})$$

Donde:

f , Coeficiente de Fricción de la tubería.

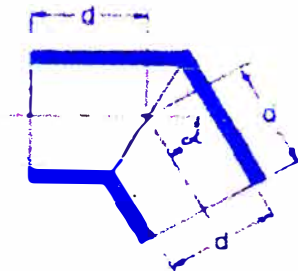
✓ **Pérdida por codo 90°**

$$K = 30 \times f \quad (\text{Ecuación 2.20})$$

Donde:

f , Coeficiente de Fricción de la tubería.

✓ **Pérdida por curvas en escuadra o falsa escuadra**



α	K
0 °	2 f_T
15 °	4 f_T
30 °	8 f_T
45 °	15 f_T
60 °	25 f_T
75 °	40 f_T
90 °	60 f_T

(Ecuación 2.21)

Donde:

f_T , Coeficiente de Fricción de la tubería.

✓ **Pérdida por válvula check**

$$K = 50 \times f \quad (\text{Ecuación 2.22})$$

Donde:

f , Coeficiente de Fricción de la tubería.

✓ **Pérdida por conexión estándar "T"**

$$K = 60 \times f \quad (\text{Ecuación 2.23})$$

Donde:

f , Coeficiente de Fricción de la tubería

2.2.7 Potencia

a. Potencia de impulsión

Establecidas las pérdidas se procede a calcular la potencia necesaria para impulsar la columna de agua desde el pozo al reservorio. Para esto es necesario conocer ciertos parámetros como:

- Caudal de bombeo (Q).- Es aquel caudal requerido para abastecer al reservorio y que es producido por el pozo con un cierto descenso en el nivel de agua respecto del nivel estático cuando se realiza la extracción del acuífero. A este nivel de descenso se le denomina nivel dinámico y se obtiene de las pruebas de bombeo que se realiza al pozo antes de la puesta en operación.
- Altura dinámica total (HDT).- Representado por la diferencia del nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada (nivel máximo de descarga al reservorio) y el nivel dinámico del pozo incluido las pérdidas de carga totales (fricción y locales) desarrolladas durante la succión y descarga. También se obtiene por la sumatoria de la altura de impulsión más altura de succión.
- Altura de impulsión.- Se obtiene por la diferencia de niveles entre la llegada de las aguas en el reservorio y el eje de la bomba más las pérdidas de carga (fricción y locales) de dicho tramo.
- Altura de succión.- Se obtiene por la diferencia de niveles entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente (nivel dinámico del pozo) más las pérdidas de carga del tramo (fricción y locales). La

altura de succión esta condicionada por el valor de la presión barométrica en el lugar de instalación del equipo y de la presión que se origina en la entrada del impulsor el cual debe ser mayor a la presión de evaporación del agua para que no se produzca el fenómeno de cavitación, que causa en los alabes del impulsor impactos que pueden provocar su destrucción en las zonas donde ello ocurre.

Las pérdidas de carga por fricción y locales son fundamentales en la determinación de la altura dinámica total para la obtención de la potencia que se empleará en el equipo de bombeo.

b. Potencia de consumo

La Energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento es conocida como Potencia de Consumo (P_c) y es calculada por la expresión:

$$P_c (HP) = \frac{Q \times HDT}{75 \times \eta_{Bomba}} \quad (\text{Ecuación 2.24})$$

Donde:

HDT: Altura dinámica total (m).

Q: Caudal de Bombeo (l/s).

η_{Bomba} : Eficiencia de la bomba (%).

c. Potencia instalada

El motor que se acopla a la bomba para su funcionamiento necesita una energía denominada potencia Instalada (P_i) y es calculada por la expresión:

$$P_i (HP) = \frac{Q \times HDT}{75 \times \eta_c} \quad (\text{Ecuación 2.25})$$

Donde:

η_c : Eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor (%).

$$\eta_c = \eta_{Bomba} \times \eta_{Motor} \quad (\text{Ecuación 2.26})$$

Eficiencia de la bomba obtenida por la transformación de la energía mecánica de rotación en energía potencial de fluido y la eficiencia del motor obtenida de la transformación de la energía eléctrica en energía mecánica de rotación componen la eficiencia del sistema de conjunto que describe el grado de aprovechamiento energético que tiene un sistema al suministrarle una energía determinada, y como este llega a convertirla en energía útil ganada por el fluido.

2.3 BOMBAS CENTRÍFUGAS

Un equipo de bombeo es un transformador de energía. Recibe energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc., y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad. Así tendremos bombas que se utilizan para cambiar la posición de un cierto fluido. Un ejemplo lo constituye una bomba de pozo profundo, que adiciona energía para que el agua del subsuelo salga a la superficie.

2.3.1 Clasificación

Siendo tan variado los tipos de bombas que existen, es muy conveniente hacer una adecuada clasificación. La clasificación de bombas según el “Hydraulic Institute”, es la siguiente:

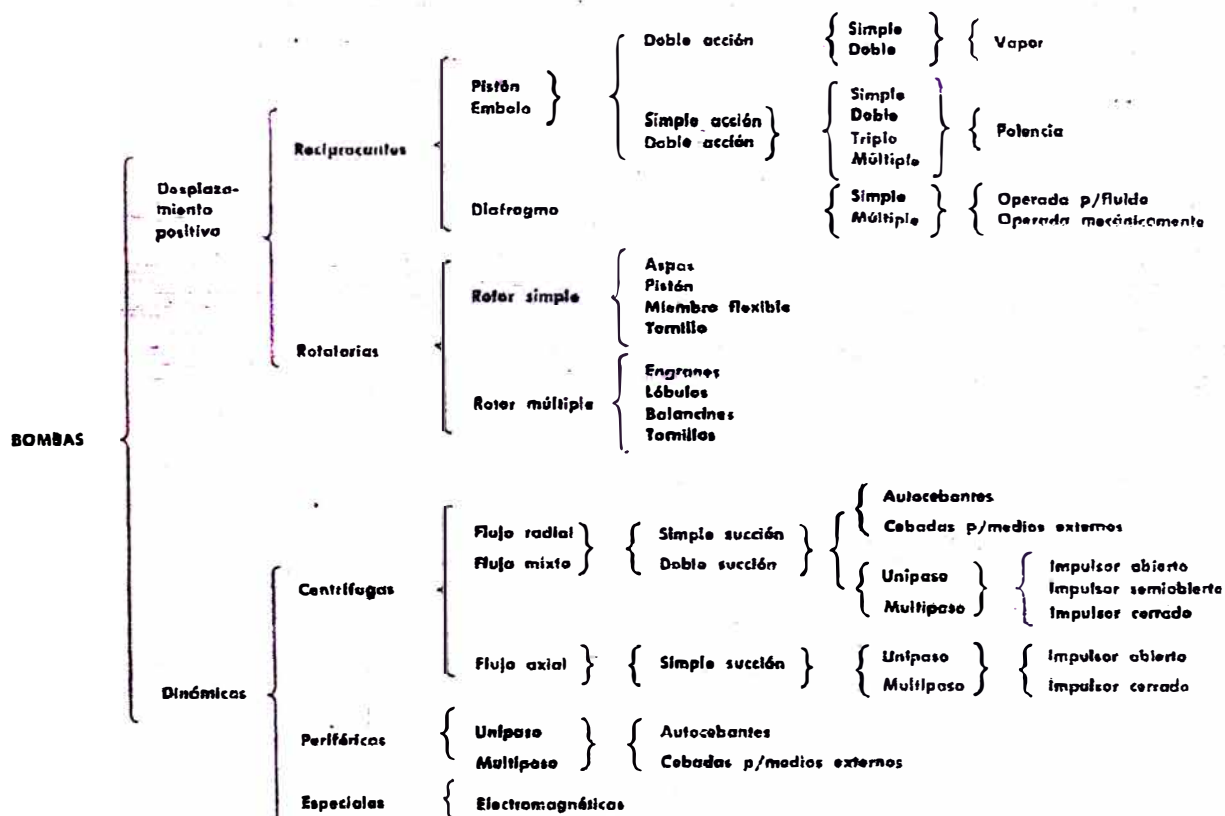


Figura Nº 2.9

La clasificación de bombas centrífugas según el código API, décima edición, es como sigue:

Pump type			Orientation		Type code
Centrifugal pumps	Overhung	Flexibly coupled	Horizontal	Foot-mounted	OH1
				Centreline-supported	OH2
			Vertical in-line with bearing bracket	OH3	
		Rigidly coupled	Vertical in-line	OH4	
		Close-coupled	Vertical in-line	OH5	
			High-speed integrally geared	OH6	
	Between-bearings	1- and 2-stage	Axially split	BS1	
			Radially split	BS2	
		Multistage	Axially split	BS3	
			Radially split	Single casing	BS4
				Double casing	BS5
	Vertically suspended	Single casing	Discharge through column	Diffuser	VS1
				Volute	VS2
			Axial flow	VS3	
		Separate discharge	Line shaft	VS4	
			Cant lever	VS5	
		Double casing	Diffuser	VS6	
Volute			VS7		
NOTE Illustrations of the various types of pump are provided in 4.2					

Figura N° 2.10

2.3.2 Definiciones y Nomenclaturas

Definiciones de las partes constitutivas de una bomba

Las partes constitutivas de una bomba centrífuga dependen de su construcción y tipo

a. Carcaza

La función de la carcaza en una bomba centrífuga es convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión. Esto se lleva a cabo mediante reducción de la velocidad por un aumento gradual del área.

Tipos:

- Según la manera de efectuar la conversión de energía

Voluta

Simple

Doble

Difusor.

- Según su construcción

De una pieza

Partida

Por un plano horizontal

Por un plano vertical

Por un plano inclinado

- Según sus características de succión

Simple

Doble

Succión por un extremo

Lateral

Superior

Inferior.

- Según el número de pasos

De un paso

De varios pasos

La carcasa tipo voluta, es llamada así por su forma de espiral. Su área es incrementada a lo largo de los 360° que rodean al impulsor hasta llegar a la garganta de la carcasa donde conecta con la descarga (Figura N° 2.10)

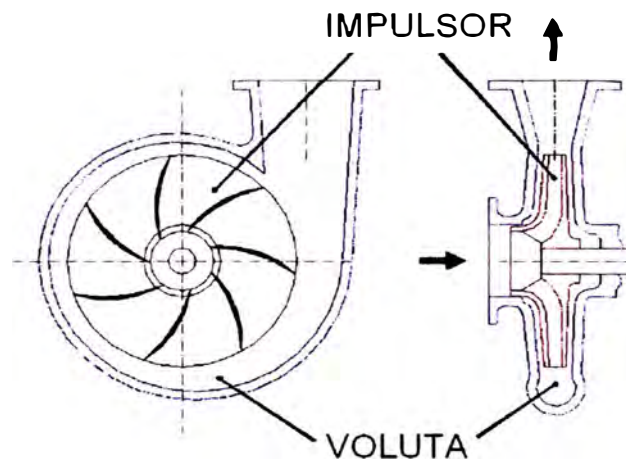


Figura N° 2.10 Carcasa tipo voluta

Debido a que la voluta no es simétrica, existe un desbalance de presiones, lo cual origina una fuerza radial muy apreciable sobre todo si la bomba se trabaja con gastos alejados y menores al gasto del punto de máxima eficiencia.

La magnitud de este empuje radial es una función de la carga, diámetro del impulsor, ancho del mismo y diseño de la misma carcasa. Cuando se quiere eliminar el problema del empuje radial que se produce en una bomba de simple voluta, se usa bomba de doble voluta en la cual cada voluta toma la mitad del gasto y cada una de ellas tiene su garganta colocada 180° distante.

Esta variante se usa solamente en bombas grandes.

Materiales de la carcaza. La mayoría de las carcazas de bombas centrífugas están hechas de hierro fundido. Sin embargo, tiene limitaciones debido a su baja resistencia a la tensión, por lo cual no se puede usar ni para altas presiones ni altas temperaturas "en donde deberán usarse materiales como acero, el cual con menores espesores podrá soportar presiones mayores.

Raras veces se usan carcazas de hierro para presiones mayores de 1,000 lb/plg² y temperaturas superiores a 350°F.

El hierro es, además, difícil de soldar, cosa que no sucede con el acero. Otro material usado en carcazas de bombas centrífugas es el bronce, donde no se quiere tener contaminación en el agua o se tengan sustancias ligeramente ácidas.

También se usa acero inoxidable en sus diferentes tipos, si el líquido es altamente corrosivo o erosivo.

Para agua potable los materiales más comunes de la carcaza son hierro y algunas veces bronce. La fundición de hierro es más fácil que la de bronce y mucho más fácil que las de acero y acero inoxidable.

Para el maquinado de carcazas se necesitan talleres dotados de tomos, mandriladoras, taladros, etc., y se deben sujetar a una inspección rigurosa para un buen ajuste en el ensamble con las demás partes constitutivas de la bomba que se verán a continuación.

b. Impulsor

El impulsor es el corazón de la bomba centrífuga. Recibe el líquido y le imparte una velocidad de la cual depende la carga producida por la bomba.

Los impulsores se clasifican según:

Tipo de succión

Simple succión

Doble succión

Formas de las aspas

Aspas curvas radiales

Aspas tipo Francis

Aspas para flujo mixto

Aspas tipo propela

Dirección de flujo

Radial

Mixto

Axial

Construcción mecánica

Abierto

Semiabierto

Cerrado

Velocidad específica

Baja

Media

Alta

En un impulsor de simple succión el líquido entra por un sólo extremo, en tanto que el de doble succión podría considerarse como uno formado por dos de simple succión colocados espalda con espalda.

El de doble succión tiene entrada por ambos extremos y una salida común. El impulsor de simple succión es más práctico y usado, debido a razones de manufactura y a que simplifica considerablemente la forma de la carcasa. Sin embargo, para grandes gastos, es preferible usar un impulsor de doble succión, ya que para la misma carga maneja el doble de gasto.

Tiene además la ventaja de que debido a la succión por lados opuestos no se produce empuje axial; sin embargo, complica bastante la forma de la carcasa.

Los impulsores de aspas de simple curvatura son de flujo radial y están sobre un plano perpendicular. Generalmente son impulsores para gastos pequeños y cargas altas, por lo cual son impulsores de baja velocidad específica. Manejan líquidos limpios sin sólidos en suspensión.

En un impulsor tipo Francis, las aspas tienen doble curvatura. Son más anchas y el flujo tiende a ser ya radial, ya axial. La velocidad específica va

aumentando y la curva de variación del gasto con la carga se hace más plana.

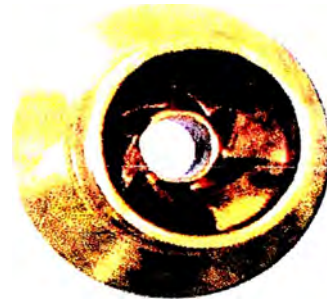
Una degeneración de este tipo lo constituye el clásico impulsor de flujo mixto, es decir, radial-axial, en el cual empieza ya a predominar el flujo mixto. Se pueden manejar líquidos con sólidos en suspensión.

Por último, tenemos los impulsores tipos propela, de flujo completamente axial para gastos altísimos y cargas reducidas, que vienen a ser los de máxima velocidad específica. Tienen pocas aspas y pueden manejar líquidos con sólidos en suspensión de tamaño relativamente grande.

Son especialmente adecuados para bombas de drenaje en ciudades. Otro tipo de aspas es el de los impulsores centrífugos inatascables.

Por su construcción mecánica se ve que pueden ser completamente abiertos, semiabiertos o cerrados.

Un impulsor abierto es aquél en el cual las aspas están unidas al mamelón central sin ningún plato en los extremos. Si estos impulsores son grandes en diámetro, resultan muy débiles, por lo cual, aun cuando en realidad son semiabiertos, lo que se conoce como impulsores abiertos, llevan un plato en la parte posterior que les da resistencia.

**IMPULSOR SEMI-ABIERTO****IMPULSOR CERRADO****Figura N° 2.11**

Estos impulsores abiertos tienen la ventaja de que pueden manejar líquidos ligeramente sucios ya que la inspección visual es mucho más simple y posible. Tienen la desventaja de tener que trabajar con claros muy reducidos.

Los impulsores cerrados pueden trabajar con claros mayores entre ellos y la carcasa, ya que en realidad el líquido va canalizando entre las tapas integrales con las aspas que cubren ambos lados del impulsor.

Por esta razón no se presentan fugas ni recirculación. Son los impulsores más usados en aplicaciones generales de las bombas centrífugas de simple y doble succión así como en las bombas de varios pasos.

c. Anillos de desgaste

La función del anillo de desgaste es el tener un elemento fácil y barato de remover en aquellas partes en donde, debido a las cerradas holguras que se

producen entre el impulsor que gira y la carcasa fija, la presencia del desgaste es casi segura. En esta forma, en lugar de tener que cambiar todo el impulsor o toda la carcasa, solamente se quitan los anillos, los cuales pueden estar montados a presión en la carcasa o en el impulsor, o en ambos.

Existen diversos tipos de anillos y deberá escogerse el más adecuado para cada condición de trabajo y de líquido manejado. Estos incluyen: a) anillos planos; b) anillos en forma de L, y e) anillos de laberinto, de los cuales se pueden ver interesantes ilustraciones en la figura 2.12.

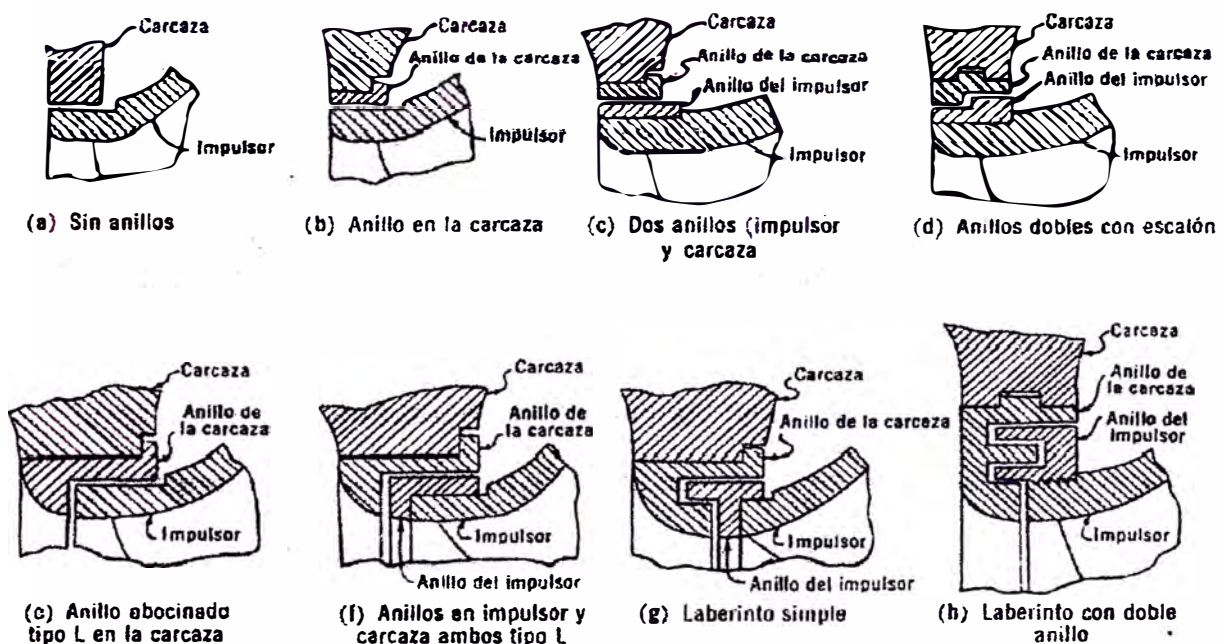


Figura 2.12 Diferentes tipos de anillos de desgaste

Deberá cuidarse el claro que existe entre los anillos, puesto que si es excesivo resultará en una recirculación considerable, y si es reducido, éstos

pueden pegarse, sobre todo si los materiales tienen tendencia a adherirse entre sí, como en el caso de los aceros inoxidable.

Generalmente en las bombas centrífugas estándar se usa bronce y en el caso de aceros inoxidable éstos deberán tener una diferencia mínima de dureza, de 50 Brinell.

d. Estopeños, empaques y sellos

La función de éstos es evitar el flujo hacia afuera, del líquido bombeado a través del orificio por donde pasa la flecha de la bomba, y el flujo de aire hacia el interior de la bomba.

El estopero es una cavidad concéntrica con la flecha donde van colocados los empaques; de éstos existen diversos tipos.

Prácticamente en todos los estoperos se tendrá que ejercer una presión para contrarrestar o equilibrar la que ya existe en el interior de la bomba. Por esta razón, los empaques deben comportarse plásticamente para ajustar debidamente y ser lo suficientemente consistentes para resistir la presión a que serán sometidos durante el funcionamiento de la bomba.

Los materiales usados como empaques en las bombas centrífugas pueden ser diversos, pero los más usados son:

1. Empaque de asbesto. Este es comparativamente suave y aconsejable para agua fría y agua a temperatura no muy elevada. Es el más comúnmente usado en forma de anillos cuadrados de asbesto grafitado.
2. Para presiones y temperaturas más altas pueden usarse anillos de empaque de una mezcla de fibras de asbesto y plomo o bien plásticos, con el mismo plomo, cobre o aluminio. Sin embargo, estos empaques se usan para otros líquidos diferentes del agua en procesos industriales químicos o de refinación.
3. Para sustancias químicas se utilizan empaques de fibras sintéticas, como el teflón, que dan excelentes resultados.

e. Flechas

La flecha de una bomba centrífuga es el eje de todos los elementos que giran en ella, transmitiendo además el movimiento que le imparte la flecha del motor.

En el caso de una bomba centrífuga horizontal, la flecha es una sola pieza o lo largo de toda la bomba. En el caso de bombas de pozo profundo, existe una flecha de impulsores y después una serie de flechas de transmisión unidas por un cople, que completan la longitud necesaria desde el cuerpo de tazones hasta el cabezal de descarga.

Las flechas generalmente son de acero, modificándose únicamente el contenido de carbono, según la resistencia que se necesite. En el caso de

bombas de pozo profundo, las flechas de impulsores son de acero inoxidable con 13% de cromo, en tanto que las flechas de transmisión son de acero con 0.38 a 0.45 de carbono, rolado en frío y rectificado.

La determinación del diámetro de las flechas en centrífugas horizontales se hace tomando en cuenta la potencia máxima que va a transmitir la bomba, el peso de los elementos giratorios y el empuje radial que se produce en las bombas de voluta, que llega a ser una fuerza de magnitud apreciable.

Puesto que la velocidad crítica de una flecha está relacionada con su diámetro, deberán calcularse dichas velocidades críticas para que con el diámetro seleccionado, la flecha trabaje en zonas alejadas de la crítica.

Como es sabido, en la zona de velocidad crítica existen muchas vibraciones y cualquier desviación de la flecha las incrementa.

f. Cojinetes

El objeto de los cojinetes es soportar la flecha de todo el rotor en un alineamiento correcto en relación con las partes estacionarias. Por medio de un correcto diseño soportan las cargas radiales y axiales existentes en la bomba.

Los soportes pueden ser en forma de bujes de material suave, con aceite a presión que centra la flecha o bien los rodamientos comunes y corrientes, que pueden ser de bolas en sus variantes de una hilera, dos hileras, autoalineables, etc., o bien pueden ser del tipo de rodillos.

Para cargas axiales el rodamiento deberá tener un hombro sobre el cual carguen las bolas. La carga axial es mayor en las bombas de pozo profundo que en las centrífugas horizontales y en éstas, es mayor en las bombas de simple succión que en las de doble.

g. Bases

Entre los elementos de soporte en una unidad existen:

- a) Soporte de baleros;
- b) Soporte de toda la bomba;
- e) Soporte del grupo bomba-motor.

Los soportes de los rodamientos son los alojamientos donde los rodamientos entran con un ajuste especial quedando en una posición definida, perfectamente concéntrica con el eje de la flecha. Además de alojar los rodamientos, tienen la función de contener el lubricante necesario para la operación correcta de los mismos. Con rodamientos axiales el alojamiento tiene también la función de localizar el rodamiento en su posición axial adecuada.

El alojamiento de los rodamientos puede ser una pieza integral con el soporte del extremo líquido o bien una pieza completamente separada.

En el primer caso, el maquinado asegura un alineamiento correcto de todas las partes, evitando roces de las partes giratorias. En el caso en que los alojamientos sean partes separadas, es necesario ajustarlas por medio de tornillos para centrarlas exactamente.

En todos los casos, la carga radial es transmitida por el soporte hacia la base de la bomba, que sostiene el peso de toda ella.

Por varias razones siempre es aconsejable que la bomba y el motor estén montados en una base común, donde al mismo tiempo se puedan montar y desmontar fácilmente.

2.3.3 Consideraciones hidráulicas

a. Altura dinámica de la bomba

Es la energía neta transmitida al fluido por unidad de peso a su paso por la bomba centrífuga. Se representa como la altura de una columna de líquido a elevar. Se expresa normalmente en metros del líquido bombeado.

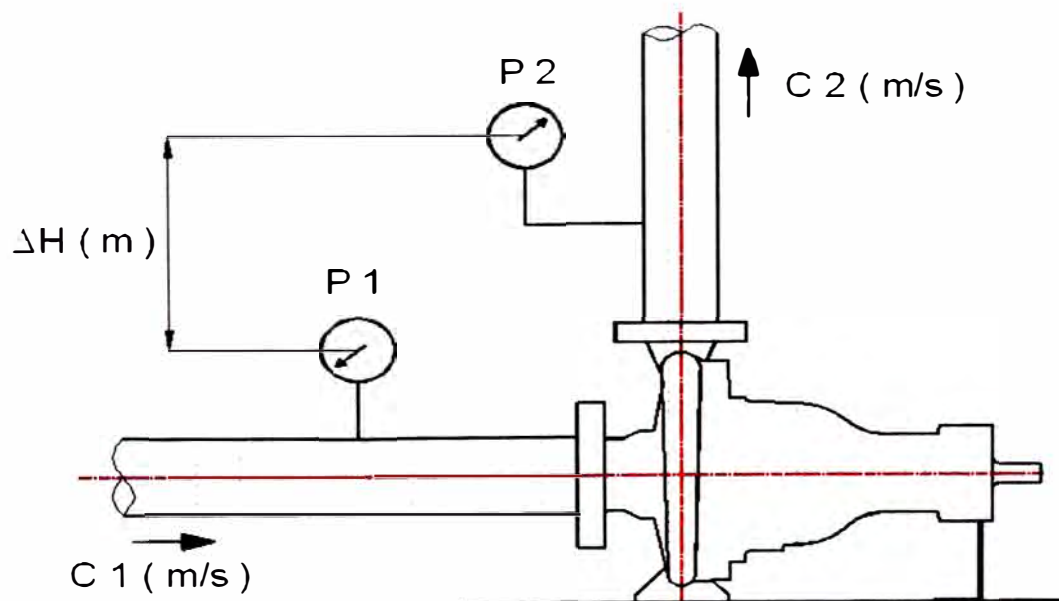


Figura N° 2.13

Para el cálculo de la altura dinámica de la bomba, se aplicará la ecuación de la energía, entre dos puntos del recorrido del fluido.

Según la ecuación 2.4:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{C_1^2}{2g} + H_{bomba} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{C_2^2}{2g}$$

Entonces:

$$H_{bomba} = (Z_2 - Z_1) + \frac{(P_2 - P_1)}{\rho g} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 2.27})$$

b. Cavitación

La cavitación ocurre cuando la presión absoluta dentro de un impulsor cae por abajo de la presión de vapor del líquido y se forman burbujas de vapor. Éstas se contraen más adelante en los alabes del impulsor cuando llegan a una región de presión más alta. La (NPSH), mínima para una capacidad y velocidad dada de la bomba se define como la diferencia entre la carga absoluta de succión y la presión de vapor del líquido bombeado a la temperatura de bombeo y que es necesaria para evitarla cavitación.

La cavitación de la bomba se nota cuando hay una o más de las siguientes señales: ruido, vibración, caída en las curvas de capacidad de carga y eficiencia y, con el paso del tiempo, por los daños en el impulsor por picadura y erosión.

c. NPSH

El empleo de los términos “altura de aspiración permisible” o “carga de succión requerida”, tiene serios inconvenientes. Sólo se pueden aplicar para agua, porque indican la energía de la presión barométrica expresada en ft de agua. Los cambios en la presión barométrica, sean por la diferencia en

altitud o por el clima, modifican los valores de estos términos. Los cambios en la temperatura de bombeo también influyen porque alteran la presión de vapor del líquido.

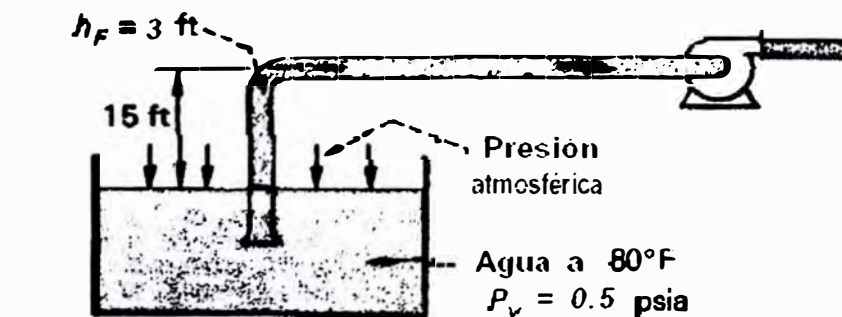
Por esta razón, todas las referencias a las condiciones de succión se hacen con la carga neta positiva de succión NPSH, por arriba de la presión de vapor del líquido. La carga de succión y la presión de vapor se deben expresar en ft del líquido que se maneja y ambas en unidades de presión manométrica o absoluta.

Una bomba que maneje agua a 62°F (presión de vapor de 0.6 ft) al nivel del mar con una altura total de aspiración de 0 ft tiene una NPSH de $33.9 - 0.6 = 33$ ft, mientras que una que funcione con una altura total de aspiración de 15 ft, tiene una NPSH de $33.9 - 0.6 - 15$ o sea 18.3 ft.

Una bomba que funcione con altura de aspiración manejará cierta capacidad máxima de agua fría sin que haya cavitación. La (NPSH), o cantidad de energía disponible en la boquilla de succión es la presión atmosférica menos la suma de la altura de aspiración y la presión de vapor del agua. Para manejar la misma capacidad con otro líquido, se debe tener disponible la misma cantidad de energía en la boquilla de succión. Por tanto, para un líquido en ebullición o sea una presión equivalente a la presión de vapor correspondiente a su temperatura, esta energía debe ser siempre carga positiva. Si el líquido está a menos de su punto de ebullición, se reduce la carga de succión requerida en razón de la diferencia entre la presión que hay en el líquido y la presión de vapor correspondiente a la temperatura.

Es necesario distinguir entre la carga neta positiva de succión disponible (NPSH)_D y la requerida, (NPSH)_R). La primera, que es una característica del sistema en que se emplea la bomba centrífuga, representa la diferencia entre la carga absoluta de succión existente y la presión de vapor a la temperatura prevaleciente. La (NPSH)_R, que es función del diseño de la bomba, representa el margen mínimo requerido entre la carga de succión y la presión de vapor.

La forma en que se debe calcular la (NPSH)_D a una capacidad dada para 1) una instalación típica con altura de aspiración; 2) una bomba que tiene la succión en un tanque, y 3) una bomba que maneja líquido en su punto de ebullición, se demuestra en las figuras 2.14, 2.15 y 2.16.



$$(NPSH)_A = \frac{2.31 (P_s - P_v)}{30.48} + Z - h_f$$

P_s = presión sobre la superficie del líquido. psia

P_v = presión de vapor del líquido. psia

Z = carga estática. ft

h_f = pérdidas por fricción. ft

- A nivel del mar:

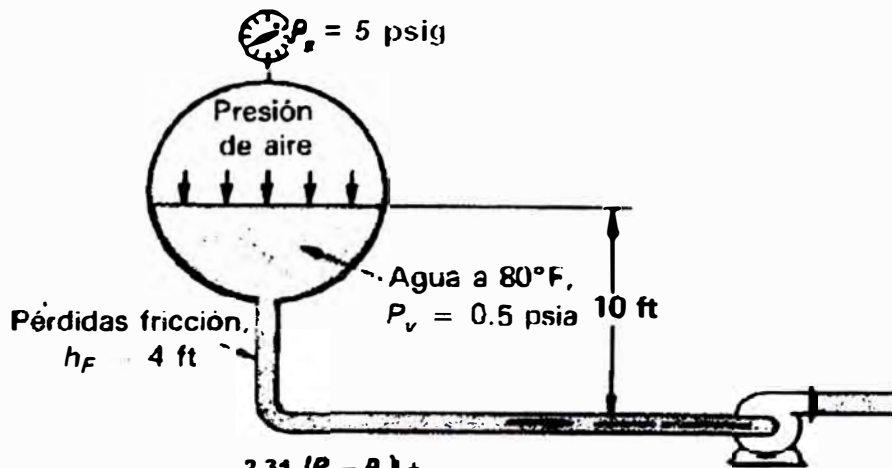
$$(NPSH)_A = \frac{2.31 (14.7 - 0.5)}{1.0} - 15 - 3 = 14.8 \text{ ft}$$

- A 5 000 ft sobre el nivel del mar

$$(NPSH)_A = \frac{2.31 (12.2 - 0.5)}{1.0} - 15 - 3 = 9.0 \text{ ft}$$

a. Altura de aspiración

Figura N° 2.14



$$(NPSH)_A = \frac{2.31 (P_s - P_v)}{\text{sp. gr.}} + Z - h_f$$

P_s = presión sobre la superficie del líquido, psia

P_v = presión de vapor del líquido, psia

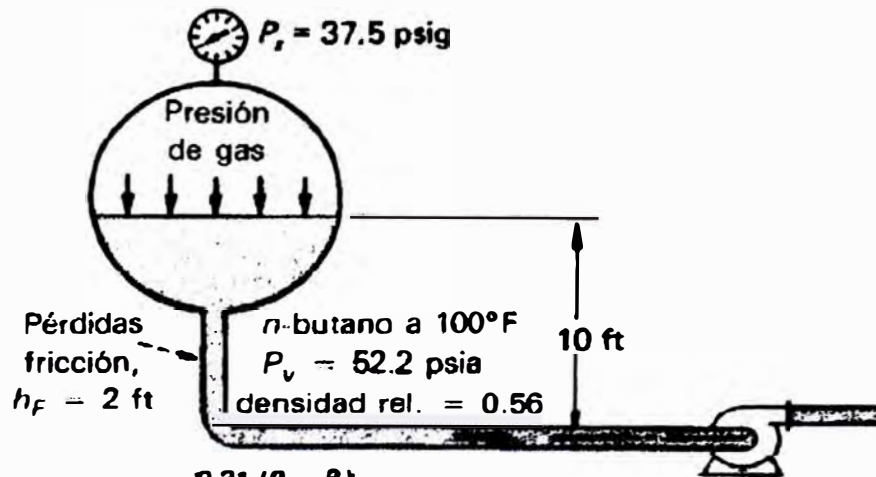
Z = carga estática, ft

h_f = pérdidas por fricción, ft

$$(NPSH)_A = \frac{2.31 (14.7 + 5 - 0.5)}{1.0} + 10 - 4 = 50.3 \text{ ft}$$

b. Succión en un tanque a presión

Figura N° 2.15



$$(NPSH)_A = \frac{2.31 (P_s - P_v)}{\text{sp. gr.}} + Z - h_f$$

P_s = presión sobre la superficie del líquido, psia

P_v = presión de vapor del líquido, psia

Z = carga estática, ft

h_f = pérdidas por fricción, ft

$$(NPSH)_A = \frac{(37.5 + 14.7 - 52.2)}{0.56} + 10 - 2 = 8.0 \text{ ft}$$

c. Succión con líquido a su punto de ebullición

Figura N° 2.16

En general la formula para hallar el NPSH disponible es como sigue:

$$NPSH_d = \frac{P_a - P_v}{S} + H_{succ} - H_f \quad (\text{Ecuación 2.28})$$

en donde:

- P_a : Presión atmosférica (m)
 P_v : Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo
 S : gravedad específica del líquido bombeado
 H_{succ} : Altura de succión (+ ó -) (m)
 H_f : Pérdidas por fricción en la tubería de succión (m)

P_v , para el agua se tiene:

Temperatura °C	P_v (m)
0	0.062
10	0.125
20	0.238
30	0.432
40	0.752
50	1.258
60	2.031
70	3.177
80	4.829
90	7.149
100	10.332

Tabla N° 2.1

Algunos valores de la presión atmosférica:

Altitud Msnm	P_a (m H ₂ O)
0	10.33
500	9.73
1000	9.13
1500	8.53
2000	8.00
2500	7.57
3000	7.05
3500	6.62
4000	6.20
4500	5.78
5000	5.37

Tabla N° 2.2

d. Curvas de una bomba centrífuga

La altura (H), la eficiencia (η), el NPSH requerido (NPSHr) y la potencia absorbida (P) están en función del caudal (Q).

Estas curvas se obtienen ensayando la bomba en el pozo de pruebas.

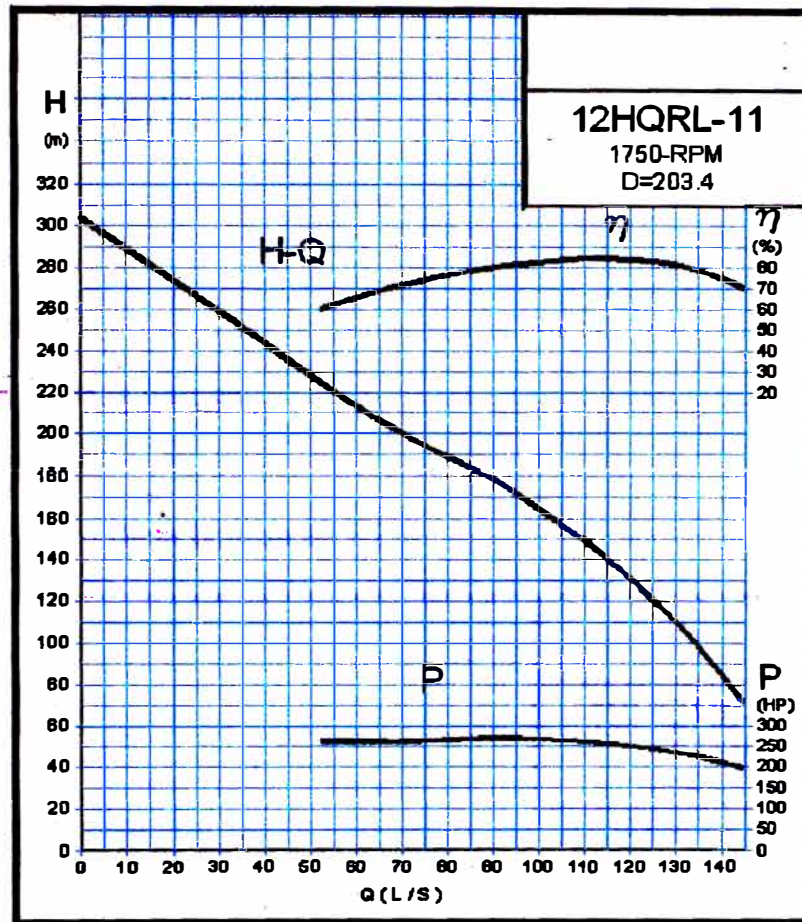


Figura Nº 2.17

e. Leyes de afinidad

Son relaciones que permiten predecir el rendimiento de una bomba a distintas velocidades.

Cuando cambia la velocidad:

- El caudal varía directamente con la velocidad
- La altura varía en razón directa al cuadrado de la velocidad
- La potencia absorbida varía en razón directa al cubo de la velocidad

Así:

$$Q_2 = Q_1 * (n_2 / n_1)$$

$$H_2 = H_1 * (n_2 / n_1)^2$$

$$P_2 = P_1 * (n_2 / n_1)^3$$

En donde:

Q = Caudal

H = Altura de la bomba

P = Potencia

n = velocidad de la bomba en RPM

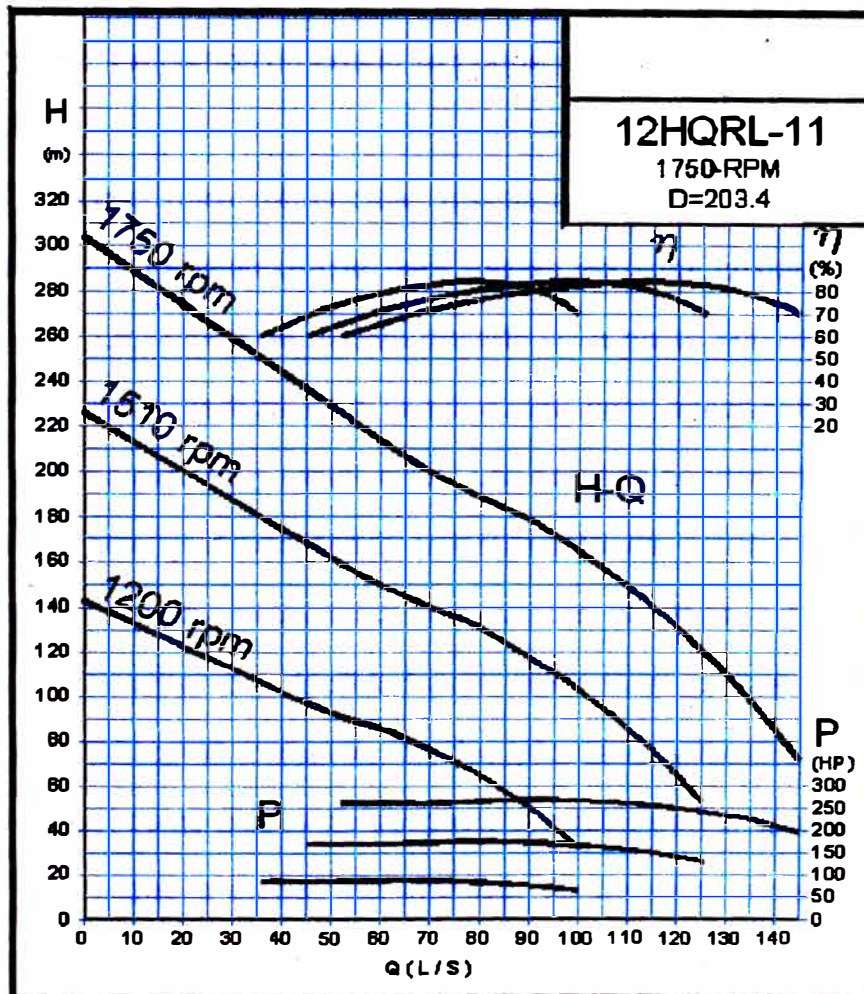


Figura N° 2.18

2.4 BOMBAS PARA SERVICIO CON PASTA AGUADA

Las bombas centrífugas o de desplazamiento positivo pueden manejar una mezcla de sólidos y líquidos en lo que se llama a veces flujo en dos fases o bombeo de pasta aguada. Las bombas centrífugas, que son las más comunes cuando se requiere una baja carga, sólo suelen estar disponibles en el tipo de una etapa. Si se ponen dos o más en serie, se puede tener una mayor carga de bombeo. Las carcasas e impulsores pueden tener revestimiento de caucho (hule) natural o sintético o estar hechos con metales duros, como hierro de aleación, aleaciones con 28% de cromo, con Nihard, etc. En ciertos procesos se puede necesitar acero inoxidable.

Las bombas para productos químicos, hechas con los materiales adecuados, se suelen utilizar para pastas aguadas cristalinas, ligeras y no abrasivas. La bomba de trabajo pesado para pasta aguada, disponible con eje horizontal y vertical será la adecuada para aplicaciones más difíciles, como son en minería y metalúrgica. Las bombas horizontales tienen succión en el extremo y deben tener revestimiento de caucho cuando manejan pastas finas o de metal duro para pastas espesas. Ambos tipos deben poderse desarmar con facilidad para reemplazar piezas gastadas y tener componentes como carcasas de dos piezas con tornillos ranurados para sujeción, así como placas de desgaste ajustables en el tipo hecho con metal duro. Las aspas o alabes del impulsor de bombeo hacia fuera impedirán acumulación de sólidos en los prensaestopas o empaquetaduras.

Las bombas verticales para pasta aguada funcionan sumergidas en un sumidero, tanque, celda de flotación, etc. La impulsión con bandas (correas)

que se utiliza a menudo en ambos tipos permite que la velocidad de la bomba coincida con las condiciones del servicio. Esto da mejores resultados que tratar de hacerlas funcionar con el motor a velocidad fija y lograr las cargas con la reducción en los impulsores.

Las bombas reciprocantes para pastas aguadas se han utilizado como bombas para lodos en los campos petroleros, tuberías para pasta aguada a alta presión y procesos a alta presión como el servicio con carbamatos en la producción de urea.

Las bombas rotatorias de tornillo sencillo o tornillo doble se utilizan para pastas aguadas poco abrasivas y en especial con semisólidos: materiales tixotrópicos, pastas ó resinas, etc.

Para las bombas centrífugas en servicio con pasta aguada se aplican las mismas leyes que para bombear líquidos limpios. Sin embargo, se deben tener en cuenta los efectos de los sólidos en la mezcla para hacer la selección de la bomba. Algunas consideraciones son:

- Se debe determinar la densidad relativa de la mezcla de sólidos y líquidos y también la concentración por volumen (C_v) o la concentración por peso (C_w) de los sólidos, la densidad de los sólidos y la del líquido (que suele ser agua) y, luego, se emplean estas relaciones básicas o nomogramas para encontrar la densidad relativa de la mezcla.

- Se deben seleccionar los materiales correctos para las bombas a fin de resistir la abrasión y desgaste, habida cuenta de la naturaleza de los sólidos (afilados o redondos, duros o blandos, cristalinos, etc.). Las partículas afiladas desgarrarán el revestimiento de caucho de las bombas. Con la selección de la velocidad correcta, se puede evitar o reducir la fractura de los cristales. El diseño de la bomba deberá permitir el reemplazo de piezas gastadas. En algunos casos, es una buena precaución tener bombas múltiples o una para reserva.
- Se debe reducir la capacidad de la bomba cuando trabaja con agua limpia para compensar la densidad relativa, concentración de sólidos, viscosidad de la mezcla y el deslizamiento adicional debido a la mezcla.
- Las bombas deben funcionar a menos velocidad que cuando manejan líquidos limpios, para reducir el desgaste y abrasión y tener más duración. En las bombas para pastas aguadas también se aplican las leyes de afinidad sin que importen los cambios en la capacidad, carga y potencia con los cambios en la velocidad:

$$\frac{rpm_1}{rpm_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt[2]{\frac{H_1}{H_2}} = \sqrt[3]{\frac{hp_1}{hp_2}} \quad (\text{Ecuación 2.29})$$

en donde **rpm** = velocidad, **Q** es el flujo, **H** es la carga y **hp** es la potencia.

En las bombas para pasta aguada pueden ser muy importantes la velocidad variable y un mecanismo para seleccionar cualquier velocidad exacta.

Si se sabe cuáles son los sólidos y el líquido portador, se facilita determinar si la pasta aguada se sedimenta o no. Las que no se sedimentan necesitan corrección en la viscosidad de la mezcla, que se puede hacer como se indica en el método del Hydraulic Institute.

Las pastas aguadas del tipo que se sedimenta necesitan una corrección arbitraria porque no hay todavía un método de aceptación universal. La reducción en el rendimiento de la bomba debida a la presencia de sólido: se produce no sólo por la viscosidad de la mezcla, sino en forma principal, por las pérdidas por deslizamiento entre el líquido y los sólidos cuando se acelera la mezcla en el impulsor. Por supuesto, este deslizamiento y la pérdida de rendimiento son mucho mayores en cuanto más altas sean las velocidades de sedimentación.

En la figura 2.19 se ilustra un método para obtener los factores calculados para reducción en la carga (H_r) y la reducción en la eficiencia (E_r) como funciones de la concentración de sólidos por volumen (C_v) y del tamaño promedio de partículas (d_{50}), es decir el tamaño del cual pasa el 50% y no pasa el otro 50%

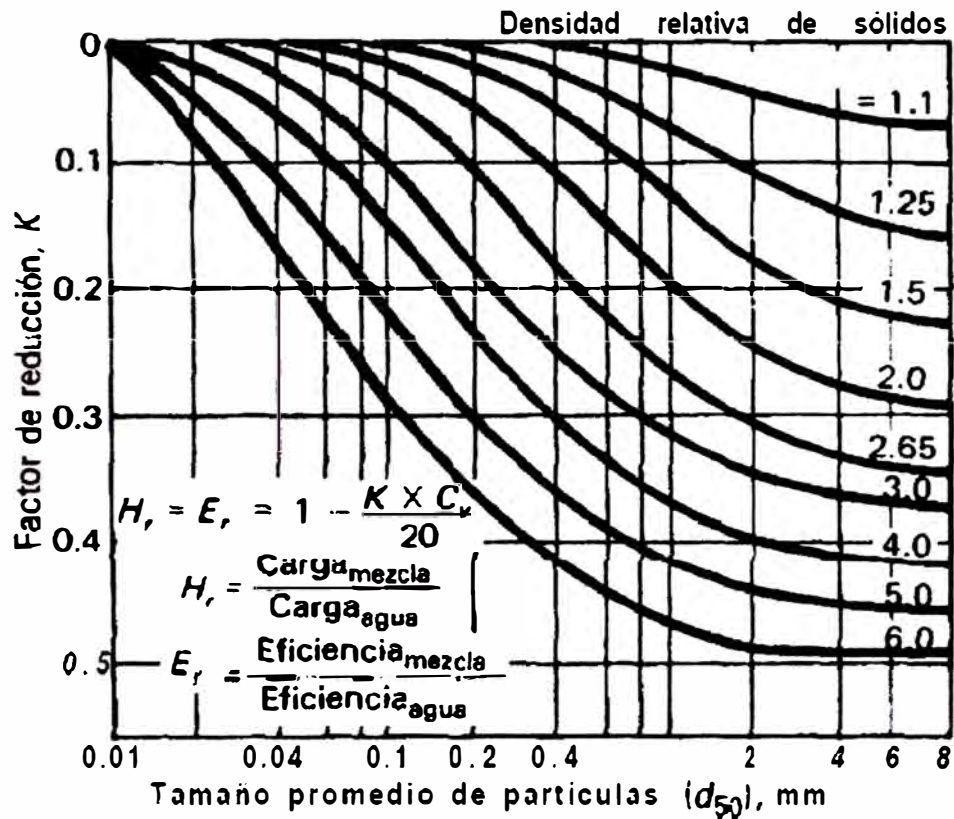


Figura 2.19 Factor de pasta aguada para carga y eficiencia

Las ecuaciones básicas para mezcla de agua y sólidos son:

$$S_m = 1 + \frac{C_v}{100} (S_s - 1) \quad (\text{Ecuación 2.30})$$

$$S_s \left(\frac{C_v}{C_w} \right) = S_m \quad (\text{Ecuación 2.31})$$

$$C_w = \frac{100 S_s}{\frac{100}{C_v} + (S_s - 1)} \quad (\text{Ecuación 2.32})$$

en donde:

S_s = Densidad relativa de los sólidos

S_m = Densidad relativa de la mezcla

C_w = % por peso de sólidos en la mezcla

C_v = % por volumen de sólidos en la mezcla

2.4.1 Selección de bombas para pasta aguada

Ejemplo:

Problema: para bombear 1 000 gpm de pasta aguada de carbonato de sodio cristalino en agua.

Densidad relativa de los sólidos (S_s) = 2.46 y su concentración por peso (C_w) = 25 %. La carga o altura de bombeo requerida es de 47 ft. El análisis de partículas que pasan por un tamiz y el tamaño promedio de partículas se determinan como sigue:

Tamis U.S.	% por peso de Sólidos	Tamaño de partículas	% acumulado que pasa
+200	3	0.074 mm	3
+140	9	0.105 mm	12
+100	10	0.149 mm	22
+80	15	0.177 mm	37
+60	27	0.250 mm	64
+40	20	0.42 mm	84
+30	13	0.59 mm	97
+20	3	0.84 mm	100

- (1) Trácese en papel semilogaritmico y léase $d_{50} = 0.2$ mm (Figura 2.20).

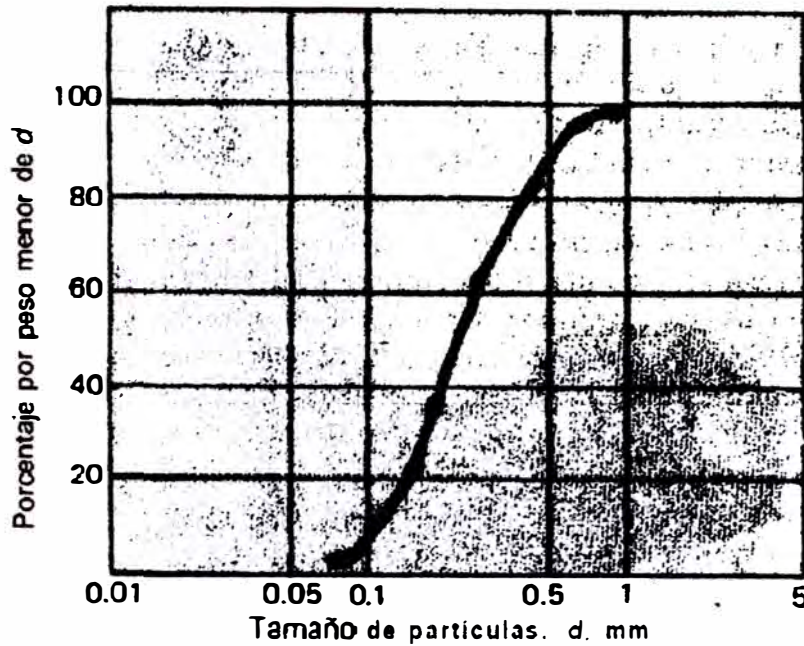


Figura 2.20. Curva de tamaño de partículas

- (2) Determinése la concentración de sólidos por volumen (C_w), figura 2.19.

$$C_w = 25\% = \frac{1(100)(2.46)}{\frac{100}{C_v} + (2.46 - 1)}$$

Entonces: $C_v = 11.9\%$

- (3) Determinése la densidad relativa de la mezcla, ecuación 2.30
- (4) Calcúlese la reducción en la carga H_r y la eficiencia E_r (Figura 2.19).
Para $d_{50} = 0.2$ y $S_s = 2.46$, léase $K = 0.08$ y calcúlese $H_r = 0.952 = E_r$
- (5) Determinése la carga requerida con agua limpia.

$$H_w = \frac{H_{mez}}{H_r} \quad \text{ó} \quad H_w = \frac{47}{0.952} = 49.5 \text{ ft}$$

- (6) Selecciónese la bomba de acuerdo con las curvas publicadas por los fabricantes, que funcione a la mínima velocidad posible con el

impulsor de diámetro máximo (bomba de 6 x 8 pulgadas, 880 rpm, impulsor de 14.75 pulgadas, 78% de eficiencia, de acuerdo con la figura 2.21).

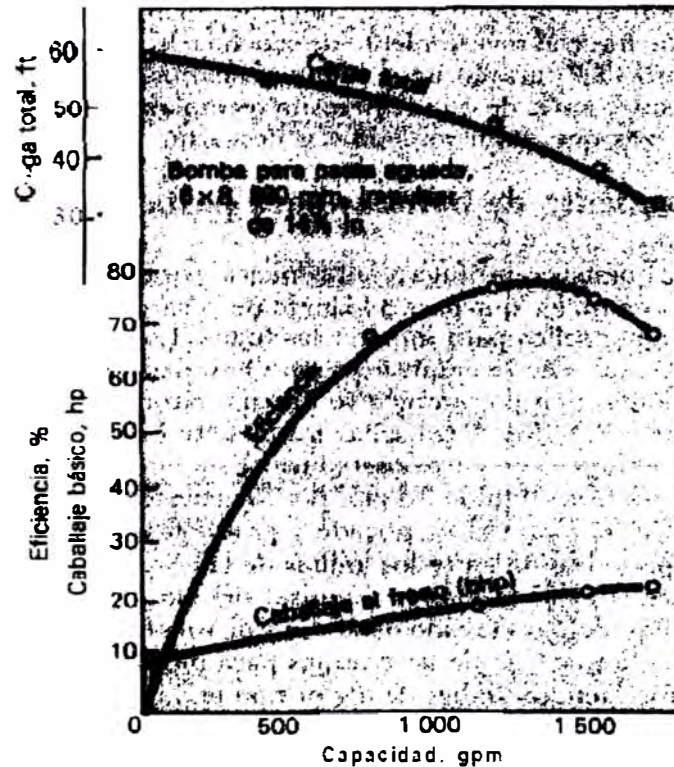


Figura 2.21. Curvas de bomba para pasta aguada utilizadas en el ejemplo.

2.4.2 Variación de velocidad en bombas para pasta aguada

Si la velocidad constante en una aplicación no se puede hacer coincidir con la de un motor de inducción a su velocidad a plena carga (1 750, 1 160, 875, 705, etc., con corriente de 60 Hz o de 1 450, 975, 730, 585, etc., con corriente de 50 Hz), no se puede utilizar motor con acoplamiento directo. Las transmisiones con bandas V, que son de uso común para lograr cualquier velocidad intermedia, tienen la ventaja de que se puede cambiar la relación de transmisión si cambian los requisitos del bombeo. Las transmisiones con

banda V pueden ser de montaje superior o lateral (en cualquier lado) en las bombas horizontales o verticales para bombas de este tipo.

Cuando hay que cambiar la velocidad de la bomba durante el funcionamiento también se suelen utilizar transmisiones de velocidad variable con las bombas para pasta aguada e incluyen:

- . Transmisiones con bandas V o cadenas, de paso variable.
- . Motores eléctricos de velocidad variable, como los de CC o motores de ca de rotor devanado de dos velocidades o velocidades múltiples.
- Acoplamientos por corrientes parásitas, en los que la velocidad del eje de salida a la bomba se puede variar con componentes eléctricos.
- Acoplamientos hidráulicos o fluidos, en donde el mecanismo hidráulico varía la velocidad de salida del motor.

Las transmisiones de velocidad variable son deseables para muchas aplicaciones. Aunque tienen un costo inicial más alto que las de velocidad fija, pueden ser necesarias o resultar deseables en el aspecto económico por diversas razones, entre ellas:

- . Variaciones en el gasto.
- Variaciones en la carga debidas al cambio de longitud de un tubo de descarga para la eliminación de "colas", mientras, continúa el funcionamiento de la planta.
- Pérdida de rendimiento de la bomba por desgaste, lo cual sólo permite continuar el bombeo por un tiempo corto, con el volumen y carga requeridos.

- Corrección de errores en los cálculos iniciales del sistema, por carencia de datos suficientes o exactos en relación con una pasta aguada particular.

2.4.3 Limitaciones en las bombas para pasta aguada

Algunas de las limitaciones que se deben tener en cuenta son:

- La carga producida por cada impulsor está limitada a unos 180 a 200 ft, excepto en ciertos diseños especiales.
- La velocidad en las puntas del impulsor (o sea la velocidad en la circunferencia del impulsor) la limitan algunos usuarios a unos 3 500 a 4 500 ft/min, en especial con servicio abrasivo severo. Las bombas centrífugas que trabajan con líquidos limpios, pueden funcionar a dos o tres veces más velocidad.
- Las cargas o presiones más altas quizá requieran bombas reciprocantes, por ejemplo, en tuberías muy largas para pastas aguadas, que requieren una caída de presión de 500 y 1 500 psi entre estaciones de bombeo.
- Las mezclas de gran espesor impredecible que no se pueden manejar con bombas centrífugas, pueden necesitar bombas de diafragma accionado por motor neumático o eléctrico.
- Aunque la bomba centrífuga esté bien seleccionada, muchas con revestimiento de caucho o hechas de metal duro sólo durarán unas cuantas semanas en servicio constante, antes de que se necesite reemplazar o ajustar las piezas que están sometidas a desgaste.

2.4.4 Sellamiento de bombas para pasta aguada

Las bombas centrífugas, horizontales, para pasta aguada tienen un eje que pasa a lo largo de la carcasa, el cual debe tener sellos para impedir las fugas. Los sellos mecánicos que sólo se empleaban para líquidos limpios, ya hace algún tiempo también se utilizan para mezclas de sólidos y líquidos. Para sellar los ejes, se han utilizado prensaestopas con empaquetadura. Esta empaquetadura requiere un líquido limpio, por lo general agua, para arrastrar el material bombeado y producir una película de líquido limpio entre los anillos de la empaquetadura y entre el eje o la manga (camisa) del eje.

El líquido para lavado debe venir de una fuente externa. En la mayoría de las bombas para pasta aguada, el impulsor tendrá alabes de algún tipo en la parte posterior que actúan como alabes de bombeo hacia fuera (o expulsores) para bombear el líquido desde la zona del prensaestopas. Esto hace que la presión en el prensaestopas sea la misma que la de succión de la bomba, por lo cual el fluido para sello se suministra a una presión entre 5 y 10 psi más que la de succión.

Sin embargo, en ciertos tipos no se utilizan esos alabes y la presión de descarga influye en el prensaestopas. Si la bomba ya está muy gastada, la presión puede aumentar en la zona del prensaestopas, aunque hubiera tenido originalmente alabes de bombeo hacia fuera. Por tanto es bastante común suministrar el líquido para sellos a una presión 5 a 10 psi mayor que la de descarga, en especial después de estudiar el diseño de la bomba para determinar cuál será la presión en el prensaestopas.

2.5 MANTENIMIENTO

2.5.1 Confiabilidad

El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente, para ello se utiliza el valor del tiempo promedio entre fallas (MTBF – Mean Time Between Failures).

El tiempo medio entre fallas (MTBF) se define como:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo de operación}}{\textit{número de fallas}} \quad (\text{Ecuación 2.33})$$

Otro valor importante a medir es el tiempo medio para la reparación (MTTR), definido como:

$$MTTR = \frac{\textit{Demoras muerto por reparación}}{\textit{número de fallas}} \quad (\text{Ecuación 2.34})$$

2.5.2 Disponibilidad

Es una medida de tiempo de operación o, de manera alterna, una medida de la duración del tiempo muerto, definido como:

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{\textit{(Tiempo programado - Todas las demoras)}}{\textit{Tiempo programado}} \quad (\text{Ecuación 2.35})$$

2.6 VIBRACIÓN

La vibración mecánica es el movimiento oscilatorio (de un lado hacia otro) de una máquina, de una estructura o de una parte de ellas, alrededor de su posición original de reposo (o de equilibrio).

Una forma sencilla de ilustrar una vibración mecánica y su medición con un transductor de vibraciones se muestra en la figura N° 2.22. El transductor de vibraciones está rígidamente unido a la superficie externa del cojinete de la máquina, y por lo tanto, se mueve de la misma forma que él y mide el movimiento de este elemento. Si la superficie del cojinete se mueve o vibra hacia arriba y hacia abajo significa que ella o su unión a la base es elástica (para permitir estos movimientos).

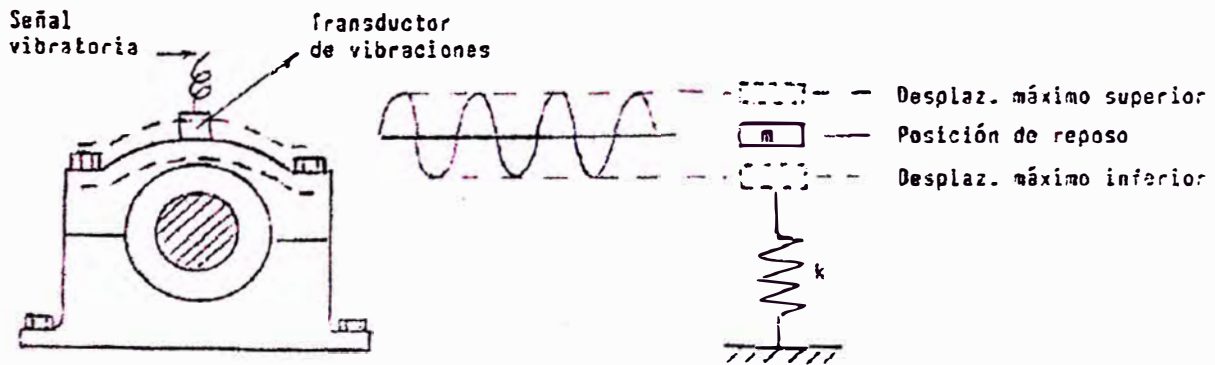


Figura 2.22 Movimiento vibratorio del cojinete de una máquina

Esta elasticidad se representa esquemáticamente o se modela, por un resorte como se indica en la figura 2.22. El movimiento armónico es la forma más simple de vibración.

2.6.1 Análisis vibracional

La vibración de una máquina, rara vez es armónica simple (forma de onda senoidal). Lo más probable es que su forma sea compleja, como se ilustra en la figura 2.23. En esta figura se observa que al sensor de vibraciones ubicado en uno de los descansos de la máquina, llegan simultáneamente vibraciones provenientes de diferentes fuentes.

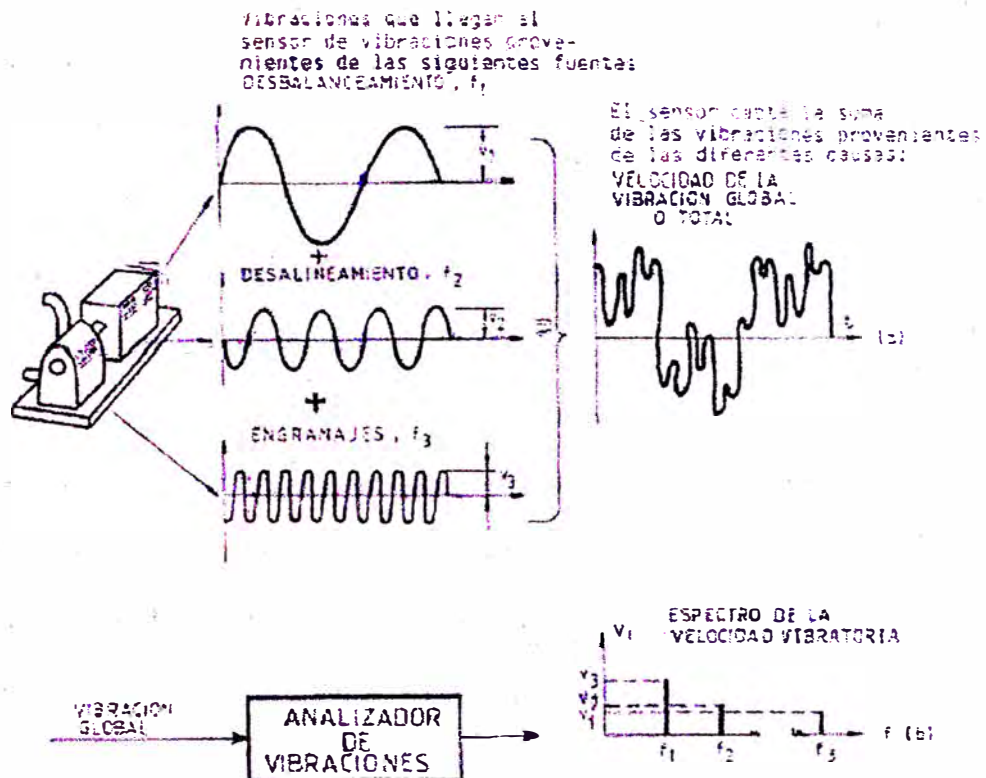


Figura 2.23

- a) *Composición de una vibración global o total proveniente de tres causas (desbalanceamiento, desalineamiento, engrane).*
- b) *Descomposición de una vibración global en sus tres componentes (espectro de la vibración).*

En este ejemplo se ha supuesto que hay tres causas que generan vibraciones en la máquina:

- El desbalanceamiento residual del rotor, el cual genera una vibración senoidal de amplitud V_1 y frecuencia f_1 .
- El desalineamiento entre máquina y motor, el cual genera una vibración supuesta senoidal de amplitud V_2 y frecuencia f_2 .
- El engrane de dos ruedas dentadas dentro de la máquina, el cual genera una vibración supuesta senoidal de amplitud V_3 y frecuencia f_3 .

El sensor de vibraciones capta simultáneamente las vibraciones que llegan a él provenientes de diferentes fuentes de excitación. La vibración resultante (o suma) se llama vibración global o total, ver figura 2.23a, y las vibraciones que la componen se llaman componentes. Por lo tanto, la vibración global de la figura 2.23a, está compuesta por tres componentes vibratorias V_1 , V_2 y V_3 y frecuencias respectivas f_1 , f_2 y f_3 .

Análisis en el dominio tiempo y dominio de frecuencias

En la figura 2.24, se compara la presentación de una vibración en el dominio tiempo o la forma de la vibración global, con la presentación de la vibración en el dominio frecuencias o sea su espectro vibratorio.

De esta figura, podemos señalar las siguientes características:

1. Si la vibración es senoidal (dominio tiempo) entonces su espectro vibratorio está compuesto por una raya (o componente) a la frecuencia $f_o = 1/T_o$ de la senoidal.
2. Si la vibración es periódica, es decir, si su forma se repite en el tiempo cada T_o (seg), entonces su espectro vibratorio está compuesto por una serie de componentes senoidales (serie de Fourier) cuyas frecuencias son múltiplos de $f_o = 1/T_o$. Por lo tanto, se obtiene un espectro a rayas (separadas cada una de ellas por f_o). La componente de menor frecuencia, f_o , se llama componente fundamental y las otras componentes se llaman armónicos de f_o .
3. Si la forma de la vibración no es periódica en el tiempo, entonces su espectro vibratorio es continuo en un determinado rango de frecuencias. Una vibración transigente, como es por ejemplo, la

obtenida por un impacto tiene un espectro vibratorio continuo, pero en un determinado rango de frecuencias, por lo que se llama también espectro de banda angosta. Una vibración aleatoria tiene un espectro continuo en un amplio rango de frecuencias, teóricamente hasta el infinito. Este espectro se llama de banda ancha y si es de ancho infinito, se llama ruido blanco.

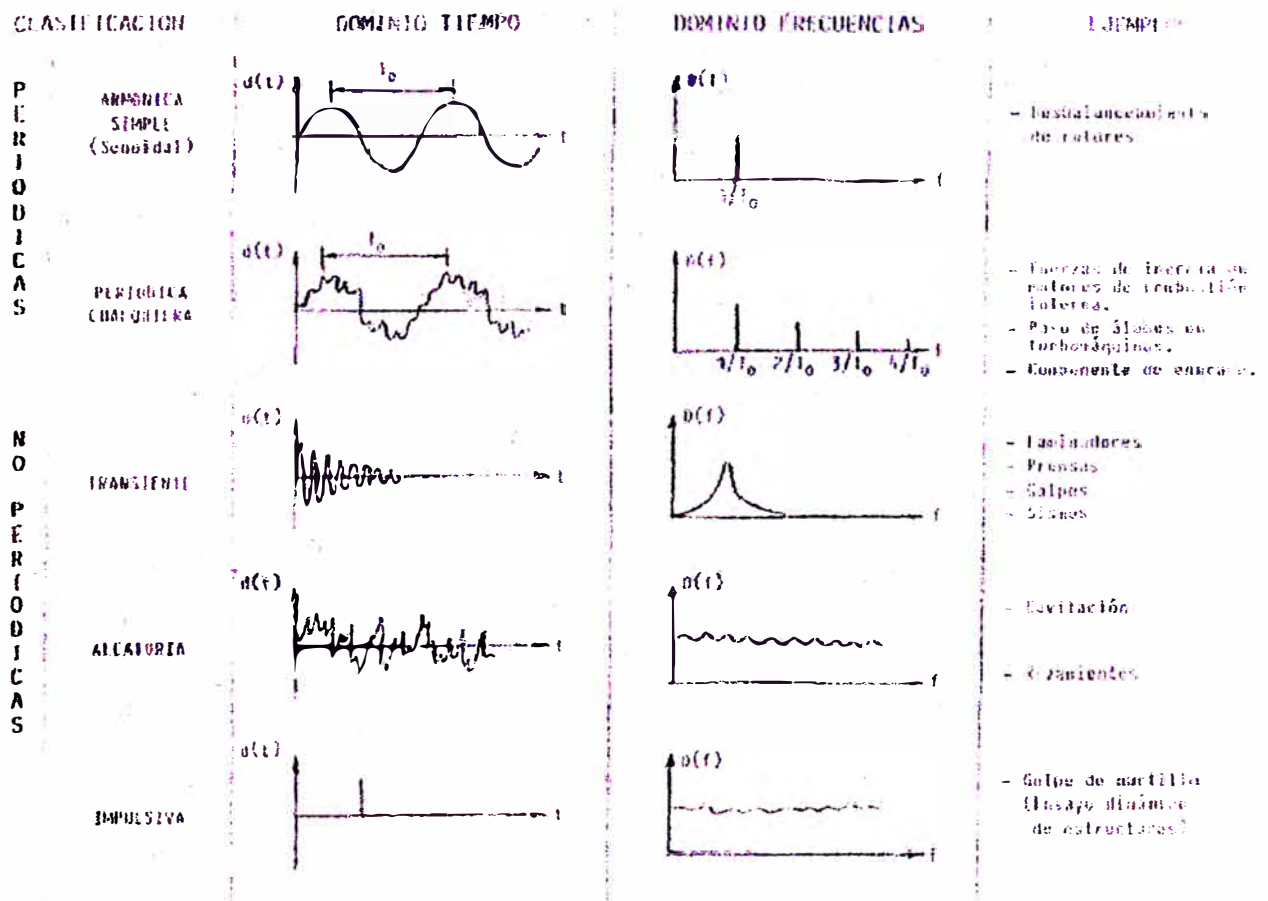


Figura 2.24 Representación de diferentes tipos de vibraciones mecánicas en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia

Como analizar un espectro vibratorio:

1. Relacionar en forma precisa la frecuencia de las vibraciones con la velocidad de rotación de la máquina.

2. Determinar para cada componente (o frecuencia) vibratoria o grupos de componentes, la causa que la(s) genera. Considerar que las vibraciones pueden provenir de:

Vibraciones propias al funcionamiento de la máquina:

componentes a la frecuencia de paso de alabes en turbomáquinas (f_p = número de alabes x RPM), componentes a la frecuencia de engrane en caja de engranajes (f_c = número de dientes x RPM), etc.

- **Vibraciones generadas por condiciones inapropiadas de funcionamiento:** bombas centrífugas que trabajan a bajo flujo o con impulsores de diámetro muy grande, harneros vibratorios con carga desbalanceada que genera vibraciones de vaivén (rocking), etc.
- **Vibraciones provenientes de otras máquinas.**
- **Vibraciones generadas por fallas en la máquina:** desalineamiento, soldaduras, rozamientos, rodamientos dañados, etc.

La literatura especializada publica diferentes tipos de tablas que relacionan las fallas más comunes en las máquinas rotatorias con la frecuencia de las vibraciones que ellas generan. Sin embargo, debe enfatizarse que la tarea de diagnosticar fallas se facilita enormemente cuando se compara el espectro actual con aquel tomado cuando la máquina está en buenas condiciones, llamado espectro base o signature de la máquina.

Cosas a buscar en el espectro:

1. Componentes a la velocidad de rotación de la máquina.
2. Armónicos de la velocidad de rotación.

3. Frecuencias más bajas de la velocidad de rotación. Ver si son subarmónicos de ella ($0.48x \neq 0.5x$)
4. Familias de armónicos y/o subarmónicos no relacionados a la frecuencia de rotación. Por ejemplo f_c , $2f_c$ ó BPFO, 2BPFO, etc.
5. Identificación de bandas laterales.
6. Vibraciones de banda ancha.

CAPITULO 3

EVALUACION DE COSTOS

3.1 RESUMEN DE COSTOS DE LOS AÑOS 2005, 2006 Y 2007

Para la evaluación de los costos se ha considerado los costos de mantenimiento de los años 2005, 2006 y 2007 de todas las bombas de la planta concentradora de estaño. Para la obtención de estos costos, la unidad minera San Rafael, cuenta con un software (SAP), en donde se almacena todos los datos de los diferentes equipos, tanto características técnicas como los detalles de costos por actividad de mantenimiento.

Se ha considerado estos tres últimos años por las siguientes razones:

- El tonelaje procesado en los tres últimos años es similar.
- El nuevo software, SAP, fue instalado en el 2003, por lo que la data más confiable que se tiene es a partir del 2005 (para efectos de análisis de costos).
- No hay mucha variación en los procesos de los últimos tres años.
- Las características técnicas de la pulpa es similar en los últimos tres años.

Tabla N° 3.1 Resumen de costos de mantenimiento de bombas

N° Inventario	Equipo	Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	COSTO USD			
						2005	2006	2007	Total
COMCENTRACION DE ESTAÑO									
	10002472		Bomba Vertical 2 1/2		2 1/2				
	10001171		BOMBA HIDROSTAL C1 1/2x2 1/2		1 1/2 x 2 1/2				
P00715SR	10004404	16JA	BOMBA HIDROSTAL C1 1/2x2 1/2	HIDROSTAL	1 1/2 x 2 1/2		932.10	1 035.39	1 967.49
	10001173	16JB	BOMBA HIDROSTAL B1 1/2x2 1/2	HIDROSTAL	1 1/2 x 2 1/2	99.65	108.16	85.74	293.55
P00593SR	10003457		BOMBA DENVER 1 3/4" X 1 1/2"	DENVER	1 3/4 x 1 1/2				
P00592SR	10003458	14JA	BOMBA COMESA 1 3/4" X 1 1/2"	DENVER	1 3/4 x 1 1/2	41.17	2 301.69	1 778.18	4 121.04
P00503SR	10002672	6FA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	680.24	4 178.70	271.24	5 130.18
P00531SR	10002321	5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	12 130.13	8 549.31	8 235.18	28 914.62
P00143SR	10001613	4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	7 090.73	1 038.58	5 053.03	13 182.34
P00139SR	10001610	4GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	1 930.10	2 712.51	4 031.03	8 673.64
P00878SR	10003041	3GB	BOMBA COMESA 10 x 8	DENVER	10 x 8	6 057.99	7 388.91	9 654.67	23 101.57
P00141SR	10001607	3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	7 582.32	1 824.78	3 837.85	13 244.95
P00529SR	10002318	2GA	BOMBA COMESA 10x8	COMESA	10 x 8	10 246.17	11 212.30	24 145.92	45 804.39
P00147SR	10003496	2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	10 053.00	5 566.53	4 075.66	19 895.19
P00145SR	10001604	2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	9 926.52	17 568.21	7 443.16	34 937.89
P00194SR	10001671	1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	5 869.53	10 758.93	12 575.19	29 203.85
P00192SR	10001668	1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	6 592.37	9 109.29	12 884.48	28 588.14
P00191SR	10001258	2JC	BOMBA COMESA 10 X 8	COMESA	10 x 8	6 519.71	6 923.79	2 560.82	16 004.32
P00933SR	10002978	33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	13 059.76	8 918.07	9 373.69	31 351.52
P00501SR	10002675	6FB	BOMBA DENVER 12 x 10	DENVER	12 x 10	978.79	3 537.74	256.54	4 773.07
P00543SR	10002969	1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	4 872.81	11 847.84	8 388.01	25 108.66
P00541SR	10002972	1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	13 292.82	7 733.88	20 433.05	41 459.75
P01348SR	10003045		BOMBA HIDROSTAL 125-400	HIDROSTAL	125 - 400	26.57	62.26		88.83
	10003955		BOMBA HIDROSTAL 125 x 250	HIDROSTAL	125 x 250	3 607.20	1 937.06		5 544.26
P01337SR	10001332	8JB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 125x250	HIDROSTAL	125 x 250		271.93		271.93
P00692SR	10003954	8JA	BOMBA HIDROSTAL 125 x 250	HIDROSTAL	125 x 250	3 820.89	1 625.95		5 446.84
P02023SR	10005017	8J	BOMBA CENTRIFUGA HIDROSTAL 150-400-9-H67	HIDROSTAL	150-400-9-H67				
	10004395		BOMBA CENTRIFUGA HIDROSTAL 15HP 11 6L/S	HIDROSTAL	15HP 11 6 L/S	110.14	1 103.47	169.24	1 382.85
	10004244		BOMBA I DRESSER 2XUNB10 (1)	INGERSOLL DRE	2 1/2 UNB 10				
P00554SR	10003883		BOMBA DENVER 2 1/2" X 2"	DENVER	2 1/2 x 2		1 103.91	181.73	1 285.64
P00724SR	10002567		BOMBA DENVER 2 1/2 x 2	DENVER	2 1/2 x 2	355.25	1 057.12	457.48	1 869.85
	10002483		BOMBA DENVER 2 1/2 x 2	DENVER	2 1/2 x 2	310.62	404.72	107.32	822.66
	10001336		Bomba ASH 2 1/2x2" SRC		2 1/2 x 2			336.24	336.24
P00380SR	10002888		BOMBA DENVER 2 1/2 x 2	DENVER	2 1/2 x 2	83.64	617.06		700.70
	10001590		BOMBA HIDROSTAL C 2 1/2X2	HIDROSTAL	2 1/2 x 2				
	10002486		BOMBA DENVER 2 1/2 x 2	DENVER	2 1/2 x 2				
P00356SR	10002930	26FA	BOMBA ASH 2 1/2" X 2"	ASH	2 1/2 x 2	1 531.84	1 911.46	2 929.50	6 372.80
	10003863	26FB	BOMBA ASH 2 1/2" X 2"	ASH	2 1/2 x 2		215.51	281.82	497.33
P00802SR	10001060	25FA	BOMBA DENVER 2 1/2 x 2	DENVER	2 1/2 x 2	68.56	1 048.07	304.50	1 421.13
P00376SR	10002885	25FB	BOMBA DENVER 2 1/2 x 2	DENVER	2 1/2 x 2	1 632.17	457.43	152.06	2 241.66
P00727SR	10002552	30FA	BOMBA ASH 2 1/2X2	ASH	2 1/2 x 2	186.98	371.62	2 334.85	2 893.45
P00725SR	10002555	30FB	BOMBA ASH 2 1/2 X 2	ASH	2 1/2 x 2	1 250.70	3 546.69	1 462.40	6 259.79
P00723SR	10002564	18GC	BOMBA DENVER 2 1/2 x 2	DENVER	2 1/2 x 2	921.62	3 356.59	2 657.69	6 935.90
P00701SR	10001385	18JA	BOMBA FIMA HORIZONTAL 2-1/2X2	FIMA	2 1/2 x 2	2 099.30	1 891.30	2 078.73	6 069.33
P00801SR	10001064	18JB	BOMBA DENVER 2 1/2 x 2	DENVER	2 1/2 x 2	1 556.03	148.33	1 958.79	3 663.15
	10001634	EXPO	BOMBA VERTICAL FIMA 2 1/2x36	FIMA	2 1/2 x 36				
	10001183		BOMBA VERTICAL FIMA 2 1/2X36	FIMA	2 1/2 x 36				
P00549SR	10001644	17FB	BOMBA DENVER 2 1/2" x 36"	DENVER	2 1/2 x 36	156.16	123.98	780.48	1 060.62
P00729SR	10001190	29F	BOMBA VERTICAL FIMA 2 1/2x36	FIMA DENVER	2 1/2 x 36	41.13	2 284.07	1 918.69	4 243.89
P00735SR	10002333	7GA	BOMBA DENVER 2 1/2 x 36	DENVER	2 1/2 x 36	3 610.31	484.47	494.59	4 544.37
P00524SR	10002336	7GB	BOMBA DENVER 2 1/2 x 36"	DENVER	2 1/2 x 36	645.07	1 327.43	508.99	2 481.49
	10001631		BOMBA FIMA 2 1/2 x 48		2 1/2 x 48				
P00941SR	10002987	34F	BOMBA FIMA 2 1/2 x 48	FIMA	2 1/2 x 48	58.93	48.41	6 860.58	6 967.92
P00301SR	10002324	8FA	BOMBA DENVER 2 1/2 x 48"	DENVER	2 1/2 x 48	15.18	6 846.74	4 795.30	11 657.22
P00812SR	10003029	2F	BOMBA DENVER 2 1/2 x 48	FIMA	2 1/2 x 48	482.64	450.69	604.80	1 538.13
P00736SR	10002339	10GD	BOMBA DENVER 2 1/2 x 48	DENVER	2 1/2 x 48	1 151.49	18.39	186.98	1 356.86
P01995SR	10004808		BOMBA CENTRIFUGA ASH 2"x1 1/2" SRC	ASH	2 x 1 1/2			98.93	98.93
P01989SR	10004811		BOMBA CENTRIFUGA ASH 2"x1 1/2" SRC	ASH	2 x 1 1/2				
P01988SR	10004813		BOMBA CENTRIFUGA ASH 2"x1 1/2" SRC	ASH	2 x 1 1/2				
P01987SR	10004814		BOMBA CENTRIFUGA ASH 2"x1 1/2" SRC	ASH	2 x 1 1/2				
P01872SR	10002566	14FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 2"x1 1/2" SRC	ASH	2 x 1 1/2		3 673.86	853.09	4 526.95
P01873SR	10002548	13FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 2"x1 1/2" SRC	ASH	2 x 1 1/2	111.84	3 904.69	1 220.36	5 236.89
P00527SR	10002715		BOMBA DE EJE VERTICAL 3 1/2" X 48"	DENVER	3 1/2 x 48	609.66			609.66
P00749SR	10002570		BOMBA DENVER 3 1/2 x 48	DENVER	3 1/2 x 48				
	10002903		BOMBA DENVER 3 1/2 x 48	DENVER	3 1/2 x 48				
	10002909		BOMBA DENVER 3 1/2 x 48	DENVER	3 1/2 x 48				
	10002912		BOMBA DENVER 3 1/2 x 48	DENVER	3 1/2 x 48				
	10002921		BOMBA DENVER 3 1/2 x 48	DENVER	3 1/2 x 48				
P00563SR	10002624	17G	BOMBA DENVER 3 1/2 x 48	DENVER	3 1/2 x 48	55.17	207.60	20.35	283.12
P00368SR	10002939	18F	BOMBA FIMA 3 1/2 x 48	FIMA	3 1/2 x 48	470.44	835.74	2 799.78	4 105.96
P00346SR	10002918	17FC	BOMBA FIMA 3 1/2 x 48	DENVER	3 1/2 x 48	1 481.26	92.26	111.31	1 684.83
P01447SR	10002900	17FA	BOMBA FIMA 3 1/2 x 48	DENVER	3 1/2 x 48	3 741.54	35.23	335.31	4 112.08
P00525SR	10002936	12FA	BOMBA FIMA 3 1/2 x 48	DENVER	3 1/2 x 48	506.78	994.82		1 500.60
P00605SR	10003532	4FC	Bomba Vertical 3 1/2x48	FIMA	3 1/2 x 48	3 310.59	87.33	118.92	3 516.84
P00954SR	10004405	21GB	BOMBA DENVER 3 1/2 x 48	DENVER	3 1/2 x 48	604.21			604.21
P00594SR	10001187	22G	BOMBA VERTICAL FIMA 3 1/2x48	FIMA	3 1/2 x 48	1 372.46	76.40	24.04	1 472.90
P00771SR	10001362	10GC	BOMBA CENTRIFUGA EJE VERTICAL 31/2 X60	DENVER-FIMA	3 1/2 x 60	4 772.99	7 575.24	3 517.77	15 866.00
P00173SR	10001562		BOMBA DENVER 4 x 3	COMESA	4 x 3	1 191.68	6 789.09	350.34	8 331.11
	10001583		BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3				
	10002312		BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3				
P00371SR	10002377	14FC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	2 673.24	3 286.36	967.15	6 926.75
P00661SR	10003451	14FB	Bomba COMESA 4 x 3	COMESA	4 x 3	1 058.37	4 385.42	790.03	6 233.82
P00962SR	10002915	14FD	BOMBA CENTRIFUGA COMESA 4X3	DENVER	4 x 3				
P00957SR	10002492	18GA	BOMBA COMESA 4 x 3	COMESA	4 x 3	237.67	1 936.04	1 577.21	3 750.92
P00373SR	10002380	18GB	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	158.64	2 759.46	123.87	3 041.97
P00189SR	10002477	13GA	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	1 862.38	2 369.39	3 385.78	7 617.55
P01778SR	10002480	13GB	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	1 415.13	1 411.40	1 169.06	3 995.59
P00557SR	10003494	19JB	Bomba Horizontal DENVER 4 x 3	DENVER - FIMA	4 x 3	1 844.04	429.87	1 072.88	3 346.79
P00559SR	10003452	14JB	Bomba COMESA 4 x 3	COMESA	4 x 3	1 465.49	5 348.59	1 807.28	8 621.36
P00596SR	10002495	20JB	BOMBA COMESA 4 x 3	DENVER	4 x 3	537.94	682.40	4 377.60	5 597.94
P00719SR	10003453	11JB	Bomba DENVER FIMA 4 x 3	FIMA-DENVER	4 x 3	738.15	1 032.93	1 957.66	3 728.74
	10003454	11JA	Bomba COMESA 4 x 3	COMESA	4 x 3	1 506.04	1 658.95	1 866.16	5 031.15
P00550SR	10001633	13JB	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	2 734.74	1 994.15	2 932.62	7 661.51
P00519SR	10001630	13JA	BOMBA COMESA 4 x 3	COMESA	4 x 3	3 748.89	3 345.68	880.76	7 975.33
P00362SR	10002927	14GB	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	3 406.99	2 125.56	2 200.73	7 732.28
	10002569	12GA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 4"x3" SRC	ASH	4 x 3	16.19	766.46	2 414.91	3 197.56
	10002718	12GB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 4"x3" SRC	ASH	4 x 3	129.75	98.73	93.56	322.04
P00187SR	10003973	5GB	BOMBA DENVER 4X3	DENVER	4 x 3</				

N° Inventario	Equipo	Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	2005	2006	2007	Total
P00188SR	10003493	5GA	BOMBA DENVER 4x3	DENVER	4x3	2 709.76	3 412.95	2 591.68	8 714.39
P00647SR	10002306	11GA	BOMBA COMESA 4 x 3	COMESA	4x3	1 539.58	1 717.34	1 675.75	4 932.67
P00645SR	10002309	11GB	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4x3	845.66	1 065.90	2 165.07	4 076.63
P00533SR	10002297	9GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4x3	2 000.59	2 157.06	3 508.58	7 666.23
P00535SR	10002300	9GD	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4x3	2 582.30	1 859.51	2 311.80	6 753.61
P00360SR	10002924	4GD	BOMBA DENVER 4"x3"	DENVER	4x3	3 299.24	6 394.99	3 227.68	12 921.91
P00358SR	10001641	4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4x3	1 795.59	9 455.91	5 581.97	16 833.47
P00664SR	10003952	2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4x3	7 315.66	5 334.12	2 712.62	15 382.40
P00555SR	10001571	10JA	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4x3	2 559.80	966.96	5 102.21	8 628.97
P00566SR	10002315	10JB	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4x3	1 817.13	2 579.60	621.23	5 017.96
NN	10001565	4JD	BOMBA DENVER 4X3 4JD	DENVER	4x3	3 414.84	2 685.84	8 798.07	14 898.75
P00183SR	10001574	4JA	BOMBA DENVER 4 x 3 4JA	DENVER	4x3	1 777.35	3 802.71	7 844.99	13 425.05
P00186SR	10001586	4JH	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4x3	4 730.69	3 664.78	6 338.70	14 734.17
P00189SR	10001577	4JB	BOMBA COMESA 4 x 3 4JB	COMESA	4x3	4 078.43	3 773.77	3 727.23	11 579.43
P00552SR	10003505	4JG	BOMBA COMESA 4x3 4JG	COMESA	4x3	6 839.89	6 048.27	5 941.31	18 829.47
P00702SR	10003653	4JC	Bomba COMESA 4 x 3 4JC	COMESA	4x3	1 089.21	4 882.79	1 159.83	7 131.83
P00181SR	10001559	3JC	BOMBA DENVER 4 x 3	FIMA DENVER	4x3	273.91	926.45	2 041.04	3 241.40
P00171SR	10001556	3JB	BOMBA DENVER 4 x 3	FIMA DENVER	4x3	735.46	8 365.52	1 722.92	10 823.90
P00182SR	10003950	3JD	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4x3	3 067.99	996.83	1 028.26	5 093.08
P00717SR	10002558	31FA	BOMBA HIDROSTAL 40-200	HIDROSTAL	40 - 200		230.32		230.32
	10000979		BOMBA INGERSOLL DRESSER 4LR-11A #1	INGERSOLL DRE	4LR - 11A	853.40	1 598.06	614.50	3 065.96
	10004339		BOMBA I. DRESSER 4LR-11A #4	INGERSOLL DRE	4LR - 11A	949.07	3 606.61		4 555.68
	10004340		BOMBA I. DRESSER 4LR-11A #5	INGERSOLL DRE	4LR - 11A	458.82			458.82
P00396SR	10001593	EXPO	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	8 579.47			8 579.47
M00074SR	10003006		BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	673.21	4 529.09		5 202.30
	10001027		BOMBA WORTHINGTON 4M-223 # 04	WORTHINGTON	4M 223	11 319.55			11 319.55
	10001009		BOMBA WORTHINGTON 4M-223 N°01	WORTHINGTON	4M 223	15 404.71	125.17		15 529.88
P00804SR	10003009	16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	18 698.09	7 210.96	13 553.53	39 482.58
P00207SR	10003016	6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	20 485.49	5 510.86	14 927.39	40 923.74
P00205SR	10002997	6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	20 738.64	7 117.63	14 845.77	42 702.04
	10002413		BOMBA WORTHINGTON 4R-122	WORTHINGTON	4R 122				
M00066SR	10001614		BOMBA WORTHINGTON 4UNB-12 146 Nro 01	WORTHINGTON	4UNB-12	4 743.65	23 195.70		27 939.35
P00344SR	10002407		BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4	5 354.57	8 105.97	3 135.92	16 596.46
	10003809		BOMBA DENVER 5 x 4 (SAN RAFAEL)	DENVER	5x4		2 690.19		2 690.19
	10002947		BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4			2 891.21	2 891.21
	10001285		BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5x4				
	10001288		BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5x4				
P01845SR	10003891	F-A	BOMBA ASH 5X4 SRC	ASH	5x4		1 250.14	13.75	1 263.89
	10004598	39FA	BOMBA ASH 5X4 SRC	ASH	5x4			1 232.05	1 232.05
	10004599	39FB	BOMBA ASH 5X4 SRC	ASH	5x4		336.38	40.02	376.40
P00579SR	10003498	23FA	BOMBA DENVER 5"X 4"	DENVER	5x4	2 282.23	2 328.77	1 094.52	5 705.52
P00366SR	10002410	22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5x4	5 022.67	6 652.59	11 718.88	23 394.14
P00952SR	10001580	22FB	BOMBA DENVER 5 x 4 22FB	COMESA	5x4	6 030.38	8 608.38	4 627.58	19 266.34
P00364SR	10002615	8FC	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4	971.09	340.59	2 399.54	3 711.22
P00329SR	10002618	4FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER-FIMA	5x4	4 214.96	4 266.06	7 289.57	15 770.59
P00508SR	10002621	4FB	BOMBA DENVER 5x4	DENVER	5x4	4 063.52	5 083.13	4 631.19	13 777.84
P00574SR	10002474	10GB	BOMBA DENVER 5 x 4	FACO PAULISTA	5x4	3 503.62	6 547.52	6 325.79	16 376.93
P00572SR	10002471	10GA	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4	4 480.67	3 581.17	6 212.48	14 274.32
N/N	10001714	2GF	BOMBA COMESA 5X4	COMESA	5x4	5 420.20	5 796.37	2 890.01	14 106.58
P00568SR	10001636	9JA	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4	5 265.01	4 383.09	7 027.91	18 876.01
P00570SR	10001637	9JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4	6 319.88	1 227.37	3 911.03	11 458.28
P00199SR	10001592	5JA	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4	2 024.73	7 280.62	9 881.92	19 187.27
P00201SR	10001595	5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4	2 248.90	2 099.20	6 152.55	10 500.65
P00203SR	10001329	7JA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5x4	1 749.48	9 169.37	2 083.95	13 002.80
P00950SR	10001338	4JE	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 5 x 4 4JE	FIMA	5x4	4 257.16	6 281.01	5 967.96	16 506.13
P00381SR	10002612	4JI	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4	3 552.21	3 668.50	36.86	7 257.57
P01914SR	10004392	3JF	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4	12 887.63	11 717.96	12 125.93	36 731.52
P01913SR	10002545	3JE	BOMBA SAN RAFAEL 5X4	SAN RAFAEL	5x4	4 031.55	6 602.69	9 941.91	20 578.15
P00506SR	10001553	1JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5x4	10 435.48	1 590.25	2 537.50	14 563.23
P00578SR	10001538	1JA	BOMBA COMESA 5 x 4	DENVER	5x4	6 975.81	3 798.68	3 409.47	14 183.96
P01994SR	10002348	DB02	BOMBA HIDROSTAL 65-200-9-D500-05	HIDROSTAL	50 - 200			3 443.20	3 443.20
	10004527	DB01	BOMBA HIDROSTAL 50-200-1-D385-ES	HIDROSTAL	50 - 200		666.83	585.64	1 252.47
P00581SR	10001561	1GC	BOMBA HIDROSTAL 50-200-5-E500-AS	HIDROSTAL	50 - 200	438.09	2 349.95	2 269.86	5 057.90
	10003886	20FF	BOMBA ASH VULCO 6 X 6	ASH	6x6		133.62	1 788.24	1 921.86
S/PLACA	10001700	3FB	BOMBA ASH 6 X 6 VULCO SRC G-228E	ASH	6x6		1 839.29	4 473.39	6 312.68
P01864SR	10003028	9GB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 6"X6" SRC	ASH	6x6	431.64	4 024.38	3 514.88	7 970.90
P01867SR	10002998	9GA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 6"X6" SRC	ASH	6x6	443.44	5 385.90	3 516.15	9 345.49
	10004752	7JB	BOMBA ASH VULCO 6 X 6	ASH	6x6		4 661.33	21 151.16	25 812.49
P00810SR	10003013		BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR 18	INGERSOLL	6LR 18	10 320.96			10 320.96
P00739SR	10003032	37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	2 952.45	858.10	10 687.51	14 498.08
P00743SR	10003035	36FE	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18	INGERSOLL DRE	6LR 18	16 705.85	2 250.29		18 956.14
P00741SR	10003048	36FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18	INGERSOLL DRE	6LR 18	2 104.93	470.68		2 575.61
P00957SR	10003038	36FD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	2 251.93	614.84		2 866.77
P00806SR S/	10003019	16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	6 891.85	6 037.98	16 188.60	29 118.43
P00808SR	10003023	16GC	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18 B	INGERSOLL DRE	6LR 18	1 062.60	1 526.56	1 160.08	3 749.24
	10004394	16GB	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	318.84	4 264.76	1 057.28	5 640.88
P00348SR	10002401	21FA	BOMBA WORTHINGTON 6M 163	WORTHINGTON	6M 163	510.25	270.87	192.32	973.44
P00939SR	10001168	37FE	BOMBA WORTHINGTON 6M-294	WORTHINGTON	6M 294	15 542.05	2 987.10	3 535.15	22 064.30
P00937SR	10002984	33FD	BOMBA WORTHINGTON 6M-294	WORTHINGTON	6M 294		1 040.53	5 356.29	6 396.82
P00931SR	10002975	5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	11 703.04	1 998.71	36 024.62	49 726.37
	10001544		BOMBA WORTHINGTON 6R 163	WORTHINGTON	6R 163		190.82		190.82
	10001601		BOMBA WORTHINGTON 6R-163	WORTHINGTON	6R 163				
	10002994		BOMBA WORTHINGTON 6R-163 EST-146 Nro-02	WORTHINGTON	6R 163				
P01350SR	10003044	37FB	BOMBA WORTHINGTON 6R-163	WORTHINGTON	6R 163	307.41	436.70	509.62	1 253.73
P00350SR	10002330	21FB	BOMBA WORTHINGTON 6R-163	WORTHINGTON	6R 163	3 835.76	353.77	121.87	4 311.40
P00354SR	10001598	27F	BOMBA WORTHINGTON 6R-163	WORTHINGTON	6R 163	7 225.37	574.41	3 262.68	11 062.48
P00195SR	10001255	EXPO	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8x6	7 718.14	9 949.06		17 667.20
P00302SR	10002891		BOMBA DENVER 8 x 6	DENVER	8x6	3 367.79	4 694.74		8 062.53
P00149SR	10002894		BOMBA DENVER 8 x 6	DENVER	8x6	3 905.59	117.88		4 023.47
	10002678		BOMBA DENVER 8 x 6	DENVER	8x6				
	10002681		BOMBA DENVER 8 x 6	DENVER	8x6				
P00178SR	10001317	37FA	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 8X6	WORTHINGTON	8x6	3 728.65	10 812.02	4 340.64	18 881.31
P00935SR	10002981	33FC	BOMBA COMESA 8x6	COMESA	8x6	285.05	2 889.62	6 624.50	9 799.17
P00318SR	10001547	20FG	BOMBA COMESA 8 x 6	COMESA	8x6	1 722.92	1 811.90	3 216.79	6 751.61
P00330SR	10002386	19FB	BOMBA COMESA 8 x 6	COMESA	8x6	1 079.77	1 038.42	523.24	2 641.43
P00317SR	10002383	19FA	BOMBA COMESA 8 x 6	DENVER	8x6	3 143.13	409.89	837.01	4 390.03
P00375SR	10002752	15FA	BOMBA DENVER 8 x 6	DENVER	8x6	2 668.92	3 369.89	4 327.83	10 366.64
P00377SR	10002755	15FB	BOMBA COMESA 8 x 6	COMESA	8x6	3 520.29	1 769.58	882.02	6 171.89

N° inventario	Equipo	Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	2005	2006	2007	Total
P00151SR	10001527	4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	10.158,02	53,87	9.098,61	19.310,50
P00174SR	10001541	2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	21.381,08	29.795,06	40.379,96	91.556,10
P00176SR	10001550	2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	34.300,73	38.853,05	37.149,02	110.302,80
P00180SR	10001639	2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	5.369,59	17.131,65	19.947,29	42.448,53
	10004766	16FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"x8" SRC	ASH	8 x 8			5.502,77	5.502,77
P01879SR	10001589	16FA	BOMBA ASH 8"x8" SRC	ASH	8 x 8		1.846,56	2.974,82	4.821,38
P01870SR	10002502	7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"x8" SRC	ASH	8 x 8	336,01	7.101,10	11.363,74	18.800,85
P01868SR	10002944	7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"x8" SRC	ASH	8 x 8	3.456,54	4.562,22	7.532,48	15.551,24
	10002941		BOMBA HIDROSTAL 80-315 N° 02	HIDROSTAL	80 - 315				
	10000932		BOMBA DOSIFICADORA	PROMINENT VAR	Dosificadora				
	10000934		BOMBA DOSIFICADORA	PROMINENT VAR	Dosificadora				
	10000937		BOMBA DOSIFICADORA	PROMINENT VAR	Dosificadora				
P00714SR	10002489	15GA	BOMBA ENVIROTECH PTY	KROGH	Envirotech Pty	2.858,23	1.819,83	846,28	5.524,34
P00709SR	10001056	15GB	BOMBA ENVIROTECH PTY	KROGH	Envirotech Pty	562,45	1.107,91	450,65	2.121,01
	10003971	36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL		14.381,30	14.560,63	28.941,93
	10001034	36FA	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL	42,34	1.864,09	4.827,16	6.733,59
	10003994	36FB	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL		1.276,89	4.879,32	6.156,21
	10004379	PU32	BOMBA GALIGER 2000	GALIGER	GENERAL		239,65	239,65	239,65
	10001070		BOMBA SISTEMA DE LUBRICACION SH4 1/4		GENERAL		210,27	210,27	210,27
	10001068		BOMBA SISTEMA HIDRAULICO SH4 1/4		GENERAL				
	10001076		BOMBA SISTEMA DE LUBRICACION HP500		GENERAL	41,17		242,17	283,34
	10002669	LUB	BOMBA HIDRAUL STEIMEI SF3-32 RD-MOL VERT	STEIMEI	Hidráulica			24,85	24,85
	10002534		BOMBA HIDRAULICA FILTRO DE PLACAS B	BRUCNINGHAYS	Hidráulica				
	10001180	17JC	BOMBA BERTOLINI KT2721		KT2721				
	10001177	17JB	BOMBA BERTOLINI KT3021		KT3021		1.225,87		1.225,87
	10003495		Bomba Hidrostal - Lavado de Filtro B 24G	HIDROSTAL	Lavado				
P01577SR	10004255	8JC	BOMBA CENTRIFUGA HIDROSTAL N°1	HIDROSTAL	N°1	564,19	485,16	2.296,77	3.346,12
P01596SR	10004173	8JD	BOMBA CENTRIFUGA HIDROSTAL N°2	HIDROSTAL	N°2	341,06	446,63	842,29	1.629,98
P00392SR	10002709	9FA	BOMBA SVEDALA XR250	SVEDALA	R250	14.372,17	23.618,37	10.813,14	48.803,68
P00747SR	10002712	9FB	BOMBA SVEDALA XR250	SVEDALA	R250	15.112,42	8.599,67	2.897,79	26.609,88
P01756SR	10002703	11FA	BOMBA SVEDALA XR250	SVEDALA	R250	371,56	1.181,86	1.979,41	3.532,83
P00394SR	10002706	11FB	BOMBA SVEDALA XR250	SVEDALA	R250	2.897,95	638,81	1.747,89	5.284,65
P00390SR	10002700	10FB	BOMBA SVEDALA XR250	SVEDALA	R250	357,76	597,48	7.674,93	8.630,17
P00388SR	10002697	10FA	BOMBA SVEDALA XR250	SVEDALA	R250	178,41	3.240,52	2.371,37	5.790,30
M00299SR	10001321		BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL	HIDROSTAL	REGADIO	2.642,46	181,41		2.823,87
P00943SR	10002988		GRUA PUENTE 2 TN BOMBARELAVES No 23	DEMAG	RELAVES				
	10003996		motor electrico bomba 23 FA	DELCROSA	S/D				
	10002724		GRUA 3.2TN-BOMBAS 10-11F	DEMAG	S/D	1.830,93	669,96	137,23	2.638,12
P00880SR	10002720		GRUA 5TN -BOMBAS 9F	DEMAG	S/D	34,26	117,31		151,57
	10002345		GRUA PUENTE 4 TN BOMBA 1F Y 8G No 09	DEMAG	S/D		380,68	488,06	868,74
F00961SR	10003475	8FD	Bomba Vertical FIMA	FIMA	S/D	575,21	539,33	2.492,92	3.607,46
P00400SR	10004407	8FB	Bomba Vertical FIMA	FIMA	S/D	22,60	3.783,11	2.489,65	6.295,36
P00589SR	10001232		BOMBA PERISTALTICA SP32	BREDEL	SP-32				
	10003915		BOMBA PERISTALTICA SP32	BREDEL HOSE PI	SP-32				
P00820SR	10003907	28FA	BOMBA PERISTALTICA SP-32	BREDEL HOSE PI	SP-32		3.074,71	5.180,76	8.255,47
P00814SR	10003432	28FB	Bomba BREDEL SP 32	BREDEL HOSE PI	SP-32	5.933,04	2.331,55	3.899,07	12.163,66
	10001359	15JB	BOMBA BREDEL SP-32	BREDEL	SP-32	3.812,09	4.307,59	3.002,06	11.121,74
P00813SR	10003503	15JA	BOMBA PERISTALTICA SP32	BREDEL	SP-32	3.644,08	3.547,20	5.057,44	12.248,72
	10002501		BOMBA BREDEL SP 50	BREDEL HOSE PI	SP-50				
P00822SR	10003917		BOMBA PERISTALTICA SP50	BREDEL HOSE PI	SP-50	1.083,10	4.898,85		5.981,95
P00523SR	10003461	20GB	Bomba Peristáltica BREDEL SP 50	BREDEL HOSE PI	SP-50	105,17	1.930,93	9.942,68	11.978,78
P00521SR	10004403		BOMBA PERISTALTICA SP-65	BREDEL	SP65	3.771,23	327,75	2.190,66	6.289,64
	10003963		BOMBA HORIZONTAL FIMA SPVC 4"	FIMA	SPVC 4				
P00370SR	10003981	22FC	BOMBA VERTICAL FIMA SPVC 4"	FIMA	SPVC 4	225,09	72,90	1.257,27	1.555,26
P00334SR	10002398	20FD	BOMBA SPVC 4" 304-100	DENVER	SPVC 4	3.539,98	564,11	293,75	4.397,84
P00315SR	10002389	20FA	BOMBA FIMA SPVC 4"	FIMA	SPVC 4	1.740,99	75,98	257,37	2.074,34
P00336SR	10002906		BOMBA DENVER FIMA SPVC 6" 365-150	DENVER FIMA	SPVC 6	303,25	1.199,35		1.502,60
P00338SR	10003944	20FE	BOMBA FIMA SPVC 6"	FIMA	SPVC 6	6.207,37	320,49	1.799,73	8.327,59
P00332SR	10002395	20FC	BOMBA FIMA SPVC 6"	FIMA	SPVC 6	1.868,67		24,88	1.893,55
P00316SR	10002392	20FB	BOMBA FIMA SPVC 6"	DENVER	SPVC 6	2.309,41	1.003,32	98,94	3.411,67
	10004175		BOMBA PERISTALTICA SPX50	BREDEL HOSE	SPX50		1.019,66	121,25	1.140,91
P01585SR	10003892		BOMBA PERISTALTICA SPX-50	BREDEL HOSE	SPX50		4.364,84		4.364,84
P01584SR	10004225	20GA	BOMBA PERISTALTICA SPX65	BREDEL HOSE	SPX65	14.506,16	12.689,44	23.235,19	50.430,79
P01321SR	10001347	37FG	BOMBA JUMBO SUMERGIBLE DE 70KW	ABS	Sumergible		171,63	1.768,67	1.940,30
P01322SR	10003000	37FH	BOMBA JUMBO SUMERGIBLE DE 70KW	ABS	Sumergible	1.777,44		136,38	1.913,82
P02002SR	10002507		BOMBA DE VACIO COMESA 6804 No 03	COMESA	Vacio 6804	3.318,79	4.363,60	1.034,62	8.717,01
P00707SR	10002504		BOMBA DE VACIO COMESA 6806 No 01	COMESA	Vacio 6804	18.913,57	3.364,79	454,16	22.732,52
P02003SR	10002513	BV04	BOMBA DE VACIO COMESA 6804 No 04	COMESA	Vacio 6804	13.559,56	220,13	840,81	14.620,50
P00704SR	10002510	03	BOMBA DE VACIO COMESA 6804 N°03	COMESA	Vacio 6804	1.166,79	9.042,33	197,78	10.406,90
P01783SR	10001305	BV02	BOMBA DE VACIO NASH CL703 N°2	NASH	Vacio CL703	85,10	1.499,24	478,35	2.062,69
	10001568		BOMBA WORTHINGTON W-3R091	WORTHINGTON	W 3R091				
					Sub - Total	799.447,69	786.965,32	868.268,56	
PRELL									
	10004376	RP12	BOMBA WEIR HERO 100S 012	WEIR HERO	100S			12,52	12,52
	10004377	RP13	BOMBA WEIR HERO 100S 013	WEIR HERO	100S				
M00572SR	10004374	BP01	BOMBA DE PISTONES N°1	SCHWING	Pistones		78.046,73	109.405,41	187.452,14
P01284SR	10001638	RP10	BOMBA DENVER 31/2 X 60	FIMA	3 1/2 x 60	2.834,06	1.717,41	2.914,47	7.465,94
	10004366	RP6	BOMBA ASH 5X4	ASH	5 x 4		3.369,92	13.922,21	17.292,13
	10004365	RP5	BOMBA ASH 5X4	ASH	5 x 4		4.428,19	7.587,50	12.015,69
	10004378	RP09	BOMBA GALIGER 2000	GALIGER	GENERAL		2.996,74	231,87	3.228,61
	10004369	CV01	BOMBA DE VACIO N°1 RELLENO EN PASTA	NASH	Vacio 1	128,03	4.315,04	1.985,68	6.428,75
	10004370	CV02	BOMBA DE VACIO N°2 RELLENO EN PASTA	NASH	Vacio 2		1.728,15	911,43	2.639,58
P01797SR	10004361	RP1B	BOMBA ASH 5X4 G-924	ASH	5 x 4	1.315,13	7.833,27	6.615,66	15.764,06
P01795SR	10004362	RP2A	BOMBA ASH 5X4 G-924	ASH	5 x 4	878,64	7.318,21	4.947,07	13.143,92
P01798SR	10004360	RP1A	BOMBA ASH 5X4 G-924	ASH	5 x 4	4.980,43	5.506,55	10.973,93	21.460,91
M00532SR	10004363	RP2B	BOMBA ASH 5X4 G-924	ASH	5 x 4	2.726,37	6.433,59	3.726,02	12.885,98
P01878SR	10004992		BOMBA DE AGUA EBARA EVMU 2 9	EBARA	EVMU 2 9			27,64	27,64
P01877SR	10004375	RP11	BOMBA DE AGUA EBARA EVMU 5 12	EBARA	EVMU 5 12	153,21	2.582,41	6.029,63	8.765,25
	10004991		BOMBA DE AGUA EBARA EVMU 5 12	EBARA	EVMU 5 12			645,62	645,62
P02025SR	10005022		BOMBA MULTIEPATICA EBARA MOD EVMU3-11F03	EBARA	EVMU3			361,96	361,96
	10004358	RP01	BOMBA PERISTALTICA SPX32 PRELL-PU	BREDEL	SPX32		410,30	1.300,78	1.711,08
	10004359	RP02	BOMBA PERISTALTICA SPX32 PRELL-PU	BREDEL	SPX32	1.503,26			1.503,26
					Sub - Total	14.518,13	126.686,51	171.589,40	
					TOTAL	813.966,82	813.651,83	1.039.867,96	

 Bombas sin registro de costos

 Bombas que registraron un acumulado de más de USD 10.000 en los últimos tres años

Actualmente se cuenta con 195 bombas, en la tabla 3.1 se puede observar el resumen de los costos de mantenimiento por cada tipo de bomba y por cada año. Se observa que los costos se han incrementado año a año a pesar que en el año 2005 se manejó mayor cantidad de bombas que en el 2007.

En esta parte, el criterio de selección del grupo de bombas a ser evaluadas, es simplemente aquellas bombas que en los tres últimos años resultaron ser las más costosas y/o que los costos hayan sufrido mucha variación. El resumen de ésta selección se puede ver en la tabla 3.2

3.2 RESUMEN DE EQUIPOS CRÍTICOS POR LA OPERACIÓN

Para determinar el grupo de bombas a ser evaluadas y de estas realizar las mejoras en sus instalaciones, así como un buen plan de mantenimiento preventivo, es necesario conocer el grupo de bombas que por su participación en el proceso productivo son críticas.

Para determinar la criticidad de una bomba se ha considerado los siguientes criterios:

- Si el equipo se detiene automáticamente para la planta
- Si el equipo falla el tonelaje se ve afectado (disminuye).
- Si el equipo falla compromete la operatividad de algún equipo mayor (chancadora, molino, espesador, clasificador, etc.)

En la tabla 3.3 se puede observar el resumen de bombas definidas críticas por la operación.

Tabla N° 3.2 Resumen de las bombas más costosas de los últimos tres años

Equipo	Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	COSTO USD			
					2005	2006	2007	Total
COMCENTRACION DE ESTANO								
10002321	5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	12 130,13	8 549,31	8 235,18	28.914,62
10001613	4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	7 090,73	1 038,58	5 053,03	13.182,34
10003041	3GB	BOMBA COMESA 10 x 8	DENVER	10 x 8	6 057,99	7 388,91	9 654,67	23.101,67
10001607	3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	7 582,32	1 824,78	3 837,85	13.244,95
10002318	2GA	BOMBA COMESA 10X8	COMESA	10 x 8	10 246,17	11 212,30	24 145,92	45.604,39
10003496	2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	10 053,00	5 566,53	4 075,66	19.695,19
10001604	2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	9 926,52	17 568,21	7 443,16	34.937,89
10001671	1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	5 869,53	10 758,93	12 575,19	29.203,65
10001668	1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	6 592,37	9 109,29	12 884,48	28.586,14
10001258	2JC	BOMBA COMESA 10 X 8	COMESA	10 x 8	6 519,71	6 923,79	2 560,82	16.004,32
10002978	33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	13 059,76	8 918,07	9 373,69	31.351,52
10002969	1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	4 872,81	11 847,84	8 388,01	25.108,66
10002972	1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	13 292,82	7 733,88	20 433,05	41.459,75
10002324	8FA	BOMBA DENVER 2 1/2 x 48"	DENVER	2 1/2 x 48	15,18	6 846,74	4 795,30	11.657,22
10001362	10GC	BOMBA CENTRIFUGA EJE VERTICAL 31/2 X60	DENVER-FIMA	3 1/2 x 60	4 772,99	7 575,24	3 517,77	15.866,00
10002924	4GD	BOMBA DENVER 4"x8"	DENVER	4 x 3	3 299,24	6 394,99	3 227,68	12.921,91
10001641	4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	1 795,59	9 455,91	5 581,97	16.833,47
10003952	2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	7 315,66	5 334,12	2 712,62	15.362,40
10001565	4JD	BOMBA DENVER 4X3 4JD	DENVER	4 x 3	3 414,84	2 685,84	8 798,07	14.898,75
10001574	4JA	BOMBA DENVER 4 x 3 4JA	DENVER	4 x 3	1 777,35	3 802,71	7 844,99	13.425,05
10001586	4JH	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	4 730,69	3 664,78	6 338,70	14.734,17
10001577	4JB	BOMBA COMESA 4 x 3 4JB	COMESA	4 x 3	4 078,43	3 773,77	3 727,23	11.679,43
10003505	4JG	BOMBA COMESA 4x3 4JG	COMESA	4 x 3	6 839,89	6 048,27	5 941,31	18.829,47
10001556	3JB	BOMBA DENVER 4 x 3	FIMA DENVER	4 x 3	735,46	8 365,52	1 722,92	10.823,90
10001027		BOMBA WORTHINGTON 4M-223 # 04	WORTHINGTON	4M 223	11 319,55			11.319,55
10001009		BOMBA WORTHINGTON 4M-223 N°01	WORTHINGTON	4M 223	15 404,71	125,17		15.529,88
10003009	16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	18 698,09	7 210,96	13 553,53	39.462,58
10003016	6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	20 485,49	5 510,86	14 927,39	40.923,74
10002997	6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	20 738,64	7 117,63	14 845,77	42.702,04
10001614		BOMBA WORTHINGTON 4UNB-12 146 Nro 01	WORTHINGTON	4UNB-12	4 743,65	23 195,70		27.939,35
10002407		BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	5 354,57	8 105,97	3 135,92	16.596,46
10002410	22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	5 022,67	6 652,59	11 718,88	23.394,14
10001580	22FB	BOMBA DENVER 5 x 4 22FB	COMESA	5 x 4	6 030,38	8 608,38	4 627,58	19.266,34
10002618	4FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER-FIMA	5 x 4	4 214,96	4 266,06	7 289,57	15.770,59
10002621	4FB	BOMBA DENVER 5x4	DENVER	5 x 4	4 063,52	5 083,13	4 631,19	13.777,84
10002474	10GB	BOMBA DENVER 5 x 4	FACO PAULIST	5 x 4	3 503,62	6 547,52	6 325,79	16.376,93
10002471	10GA	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	4 480,67	3 581,17	6 212,48	14.274,32
10001714	2GF	BOMBA COMESA 5X4	COMESA	5 x 4	5 420,20	5 796,37	2 890,01	14.106,58
10001636	9JA	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	5 265,01	4 383,09	7 027,91	16.676,01
10001637	9JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	6 319,88	1 227,37	3 911,03	11.458,28
10001592	5JA	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	2 024,73	7 280,62	9 881,92	19.187,27
10001595	5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	2 248,90	2 099,20	6 152,55	10.500,65
10001329	7JA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	1 749,48	9 169,37	2 083,95	13.002,80
10001338	4JE	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 5 X 4 4JE	FIMA	5 x 4	4 257,16	6 281,01	5 967,96	16.506,13
10004392	3JF	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	12 887,63	11 717,96	12 125,93	36.731,52
10002545	3JE	BOMBA SAN RAFAEL 5X4	SAN RAFAEL	5 x 4	4 031,55	6 602,69	9 941,91	20.576,15
10001553	1JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	10 435,48	1 590,25	2 537,50	14.563,23
10001538	1JA	BOMBA COMESA 5 x 4	DENVER	5 x 4	6 975,81	3 798,68	3 409,47	14.183,96
10004752	7JB	BOMBA ASH VULCO 6 x 6	ASH	6 x 6		4 661,33	21 151,16	26.812,49
10003013		BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR 18	INGERSOLL	6LR 18	10 320,96			10.320,96
10003032	37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DR	6LR 18	2 952,45	858,10	10 687,51	14.488,06
10003035	36FE	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18	INGERSOLL DR	6LR 18	16 705,85	2 250,29		18.956,14
10003019	16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DR	6LR 18	6 891,85	6 037,98	16 188,60	29.118,43
10001168	37FE	BOMBA WORTHINGTON 6M-294	WORTHINGTON	6M 294	15 542,05	2 987,10	3 535,15	22.064,30
10002975	5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	11 703,04	1 998,71	36 024,62	49.726,37
10001598	27F	BOMBA WORTHINGTON 6R-163	WORTHINGTON	6R 163	7 225,37	574,41	3 262,68	11.062,46
10001255	EXPO	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	7 718,14	9 949,06		17.667,20
10001317	37FA	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 8X6	WORTHINGTON	8 x 6	3 728,65	10 812,02	4 340,64	18.881,31
10002752	15FA	BOMBA DENVER 8 x 6	DENVER	8 x 6	2 668,92	3 369,89	4 327,83	10.366,64
10004171	3FA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	7 276,55	9 281,69	1 072,00	17.630,24
10002404	8GA	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	19 851,30	6 831,11	20 460,01	47.142,42
10003539	8GB	BOMBA COMESA 8X6	COMESA	8 x 6	4 613,63	10 829,37	9 374,12	24.817,12
10001527	4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	10 158,02	53,87	9 098,61	19.310,50
10001541	2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	21 381,08	29 795,06	40 379,96	91.556,10
10001550	2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	34 300,73	38 853,05	37 149,02	110.302,80
10001639	2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	5 369,59	17 131,65	19 947,29	42.448,53
10002502	7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"x8" SRC	ASH	8 x 8	336,01	7 101,10	11 363,74	18.800,85
10002944	7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"x8" SRC	ASH	8 x 8	3 456,54	4 562,22	7 532,48	15.551,24
10003971	36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL		14 381,30	14 560,63	28.941,93
10002709	9FA	BOMBA SVEDALA XR250	SVEDALA	R250	14 372,17	23 618,37	10 813,14	48.803,68
10002712	9FB	BOMBA SVEDALA XR250	SVEDALA	R250	15 112,42	8 599,67	2 897,79	26.609,88

Equipo	Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	COSTO USD			
					2005	2006	2007	Total
COMCENTRACION DE ESTAÑO								
10003432	28FB	Bomba BREDEL SP 32	BREDEL HOSE	SP-32	5.933,04	2.331,55	3.899,07	12.163,66
10001359	15JB	BOMBA BREDEL SP-32	BREDEL	SP-32	3.812,09	4.307,59	3.002,06	11.121,74
10003503	15JA	BOMBA PERISTALTICA SP32	BREDEL	SP-32	3.644,08	3.547,20	5.057,44	12.248,72
10003461	20GB	Bomba Peristáltica BREDEL SP 50	BREDEL HOSE	SP-50	105,17	1.930,93	9.942,68	11.978,78
10004225	20GA	BOMBA PERISTALTICA SPX65	BREDEL HOSE	SPX65	14.506,16	12.689,44	23.235,19	50.430,79
10002504		BOMBA DE VACIO COMESA 6806 No 01	COMESA	Vacio 6804	18.913,57	3.364,79	454,16	22.732,52
10002513	BV04	BOMBA DE VACIO COMESA 6804 No 04	COMESA	Vacio 6804	13.559,56	220,13	840,81	14.620,50
10002510	03	BOMBA DE VACIO COMESA 6804 N°03	COMESA	Vacio 6804	1.166,79	9.042,33	197,78	10.406,90

Tabla N° 3.3 Relación de equipos criticos por la Operación

Item	Posición	Descripción	Ubicación técnica
1	2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	S0204-07002
2	2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	S0204-07002
3	2JC	BOMBA COMESA 10 X 8	S0204-07002
4	2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	S0204-07002
5	4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	S0204-07004
6	8JC	BOMBA CENTRIFUGA HIDROSTAL N°1	S0204-07005
7	8JD	BOMBA CENTRIFUGA HIDROSTAL N°2	S0204-07005
8	5JA	BOMBA DENVER 5 x 4	S0204-07010
9	5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	S0204-07010
10	1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	S0206-04001
11	1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	S0206-04001
12	1GC	BOMBA HIDROSTAL 50-200-5-E500-AS	S0206-04001
13	2GA	BOMBA COMESA 10X8	S0207-04001
14	2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	S0207-04001
15	2GC	BOMBA COMESA 8X6	S0207-04001
16	2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	S0207-04001
17	2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	S0207-04001
18	2GF	BOMBA COMESA 5X4	S0207-04001
19	8GA	BOMBA COMESA 8 X 6	S0207-04002
20	8GB	BOMBA COMESA 8X6	S0207-04002
21	3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	S0207-04004
22	3GB	BOMBA COMESA 10 x 8	S0207-04004
23	4GA	BOMBA COMESA 10 x 8	S0207-04005
24	4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	S0207-04005
25	4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	S0207-04005
26	4GD	BOMBA DENVER 4"x3"	S0207-04005
27	12GA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 4"X3" SRC	S0208-05007
28	1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	S0213-04004
29	1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	S0213-04004
30	5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	S0214-04001
31	5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	S0214-04001
32	6FA	BOMBA DENVER 10 x 8	S0214-04002
33	6FB	BOMBA DENVER 12 x 10	S0214-04002
34	7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	S0214-04003
35	7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	S0214-04003
36	10FA	BOMBA SVEDALA XR250	S0215-02001
37	10FB	BOMBA SVEDALA XR250	S0215-02001
38	11FA	BOMBA SVEDALA XR250	S0215-02003
39	11FB	BOMBA SVEDALA XR250	S0215-02003
40	15FA	BOMBA DENVER 8 x 6	S0216-03001
41	15FB	BOMBA COMESA 8 x 6	S0216-03001
42	16FA	BOMBA ASH 8'X8' SRC	S0217-03002
43	16FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	S0217-03002
44	19FA	BOMBA COMESA 8 x 6	S0217-03003
45	19FB	BOMBA COMESA 8 x 6	S0217-03003
46	27F	BOMBA WORTHINGTON 6R-163	S0217-03004
47	20FA	BOMBA FIMA SPVC 4"	S0217-03005
48	20FB	BOMBA FIMA SPVC 6"	S0217-03005
49	20FC	BOMBA FIMA SPVC 6"	S0217-03005
50	20FD	BOMBA SPVC 4" 304-100	S0217-03005
51	20FE	BOMBA FIMA SPVC 6"	S0217-03005
52	20FF	BOMBA ASH VULCO 6 X 6	S0217-03005
53	20FG	BOMBA COMESA 8 x 6	S0217-03005
54	21FA	BOMBA WORTHINGTON 6M 163	S0217-03006
55	21FB	BOMBA WORTHINGTON 6R-163	S0217-03006
56	22FA	BOMBA DENVER 5X4	S0217-03007

Item	Posición	Descripción	Ubicación técnica
57	22FB	BOMBA DENVER 5 x 4 22FB	S0217-03007
58	22FC	BOMBA VERTICAL FIMA SPVC 4"	S0217-03007
59	33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	S0218-01001
60	33FC	BOMBA COMESA 8x6	S0218-01001
61	33FD	BOMBA WORTHINGTON 6M-294	S0218-01001
62	6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	S0219-01001
63	6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	S0219-01001
64	16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	S0219-01002
65	16GB	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	S0219-01002
66	16GC	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18 B	S0219-01002
67	16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	S0219-01002
68	8JA	BOMBA HIDROSTAL 125 x 250	S0219-01004
69	8JB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 125x250	S0219-01004
70	36FA	BOMBA FLOWSERVE	S0219-01005
71	36FB	BOMBA FLOWSERVE	S0219-01005
72	36FC	BOMBA FLOWSERVE	S0219-01005
73	36FD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	S0219-01005
74	36FE	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18	S0219-01005
75	36FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18	S0219-01005
76	37FA	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 8X6	S0219-01006
77	37FB	BOMBA WORTHINGTON 6R-163	S0219-01006
78	37FE	BOMBA WORTHINGTON 6M-294	S0219-01006
79	37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	S0219-01006
80	37FG	BOMBA JUMBO SUMERGIBLE DE 70KW	S0219-01006
81	37FH	BOMBA JUMBO SUMERGIBLE DE 70KW	S0219-01006

3.3 RESUMEN DE EQUIPOS POR ÁREA DE OPERACIÓN

Para tener un grupo variado de bombas que serán evaluadas y que están sometidas a diferentes tipos de pulpa es necesario agruparlas por área ó mejor aún con el término que se maneja en la unidad minera “Equipos por ubicación técnica”. Todos los equipos que pertenecen a una misma ubicación técnica por lo general manejan el mismo tipo de pulpa.

En la tabla 3.4 se puede observar el resumen de bombas por ubicación técnica.

3.4 SELECCIÓN DE BOMBAS A EVALUAR

Después de revisar todas las bombas de acuerdo a los criterios anteriormente indicados se procede a la selección de las bombas, cruzando la información de las mismas.

En la tabla 3.5 se puede observar el grupo de bombas que fueron seleccionadas para mejorar su confiabilidad y disponibilidad dentro de la operación.

Para la selección de las bombas se tomó los siguientes criterios:

- En el resumen de bombas por ubicación técnica se pudo observar las áreas que generan mayor costo, por lo que para la selección se consideró las bombas ubicadas dentro de esas áreas. Entonces ordenando desde el área más costosa hasta la menos costosa se tiene: S0204 (5 bombas), S0207 (7 bombas), S0219 (6 bombas),

Tabla N° 3.4 Resumen de bombas por Ubicación Técnica

Ubicación Técnica	Descripción	Cant Bombas			Costos (USD)			% Costos		
		2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
PLANTA CONCENTRADORA - ESTAÑO / COBRE										
S0204	Concentración Jigs	26	27	25	152.915,24	186.809,25	224.335,56	19,13%	23,74%	25,84%
S0207	Molienda Secundaria	16	16	16	109.062,45	103.960,42	117.125,92	13,64%	13,21%	13,49%
S0219	Abastecimiento de agua	18	21	14	120.127,08	70.079,28	106.998,08	15,03%	8,91%	12,32%
S0214	Remolienda Vertical	6	6	7	29.284,75	29.927,78	63.708,65	3,66%	3,80%	7,34%
S0213	Remolienda Horizontal	11	13	13	39.097,97	52.480,36	59.676,40	4,89%	6,67%	6,87%
S0217	Flotación Casiterita	22	27	25	55.825,96	32.611,83	48.573,24	6,98%	4,14%	5,59%
S0211	Filtrado Gravimetría	11	10	8	59.817,41	39.529,39	44.505,40	7,48%	5,02%	5,13%
S0208	Mesas Concentradoras	15	15	14	27.255,10	34.572,67	32.719,68	3,41%	4,39%	3,77%
S0218	Disposición de relaves	3	5	6	13.403,74	13.563,46	32.243,90	1,68%	1,72%	3,71%
S0210	Limpieza Sulfuros Gravimetría	17	19	16	22.339,34	33.009,30	30.769,44	2,79%	4,19%	3,54%
S0206	Molienda Primaria	3	3	3	12.899,99	22.218,17	27.729,53	1,61%	2,82%	3,19%
S0215	Deslame	9	9	4	35.661,24	39.658,80	27.621,76	4,46%	5,04%	3,18%
S0205	Bombeo Circuito de Limpieza Gravimetric	4	4	4	15.961,82	9.157,02	16.662,38	2,00%	1,16%	1,92%
S0212	Filtrado Flotación	4	6	5	7.411,85	11.838,96	14.795,77	0,93%	1,50%	1,70%
S0220	Taller de Mantenimiento Mecanico	24	22	5	88.309,92	84.824,99	11.118,29	11,05%	10,78%	1,28%
S0216	Limpieza Sulfuros Flotación	5	6	6	10.032,66	20.389,80	9.040,48	1,25%	2,59%	1,04%
S0223	LABORATORIO METALURGICO	0	2	0	0,00	2.123,57	401,91	0,00%	0,27%	0,05%
S0203	Chancado Terciario	1	1	1	41,17	210,27	242,17	0,01%	0,03%	0,03%
S1002	Almacén Central San Rafael	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%
	Sub - Total	169	185	147	799.447,69	786.965,32	868.268,56	100,00%	100,00%	100,00%
PLANTA RELLENO										
S0112	Planta Relleno en Pasta	8	13	13	14.519,13	126.686,51	171.599,40	100,00%	100,00%	100,00%
	Sub - Total	8	13	13	14.519,13	126.686,51	171.599,40	100,00%	100,00%	100,00%
TOTAL		177	198	160	813.966,82	913.651,83	1.039.867,96			

Tabla Nº 3.5 Relación de Bombas seleccionadas

Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	Ubicación Técnica	COSTO USD			
					2005	2006	2007	Total
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	S0204-07002	21.381,08	29.795,06	40.379,96	91.556,10
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	S0204-07002	34.300,73	38.853,05	37.149,02	110.302,80
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	S0204-07002	5.369,59	17.131,65	19.947,29	42.448,53
4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	S0204-07004	10.158,02	53,87	9.098,61	19.310,50
5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	S0204-07010	2.248,90	2.099,20	6.152,55	10.500,65
1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0206-04001	6.592,37	9.109,29	12.884,48	28.586,14
1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0206-04001	5.869,53	10.758,93	12.575,19	29.203,65
2GA	BOMBA COMESA 10X8	COMESA	10 x 8	S0207-04001	10.246,17	11.212,30	24.145,92	45.604,39
2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	S0207-04001	9.926,52	17.568,21	7.443,16	34.937,89
2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0207-04001	10.053,00	5.566,53	4.075,66	19.695,19
2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	S0207-04001	7.315,66	5.334,12	2.712,62	15.362,40
3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	S0207-04004	7.582,32	1.824,78	3.837,85	13.244,95
4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0207-04005	7.090,73	1.038,58	5.053,03	13.182,34
4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	S0207-04005	1.795,59	9.455,91	5.581,97	16.833,47
1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	S0213-04004	4.872,81	11.847,84	8.388,01	25.108,66
1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	S0213-04004	13.292,82	7.733,88	20.433,05	41.459,75
5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	S0214-04001	11.703,04	1.998,71	36.024,62	49.726,37
5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	S0214-04001	12.130,13	8.549,31	8.235,18	28.914,62
7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	S0214-04003	336,01	7.101,10	11.363,74	18.800,85
7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	S0214-04003	3.456,54	4.562,22	7.532,48	15.551,24
22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	S0217-03007	5.022,67	6.652,59	11.718,88	23.394,14
33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	S0218-01001	13.059,76	8.918,07	9.373,69	31.351,52
6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	S0219-01001	20.738,64	7.117,63	14.845,77	42.702,04
6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	S0219-01001	20.485,49	5.510,86	14.927,39	40.923,74
16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	S0219-01002	18.698,09	7.210,96	13.553,53	39.462,58
16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRES	6LR 18	S0219-01002	6.891,85	6.037,98	16.188,60	29.118,43
36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL	S0219-01005		14.381,30	14.560,63	28.941,93
37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRES	6LR 18	S0219-01006	2.952,45	858,10	10.687,51	14.498,06
TOTAL					273.570,51	258.282,03	388.870,39	

S0214 (4 bombas), S0213 (2 bombas), S0217 (1 bomba), S0218 (1 bomba) y S0206 (2 bombas). En Total 28 bombas.

- El número de bombas por cada área mostradas en el punto anterior, se determinó por la criticidad de las mismas dentro de la operación y por aquellas bombas que registraron mayor costo en los últimos tres años.

CAPITULO 4

LEVANTAMIENTO DE INFORMACION GENERAL

4.1 INFORMACIÓN DE LA INSTALACIÓN (EXTERIORES)

En esta parte lo que se busca es levantar la información de cómo se encuentra instalado los exteriores del equipo, vale decir sumideros, tuberías de succión y descarga y cimentación. Además se va a revisar si estos elementos se encuentran dentro de las normas ASME ó si cumplen con las recomendaciones hechas por el fabricante.

Para cada caso se va a definir tipos de falla y/o mala instalación, para posteriormente en la tabla 4.1 mostrar a que tipo de falla pertenece cada bomba analizada.

4.1.1 Sumidero

Las diferentes cargas provenientes de muchos equipos llegan a una caja colectora llamada sumidero, es desde aquí donde la bomba inicia su ciclo de bombeo.

Los tipos de fallas observadas son las siguientes:

Falla 1: Sumidero con dimensiones fuera de lo recomendado por el fabricante

Las dimensiones de estos sumideros se encuentran fuera de lo recomendado por el fabricante, más aún las cargas llegan directamente a la succión de la bomba generando mucha turbulencia. (Ver figura N° 4.1)



Figura N° 4.1

4.1.2 Tuberías de succión

La tubería de succión debe ser lo más corta posible, incluyendo el mínimo número de accesorios. Esta tubería de succión debe estar dispuesta en forma tal que permita que una sección de la misma pueda ser fácilmente retirada para poder extraer la mitad exterior de la caja de la bomba y permita a su vez el acceso para reemplazar las partes forradas con jebe ó algún otro componente. Se recomienda la utilización de uniones victaulic ó similares para dicha sección de tubería a fin de facilitar su desmontaje.

La tubería de succión debe tener una pendiente hacia arriba en dirección hacia la brida de succión de la bomba, no debiendo utilizarse una reducción

recta en la tubería de succión horizontal. En lugar de dicha reducción se debe utilizar una reducción excéntrica con la porción recta de la misma en la parte superior de la tubería. (Ver figura 4.2)

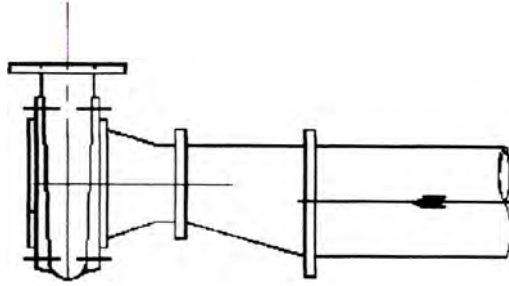


Figura N° 4.2

Cualquier punto alto que se tenga en la línea absorberá aire y reducirá la capacidad del sistema, causando además en algunas oportunidades que la bomba pierda fuerza en la succión.

El nivel de pulpa dentro del sumidero ó caja de alimentación, deberá estar siempre por encima del punto de ingreso a la tubería de alimentación a la bomba.

La bomba nunca debe ser estrangulada mediante el uso de una válvula en el lado de succión de la misma. Es aconsejable tener una válvula de cierre (válvula macho), en la tubería de succión, a fin de que las bombas puedan ser aisladas del conjunto mientras se hacen las reparaciones, pero esta válvula nunca debe ser usada para controlar la capacidad de la bomba por estrangulamiento.

Tanto la tubería de succión como la de descarga deben tener soportes independientes en las proximidades a la bomba, de modo que no se transmitan esfuerzos a la caja de la bomba cuando se ajusten los pernos de las bridas.

Los tipos de fallas observadas son las siguientes:

Falla 1: Tubería de succión muy corta

La tubería de succión se encuentra muy próxima al sumidero, el cual no permite una fácil inspección de los componentes de ese lado, llámese forros lado succión e impulsor. La única alternativa es retirar la bomba en el sentido contrario al sumidero para poder destaparla y revisarla. (Ver figura N° 4.3)

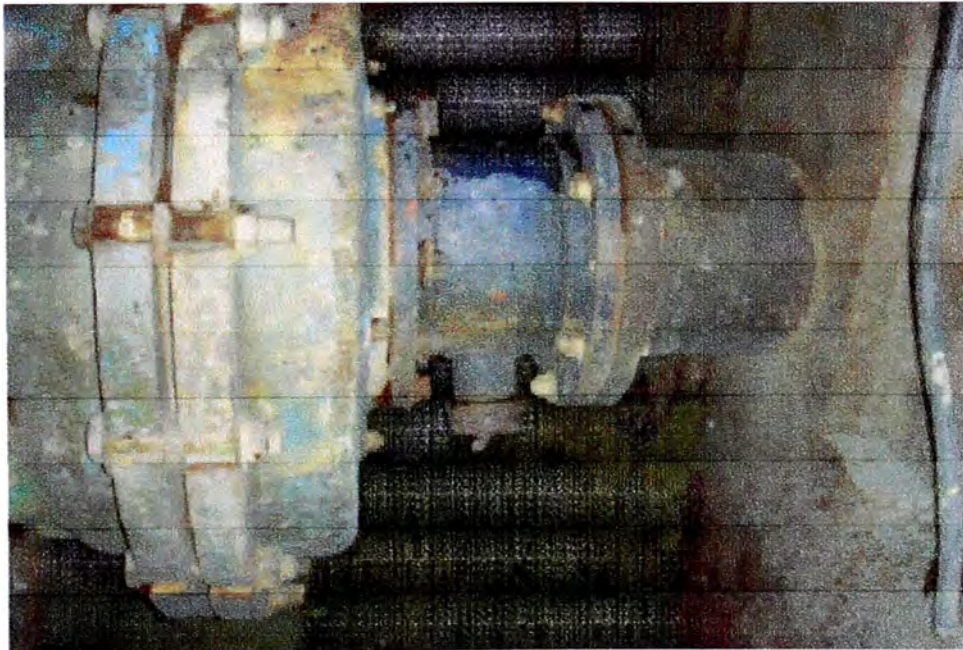


Figura N° 4.3

Falla 2: Tubería de succión con pendiente descendiente

La tubería de succión se encuentra instalada con una pendiente de arriba hacia abajo en dirección hacia la brida de succión de la bomba. (Ver figuras N° 4.4 y 4.5).

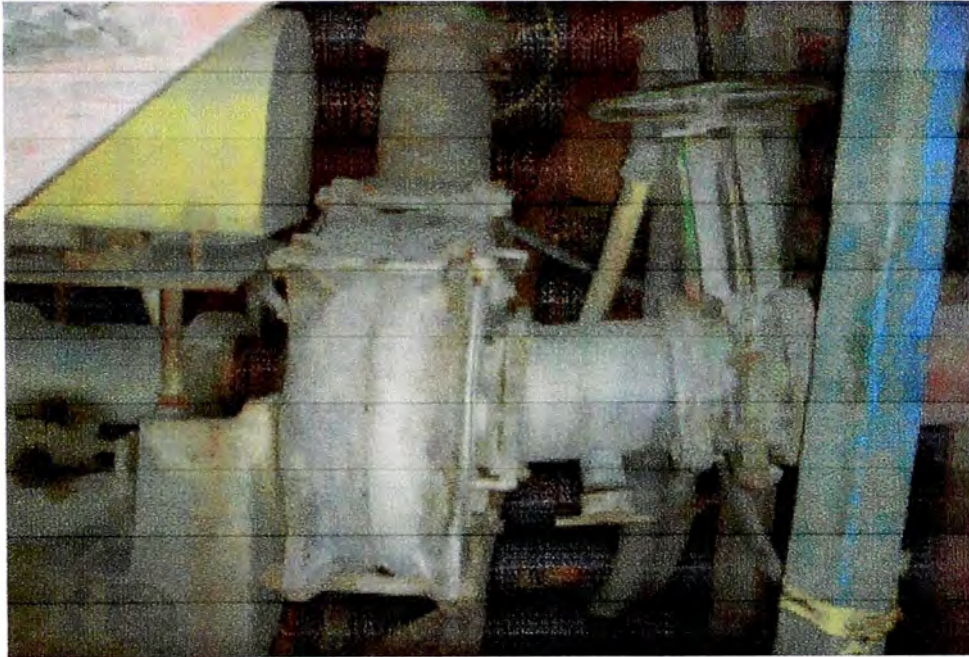


Figura N° 4.4

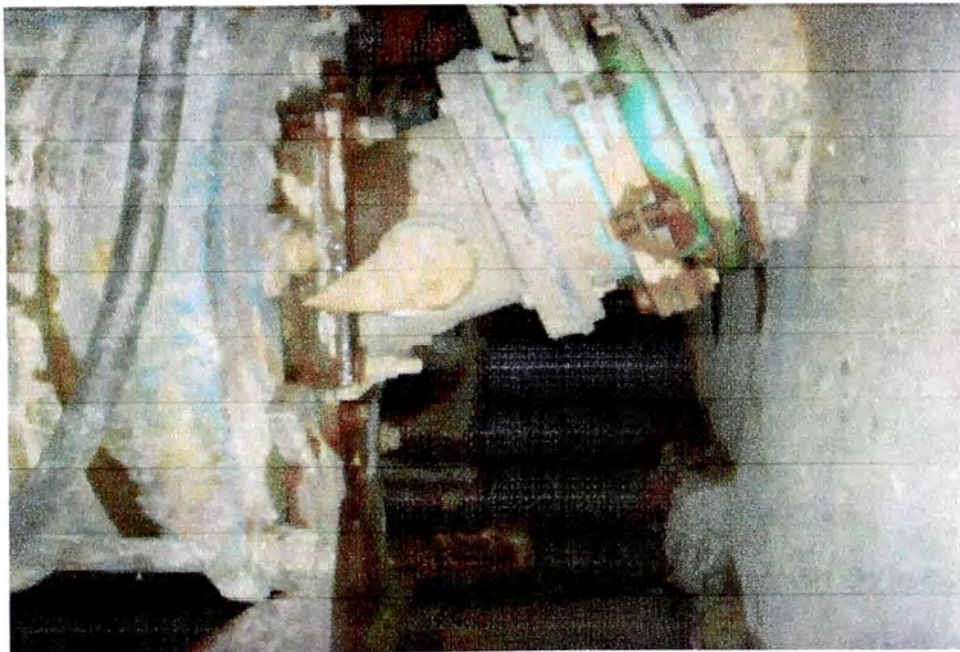


Figura N° 4.5

Falla 3: Válvula de la tubería de succión utilizada para la regulación.

Se tiene por lo general válvulas tipo cuchilla en la línea de succión, pero estas se utilizan en muchos casos como regulación del flujo, porque no se tiene ninguna válvula de control en la descarga. (Ver figura N° 4.6).



Figura N° 4.6

Falla 4: Tuberías de succión sin soporte, apoyada en la bomba.

No se cuenta con soportes en las proximidades de la succión de la bomba, a pesar de que las tuberías son de diámetros mayores y que a su vez cuentan con elementos pesados como válvulas. La tubería se encuentra bridada en

un extremo al sumidero y en el otro a la succión de la bomba. (Ver figuras N° 4.7 y 4.8).

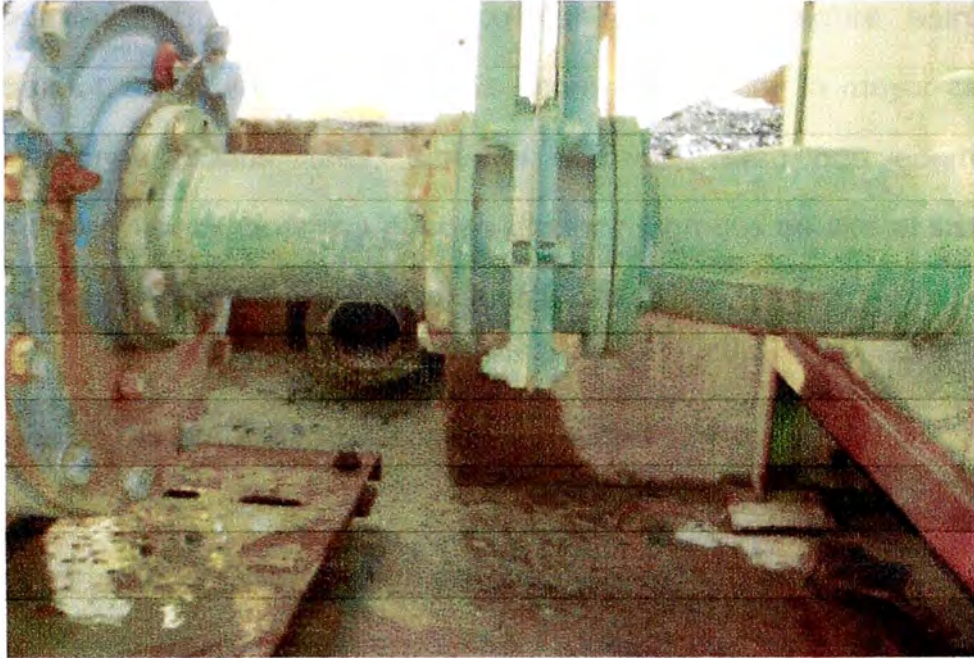


Figura N° 4.7



Figura N° 4.8

4.1.3 Tuberías de descarga

Para tuberías de descarga con tramos horizontales muy largos, es recomendable mantener la pendiente tan uniforme como sea posible, aunque tenga que recurrirse a colocar la tubería sobre estructuras especiales para poder soportarlas. Es aconsejable evitar la mayor cantidad de accesorios (codos, tees, tuberías dobladas, etc.) que además de aumentar la cabeza dinámica pueden producir ingresos de aire al sistema o hacer que la bomba trabaje con flujos erráticos.

Los tipos de fallas observadas son las siguientes:

Falla 1: Tubería de descarga con estrangulamientos

La tubería de descarga se encuentra instalada con cambios bruscos de sección, es decir no se cuenta con una reducción adecuada. (Ver figura N° 4.9).



Figura N° 4.9

Falla 2: Tubería de descarga con muchos cambios de dirección.

La tubería de descarga se encuentra instalada con cambios bruscos de dirección, sin contar con soportes adecuados para mantener una línea recta.

(Ver figuras N° 4.10 y 4.11)



Figura N° 4.10



Figura N° 4.11

Falla 3: Tubería de descarga sin soporte, apoyada en la bomba.

No se cuenta con soportes en las proximidades de la descarga de la bomba, a pesar de que la mayor parte de la instalación es con manguera trellex, la bomba soporta gran parte del peso de los accesorios. Además que las tuberías que se conectan a la brida de descarga se encuentran formando "S", parte del fluido bombeado también es soportado por la bomba. (Ver figura N° 4.12).



Figura N° 4.12

4.1.4 Cimentación

La cimentación debe ser lo suficientemente sólida para absorber cualquier vibración que se presente y para formar un soporte permanente y rígido para la bomba. Es preferible una cimentación de concreto que tenga pernos de anclaje de tamaño apropiado ubicados en la base de acuerdo al plano de dimensiones de la bomba.

Por cuestiones de operación se cuenta con tiempos muy ajustados para la instalación de una bomba, por lo que para la fijación de la base de la bomba utilizamos grout epóxico de secado rápido. Cuando se cuenta con un mayor holgura de tiempo se utiliza grout cementicio, que además es más económico (en el capítulo 6, se explicará con mayor detalle esta aplicación).

Falla 1: Bomba sin cimiento, apoyada directamente al suelo.

Se tienen bombas sin una base cimentada ó grouteda, si no apoyadas directamente al suelo, en algunos casos se tiene bombas apoyadas en estructuras simples. (Ver figuras N° 4.13 y 4.14).



Figura N° 4.13



Figura N° 4.14

Falla 2: Bomba sin pernos de anclaje

Se tienen bombas simplemente apoyadas al suelo ò al cemento pero no están fijas a estas por no contar con sus pernos de anclaje. (Ver figuras N° 4.15 y 4.16).



Figura N° 4.15



Figura N° 4.16

Falla 3: Bomba sin nivelación

Se tienen bombas que a pesar de estar cimentadas y con pernos de anclaje, la bomba no se encuentra nivelada. (Ver figuras N° 4.17).



Figura N° 4.17

4.1.5 Observaciones del levantamiento de datos

Del resumen de fallas mostradas en la tabla N° 4.1, se tiene las siguientes observaciones:

Bomba 2J A / B: La base no se encuentra grieteada.

Bomba 4J F: La pendiente de la succión no es exactamente la ideal pero es aceptable.

Bomba 1G A / B: La bomba esta apoyada en un pedestal de concreto, pero no se encuentra grieteada, además los pernos de anclaje están incompletos.

- Bomba 2G D: La bomba tiene pernos de anclaje incompletos y en algunos casos el perno de anclaje no tiene tuerca.
- Bomba 2G E: Se tiene los pernos de anclaje sin tuercas.
- Bomba 4G B: La bomba esta apoyada en un pedestal de concreto, pero no se encuentra grieteada.
- Bomba 4G C: Falta un perno de anclaje.
- Bomba 1F A/B: La bomba esta apoyada en un pedestal de concreto, pero no se encuentra grieteada.
- Bomba 5F B: Se tiene los pernos de anclaje sin tuercas.
- Bomba 7F A/B: La bomba esta apoyada en un pedestal de concreto, pero no se encuentra grieteada.
- Bomba 22F A: La bomba esta apoyada en un pedestal de concreto, pero no se encuentra grieteada.
- Bomba 6J A/B: Es una de las bombas mejor instaladas pero la base no se encuentra grieteada.
- Bomba 16 GA: El tubo de succión es recto. La bomba esta apoyada en un pedestal de concreto, pero no se encuentra grouteada
- Bomba 16GD: El tubo de succión es recto. La bomba esta apoyada en un pedestal de concreto, pero no se encuentra grouteada. El soporte en la descarga es insuficiente

Tabla N° 4.1 Observaciones de los exteriores de las bombas seleccionadas

Fecha 27/09/2007

Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	Ubicación Técnica	Sumidero	Tubería de succión				Tubería de descarga			Cimentación		
					Falla 1	Falla 1	Falla 2	Falla 3	Falla 4	Falla 1	Falla 2	Falla 3	Falla 1	Falla 2	Falla 3
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	S0204-07002	X	Ø	X	X	X	Ø	Ø	X	X	Ø	X
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	S0204-07002	X	Ø	X	Ø	X	Ø	Ø	X	X	Ø	X
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	S0204-07002	Ø	X	Ø	X	X	Ø	Ø	X	X	X	X
4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	S0204-07004	X	Ø	Ø	Ø	X	Ø	X	X	X	Ø	X
5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	S0204-07010	X	Ø	Ø	X	X	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X
1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0206-04001	X	X	X	X	X	X	X	X	Ø	Ø	X
1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0206-04001	X	X	X	X	X	X	X	X	Ø	Ø	X
2GA	BOMBA COMESA 10X8	COMESA	10 x 8	S0207-04001	X	X	Ø	N.A.	X	X	X	X	X	X	X
2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	S0207-04001	X	X	Ø	N.A.	X	X	X	X	X	Ø	Ø
2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0207-04001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Ø	X
2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	S0207-04001	X	Ø	Ø	N.A.	X	Ø	X	X	X	X	X
3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	S0207-04004	Ø	Ø	X	X	X	Ø	Ø	X	X	X	X
4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0207-04005	X	Ø	X	Ø	X	X	Ø	X	Ø	Ø	X
4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	S0207-04005	X	X	Ø	X	X	Ø	X	X	X	Ø	X
1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	S0213-04004	X	X	Ø	N.A.	X	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X
1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	S0213-04004	X	X	Ø	N.A.	X	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X
5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	S0214-04001	X	X	X	X	X	Ø	X	X	X	X	X
5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	S0214-04001	X	X	X	X	X	Ø	X	X	X	Ø	X
7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	S0214-04003	Ø	Ø	X	N.A.	X	Ø	X	X	X	X	X
7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	S0214-04003	Ø	Ø	X	N.A.	X	Ø	X	X	X	Ø	X
22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	S0217-03007	Ø	Ø	X	X	X	Ø	X	X	Ø	Ø	X
33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	S0218-01001	X	X	Ø	X	X	Ø	Ø	X	Ø	X	X
6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	S0219-01001	Ø	Ø	Ø	X	X	Ø	Ø	X	X	Ø	X
6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	S0219-01001	Ø	Ø	Ø	X	X	Ø	Ø	X	X	Ø	X
16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	S0219-01002	N.A.	Ø	Ø	N.A.	X	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X
16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRES	6LR 18	S0219-01002	N.A.	Ø	Ø	N.A.	X	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X
36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL	S0219-01005	Ø	Ø	Ø	Ø	X	Ø	Ø	X	Ø	X	X
37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRES	6LR 18	S0219-01006	N.A.	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	N.A.	Ø	N.A.

Sumidero	Falla 1 : Sumidero con dimensiones fuera de lo recomendado por el fabricante
T. Succión	Falla 1 : Tubería de succión muy corta
	Falla 2 : Tubería de succión con pendiente descendente
	Falla 3 : Válvula de la tubería de succión utilizada para la regulación
	Falla 4 : Tuberías de succión sin soporte, apoyada en la bomba
T. Descarga	Falla 1 : Tubería de descarga con estrangulamientos
	Falla 2 : Tubería de descarga con muchos cambios de dirección
	Falla 3 : Tubería de descarga sin soporte, apoyada en la bomba
Cimentación	Falla 1 : Bomba sin cimiento, apoyada directamente al suelo
	Falla 2 : Bomba sin pernos de anclaje
	Falla 3 : Bomba sin nivelación

Bomba 33 FB: El tubo de succión es recto. La bomba esta apoyada en un pedestal de concreto en mal estado, no se encuentra grieteada y a los pernos de anclaje le faltan tuercas. El soporte en la descarga es insuficiente.

Bomba 36 FC: La bomba esta apoyada en un pedestal, pero no se encuentra grieteada, además la base no tiene pernos de anclaje. En la tubería de descarga le falta un soporte.

En general no se tiene ninguna bomba grouteada, tanto las que están apoyadas directamente al suelo ó las que están sobre un pedestal. No se cuenta con soportes para las tuberías de succión y descarga.

4.2 INFORMACIÓN DE LA BOMBA

En esta parte lo que se busca es levantar la información de cómo se encuentra instalado la bomba propiamente dicha, vale decir sumideros, alineamiento, nivelación, líneas de sello del prensaestopa y el estado de algunos componentes. Además se va a revisar si estos elementos se encuentran dentro de las normas ASME ó si cumplen con las recomendaciones hechas por el fabricante.

Para cada caso se va a definir tipos de falla, para posteriormente en la tabla 4.3 mostrar a que tipo de falla pertenece cada bomba analizada.

4.2.1 Alineamiento

Para las bombas que estamos analizando tenemos dos tipos de transmisión por acoplamiento y por fajas dentadas.

Alineamiento para acoples

En el alineamiento de los acoplamientos, se tiene dos tipos de fallas:

- Mal alineamiento concéntrico, ejes paralelos pero no concéntricos. Ver Figura N° 4.18

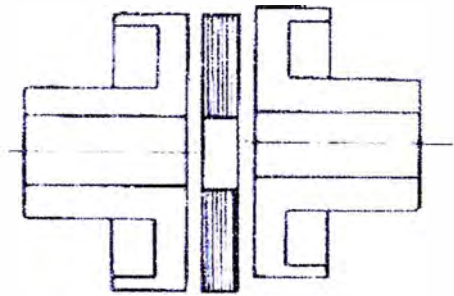


Figura N° 4.18

- Mal alineamiento angular, ejes concéntricos pero no paralelos. Ver Figura N° 4.19

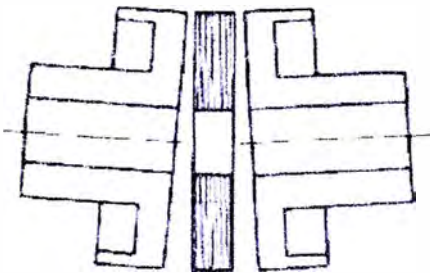


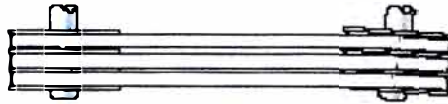
Figura N° 4.19

Se tienen bombas en donde el alineamiento del acople del motor y bomba no se encuentra dentro de las tolerancias del fabricante.

Alineamiento para fajas

Para la transmisión por fajas dentadas se tiene tres tipos de fallas:

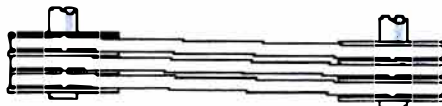
- Desalineación angular, una de las poleas con cierto grado de inclinación.



DESALINEACIÓN ANGULAR

Figura N° 4.20

- Desalineación paralela, las poleas están desfasadas paralelamente.



DESALINEACIÓN PARALELA

Figura N° 4.21

- Desalineación angular y paralela, se dan los dos casos anteriores.



**DESALINEACIÓN PARALELA
Y ANGULAR**

Figura N° 4.22

Las fallas en la transmisión generan mayor consumo de energía, eleva los niveles de vibración y en el caso de las fajas aumenta el consumo de fajas por desgaste prematuro. En la figura 4.23 se observa la verificación del alineamiento de una transmisión con poleas



Figura N° 4.23

4.2.2 Nivelación

Se tienen bombas con mecanismos desnivelados. (Ver figuras N° 4.24 y 4.25).



Figura N° 4.24



Figura N° 4.25

4.2.3 Estado de las líneas de lubricación del sello

Todas las bombas tienen una conexión para agua de sellado entre la caja del prensaestopas y el forro del lado pedestal. La mayoría de bombas requieren de un flujo de agua adicional para mantener a la pulpa abrasiva lejos del área de la empaquetadura y así evitar el rápido desgaste de la manga del eje. La calidad y precisión de este flujo de agua, así como su adecuado caudal son importantes para asegurar un mínimo mantenimiento. El flujo tiene que mantenerse a una presión no menor de 10 PSI encima de la presión de descarga de la bomba. (Para bombeo en varias etapas, la presión de agua de sellado debe ser 10 PSI mayor que la presión de descarga de la última bomba). Si la presión del agua de sellado cae debajo de este límite ó si desaparece el flujo mínimo de ella, la pulpa dañará la empaquetadura causando un rápido desgaste de la manga del eje. Si esto sucede, deberá cambiarse la empaquetadura y la manga del eje, lo cual es

costoso tanto en repuestos como en pérdida de tiempo. Para bombas Denver y Comesa, se muestra la tabla 4.2 con los requerimientos mínimos de flujos de agua para los sellos del prensaestopa tipo ful –flush y lo – flo. El agua de sellado mantiene el prensaestopa libre de pulpa.

Tamaño de Bomba	Prensaestopa con agua a Presión (FUL – FLUSH)	Prensaestopa con agua a Presión de Flujo Mínimo (LO – FLO)
	Galones por Minuto	Galones por Minuto
1 ¼ x 1 SRL	1	0.5
1 ½ x 1 SRL	2.5	0.5
2 ½ x 2 SRL	2.5	0.5
3 x 3 SRL	4	1
4 x 3 SRL	4	1
5 x 4 SRL	5	2
5 x 5 SRL	5	2
6 x 6 SRL	5	2
8 x 6 SRL	7	2.5
10 x 8 SRL	7	2.5
12 x 10 SRL	10	3
14 x 12 SRL	10	3
16 x 14 SRL	10	3
18 x 16 SRL	16	4
20 x 18 SRL	18	5

Tabla 4.2

Esta agua de sellado debe quedar conectada a la bomba aún cuando ésta se encuentre detenida, a menos que la caja de la bomba haya sido relevada

de la presión de descarga mediante el aislamiento de la columna de pulpa contenida en la tubería de descarga.

Se recomienda que la alimentación de agua hasta la proximidad de la bomba se efectúe mediante una tubería de buen tamaño y luego la conexión a la bomba se haga con una tubería de diámetro pequeño con su respectiva válvula.

En la unidad minera San Rafael, la línea de agua que sirve para el sello del prensaestopa, proviene de un tanque ubicado a 100 metros del punto más alto de la planta concentradora, llegando hasta el punto más bajo de la planta ubicada a 25 metros más abajo. Por lo tanto, en TEORIA, se tiene como presión en la línea de sello desde 180 PSI – 140 PSI. En la PRÁCTICA, la presión de que se tiene en el punto más alto de la planta es de 40 PSI y en la parte más baja 50 PSI, no siendo suficiente para la lubricación de los sellos. Es por esa razón que algunas bombas (las más críticas) cuentan con una bomba independiente para la lubricación de sus sello.

Este sistema nos origina muchos problemas sobretodo en las bombas críticas, porque esta presión de 40 y 50 PSI, además de ser baja para el sello, en ocasiones cae a valores más bajos, produciendo un desgaste prematuro, casi inmediato de las prensaestopas contaminando el mecanismo y produciendo una parada de los equipos, además del atoramiento en las líneas de descarga. Tal es el caso de la bomba 7JB y 7JC, este problema será analizado con mayor detalle en el capítulo 6.

Se observa además que en la mayoría de las bombas no se cuenta con un manómetro en las líneas de sello, ni en la descarga de la bomba, con lo que no se puede regular la presión y mucho menos el caudal (porque tampoco se tiene flujómetros) requerido para el sellado del prensaestopa. (Ver figuras N° 4.26 y 4.27)



Figura N° 4.26



Figura N° 4.27

4.2.4 Estado de otros componentes (cascos, pedestal, etc.)

A simple vista se observa un desgaste severo en algunos componentes de algunas bombas. Se tiene por ejemplo agujeros en los cascos, mecanismos nivelados con lanas lo que indica que se tiene un desgaste del asiento del mecanismo, por lo el alineamiento del mecanismo e impulsor no resulta confiable.

En las figuras N° 4.28 4.29 y 4.30, se pueden observar algunos casos.

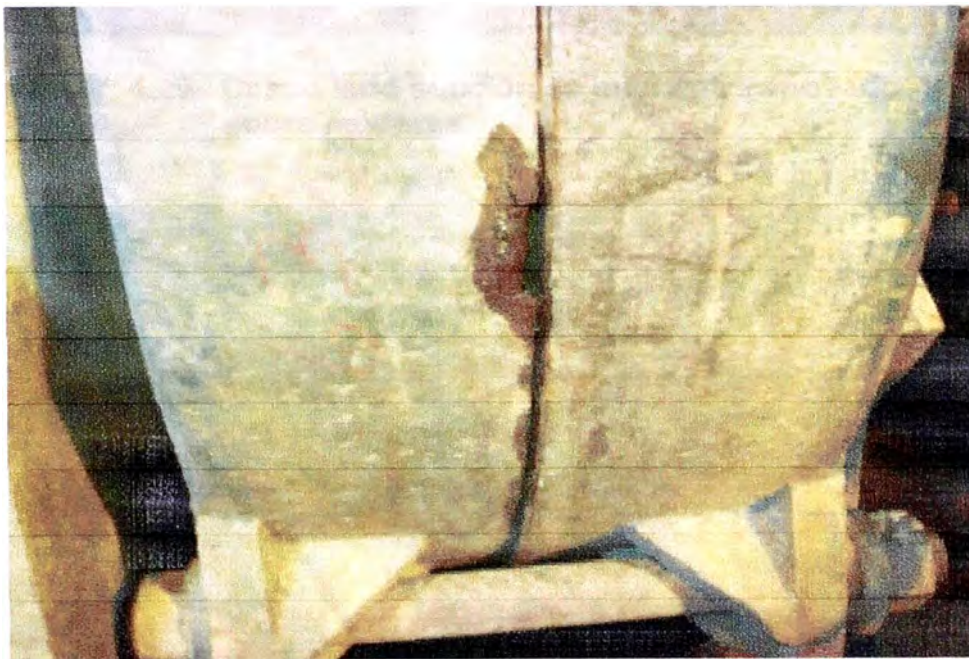


Figura N° 4.28 Los Cascos se encuentran dañados.



Figura N° 4.29 Casco lado succión se encuentra apoyado sobre maderas.

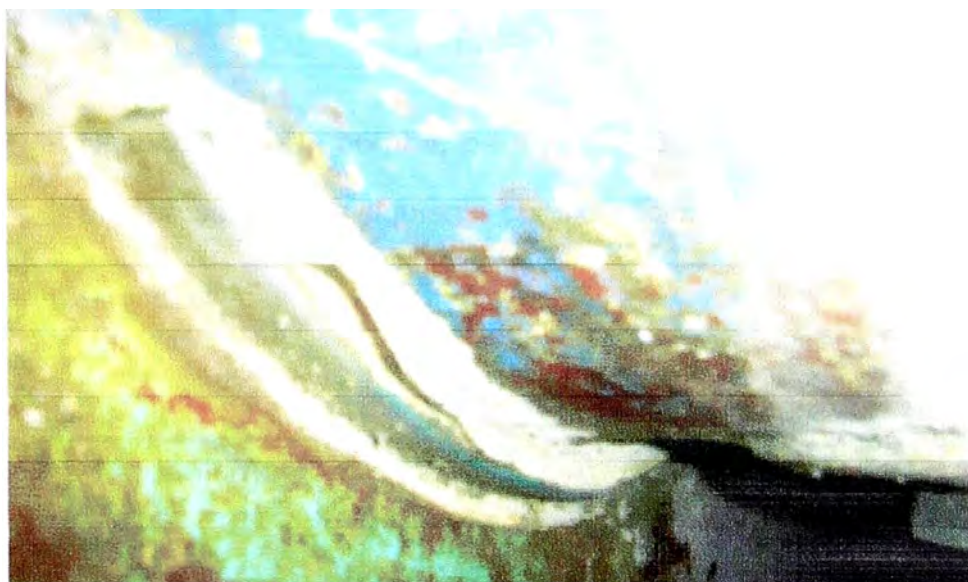


Figura N° 4.30 Pedestal en mal estado, asiento del mecanismo se encuentra con lanas de nivelación.

4.2.5 Consideraciones para el levantamiento de datos

Para el levantamiento de información que se muestra en la tabla 4.3, se tiene las siguientes reglas:

1. Alineamiento de poleas, para la desviación de las poleas se tiene:

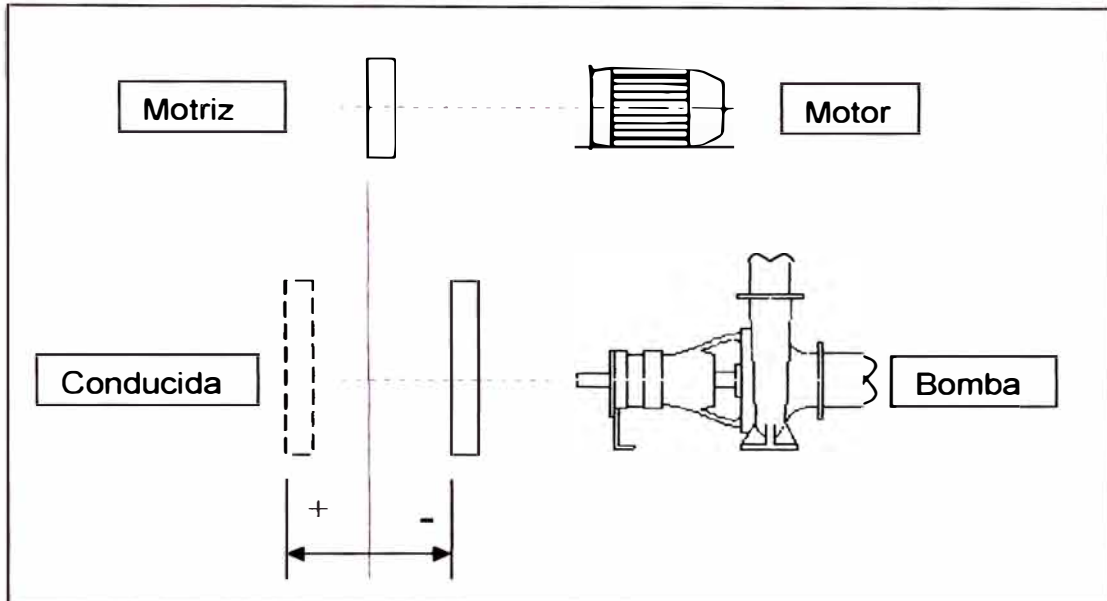


Figura N° 4.31

2. Nivelación de la bomba, para la nivelación del mecanismo y/o de la bomba se tomó la siguiente consideración:

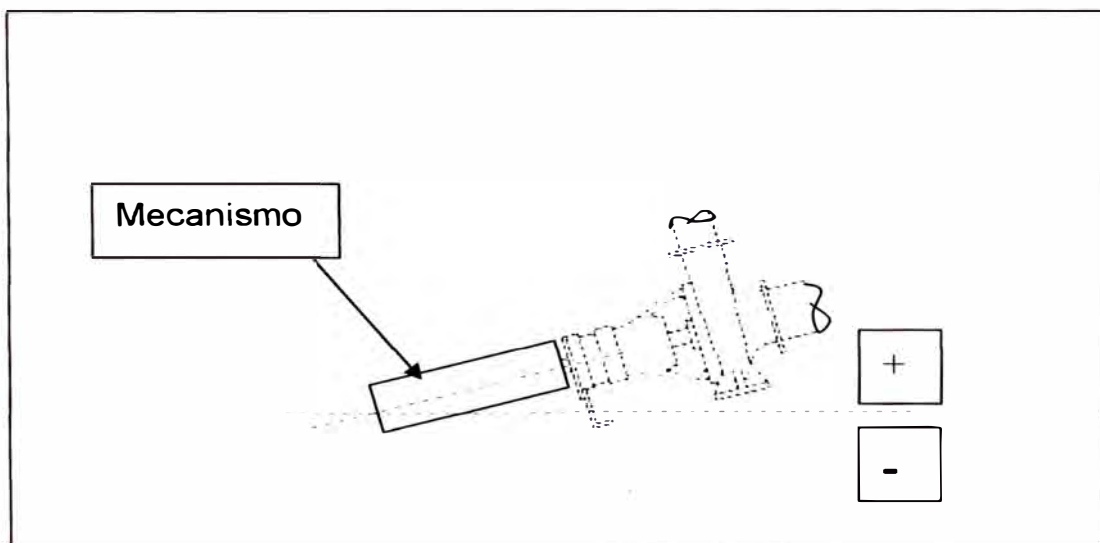


Figura N° 4.32

Del resumen de fallas mostradas en la tabla N° 4.3, se tiene las siguientes observaciones:

Bomba 2J A: Base y mecanismo desnivelado 3 y 6 mm respectivamente.
Presenta desalineamiento angular de poleas

Bomba 1G B: Presenta desalineamiento angular tanto la polea motriz como la conducida, pero ambas tienen el mismo ángulo. El mecanismo y la base se encuentran desnivelados 2 mm aproximadamente.

Bomba 2G B: Base y mecanismo nivelados a pesar de no estar bien apoyada al suelo ni contar con grout. Existe desgaste del cono de la polea conducida, se observó luz entre el plato de sujeción y el cubo de la polea, por esta razón la polea conducida muestra un desalineamiento angular.

Bomba 2G E: Presenta desalineamiento angular y un desnivel de la base de 3mm. Existe desgaste del cono de la polea conducida, se observó luz entre el plato de sujeción y el cubo de la polea

Bomba 3GA : Presenta desalineamiento paralelo de las poleas, aproximadamente 2 mm. La desnivelación proviene desde la base en aproximadamente 4 mm. El mecanismo se encuentra con lanas.

Bomba 4G C: Presenta desalineamiento paralelo de las poleas en 1 mm y un desnivel desde la base de aproximadamente 3 mm.

Bomba 1F A: Presenta desalineamiento paralelo de 5 mm aproximadamente y un desnivel desde la base de 1 mm aproximadamente.

- Bomba 5F B: Presenta un desnivel desde la base de 2 mm aproximadamente. Además el mecanismo tiene un desnivel de 5 mm.
- Bomba 7F A: Presenta un desalineamiento paralelo entre las poleas de 2 mm, además presenta un nivel del equipo aceptable, a pesar de que parte de la base se encuentra en voladizo, es decir le falta una parte de concreto. El mecanismo presenta un desnivel de 2 mm aproximadamente.
- Bomba 22F A: La polea motriz presenta desalineamiento angular de 1 mm aproximadamente, además se observa un desnivel desde la base de 4 mm aproximadamente.
- Bomba 6J B: Presenta desalineamiento angular de la polea conducida de 2 mm. La base se encuentra desnivelada en 1 mm aproximadamente y el mecanismo en 3 mm.

Tabla N° 4.3 Observaciones del estado de las bombas seleccionadas

Fecha 27/09/2007

Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	Ubicación Técnica	Alineamiento		Nivelación		Lubricación del sello			Componentes Principales			
					Acople	Polea	Motor	Bomba	Estado Gra	Manómetro	Flujometro	Casco	Pedestal	Mecanismo	
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	S0204-07002	N.A.	X -	X	X -	X	X	X	X	☺	☺	X
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	S0204-07002	N.A.	X +	X	X +	X	X	X	☺	☺	☺	
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	S0204-07002	N.A.	X +	X	X +	X	X	X	☺	☺	☺	
4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	S0204-07004	N.A.	X -	X	X -	X	X	X	☺	☺	☺	
5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	S0204-07010	N.A.	☺	X	X -	X	X	X	☺	☺	☺	
1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0206-04001	N.A.	X -	X	X -	X	☺	X	☺	X	☺	
1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0206-04001	N.A.	X +	X	X +	X	☺	X	X	X	X	
2GA	BOMBA COMESA 10X8	COMESA	10 x 8	S0207-04001	N.A.	☺	X	X -	X	X	X	☺	☺	☺	
2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	S0207-04001	N.A.	X -	X	☺	X	☺	X	☺	X	X	
2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0207-04001	N.A.	☺	X	X -	X	X	X	☺	☺	☺	
2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	S0207-04001	N.A.	X -	X	X -	X	X	X	☺	☺	☺	
3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	S0207-04004	N.A.	X +	☺	X +	X	X	X	☺	☺	☺	
4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	S0207-04005	N.A.	☺	X	X -	X	X	X	☺	☺	☺	
4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	S0207-04005	N.A.	X -	☺	X -	X	X	X	☺	☺	☺	
1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	S0213-04004	N.A.	X -	☺	X -	X	X	X	☺	☺	☺	
1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	S0213-04004	N.A.	X -	X	X -	X	X	X	☺	☺	☺	
5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	S0214-04001	N.A.	X -	X	X -	X	X	X	☺	☺	☺	
5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	S0214-04001	N.A.	☺	X	X +	X	X	X	☺	☺	☺	
7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	S0214-04003	N.A.	X +	X	X -	N.A.	N.A.	N.A.	☺	☺	☺	
7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	S0214-04003	N.A.	X +	X	☺	N.A.	N.A.	N.A.	☺	☺	☺	
22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	S0217-03007	N.A.	☺	X	X -	N.A.	N.A.	N.A.	☺	☺	☺	
33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	S0218-01001	N.A.	☺	X	☺	X	X	X	☺	X	☺	
6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	S0219-01001	N.A.	X -	☺	X -	N.A.	N.A.	N.A.	☺	☺	☺	
6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	S0219-01001	N.A.	X +	☺	X +	N.A.	N.A.	N.A.	☺	☺	☺	
16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	S0219-01002	N.A.	X -	X	X -	X	X	X	X	☺	☺	
16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	S0219-01002	N.A.	X -	X	X -	N.A.	N.A.	N.A.	☺	☺	☺	
36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL	S0219-01005	☺	N.A.	☺	☺	N.A.	N.A.	N.A.	☺	☺	☺	
37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	S0219-01006	☺	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	☺	☺	☺	

CAPITULO 5

LEVANTAMIENTO DE LOS DATOS DE OPERACIÓN

Para determinar si la bomba esta correctamente seleccionada para cada punto de la operación es necesario conocer los flujos y presiones requeridos por la operación. Además de otros parámetros de la pulpa como son la densidad, la granulometría y el porcentaje de sólidos.

5.1 FLUJO Y PRESIÓN REQUERIDO POR LA OPERACIÓN

En unidad Minera San Rafael – Minsur, son pocas las situaciones en las que el departamento de operaciones indica sus requerimientos de presión y flujo en algún punto de bombeo. En la tabla 5.1, se muestra los requerimientos de operación de algunas bombas.

En operaciones se manejan algunos conceptos bien definidos dentro del proceso y que son tomados en instalaciones nuevas, como:

- Cuando la bomba traslade la pulpa hasta algún ciclón ó un nido de ciclones, el ingreso a estos debe tener una presión de 15 PSI.

Tabla N° 5.1 Caudal y Altura requerido por la operación

Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	Caudal (GPM)	Altura Estática (m)	Tipo de descarga
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	2100	17	Libre
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	2100	13.5 / 17	Ciclòn 15 - 18 PSI / Libre
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	1900	12,9	Libre
4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	1400	13	Ciclòn 15 - 18 PSI / Libre
5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	550	8	Libre
1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	1250	20	Libre
1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	1100	20	Libre
2GA	BOMBA COMESA 10X8	COMESA	10 x 8	610 - 1300	21	Libre
2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	610 - 1300	21	Libre
2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	1600	14,7	Ciclòn 15 - 18 PSI / Libre
2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	320	8,2	Libre
3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	2884	19,1	Nido de ciclones 13-15 PSI
4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	2400	1,5	Nido de ciclones 15C 20 PSI
4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	175	15,6	Libre
1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	1630	16,5	Nido de ciclones 15A 18-20 PSI
1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	3500	16,5	Nido de ciclones 15A 18-20 PSI
5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	3100	13,1	Nido de ciclones 15B 30 PSI
5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	2900	13,1	Nido de ciclones 15B 30 PSI
7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	1300	12	Libre
7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	1400	12	Libre
22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	420	9	Nido de ciclones 20-30 PSI
33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	2200	35,2	Libre
6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	970	62,4	Libre
6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	780	62,4	Libre
16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	415	83,6	Libre
16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	1050	83,6	Libre
36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL	3010	81,95	Libre
37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	950	53	Libre

5.2 FLUJO Y PRESIÓN REAL

Para determinar la presión real de las bombas, se han instalado manómetros en las tuberías de descargas de las mismas. Para determinar los flujos de pulpa se utilizó un instrumento de medición llamado Controlotron. Este instrumento mide el caudal desde el exterior de la tubería, siempre y cuando la tubería sea de acero. En los casos en las que las tuberías en la descarga son mangueras trellex, se ha realizado el aforo y toma de tiempo para determinar el caudal de las bombas.

En la tabla 5.2, se muestran los flujos y presiones reales obtenidos para las bombas seleccionadas.

En la toma de datos se observó lo siguiente:

- Se tiene flujos muy variables.
- Se tiene algunas fluctuaciones en la presión de la línea de descarga

Para la obtención de los valores del caudal, el equipo que hace la medición, registra en su memoria por un tiempo aproximado de 10 minutos (el tiempo puede ser variable, pero se acostumbra hacerlo en 10 minutos), el flujo que pasa por la tubería y con este registro se hace el promedio del mismo para determinar el caudal.

En la tabla 5.3, se puede observar el registro de la medición realizada en la bomba 2GA y con ésta data se obtiene la curva según se ve en el gráfico 5.1.

5.3 RESUMEN DE OTROS PARÁMETROS (DENSIDAD DE LA PULPA, GRANULOMETRÍA Y % DE SÓLIDOS)

Para completar la información y hacer un mejor cálculo de pérdidas necesitamos los valores de densidad, granulometría y porcentaje de sólidos de la pulpa. En la tabla 5.4 se puede observar los valores mencionados para las bombas seleccionadas.

Tabla N° 5.2 Caudal y Presión real

Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	Caudal Q (GPM)	Presión (PSI)	n (RPM)	Amperaje	Eficiencia	NPSH Requerido (m)	NPSH Disponible (m)
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	2100	48,67	783	120	73%	2	5,88
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	2100	61,19	870	120	72%	2	5,88
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	1900	37,00	782	37	72%	2	5,74
4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	1400	46,84	1122	64	72%	7,32	4,55
5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	550	38,80	1238	25	65%	3,35	4,90
1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	1250	45	858	91	67%	4,6	4,77
1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	1100	45	880	91	67%	4,6	4,77
2GA	BOMBA COMESA 10X8	COMESA	10 x 8	610 - 1300	53,35	854	92	50% - 67%	4,6	5,00
2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	610 - 1300	53,35 - 51	780	92	50% - 67%	4,6	5,00
2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	1600	48,50	850	65	72%	4,6	5,55
2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	320	19,40	1462	18	62%	9,8	4,90
3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	2884	50,92	970	136	75%	7,62	6,08
4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	2400	39,77	826	80-85	75%	5,49	5,54
4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	175	37,34	1500	42	66%	6,10	4,74
1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	1630	57,23	801	145	58%	2,5	4,59
1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	3500	50,92	793	145	76%	4	4,59
5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	3100	59,77	818	200	68%	6	4,55
5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	2900	43,65	891	200	74%	7,62	4,55
7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	1300	71,15	947	88	70%	3,5	4,74
7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	1400	66,88	928	88	70%	3,5	4,74
22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	420	64,02	1498	30,8	57%	2,13	4,68
33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	2200	49,88	800	120	67%	2,74	4,59
6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	970	53,35	975	101	59%	4	6,22
6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	780	106,73	1310	101	56%	3	6,22
16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	415	72,75	1021	142	47%	2	6,22
16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	1050	104,10	1780	128,6	68%	2	6,22
36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL	3010	130	1789	375	75%	6,1	6,22
37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	950	106,27	1780	128,6	68%	2	6,22

Tabla 5.3 Medición de Caudal de la Bomba 2GA

EQUIPO	FECHA	HORA	CAUDAL	UNIDAD
2GA	10.01.2007	17.35.30	1594,7161	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.35.45	1554,3036	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.36.00	1563,2151	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.36.15	1543,7305	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.36.30	1558,0964	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.36.45	1552,0883	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.37.00	1524,011	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.37.15	1512,2296	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.37.30	1534,7686	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.37.45	1537,8063	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.38.00	1574,3084	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.38.15	1551,9876	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.38.30	1522,3831	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.38.45	1548,3457	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.39.00	1553,4644	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.39.15	1544,771	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.39.30	1567,5282	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.39.45	1580,9543	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.40.00	1535,7756	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.40.15	1559,4558	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.40.30	1581,3907	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.40.45	1572,3784	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.41.00	1574,9462	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.41.15	1551,4505	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.41.30	1502,395	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.41.45	1475,0729	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.42.00	1515,8378	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.42.15	1520,2517	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.42.30	1542,8578	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.42.45	1517,9524	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.43.00	1523,0208	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.43.15	1500,8342	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.43.30	1471,9513	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.43.45	1489,9087	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.44.00	1463,3754	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.44.15	1461,4958	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.44.30	1440,9875	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.44.45	1497,3602	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.45.00	1482,1048	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.45.15	1453,222	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.45.30	1419,0526	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.45.45	1436,0869	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.46.00	1499,2399	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.46.15	1511,7597	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.46.30	1469,7696	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.46.45	1457,5015	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.47.00	1456,5114	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.47.15	1527,8038	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.47.30	1520,8726	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.47.45	1500,6664	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.48.00	1462,1839	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.48.15	1449,4962	GAL/MIN
2GA	10.01.2007	17.48.30	1485,8641	GAL/MIN

Tabla N° 5.4 Resumen de otros parámetros

Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	Gravedad Específica de sólidos	Densidad de la Pulpa (kg / m3)	Granulometría	% Sólidos
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	2,82	1.060	OK	8,77%
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	2,82	1.060	OK	8,77%
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	2,83	1.090	OK	14,54%
4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	2,79	1.200	OK	25,98%
5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	2,7	1.300	OK	36,65%
1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	2,85	1.340	OK	39,09% (*)
1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	2,85	1.340	OK	39,09% (*)
2GA	BOMBA COMESA 10X8	COMESA	10 x 8	2,78	1.270	OK	33,20%
2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	2,78	1.270	OK	33,20%
2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	2,78	1.130	OK	17,97%
2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	2,75	1.300	OK	36,26%
3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	2,81	1.060	OK	8,79%
4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	2,76	1.180	OK	23,92%
4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	2,75	1.350	OK	40,74%
1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	2,7	1.400	OK	45,38%
1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	2,7	1.400	OK	45,38%
5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	2,8	1.412	OK	46,01%
5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	2,8	1.412	OK	46,01%
7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	2,65	1.350	OK	41,64%
7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	2,65	1.350	OK	41,64%
22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	2,8	1.370	OK	42,01%
33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	2,7	1.400	OK	45,38%
6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	1	998,2	N.A.	0%
6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	1	998,2	N.A.	0%
16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	1	998,2	N.A.	0%
16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	1	998,2	N.A.	0%
36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL	1	998,2	N.A.	0%
37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	1	998,2	N.A.	0%

(*) Datos tomados en un instante de baja carga, por lo que el resultado mostrado es diferente al calculado en la tabla 6.1
Granulometría :

OK : Entregado por Operaciones

N.A. : No Aplica

MEDICION DE CAUDAL DE LA BOMBA 2GA

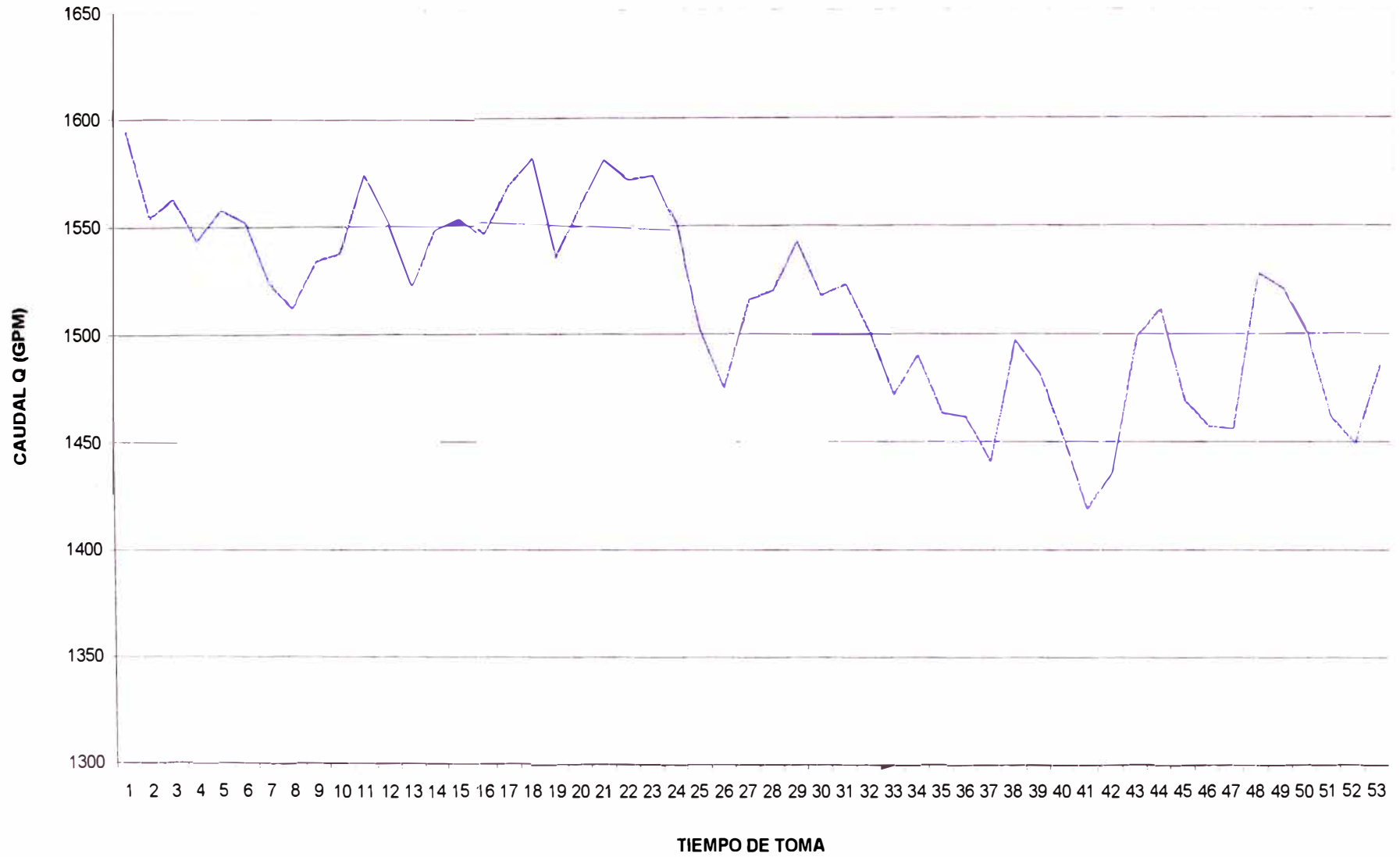


Gráfico 5.1

CAPITULO 6

OBSERVACIÓN, ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS Y CÁLCULO DE LA ALTURA DINAMICA TOTAL DE LA BOMBA

En este capítulo se analizará como afecta al equipo de bombeo las fallas más significativas ó con mayor frecuencia observada en las instalaciones de la unidad minera de San Rafael, en base a las observaciones generales detalladas en el capítulo 4. Además se realizará el cálculo de pérdidas y la altura total dinámica para cada una de las 28 bombas.

6.1 RESUMEN DE TIPOS DE FALLAS MAS SIGNIFICATIVAS Y COMO AFECTAN AL EQUIPO DE BOMBEO

Dentro de las fallas más comunes observadas en las instalaciones de bombas, se tiene:

- Sumidero fuera de estándar, con excesiva turbulencia
- Válvula de la tubería de succión utilizada para la regulación
- Tubería de succión y descarga apoyadas en la bomba
- Fugas excesivas por el prensaestopas
- Mecanismo desalineado
- Niveles de vibración elevados
- Bomba sin cimentación
- Bomba desnivelada

a. Sumidero fuera de estándar, con excesiva turbulencia

En general las dimensiones de los sumideros observados se encuentran fuera de lo recomendado por el fabricante. Esto genera a simple vista demasiada turbulencia en la línea de succión y en el ojo del impulsor.

La teoría dice que el flujo de un líquido ideal va de acuerdo con el bien conocido principio de Bernoulli:

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + H = \text{constante}$$

Si se aplica la ecuación de Bernoulli a un vórtice del líquido, éste, que se conoce como vórtice potencial, tiene una velocidad de rotación V que varía inversamente con el radio R del vórtice o sea:

$$(V) * (K) = \text{constante}$$

Esta ecuación repercute mucho en los efectos del diseño del sumidero sobre el rendimiento de la bomba. Indica que la velocidad aumenta hacia el centro del vórtice y tiende a volverse infinita cuando el radio se aproxima a cero. Por tanto, debido al principio de Bernoulli, la presión absoluta cerca del centro del vórtice potencial se vuelve mucho más baja que la presión atmosférica.

Cuando esa zona de baja presión está en contacto directo con la atmósfera y el cuerpo del líquido se mueve en el sentido del eje del vórtice, entrará el aire en él. Según sean la forma y tamaño del sumidero, es posible que este aire llegue al ojo del impulsor y produzca problemas. Si no se deja entrar

aire a la zona de baja presión del vórtice, entonces se producen, ya sea, un núcleo de baja presión de líquido que gira como remolino “sólido” o una cavidad llena de vapor. Esto ocurre cuando el centro del vórtice entra al tubo de succión. En la figura 6.1 se ilustra en forma esquemática cómo influyen estas relaciones en el rendimiento cuando el líquido pasa desde un canal estrecho hasta un sumidero ancho.

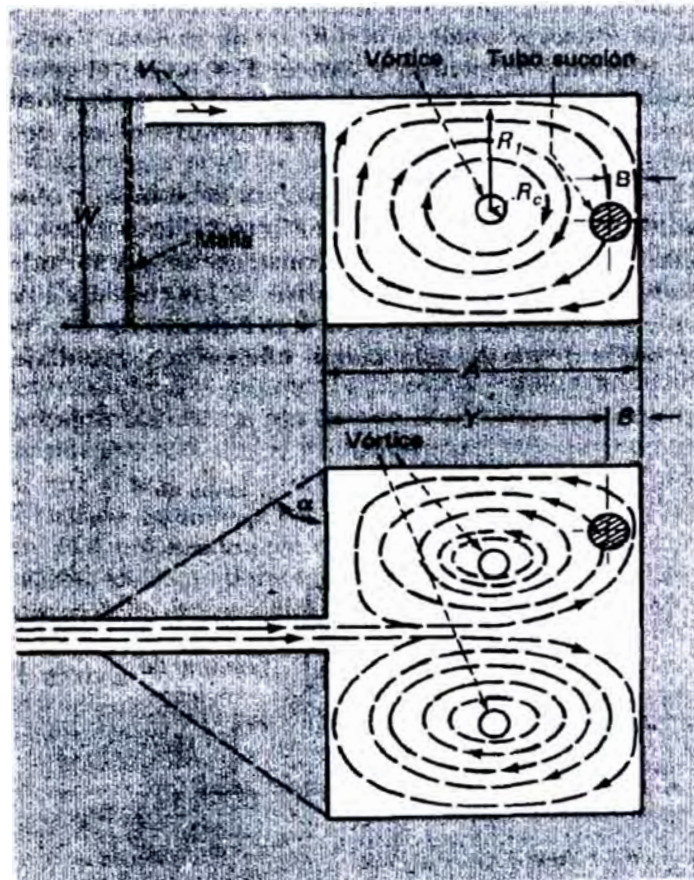


Figura N° 6.1 Los vórtices se forman por las corrientes del sumidero.

Por baja que sea la velocidad de entrada, puede producir uno o más vórtices y la velocidad del líquido en ellos aumentará hacia sus centros y producirá zonas de baja presión. Si el tubo de succión de una bomba se instala en uno de los centros y es lo bastante grande para cubrir la zona de baja presión se producirá cavitación y las zonas de baja presión entrarán a la bomba.

Cuando llegan a una zona de alta presión en la bomba, se aplastarán con gran fuerza y muchas veces ocasionarán serios daños. Además, reducen la superficie del conducto en la entrada a los alabes del impulsor y entorpecerán ó interrumpirán por completo el flujo.

Por otra parte, si el tubo de succión es más pequeño que la zona de baja presión del vórtice o si está descentrado del mismo, se formará un embudo de aire cerca de la entrada de la bomba por el cual entrará el aire a la bomba.

En consecuencia, el sumidero debe ser de tamaño suficiente para que la bomba o bombas queden lejos del centro de cualquier vórtice que se pueda producir. El Hydraulic Institute ha preparado una gráfica compuesta con las dimensiones mínimas sugeridas para el sumidero (Figura N° 6.2). Las dimensiones a las cuales se aplican las curvas A, B, S y Y aparecen en la figura 6.1.

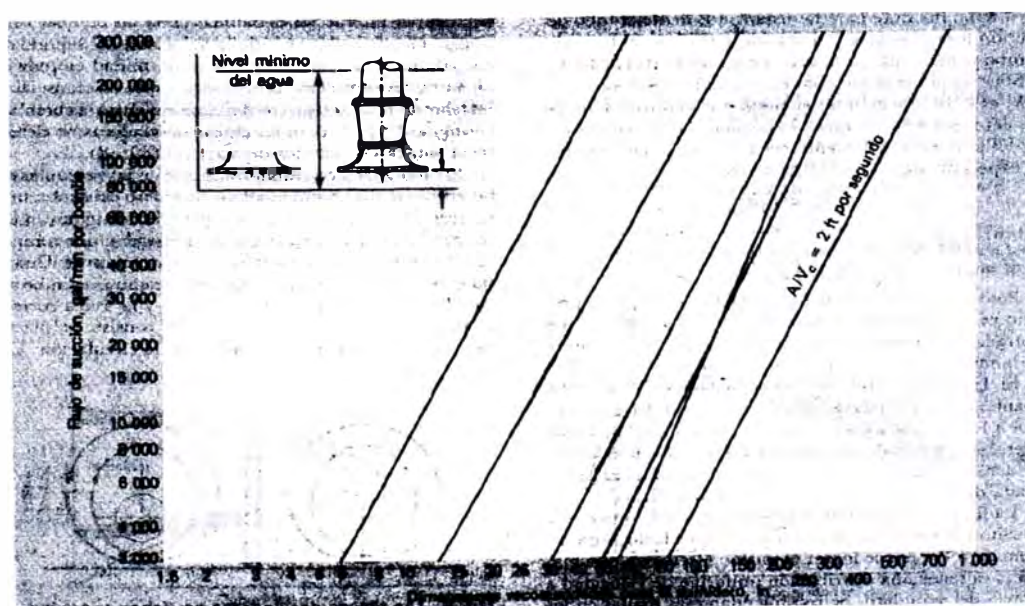


Figura N° 6.2 Dimensiones y caudales recomendados para sumideros.

La figura 6.1 en combinación con el principio de Bernoulli y el vórtice potencial produce una serie de lineamientos importantes para el diseño del sumidero. Dado que la presión en un vórtice aumenta con la distancia desde su centro, la presión más alta en el sumidero estará cerca de sus paredes. Además, las paredes están a la máxima distancia de la zona de baja presión en la cual es posible que aparezca un embudo de aire. La curva del Hydraulic Institute para la distancia B desde el tubo de succión hasta la pared del sumidero (Fig. 6.1) indica que el tubo se debe colocar lo más cerca posible de la pared. Si la velocidad del líquido en el canal de entrada es V, y R, es la distancia entre el canal y el centro del vórtice, entonces V, y R, que son la velocidad y radio a los cuales la presión del vórtice cae abajo de la atmosférica se expresan con:

$$V_c * R_c = V_1 * R_1$$

o con

$$R_c = V_1 * \frac{R_1}{V_c}$$

Por tanto, el tamaño del radio de la zona de baja presión es directamente proporcional a la velocidad V, de entrada y el peligro de que llegue un embudo de aire a la bomba aumenta en proporción con esa velocidad.

El Hydraulic Institute recomienda que V, se debe mantener lo más baja que sea posible, de preferencia menor a 1 .0 ft/s. Aunque se sabe que las bombas funcionan bien con velocidades de entrada hasta de 2.0 ft/s, los sumideros o tanques en ese caso son tan grandes que la entrada de la bomba puede estar lejos del vórtice.

La figura 6.1 indica que se puede evitar un vórtice si la anchura W del canal de entrada es igual a la anchura del sumidero. Se puede lograr el mismo efecto con una malla para tener una distribución uniforme de velocidad a través del sumidero. Se recomiendan esas mallas en los buenos diseños de sumideros.

Cuando no se puede utilizar la malla, entonces se hace una entrada o aproximación cónica, que se indica con línea discontinua en la figura 6.1. El ángulo del cono no debe ser menor de 45° . Además, se debe utilizar un enderezador de flujo en la entrada a la sección cónica, por ejemplo, una rejilla de barras y se debe mantener cierta distancia Y mínima entre la malla y la entrada de succión.

b. Válvula de la tubería de succión utilizada para la regulación

El utilizar la válvula de la tubería de succión como regulación del flujo en la descarga genera un incremento en las pérdidas en la línea de succión. Según la ecuación 2.28, al incrementarse las pérdidas, el NPSH disponible disminuye por lo que podría causar cavitación al equipo. Además el cierre parcial de la válvula de succión genera bolsas de aire en las proximidades de la válvula, dado que se forma un cuello en el flujo.

c. Tubería de succión y descarga apoyada en la bomba

Las tuberías de succión y descarga deben estar apoyadas independientemente cerca de la bomba, para que cuando los pernos del collarín sean ajustados no transmitan la presión al cuerpo de la bomba. La conexión de las tuberías de succión y descarga deben comenzar en la

bomba. Cuando las tuberías terminan en la bomba, ésta se verá forzada a igualar la tubería, lo cual puede resultar en presión o distorsión. Si la instalación está expuesta a grandes variaciones de temperaturas, es importante compensar por la expansión y contracción de las tuberías.

d. Fugas excesivas por el prensaestopas

Las fugas excesivas que se ve en la unidad minera, se debe básicamente a que no existe un control en la presión ni en el flujo que debe ingresar en cada bomba de acuerdo a lo recomendado por el fabricante, normalmente esta regulación se realiza por inspección visual y en muchos casos no se puede llegar al goteo recomendado dado que la presión no es la suficiente. Por estos problemas se tiene un alto consumo de empaquetaduras y mangas, sin contar el costo de horas hombre utilizadas para cada reparación. Cabe mencionar que en bombas críticas como la 1GA/B, que manejan una carga gruesa, una caída en la presión de lubricación podría generar un atoramiento en la línea de descarga dado que la carga gruesa de la bomba al tener mayor presión, ingresa al prensaestopa, consumiendo rápidamente el empaque y obstruyendo la manga, que es un elemento móvil, con la parte fija, produciendo una parada del equipo.

e. Mecanismo desalineado

Un mecanismo desalineado se debe por lo general por el desgaste de los asientos del pedestal o por un desgaste en los rodamientos. Los mecanismos desalineados tienen incidencia directa en el alineamiento del impulsor, generando un desgaste prematuro e irregular del impulsor. Puede

generar además recirculación del fluido y en consecuencia disminuye la eficiencia de la bomba.

Cuando se atornilla un impulsor en su eje, las superficies macho o hembra no pueden estar más de 0.001 in fuera de la perpendicular, medida en las superficies correlativas (Fig. 6.3) ni estar desalineadas más de 0.001 in con el centro del eje, medido en el cubo del impulsor (Fig. 6.4). En otra forma, sólo un alabe tocará con la superficie de funcionamiento con el ajuste inicial de holgura.

Estos impulsores torcidos producirán un rendimiento similar al de los que funcionan con holgura excesiva.

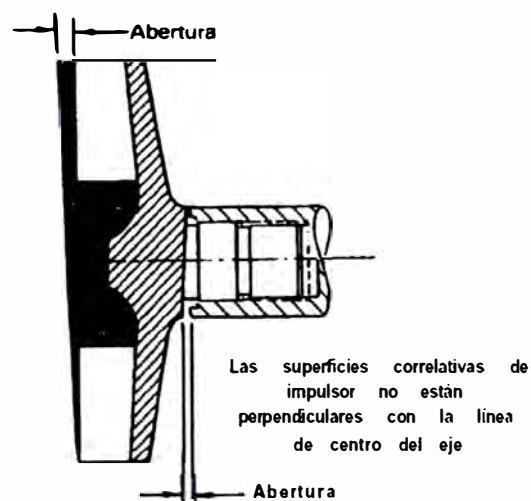


Figura N° 6.3 La superficie del impulsor no está perpendicular con la línea de centro

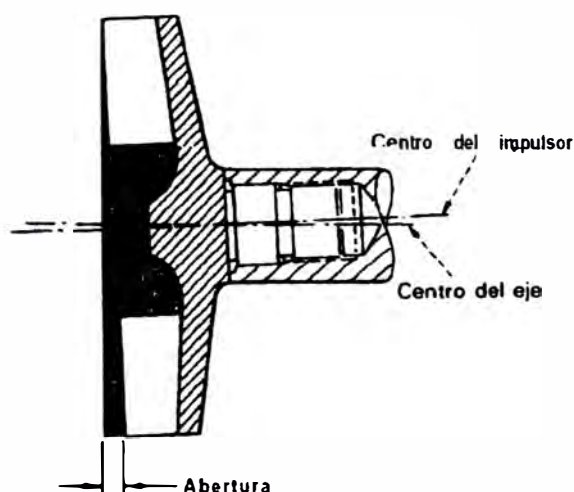


Figura N° 6.4 Los centros de eje e impulsor no están paralelos

Además, el impulsor puede estar equilibrado estática o dinámicamente y dentro de las dimensiones hidráulicas y puede haber vibración excesiva del eje por juego en el ajuste entre el impulsor y el eje con la excentricidad consecuente de las dos líneas de centro (Fig. 6.5). Un impulsor de 10 in de diámetro con una desviación total de 0.004 in lanzará la masa del impulsor fuera de centro y producirá vibración del eje.

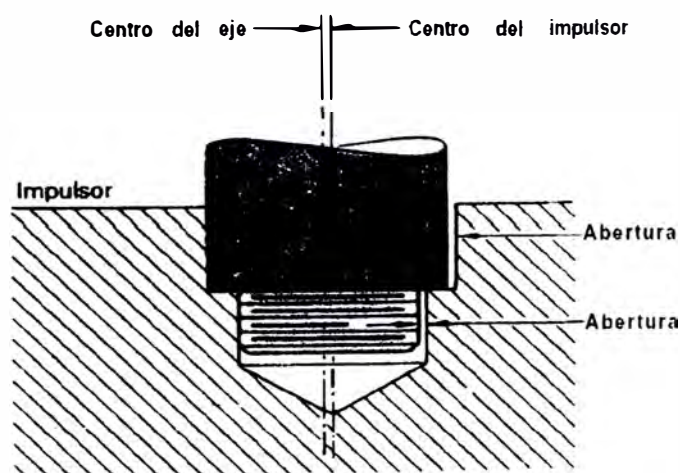


Figura N° 6.5 Holgura en ajusté entre impulsor y eje

f. Niveles de vibración elevados

Los niveles de vibración elevados son producto por lo general por una mala instalación, mal armado de los componentes y un mal programa de mantenimiento preventivo. En la unidad minera San Rafael, son pocas las bombas que se les lleva un control horario, por lo que el control del mantenimiento preventivo no es el adecuado.

En la tabla 6.1 se observa los niveles de vibración recomendados según la norma ISO 2372.

En San Rafael, como se verá en el capítulo 7, los valores de vibración superan largamente lo mostrado en la tabla 6.1. Haciendo un análisis de los espectros tomados en cada punto de la bomba se puede determinar la falla que origina la alta vibración.

CRITERIOS DE SEVERIDAD ISO-2372 PARA EQUIPOS CON RANGO DE VELOCIDAD DE GIRO ENTRE 600 Y 1200RPM	
CLASE 1	Equipos de tamaño pequeño (por ejemplo Motores Eléctricos hasta 20HP, Maquinas Herramientas ... etc).
CLASIFICACION	Niveles de Vibración en Soportes del Equipo (pulg/seg pico)
Muy Buena (Color Verde)	< 0.02 (0.50 mm/s)
Buena (Color Azul)	< 0.05 (1.25 mm/s)
Precaución (Color Violeta)	< 0.13 (3.3 mm/s)
Inaceptable (Color Rojo)	> 0.13 (3.3 mm/s)
CLASE 2	Equipos de tamaño mediano (por ejemplo Motores Eléctricos hasta 100 HP, Bombaetc)
CLASIFICACION	Niveles de Vibración en Soportes del Equipo (pulg/seg pico)
Muy Buena (Color Verde)	< 0.03 (0.75 mm/s)
Buena (Color Azul)	< 0.08 (2.00 mm/s)
Precaución (Color Violeta)	< 0.20 (5.00 mm/s)
Inaceptable (Color Rojo)	> 0.20 (5.00 mm/s)
CLASE 3	Equipos de gran tamaño en cimentaciones rígidas (por ejemplo Turbinas, compresoras Etc)
CLASIFICACION	Niveles de Vibración en Soportes del Equipo (pulg/seg pico)
Muy Buena (Color Verde)	< 0.05 (1.25 mm/s)
Buena (Color Azul)	< 0.13 (3.30 mm/s)
Precaución (Color Violeta)	< 0.30 (7.50 mm/s)
Inaceptable (Color Rojo)	> 0.30 (7.50 mm/s)
CLASE 4	Equipos de gran tamaño en cimentaciones flexibles (por ejemplo Turbogeneradores, ventiladores Etc)
CLASIFICACION	Niveles de Vibración en Soportes del Equipo (pulg/seg pico)
Muy Buena (Color Verde)	< 0.07 (1.75 mm/s)
Buena (Color Azul)	< 0.20 (5.00 mm/s)
Precaución (Color Violeta)	< 0.50 (13.0 mm/s)
Inaceptable (Color Rojo)	> 0.50 (13.0 mm/s)

Tabla N° 6.1

g. Bomba sin cimentación

Las bombas sin cimentación repercute directamente en los niveles de vibración del equipo. Hay que tener en cuenta que una de las principales características de la cimentación es absorber la vibración de los equipos, más aún cuando las bombas están rigidizadas por las tuberías de succión y descarga, que como se ha visto anteriormente están apoyadas en el equipo

h. Bomba desnivelada

En general las bombas están simplemente apoyadas en el piso y por lo general la planta tiene pendientes para direccionar los derrames a las bombas de sumidero ó verticales. Al estar las bombas simplemente apoyadas se generan sobreesfuerzos entre la tubería de descarga y la bomba. Además este desnivel no es considerado en el montaje de las poleas por ser despreciable ó imperceptible, en consecuencia las poleas no se alinean correctamente y esto se aprecia cuando el equipo entra en operación y se produce el desgaste prematuro de las fajas.

6.2 CÁLCULO DE LA ALTURA DINÁMICA TOTAL

Como primer paso para el cálculo de la altura dinámica total, se realizó el isométrico de las líneas de descarga de cada una de las bombas, incluyendo los accesorios que cada línea tiene.

Para el cálculo de la altura dinámica total ((ADT) se utilizará el principio de Bernoulli, según lo indicado en el capítulo 2, ecuación 2.4:

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + H_A + H_{Bomba} = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + H_B + \sum_{perd}$$

Igualmente para el cálculo de las pérdidas primarias y secundarias se utilizarán las fórmulas descritas en el capítulo 2, sección 2.2

Finalmente para bombas de pulpa, el ADT será afectado con el factor de corrección para bombas de pasta aguada según el procedimiento descrito en el capítulo 2, sección 2.4.

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo para cada caso para finalmente mostrar una tabla resumen de cálculo de todas las bombas seleccionadas:

6.2.1 Primer Caso

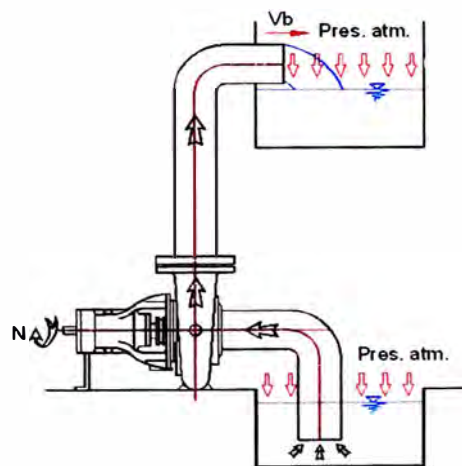


Figura N° 6.6

Tipo de Fluido:	Agua
Descarga :	Libre
Material Tub. :	Acero
μ (kg/m-s) :	0.001005
ρ (kg/m ³) :	998.2

Por Bernoulli:

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + H_A + H_{Bomba} = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + H_B + \sum_{perd}$$

Condiciones:

$$P_A = P_B = P_{atm} = 0 \quad V_A = 0$$

Entonces se tiene:

$$H_{Bomba} = \frac{V_B^2}{2g} + (H_B - H_A) + \sum_{perd} \dots\dots(*)$$

Bomba 6JA:

Altura de la bomba:

$$H_A = 0.50 \text{ m}$$

$$H_B = 62.9 \text{ m}$$

$$Q = 970 \text{ GPM}$$

$$\varnothing_B = 6''$$

Por Continuidad

$$A_B V_B = Q$$

$$V_B = 3.282 \text{ m/seg}$$

Cálculo de pérdidas (\sum_{perd})

a. Primarias

Longitud total de la tubería de descarga (L): 158 m

Diámetro interior (\varnothing_{int}): 0.15408 m

Número de Reynolds (Re): 502227.75

Rugosidad del acero (K_m)	:	0.00005 m
Rugosidad relativa (K_r)	:	3.245×10^{-4}

De acuerdo al número de Reynolds el flujo esta en la zona de transición, en donde según el diagrama de Moody el factor de fricción (f) es igual a : 0.015 (ver grafico N° 6.7)

Diagrama de Moody

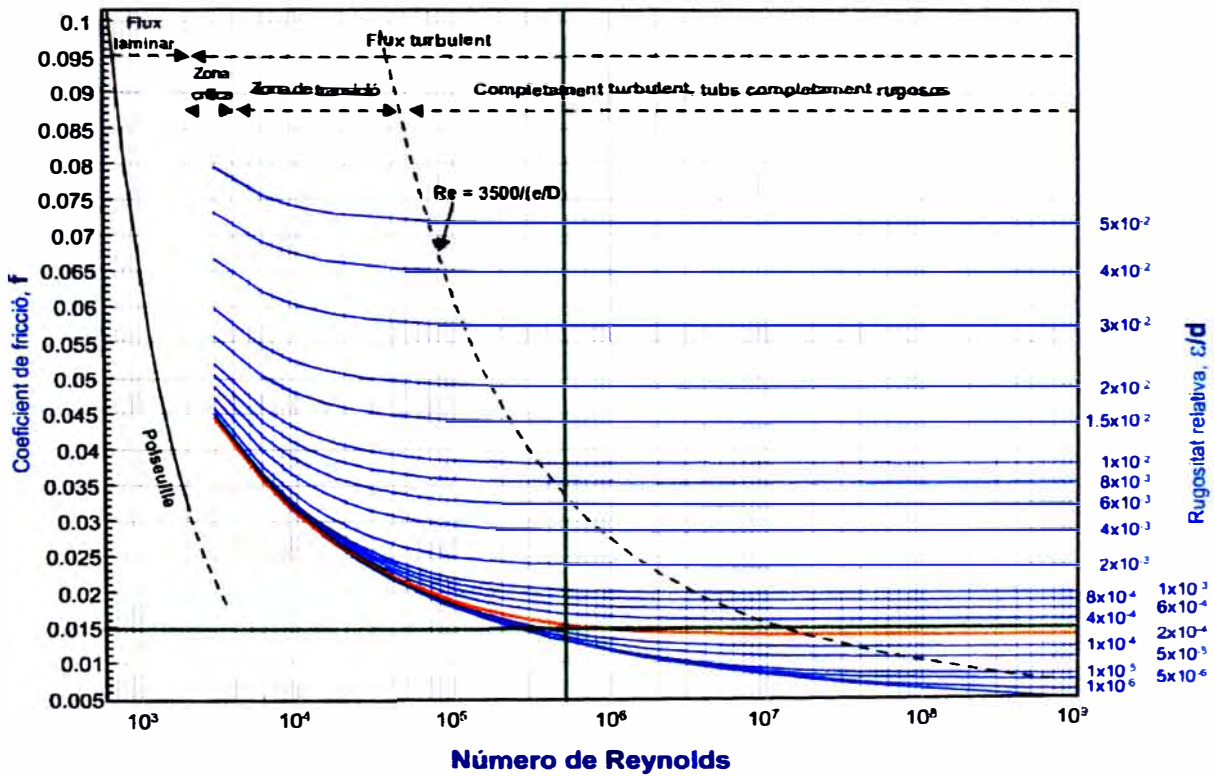


Gráfico N° 6.7

Aplicando la fórmula de Darcy – Weisbach:

$$\Delta h = \frac{f \times L \times V^2}{2g \times \phi_{int}}$$

se tiene:

$$\Delta h = 8.443 \text{ m} \dots\dots(1)$$

Aplicando la fórmula de **Hazen – Williams**

$$S = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times \phi_{\text{int}}^{2.63}} \right)^{1.85}$$

$$\Delta h = S \times L$$

Donde para el acero $C = 130$

Se tiene:

$$S = 0.06663$$

$$\Delta h = 10.528 \text{ m} \dots\dots(2)$$

(2) > (1)

Por lo tanto tomaremos como pérdidas primarias lo obtenido según la fórmula de Hazen Williams.

b. Secundarias – Accesorios

Codos

Pérdida por curvas en escuadra o falsa escuadra



$\alpha = 15^\circ$, Cantidad : 05 unidades.

Aplicando la fórmula de pérdidas para este accesorio:

$$\Delta h = \frac{K \times V^2}{2g}$$

en donde : $K = 4 \times f$ **(Ver tabla de la ecuación 2.20)**

Se tiene:

$$\Delta h = 5 * (0.03294) = 0.16468 \text{ m} \dots\dots(a)$$

Igualmente para $\alpha = 30^\circ$, Cantidad : 05 unidades.

$$\Delta h = 5 * (0.06587) = 0.32935 \text{ m} \dots\dots(b)$$

Igualmente para $\alpha = 45^\circ$, Cantidad : 02 unidades.

$$\Delta h = 2 * (0.12351) = 0.24701 \text{ m} \dots\dots(c)$$

Igualmente para $\alpha = 60^\circ$, Cantidad : 02 unidades.

$$\Delta h = 2 * (0.20584) = 0.41169 \text{ m} \dots\dots(d)$$

Ensanchamiento gradual

Cantidad : 01

De acuerdo a la ecuación 2.17

$$K = \frac{2.6 \left(\text{sen} \frac{\theta}{2} \right) \left(1 - \frac{\phi_1^2}{\phi_2^2} \right)^2}{\frac{\phi_1^4}{\phi_2^4}}$$

con $\phi_1 = 4''$

$$\varnothing 2 = 6''$$

$$\theta = 45^\circ$$

Entonces: $K = 1.5547$

$$\Delta h = 1 * (0.853375) = 0.853375 \text{ m} \dots\dots(e)$$

Válvula check

Cantidad : 01

De acuerdo a la ecuación 2.22

$$K = 50 \times f$$

$$\Delta h = 1 * (0.41169) = 0.41169 \text{ m} \dots\dots(f)$$

Total de pérdidas secundarias

$$\sum_{\text{perd-sec}} = (a) + (b) + (c) + (d) + (e) + (f) = 2.41779 \text{ m} \dots\dots(3)$$

c. Total de pérdidas

$$\sum_{\text{perd}} = (2) + (3) = 10.528 + 2.41779 = 12.945 \text{ m} \dots\dots(4)$$

Con todos los datos regresamos a la expresión (*):

$$H_{\text{Bomba}} = \frac{(3.282)^2}{2(9.81)} + (62.9 - 0.50) + 12.945 = 75.89 \text{ m}$$

$$H_{\text{Bomba}} = 75.89 \text{ m}$$

6.2.2 Segundo Caso

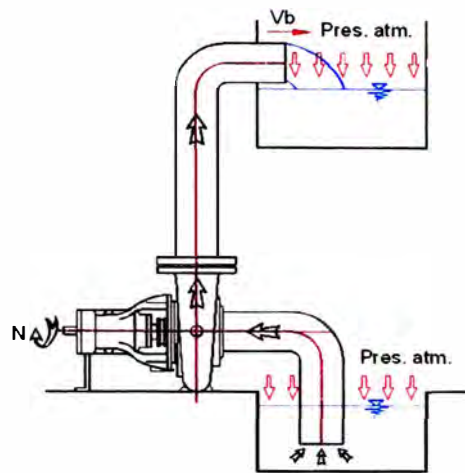


Figura N° 6.8

Tipo de Fluido	:	Pulpa
Descarga	:	Libre
Material Tub.	:	Manguera Trellex
μ (kg/m-s)	:	0.001005
ρ pulpa (kg/m ³)	:	1650
Gravedad especifica de sólidos	:	2.61

Por Bernoulli:

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + H_A + H_{Bomba} = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + H_B + \sum_{perd}$$

Condiciones:

$$P_A = P_B = P_{atm} = 0 \quad V_A = 0$$

Entonces se tiene:

$$H_{Bomba} = \frac{V_B^2}{2g} + (H_B - H_A) + \sum_{perd} \dots\dots(*)$$

Bomba 1GA:

Altura de la bomba:

$$H_A = 0.50 \text{ m}$$

$$H_B = 20 \text{ m}$$

$$Q = 1250 \text{ GPM}$$

$$\varnothing_B = 8''$$

Por Continuidad

$$A_B V_B = Q$$

$$V_B = 2.443 \text{ m/seg}$$

Cálculo de pérdidas (\sum_{perd})

a. Primarias

Longitud total de la tubería de descarga (L):	51.7 m
Diámetro interior (\varnothing_{int})	: 0.203 m
Número de Reynolds (Re)	: 8.1×10^5
Rugosidad del acero (K_m)	: 0.00005 m
Rugosidad relativa (K_r)	: 2.466×10^{-4}

De acuerdo al número de Reynolds el flujo esta en la zona de transición, en donde según el diagrama de Moody el factor de fricción (f) es igual a 0.0145 (ver figura N° 6.9)

Diagrama de Moody

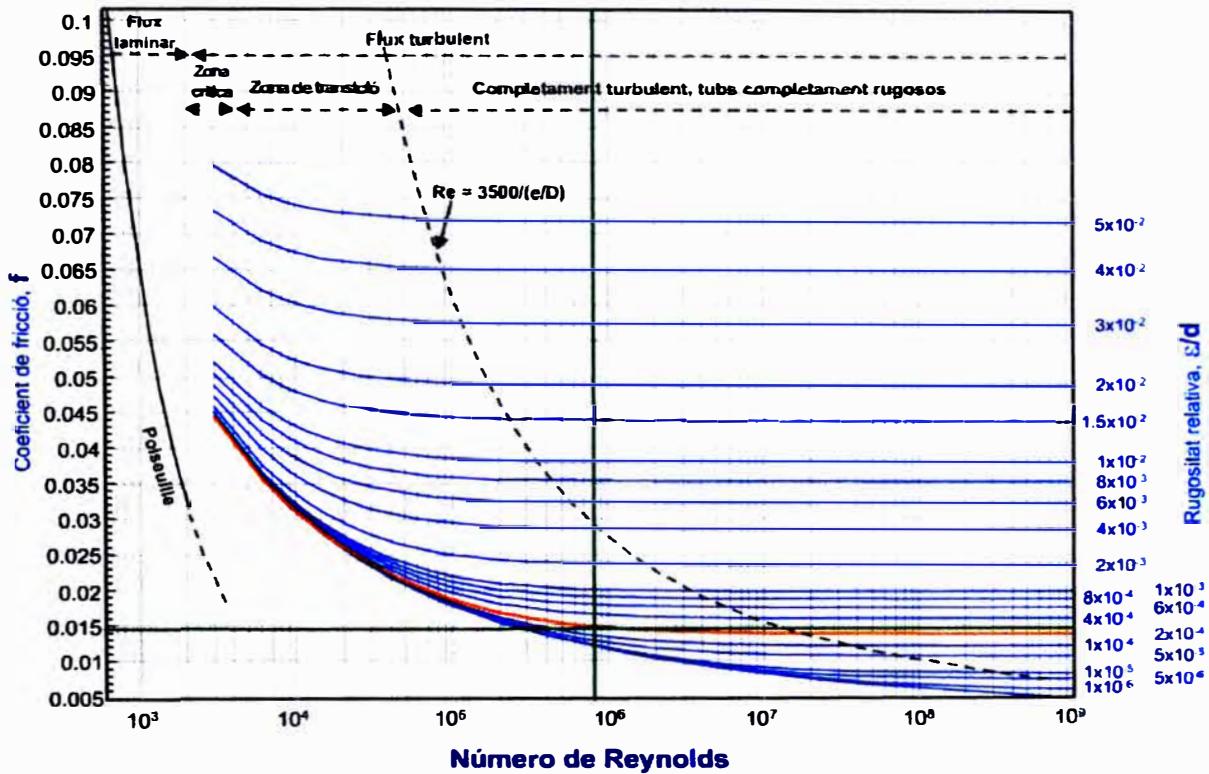


Figura N° 6.9

Aplicando la fórmula de **Darcy – Weisbach**:

$$\Delta h = \frac{f \times L \times V^2}{2g \times \phi_{int}}$$

Se tiene:

$$\Delta h = 1.131 \text{ m} \dots\dots(1)$$

Aplicando la fórmula de **Hazen – Williams**

$$S = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times \phi_{int}^{2.63}} \right)^{1.85}$$

$$\Delta h = S \times L$$

Donde para el acero $C = 130$

Se tiene:

$$S = 0.02802$$

$$\Delta h = 1.457 \text{ m} \dots\dots(2)$$

$$(2) > (1)$$

Por lo tanto tomaremos como pérdidas primarias lo obtenido según la fórmula de Hazen Williams.

b. Secundarias – Accesorios

Codos:

Pérdida por curvas en escuadra o falsa escuadra



$\alpha = 75^\circ$, Cantidad : 01 unidad.

Aplicando la fórmula de pérdidas para este accesorio:

$$\Delta h = \frac{K \times V^2}{2g}$$

en donde : $K = 40 \times f$ (**Ver tabla de la ecuación 2.20**)

Se tiene

$$\Delta h = 1 * (0.17637) = 0.17637 \text{ m} \dots\dots(a)$$

Igualmente para $\alpha = 90^\circ$, Cantidad : 02 unidades.

$$\Delta h = 3 * (0.26456) = 0.79369 \text{ m} \dots\dots(b)$$

Total de pérdidas secundarias

$$\sum_{\text{perd-sec}} = (a) + (b) = 0.97 \text{ m} \dots\dots(3)$$

c. Total de pérdidas

$$\sum_{\text{perd}} = (2) + (3) = 1.457 + 0.97 = 2.427 \text{ m} \dots\dots(4)$$

Con todos los datos regresamos a la expresión (*):

$$H_{\text{Bomba}} = \frac{(2.443)^2}{2(9.81)} + (20 - 0.50) + 2.427 = 22.23 \text{ m}$$

$$H_{\text{Bomba}} = 22.23 \text{ m} \dots\dots(5)$$

d. Cálculo del factor de corrección

Dado que el producto bombeado es pulpa, el resultado mostrado en la expresión (5), debe ser corregido de acuerdo al procedimiento de las bombas de pasta aguada según lo descrito en el sub capítulo 2.4.1.

Para esto tenemos la siguiente granulometría:

BOMBA 1G A-B			
Malla	% por Peso de Sólidos	Tamaño Partículas mm	% Acumul. que Pasa
<400	15.62		15.62
400	1.17	0.033	16.79
325	1.48	0.044	18.27
270	4.19	0.053	22.46
200	4.74	0.075	27.20
140	3.93	0.106	31.13
100	7.60	0.15	38.73
70	7.62	0.212	46.35
50	9.44	0.3	55.79
40	5.22	0.425	61.01
35	5.22	0.5	66.23
30	21.73	0.6	87.96
18	4.05	1	92.01
14	5.58	1.41	97.59
10	2.39	2	99.98
4	0.02	4.75	100.00

- 1ro. Trazamos en escala semilogarítmica según la figura N° 6.10 y leemos para un $d_{50}=0.25$ mm

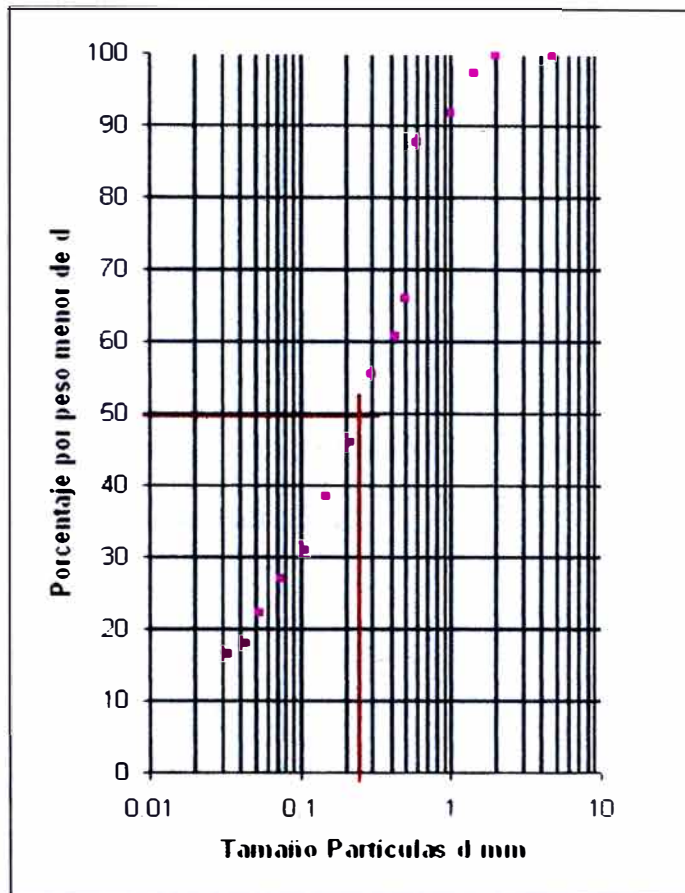


Figura N° 6.10

2do. Se determina la concentración de sólidos por peso en la mezcla (C_w), combinando las ecuaciones 2.30 y 2.32, se tiene:

$$C_w = \frac{100 * S_s * (S_m - 1)}{S_m * (S_s - 1)}$$

en donde:

S_s = Densidad relativa de los sólidos

S_m = Densidad relativa de la mezcla

C_w = % por peso de sólidos en la mezcla

C_v = % por volumen de sólidos en la mezcla donde:

Reemplazando datos:

$$S_s = 2610 \text{ kg/m}^3$$

$$S_m = 1650 \text{ kg/m}^3$$

Se tiene:

$$C_w = 63.86 \%$$

3ro. Se determina la concentración de sólidos por volumen (C_w), de acuerdo a la ecuación 2.32:

$$C_w = \frac{100S_s}{\frac{100}{C_v} + (S_s - 1)}$$

$$C_w = 63.86\% = \frac{1(100)(2.61)}{\frac{100}{C_v} + (2.61 - 1)}$$

Se tiene:

$$C_v = 51.71 \%$$

4to. Obtenemos el factor K de la figura 2.19 y calculamos la reducción en la carga H_r y en la eficiencia E_r , de acuerdo a las fórmulas de la misma figura 2.19.

$$K = 0.05$$

$$H_r = 1 - \frac{K * C_v}{20}$$

$$H_r = 0.89907$$

5to. Determinamos la altura dinámica corregida, a partir del resultado de la H_{bomba} y el H_r , tenemos:

$$H_{bomba\ corregido} = \frac{H_{bomba}}{H_r}$$

$$H_{bomba\ corregido} = \frac{22.31}{0.89907} = 24.82\ m$$

$$H_{bomba\ corregido} = 24.82\ m$$

6.2.3 Tercer Caso

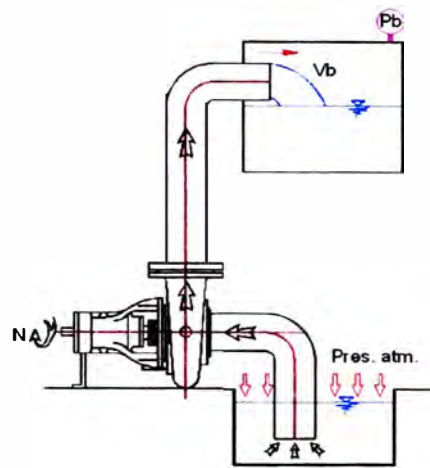


Figura N° 6.11

Tipo de Fluido	:	Pulpa
Descarga	:	Ciclones a 30 PSI
Material Tub.	:	Manguera Trellex
μ (kg/m-s)	:	0.001005
ρ pulpa (kg/m ³)	:	1412
Gravedad especifica de sólidos: 2.80		

Por Bernoulli:

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + H_A + H_{Bomba} = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + H_B + \sum_{perd}$$

Condiciones:

$$P_A = P_{atm} = 0 ; P_B = 30 \text{ PSI} = 21088.5 \text{ kgf} / \text{m}^2 ; V_A = 0$$

Entonces se tiene:

$$H_{Bomba} = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + (H_B - H_A) + \sum_{perd} \dots\dots(*)$$

Bomba 5FA:

Altura de la bomba:

$$H_A = 0.50 \text{ m}$$

$$H_B = 13.60 \text{ m}$$

$$Q = 3100 \text{ GPM}$$

$$\varnothing_B = 10''$$

Por Continuidad

$$A_B V_B = Q$$

$$V_B = 3.845 \text{ m/seg}$$

Cálculo de pérdidas (\sum_{perd})**a. Primarias**

Longitud total de la tubería de descarga (L) : 20 m

Diámetro interior (\varnothing_{int}) : 0.254 m

Número de Reynolds (Re) : 1.4×10^6

Rugosidad del acero (K_m) : 0.00005 m
 Rugosidad relativa (K_r) : 1.965×10^{-4}

De acuerdo al número de Reynolds el flujo esta en la zona de transición, en donde según el diagrama de Moody el factor de fricción (f) es igual a : 0.0142 (ver figura N° 6.12)

Diagrama de Moody

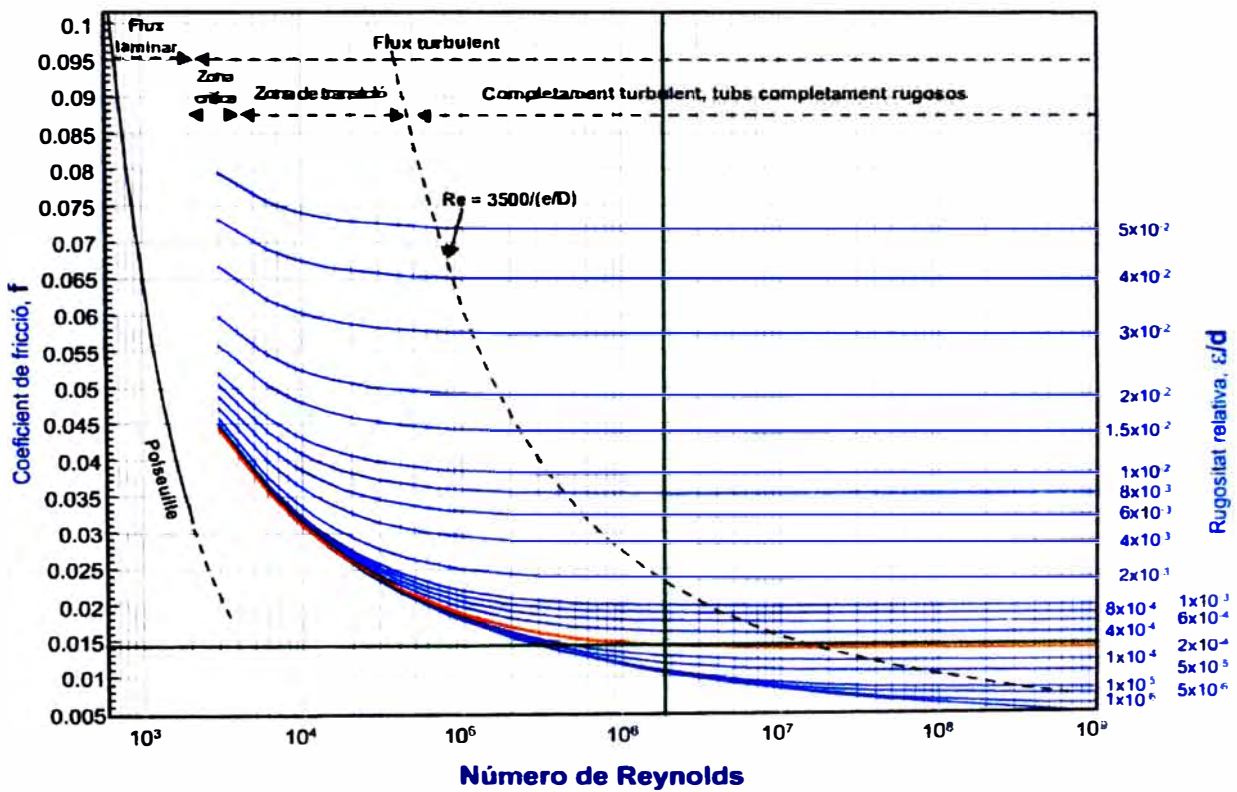


Figura N° 6.12

Aplicando la fórmula de Darcy – Weisbach:

$$\Delta h = \frac{f \times L \times V^2}{2g \times \phi_{int}}$$

se tiene:

$$\Delta h = 0.841 \text{ m} \dots\dots(1)$$

Aplicando la fórmula de Hazen – Williams

$$S = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times \phi_{\text{int}}^{2.63}} \right)^{1.85}$$

$$\Delta h = S \times L$$

Donde para el acero $C = 130$

Se tiene:

$$S = 0.04978$$

$$\Delta h = 0.996 \text{ m} \dots\dots(2)$$

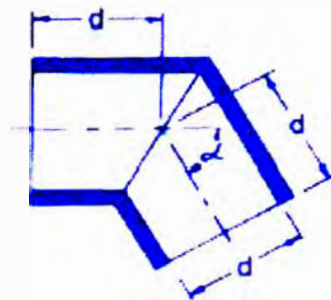
(2) > (1)

Por lo tanto tomaremos como pérdidas primarias lo obtenido según la fórmula de Hazen Williams.

b. Secundarias – Accesorios

(*) Codos

Pérdida por curvas en escuadra o falsa escuadra



$\alpha = 15^\circ$, Cantidad : 01 unidad.

Aplicando la fórmula de pérdidas para este accesorio:

$$\Delta h = \frac{K \times V^2}{2g}$$

en donde : $K = 4 \times f$ (Ver tabla de la ecuación 2.20)

Se tiene:

$$\Delta h = 1 * (0.04281) = 0.4281 \text{ m} \dots\dots(a)$$

Igualmente para $\alpha = 45^\circ$, Cantidad : 01 unidades.

$$\Delta h = 1 * (0.16054) = 0.16054 \text{ m} \dots\dots(b)$$

Igualmente para $\alpha = 60^\circ$, Cantidad : 01 unidades.

$$\Delta h = 1 * (0.26756) = 0.26756 \text{ m} \dots\dots(c)$$

(*) Ensanchamiento gradual

Cantidad : 01

De acuerdo a la ecuación 2.17

$$K = \frac{2.6(\text{sen} \frac{\theta}{2}) \left(1 - \frac{\phi_1^2}{\phi_2^2} \right)^2}{\frac{\phi_1^4}{\phi_2^4}}$$

con $\phi_1 = 8''$

$\phi_2 = 10''$

$\theta = 45^\circ$

Entonces: $K = 0.26907$

$$\Delta h = 1 * (0.20280) = 0.20280 \text{ m} \dots\dots(d)$$

(*) Válvula Compuerta

Cantidad : 01

De acuerdo a la ecuación 2.18

$$K = 8 \times f$$

$$\Delta h = 1 * (0.08562) = 0.08562 \text{ m} \dots\dots(e)$$

Total de pérdidas secundarias

$$\sum_{\text{perd-sec}} = (a) + (b) + (c) + (d) + (e) = 0.76 \text{ m} \dots\dots(3)$$

c. Total de pérdidas

$$\sum_{\text{perd}} = (2) + (3) = 0.996 + 0.76 = 1.76 \text{ m} \dots\dots(4)$$

Con todos los datos regresamos a la expresión (*):

$$H_{\text{Bomba}} = \frac{21088.5}{1412} + \frac{(3.845)^2}{2(9.81)} + (13.6 - 0.50) + 1.76 = 30.54 \text{ m}$$

$$H_{\text{Bomba}} = 30.54 \text{ m} \dots\dots(5)$$

d. Cálculo del factor de corrección

Dado que el producto bombeado es pulpa, el resultado mostrado en la expresión (5), debe ser corregido de acuerdo al procedimiento de las bombas de pasta aguada según lo descrito en el sub capítulo 2.4.1.

Para esto tenemos la siguiente granulometría:

BOMBA 5F A-B			
Malla	% por Peso de Sólidos	Tamaño Partículas mm	% Acumul. que Pasa
<270	11.40		11.40
270	8.45	0.053	19.85
200	15.20	0.075	35.05
140	21.27	0.106	56.31
100	25.58	0.150	81.90
70	12.65	0.212	94.55
50	5.05	0.300	99.60
40	0.40	0.425	100.00
30	0.00	0.600	100.00

- 1ro. Trazamos en escala semilogarítmica según la figura N° 6.13 y leemos para un $d_{50}=0.10$ mm.

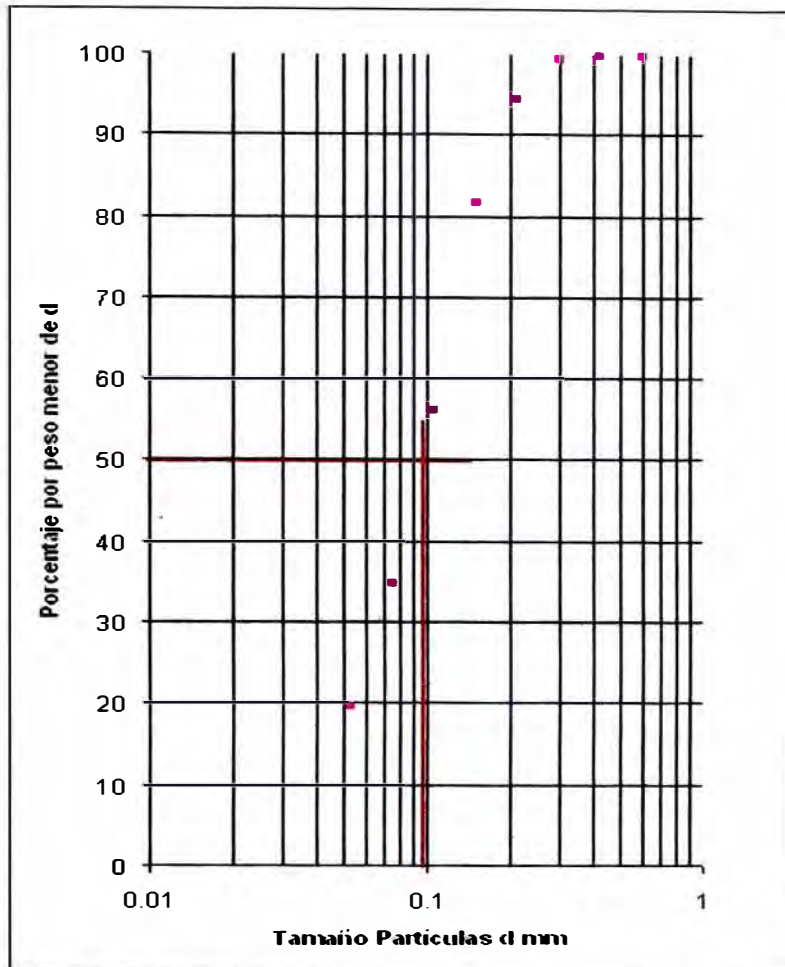


Figura N° 6.13

2do. Se determina la concentración de sólidos por peso en la mezcla (C_w), combinando las ecuaciones 2.30 y 2.32, se tiene:

$$C_w = \frac{100 * S_s * (S_m - 1)}{S_m * (S_s - 1)}$$

en donde:

S_s = Densidad relativa de los sólidos

S_m = Densidad relativa de la mezcla

C_w = % por peso de sólidos en la mezcla

C_v = % por volumen de sólidos en la mezcla donde:

Reemplazando datos:

$$S_s = 2800 \text{ kg/m}^3$$

$$S_m = 1412 \text{ kg/m}^3$$

Se tiene:

$$C_w = 46.01 \%$$

3ro. Se determina la concentración de sólidos por volumen (C_w), de acuerdo a la ecuación 2.32:

$$C_w = \frac{100S_s}{\frac{100}{C_v} + (S_s - 1)}$$

$$C_w = 46.01\% = \frac{1(100)(2.80)}{\frac{100}{C_v} + (2.80 - 1)}$$

Se tiene:

$$C_v = 23.33 \%$$

4to. Obtenemos el factor K de la figura 2.19 y calculamos la reducción en la carga H_r y en la eficiencia E_r , de acuerdo a las fórmulas de la misma figura 2.19

$$K = 0.08$$

$$H_r = 1 - \frac{K * C_v}{20}$$

$$H_r = 0.907$$

5to. Determinamos la altura dinámica corregida, a partir del resultado de la H_{bomba} y el H_r , tenemos:

$$H_{bomba\ corregido} = \frac{H_{bomba}}{H_r}$$

$$H_{bomba\ corregido} = \frac{30.54}{0.97} = 33.68\ m$$

$$H_{bomba\ corregido} = 33.68\ m$$

En la tabla 6.2 se muestra el resumen del cálculo de la altura dinámica para cada bomba.

6.3 EVALUACIÓN DE COSTOS PARA LAS CORRECCIONES EN LA INSTALACIÓN

En el capítulo 4 se observó los diferentes problemas que las bombas presentan en la unidad minera. Además en el subcapítulo anterior con el isométrico levantado para cada bomba, se pudo observar con mayor detalle aquellas bombas en donde el recorrido no era el adecuado, presentando en algunos casos exceso de accesorios.

En esta parte, en base a la información de los capítulos anteriores, se mostrará los costos necesarios para las correcciones a realizar para cada una de las 28 bombas.

En la tabla 6.3 se muestra el resumen de costos para cada bomba.

Cabe mencionar que debido al alto costo que representa realizar todos los cambios mostrados en la tabla 6.3, los cambios se realizarán en grupos, para luego de ver los resultados, después continuar con otro grupo y así hasta completar las 28 bombas. Por lo tanto para esta primera parte sólo se tomará en cuenta las correcciones a realizar en cinco bombas. Para este primer grupo de bombas se tomará en cuenta los valores de confiabilidad y vibración de cada equipo.

Los detalles de las correcciones de éstas cinco bombas se desarrollarán en el capítulo 9.

En este informe las mejoras que se mostrarán serán sólo lo realizado para estas **cinco bombas**, por dos razones, primero porque el proyecto se encuentra en esta fase y segundo porque lo que se realice para las 23 bombas restantes son en esencia lo mismo que se mostrará para este primer grupo.

Tabla N° 6.2 Cálculo de la altura dinámica total (ADT)

Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	Tipo de Fluido	Presión de descarga (PSI)	Densidad del Fluido (kg/m ³)	Gravedad específica de sólidos	Caudal Q (GPM)	Altura de bombeo (m)	Pérdidas Primarias (m)	Pérdidas Secundarias (m)	ADT (m)	Factor de corrección	ADT corregido (m)
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	Pulpa	Libre, 0 PSI	1060	2,82	2100	19,57	7,51	6,87	33,95	0,979	34,68
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	Pulpa	Libre, 0 PSI	1060	2,82	2100	19,57	7,51	6,87	33,95	0,979	34,68
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	Pulpa	Libre, 0 PSI	1090	2,83	1900	15,01	6,24	4,26	25,51	0,9459	26,97
4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	Pulpa	Ciclones, 18PSI	1200	2,79	1400	24,69	2,89	3,96	31,54	0,9330	33,81
5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	Pulpa	Libre, 0 PSI	1300	2,70	550	8,61	1,06	0,32	9,99	0,8059	12,40
1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	Pulpa	Libre, 0 PSI	1650	2,61	1250	19,80	1,46	1,05	22,31	0,89907	24,82
1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	Pulpa	Libre, 0 PSI	1650	2,61	1100	19,74	1,15	0,81	21,70	0,89907	24,13
2GA	BOMBA COMESA 10X8	COMESA	10 x 8	Pulpa	Libre, 0 PSI	1700	2,57	1300	21,99	4,581	1,834	28,40	0,844	33,65
2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	Pulpa	Libre, 0 PSI	1700	2,57	1300	21,99	4,581	1,834	28,40	0,844	33,65
2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	Pulpa	Ciclones, 18PSI	1130	2,78	1600	27,39	4,71	6,12	38,22	0,909	42,06
2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	Pulpa	Libre, 0 PSI	1300	2,75	320	8,51	1,76	0,37	10,64	0,786	13,54
3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	Pulpa	Ciclones, 14PSI	1060	2,81	2884	30	6,45	5,63	42,08	0,985	42,72
4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	Pulpa	Ciclones, 20PSI	1180	2,76	2400	14,04	5,15	4,55	23,74	0,959	24,75
4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	Pulpa	Libre, 0 PSI	1350	2,75	175	15,69	1,61	0,32	17,62	0,920	19,15
1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	Pulpa	Ciclones, 20PSI	1400	2,7	1630	26,85	0,53	0,73	28,11	0,941	29,87
1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	Pulpa	Ciclones, 20PSI	1400	2,7	3500	27,6	2,18	3,17	32,95	0,941	35,02
5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	Pulpa	Ciclones, 30PSI	1412	2,8	3100	28,79	0,996	0,76	30,55	0,907	33,68
5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	Pulpa	Ciclones, 30PSI	1412	2,8	2900	28,69	0,88	0,66	30,23	0,907	33,33
7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	Pulpa	Libre, 0 PSI	1350	2,65	1300	12,13	0,3	0,44	12,87	0,947	13,59
7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	Pulpa	Libre, 0 PSI	1350	2,65	1400	12,15	0,43	0,49	13,07	0,947	13,80
22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	Pulpa	Ciclones, 30PSI	1370	2,80	420	24,92	3,12	3,2	31,24	0,918	34,04
33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	Pulpa	Libre, 0 PSI	1400	2,70	2200	36,14	9,57	1,75	47,46	0,929	51,06
6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	Agua	Libre, 0 PSI	998,2	N A	970	62,95	10,53	2,42	75,89	1	75,89
6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	Agua	Libre, 0 PSI	998,2	N A	780	62,75	7,03	1,56	71,35	1	71,35
16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	Agua	Libre, 0 PSI	998,2	N A	415	83,63	0,94	0,292	84,87	1	84,87
16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRES	6LR 18	Agua	Libre, 0 PSI	998,2	N A	1050	83,69	1,424	0,614	85,72	1	85,72
36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL	Agua	Libre, 0 PSI	998,2	N A	3010	82,73	16,44	7,39	106,56	1	106,56
37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRES	6LR 18	Agua	Libre, 0 PSI	998,2	N A	950	53,18	2,901	0,39	56,46	1	56,46

Tabla N° 6.3 Costos para corregir la operatividad de cada equipo de bombeo

Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	Civil	Estructuras		Tuberías		Mecánico	Grand Total (USD)	HH Total	
				Cimentación de la bomba (USD)	Soporterías (USD)	Cambio de Sumidero (USD)	Reemplazo de Succión (USD)	Reemplazo Descarga (USD)	Alineam. y Nivelación (USD)			
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	485	93	3272	2755	300	160	7.065,00	487,655	
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	485	93		2755	300	160	3.793,00	177,105	
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	485	93	3272	2795	300	160	7.105,00	487,65	
4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	485	93	3272	2731	300	160	7.041,00	487,65	
5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	267	93	2103	2200	300	160	5.123,34	311,465	
1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	535	93	4250	2835	300	160	8.173,00	583,85	
1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	535	93		2835	300	160	3.923,00	187,17	
2GA	BOMBA COMESA 10X8	COMESA	10 x 8	535	93	4250	2835	300	160	8.173,00	583,85	
2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	535	93		2835	300	160	3.923,00	187,17	
2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	535	93	4250	2835	300	160	8.173,00	583,85	
2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	192	93	1600	2187	300	160	4.532,00	243,76	
3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	535	93	4250	2835	300	160	8.173,00	583,85	
4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	535	93	4250	2835	300	160	8.173,00	583,85	
4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	192	93	1600	2200	300	160	4.545,00	243,76	
1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	781	93	5500	3900	300	160	10.734,00	747,39	
1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	781	93		3900	300	160	5.234,00	221,5	
5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	535	93	4250	2835	300	160	8.173,00	603,85	
5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	535	93		2835	300	160	3.923,00	207,17	
7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	535	93	4250	2835	300	160	8.173,00	603,85	
7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	535	93		2835	300	160	3.923,00	207,17	
22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	267	93	2103	2200	300	160	5.123,34	311,39	
33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	781	93	5500	3900	300	160	10.734,00	747,39	
6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	485	93		2755	300	160	3.793,00	186,175	
6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	485	93		2755	300	160	3.793,00	186,175	
16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	485	93		2755	300	160	3.793,00	186,17	
16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	485	93		2755	300	160	3.793,00	186,17	
36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	Flowserve	485	93			300	160	1.038,00	66,17	
37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18		93			300	160	553,00	39,07	
				13.511,67		2.604,00	57.972,00	73.728,00	8.400,00	4.480,00	160.695,67	10.232

(*) : Para estimar un costo en las modificaciones a realizar en la tubería de descarga, se ha considerado el cambio de 1.0 m de tubería, dado que la idea es reutilizar las líneas existentes. El presupuesto real se puede obtener una vez definido el nuevo recorrido de la tubería, con un isométrico propuesto.

CAPITULO 7

ANALISIS DE DISPONIBILIDAD Y DE LOS NIVELES DE VIBRACION

En este capítulo se revisará la confiabilidad y disponibilidad de cada una de las bombas, así como la frecuencia de fallas y los niveles de vibración de los tres últimos años.

7.1 CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD POR EQUIPO Y/O POR SISTEMAS

Para el cálculo de la disponibilidad de cada equipo en la unidad minera San Rafael, se tiene en cuenta los tiempos expresados en horas de las fallas ocurridas en un período de trabajo del equipo.

Se considera falla toda aquella parada no programada del equipo, sea por falta de control de desgaste del componente ó por alguna mala operación que origina la falla prematuro de algún componente. Esto último es difícil de controlar dado que esta muy relacionado con la experticia del operador.

En San Rafael, los parámetros que se controlan son el desgaste de los impulsores y el desgaste de los forros del casco.

Sólo se tiene el control de horas de operación de un grupo de bombas, consideradas las más críticas dentro del proceso y para estas se tiene:

Tiempo de duración de componentes en Bombas críticas			
Bomba	Impulsor	Forro Gland	Forro Succión
1G	1200	1900	1200
2G	1200	1900	1200
2J	900	9200	9200

Tabla N° 7.1

Para las demás bombas el control del desgaste de estos componentes, es por inspección periódica y en muchos casos se espera a que se manifieste el problema para realizar el cambio, es decir un mantenimiento correctivo. En aquellas bombas en donde se realiza la inspección periódica, es difícil determinar la cantidad de horas ó días que realmente trabajó el equipo dado que no se lleva un control de los días que trabaja una bomba ó su stand by. Para calcular su disponibilidad se considerará un promedio de horas al año, esto se verá con mayor detalle en el ejemplo de cálculo para cada caso.

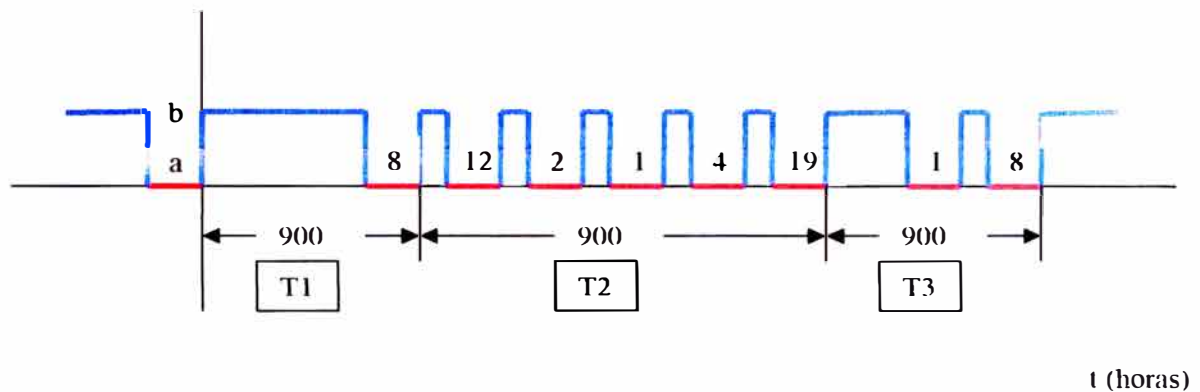
En San Rafael, el 95% de bombas cuenta con su bomba de stand by, es por ello que al hablar de disponibilidad del sistema ó grupo de bombas el resultado siempre será alto, dado que para considerar falla del sistema es necesario que ambas bombas fallen, se mostrará un caso para aclarar más este tema.

7.1.1 Cálculo – Caso 1

En este primer caso se tomaran en cuenta aquellas bombas que cuentan con holómetro y que además se tiene el registro de cambio de impulsores en un período determinado.

Bomba 2JA:

Para esta bomba, el cambio de impulsor se realiza cada 900 horas. En el año 2007, se tuvo:



En donde:

a: Bomba parada

b: Bomba en operación

Entonces la disponibilidad según la ecuación 2.35, sería:

$$D_1 = \frac{(900 - 8)}{900} = 99.11 \% \quad (\text{Disponibilidad periodo T1})$$

$$D_2 = \frac{(900 - (12 + 2 + 1 + 4 + 19))}{900} = 95.78 \% \quad (\text{Disponibilidad periodo T2})$$

$$D_3 = \frac{(900 - (1 + 8))}{900} = 99 \% \quad (\text{Disponibilidad periodo T3})$$

Luego :

$$D = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3} = 97.96 \%$$

Por lo tanto: *Disponibilidad = 97.96 %*

7.1.2 Cálculo – Caso 2

En este segundo caso se tomaran en cuenta aquellas bombas que cuentan con holómetro y que además no se tiene el registro de cambio de impulsores en un período determinado. Una de las razones por la que no se tiene dicho registro, es porque probablemente se han reutilizado impulsores de otras bombas de las mismas características con menor desgaste.

Bomba 2GA:

Para esta bomba, el cambio de impulsor se realiza cada 1200 horas. En el año 2007, se tuvo:

Número de días de operación programado para el sistema	: 355
Total de horas de parada	: 385.5

Entonces:

$$\text{Horas programadas} = \frac{355 * 24}{2} = 4260$$

Sabemos que cada 1200 se realiza un cambio de impulsor, pero no se tiene ningún registro de cambio, por lo que encontraremos el factor de cambio (f) para estas 4260 horas:

$$f = \frac{4260}{1200} = 3.55$$

Por lo tanto para esas 4260 horas, el número de horas de parada sería:

$$\text{Horas de parada} = \frac{385.5}{f} = \frac{385.5}{3.55} = 108.59 \text{ horas}$$

y la disponibilidad:

$$D = \frac{4260 - 108.59}{4260} = 97.45 \%$$

$$\boxed{\text{Disponibilidad} = 97.45 \%}$$

7.1.3 Cálculo – Caso 3

En este tercer caso se tomaran en cuenta aquellas bombas que no cuentan con horómetro y que además no se tiene el registro de cambio de impulsores en un período determinado.

Dado que no se tiene un período programado porque no se lleva un control de los componentes de desgaste, se tomará como período la mitad del número de días u horas programadas para el sistema en un año. Y todas las paradas registradas en el año consideradas como falla en su período de trabajo.

Bomba 1FA:

Número de días de operación programado para el sistema : 355

Cantidad de horas de parada : 69.5

Tenemos:

$$D = \frac{\left(\frac{355 * 24}{2} - 69.5\right)}{\left(\frac{355 * 24}{2}\right)} = 98.37 \%$$

Por lo tanto: $\boxed{\text{Disponibilidad} = 98.37 \%}$

7.1.4 Cálculo – Disponibilidad del sistema

Considerando que para que el sistema falle ambas bombas deben fallar.

Los valores por parada del sistema se obtienen del control del TVC (Tiempo -Velocidad – Calidad) de operaciones.

Bomba 2JA / B:

Número de días de operación programado para el sistema : 355

Cantidad de horas de parada 2007 : 5

Tenemos:

$$D = \frac{\left(\frac{355 * 24}{2} - 5\right)}{\left(\frac{355 * 24}{2}\right)} = 99.94 \%$$

Por lo tanto: *Disponibilidad = 99.94 %*

Siendo esta disponibilidad mayor a la de cada bomba por separado. (Ver caso 1 disponibilidad de la 2JA es 97.96 %)

En la tabla 7.2, se muestra los resultados de disponibilidad para cada bomba.

7.2 CÁLCULO Y ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE FALLAS (MTBF, MTTR)

Para determinar la confiabilidad de cada bomba, calculamos el MTBF y el MTTR, de acuerdo a las ecuaciones 2.33 y 2.34

Para los mismos casos anteriores, se tiene:

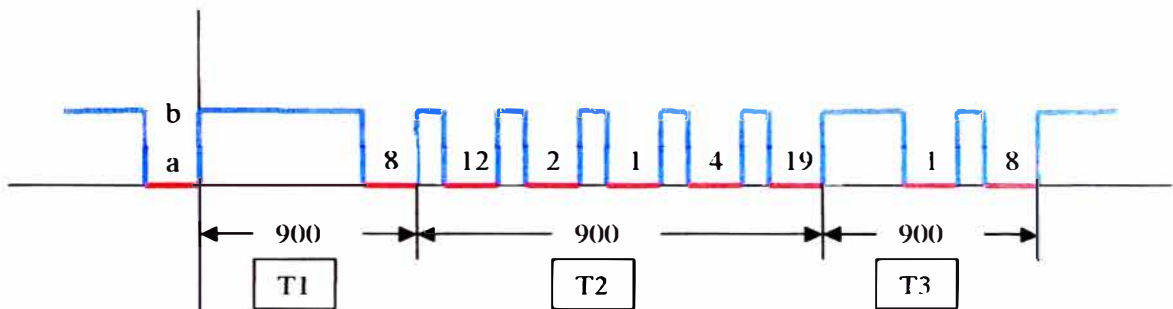
Tabla 7.2 Cálculo de Disponibilidad, MTBF y MTTR

Orden	Descripción / Material	2005				2006				2007			
		HH	Disponibilidad ad	MTBF (días)	MTTR (Horas)	HH	Disponibilidad ad	MTBF (días)	MTTR (Horas)	HH	Disponibilidad ad	MTBF (días)	MTTR (Horas)
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	95.50	98.54%	14.38	4.78	67.00	98.52%	24.61	9.33	108.00	97.96%	11.06	6.70
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	149.00	97.67%	24.28	9.68	114.50	97.81%	21.85	6.71	61.50	98.63%	7.40	6.89
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	30.00	99.30%	58.75	10.00	98.00	97.70%	11.56	6.53	71.00	98.33%	24.93	10.14
4JF	BOMBA COMESA 8 x 6	128.50	96.98%	10.13	7.56	4.00	99.91%	177.33	4.00	113.00	97.35%	10.16	6.65
5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	44.00	98.97%	19.52	4.89	43.50	98.98%	13.51	3.35	114.00	97.32%	9.60	6.33
1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	69.00	97.79%	18.41	8.13	121.50	96.21%	16.03	15.17	283.50	92.50%	7.71	15.00
1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	120.50	98.83%	49.42	14.00	102.50	98.50%	16.42	6.00	272.50	92.17%	10.16	16.05
2GA	BOMBA COMESA 10X8	155.50	98.97%	24.95	6.22	224.00	98.52%	28.22	10.18	385.50	97.45%	16.16	10.14
2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	165.00	98.91%	89.04	23.57	199.00	98.68%	28.27	9.05	161.00	98.93%	34.43	8.90
2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	158.00	96.29%	34.18	31.60	90.00	97.89%	21.72	11.25	130.00	96.95%	9.56	7.22
2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	200.00	95.31%	7.69	9.09	81.00	98.10%	11.61	5.40	90.50	97.88%	12.41	6.46
3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	92.50	97.83%	19.29	10.28	13.00	99.69%	44.24	3.25	83.00	98.05%	15.82	7.55
4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	53.00	98.76%	19.48	5.89	26.00	99.39%	29.40	4.33	63.50	98.51%	15.90	5.77
4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	29.50	99.31%	22.03	3.69	111.50	97.38%	5.08	3.28	124.00	97.09%	6.63	4.77
1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	116.83	97.26%	28.77	19.47	99.50	97.66%	28.89	16.58	69.50	98.37%	17.46	6.95
1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	135.50	96.82%	21.48	16.94	95.50	97.76%	24.79	13.64	95.50	97.76%	21.69	11.94
5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	68.00	98.40%	14.56	5.67	31.00	99.27%	88.10	15.50	314.50	92.62%	9.13	17.47
5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	158.00	96.29%	6.84	6.32	237.00	94.44%	5.24	7.41	123.50	97.10%	9.58	6.86
7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC		N/A	N/A	N/A	25.50	99.40%	35.29	5.10	30.50	98.11%	24.88	11.50
7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	52.00	98.78%	29.22	8.67	58.50	98.63%	15.91	5.32	54.50	98.72%	19.47	6.06
22FA	BOMBA DENVER 5X4	141.64	96.68%	6.13	5.06	87.50	97.95%	8.28	4.17	257.50	93.96%	5.56	8.58
33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	68.50	98.39%	34.93	13.70	51.50	98.79%	19.48	5.72	148.00	96.53%	9.02	7.79
6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	144.25	96.61%	6.60	5.55	61.50	98.56%	13.46	4.73	227.00	94.67%	8.40	11.35
6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	330.00	92.25%	6.55	13.20	68.50	98.39%	14.55	5.71	189.50	95.55%	8.08	9.02
16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	140.00	96.71%	10.10	8.24	74.00	98.26%	17.44	7.40	271.65	93.62%	15.11	24.70
16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	78.50	98.16%	21.78	9.81	2.00	99.95%	177.42	2.00	71.00	98.33%	87.27	35.50
36FC	BOMBA FLOWSERVE (No existe la bomba)		N/A	N/A	N/A	15.00	98.94%	87.81	22.50	59.50	98.60%	58.34	19.83
37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	46.50	98.91%	87.78	23.25	18.00	99.58%	88.38	9.00	76.00	98.22%	34.87	15.20

7.2.1 Cálculo – Caso 1

Bomba 2JA:

Para esta bomba, el cambio de impulsor se realiza cada 900 horas. En el año 2007, se tuvo:



En donde:

a: Bomba parada

b: Bomba en operación

Entonces el MTBF y el MTTR según las ecuaciones 2.33 y 2.34, sería:

$$MTBF_1 = \frac{(900 - 8)}{1} = 37.17 \text{ días} \quad (\text{MTBF periodo T1})$$

$$MTTR_1 = \frac{8}{1} = 8 \text{ horas} \quad (\text{MTTR periodo T1})$$

$$MTBF_2 = \frac{(900 - (12 + 2 + 1 + 4 + 19))}{5} = 7.18 \text{ días} \quad (\text{MTBF periodo T2})$$

$$MTTR_2 = \frac{(12 + 2 + 1 + 4 + 19)}{5} = 7.6 \text{ horas} \quad (\text{MTTR periodo T2})$$

$$MTBF_3 = \frac{(900 - (1 + 8))}{2} = 18.56 \text{ días} \quad (\text{MTBF período T3})$$

$$MTTR_3 = \frac{(1 + 8)}{2} = 4.5 \text{ horas} \quad (\text{MTTR período T3})$$

Luego :

$$MTBF = \frac{MTBF_1 + MTBF_2 + MTBF_3}{3} = 20.97 \text{ días}$$

$$MTTR = \frac{MTTR_1 + MTTR_2 + MTTR_3}{3} = 6.70 \text{ horas}$$

Por lo tanto: $MTBF = 11.06 \text{ días}$

$MTTR = 6.70 \text{ horas}$

7.2.2 Cálculo – Caso 2

Bomba 2GA:

Para esta bomba, el cambio de impulsor se realiza cada 1200 horas. En el año 2007, se tuvo:

Número de días de operación programado para el sistema	: 355
Total de horas de parada	: 385.5
Número de veces de parada en el año	: 38

Entonces:

$$\text{Horas programadas} = \frac{355 * 24}{2} = 4260$$

Utilizamos el mismo factor de cambio (f) que utilizamos en el cálculo de la disponibilidad de esta bomba. Aplicando este factor, encontraremos el número de paradas promedio para un período de operación de 1200 horas.

Así tenemos:

$$\text{Número paradas promedio} = \frac{38}{f} = \frac{38}{3.55} = 10.70$$

Igualmente para calcular el número de horas de parada promedio para un período de operación de 1200 horas, se tiene:

$$\text{Total de horas paradas promedio} = \frac{385.5}{f} = \frac{385.5}{3.55} = 108.59$$

Luego:

$$MTBF = \frac{(4260 - 108.59)}{\frac{10.70}{24}} = 16.16 \text{ días}$$

$$MTTR = \frac{108.59}{10.70} = 10.14 \text{ horas}$$

Por lo tanto: $MTBF = 16.16 \text{ días}$

$$MTTR = 10.14 \text{ horas}$$

7.2.3 Cálculo – Caso 3

Bomba 1FA:

Número de días de operación programado para el sistema : 355

Total de horas de parada : 69.5

Número de veces de parada en el año : 10

Entonces:

$$\text{Horas programadas} = \frac{355 * 24}{2} = 4260$$

$$MTBF = \frac{(4260 - 69.5)}{\frac{10}{24}} = 17.46 \text{ días}$$

$$MTTR = \frac{69.5}{10} = 6.95 \text{ horas}$$

Por lo tanto: $MTBF = 17.46 \text{ días}$

$MTTR = 6.95 \text{ horas}$

En la tabla 7.2, se muestra los resultados de MTBF y MTTR para cada bomba.

7.3 RESUMEN DE VIBRACIÓN Y ACELERACIÓN DE LOS AÑOS 2005, 2006 Y 2007

El desgaste prematuro de los componentes en un equipo está muy relacionado con la forma en que estos operan, es decir si se tiene una mala instalación ó si no se tienen las condiciones para trabajar para lo cual fue diseñado. Estos problemas afectan directamente a la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. Para detectar estos problemas aplicamos la técnica del mantenimiento predictivo, mediante el análisis vibracional. En la tabla 7.3 se puede ver el resumen de vibración y aceleración de los equipos.

Hay que tener en cuenta que los puntos para la toma de datos de vibración en una bomba esta de acuerdo a la norma ISO 10186-1 al 10186-5.

Tabla 7.3 Resumen de los niveles de vibración

Equipo	Promedio 2005				Promedio 2006				Promedio 2007			
	Radial (mm/seg)	Axial (mm/seg)	3 gE	4 gE	Radial (mm/seg)	Axial (mm/seg)	3 gE	4 gE	Radial (mm/seg)	Axial (mm/seg)	3 gE	4 gE
2JA BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	2,40	1,75	4,45	4,52	5,28	2,02	5,01	5,05	3,90	2,72	5,86	5,16
2JB BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	3,30	1,73	4,25	4,87	5,91	2,85	4,96	5,12	7,27	3,20	4,73	4,64
2JD BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH - 150	3,77	2,19	4,15	4,28	13,67	11,10	7,88	3,52	3,24	2,70	5,93	4,22
1GA BOMBA COMESA 10 x 8	5,64	5,11	1,97	3,11	7,49	5,77	1,86	1,59	2,96	0,00	1,26	0,63
1GB BOMBA COMESA 10 x 8	7,47	10,80	2,56	1,96	6,76	7,33	2,19	2,07	6,46	5,20	1,63	1,12
2GA BOMBA COMESA 10X8	5,10	6,36	7,11	5,62	5,11	6,00	7,48	5,87	4,25	13,50	4,53	2,69
2GB BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8"	2,41	3,21	1,71	2,15	2,84	3,27	3,63	2,35	2,55	2,66	2,59	3,16
2GD BOMBA COMESA 10 x 8	3,39	4,50	1,56	1,55	2,58	4,61	5,16	6,82	0,00	0,00	0,00	0,00
3GA BOMBA DENVER 10 x 8	4,48	4,40	6,48	4,01	2,74	4,38	2,39	2,42	3,37	3,11	2,63	1,99
4GB BOMBA COMESA 10 x 8	6,13	4,71	2,44	2,51	6,55	3,66	2,51	1,96	5,90	5,37	2,45	2,31
4GC BOMBA DENVER 4 x 3	13,58	10,62	11,98	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1,43	0,00	0,67	0,40
1FA BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	3,64	2,40	1,99	5,70	4,11	3,84	4,15	8,44	4,67	1,59	2,98	3,12
1FB BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	4,94	2,67	2,55	1,79	2,94	1,80	1,78	1,60	2,11	1,77	1,36	1,41
5FA BOMBA WORTHINGTON 6M294	6,39	5,78	1,85	1,16	4,84	4,21	3,78	3,78	4,93	4,24	2,05	2,27
5FB BOMBA FIMA 10 x 8	4,77	5,72	2,98	2,68	5,41	4,41	2,98	2,24	4,82	3,58	2,94	2,71
7FA BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	0,00	0,00	0,00	0,00	4,03	2,41	4,01	5,52	6,35	2,43	3,79	4,54
7FB BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	0,00	0,00	0,00	0,00	4,55	6,47	6,24	11,53	4,79	2,78	4,97	9,90
22FA BOMBA DENVER 5X4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,55	7,46	6,80	6,15
33FB BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	6,15	3,15	2,08	2,22	3,82	2,87	1,99	3,59	3,86	2,10	2,91	3,35
6JA BOMBA WORTHINGTON 4M 223	11,87	6,15	5,91	5,39	6,30	2,71	4,46	4,80	4,05	2,50	10,56	9,60
6JB BOMBA WORTHINGTON 4M 223	8,64	6,69	7,16	3,76	5,52	3,59	7,62	5,41	6,16	2,38	3,47	2,57
16GA BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	1,67	1,68	3,69	4,49	2,67	2,11	4,57	5,25	5,10	1,94	5,81	6,35
16GD BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	4,45	4,55	9,70	9,08	3,98	4,23	7,31	13,45	0,00	0,00	0,00	0,00
36FC BOMBA FLOWERVE	5,72	8,33	40,82	39,95	6,98	5,63	26,75	25,56	19,50	20,22	20,15	17,87
37FF BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	7,88	9,82	12,62	13,03	8,02	10,01	30,12	23,04	41,05	12,38	25,15	23,73

Los espectros de vibración más comunes observados en las bombas en cuestión, con nuestro software Prisma de SKF, son los siguientes:

1. “Hambruna” de carga dentro de la bomba

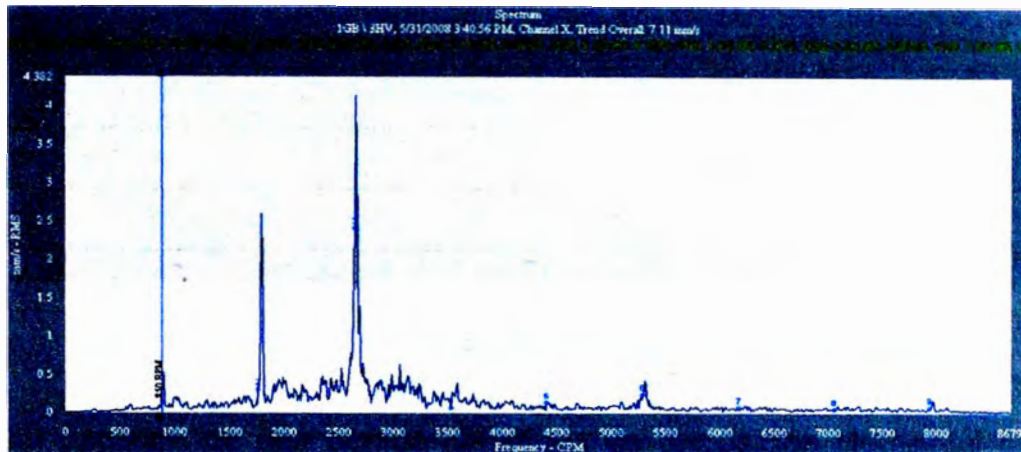


Figura N° 7.1

Este espectro es de una bomba centrífuga con falta de carga de ingreso, bajo NPSH bajo nivel en sumidero. Se observa la fundamental 1x a 881.3 y 3x a 2644 CPM. La bomba tiene 3 alabes. y el “pasto” que se forma alrededor de 3x.

2. Desbalance Dinámico



Figura N° 7.2

Este espectro es de un soplador en “voladizo” de 3580 rpm

3. Desalineamiento paralelo

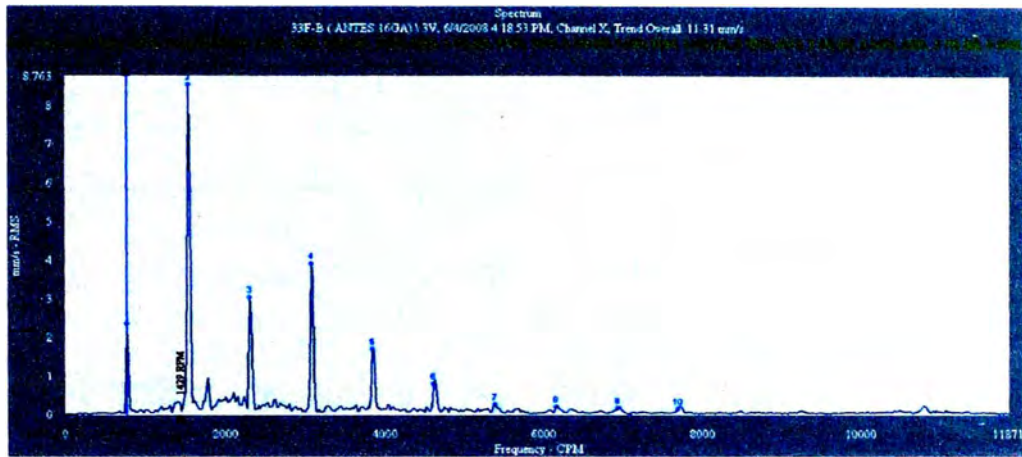


Figura N° 7.3

En este espectro de una bomba centrífuga de disposición Horizontal con transmisión a fajas se observa un severo desalineamiento paralelo.

4. Soltura en Base de anclaje

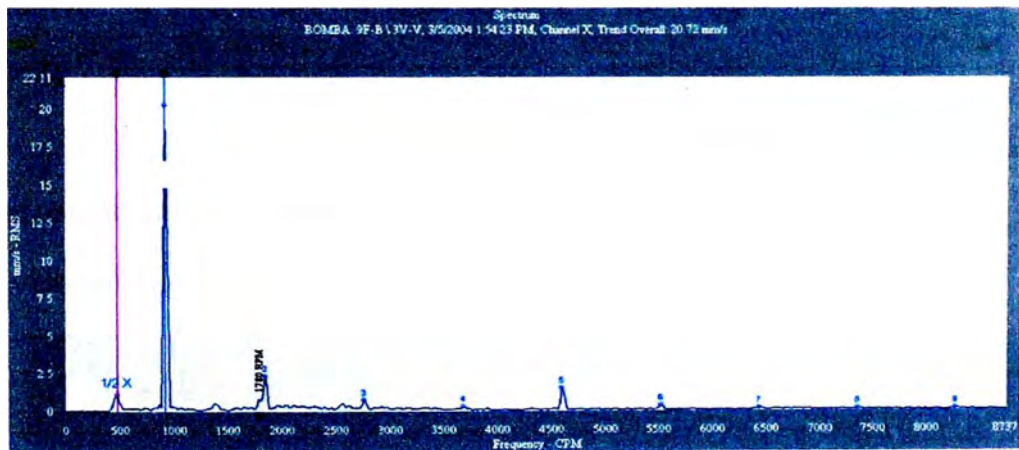


Figura N° 7.4

Este es un espectro de una bomba centrífuga 3V con soltura de pernos de anclaje, nótese la presencia 1X 918.8 CPM y muchos múltiplos y de $\frac{1}{2}$ X (459.4 CPM).

5. Fallas en pista exterior de Rodamiento

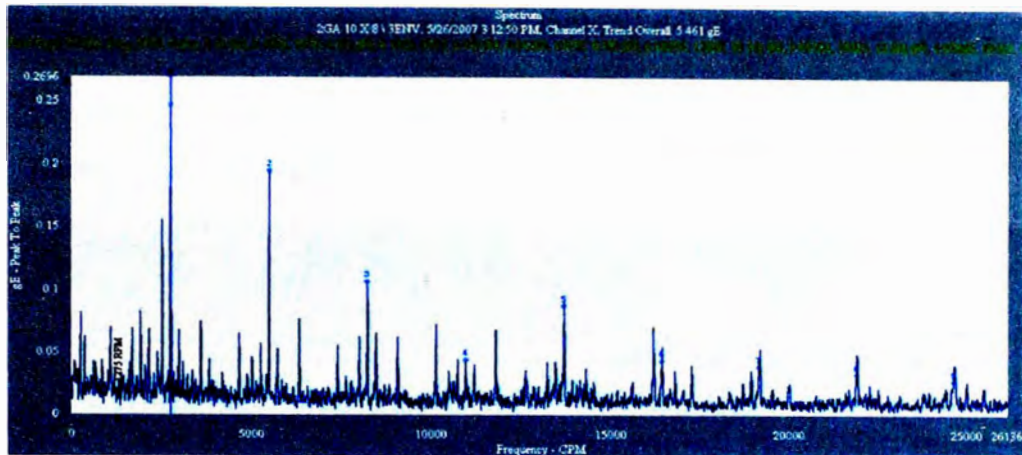


Figura N° 7.5

En este espectro tenemos un rodamiento 3318 SKF a 834.4 rpm en donde sus frecuencias de fallas son: BPF1 = 66.7 Hz / BPFO = 44.5 Hz / BSF = 58 Hz.

Se observa la frecuencia de falla de BPFO del rodamiento a 2738 CPM (45.6 HZ).

Espectros de otros equipos:

6. Desalineamiento entre engranes de Molino de Bolas

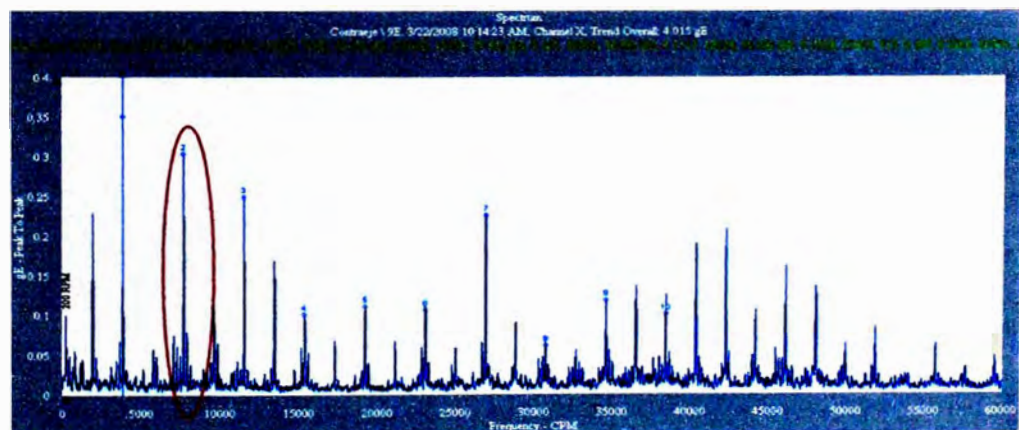


Figura N° 7.6

En este espectro se observa el GMF (Gear mesh frequency) a 3844 CPM y sus múltiplos con bandas laterales a la velocidad del eje 206.3 rpm (ver 6.2).

7. Bandas laterales en 2X

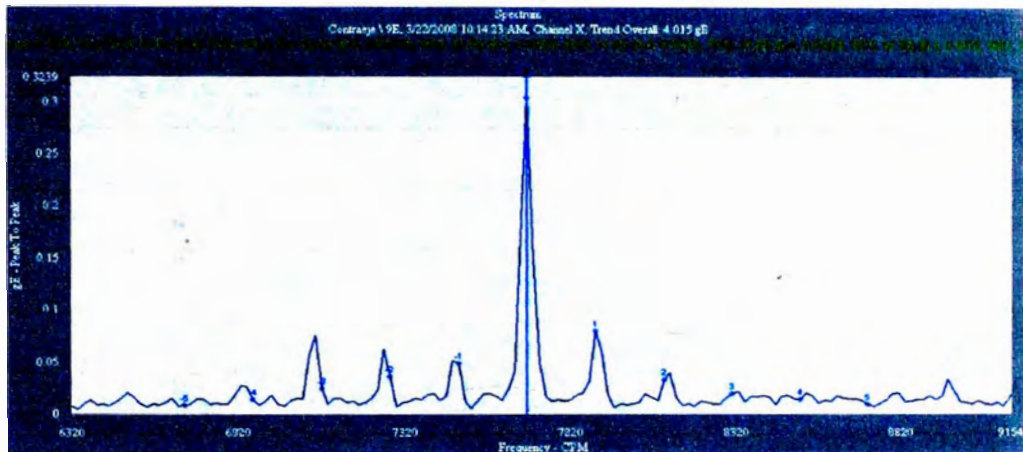


Figura N° 7.7

Se observa las bandas laterales a la velocidad de eje 206.3 rpm.

Además con este software, se lleva un histórico de todos los espectros tomados en los diferentes puntos y se ilustra de la siguiente manera:

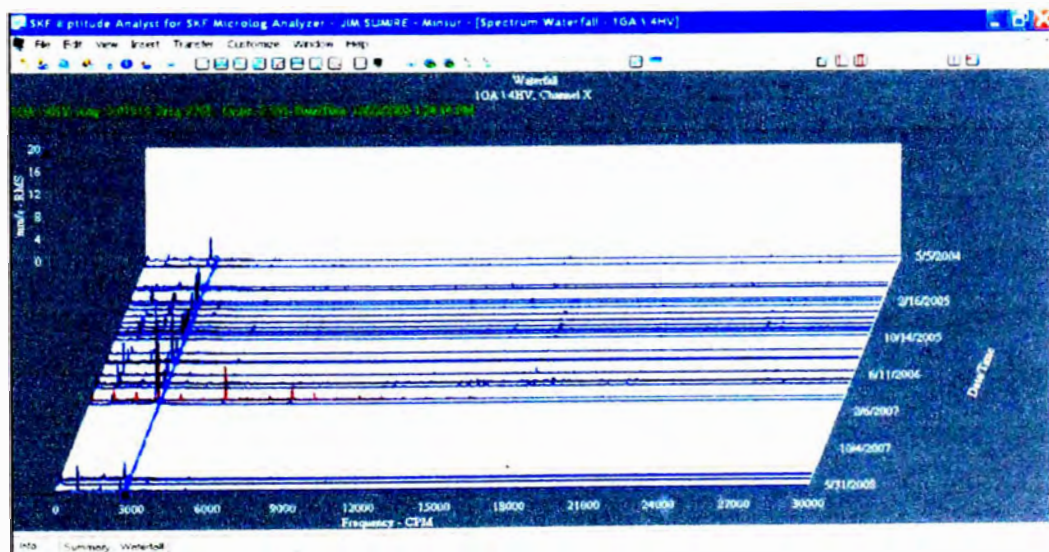


Figura N° 7.8

También se lleva un histórico de las tendencias de las vibraciones, con diferentes niveles de alarma, dependiendo del tamaño del equipo, así tenemos:

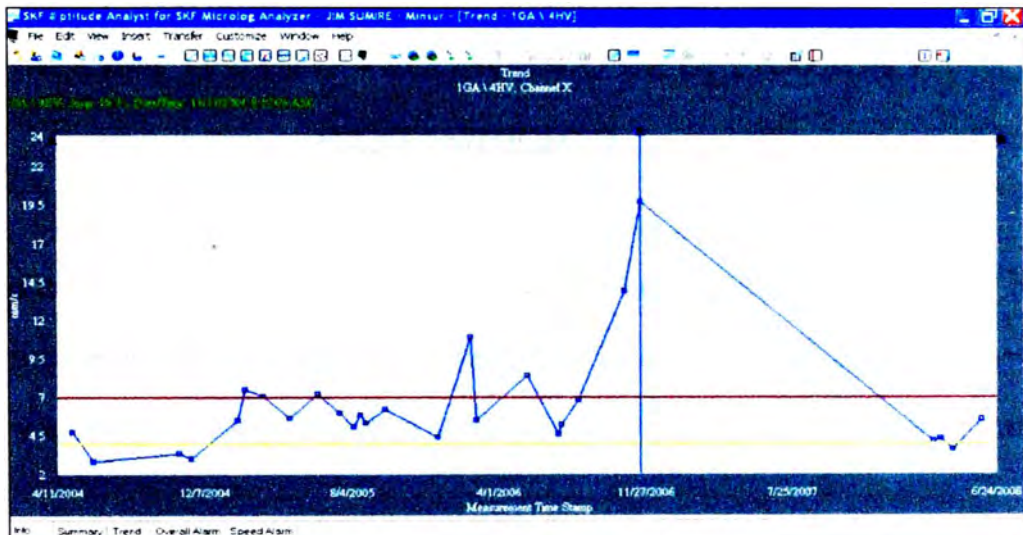


Figura N° 7.9

En el apéndice 1 se muestra una tabla general de las interpretaciones de espectros en diferentes equipos.

CAPITULO 8

ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En este capítulo, se separarán los costos de mantenimiento mecánico de otros costos, para cada bomba en los tres últimos años. Además se calculará el consumo de energía y el costo que esto significa, esto nos servirá para buscar alternativas.

8.1 RESUMEN DE COSTOS (MECÁNICOS) POR BOMBA / POR AÑO

Lo que se busca con la separación de costos mecánicos por repuestos, es ver sólo la incidencia en costo de los componentes mecánicos en alguna parada imprevista. Los costos por fallos eléctricos son separados, dado que el análisis de estas fallas no son parte de este informe. Las horas y costos que involucran el cambio en alguna instalación no son considerados como parada imprevista, dado que normalmente los trabajos se realizan en paradas programadas.

En la tabla 8.1 se puede observar la separación de estos costos.

Tabla N° 8.1 Costo de Mantenimiento Mecánico 2005

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2005 (USD)
2JA BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA		95,50	14.874,54	1.146,42	38,96	206,53	59,42	16.325,87	4.388,12	20.713,99
5104783	Cambiar fajas de transmisión Bomba 2JA	2,00	62,30	22,84	0,00	3,81	0,00	88,95		
5105443	A: Revisar y/o cambiar impulsor	24,00	5.491,87	273,97	0,00	45,71	0,00	5.811,55		
5108712	Ajustar empaque a prensaestopa Bba 2JA	1,00	0,00	11,14	0,00	1,79	0,00	12,93		
5110718	2JA: Cambio de impulsor	6,00	2.926,42	72,13	0,00	12,66	0,00	3.011,21		
5112391	Revisar Bomba 2JA	1,00	0,00	12,05	0,00	2,11	0,00	14,16		
5113068	BBA.2JA - TENSAR FAJAS DE TRANSMISION	2,00	0,00	0,00	26,81	3,91	0,00	30,72		
5113303	BBA.2JA - REVISAR BOMBA	8,00	3.189,98	129,54	0,00	18,88	0,00	3.338,40		
5113738	Revisar; se hace ganar la carga	6,00	0,00	97,21	0,00	14,17	0,00	111,38		
5116740	Revisar impulsor Bomba 2JA	7,50	0,00	102,05	0,00	13,67	0,00	115,72		
5118677	Cambiar impulsor Bomba 2JA	8,00	3.189,49	59,72	0,00	24,23	59,42	3.332,86		
5120205	Cambio de esparragos plato succion	10,00	0,00	131,21	0,00	22,45	0,00	153,66		
5121934	BBA.2JA - REVISAR IMPULSOR	10,00	0,00	110,31	12,15	16,18	0,00	138,64		
5123862	2JA, revisión general	10,00	14,48	124,25	0,00	26,96	0,00	165,69		
2JB BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB		129,50	26.406,00	1.719,20	2.559,76	347,83	113,45	31.146,24	2.088,94	33.235,18
5105503	Verificar empaque a prensaestopa Bba 2JB	2,00	0,00	0,00	21,60	3,60	0,00	25,20		
5106457	2JB, ajuste de empaque	1,00	0,00	12,68	0,00	2,08	0,00	14,76		
5109393	BBA.2JB - REVISAR Y/O REPARAR	6,00	4.493,33	66,82	0,00	10,75	0,00	4.570,90		
5111888	A. revisar tiene vibración	15,00	2.925,10	180,56	0,00	31,69	0,00	3.137,35		
5112048	Bba 2JB Revisar	9,50	0,00	0,00	121,36	21,30	0,00	142,66		
5113737	Cambio de empaquetadura	2,00	0,00	32,40	0,00	4,72	0,00	37,12		
5114220	BBA.2JB - REVISAR	6,00	0,00	64,81	0,00	16,50	48,43	129,74		
5114347	BBA.2JB- CAMBIO DE FORROS E IMPULSOR	0,00	5.433,95	259,24	2,89	38,19	0,00	5.734,27		
5115542	A,fuga de carga por el casco	12,00	0,00	163,38	0,00	21,89	0,00	185,27		
5116023	Cambiar impulsor Bomba 2JB	6,00	3.193,90	81,66	0,00	10,94	0,00	3.286,50		
5118639	Cambiar impulsor Bomba 2JB	9,00	3.997,73	134,38	2.205,56	27,33	0,00	6.365,00		
5119882	BBA.2JB - REVISAR BOMBA	8,00	3.189,98	105,03	0,00	17,97	0,00	3.312,98		
5121207	Revision de impulsor de bomba 2JB	15,00	0,00	0,00	208,35	27,52	0,00	235,87		
5123274	BBA.2JB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	25,16	0,00	5,46	0,00	30,62		
5123596	BBA.2JB -CAMBIAR IMPULSOR ALTA ALEACION	8,00	0,00	99,57	0,00	21,60	0,00	121,17		
5125778	A: Revisar impulsor de prueba en la bomb	6,00	0,00	79,48	0,00	13,93	0,00	93,41		
5126134	A, revisar tiene vibración	8,00	3.172,01	52,67	0,00	20,63	65,02	3.310,33		
5127924	BBA.2JB - CAMBIAR IMPULSOR	14,00	0,00	361,36	0,00	51,73	0,00	413,09		
2JD BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150		30,00	757,60	376,44	0,00	79,47	0,00	1.213,51	3.956,91	5.170,42
5123588	BBA.2JC - CAMBIAR IMPULSOR USADO DE BBA	20,00	757,60	248,93	0,00	54,01	0,00	1.060,54		
5124272	Cambiar impulsor Bomba 2JC	6,00	0,00	74,52	0,00	16,17	0,00	90,69		
5125335	Colocar fajas a la bomba 2JC	4,00	0,00	52,99	0,00	9,29	0,00	62,28		
4JF - BOMBA COMESA 8 x 6		128,50	7.249,71	1.005,05	456,64	252,28	76,17	9.039,85	687,50	9.727,35

5119328	BBA.8X6 ESPIRALES - CAMBIAR FORROS E IMP	10,00	1.077,52	0,00	94,01	16,08	0,00	1.187,61		
5119532	BBA.8X6 - ESPIRALES - SE CORRIGIO POSICI	11,00	0,00	0,00	103,47	17,70	0,00	121,17		
5119655	BBA. 4GC - Bba 8x6(prueba), cambiar	4,00	0,00	0,00	37,61	6,43	0,00	44,04		
5119667	BBA.4GC - REVISAR Y70 REPARAR BOMBA	18,00	908,43	26,26	150,47	30,23	0,00	1.115,39		
5120121	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 4GC	1,00	0,00	13,12	0,00	2,25	0,00	15,37		
5120233	Cambiar manga Bomba 4GC	8,00	520,64	104,97	0,00	17,96	0,00	643,57		
5121448	BBA. 4GC - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	3,00	0,00	0,00	41,13	5,43	0,00	46,56		
5121661	BBA.4GC- CAMIAR EMPAQUE A PRENSAESTOPA	1,00	0,00	0,00	13,81	1,82	0,00	15,63		
5122413	Bba 4GC : Cambio de forros	16,00	155,02	219,62	0,00	29,01	0,00	403,65		
5122423	Preparar cascos Stand By Bomba 4GC	9,00	1.104,04	54,90	0,00	17,31	76,17	1.252,42		
5123505	BBA.4GC - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	5,00	0,00	37,34	8,51	9,95	0,00	55,80		
5124284	Bba 4GC Cambio de empaquetadura asbest	0,50	0,00	6,21	0,00	1,35	0,00	7,56		
5124385	Cambio de fajas transmisión Bomba 4GC	1,00	0,00	0,00	7,63	1,66	0,00	9,29		
5125104	BBA.4GC - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	0,00	13,16	0,00	2,31	0,00	15,47		
5125591	A:Bba. 4GC, cambiar empaquetadura.	8,00	0,00	105,85	0,00	18,55	0,00	124,40		
5125662	Revisión de bomba por alta vibración	24,00	218,52	317,64	0,00	55,67	0,00	591,83		
5125804	Reparar mecanismo Stand By Bomba 8X6	8,00	3.265,54	105,98	0,00	18,57	0,00	3.390,09		

5JB - BOMBA DENVER 5 x 4		44,00	969,55	308,08	286,33	90,68	21,78	1.676,42	473,37	2.149,79
5106348	Revisar; no bombea	5,00	0,00	0,00	39,11	6,43	0,00	45,54		
5107691	BBA.5JB - REPARAR BBA.	22,00	589,16	138,33	125,86	37,02	0,00	890,37		
5108641	Cambiar fajas de transmisión Bomba 5JB	2,00	21,61	0,00	13,98	5,13	21,78	62,50		
5109443	BBA.5JB - REVISAR	0,00	0,00	11,13	0,00	1,79	0,00	12,92		
5113717	Revisar Bomba 5JB (acciona)	6,00	0,00	0,00	80,51	11,73	0,00	92,24		
5113961	BBA .5JB - CAMBIO DE FAJAS B-54 Y EMPAQU	1,00	0,00	16,20	0,00	2,36	0,00	18,56		
5117454	BBA.5JB REVISAR BBA.	2,00	0,00	0,00	26,87	5,46	0,00	32,33		
5120067	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5JB	1,00	0,00	13,13	0,00	2,25	0,00	15,38		
5127571	BBA.5JB - REVISAR	5,00	358,78	129,29	0,00	18,51	0,00	506,58		

1GA BOMBA COMESA 10 x 8		69,00	3.164,60	890,47	55,89	162,64	0,00	4.273,60	2.108,10	6.381,70
5106720	Revisar Bomba 1GA	0,00	1.347,58	0,00	0,00	0,00	0,00	1.347,58		
5107370	BBA.1GA - MANTENIMIENTO GENERAL	16,00	0,00	202,98	0,00	33,35	0,00	236,33		
5109611	BBA.1GA - REVISAR	4,00	0,00	0,00	55,89	6,49	0,00	62,38		
5114121	Revisión General de bomba 1GA	8,00	0,00	129,62	0,00	18,89	0,00	148,51		
5116015	1GA, Revisión en general	13,00	907,26	176,94	0,00	23,71	0,00	1.107,91		
5118394	A: Revisar y/o reparar mecanismo y parte	8,00	0,00	119,52	0,00	24,30	0,00	143,82		
5118408	Cambiar impulsor Bomba 1GA	4,00	362,30	59,76	0,00	12,15	0,00	434,21		
5123195	Revisión General Bomba 1GA	16,00	547,46	201,65	0,00	43,75	0,00	792,86		

1GB BOMBA COMESA 10 x 8		120,50	2.959,86	1.250,11	193,67	260,03	31,41	4.695,08	952,78	5.647,86
5105350	Cambio de impulsor Bomba 1GB	10,00	363,87	45,66	37,09	13,80	0,00	460,42		
5106719	Cambio de forros Bomba 1GB	14,00	1.347,58	177,60	0,00	29,18	0,00	1.554,36		
5107047	Ajustar empaque a prensaestopa Bomba 1GB	0,50	0,00	6,34	0,00	1,04	0,00	7,38		
5108619	Corregir botador lado polea Bomba 1GB	0,50	8,70	5,57	0,00	0,90	0,00	15,17		
5109317	BBA.1GB - CAMBIO DE MECANISMO	16,00	213,53	177,95	0,00	28,63	0,00	420,11		
5109338	BBA.1GB - REPARAR MECANISMO	13,00	929,66	44,49	125,67	21,76	0,00	1.121,58		

5112045	1GB, revisión general	8,00	0,00	96,33	0,00	16,91	0,00	113,24
5117529	BBA.1GB - REVISION GENERAL	4,00	0,00	59,82	0,00	12,16	0,00	71,98
5118353	Bba 1GB Ajuste de prensaestopa	0,50	0,00	7,47	0,00	1,52	0,00	8,99
5118579	Revisión General Bomba 1GB	6,00	0,00	89,58	0,00	18,22	0,00	107,80
5122180	BBA.1GB - REVISION GENERAL	6,00	0,00	82,58	0,00	10,91	0,00	93,49
5122827	Revisión General Bomba 1GB	8,00	96,52	50,33	30,91	17,63	0,00	195,39
5123865	1GB, cambio de mecanismo	12,00	0,00	149,09	0,00	32,35	0,00	181,44
5124273	Reparar mecanismo Stand By Bomba 10x8	4,00	0,00	49,68	0,00	10,78	0,00	60,46
5124752	BOMBA 1GB - REVISAR	4,00	0,00	24,93	0,00	12,22	31,41	68,56
5126711	Revisión General Bomba 1GB	14,00	0,00	182,69	0,00	32,02	0,00	214,71

2GA BOMBA COMESA 10X8		155,50	3.098,42	1.809,28	398,56	362,36	0,00	5.668,62	4.123,60	9.792,22
5104362	A:Bba.5FA, cambiar empaquetadura.	2,00	0,00	22,77	0,00	3,80	0,00	26,57		
5105093	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FA	4,00	0,00	0,00	43,30	7,23	0,00	50,53		
5105140	A: cambiar manga y empaque Bomba 5FA	19,00	131,34	217,10	0,00	36,22	0,00	384,66		
5106212	A: Cambiar empaquetadura	1,00	0,00	12,68	0,00	2,08	0,00	14,76		
5111522	Revisar manga.- urgente,quema empaque	4,00	0,00	48,17	0,00	8,45	0,00	56,62		
5112083	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FA	1,00	0,00	0,00	14,12	2,48	0,00	16,60		
5115562	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FA	2,00	0,00	27,23	0,00	3,65	0,00	30,88		
5117734	BBA.5FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	29,90	0,00	6,08	0,00	35,98		
5118125	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FA	8,00	0,00	119,52	0,00	24,30	0,00	143,82		
5118197	Bba 5FA : Cambio de empaquetadura prensa	2,50	0,00	0,00	33,56	6,83	0,00	40,39		
5118210	Cambio de manga Bomba 5FA	16,00	0,00	239,04	0,00	48,61	0,00	287,65		
5119350	A: Aumentar empaquetadura a la bomba 5FA	1,00	584,82	13,12	0,00	2,25	0,00	600,19		
5119493	A: Cambiar empaque de la prensa estopa d	1,00	0,00	13,13	0,00	2,25	0,00	15,38		
5120052	Cambiar mecanismo Bomba 5FA	29,00	722,74	105,03	197,49	51,75	0,00	1.077,01		
5120164	Reparar mecanismo Stand by Bomba 10x8	7,00	868,13	91,88	0,00	15,72	0,00	975,73		
5120373	BBA.5FA Y B - CAMBIAR FAJAS 5V-1120 Y E	4,00	0,00	0,00	37,59	6,43	0,00	44,02		
5121335	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FA	3,00	0,00	0,00	41,44	5,47	0,00	46,91		
5122494	A:Bba.5FA, cambiar empaquetadura.	1,00	0,00	13,66	0,00	1,80	0,00	15,46		
5122579	Cambiar manga Bomba 5FA	21,00	106,59	286,86	0,00	37,89	0,00	431,34		
5122800	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FA	4,00	0,00	0,00	31,06	6,74	0,00	37,80		
5125136	BBA.5FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	26,33	0,00	4,62	0,00	30,95		
5127022	A: Cambiar empaquetadura de la bomba 5FA	4,00	0,00	104,06	0,00	14,90	0,00	118,96		
5127541	Cambiar empaque a prenestopa	2,00	574,14	51,71	0,00	7,40	0,00	633,25		
5127596	BBA.5FA - CAMBIAR MANGA	14,00	110,66	361,15	0,00	51,70	0,00	523,51		
5128337	Cambiar empaque a prensaestoa Bomba 5FA	1,00	0,00	25,94	0,00	3,71	0,00	29,65		

2GB BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°		165,00	3.638,93	1.299,58	586,25	345,76	465,77	6.336,29	711,36	7.047,65
5108503	Cambiar empaque a prensaestopa Bba 4GA	4,00	0,00	44,54	0,00	7,17	0,00	51,71		
5113991	Mantenimiento General Bomba 4GA	120,00	351,18	847,38	425,23	234,52	368,91	2.227,22		
5114207	BBA.4GA - REPARACION DE MECANISMO STAND	22,00	2.015,35	97,21	161,02	51,74	96,86	2.422,18		
5124753	BBA.2GB - REVISAR	4,00	0,00	49,86	0,00	10,82	0,00	60,68		
5126502	BBA.2GB - REVISAR	10,00	1.272,40	131,02	0,00	22,96	0,00	1.426,38		
5127987	BBA.2GB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	0,00	25,81	0,00	3,70	0,00	29,51		
5128327	Revisar Bomba 2GB	4,00	0,00	103,76	0,00	14,85	0,00	118,61		

2GD BOMBA COMESA 10 x 8		158,00	5.510,64	588,89	691,71	343,13	307,70	7.442,07	2.063,67	9.505,74
5105806	BBA.2GD - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	0,00	12,68	0,00	2,08	0,00	14,76		
5112075	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GD	0,50	0,00	6,02	0,00	1,06	0,00	7,08		
5115296	Cambiar fajas de transmisión Bomba 2GD	0,50	0,00	6,80	0,00	0,91	0,00	7,71		
5123412	BBA.2GD - CAMBIAR FORROS	27,00	811,45	337,95	0,00	73,33	0,00	1.222,73		
5123656	Reparar Bomba Stand By 2GD	129,00	4.699,19	225,44	691,71	265,75	307,70	6.189,79		

2GE BOMBA DENVER 4 x 3		200,00	2.941,67	1.570,81	678,61	379,84	98,51	5.669,44	1.214,11	6.883,55
5104261	A, revisar se deja ganar carga	3,00	383,50	34,12	0,00	5,69	0,00	423,31		
5106325	BBA.3JE - CAMBIAR IMPULSOR	4,00	170,49	50,73	0,00	8,33	0,00	229,55		
5107340	BBA.3JE - REVISAR	3,00	0,00	25,35	0,00	7,39	19,61	52,35		
5107506	BBA.3JE - REVISAR BOMBA	4,00	0,00	0,00	31,30	5,14	0,00	36,44		
5107560	BBA.3JE - CAMBIAR FAJAS B-44	2,00	25,60	25,38	15,66	6,75	0,00	73,39		
5107586	BBA.3JE - MANTENIMIENTO GENERAL	10,00	509,45	126,93	0,00	20,86	0,00	657,24		
5108760	Cambiar fajas de transmisión Bomba 3JE	1,00	0,00	0,00	13,98	1,62	0,00	15,60		
5109543	BBA.3JE - REVISAR BOMBA	6,00	126,86	66,77	0,00	10,75	0,00	204,38		
5109847	Cambio de bomba completa	30,00	0,00	333,77	0,00	53,70	0,00	387,47		
5109948	Reparacion de bomba stand by	13,00	873,74	0,00	181,70	21,94	0,00	1.077,38		
5110709	BBA.3JE - PREPARAR BBA. STAND BY	21,00	0,00	252,47	0,00	44,31	0,00	296,78		
5113368	BBA.3JE - TENSAR FAJAS DE TRANSMISION	2,00	0,00	0,00	26,83	3,91	0,00	30,74		
5113460	Revisión General Bomba 3JE	8,00	0,00	129,58	0,00	18,88	0,00	148,46		
5113790	Preparar bomba 5x4 3JE	36,00	414,04	259,24	217,92	69,53	0,00	960,73		
5114161	BBA.3JE - CAMBIAR bomba	19,00	0,00	0,00	53,17	7,75	0,00	60,92		
5117090	BBA.3JE - CAMBIAR FAJAS B-52	1,00	24,85	14,93	0,00	3,04	0,00	42,82		
5117787	BBA.3JE - REVISAR BOMBA	18,00	173,85	239,12	0,00	54,67	29,73	497,37		
5119531	BBA.4JH - CAMBIAR CAJA PRENSAESTOPA	9,00	151,44	0,00	84,66	14,48	0,00	250,58		
5121403	Cambiar fajas de transmisión Bomba 4JH	1,00	20,25	0,00	13,82	1,83	0,00	35,90		
5123265	BBA.4JH - PREPARAR BUJES Y PASADORES	7,00	26,80	0,00	30,90	15,33	49,17	122,20		
5124300	Bba 4JH Cambiar fajas transmision	1,00	19,20	12,42	0,00	2,70	0,00	34,32		
5127387	Cambiar fajas de transmisión Bomba 4JH	1,00	21,60	0,00	8,67	1,24	0,00	31,51		

3GA BOMBA DENVER 10 x 8		92,50	3.174,04	973,37	169,94	212,40	139,11	4.668,86	2.705,56	7.374,42
5109564	3GA: revision general (baja eficiencia)	23,00	360,07	166,94	40,72	33,41	0,00	601,14		
5111306	BBA.3GA - CAMBIAR ESPARRAGOS A PRENSAEST	3,50	0,00	24,06	0,00	8,08	21,96	54,10		
5112766	3GA, revisión general	18,00	209,59	291,37	0,00	53,03	72,58	626,57		
5113937	Reparar mecanismo Stand By Bomba 10x8	9,00	769,41	0,00	120,72	17,59	0,00	907,72		
5118769	Cambiar mecanismo Bomba 3GA	19,00	0,00	238,89	0,00	57,64	44,57	341,10		
5118803	Reparar mecanismo Stand By Bomba 10x8	12,00	1.671,07	157,45	0,00	26,94	0,00	1.855,46		
5122327	BBA.3GA - CAMBIAR FAJAS 5V - 1180	4,00	163,90	54,92	0,00	7,25	0,00	226,07		
5125686	Bba 3GB CAMBIO EMPAQUETADURA ASBESTO	3,00	0,00	39,74	0,00	6,97	0,00	46,71		
5125747	Tensar fajas de transmisión Bomba 3GA	1,00	0,00	0,00	8,50	1,49	0,00	9,99		

4GB BOMBA COMESA 10 x 8		53,00	3.903,59	584,89	42,92	126,10	152,39	4.809,89	2.069,95	6.879,84
5105098	Bba 4GD Cambio de empaquetadura asbesto	1,50	0,00	17,16	0,00	2,86	0,00	20,02		
5108262	Cambiar empaque a prensaestopa Bba 4GD	1,50	0,00	16,70	0,00	2,69	0,00	19,39		

5108400	Renovar empaquetadura	2,00	475,00	22,27	0,00	3,58	0,00	500,85		
5108457	Cambiar manga al mecanismo	14,00	129,74	77,95	0,00	37,06	152,39	397,14		
5109559	BBA.4GE - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	0,00	11,13	0,00	1,79	0,00	12,92		
5113402	BBA. 4GD - REVISION GENERAL	21,00	3.214,31	340,14	0,00	49,56	0,00	3.604,01		
5122048	BBA. 4GB - CAMBIAR FAJAS 5V - 900	2,00	74,76	0,00	27,64	3,65	0,00	106,05		
5124702	A, cambio de empaque	1,00	0,00	12,44	0,00	2,70	0,00	15,14		
5124703	A, revisión general	9,00	9,78	87,10	15,28	22,21	0,00	134,37		

4GC BOMBA DENVER 4 x 3		29,50	561,87	348,78	10,19	63,02	0,00	983,86	764,69	1.748,55
5107664	A: Cambiar empaque	4,00	0,00	50,78	0,00	8,34	0,00	59,12		
5107694	A: 26FB - Cambiar fajas de transmisión	1,50	0,00	16,71	0,00	2,69	0,00	19,40		
5107961	Cambiar fajas de transmisión Bomba 26FB	2,00	18,60	0,00	10,19	1,64	0,00	30,43		
5109272	BBA.26FB - CAMBIAR FAJAS B-44	1,00	25,60	11,14	0,00	1,79	0,00	38,53		
5109629	BBA.26FB - CAMBIAR EMPAQUE A PRENSAESTOP	1,00	0,00	11,13	0,00	1,79	0,00	12,92		
5112084	Retirar bomba 26FB	10,00	0,00	120,45	0,00	21,14	0,00	141,59		
5117627	BBA.19JA - CAMBIAR FAJAS B-44	4,00	25,60	59,82	0,00	12,16	0,00	97,58		
5120126	Reparar mecanismo Stand by Bomba 4x3	6,00	492,07	78,75	0,00	13,47	0,00	584,29		

1FA BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10		116,83	2.522,35	1.366,24	40,74	225,33	0,00	4.154,66	579,59	4.734,25
5104507	1FA: Revisión de bomba	24,00	297,03	273,22	0,00	45,58	0,00	615,83		
5107377	BBA.1FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	25,37	0,00	4,17	0,00	29,54		
5109399	BBA.1FA - REVISAR	24,00	2.173,08	178,18	40,74	35,23	0,00	2.427,23		
5116464	Mantenimiento general por horas de opera	24,00	0,00	326,67	0,00	43,77	0,00	370,44		
5119848	BBA.1FA - REVISAR	37,33	52,24	490,16	0,00	83,85	0,00	626,25		
5125206	Cambio de rodamientos de mecanismo	5,50	0,00	72,64	0,00	12,73	0,00	85,37		

1FB BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10		135,50	10.471,39	1.344,60	174,96	267,39	49,05	12.307,39	508,98	12.816,37
5104582	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 1FB	6,00	0,00	68,33	0,00	11,40	0,00	79,73		
5104627	1FB: Revisión general	28,50	9.338,44	216,37	102,35	53,17	0,00	9.710,33		
5109601	1FB, revisión	20,00	192,98	133,55	40,72	28,04	0,00	395,29		
5114970	Cambiar empaque a prensaestopa Bba 1FB	2,00	0,00	27,22	0,00	3,64	0,00	30,86		
5115511	Revisión General Bomba 1FB	19,50	0,00	265,50	0,00	35,57	0,00	301,07		
5120166	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 1FB	6,00	74,01	78,75	0,00	13,47	0,00	166,23		
5124436	Revisión General Bomba 1FB	25,50	859,61	223,71	31,89	55,46	0,00	1.170,67		
5125394	BBA.1FB - CAMBIAR ESPARRAGOS A CAJA PREN	28,00	6,35	331,17	0,00	66,64	49,05	453,21		

5FA BOMBA WORTHINGTON 6M294		68,00	9.286,42	1.114,13	139,46	207,76	0,00	10.747,77	311,38	11.059,15
5108395	A: Cambiar empaquetadura	1,00	0,00	11,14	0,00	1,79	0,00	12,93		
5111913	Cambiar empaque a prensaestopa Bba 33FA	8,00	0,00	96,29	0,00	16,90	0,00	113,19		
5112686	BBA.33FA - AUMENTAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	0,00	28,22	4,95	0,00	33,17		
5113067	BBA.33FA - CORREGIR POSICION DE PRENSAES	2,00	0,00	0,00	26,81	3,91	0,00	30,72		
5113518	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba33FA	1,00	0,00	16,20	0,00	2,36	0,00	18,56		
5114549	BBA.33FA - AJUSTAR PRENSAESTOPA	2,00	0,00	0,00	26,84	3,91	0,00	30,75		
5115777	BBA.33FA - CAMBIAR EMPAQUE Y LIMPIAR	3,00	0,00	0,00	34,70	4,65	0,00	39,35		
5117588	A:Bba. 33FA, cambiar empaquetadura.	1,00	0,00	14,96	0,00	3,04	0,00	18,00		
5117647	33FA, cambio de manga	23,00	3.938,86	343,94	0,00	69,94	0,00	4.352,74		

5123665	Tensar fajas de transmisión Bomba 33FA	1,00	0,00	12,48	0,00	2,71	0,00	15,19		
5123777	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba33FA	0,00	0,00	0,00	22,89	4,97	0,00	27,86		
5127744	BBA.33FA - CAMBIAR MANGA	24,00	5.347,56	619,12	0,00	88,63	0,00	6.055,31		

5FB BOMBA FIMA 10 x 8		158,00	5.733,67	1.747,71	125,49	356,39	121,98	8.085,24	464,28	8.549,52
5104221	BBA.5FB - CAMBIO DE EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	1.178,50	22,69	0,00	3,78	0,00	1.204,97		
5104393	BBA.5FB - AUMENTAR EMPAQUEPRENSAESTOPA	2,00	0,00	22,77	0,00	3,80	0,00	26,57		
5105013	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	2,50	0,00	28,57	0,00	4,77	0,00	33,34		
5105103	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	3,00	0,00	34,33	0,00	5,73	0,00	40,06		
5105105	Revisión General Bomba 5FB	25,00	267,76	137,32	70,37	55,00	121,98	652,43		
5105342	A: Cambiar empaquetadura	0,50	0,00	0,00	5,40	0,90	0,00	6,30		
5105600	A:Bba.5FB, cambiar empaquetadura.	2,00	96,40	22,84	0,00	3,81	0,00	123,05		
5106693	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	2,00	0,00	25,35	0,00	4,17	0,00	29,52		
5110956	A: Bba. 5FB, cambiar empaquetadura.	1,00	0,00	12,03	0,00	2,11	0,00	14,14		
5111523	Revisar manga.- urgente,quema empaque	4,00	0,00	48,17	0,00	8,45	0,00	56,62		
5111712	A:Bba. 5FB, cambiar empaquetadura.	1,00	0,00	12,03	0,00	2,11	0,00	14,14		
5114342	Cambiar empaque a prensaestopa	3,00	0,00	48,60	0,00	7,08	0,00	55,68		
5114896	BBA.5FB - CAMBIAR EMPAQUEPRENSAESTOPA	2,00	0,00	27,20	0,00	3,64	0,00	30,84		
5114911	5FB, revisión general	12,00	0,00	163,23	0,00	21,87	0,00	185,10		
5117654	Cambiar empaque a prenestopa	4,00	0,00	59,78	0,00	12,16	0,00	71,94		
5118194	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	4,00	0,00	59,75	0,00	12,15	0,00	71,90		
5119447	A: Cambiar empaque de la prensa estopa d	2,00	124,32	26,25	0,00	4,49	0,00	155,06		
5120028	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	6,00	0,00	78,75	0,00	13,47	0,00	92,22		
5121336	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	3,00	0,00	41,27	0,00	5,45	0,00	46,72		
5122461	BBA.5FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	6,00	0,00	81,95	0,00	10,83	0,00	92,78		
5123256	A:Bba. 5FB, cambiar empaque.	4,00	0,00	50,32	0,00	10,92	0,00	61,24		
5124712	BBA.5FB - REVISAR	44,00	2.662,80	441,72	49,72	106,63	0,00	3.260,87		
5124756	BBA.5FB - REPARAR MECANISMO STAND BY	20,00	1.403,89	263,13	0,00	46,12	0,00	1.713,14		
5125748	Sellar fuga de carga x cascos Bomba 5FB	2,00	0,00	26,49	0,00	4,64	0,00	31,13		
5126235	BBA.5FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	0,00	13,17	0,00	2,31	0,00	15,48		

7FA BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC

7FB BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC		52,00	549,84	195,87	236,64	82,74	51,20	1.116,29	2.152,83	3.269,12
5107048	Ajustar empaque a prensaestopa Bomba 5X4	0,50	0,00	6,34	0,00	1,04	0,00	7,38		
5108683	Cambiar empaque a prensaestopa Bba 8GC	4,00	0,00	44,56	0,00	7,17	0,00	51,73		
5109821	Cambiar empaque a prensaestopa Bba 8GC	5,00	0,00	55,63	0,00	8,95	0,00	64,58		
5109915	Cambiar a bomba 4x3 Pos. 8GC	33,50	18,60	0,00	219,64	46,35	51,20	335,79		
5123820	Cambiar poleas de transmisión Bomba 7FB	7,00	381,72	37,28	17,00	11,78	0,00	447,78		
5127506	BBA.7FB - CAMBIAR FAJAS 5V-900	2,00	149,52	52,06	0,00	7,45	0,00	209,03		

22FA BOMBA DENVER 5X4

22FA BOMBA DENVER 5X4		141,64	2.570,37	1.212,56	307,05	268,95	108,14	4.467,07	388,90	4.855,97
5104387	BBA.22FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	0,50	0,00	5,69	0,00	0,95	0,00	6,64		
5104445	BBA.22FB - CAMBIO DE FAJAS B-58	1,00	22,50	11,39	0,00	1,90	0,00	35,79		
5105267	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba22FB	1,00	0,00	11,42	0,00	1,91	0,00	13,33		
5106144	A:BBA.22FB - Cambiar forros	20,00	648,94	202,73	0,00	46,19	78,42	976,28		

5106321	BBA.22FB - REPARAR MECANISMO STAND BY	9,00	461,55	114,14	0,00	18,75	0,00	594,44
5106877	A:Bba.22FB,rev. presenta vibración.	2,00	0,00	25,37	0,00	4,17	0,00	29,54
5108458	Fuga de carga x cascos Bomba 22FB	23,64	29,00	66,82	0,00	10,75	0,00	106,57
5109287	BBA.22FB - CAMBIAR EMPAQUE A PRENSAESTOP	3,00	0,00	16,71	7,64	3,92	0,00	28,27
5109897	22FB, fuga de aceite por reten lado pole	5,00	93,80	60,13	0,00	10,55	0,00	164,48
5110752	BBA.22FB - CAMBIAR MECANISMO	17,00	0,00	204,57	0,00	35,90	0,00	240,47
5111922	Cambiar fajas de transmisión Bomba 22FB	3,00	295,27	36,12	0,00	6,34	0,00	337,73
5112649	BBA.22FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	0,00	28,21	4,95	0,00	33,16
5114923	cambiar empaque de prenestopa	7,50	0,00	47,63	22,22	9,36	0,00	79,21
5115126	Revisar sello de agua	8,00	0,00	108,82	0,00	14,58	0,00	123,40
5115161	Cambiar manga	2,00	0,00	27,20	0,00	3,64	0,00	30,84
5115450	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba22FB	2,00	0,00	27,23	0,00	3,65	0,00	30,88
5115836	Bba 22FB: Cambio empaquetadura asbesto	1,00	0,00	0,00	11,57	1,55	0,00	13,12
5115993	Bba 22FB Cambio de empaquetadura asbesto	4,00	0,00	0,00	46,28	6,20	0,00	52,48
5117082	Cambiar fajas de transmisión Bomba 22FB	1,00	0,00	14,93	0,00	3,04	0,00	17,97
5117616	BBA.22FB - EMPAQUE A PRENSAESTOPA	1,00	0,00	14,96	0,00	3,04	0,00	18,00
5118104	Cambiar fajas de transmisión Bomba 22FB	6,00	21,60	0,00	80,56	16,38	0,00	118,54
5118480	Cambiar fajas de transmisión Bomba 22FB	1,00	413,65	14,94	0,00	3,04	0,00	431,63
5118511	Cambiar poleas Bomba 22FB	8,50	201,23	0,00	87,27	23,79	29,72	342,01
5119407	BBA.22FB - REVISAR CALIENTA FAJAS	5,00	0,00	52,51	9,40	10,59	0,00	72,50
5120584	BBA.22FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	0,50	0,00	6,54	0,00	1,12	0,00	7,66
5121274	Bba 22FB Cambio empaquetadura asbesto	1,00	0,00	0,00	13,90	1,84	0,00	15,74
5125592	A:Bba. 22FB, cambiar fajas.	1,00	0,00	13,24	0,00	2,32	0,00	15,56
5128349	A: Cambiar empaquetadura y fajas de tras	5,00	382,83	129,47	0,00	18,53	0,00	530,83

33FB BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10		68,50	10.453,87	654,22	42,69	161,56	157,07	11.469,41	786,48	12.255,89
5106149	A: 33FB - Cambiar empaquetadura	10,00	0,00	31,68	42,69	12,22	0,00	86,59		
5106372	BBA.33FB - RECTIFICAR PRENSAESTOPA	8,00	0,00	0,00	0,00	25,81	157,07	182,88		
5110023	A.Bba.33FB, cambiar manga.	18,50	35,49	222,48	0,00	39,05	0,00	297,02		
5122608	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba33FB	2,00	0,00	27,32	0,00	3,61	0,00	30,93		
5123784	A:Bba 33FB, revisar perdió eficiencia.	30,00	10.418,38	372,74	0,00	80,87	0,00	10.871,99		

6JA BOMBA WORTHINGTON 4M 223		144,25	13.608,96	2.479,04	118,87	427,86	34,99	16.669,72	3.221,77	19.891,49
5104386	BBA.6JA - AJUSTAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	0,00	11,39	0,00	1,90	0,00	13,29		
5104794	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JA	2,00	0,00	22,84	0,00	3,81	0,00	26,65		
5105053	Ajustar empaque a prensaestopa Bomba 6JA	2,00	0,00	22,85	0,00	3,81	0,00	26,66		
5105620	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JA	6,00	0,00	68,54	0,00	11,43	0,00	79,97		
5105823	BBA.6JA - REVISAR BOMBA	8,00	0,00	68,62	12,38	13,51	0,00	94,51		
5106256	BBA.-6JA - PREPARAR MECANISMO STAND BY	12,75	1.856,76	215,53	0,00	35,41	0,00	2.107,70		
5106460	6JA, ajuste empaque	0,50	0,00	6,34	0,00	1,04	0,00	7,38		
5106779	Cambiar mecanismo Bomba 6JA	8,00	14,22	101,45	0,00	16,67	0,00	132,34		
5106849	Reparar mecanismo Stand By Bomba 4M 223	6,00	6.337,71	76,11	0,00	12,51	0,00	6.426,33		
5106977	Cambiar reten lado transmisión Bomba 6JA	12,00	7,13	152,24	0,00	25,01	0,00	184,38		
5107294	BBA.6JA - AJUSTAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	0,50	0,00	6,34	0,00	1,04	0,00	7,38		
5107715	bba.6ja - cambiar empaque prensaestopa	3,00	0,00	33,42	0,00	5,38	0,00	38,80		
5109552	BBA.6JA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	0,00	11,13	0,00	1,79	0,00	12,92		

5109978	Reparar mecanismo Stand By Bomba 6R-163	4,00	697,19	48,11	0,00	8,44	0,00	753,74
5112769	6JA, Revisión general	16,00	0,00	259,00	0,00	37,74	0,00	296,74
5119712	BBA.6JA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	4,00	0,00	52,54	0,00	8,99	0,00	61,53
5121450	BBA.6JA - AJUSTAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,50	0,00	20,48	0,00	2,71	0,00	23,19
5122043	BBA.6JA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,50	0,00	20,66	0,00	2,73	0,00	23,39
5122463	BBA.6JA - CAMBIO DE FAJAS Y ALINEAMIENTO	6,00	0,00	81,95	0,00	10,83	0,00	92,78
5123748	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JA	4,00	171,20	49,67	0,00	10,78	0,00	231,65
5124383	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JA	1,00	0,00	0,00	7,63	1,66	0,00	9,29
5124562	BBA.6JA - CAMBIAR MANGA	15,00	1.013,48	186,37	0,00	40,44	0,00	1.240,29
5124799	bba.6ja - cambiar mecanismo	12,00	0,00	149,58	0,00	32,45	0,00	182,03
5124803	BBA.6JA - REPARAR MECANISMO STAND BY	0,00	2.435,18	65,78	0,00	11,53	0,00	2.512,49
5127656	BBA.6JA - CAMBIAR RODAMIENTOS	0,00	192,72	619,12	0,00	88,63	0,00	900,47
5127663	BBA.6JA - REPARAR MECANISMO STAND BY	16,50	883,37	128,98	98,86	37,62	34,99	1.183,82

6JB BOMBA WORTHINGTON 4M 223		330,00	13.538,96	2.812,57	618,86	719,41	1.106,98	18.796,78	1.057,14	19.853,92
5105801	BBA.6JB - REPARAR MECANISMO	18,00	0,00	205,85	0,00	34,35	0,00	240,20		
5108289	Revisión y arranque motor de Bba. 6JB	1,50	0,00	16,70	0,00	2,69	0,00	19,39		
5108340	Revisión de mecanismo Bomba 6JB	12,00	0,00	0,00	69,88	32,63	152,35	254,86		
5108417	Reparar mecanismo Stand By 4M-223	20,00	699,76	222,73	0,00	35,84	0,00	958,33		
5112260	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JB	2,00	0,00	0,00	28,22	4,95	0,00	33,17		
5112360	BBA.6JB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	0,00	28,23	4,95	0,00	33,18		
5112457	BBA.6JB - REPARAR MECANISMO STAND BY	19,00	1.827,08	201,74	70,54	43,93	0,00	2.143,29		
5112459	BBA.6JB - CAMBIAR MECANISMO	38,50	0,00	96,33	84,65	94,74	358,85	634,57		
5112743	BBA.6JB - REVISION	18,00	0,00	291,37	0,00	42,46	0,00	333,83		
5112871	BBA.6JB - REPARAR MECANISMO STAND BY	33,50	696,43	178,06	107,24	92,69	350,79	1.425,21		
5113830	Revisión y/o reparación Bomba 6JB	1,00	0,00	0,00	13,42	1,95	0,00	15,37		
5114313	BBA.6JB - CAMBIAR EMPAQUE A PRENSAESTOPA	2,00	0,00	32,40	0,00	4,72	0,00	37,12		
5115733	BBA.6JB - REVISAR	21,00	3.418,91	285,92	0,00	38,31	0,00	3.743,14		
5117488	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JB	1,00	0,00	14,96	0,00	3,04	0,00	18,00		
5118740	fuga de agua por el casco	10,50	0,00	0,00	53,98	10,98	0,00	64,96		
5119129	fuga de carga por el casco	16,00	94,40	210,00	0,00	35,93	0,00	340,33		
5119297	BBA.6JB - PRESENTA VIBRACION	3,00	4,70	39,38	0,00	6,74	0,00	50,82		
5119408	BBA.6JB - CAMBIAR RETEN LADO TRANSMISION	4,00	0,00	52,51	0,00	8,98	0,00	61,49		
5119713	BBA.6JB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	4,00	0,00	0,00	37,63	6,44	0,00	44,07		
5119883	BBA.6JB - CAMBIAR CAJA DE MECANISMO	16,00	1.437,53	210,07	0,00	35,94	0,00	1.683,54		
5120026	Reparar mecanismo Stand By Bomba 4M-223	19,00	2.418,26	196,88	37,61	40,11	0,00	2.692,86		
5121995	BBA.6JB - CAMBIAR MECANISMO	16,00	0,00	220,68	0,00	29,15	0,00	249,83		
5122511	bba.6jb - reparar mecanismo stand by	16,00	2.140,72	218,56	0,00	28,87	0,00	2.388,15		
5126045	Cambiar mecanismo Bomba 6JB	28,00	94,85	13,24	87,46	60,58	244,99	501,12		
5126256	BBA.6JB - REPARAR MECANISMO STAND BY	8,00	706,32	105,19	0,00	18,44	0,00	829,95		

16GA BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4		140,00	12.537,45	1.404,75	269,26	261,47	15,33	14.488,26	3.605,16	18.093,42
5103819	A: Cambiar mecanismo	36,00	1.133,88	272,22	99,68	63,20	0,00	1.568,98		
5104167	BBA.16GA - REPARAR MECANISMO STAND BY	4,00	1.884,52	45,44	0,00	7,58	0,00	1.937,54		
5104344	BBA.16GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	4,00	0,00	45,56	0,00	7,60	0,00	53,16		
5106842	Bba 16GA Revisión General	3,00	0,00	38,06	0,00	6,25	0,00	44,31		

5106922	Preparar mecanismo stand By Bomba 4M 223	16,00	1.115,73	202,98	0,00	33,35	0,00	1.352,06		
5110011	Revisión de la Bba.16GA	1,00	0,00	11,12	0,00	1,79	0,00	12,91		
5111743	EXTER. Reparación general Motor 125 HP d	0,00	2.547,51	0,00	0,00	0,00	0,00	2.547,51		
5113075	BBA.16GA - AJUSTE PRENSAESTOPA Y SE PURG	2,00	0,00	0,00	26,81	3,91	0,00	30,72		
5116478	A: Revisar Bomba 16GA	4,00	0,00	54,43	0,00	7,29	0,00	61,72		
5119054	A: Cambiar empaquetadura del sello de ag	1,50	0,00	19,69	0,00	3,37	0,00	23,06		
5119548	A: Revisar y/o reparar la bomba 16GA	23,00	0,00	183,86	80,01	45,14	0,00	309,01		
5119707	BBA.16GA - TENSAR FAJAS DE TRANSMISION	3,00	0,00	0,00	28,22	4,83	0,00	33,05		
5121873	BBA.16GA - REVISAR Y/O CAMBIAR MECANISMO	25,50	5.184,29	352,14	0,00	48,54	15,33	5.600,30		
5121900	BBA.16GA - REPARAR MECANISMO STAND BY	13,00	422,32	179,25	0,00	23,68	0,00	625,25		
5128026	Cambiar fajas de transmisión Bomba 16GA	1,00	124,60	0,00	8,60	1,23	0,00	134,43		
5128026	Cambiar fajas de transmisión Bomba 16GA	1,00	124,60	0,00	8,60	1,23	0,00	134,43		
5128141	Cambiar fajas de transmisión Bomba 16GA	2,00	0,00	0,00	17,34	2,48	0,00	19,82		

16GD BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B		78,50	5.396,20	605,66	136,69	160,88	237,43	6.536,86	158,47	6.695,33
5104613	Bba 16GB Alineamiento	15,00	0,00	170,82	0,00	28,50	0,00	199,32		
5104757	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba16GB	6,00	0,00	68,54	0,00	11,43	0,00	79,97		
5105695	BBA.16GB - MEJORAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	0,50	0,00	0,00	5,41	0,90	0,00	6,31		
5105803	BBA.16GB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	0,00	11,44	0,00	1,91	0,00	13,35		
5106631	BBA.16GB - CAMBIO DE RODAMIENTOS A MECAN	25,00	633,74	228,00	0,00	60,00	137,18	1.058,92		
5106987	Preparar mecanismo Stand By Bomba 6LR-18	23,00	4.762,46	126,86	70,41	45,31	78,51	5.083,55		
5107201	BBA.16GB - ALINEAR MECANISMO Y COLOCAR	6,00	0,00	0,00	46,91	7,71	0,00	54,62		
5109318	BBA.16GB - CAMBIO DE EMPAQUE A PRENSAEST	2,00	0,00	0,00	13,96	5,12	21,74	40,82		

36FC BOMBA FLOWSERVE (No existe la bomba)

37FF BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B		46,50	1.084,58	566,61	0,00	126,15	117,80	1.895,14	980,59	2.875,73
5106561	BBA.37FF - REVISAR BOMBA	23,00	0,00	215,73	0,00	54,80	117,80	388,33		
5118589	Cambio de rodamientos Bomba 37FF	23,50	1.084,58	350,88	0,00	71,35	0,00	1.506,81		

Tabla N° 8.1 Costo de Mantenimiento Mecánico 2006

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2006 (USD)
2JA BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA		67,00	24.240,58	1.051,35	26,71	211,51	0,00	25.530,15	3.595,84	29.125,99
5131611	BBA.2JA - REVISION GENERAL	12,00	3.473,29	158,44	26,71	35,22	0,00	3.693,66		
5142228	BBA.2JA - CAMBIAR IMPULSOR	10,00	4.153,72	182,58	0,00	33,64	0,00	4.369,94		
5146761	Revisar desgaste de impulsor / excesiv	16,00	5.005,40	240,75	0,00	46,35	0,00	5.292,50		
5147318	A, CAMBIO DE EMPAQUE A LA PRENSA ESTOPA	2,00	1.032,89	30,10	0,00	5,80	0,00	1.068,79		
5149236	BBA.2JA - CAMBIAR IMPULSOR	12,00	5.031,72	152,90	0,00	27,55	0,00	5.212,17		
5150990	BBA.. 2JA - CAMBIAR FAJAS 5V-900	2,00	0,00	34,52	0,00	7,67	0,00	42,19		
5152800	Revisión general Bomba 2JA	8,00	5.069,35	154,89	0,00	33,97	0,00	5.258,21		
5153847	A: Revisar impulsor	4,00	0,00	77,74	0,00	17,05	0,00	94,79		
5153958	bba.2ja - cambiar empaque prensaestopa	1,00	474,21	19,43	0,00	4,26	0,00	497,90		
2JB BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB		114,50	32.701,60	1.006,42	295,61	271,67	166,55	34.441,85	3.040,98	37.482,83
5129478	BBA.2JB - CAMBIAR IMPULSOR	0,00	3.180,94	0,00	0,00	0,00	0,00	3.180,94		
5129776	BBA.2JB - CAMBIAR IMPULSOR	16,00	3.270,96	0,00	133,52	22,14	0,00	3.426,62		
5131029	Revisión mecánica: Tiene vibración	8,00	308,46	105,51	0,00	20,07	0,00	434,04		
5131317	Revisión mecánica, fuerte vibración	1,00	339,34	13,19	0,00	2,51	0,00	355,04		
5131984	BBA.2JB - REVISAR IMPULSOR	8,00	0,00	105,79	0,00	20,12	0,00	125,91		
5132825	Revisar bomba 2JB; presenta vibración.	16,00	4.792,08	167,12	0,00	23,66	0,00	4.982,86		
5135115	Cambiar impulsor Bomba 2JB	8,00	0,00	104,00	0,00	21,64	0,00	125,64		
5137315	Bba 2JB: CAMBIAR IMPULSOR	6,00	3.279,45	0,00	48,26	6,62	0,00	3.334,33		
5138849	BBA.2JB - REVISAR IMPULSOR	2,00	3.255,99	27,07	0,00	3,71	0,00	3.286,77		
5140439	A, revisar presenta furte vibración	8,00	3.297,87	71,31	0,00	17,14	36,76	3.423,08		
5142869	Cambiar fajas de transmisión Bomba 2JB	1,00	0,00	0,00	11,97	2,21	0,00	14,18		
5144685	Cambio de impulsor y forros Bomba 2JB	6,00	836,44	0,00	92,60	14,13	0,00	943,17		
5145877	A, revisar tiene vibración	7,50	1.625,58	90,45	5,44	18,46	0,00	1.739,93		
5148919	BBA.2JB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	3,00	130,64	12,69	3,82	2,97	0,00	150,12		
5152509	Bomba 2JB presenta alta vibración; monit	24,00	8.383,85	309,29	0,00	96,29	129,79	8.919,22		
2JD BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150		98,00	13.863,54	1.068,73	186,35	238,42	0,00	15.357,04	1.190,07	16.547,11
5125132	A: Poner operativa la bomba 2JC	32,00	3.350,34	346,85	0,00	57,52	0,00	3.754,71		
5131482	BBA.2JC - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	26,39	0,00	5,02	0,00	31,41		
5131547	xBBA.2JC - CAMBIAR IMPULSOR	27,00	4.988,54	290,57	40,52	62,99	0,00	5.382,62		
5132173	Bba 2JC: Cambio de impulsor x usada	3,00	0,00	0,00	26,45	5,03	0,00	31,48		
5137258	Cambiar fajas de transmisión Bomba 2JC	1,00	79,66	0,00	8,04	1,10	0,00	88,80		
5140605	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 9JA	1,00	0,00	0,00	11,24	1,78	0,00	13,02		
5144036	BBA.2JD - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	0,50	0,00	6,80	0,00	1,04	0,00	7,84		
5148020	Cambiar fajas de transmisión.	3,00	0,00	38,04	0,00	6,85	0,00	44,89		
5148264	Cambiar fajas de transmisión Bomba 2JD	2,00	140,00	0,00	29,78	5,36	0,00	175,14		
5148576	bba.2jd - cambiar fajas 5v-900	6,00	129,96	76,14	0,00	13,72	0,00	219,82		
5150167	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2JD	1,00	0,00	17,32	0,00	3,85	0,00	21,17		
5150500	BBA.2JD - PERDIO EFICIENCIA	4,00	0,00	0,00	57,14	12,70	0,00	69,84		
5150644	BBA.2JD - CAMBIAR FAJAS 5V-950	2,00	112,00	34,58	0,00	7,68	0,00	154,26		
5152439	A, reparación se deja ganar carga	12,00	5.063,04	232,04	0,00	50,89	0,00	5.345,97		
5153681	BBA.2JD - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,50	0,00	0,00	13,18	2,89	0,00	16,07		

4JF BOMBA COMESA 8 X 6		4,00	0,00	43,66	0,00	7,24	0,00	50,90		
5129899	Cambiar empaque a prenestopa	4,00	0,00	43,66	0,00	7,24	0,00	50,90		
5JB - BOMBA DENVER 5 x 4		43,50	852,61	545,55	38,66	111,17	0,00	1.547,99	491,23	2.039,22
5128453	Revisión Bomba 5JB	4,00	21,61	42,74	0,00	7,09	0,00	71,44		
5131577	Mantenimiento mecánico general	14,00	345,31	184,86	0,00	35,17	0,00	565,34		
5133777	Cambiar reten lado Impulsor Bomba 5JB	0,50	0,00	5,23	0,00	0,74	0,00	5,97		
5140423	Revisión General Bomba 5JB	7,00	43,20	83,21	0,00	13,19	0,00	139,60		
5142712	Cambiar fajas de transmisión Bomba 5JB	2,00	21,30	0,00	23,95	4,41	0,00	49,66		
5145311	BBA.5JB - CAMBIAR FAJAS DE TRANSMISION	1,00	0,00	15,04	0,00	2,90	0,00	17,94		
5145642	BBA.5JB - REVISAR	3,00	0,00	45,27	0,00	8,72	0,00	53,99		
5147972	BBA.5JB - CAMBIAR FAJAS DE TRANSMISION	1,00	0,00	12,68	0,00	2,29	0,00	14,97		
5148156	Cambiar fajas de transmisión Bomba 5JB	1,00	36,01	12,68	0,00	2,28	0,00	50,97		
5148648	BBA.5JB - CAMBIAR FAJAS B-53	1,00	36,00	12,69	0,00	2,29	0,00	50,98		
5150693	BBA.5JB - CAMBIAR FAJAS B 48	2,00	27,18	34,56	0,00	7,68	0,00	69,42		
5152329	Bba 5JB revision	5,00	322,00	57,91	14,71	15,93	0,00	410,55		
5152709	Revisar poleas y cambiar fajas Bomba 5JB	2,00	0,00	38,68	0,00	8,48	0,00	47,16		
1GA BOMBA COMESA 10 x 8		121,50	5.915,30	1.304,89	34,97	260,80	53,89	7.569,85	1.282,18	8.852,03
5128423	Revisar línea de lubricación Bomba 1GB	4,50	0,00	48,06	0,00	7,97	0,00	56,03		
5128490	Revisión Bomba 1GA	8,00	0,00	85,45	0,00	14,17	0,00	99,62		
5131580	BBA.1GA - REVISION GENERAL	8,00	0,00	105,63	0,00	20,09	0,00	125,72		
5135720	BBA.1GA - REVISION GENERAL	10,00	1.552,53	131,25	0,00	27,31	0,00	1.711,09		
5140609	Revisión General Bomba 1GA	12,00	672,92	142,63	0,00	22,61	0,00	838,16		
5142474	BBA.1GA - CAMBIAR ESPARRAGOS PRENSAESTOP	5,00	0,00	36,51	0,00	16,65	53,89	107,05		
5145131	Revisar bomba 1GA	24,00	1.574,17	325,02	0,00	49,60	0,00	1.948,79		
5150073	Cambiar mecanismo Bomba 1GA	23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
5150404	BBA.1GA - REPARAR MECANISMO STAND BY	7,00	1.643,84	120,96	0,00	26,88	0,00	1.791,68		
5152919	Revisar bomba 1GA	20,00	471,84	309,38	34,97	75,52	0,00	891,71		
1GB BOMBA COMESA 10 x 8		102,50	6.552,92	1.378,34	168,40	334,29	165,11	8.599,06	1.955,93	10.554,99
5131581	BBA.1GB - REVISION GENERAL	4,00	0,00	52,81	0,00	10,05	0,00	62,86		
5136170	A, cambio de empaque	1,00	0,00	13,19	0,00	2,74	0,00	15,93		
5136454	Revisión general Bomba 1GB	8,00	0,00	105,35	0,00	21,92	0,00	127,27		
5142224	BBA.1GA - CAMBIAR FAJAS REGULARIZACION	0,00	112,00	0,00	0,00	0,00	0,00	112,00		
5142518	Bba 1GB: Cambio empaquetadura asbesto	4,00	0,00	73,03	0,00	13,45	0,00	86,48		
5142870	Revisar Bomba 1GB, esta vibrando	4,00	0,00	72,99	0,00	13,45	0,00	86,44		
5142915	Cambiar forros Bomba 1GB	12,00	240,84	109,48	0,00	40,01	107,70	498,03		
5144951	URGENTE:Reparar casco.	24,50	1.674,00	210,18	139,19	62,07	57,41	2.142,85		
5148357	Tensar fajas de transmisión Bomba 1GB	1,00	0,00	0,00	14,90	2,68	0,00	17,58		
5150188	Bba 1GB Revison de empaquetadura y faja	1,00	0,00	0,00	14,31	3,18	0,00	17,49		
5151226	BBA.1GB - MANTENIMIENTO GENERAL	16,00	1.410,73	275,78	0,00	61,29	0,00	1.747,80		
5151860	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 1GB	1,00	1.475,37	17,25	0,00	3,83	0,00	1.496,45		
5151904	Cambio de mecanismo Bomba 1GB	18,00	175,00	310,35	0,00	68,97	0,00	554,32		
5151905	Reparar mecanismo stand by bomba 10x8	8,00	1.464,98	137,93	0,00	30,65	0,00	1.633,56		
2GA - BOMBA COMESA 10 x 8		224,00	3.521,22	1.495,34	1.011,55	419,94	70,40	6.518,45	4.346,42	10.864,87
5128437	A:Bba 5FA, cambiar empaquetadura.	2,00	0,00	21,37	0,00	3,54	0,00	24,91		

5131151	BBA.5FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,50	0,00	19,80	0,00	3,77	0,00	23,57
5132690	A:Bba 5FA, camb. empaque	2,00	0,00	21,03	0,00	2,98	0,00	24,01
5133214	Cambiar empaque a prensestopa	1,50	0,00	15,67	0,00	2,22	0,00	17,89
5133284	BBA.5FA - AUMENTAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	20,88	0,00	2,95	0,00	23,83
5133929	Revisión General Bomba 5FA	12,00	0,00	125,41	0,00	17,75	0,00	143,16
5134378	BBA.5FA - REPARAR MECANISMO STAND BY	12,00	1.508,19	41,23	96,91	19,56	0,00	1.665,89
5135965	A:Bba 5FA, revisar perdió eficiencia	11,00	301,33	0,00	54,84	11,41	0,00	367,58
5139654	BBA.5FA - CAMBIAR MANGA	24,00	111,87	285,53	0,00	45,27	0,00	442,67
5140341	Fuga de carga por el empaque	3,00	0,00	35,65	0,00	5,65	0,00	41,30
5140372	Cambiar empaquetadura	1,00	0,00	11,88	0,00	1,88	0,00	13,76
5141482	BBA.5FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	0,00	36,32	6,69	0,00	43,01
5141613	Cambiar manga Bomba 5FA	16,00	0,00	291,31	0,00	53,67	0,00	344,98
5142983	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FA	1,00	0,00	0,00	15,37	2,34	0,00	17,71
5143327	Revisar bomba, se deja ganar la carga	14,00	0,00	94,75	107,54	30,87	0,00	233,16
5144887	BBAS.5FA - CAMBIAR BOMBA 10X8 X ASH 8X8	84,50	642,66	244,22	551,69	127,29	38,30	1.604,16
5148003	A: Reparar forros	10,50	0,00	133,13	0,00	23,99	0,00	157,12
5148122	A: Revisar forros perdida de eficiencia.	8,00	0,00	101,43	0,00	18,28	0,00	119,71
5148370	A: Poner operativo terminar de reparar.	10,00	919,67	0,00	101,55	24,08	32,10	1.077,40
5148447	BBA.5FA - TENSAR FAJAS DE TRANSMISION	2,00	0,00	0,00	29,82	5,37	0,00	35,19
5149038	BBA.5FA - CAMBIAR FAJAS B-58	1,00	37,50	12,69	0,00	2,29	0,00	52,48
5152860	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GA	3,00	0,00	19,36	17,51	8,09	0,00	44,96

2GB BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°		199,00	9.567,67	2.516,85	95,50	431,02	26,94	12.637,98	6.764,66	19.402,64
5128492	Revisión Bomba 2GB	4,00	0,00	42,73	0,00	7,08	0,00	49,81		
5129585	BBA.2GB - CAMBIAR MECANISMO	18,00	21,19	191,04	0,00	31,68	0,00	243,91		
5129773	BBA.2GB - REPARAR MECANISMO STAND BY	16,00	2.607,41	174,62	0,00	28,96	0,00	2.810,99		
5130371	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GB	1,00	0,00	11,05	0,00	1,83	0,00	12,88		
5131484	bba.2gb - cambiar fajas 5v-950	2,00	84,00	26,39	0,00	5,02	0,00	115,41		
5132715	BOMBA 2GB: REVISIÓN GENERAL	10,00	114,82	105,18	0,00	14,89	0,00	234,89		
5134110	BBA.2GB - REVISION	22,50	946,30	212,78	24,39	33,58	0,00	1.217,05		
5135497	BBA.2GB - REVISION GENERAL	8,00	233,01	104,31	0,00	21,71	0,00	359,03		
5137028	Revisar impulsor de bomba 2GB	0,00	0,00	107,94	0,00	14,80	0,00	122,74		
5137440	BBA.2GB - REVISAR BOMBA	2,00	0,00	0,00	16,13	2,21	0,00	18,34		
5138554	Revisión Bomba 2GB	4,00	0,00	54,45	0,00	7,47	0,00	61,92		
5138595	Cambiar placa de forro suction Bomba 2GB	15,00	0,00	204,30	0,00	28,02	0,00	232,32		
5139989	Cambiar empaque Bomba 2GB	2,00	0,00	23,78	0,00	3,77	0,00	27,55		
5141835	BBA.2GB - CAMBIAR RETEN LADO IMPULSOR	0,50	0,00	9,14	0,00	1,68	0,00	10,82		
5142384	BBA.2GB - CAMBIAR EMPAQUE	6,00	0,00	82,16	0,00	20,10	26,94	129,20		
5143660	CAMBIO DE MECANISMO DE BOMBA	12,00	3.377,92	162,46	0,00	24,79	0,00	3.565,17		
5143819	Reparar mecanismo Bomba 10x8 stand by	42,00	1.122,22	570,73	0,00	87,09	0,00	1.780,04		
5146239	Rectificar y/o cambiar manguito conico m	2,00	0,00	30,08	0,00	5,79	0,00	35,87		
5146424	Revisión general de Bomba 2GB	7,00	10,30	75,17	37,40	21,68	0,00	144,55		
5148024	BBA.2GB - CAMBIAR FORROS	15,00	1.050,50	190,18	0,00	34,27	0,00	1.274,95		
5150559	BBA.2GB - REVISION GENERAL	8,00	0,00	138,36	0,00	30,75	0,00	169,11		
5153861	BBA.2GB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	0,00	17,58	3,85	0,00	21,43		

2GD BOMBA COMESA 10 x 8		90,00	1.996,82	765,75	246,93	199,63	118,73	3.327,86	2.110,97	5.438,83
5129359	BBA.2GD - REVISION GENERAL	12,00	10,95	127,62	0,00	21,16	0,00	159,73		
5137584	BBA.2GD - CAMBIAR FAJAS 5V-900	2,00	0,00	0,00	16,14	2,21	0,00	18,35		

5143931	Revisión general Bomba 2GD	27,00	504,78	244,52	138,77	58,49	0,00	946,56		
5148599	BBA.2GD - CAMBIAR MECANISMO	18,00	0,00	228,43	0,00	41,16	0,00	269,59		
5148832	BBA.2GD - REPARAR MECANISMO STAND BY	10,00	1.481,09	126,95	0,00	22,88	0,00	1.630,92		
5148970	Revlcion y arranque Bba 2 GD	1,00	0,00	12,69	0,00	2,29	0,00	14,98		
5149454	Cambiar empaquetadura a la bomba 2GD	2,00	0,00	25,54	0,00	4,60	0,00	30,14		
5150195	Cambiar manga. URGENTE	18,00	0,00	0,00	92,02	46,84	118,73	257,59		
2GE BOMBA DENVER 4 x 3		81,00	722,10	889,66	98,87	168,85	0,00	1.879,48	3.460,50	5.339,98
5134526	Preparar Bomba Stand By 4x3	24,00	255,06	217,51	26,75	36,35	0,00	535,67		
5134917	BBA.2GE - CAMBIAR FAJAS B-48	2,00	27,11	0,00	17,82	3,71	0,00	48,64		
5135523	BBA.2GE - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,50	0,00	0,00	13,39	2,79	0,00	16,18		
5137074	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GE	0,50	0,00	6,75	0,00	0,93	0,00	7,68		
5137323	Revisar manga.	5,00	36,51	67,81	0,00	9,30	0,00	113,62		
5140645	Cambiar fajas de transmisión Bomba 2GE	4,00	0,00	47,55	0,00	7,54	0,00	55,09		
5141179	A: Reparar mecanismo y forros.	5,00	46,90	90,73	0,00	16,71	0,00	154,34		
5147120	2GE - Cambiar empaquetadura Y FAJAS	1,00	0,00	15,05	0,00	2,90	0,00	17,95		
5147942	BBA.2GE - CAMBIAR MANGA	14,00	67,91	177,62	0,00	32,00	0,00	277,53		
5148099	Cambiar fajas de transmisión Bomba 2GE	8,00	0,00	101,40	0,00	18,27	0,00	119,67		
5148138	Reparar mecanismo Stand By Bomba 4x3	3,50	252,61	44,38	0,00	8,00	0,00	304,99		
5148427	Cambiar empaquetadura y revisar manga d	8,00	0,00	101,55	0,00	18,30	0,00	119,85		
5149097	BBA.2GE - CAMBIAR FAJAS B-53	2,00	36,00	0,00	29,84	5,38	0,00	71,22		
5152352	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GE	1,00	0,00	19,31	0,00	4,24	0,00	23,55		
5152858	Cambiar empaque y fajas Bomba 2GE	1,50	0,00	0,00	11,07	2,43	0,00	13,50		
3GA BOMBA DENVER 10 x 8		13,00	131,70	103,56	40,84	25,56	0,00	301,66	1.467,44	1.769,10
5128481	A: Cambiar empaquetadura de la bomba 3GA	5,00	131,70	0,00	40,84	6,77	0,00	179,31		
5129472	Revisar, tiene fuga de aceite de mecanis	2,00	0,00	21,22	0,00	3,52	0,00	24,74		
5130198	Tensar fajas de transmisión Bomba 3GA	2,00	0,00	22,06	0,00	3,66	0,00	25,72		
5146119	Cambiar fajas	4,00	0,00	60,28	0,00	11,61	0,00	71,89		
4GB BOMBA COMESA 10 x 8		26,00	114,71	238,56	138,02	63,79	0,00	555,08	452,10	1.007,18
5139888	Cambiar o completar correas	4,00	0,00	47,56	0,00	7,54	0,00	55,10		
5142446	BBA.4GB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	0,00	23,95	4,41	0,00	28,36		
5145240	Revisión mecánica.	15,00	114,71	134,93	76,58	32,27	0,00	358,49		
5146882	Bba 4GB: Cambio empaquetadura asbesto	2,00	0,00	0,00	37,49	7,22	0,00	44,71		
5151309	bba.4gb - cambiar empaque prensaestopa	1,00	0,00	17,23	0,00	3,83	0,00	21,06		
5153762	A: Bba. 4GB, Cambiar empaquetadura	2,00	0,00	38,84	0,00	8,52	0,00	47,36		
4GC BOMBA DENVER 4 x 3		111,50	3.127,17	1.116,24	275,12	251,87	29,60	4.800,00	4.380,14	9.180,14
5131021	A: Reparar la bomba 4GC tiene problemas	5,00	363,14	65,94	0,00	12,54	0,00	441,62		
5131046	BBA.4GD - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	26,38	0,00	5,02	0,00	31,40		
5131904	BBA.4GC - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	4,00	0,00	0,00	35,23	6,70	0,00	41,93		
5132030	Cambiar línea de agua de lub. 4GC-D	1,00	148,90	0,00	6,92	0,98	0,00	156,80		
5133009	BBA.4GC - TENSAR FAJAS TRANSMISION	1,00	0,00	10,44	0,00	1,48	0,00	11,92		
5133212	Cambiar fajas de transmision	1,50	0,00	15,67	0,00	2,22	0,00	17,89		
5133362	BBA.4GC - AGREGAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	20,88	0,00	2,95	0,00	23,83		
5133763	A:Bba 4GC, revisar perdió eficiencia.	2,00	0,00	20,90	0,00	2,96	0,00	23,86		
5134091	A:Cambiar empaquetadura de la bomba 4GC.	1,50	0,00	15,57	0,00	2,20	0,00	17,77		
5134476	A: Cambiar empaquetadura de la bomba 4GC	1,00	0,00	10,36	0,00	1,47	0,00	11,83		

5134583	BBA.4GC - TENSAR FAJAS DE TRANSMISION	1,00	0,00	10,39	0,00	1,47	0,00	11,86
5135916	A:Bba 4GC, cambiar MECANISMO	5,50	0,00	72,50	0,00	15,09	0,00	87,59
5136511	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 4GC	1,00	0,00	0,00	9,02	1,88	0,00	10,90
5136973	Revisar, esta botando carga por el casco	3,00	0,00	40,38	0,00	5,54	0,00	45,92
5138096	A:Bba 4GC, cambiar empaque.	1,00	0,00	13,64	0,00	1,87	0,00	15,51
5139570	Cambiar empaque a prenestopa	2,00	0,00	23,74	0,00	3,76	0,00	27,50
5140717	BBA.4GC - CAMBIAR MANGA	10,00	67,92	23,73	89,79	18,00	0,00	199,44
5141184	A:-Bba 4GC, cambiar empaque	3,50	347,85	36,29	17,86	9,98	0,00	411,98
5141403	BBA.4GC - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	3,50	2,03	0,00	41,66	7,67	0,00	51,36
5141483	BBA.4GC - CAMBIAR MECANISMO	7,00	118,71	127,10	0,00	23,41	0,00	269,22
5141545	BBA.4GC - REPARAR MECANISMO STAN BY	12,00	311,72	54,49	47,20	18,73	0,00	432,14
5141602	BBA.4GC - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	36,41	0,00	6,71	0,00	43,12
5141913	bba.4gc - cambiar empaque prensaestopa	1,00	0,00	18,26	0,00	3,36	0,00	21,62
5143090	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 4GC	1,00	0,00	13,54	0,00	2,07	0,00	15,61
5143571	Cambiar fajas de transmisión Bomba 4GC	1,00	0,00	13,54	0,00	2,07	0,00	15,61
5144662	BBA.4GC - CAMBIAR MANGA	8,00	67,36	108,78	0,00	16,60	0,00	192,74
5145005	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 4GC	2,50	102,53	33,86	0,00	5,17	0,00	141,56
5146838	Revisar bomba 4 G C bombeo deficiente	3,50	0,00	52,72	0,00	10,15	0,00	62,87
5147435	Cambiar empaque Bomba 4GC	1,00	0,00	0,00	18,70	3,60	0,00	22,30
5148197	Cambiar mecanismo Bomba 4GC	8,00	101,60	101,43	0,00	18,28	0,00	221,31
5148259	Raparar mecanismo stand by Bomba 4x3	5,00	543,09	63,40	0,00	11,42	0,00	617,91
5149363	Cambiar empaque a prenestopa	2,00	612,74	25,56	0,00	4,61	0,00	642,91
5151576	A: cambiar polea esta gastada.	5,00	339,58	60,34	0,00	19,99	29,60	449,51
5152927	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 4GC	1,00	0,00	0,00	8,74	1,92	0,00	10,66

1FA BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10		99.50	9.367,07	1.038,55	128,94	167,85	0,00	10.702,41	599,10	11.301,51
5129573	BBA.1FA - REVISAR BOMBA	16,00	6,26	84,90	56,74	23,49	0,00	171,39		
5134377	BBA.1FA - REVISAR Y/O REPARAR BOMBA	20,00	4.457,65	206,17	0,00	29,19	0,00	4.693,01		
5137111	Cambiar mecanismo Bomba 1FB	48,00	844,98	567,52	48,24	84,44	0,00	1.545,18		
5137167	Reparar mecanismo stand by Bomba 10R-234	10,50	3.684,74	141,88	0,00	19,46	0,00	3.846,08		
5142494	BBA.1FA - CAMBIAR FAJAS 5V -1250	2,00	373,44	0,00	23,96	4,41	0,00	401,81		
5148548	BBA.1FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	3,00	0,00	38,08	0,00	6,86	0,00	44,94		

1FB BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10		95.50	4.969,91	1.324,63	96,47	262,80	0,00	6.653,81	930,17	7.583,98
5130621	A: Cambiar empaquetadura de la bomba 1FB	1,00	0,00	13,10	0,00	2,49	0,00	15,59		
5138542	Mantto,cambio de Rodamientos Bba 1FB	10,00	120,64	136,12	0,00	18,67	0,00	275,43		
5140074	Cambiar retenes Bomba 1FB	31,50	546,04	249,61	96,47	54,87	0,00	946,99		
5141644	Revisar mecanismo Bomba 1FB	24,00	615,39	438,19	0,00	80,72	0,00	1.134,30		
5147217	Cambiar empaquetadura a la 1 F B	4,00	0,00	60,17	0,00	11,58	0,00	71,75		
5149229	BBA.1FB - CAMBIAR FAJAS	1,00	0,00	12,74	0,00	2,30	0,00	15,04		
5150924	BBA.1FB - REPARAR BOMBA	24,00	3.687,84	414,70	0,00	92,17	0,00	4.194,71		

5FA BOMBA WORTHINGTON 6M294		31,00	620,55	500,00	53,31	121,98	0,00	1.295,84	666,04	1.961,88
5142454	Bba 33FA: Cambio de fajas transmision	2,00	133,60	0,00	23,95	4,41	0,00	161,96		
5151443	:Bba 33FA, poner operativa.	29,00	486,95	500,00	29,36	117,57	0,00	1.133,88		

5FB BOMBA FIMA 10 x 8		237,00	7.170,69	2.240,69	620,91	534,16	192,53	10.758,98	431,80	11.190,78
5127986	BBA. 5FB - CAMBIAR CASCO GLAND	62,50	2.073,91	309,73	188,82	98,93	192,53	2.863,92		
5130966	A: Cambiar empaquetadura de la bomba 5FB	1,00	0,00	13,15	0,00	2,50	0,00	15,65		

5133875	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	1,00	0,00	10,45	0,00	1,48	0,00	11,93
5134620	Bba.5fb - cambiar fajas 5v-1120	2,00	0,00	0,00	24,59	3,48	0,00	28,07
5135440	BBA.5FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	0,00	18,02	3,75	0,00	21,77
5135712	A:Bba 5FB, cambiar empaque	10,00	0,00	131,25	0,00	27,31	0,00	158,56
5136032	A:Bba 5FB, cambiar empaque	1,50	0,00	0,00	7,47	1,55	0,00	9,02
5136165	Cambiar mecanismo	33,00	0,00	395,66	14,94	85,45	0,00	496,05
5137180	Reparar mecanismo stand by Bomba 10x8	13,00	1.388,02	175,66	0,00	24,09	0,00	1.587,77
5138646	A:Bba 5FB, cambiar empaquetadura.	4,00	0,00	54,39	0,00	7,46	0,00	61,85
5139482	BBA.5FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	0,00	11,92	0,00	1,89	0,00	13,81
5139731	Bba 5FB: Cambio empaquetadura asbesto	3,00	0,00	0,00	33,75	5,35	0,00	39,10
5140323	Cambiar empaque a prenestopa	0,50	0,00	5,94	0,00	0,94	0,00	6,88
5140705	BBA.5FB - Cambiar manga	21,50	117,04	23,73	218,86	38,46	0,00	398,09
5141418	BBA.5FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,50	0,00	27,22	0,00	5,02	0,00	32,24
5141572	BBA.5FB - TENSAR FAJAS TRANSMISION	2,50	0,96	45,52	0,00	8,38	0,00	54,86
5141896	bba.5fb - cambiar empaque prensaestopa	1,00	0,00	18,26	0,00	3,36	0,00	21,62
5142982	Cambiar mecanismo Bomba 5FB	16,00	83,50	216,55	0,00	33,04	0,00	333,09
5143541	Reparar mecanismo stand by bomba 10x8	5,00	1.499,87	67,65	0,00	10,32	0,00	1.577,84
5144924	BBA.5FB - TENSAR FAJAS DE TRANSMISION	2,00	0,00	0,00	30,80	4,70	0,00	35,50
5145004	Cambiar reten lado polea Bomba 5FB	4,00	64,02	54,17	0,00	8,27	0,00	126,46
5146024	Cambiar fajas de transmisión Bomba 5FB	2,00	167,00	30,15	0,00	5,80	0,00	202,95
5146404	Bba 5FB: tensado de faja transmision	1,00	0,00	0,00	18,71	3,60	0,00	22,31
5146896	Cambiar fajas	3,00	0,00	30,13	18,74	9,41	0,00	58,28
5146961	BBA.5FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	2,45	0,00	37,46	7,21	0,00	47,12
5148123	A: Revisar forros perdida de eficiencia.	2,00	0,00	12,68	0,00	2,28	0,00	14,96
5148180	Cambiar impulsor Bomba 5FB	12,00	376,07	152,15	0,00	27,41	0,00	555,63
5151345	BBA.5FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	0,00	34,47	0,00	7,66	0,00	42,13
5151524	A:Bba 5FA, rev. perdió eficiencia.	21,00	1.397,85	361,74	0,00	80,40	0,00	1.839,99
5152753	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	1,00	0,00	0,00	8,75	1,92	0,00	10,67
5152889	Cambiar empaque de la prensa estopa	1,00	0,00	19,34	0,00	4,24	0,00	23,58
5153249	CAMBIAR EMPAQUETADURA	2,00	0,00	38,78	0,00	8,50	0,00	47,28

7FA BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC		25,50	3,61	322,71	38,75	67,66	0,00	432,73	6.357,47	6.790,20
5130202	Tensar fajas de transmisión Bomba 7FA	1,00	0,00	11,03	0,00	1,83	0,00	12,86		
5132779	A: cambiar empaquetadura Bba. 7FA..	1,00	0,00	10,42	0,00	1,48	0,00	11,90		
5137082	Bba 7FA: Cambiar fajas transmision	2,50	3,61	0,00	20,07	2,75	0,00	26,43		
5146643	ENGRASE DE MECANISMO DE BOMBA 7FA	2,00	0,00	15,01	18,68	6,49	0,00	40,18		
5146897	Revisar , bombeo deficiente	19,00	0,00	286,25	0,00	55,11	0,00	341,36		

7FB BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC		58,50	1.279,46	676,57	77,87	133,47	0,00	2.167,37	2.240,42	4.407,79
5129181	A:Bba 7FB, cambiar empaquetadura.	3,00	3,07	0,00	21,34	3,54	0,00	27,95		
5141569	A:Bba 7FB, cambiar empaque.	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84		
5142361	Cambiar empaque a prenestopa	2,00	0,00	36,51	0,00	6,73	0,00	43,24		
5143439	Cambiar fajas	1,00	0,00	0,00	15,36	2,34	0,00	17,70		
5143768	Revisar , bombeo deficiente	16,00	0,00	217,43	0,00	33,18	0,00	250,61		
5146289	A:Bba 7FB, rev. perdió eficiencia.	6,00	65,00	90,22	0,00	17,37	0,00	172,59		
5148072	A: Reparar bomba	9,50	0,00	120,42	0,00	21,70	0,00	142,12		
5148267	Cambio de impulsor Bomba 7FB	16,00	0,00	177,51	3,81	32,67	0,00	213,99		
5150245	Cambiar fajas y alinear poleas	2,00	0,00	0,00	28,58	6,35	0,00	34,93		
5151797	A: Cambiar empaquetadura.	2,00	1.210,55	34,48	0,00	7,66	0,00	1.252,69		

5153511	Cambiar fajas de transmisión Bomba 7FB	1,00	0,00	0,00	8,78	1,93	0,00	10,71		
22FA BOMBA DENVER 5X4		87,50	1.945,75	835,26	436,59	269,69	73,63	3.560,92	2.857,20	6.418,12
5129297	Cambiar empaque a prenestopa	2,00	0,00	21,27	0,00	3,53	0,00	24,80		
5129583	Cambiar perno de prenestopa	2,00	0,00	21,22	0,00	3,52	0,00	24,74		
5130232	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba22FB	1,50	0,00	16,57	0,00	2,75	0,00	19,32		
5130829	A: Cambiar empaquetadura de la bomba 22F	1,00	0,00	13,16	0,00	2,50	0,00	15,66		
5131930	A: Bomba 22FB requiere cambio de empaque	1,00	0,00	13,23	0,00	2,52	0,00	15,75		
5133128	Cambiar empaque a prenestopa	2,00	0,00	20,82	0,00	2,95	0,00	23,77		
5133971	Cambiar fajas	2,00	279,96	20,90	0,00	2,96	0,00	303,82		
5135484	A: Bba 22FB, revisar perdió eficiencia.	12,00	400,63	156,47	0,00	32,56	0,00	589,66		
5135915	A: Cambiar poleas de transmisión.	8,00	1,04	52,72	0,00	26,30	73,63	153,69		
5137201	Fuga de carga por el casco	3,00	0,00	40,54	0,00	5,56	0,00	46,10		
5139288	bba.22fb - cambiar fajas	1,00	0,00	11,86	0,00	1,88	0,00	13,74		
5139363	bba.22fb revisar	4,00	0,00	0,00	44,86	7,11	0,00	51,97		
5144123	A: Cambiar empaquetadura. Bba. 22FA	5,00	0,00	27,18	46,29	11,21	0,00	84,68		
5144878	BBA.22FA - CAMBIAR FAJAS B-58	2,00	37,50	27,13	0,00	4,14	0,00	68,77		
5145199	BBA.22FA - CAMBIAR EMPAQUE Y RECUPERAR	3,00	0,00	0,00	46,06	7,03	0,00	53,09		
5149457	BBA.22FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	347,85	12,77	0,00	2,30	0,00	362,92		
5150463	BBA.22FA - REVISAR BOMBA	3,00	0,00	51,85	0,00	11,52	0,00	63,37		
5150864	BBA.22FA - SELLAR FUGA DE CARGA POR CASC	0,00	0,00	0,00	85,68	19,04	0,00	104,72		
5151184	A: Bba 22FA, rev. fuga carga entre cascós	21,00	460,75	241,37	99,74	75,82	0,00	877,68		
5151264	BBA.REPARAR MECANISMO STAND BY	8,00	418,02	0,00	113,96	25,33	0,00	557,31		
5151895	Revisar forros	5,00	0,00	86,20	0,00	19,16	0,00	105,36		
33FB BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10		51,50	7.574,25	401,64	251,24	135,91	0,00	8.363,04	376,06	8.739,10
5136090	A: Bba 33FB, aumentar aceite	1,00	0,00	13,18	0,00	2,74	0,00	15,92		
5136370	A: Bba 33FB, revisar perdió eficiencia.	0,00	68,68	0,00	0,00	0,00	0,00	68,68		
5138486	A: Bba 33FB, cambiar empaquetadura.	2,00	1.219,09	23,74	0,00	3,76	0,00	1.246,59		
5142673	Bba 33FB: Cambiar empaquetadura asbesto	2,00	0,00	0,00	23,95	4,41	0,00	28,36		
5142941	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba33FB	2,00	0,00	0,00	23,95	4,41	0,00	28,36		
5144290	BBA.33FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	4,00	0,00	54,37	0,00	8,30	0,00	62,67		
5148303	Cambiar niple de lubricación Bomba 33FB	2,50	695,06	0,00	37,24	6,71	0,00	739,01		
5151444	A: Bba 33FB, revisar perdió eficiencia	18,00	5.591,42	310,35	0,00	68,97	0,00	5.970,74		
5151654	Revisar bomba 33FB	8,00	0,00	0,00	61,17	13,60	0,00	74,77		
5152441	Revisar bomba 33 FB	12,00	0,00	0,00	104,93	23,01	0,00	127,94		
6JA BOMBA WORTHINGTON 4M 223		61,50	5.404,92	772,90	72,08	156,07	0,00	6.405,97	512,62	6.918,59
5130128	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JA	1,00	0,00	10,96	0,00	1,82	0,00	12,78		
5133750	Tensor fajas de transmisión Bomba 6JA	4,00	0,00	41,70	0,00	5,90	0,00	47,60		
5135719	BBA.6JA - CAMBIAR RODAMIENTOS	18,00	548,79	236,25	0,00	49,17	0,00	834,21		
5135954	BBA.6JA - REPARAR MECANISMO STAND BY	7,00	464,30	52,72	27,09	16,61	0,00	560,72		
5137283	BBA.6JA - CAMBIAR RETEN LADO POLEA	6,00	0,00	81,10	0,00	11,12	0,00	92,22		
5137644	BBA.6JA - CAMBIAR ORING A CAJA DE MECANI	9,00	0,00	122,06	0,00	16,74	0,00	138,80		
5142429	A: Cambiar empaquetadura.	1,00	0,00	18,25	0,00	3,36	0,00	21,61		
5145844	BBA.6JA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00	0,00	15,08	0,00	2,90	0,00	17,98		
5147302	BBA.6JA - REPARAR MECANISMO STAND BY	6,00	3.949,06	90,31	0,00	17,39	0,00	4.056,76		
5149473	BBA.6JA - CAMBIAR FAJAS 5V 900	3,00	78,00	0,00	44,99	8,11	0,00	131,10		
5150197	Cambiar empaquetadura.	1,00	0,00	17,29	0,00	3,84	0,00	21,13		

Tabla N°8.1 Costo de Mantenimiento Mecánico 2007

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	108,00	26.563,48	1.056,58	342,35	252,37	201,26	28.416,04	12.032,63	40.448,67
5154728	A.Revisión general Bomba	12,00	5030,32	105,87	30,20	24,02		5190,41		
5154944	Revisión general Bomba 2JA	8,00		52,96	31,51	14,91		99,38		
5159661	Cambiar fajas de transmisión Bomba 2JA	1,00	64,98	13,92		1,57		80,47		
5160044	BBA.2JA - CAMBIAR IMPULSOR	6,00	5113,83	55,73		6,28		5175,84		
5161568	Cambiar impulsor Bomba 2JA	8,00	5026,89			33,62	201,26	5261,77		
5162930	Bba 2JA : Revisar	12,00			96,94	15,62		112,56		
5165410	A:Revisar mecanismo	2,00		30,09		3,38		33,47		
5165465	Bba 2JA: Mecanismo con 55° C refrigerador	1,00			9,78	1,09		10,87		
5167290	A:Cambiar empaquetadura, prensaestopa	4,00		74,32		12,19		86,51		
5168596	BBA.2JA - REVISAR BOMBA	19,00	6227,29	223,60	48,27	44,57		6543,73		
5171513	Tensar fajas de transmisión	1,00		16,03		2,17		18,20		
5173187	Cambio de impulsor Bomba 2JA	8,00	5100,17	128,13		29,65		5257,95		
5177966	Cambiar poleas Bomba 2JA	8,00		158,25		20,80		179,05		
5178406	Bba 2JA: Revision gral	18,00		197,68	125,65	42,50		365,83		
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	61,50	15.952,88	368,73	196,95	157,87	364,22	17.040,65	21.064,08	38.104,73
5156039	Bba 2JB :Regular y/o cambio empaquetadura	0,50			3,93	0,69		4,62		
5156546	Cambio de vortex Ciclon CAVEK 400 Bba 2J	20,00	40,87		141,25	33,67		215,79		
5157012	Cambiar impulsor Bomba 2JB	4,00		15,52	29,94	10,83		56,29		
5160760	Cambio de esparragos de forro gland	6,00		52,85		21,42	75,41	149,68		
5162511	Cambiar impulsor y plato suction Bba 2JB	12,00	5893,16	73,91		58,44	288,81	6314,32		
5162598	Bba 2JB Cambio fajas transmisión	1,00			8,09	1,30		9,39		
5167235	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2JB	2,00			13,74	2,25		15,99		
5169714	Cambio de impulsor Bomba 2JB	8,00	4988,67	119,21		13,17		5121,05		
5176525	Cambiar impulsor Bomba 2JB	8,00	5030,18	107,24		16,10		5153,52		
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	71,00	17.631,31	634,10	424,47	211,59		18.901,47	1.174,73	20.076,20
5154478	BBA.2JD - CAMBIAR FAJAS TRANSMISION	2,00	140,00		15,75	2,78		158,53		
5156738	Cambiar impulsor Bomba 2JD	26,00	6611,73	341,00	28,27	88,02		7069,02		
5170945	A.cambiar empaque prensaestopa	1,00			7,90	1,07		8,97		
5171598	Cambiar impulsor Bomba 2JD	6,00	4974,49	96,13		13,02		5083,64		
5175023	A.Cambiar forros e impulsor y forro suci	20,00	5905,09	196,97	121,69	73,73		6297,48		
5177560	A.Cambiar fajas de transmisión	4,00			62,32	8,19		70,51		
5178744	Cambiar forro gland Bomba 2JD	12,00			188,54	24,78		213,32		
4JF	- BOMBA COMESA 8 X 6	113,00	6.999,65	385,25	927,61	186,60		8.499,11	599,50	9.098,61
5159217	BBA.4JF -REPARAR MECANISMO STAND BY	14,00	3969,28	55,71	211,30	30,12		4266,41		
5161791	A.Rectificar canales de polea motriz	5,00		88,19		14,73		102,92		
5161881	A.Cambio de empaquetaduras	4,00			28,16	4,70		32,86		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5165411	A:Revisar mecanismo	16,00	338,45		156,35	17,54		512,34		
5167544	BBA.4JF - CAMBIAR MANGA	16,00	306,34		110,07	18,04		434,45		
5170866	bba.4jf - cambiar empaque prensaestopa	2,50		37,17		4,11		41,28		
5172068	Bba 4JF: Cambio de manga	10,00	325,90	112,26	23,72	18,42		480,30		
5172321	A:Cambiar empaquetadura	4,00			31,87	4,32		36,19		
5172341	BBA.4JF - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00			15,94	2,16		18,10		
5172735	A: Reparar Bba. 4JF	14,00	213,03	32,58	96,38	17,47		359,46		
5172845	Reparar mecanismo stand by bomba 10x8	0,50	1233,73		7,50	0,99		1242,22		
5174492	Reparar mecanismo stand by BBA 4JF	12,00	1,47		121,45	28,10		151,02		
5174686	A:Cambiar empaquetaduras de prensaestopa	1,00			10,11	2,34		12,45		
5175580	BBA. 4JF - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	4,00	611,45		36,79	5,52		653,76		
5177603	A:Cambiar empaque Bba. 4 JF	3,00			46,74	6,14		52,88		
5177961	Cambiar empaquetadura	3,00		59,34		7,80		67,14		
5179321	BBA.4JF- CAMBIAR EMPAQUE A PRENSAESTOP	2,00			31,23	4,10		35,33		

5JB - BOMBA DENVER 5 x 4 114,00 2 567,40 248,50 898,37 232,79 374,65 4 321,71 1 830,84 6 152,55

5160489	Reparar mecanismo stand by Bomba 5x4	8,00	1.151,97	35,21	42,14	12,92		1.242,24		
5160491	Cambio de mecanismo e impulsor Bba 5JB	12,00	180,11		84,30	14,08		278,49		
5161765	Reparar mecanismo stand by Bomba 5x4	6,00			42,20	7,05		49,25		
5162385	Revisar bomba y modificar base Bomba 5JB	28,00	50,99		339,63	54,72		445,34		
5162596	Bba 5JB Cambio de fajas transmision	2,00	25,86		16,16	2,60		44,62		
5165484	A:cambiar empaquetaduras	1,00			9,78	1,09		10,87		
5168499	BBA. 5JB - ALINEAR POLEAS	8,00			55,16	9,04		64,20		
5168520	Bba 5JB: Tensar fajas de transmision	1,00			6,89	1,13		8,02		
5169636	Cambiar fajas de transmisión Bomba 5JB	3,00	47,16		53,58	5,92		106,66		
5169773	A:Rectificar polea	1,00		14,92		1,65		16,57		
5172705	BBA.5JB - CAMBIAR FAJAS TRANSMISION	2,00	55,63		16,06	2,17		73,86		
5173889	BBA.5JB - CAMBIAR FAJAS B-53	4,00	22,30		20,23	4,68		47,21		
5174687	A:Cambiar empaquetaduras de prensaestopa	1,00			10,11	2,34		12,45		
5175513	Aumentar la velocidad de la Bba 5j-B	7,00	353,12	40,20		62,27	374,65	830,24		
5175609	A:Revisar bomba 5JB	18,00	644,46		165,44	24,83		834,73		
5177053	A:Cambio de POLEA Y fajas transmisión	4,00			36,69	5,51		42,20		
5178468	Bba 5JB: Revisar	4,00		79,07		10,39		89,46		
5178743	Cambiar fajas de transmisión Bomba 5JB	4,00	35,80	79,10		10,40		125,30		

1GA BOMBA COMESA 10 x 8 283,50 6 319,44 3 509,53 488,63 640,72 201,39 11 159,71 1 904,89 13 064,60

5154557	BBA.1GA - REVISAR	8,00		105,88		18,69		124,57		
5155696	Cambiar empaquetadura	1,00		13,22		2,34		15,56		
5156035	Bba 1GA :Regular y/o cambio empaquetadur	0,50		6,60		1,17		7,77		
5156607	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 1GA	1,00			9,98	2,38		12,36		
5156974	Cambiar reten lado impulsor Bomba 1GA	12,00	634,83	186,11		44,36		865,30		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5158332	A,Cambiar manga Bomba 1GA	27,00	161,01	208,67		23,54		393,22		
5161529	Cambiar fajas de transmisión Bomba 1GA	6,00	140,35	105,80		17,67		263,82		
5161920	BBA.1GA - CAMBIO DE RETEN LADO TRANSMIS	8,00	25,15			33,64	201,39	260,18		
5165572	BBA.1GA - CAMBIAR RETEN LADO IMPULSOR	11,00	84,47	15,05		1,69		101,21		
5166171	BBA.1GA - REPARAR MECANISMO STAND BY	5,00	99,62		48,85	5,48		153,95		
5168725	BBA.1GA - REVISAR	18,00		335,40		54,98		390,38		
5168923	BBA.1GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00			13,77	2,26		16,03		
5169396	Regular eficiencia de bomba 1GA	2,00		29,78		3,29		33,07		
5170107	Cambiar forros e impulsor Bomba 1GA	16,00	1045,28	239,19		26,42		1310,89		
5170832	BBA.1GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,50		22,31		2,46		24,77		
5172467	Bba 1GA: Cambio empaquetadura a prensaes	1,00			7,97	1,08		9,05		
5172539	BBA.1GA - REVISAR	22,00	975,48	356,21		48,24		1379,93		
5173801	BBA.1GA - REVISION DE BOMBA	25,50	1293,55	343,67	45,50	90,05		1772,77		
5175779	Cambiar manga Bomba 1GA	10,00	921,23	133,70		20,07		1075,00		
5176816	Cambiar manga Bomba 1GA	30,00	599,58	401,10		60,21		1060,89		
5177242	BBA.1GA - REVISAR BOMBA	23,00			331,39	44,25		375,64		
5177615	BBA.1GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00			31,17	4,10		35,27		
5177822	Revisar bomba 1GA	12,00	338,89	236,10		31,04		606,03		
5177930	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 1GA	5,00		98,64		12,96		111,60		
5178351	BBA.1GA - CAMBIAR MECANISMO	32,00		632,56		83,15		715,71		
5178466	BBA.1GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTO	2,00		39,54		5,20		44,74		

1GB BOMBA COMESA 10 x 8		272,50	5.241,08	3.326,38	626,42	649,87	187,17	10.030,92	2.632,71	12.663,63
5158737	Revisión general Bomba 1GB	13,50		187,93		21,20		209,13		
5160150	Cambiar empaque a prensaestopa Bba 1GB	2,00		35,20		5,88		41,08		
5160738	Lubricar Rodamiento bba 1GB	1,00		17,62		2,94		20,56		
5161846	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 1GB	1,00			7,04	1,17		8,21		
5161882	A:Cambio de empaquetaduras	6,00				25,23	151,04	176,27		
5162324	Regular empaque a prensaestopa Bomba 1GB	2,00		18,48		8,80	36,13	63,41		
5163978	Cambio de empaquetadura	1,00		18,46		2,97		21,43		
5164963	Cambio de empaquetadura	1,00			9,76	1,09		10,85		
5165155	Revisión general Bomba 1GB	13,00	10,14	195,47		21,93		227,54		
5165883	Rep.General Bba 1GB	30,00	1366,66	451,10		50,60		1868,36		
5165977	BBA.1GB - AJUSTAR PERNOS DE FORROS	8,00		120,29		13,49		133,78		
5167308	BBA.1GB - REVISAR FORO SUCCION	16,00	797,61	297,29		48,73		1143,63		
5168287	BBA.1GB - REVISAR	16,00	107,87	298,13		48,87		454,87		
5168521	Bba 1GB: Revision Gral.	18,00		335,40		54,98		390,38		
5168760	BBA.1GB - - REVISAR BOMBA	15,00	268,92	130,47	55,18	30,43		485,00		
5169397	Regular eficiencia de bomba 1GB	3,00		44,67		4,93		49,60		
5172476	A:Revisar bomba 1GB (URGENTE)	28,00	541,83	64,62	254,89	43,27		904,61		
5172848	Regular empaque a prensaestopa Bomba 1GB	1,00		16,27		2,21		18,48		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5174124	BBA.1GB - REVISAR NO BOMBEA	10,00			101,30	23,44		124,74		
5174614	Cambiar forros e impulsor Bomba 1GB	16,00	716,90	261,67		60,55		1039,12		
5174636	BBA.1GB REVISAR BOMBA	20,50		335,37		77,60		412,97		
5175778	Cambiar forros Bomba 1GB	21,00		280,77		42,14		322,91		
5177263	Bba 1GB: Revisión Gral.	15,50	1431,15		151,10	22,68		1604,93		
5177875	Revisar bomba 1GB	8,00		157,83		20,74		178,57		
5177962	Sellar fuga de carga por el casco URGENT	6,00		59,34	47,15	14,00		120,49		

2GA BOMBA COMESA 10X8		385 50	10 496 42	5 700 77	403 69	899 76	201 07	17 701 71	6 522 63	24 224 34
5154536	BBA.2GA - REVISAR	8,00		105,88		18,69		124,57		
5156033	Bba 2GA :Regular y/o cambio empaquetadur	0,50		6,60		1,17		7,77		
5156564	Cámbiode manga Bba 2GA	16,00	169,47	248,08		59,14		476,69		
5156608	Bba 2GD: Cambio de empaquetadura asbesto	1,00			9,98	2,38		12,36		
5158304	Bba 2GA Cambio de empaquetadura asbe	1,00	1194,63	13,91		1,57		1210,11		
5158805	Cambio de mecanismo Bomba 2GA	24,00	460,78	334,08		37,68		832,54		
5159058	Reparar mecanismo stand by Bomba 2GA	6,00	1474,14	83,55		9,42		1567,11		
5159537	BBA.2GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAES	4,00			84,44	9,52		93,96		
5159541	bba.2ga - cambiar manga	16,00	216,79	222,65		25,11		464,55		
5160700	Cambiar retén lado polea Bomba 2GA	16,00	31,28		56,24	42,98	201,07	331,57		
5163257	Bba 2GA Revision	24,00	1229,99	444,26		71,58		1745,83		
5163302	BBA.2GA - REVISAR "Y" DESCARGA	8,00			64,86	10,45		75,31		
5163382	BBA.2GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00			16,21	2,61		18,82		
5163789	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GA	2,00		36,97		5,96		42,93		
5163839	Revisar manga	32,00	107,30	591,04		95,23		793,57		
5165119	Reparar mecanismo stand by Bomba 10x8	5,00	1445,68	75,13		8,43		1529,24		
5165420	Cambiar esparragos de forro suction 2GA	9,00	265,74	135,42		15,19		416,35		
5165709	BBA.2GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00	136,80	37,64	19,55	6,42		200,41		
5169278	Bba 2GA. Ajuste pernos de casco x fuga d	1,00			17,84	1,97		19,81		
5169822	Cambiar empaquetadura	1,50			26,83	2,96		29,79		
5170585	A.Cambiar forros del casco	16,00	803,34	238,05		26,30		1067,69		
5170758	BBA.2GA - CAMBIAR RETEN LADO IMPULSOR		49,95					49,95		
5170763	BBA.2GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00			35,61	3,93		39,54		
5170766	BBA. 2GA - CAMBIAR MANGA	16,00		237,53		26,24		263,77		
5172288	A.Cambiar manga y reten de mecanismo	22,00	269,34	355,53		48,15		673,02		
5172301	BBA.2GA - CAMBIAR EMPAQUE A PRENSAESTO	2,00			15,94	2,16		18,10		
5172844	Reparar mecanismo stand by bomba 10x8	8,00	1219,32	126,97		29,38		1375,67		
5175559	BBA.2GA - REVISAR FORROS	15,00	768,09	200,89		30,15		999,13		
5175889	Revisar el impulsor de la Bba2G A	6,00		80,49		12,08		92,57		
5175990	Bba 2GA: Cambio fajas transmision y pol	9,00	380,83	120,73		18,12		519,68		
5176941	A.Revisar bomba 2GA	14,00		173,64	9,17	27,44		210,25		
5177089	BBA.2GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,50		20,03		3,01		23,04		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5177658	A:Revisar impulsor Bba.2GA.	48,00	58,78	941,25		123,73		1123,76		
5177945	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GA	3,00			47,02	6,18		53,20		
5178222	BBA.2GA - CAMBIAR MANGA Y PROTECTOR PL	24,00	109,49	475,38		62,49		647,36		
5178881	A:Cambiar empaque y revisar manga	16,00	104,68	316,17		41,56		462,41		
5178467	Bba 2GA: Cambio empaquetadura a prensaes	2,00		39,54		5,20		44,74		
5179195	BBA.2GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOP	2,00		39,36		5,18		44,54		

2GB BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N"		161,00	1 256,51	2 154,46	350,87	408,34	50,22	4 220,40	3 539,40	7 759,80
5155655	BBA.2GB - MANTENIMIENTO GENERAL	8,00		105,91		18,69		124,60		
5157182	Bba 2GB: Revisión	2,00			19,97	4,76		24,73		
5159171	BBA.2GB - CAMBIO DE RETENES Y BOTADORES	16,00		222,86		25,14		248,00		
5160268	Revisar impulsor	6,00		70,40		20,15	50,22	140,77		
5163234	Bba 2GB: Revision	10,00	5,59	185,11		29,83		220,53		
5168312	bba.2gb - CAMBIAR plato succion	8,00			55,13	9,04		64,17		
5170404	Cambiar empaque a prensaestopa Bba 2GB	4,00			71,37	7,88		79,25		
5170840	bba.2gb / cambiar forro gland y disco	16,00	645,20	237,91		26,28		909,39		
5171515	A:Revisar bomba 2GB	10,00	383,29	160,33		21,71		565,33		
5172294	BBA.2GB - PERDIDA DE EFICIENCIA	4,00			31,87	4,32		36,19		
5173773	cambio de reten lado impulsor	24,00	42,62	392,77		90,88		526,27		
5173918	2GB - Fuga de aceite por reten - cambiar	15,00	75,09	245,64		56,84		377,57		
5177616	BBA.2GB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOP	2,00			31,17	4,10		35,27		
5177919	Revisar bomba 2GB	6,00		118,37		15,56		133,93		
5177963	Revisar bomba 2GB No jala	7,00		138,47		18,20		156,67		
5178267	A:Revisar sistema de bombeo	7,00			109,99	14,46		124,45		
5178787	A:Reparar Bba. 2GB.	12,00	104,72	237,21		31,18		373,11		
5179103	Mejorar eficiencia Bomba 2GB	4,00		39,48	31,37	9,32		80,17		

2GD BOMBA COMESA 10 x 8		130,00	1 252,67	1 447,28	216,90	300,48	265,59	3 482,92	592,74	4 075,66
5155399	Lubricacion bombas 2 GD y 2JB	2,00			15,77	2,78		18,55		
5155677	Cambio de empaquetaduras, presostopa	1,00		13,23		2,34		15,57		
5155792	BBA.2GD - CAMBIAR MANGA	12,00	108,73	158,66		28,00		295,39		
5155918	BBA.2GD - SELLAR FUGA DE CARGA	1,00		13,21		2,33		15,54		
5155923	bba.2gd - cambiar manga	12,00	55,85	158,52		27,98		242,35		
5155994	BBA.2GD - CAMBIAR MANGA Y PROTECTOR PL	18,00	18,09	237,62		57,54	88,38	401,63		
5156973	Cambio de manga Bomba 2GD	13,00	374,90		79,81	40,33	89,36	584,40		
5157793	A,Cambiar empaquetadura bomba 2GD	1,00	179,19		6,15	0,69		186,03		
5157856	A,Revisar bomba 2GD	24,00	108,91	333,78		37,65		480,34		
5158404	Cambiar goma de unión vitaulic CAVEX 500	6,00			36,86	4,16		41,02		
5162493	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GD	2,00			16,18	2,61		18,79		
5163291	A:Cambiar empaquetaduras	2,00			16,21	2,61		18,82		
5164002	Cambiar fajas de transmisión Bomba 2GD	2,00		36,93		5,95		42,88		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5165134	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GD	5,00		75,14		8,43		83,57		
5165380	Cambiar fajas de transmisión Bomba 2GD	6,00			39,05	14,23	87,85	141,13		
5167492	A: Cambiar empaquetaduras, prensaestopa	1,00			6,87	1,13		8,00		
5173507	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GD	4,00		64,97		15,03		80,00		
5179014	Cambiar esparragos a prensaestopa B. 2GD	18,00	407,00	355,22		46,69		808,91		

2GE BOMBA DENVER 4 x 3		90 50	902,43	508 24	484 85	200 08	226 59	2 322 19	390 43	2 712 62
5154984	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 2GE	1,00		13,23		2,34		15,57		
5155922	BBA.2GE - AUMENTAR EMPAQUE Y CAMBIAR FA	2,00			15,72	2,77		18,49		
5157062	Revisión general Bomba 2GE	16,00	191,65	124,20	79,88	48,64		444,37		
5158466	Cambiar impulsor Bomba 2GE	4,00	134,59	55,65		6,27		196,51		
5159195	revisar fuga de carga de cascos	2,00		27,86		3,14		31,00		
5160079	Cambio de manga Bomba 2GE	3,00		27,87	21,14	5,53		54,54		
5160184	Cambiar manga Bomba 2GE	6,00	10,01	105,60		17,64		133,25		
5161755	CAMBIAR FORRO SUCCION Y MECANISMO	17,00			98,47	29,05	75,45	202,97		
5161940	Revisión general Bomba 2GE	14,00	390,91		56,36	34,66	151,14	633,07		
5164942	BBA.2GE - REVISAR	8,00	175,27		78,02	8,75		262,04		
5165868	BBA.2GE - CAMBIAR FAJAS	1,00			9,77	1,09		10,86		
5170130	Revisar bomba 2GE	7,00			125,49	13,86		139,35		
5172204	BBA.2GE - REVISAR BOMBA	6,00		96,44		13,06		109,50		
5174115	Bba 2GE: Cambio empaquetadura a prensaes	3,50		57,39		13,28		70,67		

3GA BOMBA DENVER 10 x 8		83 00	1 667 43	737 98	243 26	177 32	155 49	2 981 48	864 84	3 846 32
5155694	3GA - REVISAR	21,00	1196,91	277,75		49,02		1523,68		
5157792	Revisar bba. 3 G"A" perdió eficiencia	11,00	179,19	153,02		17,26		349,47		
5160693	Cambiar empaque a la Bba 3G"A"	8,00			56,24	9,39		65,63		
5161517	Cambiar reten lado polea Bomba 3GA	14,00	50,17		98,50	16,45		165,12		
5165668	Bba 3GA: Cambiar empaquetadura asbesto	4,00			39,10	4,38		43,48		
5168858	BBA.3GA - CAMBIAR FAJAS DE TRANSMISION	4,00	241,16	74,39		37,69	155,49	508,73		
5171165	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 3GA	1,00			17,82	1,97		19,79		
5171604	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 3GA	4,00			31,60	4,28		35,88		
5173706	BBA.3GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00		32,73		7,57		40,30		
5176564	Revisar mecanismo	12,00		160,87		24,15		185,02		
5177610	BBA.3GA - REVISAR BOMBA	2,00		39,22		5,16		44,38		

4GB BOMBA COMESA 10 x 8		63 50	2 438 87	591 20	140 63	141 30	60 58	3 372 58	1 710 59	5 083 17
5154938	Cambio de manga Bomba 4GB	14,00	1006,15	158,86		34,30	35,45	1234,76		
5155341	Reparar mecanismo stand by Bba10x8	13,00	1432,72	172,21		30,40		1635,33		
5156263	A.fuga de aceite del mecanismo	10,00		123,89	19,92	34,28		178,09		
5156331	BBA.4GB - CAMBIAR FAJAS DE TRANSMISION	2,00		30,97		7,38		38,35		
5160545	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 4GB	1,00				4,20	25,13	29,33		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5163705	Soldar base de casco Bomba 4GB	3,00			24,28	3,91		28,19		
5165172	Revisión general Bomba 4GB	6,00		90,22		10,12		100,34		
5165485	A:cambiar empaquetaduras	1,00		15,05		1,69		16,74		
5167209	A:revisar mecanismo e impulsor	6,00			41,23	6,76		47,99		
5167743	Bba 4GB: Revisar	4,00			27,53	4,51		32,04		
5171470	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 4GB	3,50			27,67	3,75		31,42		

4GC BOMBA DENVER 4 x 3	124,00	1 983,03	489,14	853,66	248,55	281,09	3 855,47	1 827,98	5 683,45
-------------------------------	---------------	-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	-----------------	-----------------	-----------------

5154342	BBA.4GC - REVISAR	14,00		185,22		32,69		217,91		
5156780	Cambiar faja Bba 4G"C"	1,00		15,50		3,69		19,19		
5157542	BBA.4GC - REPARAR MECANISMO	10,50	212,30		104,77	24,98		342,05		
5158595	Cambiar fajas de transmisión Bomba 4GC	1,00		13,92		1,57		15,49		
5159919	Reparar mecanismo stand by Bomba 4x3	8,00	221,89		77,83	8,73		308,45		
5161839	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 4GC	1,00		17,64		2,95		20,59		
5163957	Bba 4GC> cambio de fajas transmision	1,00			8,08	1,30		9,38		
5165660	BBA.4GC - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	3,00			29,32	3,29		32,61		
5165847	BBA.4GC - CAMBIAR FAJAS B-44	3,00	40,88		29,30	3,29		73,47		
5167295	Revisar bomba, perdida de eficiencia	14,00	327,52		96,25	15,78		439,55		
5167720	Bba 4GC: Cambio empaquetadura de prensa	1,50			10,33	1,69		12,02		
5168518	Bba 4GC: Cambio de mecanismo	6,00			41,37	6,78		48,15		
5171547	Cambiar empaque y cuchilla de valv. succ	5,50	121,85		43,48	5,89		171,22		
5172312	BBA.4GC - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00		16,16		2,19		18,35		
5172577	Bba 4GC: cambio fajas transmision	1,00			7,98	1,08		9,06		
5173371	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 4GC	1,00			8,10	1,10		9,20		
5174538	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 4GC	1,00			10,10	2,34		12,44		
5175600	Bba 4GC: Cambio empaquetadura a prensa	1,50			13,80	2,07		15,87		
5176485	Reparar bomba 4GC	25,00	831,51		202,54	72,59	281,09	1387,73		
5177189	Bba 4GC Cambio fajas de transmision	1,50			13,72	2,06		15,78		
5177306	Bba 4GC: Cambio de empaquetadura a pre	1,00		13,39		2,01		15,40		
5178345	BBA.4GC - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00		19,77		2,60		22,37		
5178449	BBA.4GC - CAMBIAR FAJAS B-48	2,00			31,42	4,13		35,55		
5178492	BBA.4GC - CAMBIAR RETEN LADO POLEA	9,50	4,15	108,73	62,83	22,55		198,26		
5178903	Reparar mecanismo stand by Bomba 4x3	5,00	222,93	98,81		12,99		334,73		
5179283	Colocar niple de lubricación bba .4 G"C"	4,00			62,44	8,21		70,65		

1FA BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	69,50	6 828,51	883,60	100,88	125,91	7 938,90	505,97	8 444,87
--	--------------	-----------------	---------------	---------------	---------------	-----------------	---------------	-----------------

5154679	BBA.1FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00		26,47		4,67		31,14		
5154802	Cambiar fajas de transmisión Bomba 1FA	3,00			23,62	4,17		27,79		
5155528	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 1FA	3,00			23,65	4,17		27,82		
5158609	Reparar bomba 1FA	39,00	5452,74	542,88		61,23		6056,85		
5158634	BBA.1FA - REPARAR MECANISMO STAND BY	8,00	1375,77	127,30		17,24		1520,31		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5163632	Ajustar empaque a prensaestopa Bomba 1FA	4,00		74,02		11,93		85,95		
5167420	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 1FA	2,00		37,17		6,09		43,26		
5169518	Bba 1FA: Cambio empaquetadura prensaest	1,50		22,33		2,47		24,80		
5170719	BBA.1FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	3,00			53,61	5,92		59,53		
5176979	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 1FA	4,00		53,43		8,02		61,45		

1FB BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10		95,50	18 195,90	1 237,55	214,10	242,85	201,26	20 091,66	368,20	20 459,86
5154879	Completar fajas de transmisión	2,00	243,49	26,46		4,67		274,62		
5158234	Revisar bomba 1FB	23,00	3707,79	319,96		36,09		4063,84		
5160739	Lubricar rodamiento 1FB	2,00		35,23		5,88		41,11		
5161688	Revisión bomba 1FB	18,50		185,15		64,54	201,26	450,95		
5167296	BBA.1FB - REVISAR BOMBA	30,00	9877,16	557,41		91,38		10525,95		
5170647	BBA.1FB - CAMBIAR RETEN A MECANISMO	12,00	10,50		214,10	23,65		248,25		
5176819	Reparar mecanismo stand by Bomba 10R 234	7,00	4356,96	93,59		14,05		4464,60		
5179088	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 1FB	1,00		19,75		2,59		22,34		

5FA BOMBA WORTHINGTON 6M294		314,50	26 663,17	2 542,69	915,87	584,60	254,86	30 961,19	5 064,31	36 025,50
5155626	BBA.33FA - REPARAR MECANISMO STAND BY	12,00	3726,87	158,96		28,06		3913,89		
5156667	Revisar poleas Bomba 5FA	19,00		248,08		71,91	53,60	373,59		
5158698	Revisar Bomba 5FA	30,00	22,63	417,61		47,10		487,34		
5159197	Revisar - no jala toda la carga	16,00	3712,44	222,86		25,14		3960,44		
5160179	Reparar casco suction Bomba 10R 234	92,00	961,69		470,51	78,59		1510,79		
5161689	Revisión bomba 5FA	16,00		141,07		57,18	201,26	399,51		
5163848	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FA	2,00			16,16	2,60		18,76		
5164846	Bba 5FA Revisar	31,50	1344,67	473,35		53,09		1871,11		
5165763	BBA.5FA - REVISAR	21,00	389,75		205,20	23,02		617,97		
5169630	Bba 5F"A" cambiar empaquetadura	2,00		29,79		3,29		33,08		
5171417	Reparar mecanismo stand by Bomba 10R-234	5,00	4426,10	80,17		10,86		4517,13		
5171494	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FA	2,00			15,81	2,14		17,95		
5172469	bba.5fa - REVISAR Y/O REPARAR	24,00	7763,18	387,85		52,53		8203,56		
5174003	A:Cambiar manga de Bba.5FA	14,00	410,07		162,25	37,54		609,86		
5174612	Cambiar forro gland Bomba 5FA	21,00	3905,77	343,44		79,47		4328,68		
5175561	BBA.5FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	3,00			27,59	4,14		31,73		
5177015	BBA.5FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	2,00			18,35	2,75		21,10		
5178709	Bba 5FA: cambio empaquetadura a prensae	2,00		39,51		5,19		44,70		

5FB BOMBA FIMA 10 x 8		123,50	4 385,88	1 093,79	560,42	256,47		6 296,56	1 938,62	8 235,18
5154336	Cambiar manga de bomba 5 F B	11,00	425,97	119,08	15,10	23,68		583,83		
5155525	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	1,00			7,89	1,39		9,28		
5156551	Cambiar fajas y empaque bomba 5FB	4,00	83,45		39,86	9,50		132,81		
5158184	Revisión general Bomba 5FB	4,00	375,64		84,36	9,51		469,51		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5159208	BBA.5FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	3,00	590,32	41,78		4,71		636,81		
5159454	A: Revisar mecanismo	3,00		41,77		4,71		46,48		
5159499	BBA. 5FB - CAMBIAR ENPAQUE PRENSAESTOPA	3,00			63,37	7,15		70,52		
5159652	Reparar mecanismo stand by Bomba 10x8	10,50	1578,74	146,16		16,49		1741,39		
5164225	Cambio Rodamiento bba 5FB	27,00	467,59	425,84		53,18		946,61		
5164856	Bba 5FB: Cambio empaquetadura asbesto	1,00			9,76	1,09		10,85		
5165167	Cambiar empaquetadura	6,00		90,22		10,12		100,34		
5169760	Cambiar empaquetadura	2,00	235,66	29,84		3,30		268,80		
5171548	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	1,00			7,90	1,07		8,97		
5173919	BBA.5FB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	4,00			40,46	9,36		49,82		
5173963	BBA.5FB - REVISAR	27,00	487,47		273,34	63,24		824,05		
5174486	Cambiar fajas de transmisión Bomba 5F	4,00	141,04	65,53		15,16		221,73		
5175656	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 5FB	2,00			18,38	2,76		21,14		
5177003	URGENTE Revisar bomba	10,00		133,57		20,05		153,62		

7FA BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC		80 50	9 723 13	462 16	679 56	172 42		11 037 27	326 47	11 363 74
5158185	Revisión general Bomba 7FB	21,00	3982,31		442,91	49,96		4475,18		
5166118	BBA.7FA - CAMBIAR FAJAS 5V-950	4,00			39,06	4,38		43,44		
5166130	BBA.7FA - CAMBIAR FAJAS 5V-950	4,00			39,06	4,38		43,44		
5167812	Bba 7FA: Revisar	23,00	5285,93		158,53	25,99		5470,45		
5171308	Revisar bomba 7FA	12,50		200,41		27,14		227,55		
5174537	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 7FA	16,00		261,75		60,57		322,32		
5174645	Revisión General Bomba 7FA		454,89					454,89		

7FB BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC		54 50	6 527 74	721 32	83 28	110 16		7 442 50	98 30	7 540 80
5156250	Cambiar empaquetadura de bba. 7F"B"	1,00		15,49		3,69		19,18		
5156599	Cambiar fajas y empaque Bomba 7FB	1,00			9,98	2,38		12,36		
5158291	Revisar bomba 7FB	10,50	3878,74	146,07		16,48		4041,29		
5166131	BBA.7FB - CAMBIAR FAJAS 5V-950	2,00			19,53	2,19		21,72		
5167869	Bba 7FB: Cambio de fajas transmision	4,00			27,57	4,52		32,09		
5172065	Bba 7FB:Tensar fajas transmisión	1,00			7,90	1,07		8,97		
5176867	Cambio rodamiento Bba 7FB	14,00	286,54	187,18		28,10		501,82		
5177161	BBA.7FB - CAMBIAR FAJAS DE TRANSMISION	2,00			18,30	2,75		21,05		
5177695	BBA.7FB - REVISAR	19,00	2362,46	372,58		48,98		2784,02		

22FA BOMBA DENVER 5X4		257 50	6 174 47	1 196 72	1 418 72	471 61	106 33	9 367 85	2 353 44	11 721 29
5154459	A: Cambiar empaquetadura 22FA	6,00		79,41		14,02		93,43		
5154503	Cambiar polea a la Bba 22 F "A"	16,50	193,04	138,97		43,29	106,33	481,63		
5155013	Cambiar fajas de transmisión Bomba22FA	1,00		13,23		2,34		15,57		
5155268	Reparar Fuga de carga Bba 22FA	8,00	337,33	105,94		18,70		461,97		
5155362	Revisar bomba 22 FA deficiente bombeo	8,00	240,86		63,08	11,13		315,07		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5155439	Reparar mecanismo stand by Bomba 5x4	14,00	789,30		108,08	19,07		916,45		
5155495	Fuga de carga por el casco soldar	6,00			45,34	8,00		53,34		
5156234	Revisar la bomba 22FA fuga de carga.	4,00		61,90		14,75		76,65		
5156857	Revisar fuga de carga del casco.	1,50			14,96	3,57		18,53		
5156865	Cambiar empaque	1,50			14,96	3,57		18,53		
5156895	Reparar bomba 5x4 stand by	25,00	288,58	325,50	39,88	87,10		741,06		
5157136	Bba 22FA Cambio de fajas transmision	1,00			9,99	2,38		12,37		
5158201	Cambiar fajas de transmisión Bomba 22FA	1,50		20,86		2,35		23,21		
5158436	A. Revisar mecanismo bba. 22 F"A"	7,50	227,33	104,33		11,77		343,43		
5160259	A, fuga de carga entre cascós	14,00	516,60	123,20	49,15	28,79		717,74		
5160751	Reparar mecanismo stand by Bomba 5x4	8,00	703,99		56,24	9,39		769,62		
5160971	BBA.22FA - REPARAR BOMBA STAND BY	71,00	1435,50		498,91	83,33		2017,74		
5161152	BBA.22FA - CAMBIAR MECANISMO	12,00			84,35	14,09		98,44		
5161731	BBA.22FA - AJUSTAR PERNOS DE LOS CASCOS	1,00			7,03	1,17		8,20		
5162290	BBA.CAMBIAR FAJAS DE TRANSMISION	2,00			14,10	2,35		16,45		
5163585	Reparar mecanismo stand by Bomba 5x4	3,00	317,26		29,37	3,29		349,92		
5165430	bba 22FA Revisión	8,00			78,17	8,77		86,94		
5165579	bba.22fa - reparar mecansmo stand by	6,00	333,87		58,65	6,58		399,10		
5167793	Revisar bomba 22FA	12,00	296,75	223,38		36,62		556,75		
5168297	Bba 22FA: Sellar fuga carga de casco	2,00			13,79	2,26		16,05		
5168368	BBA.22FA - AJUSTAR PERNOS ENTRE CASCOS	3,00			20,68	3,39		24,07		
5170203	BBA.5JA - REVISAR BOMBA	9,00	333,62		161,39	17,83		512,84		
5173691	BBA.5JA - CAMBIAR FAJAS B-52 Y AJUSTAR P	3,00			30,34	7,02		37,36		
5174160	A: Cambiar empaque Bba. 5JA	2,00			20,26	4,69		24,95		
5175784	Cambio de rodamiento de Bba. 5JA		160,44					160,44		

33FB BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10		148,00	6 685,45	725,71	1 095,57	258,73		8 765,46	732,60	9 498,06
5161903	Sellar fuga de carga x cascós Bba 33FB	8,00			56,32	9,41		65,73		
5162328	Revisar bomba 33FB	23,00	1217,51	36,97	169,82	33,32		1457,62		
5163266	Bba 33FB: Revision Gral.	9,00			72,87	11,74		84,61		
5163706	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba33FB	3,00			24,28	3,91		28,19		
5163752	Revisar bba. 33 F"B" deficiente bombeo	21,00	6,18		169,82	27,36		203,36		
5164092	Bba 33FB Corregir prensaestopa	3,00			24,21	3,90		28,11		
5168256	Bba 33fa: cambio empaquetadura a prensa	2,00			13,79	2,26		16,05		
5164952	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba33FB	2,00			19,51	2,19		21,70		
5169658	Bba 33FA: Cambio empaquetadura a prensa	3,00			53,58	5,92		59,50		
5170821	Bba 33FA: Revisión Gral.	20,00			356,28	39,36		395,64		
5171166	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba33FA	2,00			35,64	3,94		39,58		
5171304	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba33FB	6,00	188,90	96,20		13,03		298,13		
5174756	Cambiar empaque y soldar tub.de descarga	5,00	4673,58	16,37	40,45	13,15		4743,55		
5175687	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba33FA	3,00			27,57	4,14		31,71		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5177057	A:33FA: Revisar bomba pierde eficiencia	21,00	482,09	280,49		42,10		804,68		
5177566	Cambiar fajas de trasmición.	2,00	117,19	39,22		5,16		161,57		
5177635	BBA.33FA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOP	4,00		78,44		10,31		88,75		
5178011	Revisar bomba 33FA	9,00		178,02		23,40		201,42		
5178293	Bba 33FA: Alinear poleas motriz y condu	2,00			31,43	4,13		35,56		

6JA BOMBA WORTHINGTON 4M 223		227.00	10 560.63	1 636.48	1 086.91	506.11	88.57	13 878.70	13 209.29	27 087.99
5154875	Cambio de manga Bomba 6JA	15,00	385,80	132,30		38,99	88,57	645,66		
5157371	BBA.6JB - REPARAR MECANISMO STAND BY	10,00	340,56	31,03	79,83	26,43		477,85		
5158730	Cambiar prensaestopa Bomba 6JA	5,00	697,94	69,60		7,85		775,39		
5160438	Revisar fajas y regular empaque Bba 6JA	1,00		17,60		2,94		20,54		
5161901	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JA	2,00			14,08	2,35		16,43		
5163627	Cambiar fajas de transmisión Bomba 6JA	4,00			32,38	5,22		37,60		
5166167	BBA.6JA - CAMBIAR MECANISMO	39,00	798,74		263,83	29,59		1092,16		
5166228	BBA.6JA - REPARAR MECANISMO STAND BY	6,00	2919,76	60,18	13,74	9,00		3002,68		
5167215	BBA.6JA - REGULAR EFICIENCIA DE BOMBEO	2,00		37,14		6,09		43,23		
5167494	BBA.6JA - CAMBIAR MECANISMO	32,00	8,85		220,16	36,09		265,10		
5168323	Bba 6JA: Cambiar esparrago de forro succ	4,00			27,56	4,52		32,08		
5169787	Cambiar empaque a prensaestopa bba 6JA	2,00			35,79	3,95		39,74		
5170070	Cambiar esparragos de forro Bomba 6JA	2,00			35,86	3,96		39,82		
5170635	BBA.6JA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	4,00		59,51		6,57		66,08		
5170996	A:Cambiar eje roto	24,00	1270,42	237,76	142,56	42,01		1692,75		
5172850	Reparar mecanismo stand by bomba 4M 223	8,00		126,97		29,38		156,35		
5173403	Alinear poleas Bomba 6JA	16,00		128,13	79,16	47,96		255,25		
5174029	BBA.6JA - REPARAR MECANISMO STAND BY	14,00	2109,60		141,96	32,85		2284,41		
5174417	Cambiar mecanismo Bomba 6JA	29,00	1331,20	474,59		109,81		1915,60		
5174610	Revisar bomba 6JB	8,00	697,76	261,67		60,55		1019,98		

6JB BOMBA WORTHINGTON 4M 223		189.50	8 860.62	1 214.78	1 095.12	430.55	169.92	11 770.99	3 282.45	15 053.44
5155244	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JB	1,00		13,23		2,34		15,57		
5157059	Cambio de caja de rodamientos Bomba 6JB	24,00		248,39		93,32	143,11	484,82		
5157133	Bba 6JB: reparar mecanismo stand by	17,00	710,97	124,20	29,95	36,75		901,87		
5157208	BBA.65JB - REGULACION PARA EFICIENCIA DE	8,00		124,16		29,60		153,76		
5157288	BBA.6JB - REVISAR CAJA DE RODAMIENTOS.	18,00	436,01		179,61	42,82		658,44		
5157686	A. Parchar fuga de agua de bomba 6JB	4,50				6,39	26,81	33,20		
5158731	Cambiar prensaestopa Bomba 6JB	5,00	697,94		105,58	11,91		815,43		
5160439	Revisar fajas y regular empaque Bba 6JB	1,00		17,60		2,94		20,54		
5161902	Cambiar manga a prensaestopa Bomba 6JB	16,00			112,64	18,82		131,46		
5166166	BBA.6JB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	4,00			39,09	4,38		43,47		
5168519	Bba 6JB: Cambio de fajas transmision	1,00			6,89	1,13		8,02		
5168695	BBA.6JB - CAMBIAR MECANISMO	29,00	497,33	37,27	186,17	36,63		757,40		

Orden	Descripción / Material	HH	Costo Material (USD)	Costo Total HH (USD)	Servicio (USD)	Gastos Generales (USD)	Equipo de taller (USD)	Total Mecánico (USD)	Total Instalación (USD)	Total 2007 (USD)
5168759	BBA.6JB - REPARAR MECANISMO STAND BY	4,00	712,24	74,56		12,22		799,02		
5169809	Bba 6JB: Cambiar manga e impulsor	10,00			178,93	19,77		198,70		
5170637	BBA.6JB - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOPA	1,00		14,88		1,64		16,52		
5174947	BBA.6JB - REVISAR BOMBA ACCIONA	2,00			20,26	4,69		24,95		
5176840	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JB	2,00		26,74		4,01		30,75		
5178084	Cambiar empaque a prensaestopa Bomba 6JB	2,00			31,43	4,13		35,56		
5178140	BBA.6JB - REPARAR MECANISMO STAND BY	15,00	5806,13	118,92	141,74	34,27		6101,06		
5178407	Bba 6JB: Cambio empaquetadura a prensaes	4,00			62,83	8,26		71,09		
5178601	Cambiar caja de rodamiento Bomba 6JB	21,00		414,83		54,53		469,36		

16GA BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4		271 65	6 437 59	1 123 39	959 32	310 47		8 830 77	4 751 04	13 581 81
5150578	BBA.16GA - REPARAR MECANISMO STAND BY	10,00	2314,35	131,35		23,18		2468,88		
5162005	BBA.16GA - CAMBIAR FAJAS 5V-900	79,65	176,77		14,10	2,35		193,22		
5165662	BBA.16GA - CAMBIAR EMPAQUE PRENSAESTOP	3,00			29,32	3,29		32,61		
5167236	Cambiar fajas de transmisión Bomba 16GA	2,00			13,74	2,25		15,99		
5167515	BBA.16GA - REPARAR MECANISMO STAND BY	12,00	2664,58		82,56	13,53		2760,67		
5168317	bba.16ga - TENSAR fajas de transmisión	4,00			27,56	4,52		32,08		
5168480	Reparar Bba 16G"A" perdida eficiencia	46,00	300,69		317,18	51,99		669,86		
5168729	Revisar no bombea	42,00			289,69	47,49		337,18		
5173046	Revisar bomba 16GA	21,00			169,49	22,96		192,45		
5173445	Revisar Bomba 16GA	4,00		64,52		14,93		79,45		
5179019	Revisión general Bomba 16GA	48,00	981,20	927,52	15,68	123,98		2048,38		

16GD BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B		71 00	13 824 00		506 42	104 50	100 44	14 535 36	1 653 24	16 188 60
5154948	Bba 16GD : Revisar eje	42,00	10576,38		330,86	58,40		10965,64		
5160240	Revisar bomba 16GD	29,00	3247,62		175,56	46,10	100,44	3569,72		

36FC BOMBA FLOWSERVE		59 50	13 072 30	966 47		154 58		14 193 35	367 28	14 560 63
5160525	Reparar la Bba 36F "C"	21,00	12037,27	369,83		61,77		12468,87		
5162752	BBA36FC - REVISAR	16,00		295,52		47,61		343,13		
5175640	Revisar bomba 36FC	22,50	1035,03	301,12		45,20		1381,35		

37FF BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B		76 00	7 367 90	880 79	464 04	199 23		8 911 96	1 775 55	10 687 51
5168609	Bba 37FF: Cambio de bomba	21,00		391,30		64,15		455,45		
5169265	Bba 37FF: Revisión	12,00		223,18		36,59		259,77		
5169300	Bombeo deficiente	26,00	7367,90		464,04	51,26		7883,20		
5170625	BBA.37FF - REVISAR BAJO FLUJO	8,00		119,03		13,15		132,18		
5173705	37FF - REVISAR BOMBA	9,00		147,28		34,08		181,36		

8.2 CÁLCULO DE COSTOS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

Para el cálculo de los costos de operación del equipo, se tendrá en cuenta el amperaje que consume cada equipo y los tiempos de operación registrados por el Departamento de Operaciones.

En la tabla 8.2 se puede observar el resumen de estos costos.

8.3 ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ACTUAL

Después de lo visto en capítulos anteriores se puede concluir que:

- Los equipos se encuentran en su mayoría mal instalados.
- Se tiene una mala operación ya que existen bombas que se encuentran succionando aire, por lo tanto cavita.
- No se tiene equipos confiables.
- Los niveles de vibración son relativamente altos.

Es necesario saber como influyen los niveles de vibración en el consumo de repuestos, dado que esta directamente relacionado al desgaste de componentes y en consecuencia a un mayor costo de mantenimiento. No se tiene una teoría que indique la relación entre el incremento de los niveles de vibración y el consumo de repuestos o tiempo de vida de un componente. Es por ello que con las mejoras a realizar se buscará una relación entre los costos de los repuestos y la vibración (USD/(mm/seg)), esto es un resultado a largo plazo, por lo que no será presentado como resultado en este informe.

Tabla N° 8.2 Resumen de los costos de operación de los equipos

Posición	Denominación	Fabricante	Tipo	Amperaje	2005			2006			2007		
					Tiempo de Operación (Horas)	KW-Hora teórico	Costo Total (USD)	Tiempo de Operación (Horas)	KW-Hora teórico	Costo Total (USD)	Tiempo de Operación (Horas)	KW-Hora teórico	Costo Total (USD)
2JA	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JA	ASH	8 x 6	120	3.575,30	248.396,73	12.668,23	2.845,80	197.714,15	10.083,42	3.952,00	274.568,25	14.002,98
2JB	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150 2JB	ASH	8 x 6	120	4.870,60	338.842,91	17.280,99	5.701,00	396.081,38	20.200,15	4.313,00	299.649,01	15.282,10
2JD	BOMBA ASH 8 x 6 VULCO MCH-150	ASH	8 x 6	37	1.713,50	36.755,35	1.874,52	4.222,50	90.453,11	4.613,11	2.406,00	51.540,60	2.628,57
4JF	BOMBA COMESA 8 X 6	COMESA	8 x 6	64	4.622,10	171.496,00	8.746,30	2.210,30	81.899,89	4.176,89	3.481,00	128.984,09	6.578,19
5JB	BOMBA DENVER 5 x 4	DENVER	5 x 4	25	3.932,50	56.995,88	2.906,79	1.123,80	16.266,02	829,57	3.716,00	53.785,83	2.743,08
1GA	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	91	4.408,80	232.592,92	11.862,24	3.016,30	158.916,16	8.104,72	4.497,00	236.928,02	12.083,33
1GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	91	4.059,60	214.170,34	10.922,69	5.445,40	286.895,22	14.631,66	3.858,00	203.261,79	10.366,35
2GA	BOMBA COMESA 10X8	COMESA	10 x 8	92	1.966,20	104.869,74	5.348,36	1.987,50	105.863,71	5.399,05	4.441,00	236.548,79	12.063,99
2GB	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL 10" X 8" N°	DENVER	10 x 8	92	6.489,20	346.109,63	17.651,59	6.601,00	351.600,67	17.931,63	3.827,00	203.844,23	10.396,06
2GD	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	65	5.065,80	190.895,67	9.735,68	495,70	18.654,53	951,38	1.007,00	37.896,14	1.932,70
2GE	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	18	2.528,80	26.388,92	1.345,84	4.269,50	44.494,02	2.269,20	3.084,00	32.139,49	1.639,11
3GA	BOMBA DENVER 10 x 8	DENVER	10 x 8	136	3.469,80	273.576,03	13.952,38	4.747,10	373.782,90	19.062,93	5.357,00	421.805,94	21.512,10
4GB	BOMBA COMESA 10 x 8	COMESA	10 x 8	80-85	2.049,30	100.985,53	5.150,26	3.478,20	171.169,20	8.729,63	935,00	46.013,23	2.346,67
4GC	BOMBA DENVER 4 x 3	DENVER	4 x 3	42	4.608,90	112.222,84	5.723,37	6.367,60	154.837,87	7.896,73	2.992,00	72.755,03	3.710,51
1FA	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	145	4.240,00	356.425,32	18.177,69	2.897,50	243.244,81	12.405,49	3.182,00	267.128,55	13.623,56
1FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 x 10	WORTHINGTON	12 x 10	145	4.312,30	362.503,05	18.487,66	6.367,00	534.508,96	27.259,96	4.485,00	376.515,26	19.202,28
5FA	BOMBA WORTHINGTON 6M294	WORTHINGTON	6M 294	200	897,00	104.005,70	5.304,29	2.067,00	239.344,04	12.206,55	3.803,00	440.360,60	22.458,39
5FB	BOMBA FIMA 10 x 8	FIMA	10 x 8	200	7.640,30	885.880,41	45.179,90	6.348,60	735.123,15	37.491,28	5.202,00	602.354,95	30.720,10
7FA	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	88	4.254,90	217.073,46	11.070,75	4.232,25	215.628,48	10.997,05	6.057,00	308.597,49	15.738,47
7FB	BOMBA CENTRIFUGA ASH 8"X8" SRC	ASH	8 x 8	88	4.254,90	217.073,46	11.070,75	4.232,25	215.628,48	10.997,05	2.722,00	138.682,90	7.072,83
22FA	BOMBA DENVER 5X4	DENVER	5 x 4	30,8	3.500,00	62.496,18	3.187,31	2.500,00	44.580,29	2.273,59	2.140,00	38.160,73	1.946,20
33FB	BOMBA WORTHINGTON 10R-234 12 X 10	WORTHINGTON	12 x 10	120	3.369,00	234.378,06	11.953,28	1.157,20	80.397,36	4.100,27	1.965,00	136.519,89	6.962,51
6JA	BOMBA WORTHINGTON 4M 223	WORTHINGTON	4M 223	101	8.358,20	489.405,48	24.959,68	7.711,10	450.909,98	22.996,41	8.152,00	476.691,80	24.311,28
6JB	BOMBA WORTHINGTON 4M-223	WORTHINGTON	4M 223	101	6.568,80	384.629,07	19.616,08	4.398,40	257.198,38	13.117,12	6.641,00	388.335,41	19.805,11
16GA	BOMBA WORTHINGTON 4M-223 6 x 4	WORTHINGTON	4M 223	142	8.088,80	665.897,12	33.960,75	7.701,40	633.155,18	32.290,91	7.320,00	601.799,14	30.691,76
16GD	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	128,6	6.929,30	516.717,81	26.352,61	3.665,70	272.984,78	13.922,22	1.905,00	141.865,40	7.235,14
36FC	BOMBA FLOWSERVE	Flowserve	GENERAL	375	4.385,30	953.378,31	48.622,29	5.578,00	1.211.049,56	61.763,53	5.935,00	1.288.558,46	65.716,48
37FF	BOMBA INGERSOLL DRESSER 6LR-18B	INGERSOLL DRE	6LR 18	128,6	5.001,30	372.946,88	19.020,29	6.905,30	514.237,88	26.226,13	4.181,00	311.359,18	15.879,32

Para analizar en que medida se puede mejorar la confiabilidad, disponibilidad y vibración de las bombas, se ha realizado un prototipo en la posición 4GC, de una instalación que cuenta con los siguientes requisitos:

- Fabricación de un sumidero con las dimensiones recomendadas por el fabricante
- Instalación de una bomba 4 x 3 Comesa (recuperadas).
- Bombas debidamente grouteadas.
- Bombas debidamente alineadas y niveladas.
- Bombas con soporterías.

Después de realizada la instalación se obtuvo los siguientes resultados:

	4GC (actual)	Prototipo
Vibración :	1.43 mm/seg	1.25 mm/seg
Disponibilidad :	97.09 %	98 %
Confiabilidad :	Aceptable	Aceptable
Consumo de corriente:	42 A.	35 A.

Después de estos resultados, y en base a la disponibilidad, confiabilidad, niveles de vibración y criticidad de los equipos, se realizará las correcciones a las siguientes bombas: 4GB, 4GC, 5JB, 22FA y 4JF.

El detalle de las correcciones se desarrollará en el capítulo 9.

CAPITULO 9

MEJORA DE LA INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS – 1er. GRUPO

En este capítulo se mostrará todas las correcciones a realizar en las primeras cinco bombas seleccionadas y los logros alcanzados en este grupo.

9.1 CORRECCIONES EN LAS LÍNEAS DE DESCARGA

9.1.1 Instalación actual (Isométrico y pérdidas)

Para el cálculo de pérdidas se hizo un isométrico del recorrido de cada una de las líneas de descarga de las bombas. En los planos MNT 001 al MNT 005, se muestran los isométricos de las líneas de descarga de las primeras cinco bombas seleccionadas. Además en cada uno de estos isométricos se indica las pérdidas por tal circuito.

9.1.2 Instalación recomendada (Isométrico y pérdidas)

En los planos MNT 006 al MNT 010, se muestran los isométricos recomendados para cada una de las bombas. Asimismo se muestra las pérdidas que generaría este nuevo circuito en donde se puede observar ciertas mejoras que favorecen a la bomba. Por ejemplo: la bomba 22FA tiene 5.86 m de pérdidas, con las modificaciones podríamos bajar las pérdidas y tener 3.79 m

9.2 CORRECCIONES EN LAS LÍNEAS DE SUCCIÓN.

9.2.1 Instalación actual (Isométrico y pérdidas)

En los planos MNT 011 al MNT 015 se muestran los detalles de la instalación actual y las pérdidas generadas por esta instalación.

9.2.2 Instalación recomendada (Isométrico y pérdidas)

En los planos MNT 016 al MNT 018 se muestran los detalles de una instalación recomendada para cada una de las bombas. Asimismo se muestra las pérdidas que generaría este nuevo circuito en donde se puede observar un mínimo incremento que desfavorecen al NPSH de la bomba. Por ejemplo: la bomba 4GB, con su instalación actual tiene 0.06 m de pérdidas y con la instalación propuesta llegaría a 0.08 m. Otro ejemplo es con la bomba 5JB actualmente se tiene 0.07 m y se llegaría a tener 0.27 m con la instalación propuesta. En resumen se tiene un incremento en las pérdidas, pero este incremento es básicamente por la reducción excéntrica que se está agregando, pero esto es necesario, porque como se vió en capítulos anteriores, ésta reducción favorece al flujo al momento de ingresar al ojo del impulsor.

9.3 CORRECCIONES EN EL SUMIDERO

9.3.1 Instalación actual

Los planos MNT 019 al MNT 023 muestran el detalle de la instalación actual, en donde se puede observar que no cumplen con las recomendaciones mostradas en el sub capítulo 6.1, recomendado por el Hydraulic Institute.

9.3.2 Instalación recomendada (planos)

Los planos MNT 024 al MNT 026 muestran los detalles para la fabricación de sumideros estandarizados en donde se incluye algunas recomendaciones de los fabricantes.

9.4 CORRECCIONES EN LAS LÍNEAS DE LUBRICACIÓN

9.4.1 Instalación actual

La instalación actual como se ha visto anteriormente, no presenta ningún control en los parámetros de lubricación del sello, como son el control del caudal y la presión de ingreso al sello. En el plano MNT 027 se muestra un detalle general de esta mala instalación.

9.4.2 Instalación recomendada (planos)

Como primer paso para un mejor control de las líneas de lubricación del sello de las bombas, se instaló manómetros en las descargas de las bombas más críticas, entre ellas las cinco bombas que se están mejorando.

Como segundo paso se ha desarrollado un proyecto de lubricación centralizada para las bombas más críticas de la planta, tanto para la parte alta como para la parte baja.

El alcance general del proyecto se describe a continuación:

Control de flujo, a través de flujómetros

Control de presión de ingreso, a través de presostatos

Control de flujo y presión, mediante una válvula manual (OPCION 1)

- Instalación de válvulas solenoides para el ingreso controlado de agua.
(OPCION 2)
- Las señales de flujo y presión requeridos serán gobernados por un PLC (OPCION 2)

El layout de las bombas a incluirse en este proyecto se muestra en el plano MNT 028, y el resumen de las pérdidas en las tuberías para el cálculo del ADT, se muestra en la tabla N° 9.1.

El resumen del cálculo para la potencia instalada de la bomba es como sigue:

1. CALCULO DE LA POTENCIA PARA LA PARTE ALTA

a. Perdidas

Se calculó las pérdidas para la tubería principal de 4 pulgadas ubicada a 2.70 m de altura, para lo cual se realizó el cuadro siguiente en donde se especifican los datos más importantes del fluido y de la tubería

Re	Rugosid Rel. (Kg/m-s)	Q (m3/s)	L (m)	\varnothing_{int} (m)	V (m/s)
6.7E+04	2.5E-03	0.0075	102	0.102	0.912

✓ Pérdidas primarias

Para hallar las pérdidas primarias se utilizaron las fórmulas de Darcy – Weisbach y de Hazen – Williams, los resultados se encuentran en el cuadro siguiente:

Tabla N° 9.1 Sistema de Lubricación - Pérdidas en tuberías

AREA	ITEM	Posición	MARCA	TIPO	CAUDAL (GPM)	Q _{TOTAL} (GPM)	Pérdidas Tubería de Lubricación (PSI)	Pérdidas Tubería Descarga (PSI)	Presión de Llegada Tubería Descarga	Presión Prensaestopa (PSI)	Presión Tubería Lubricación (PSI)
PARTE ALTA	1	4GB	Comesa	10 x 8	7	47,5					
	2	4GA	Comesa	10 x 8	7	47,5	5,1	22,9	20	58	63,5
	3	2GD	Denver	10 x 8	7	47,5		45,7	5	66	
	4	2GC	Comesa	10 x 8	7	47,5	5,1	26,1	0	41,5	72,5
	5	3JE	Fima	5 x 4	5	47,5		34,6	0	50	
	6	3JF	Fima	5 x 4	5	47,5	2,6	34,3	0	49,5	53
	7	4JG	Fima	4 x 3	4	47,5					
	8	4JH	Fima	4 x 3	4	47,5	1,7	52,4	0	67,5	69,5
	9	7JC	Comesa	8 x 6	7	47,5		43,4	0	58,5	
	10	7JB	Comesa	8 x 6	7	47,5	5	42,8	0	58	63,5
	11	1GA	Comesa	10 x 8	7	47,5		36,7	0	53	
	12	1GB	Comesa	10 x 8	7	47,5	5,4	35,9	0	51	58,5
	13	2GA	Comesa	10 x 8	7	47,5		41,4	0	66	
	14	2GB	Comesa	10 x 8	7	47,5	5,7	39,3	0	54,5	72
AREA	ITEM	CODIGO	MARCA	TIPO	CAUDAL (GPM)	Q _{TOTAL} (GPM)	Pérdidas Tubería de Lubricación (PSI)	Pérdidas Tubería Descarga (PSI)	Presión de Llegada Tubería Descarga	Presión Prensaestopa	Presión Tubería Lubricación
PARTE BAJA	15	6FA	Denver	10 x 8	7	49		7,4	0	22,5	
	16	6FB	Comesa	12 x 10	10	49	1,5	11,1	0	26,5	28
	19	1FA	Worthington	12 x 10	8,5	49					
	20	1FB	Worthington	12 x 10	8,5	49	1,4	33,7	20	69	70,5
	21	5FB	Fima	10 x 8	7	49		24,7	30	70	
	22	5FA	Worthington	10 x 8	8,5	49	0,9	25,6	30	71	72
	23	10GB	Denver	5 x 4	5	49	2,5	44,7	0	60	62,5
	24	10GA	Denver	5 x 4	5	49	2,5	45,2	0	60,5	63
	25	9JB	Comesa	5 x 4	5	49		38,3	0	53,5	
	26	9JA	Comesa	5 x 4	5	49	2,6	29,7	0	45	56
	27	14JB	Comesa	4 x 3	4	49		48,3	0	63,5	
	28	14JA	Comesa	2 ½ x 2	2,5	49	1,7	49,5	0	64,5	66,5
	29	4FB	Denver	5 x 4	5	49		69,2	0	84,5	
	30	4FA	Ash	5 x 4	2	49	3,2	69,8	0	85	88,5

Longitud (m)	Darcy-Weisbach		Hazen - Williams			Total (m)
	<i>f</i>	Δh (m)	Δh (m)	S	C	
102	0.027	1.142	1.026	0.010	130	1.142

✓ **Pérdidas secundarias**

	Estrech. Brusco	Válvula Compuerta	Válvula Check	Conex. "T"	Codo 90°	Total (m)
Cantidad	0	2	2	3	8	0.61
K	0.00	0.22	1.35	1.62	0.81	
Δh	0.00	0.02	0.11	0.21	0.27	

$$\Sigma_{PERDIDAS} = 1.76m = 2.5PSI$$

Por lo tanto las pérdidas totales de la tubería de alimentación de las prensaestopas (tabla 9.1) y de la tubería principal será:

$$\Sigma_{PERD.TOTALES} = 63.5 + 72.5 + 53 + 69.5 + 63.5 + 58.5 + 72 + 2.5 = 455PSI$$

Pero como se ha de diseñar un sistema de bombeo dos veces el caudal requerido, entonces como aproximación, las pérdidas serán también dos veces las pérdidas totales

$$\Sigma_{PERD.TOTALES} = 455 \times 2$$

$$\Sigma_{PERD.TOTALES} = 990PSI$$

La altura que ha de bombear el sistema será la sumatoria de las pérdidas totales mas la altura estática del sistema, por lo tanto el resultado será de:

$$\Sigma_{PERD.TOTALES} = 990PSI + 3.45m = 695.7m + 3.45m = 699.15m$$

b. Potencia de consumo

Energía entregada por la bomba al agua, de acuerdo a la ecuación 2.25, se tiene:

- ✓ La altura dinámica Total (HDT) 699m
- ✓ Caudal de Bombeo 8.9 l/s
- ✓ Eficiencia de la Bomba (η_{BOMBA}) 78%

$$P_c (HP) = \frac{100 \times 8.9 \times 699}{75 \times 78}$$

$$P(HP) = 106.35HP$$

$$P(HP) = 106HP$$

c. Potencia instalada

La potencia instalada de acuerdo a la ecuación 2.26, es:

La energía entregada al motor considerando que la eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor (η_c):

$$\eta_c = \eta_{\text{Bomba}} \times \eta_{\text{Motor}}$$

$$\eta_{\text{Motor}} = 83\%$$

$$\eta_c = 78\% \times 83\%$$

$$\eta_c = 65\%$$

$$P_c (HP) = \frac{100 \times 8.9 \times 699}{75 \times 65}$$

$$P(HP) = 127.6HP$$

$$P(HP) = 128HP$$

2. CALCULO DE LA POTENCIA PARA LA PARTE BAJA

a. Pérdidas

Se calculó las pérdidas para la tubería principal de 4 pulgadas ubicada a 2.70 m de altura, para lo cual se realizó el cuadro siguiente en donde se especifican los datos más importantes del fluido y de la tubería.

Re	Rugosid Rel. (Kg/m-s)	Q (m ³ /s)	L (m)	Ø _{int} (m)	V (m/s)
6.9E+04	2.5E-03	0.0077	204	0.102	0.941

✓ **Pérdidas primarias**

Para hallar las pérdidas primarias se utilizaron las fórmulas de Darcy – Weisbach y de Hazen – Williams, los resultados se encuentran en el cuadro siguiente:

Longitud (m)	Darcy–Weisbach		Hazen – Williams			Total (m)
	<i>f</i>	Δh (m)	Δh (m)	S	C	
204	0.0265	2.385	2.173	0.011	130	2.385

✓ **Pérdidas secundarias**

	Estrech. Brusco	Válvula Compuerta	Válvula Check	Conex. "T"	Codo 90°	Total (m)
Cantidad	0	2	2	3	10	0.71
K	0.00	0.21	1.33	1.59	0.80	
Δh	0.00	0.02	0.12	0.22	0.36	

$$\Sigma_{PERDIDAS} = 2.385 + 0.71 = 3.10 \text{ m} = 4.5 \text{ PSI}$$

Por lo tanto las pérdidas totales de la tubería de alimentación de las prensaestopas (tabla 9.1) y de la tubería principal será:

$$\Sigma_{PERD.TOTALES} = 4.5 + 28 + 70.5 + 72 + 62.5 + 63 + 56 + 66.5 + 88.5 = 511.5 \text{ PSI}$$

Pero como se ha de diseñar un sistema de bombeo dos veces el caudal requerido, entonces como aproximación, las pérdidas serán también dos veces las pérdidas totales

$$\Sigma_{PERD.TOTALES} = 511.5 \times 2$$

$$\Sigma_{PERD.TOTALES} = 1023 \text{ PSI}$$

La altura que ha de bombear el sistema será la sumatoria de las pérdidas totales mas la altura estática del sistema, por lo tanto el resultado será de:

$$\Sigma_{PERD.TOTALES} = 1023 \text{ PSI} + 2.70 \text{ m} = 718.88 \text{ m} + 2.7 \text{ m} = 721.58 \text{ m}$$

b. Potencia de consumo

Energía entregada por la bomba al agua, de acuerdo a la ecuación 2.25, se tiene:

✓	La altura dinámica Total (HDT)	722m
✓	Caudal de Bombeo	7.7 l/s
✓	Eficiencia de la Bomba (η_{BOMBA})	78%

$$P_c (HP) = \frac{100 \times 7.7 \times 722}{75 \times 78}$$

$$P(HP) = 95.03 \text{ HP}$$

$$P(HP) = 95HP$$

c. Potencia instalada

La potencia instalada de acuerdo a la ecuación 2.26, es:

Es la energía entregada al motor considerando que la eficiencia del sistema en conjunto bomba-motor (η_c):

$$\eta_c = \eta_{Bomba} \times \eta_{Motor}$$

$$\eta_{Motor} = 83\%$$

$$\eta_c = 78\% \times 83\%$$

$$\eta_c = 65\%$$

$$P_c(HP) = \frac{100 \times 7.7 \times 722}{75 \times 65}$$

$$P(HP) = 114.03HP$$

$$P(HP) = 114HP$$

La información técnica del instrumento a utilizar en este proyecto se muestra en el apéndice 2.

9.5 CORRECCIONES EN LA NIVELACIÓN DEL EQUIPO (GROUT)

9.5.1 Instalación actual

Como se ha mostrado anteriormente, en general ninguna bomba se encuentra bien cimentada, mucho menos cuenta con un mortero de alta resistencia como es el Grout cementicio o epóxico. El plano MNT 029, muestra una instalación típica en San Rafael, en donde se observa las deficiencias de la misma.

9.5.2 Instalación recomendada (planos)

El plano MNT 029 muestra la correcta fijación de las bombas seleccionadas, así como el detalle del grout que toda bomba debe tener. Hay que tener en cuenta que una de las funciones del grout es absorber las vibraciones del equipo.

En el apéndice 3, se muestra la hoja técnica del grout epóxico y cementicio que normalmente utilizamos.

9.6 CORRECCIONES EN EL ALINEAMIENTO

9.6.1 Instalación actual

Como se ha podido observar en el capítulo 2, no se tiene un buen alineamiento de algunas bombas. Esto se debe básicamente a la falta de experticia y muchas veces al apuro en entregar el trabajo. Las tolerancias que se utilizan son variables y relativamente altas para un mismo tipo de bomba. Cuando se inspecciona las poleas se encuentran desalineamientos paralelos de hasta 5mm entre caras. También se ha encontrado poleas con desalineamientos angulares de hasta 1.5 mm en poleas de 100 mm de diámetro.

9.6.2 Instalación recomendada

Para instalar correctamente una transmisión por poleas, se debe seguir este procedimiento:

Verificar que las dos poleas estén libres de óxidos ó grasas.

Instalar el tamaño correcto de polea en la bomba y en el motor.

- Re verificar la tolerancia axial del impulsor y asegurar la fijación de la bomba en la base.
- Instalar y fijar el motor en su base. Instalar la polea motriz.
- Instalar la polea conducida en el eje de la bomba.
- Asegurar las poleas en sus respectivos ejes. (motor y bomba)
- Con un reloj comparador, verificar el runout sobre la periferia y sobre la cara de cada una de las poleas hasta que cada una este girando correctamente.
- Ajustar la base del motor y verificar el correcto sentido de rotación. Verificar además que los niveles de vibración sean aceptables.
- Verificar los códigos correctos de las fajas.
- Aflojar la base e instalar las fajas.
- Separar la poleas hasta obtener la correcta distancia entre centros y asegurar al mismo tiempo, la tensión de las fajas.
- Verificar el alineamiento de la bomba y la polea motriz con un cordel.
- Para un correcto alineamiento las caras de las poleas deben estar paralelas una de otra.
- Cuando las poleas estén alineadas y las fajas correctamente tensadas se deben asegurar las bases.
- Verificar que los ejes giren libremente con la mano. Colocar las guardas.

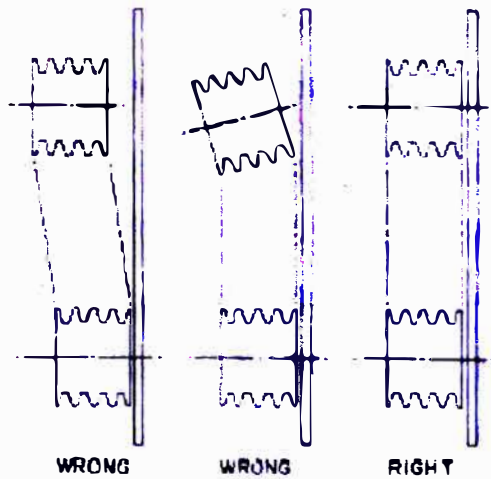


Figura N° 9.1 Alineamiento de fajas en V

Para una transmisión por acoplamiento, se deberá tener en cuenta el siguiente procedimiento:

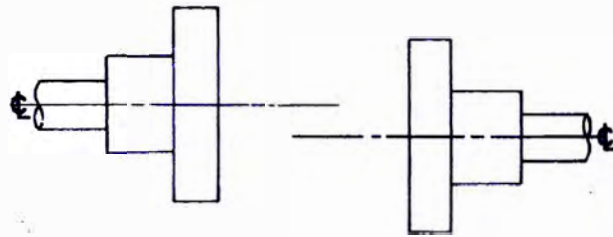


Figura N° 9.2 Desalineamiento Paralelo

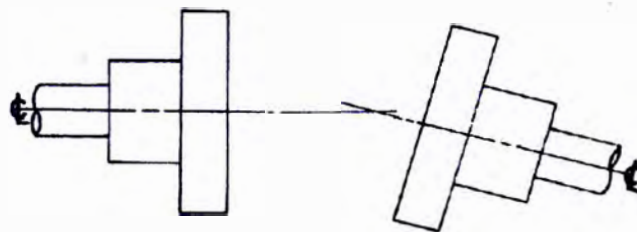


Figura N° 9.3 Desalineamiento Angular

Alineamiento paralelo

- Montar la base magnética del reloj comparador sobre una de las caras del acoplamiento
- Ubicar el dial del reloj sobre el diámetro exterior de la otra mitad del acoplamiento, (ver figura N° 9.3)
- Notar que la longitud de la varilla debe ser mínimo para evitar la deflexión.
- Rotar el eje de la bomba y registrar las lecturas del dial, arriba, abajo, izquierda y derecha de la cara del acople.
- Corregir el alineamiento agregando o quitando las linternas de la base y/o moviendo horizontalmente el motor.
- Repetir este procedimiento hasta que el máximo registro total del dial (T.I.R., Total Indicator Reading) sea menor de 0.003 pulgadas (0.0762 mm).

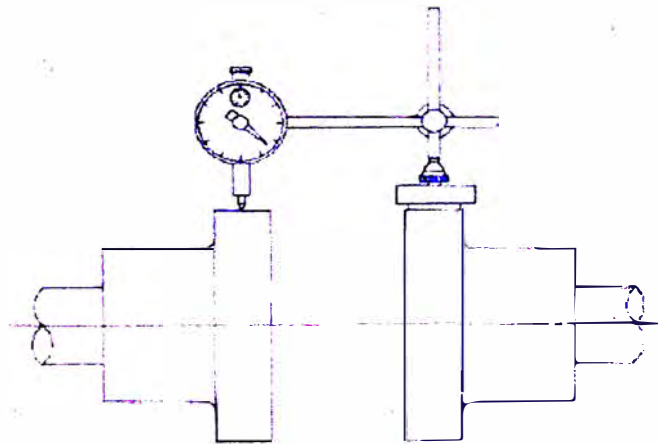


Figura N° 9.3 Alineamiento paralelo

Alineamiento Angular

- Montar la base magnética del reloj comparador en la mitad del acoplamiento unido a la bomba.
- Ubicar el dial del reloj en la cara opuesta de la otra mitad del acoplamiento, en el mayor diámetro exterior posible, (ver figura N° 9.4).
- Girar ambos ejes 360° grados, revisar las lecturas del dial.
- Ajustar las lainas del motor cuanto sea requerido.
- Repetir el procedimiento hasta que el alineamiento angular sea menor que 0.0005 pulp (T.I.R.) por pulgada del máximo diámetro del acoplamiento. (0.0127 mm/mm máximo diámetro del acople)

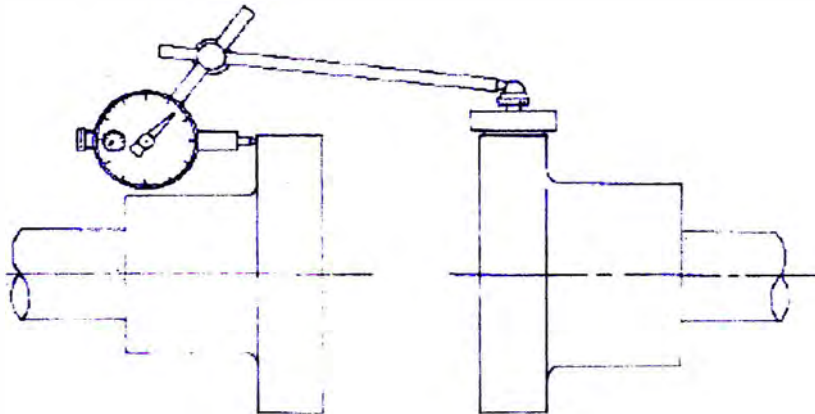


Figura N° 9.4 Alineamiento Angular

Repetir la verificación del alineamiento paralelo y angular, hasta que los pernos queden bien seguros. Tener en cuenta que la corrección en una dirección puede afectar el alineamiento en la otra dirección. Re verificar la luz entre los acoplamientos.

Si se encuentra cualquier dificultad con relación a las tolerancias recomendadas, como en el runout de la bomba y el eje motriz, se deberá revisar nuevamente los alineamientos de los acoples.

No instalar el espaciador del acoplamiento hasta que el grout este completamente fraguado y el alineamiento sea reverificado.

En San Rafael controlamos los alineamientos de acoplamiento, bajo las siguientes tolerancias:


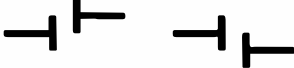
	Angular	Paralelo
		
Rpm	mm / 100 mm	mm
0 – 1000	0.10	0.13
1000 – 2000	0.08	0.10
2000 – 3000	0.07	0.07
3000 – 4000	0.06	0.05
4000 - 6000	0.05	0.03

Tabla 9.2 Máxima desalineación permitida

9.7 CORRECCIÓN Y/O REEMPLAZO DE OTROS COMPONENTES

Dentro de los componentes más críticos a reemplazar en este grupo de bombas son:

Pedestal, se tiene desgaste en la zona de contacto con la caja de rodamientos.

Base corrediza, para facilitar el mantenimiento.

Cambiar algunos cascos, presentan agujeros y algunas fisuras. Esto se debe al desgaste de los forros y el no reemplazo a tiempo de los mismos, en consecuencia la carga entra en contacto directo con el casco.

Como alcance general, en San Rafael se utiliza con mucha frecuencia el uso de un producto químico para recuperar superficies, llamado Nordbak, en el apéndice 4, se muestra la hoja técnica de este producto. Esto no es recomendable, pero normalmente se utiliza al no tener stock de los repuestos como son cascos e impulsores.

CAPITULO 10

REEMPLAZO DE EQUIPOS

En este capítulo se estudiará el reemplazo de alguna ó algunas bombas. La decisión del reemplazo está sujeto a la evaluación económica, mediante el VAN y el TIR.

10.1 LISTADO DE BOMBAS A REEMPLAZAR

En este primer grupo de bombas a realizar las mejoras, no se tiene ninguna bomba a reemplazar, ya que están debidamente seleccionadas para su posición de operación. Dentro de las 28 bombas analizadas en este informe, se esta evaluando, como primer paso, el reemplazo de dos bombas de agua, cuya posición son la 6J A y 6J B. La evaluación de estas bombas será el tema a desarrollar en este capítulo.

La razón del reemplazo de estas bombas, es que actualmente son bombas de marca Worthington y lo repuestos son muy costosos, además que el tiempo de despacho de los mismos es demasiado largo, dado que son productos de importación.

10.2 ISOMÉTRICOS Y PLANOS DE LOS SUMIDEROS

En el plano MNT 030, se muestra el isométrico actual de la línea de descarga, en ese mismo plano se indica el total de pérdidas. Este recorrido de la línea de descarga se mantendrá para la nueva bomba.

En el plano MNT 031, se muestra el detalle para la fabricación del sumidero.

Cálculo de pérdidas

Para el cálculo de pérdidas se utilizará el mismo procedimiento de cálculo mostrado en el sub capítulo 6.2, primer caso. En este sub capítulo, se utilizó como ejemplo los datos de la bomba 6J, por lo que el resumen de este cálculo es como sigue:

Re	Rugosid Rel. (Kg/m-s)	Q (m ³ /s)	L (m)	Ø _{int} (m)	V (m/s)
5.0 E+04	3.245 E-04	0.061191	158	0.154	3.282

✓ Pérdidas primarias

Para hallar las pérdidas primarias se utilizaron las fórmulas de Darcy – Weisbach y de Hazen – Williams, los resultados se encuentran en el cuadro siguiente:

Longitud (m)	Darcy–Weisbach		Hazen – Williams			Total (m)
	f	Δh (m)	Δh (m)	S	C	
158	0.015	8.443	10.528	0.06663	130	10.528

✓ **Pérdidas secundarias**

	Ensanch am. Gradual	Válvula Check	Codos (Total)	Total (m)
Cantidad	1	1	14	2.42
Δh	0.853	0.4112	1.15	

$$\Sigma_{PERDIDAS} = 10.528 + 2.42 = 12.95 \text{ m} = 18.42 \text{ PSI}$$

El ADT sería:

$$H_{Bomba} = \frac{(3.282)^2}{2(9.81)} + (62.9 - 0.50) + 12.945 = 75.89 \text{ m}$$

$$H_{Bomba} = 75.89 \text{ m}$$

Cálculo del NPSH disponible

Según la ecuación 2.28

$$NPSH_d = \frac{P_a - P_v}{S} + H_{succ} - H_f$$

en donde:

- P_a : Presión atmosférica (m)
 P_v : Presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo
 S : gravedad específica del líquido bombeado
 H_{succ} : Altura de succión (+ ó -) (m)
 H_f : Pérdidas por fricción en la tubería de succión (m)

Según las tablas 2.1 (a 4500 msnm), 2.2 (a 10°C), el cálculo de pérdidas en la succión y las condiciones del nivel del agua en el sumidero. se tiene:

$$NPSH_d = \frac{5.78m - 0.125m}{1} + 2.00m - 0.05m = 7.60 m$$

$$NPSH_d = 7.60 m$$

10.3 SELECCIÓN DE BOMBAS

La marca de bomba que se prefiere utilizar en este tipo de fluido, es la marca Hidrostal, para lo cual según los datos de presión y caudal mostrados anteriormente la bomba a seleccionar caería en el rango de la familia de bombas del tipo 125 – 400 a 1800 RPM, según se ve en el siguiente gráfico:

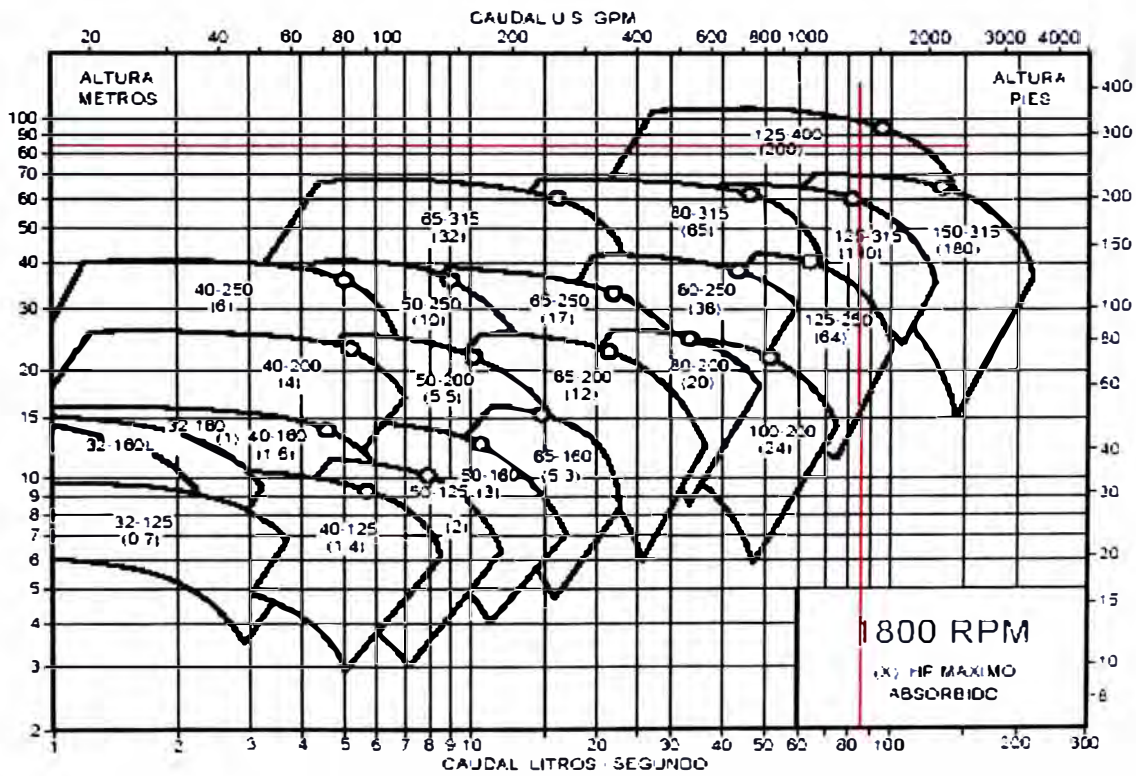
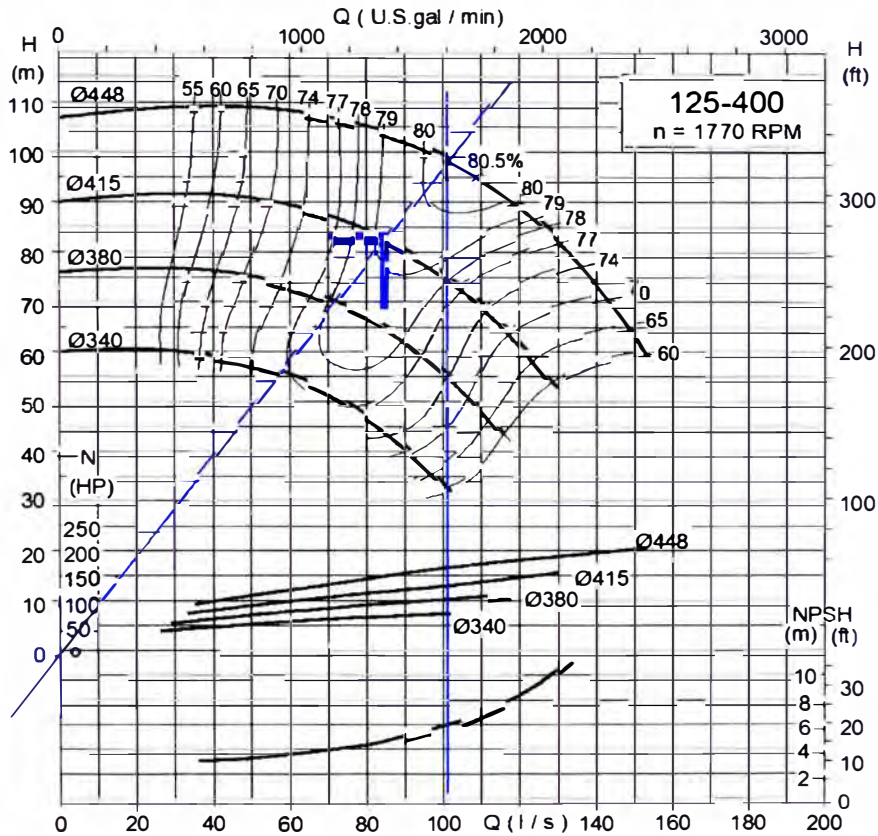


Grafico N° 10.1

Como factor de seguridad tomaremos un caudal de 85 l/s, con un ADT de 83 m, para lo cual se tiene una eficiencia de operación de 79%, según se ve en el grafico N° 10.2:

CURVAS DE OPERACION A 60 Hz



CURVAS MOSTRADAS PARA BOMBAS CON CAJA EN FIERRO FUNDIDO GRIS O NODULAR CON RECURRIMIENTO CERAMICO
 CURVAS EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION: AGUA LIMPIA A 20°C DE ACUERDO A NORMA ISO 9906:1999 GRADO 2

***Todas las especificaciones son las vigentes al momento de la emisión de las mismas. Como nuestro objetivo es "La mejora continua", entregaremos el producto especificado o mejorado.**

ERSIONE
 ISO 9001
 ISO 14001 - ISO 9001

Grafico Nº 10.2

El NPSH requerido para este punto de operación es de 5.0 m y según lo calculado el NPSH disponible actual es de: 7.60 m. Por lo que no se cambiara el sumidero.

Por lo tanto la bomba seleccionada es la bomba Hidrostal 125 – 400 de 1800 rpm.

10.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS BOMBAS A REEMPLAZAR

Para la evaluación económica del reemplazo de los equipos, utilizaremos los criterios del VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno).

Así para determinar si es conveniente o no el reemplazo se tendrá en cuenta los costos operativos y de mantenimiento actual de la bomba Worthington en la posición 6J y los costos operativos y de mantenimiento de la bomba propuesta, la Hidrostal.

Para los costos de mantenimiento de la bomba Hidrostal, se tomará el historial de costos de una bomba similar en estaciones de agua en el interior de la mina (en el socavón).

Datos de Ingreso:

	<u>Bomba Actual</u>	<u>Bomba Nueva</u>
Valor de compra (USD)	0	19,936 (*)
Valor del equipo hoy (USD)	8,000	0
Vida útil (años)		5
Valor de rescate (USD)	1,000	2,500
Depreciación		5
Costo de operación Tabla 8.2, (USD /año)	24,312	33,940 (**)

Costo de mantenimiento	12,500	Año 1:	1,500
Tabla 8.1, (USD /año)		Año 2:	3,500
		A partir del año 3:	6,500

Tasa de oportunidad : 12%

(*) : En el apéndice 5, se muestra la cotización de la bomba técnicamente seleccionada en el sub capítulo anterior.

(**) : Se calcula con el amperaje que consumirá la nueva bomba, 141 amperios, para 110 HP que necesita la bomba, según la curva mostrada en el sub capítulo anterior. Además se tiene en cuenta la misma cantidad de horas de operación de la bomba actual para el mismo año, 2007, el cual se tomo como referencia para el costo de operación de la bomba actual.

Cálculo del VAN

1er. Caso : Seguir con el equipo actual:

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{valor actual} - \text{valor residual}}{\text{número de años de vida útil}}$$

En nuestro caso

$$\text{Depreciación} = \frac{8,000 - 1,000}{5} = 1,400 \text{ USD}$$

USD	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	0	0	0	0	0	0
Valor de rescate	0	0	0	0	0	1,000
Costo de Operación	0	-24,312	-24,312	-24,312	-24,312	-24,312
Costo de mantenimiento	0	-12,500	-12,500	-12,500	-12,500	-12,500
Costo de Depreciación	0	-1400	-1400	-1400	-1400	-1400
Saldo	0	-38,212	-38,212	-38,212	-38,212	-37,212

2do. Caso : Comprar equipo nuevo:

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{valor actual} - \text{valor residual}}{\text{número de años de vida útil}}$$

En nuestro caso

$$\text{Depreciación} = \frac{19,936 - 2,500}{5} = 3,487.2 \text{ USD}$$

USD	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	0	0	0	0	0	0
Valor de rescate	0	0	0	0	0	2500
Inversión	-19,936	0	0	0	0	0
Costo de Operación	0	-33,940	-33,940	-33,940	-33,940	-33,940
Costo de mantenimiento	0	-1,500	-3,500	-6,500	-6,500	-6,500
Costo de Depreciación	0	-3,487.2	-3,487.2	-3,487.2	-3,487.2	-3,487.2
Saldo	-19,936	-38,927.2	-40,927.2	-43,927.2	-43,927.2	-41,427.2

Cálculo del factor actual, en los 5 años:

$$f = \frac{1}{(1+k)^t}$$

En donde:

f : Factor actual

k : Tasa de oportunidad

i : número de año

Ejemplo:

año 0 : $k = 0.12$

$$i = 0$$

$$f = 1$$

año 1: $k = 0.12$

$$i = 1$$

$$f = \frac{1}{(1 + 0.12)^1} = 0.89$$

año 2: $k = 0.12$

$$i = 2$$

$$f = \frac{1}{(1 + 0.12)^2} = 0.79$$

USD	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Factor de actualización	1	0.89	0.79	0.71	0.64	0.57

Por lo tanto:

El flujo de caja diferencial sería:

USD	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Compra de equipo nuevo	-19,936	-38,927.2	-40,927.2	-43,927.2	-43,927.2	-41,427.2
Seguir con el equipo	0	-38,212	-38,212	-38,212	-38,212	-37,212
Saldo diferencial	-19,936	-715.2	-2,715.2	-5,715.2	-5,715.2	-4,215.2
Factor de actualización	1	0.89	0.79	0.71	0.64	0.57
Saldo diferencial actual	-19,936	-636.53	-2,145	-4,057.8	-3,657.7	-2,402.6

Entonces el VAN sería:

$$VAN = \sum_{\text{Saldo diferencial actual}} = -19,936 - 636.53 - 2145 - 4,057.8 - 3,657.7 - 2,402.6 = -32,835.72$$

$$VAN = -32,835.72 \text{ USD}$$

El VAN < 0, por lo tanto el reemplazo no es rentable.

Cálculo del TIR

Para el cálculo del TIR se procede de la siguiente manera:

$$VAN = 0 = -I_o + \sum_{i=1}^n \frac{FNC_i}{(1 + TIR)^i}$$

En donde:

lo = Costo de Inversión

FNC = Flujo neto de caja (en nuestro caso fue el saldo diferencial, por ser una comparación)

i = El número de año

n = La cantidad de año al cual se espera recuperar la inversión.

Para que el proyecto sea rentable, el TIR debe ser mayor a la tasa de oportunidad, que en nuestro caso fue de 12%.

En la evaluación de nuestra bomba, no tiene sentido calcular el TIR, dado que nuestro saldo diferencial y por ende nuestro VAN salió negativo.

Se concluye que el reemplazo no es rentable. Lo que se debe hacer es buscar otra alternativa de bomba, más eficiente dado que el costo de operación de la nueva bomba es la que marca la diferencia.

CONCLUSIONES

1. Los costos de mantenimiento en los tres últimos años han mostrado un incremento año a año, a pesar que se ha manejado prácticamente el mismo tonelaje. Una de las razones del incremento es por el desgaste del equipo y otra es la mayor dureza del material que se está tratando últimamente, a pesar de manejar la misma ley del material. Para el estudio de las mejoras en las bombas se seleccionaron 28 bombas de las 195 existentes hasta el 2007.
2. Casi todas las bombas que se utilizan para el transporte de pulpa son del tipo centrífuga con revestimiento de caucho. La reducción en el rendimiento de la bomba debida a la presencia de sólido: se produce no sólo por la viscosidad de la mezcla, sino en forma principal, por las pérdidas por deslizamiento entre el líquido y los sólidos cuando se acelera la mezcla en el impulsor. Por supuesto, este deslizamiento y la pérdida de rendimiento son mucho mayores en cuanto más altas sean las velocidades de sedimentación.
3. Como se ha podido observar, la transmisión de potencia es normalmente mediante faja y polea, dado que en su mayoría son bombas de pulpa y como indica la teoría para este tipo de bombas es más conveniente este tipo de transmisión para variar fácilmente la velocidad. De acuerdo al estudio se concluye que en general se tiene un mal alineamiento de poleas, lo que afecta

directamente al mayor consumo de fajas y a la menor disponibilidad del equipo por paradas imprevistas por un desgaste prematuro de fajas.

4. La fabricación de los sumideros están fuera de estándar y estos generan muchos vórtices, haciendo que la bomba cavite. Se ha visto además que muchas líneas que alimentan al sumidero están orientadas al tubo de succión de la bomba, complicando aún más el problema de la cavitación por el flujo turbulento que se genera.
5. Se utiliza válvulas tipo cuchilla en la succión. Esto es perjudicial para el equipo porque genera bolsas de aire. Se recomendó el uso de válvulas pinch en la línea de descarga de la bomba.
6. Las líneas de succión tienen una pendiente hacia abajo, llegando en su punto más bajo al ojo del impulsor. Esto se hace con el fin de que la carga pueda deslizarse por gravedad, pero por otro lado esto genera un flujo turbulento en la entrada de la bomba. Para mejorar esto se ha propuesto un sumidero que incluya una línea de alimentación de agua a presión y de esta manera evitar el arenamiento en la línea de succión, que debe ser horizontal, con una excéntrica con la pendiente de abajo hacia arriba (ver los planos de tuberías de succión propuesto), esto garantiza un flujo de tipo laminar.
7. Las tuberías de succión y descarga se encuentran apoyadas en la bomba, lo que genera esfuerzos externos y adicionales al casco del equipo. Dentro de las mejoras se están colocando soportes en puntos estratégicos.

8. No se tiene un buen sistema de lubricación para el sello de las bombas. La presión de ingreso del agua en el sello de la bomba debe ser de 15 psi por encima de la presión de descarga. En nuestro caso, se tienen muchas bombas que no cuentan con un manómetro para confirmar este requerimiento en el sello. Para esto se ha planteado un sistema de lubricación centralizada.
9. Para ver si las bombas están bien seleccionadas o no, se realizó el cálculo de pérdidas para cada una de las 28 bombas seleccionadas. De estos cálculos se puede concluir que para los puntos de operación a plena carga las bombas de pulpa se encuentran bien seleccionadas, pero para puntos de operación a mediana carga, las bombas en algunos puntos se encuentran sobredimensionadas. En cuanto a las bombas de agua, estas se encuentran bien seleccionadas a excepción de la posición 37FF, que podría ser mejor aprovechada si se les da las condiciones de una succión positiva, ya que según la curva de la bomba podría llegar a 2250 GPM, que es lo que la planta requiere, pero actualmente bombea sólo 950 GPM.
10. Se tiene 6 de las 28 bombas seleccionadas con un NPSD disponible menor al requerido por lo tanto estas 6 bombas están cavitando.
11. Para nuestra granulometría, en general los factores de corrección del ADT, se encuentran entre 0.79 a 0.98
12. Se evaluó la inversión para la mejora de las 28 bombas seleccionadas, pero este costo resultó alto (USD 160,695), para ser una prueba, por lo que en base

a la criticidad y disponibilidad de los equipos se seleccionaron 5 posiciones para hacer las mejoras como una primera etapa de ejecución del proyecto.

13. Se realizó una modificación en la posición 4GC (con una bomba adicional), en donde se alineó, niveló y grouteo de acuerdo a lo presentado en el presente informe y se obtuvo buenos resultados en los niveles de vibración, esto se puede ver en el capítulo 8. Esta mejora en la vibración es de un 10% aprox.
14. En general las bombas presentan un nivel de confiabilidad y disponibilidad aceptable, pero podría mejorarse realizando las correcciones mostradas en el capítulo 9. Como es el caso de la bomba de prueba en la posición 4GC, indicado anteriormente.
15. Se tiene altos niveles de vibración respecto a los límites permisibles de la norma ISO 2372. Esto afecta directamente al desgaste de los componentes y a la disponibilidad del equipo.
16. Dentro de las 28 bombas analizadas, se optó por reemplazar a las bombas Worthington de la posición 6J. La razón del cambio no era por una cuestión operacional sino era porque los repuestos de este tipo de bomba son muy costosos, además que los períodos en el suministro eran muy prolongados. Por lo que se cotizó el reemplazo con una bomba Hidrostal. Ahora, técnicamente es factible el reemplazo por esta bomba Hidrostal, pero económicamente según lo muestra el VAN (negativo), no lo es. (No se calculó el TIR, porque no era necesario al tener un $VAN < 0$)

BIBLIOGRAFÍA

1. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías.

Preparado por la división de Ingeniería de Crane.

Autor Mc GRAW-HILL

2. Bombas - Teoría, diseño y aplicaciones

Autor: Ing. Manuel Viejp Zubicaray

Editorial Limusa S.A.

3. Bombas – Selección, uso y mantenimiento

Autor : Ing. Richard F. Neerken.

Autor Mc GRAW-HILL M.

4. Material Curso de Mantenimiento de Bombas – ASME

Instructor ASME: Ing. Ernesto primera.

Febrero 2008.

5. Pump Principles Manual

Autor : Chesterton .

6. Sistemas de Mantenimiento – Planeación y Control

Autor : Duffuaa Raouf Dixon

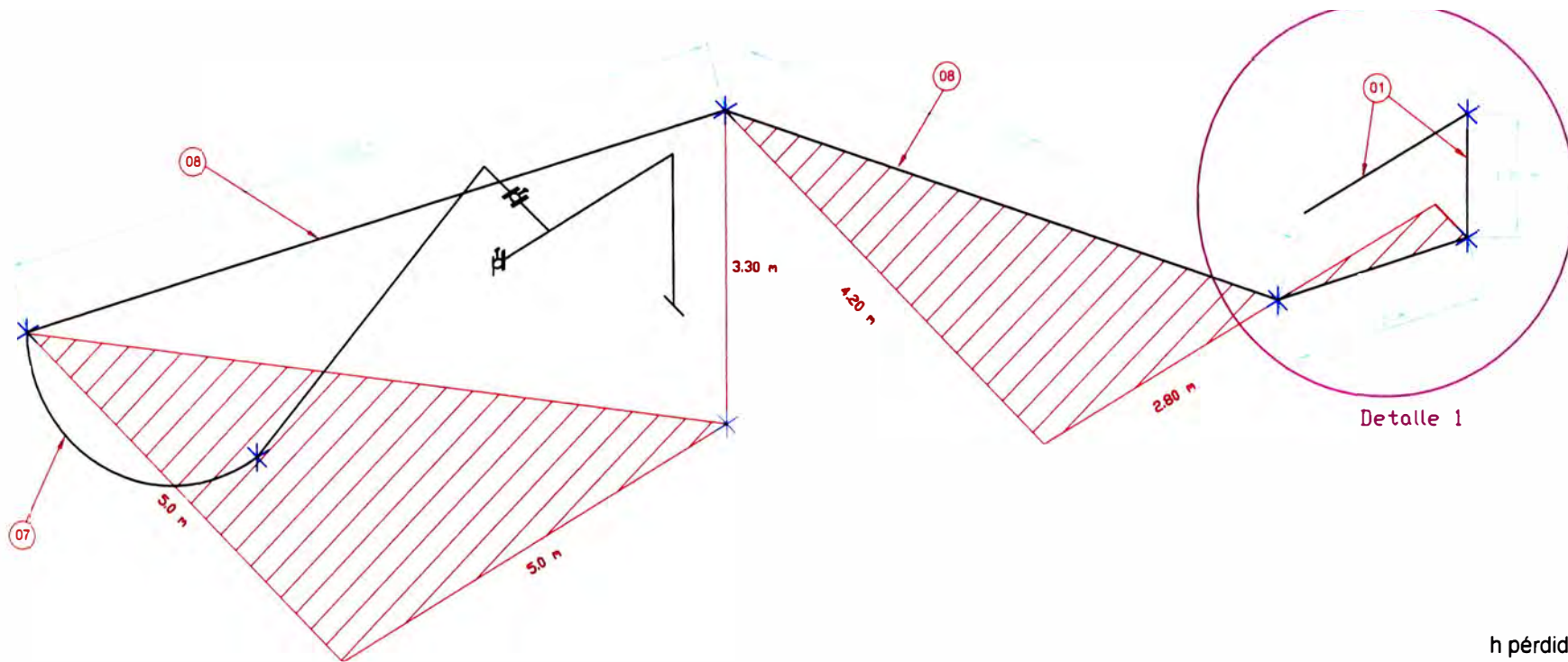
Editorial Limusa Wiley

7. Análisis de vibraciones de máquinas rotativas Nivel II

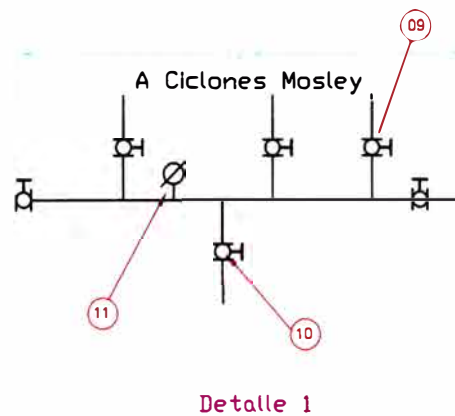
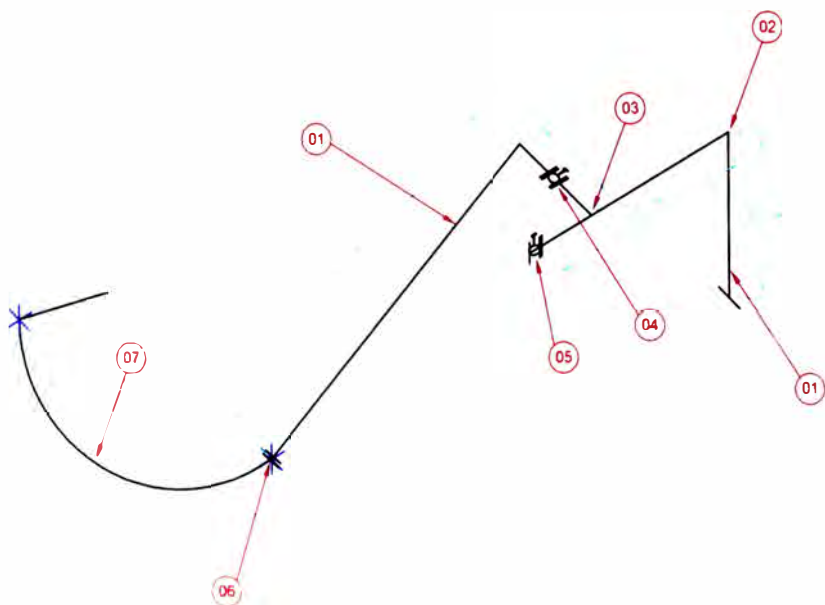
Autor : Dr. Pedro Saavedra

Instituto de vibración del Perú

PLANOS



h pérdidas = 5.86 m



11	04	Manómetro 0 -100 PSI	
10	01	Válvula de compuerta Ø1 1/2" x 150 PSI	
09	03	Válvula de compuerta Ø2" x 150 PSI	
08	11 m	Tubería HDPE Ø4" SDR 17	
07	10 m	Manguera Trellex Ø4"	
06	01	Acoplamiento para manguera trellex Ø4"	
05	04	Válvula de compuerta Ø4" x 150 PSI	
04	05	Brida Slip On Ø4" x 150 PSI	
03	01	Tee Ø4" sch 40	
02	04	Codo CS Ø4" x 90° sch 40	
01	16 m	Tubería CS Ø4" sch 40	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones



Dpto. de Mantenimiento

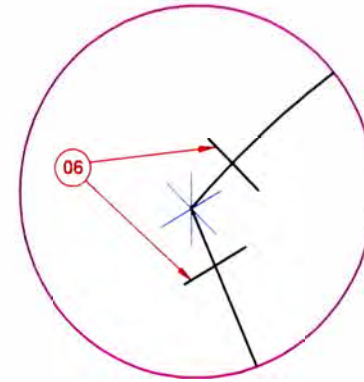
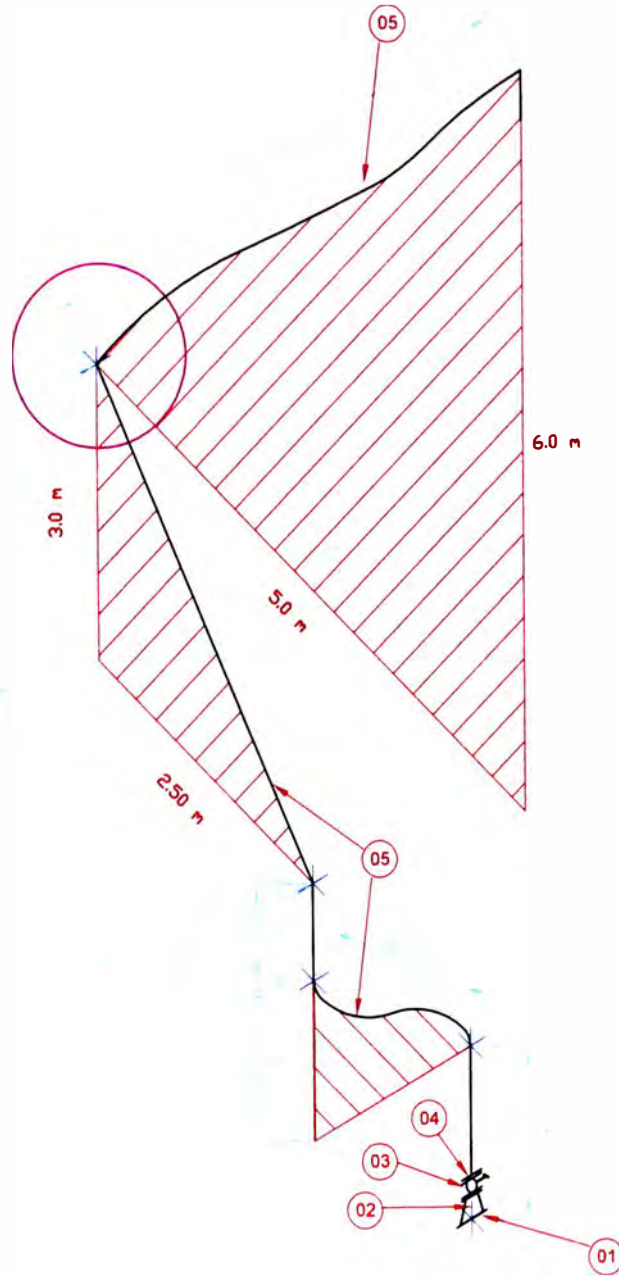
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

Isométrico actual Bomba 22 FA

Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 001
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0

Detalle 1



Detalle 1

h pérdidas = 14.77 m

06	01	Acoplamiento para manguera trallex Ø6"	
05	21 m	Manguera Trellex Ø6"	
04	02	Brida Slip On Ø6" x 150 PSI	
03	01	Válvula pinch Ø6" x 150 PSI	
02	01	Reducción conc. 8 x6 sch 40	Mat. Acero Carbono
01	01	Brida Slip On Ø8" x 150 PSI	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones



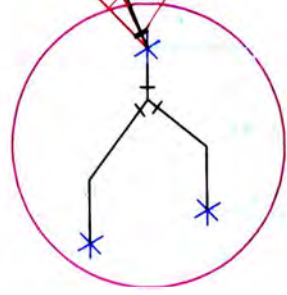
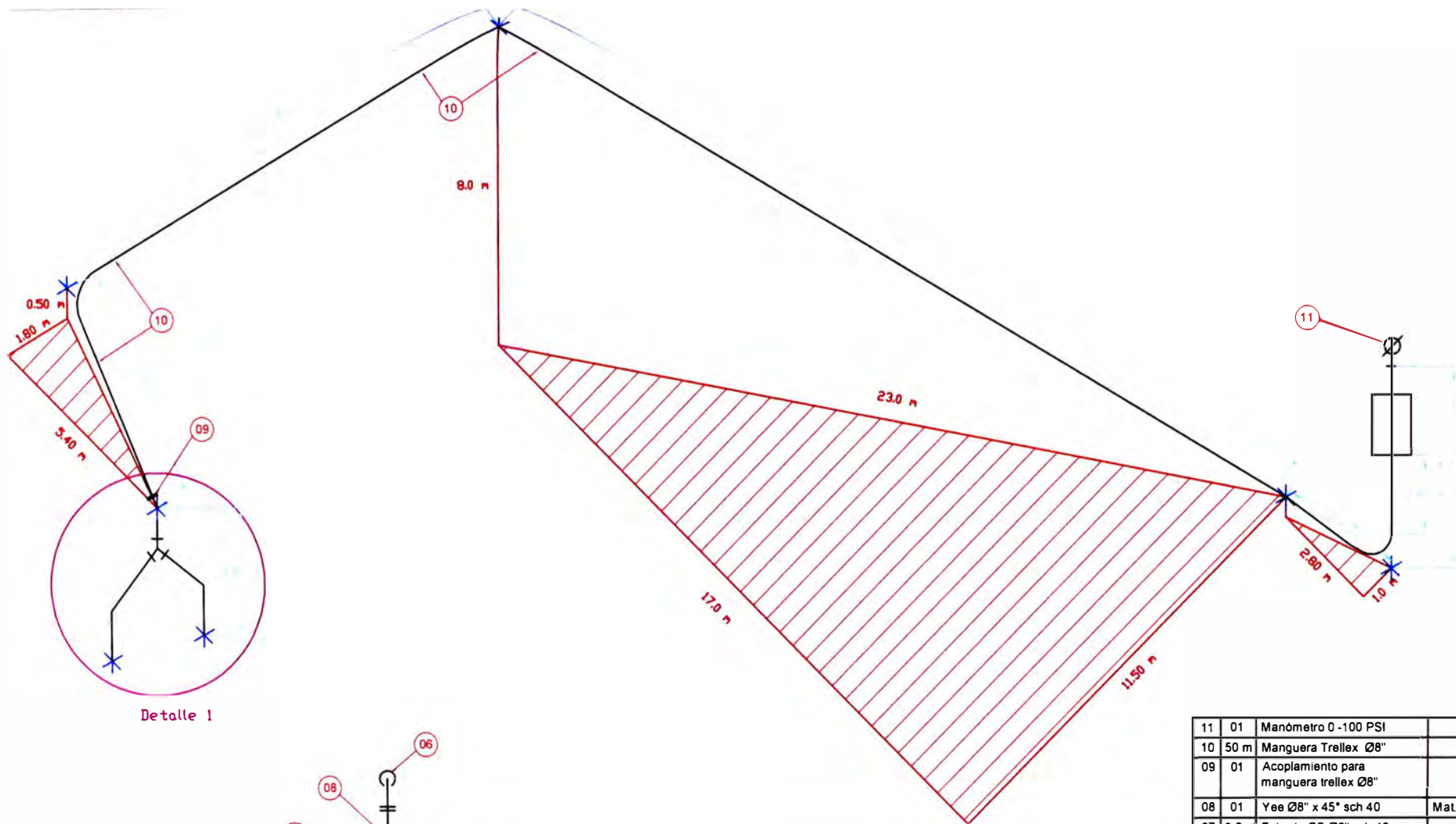
Dpto. de Mantenimiento

Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

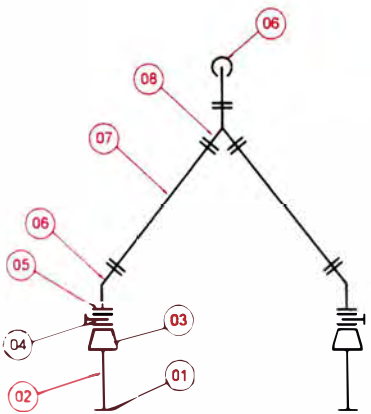
Isométrico actual Bomba 4JF

Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 002
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0




Detalle 1

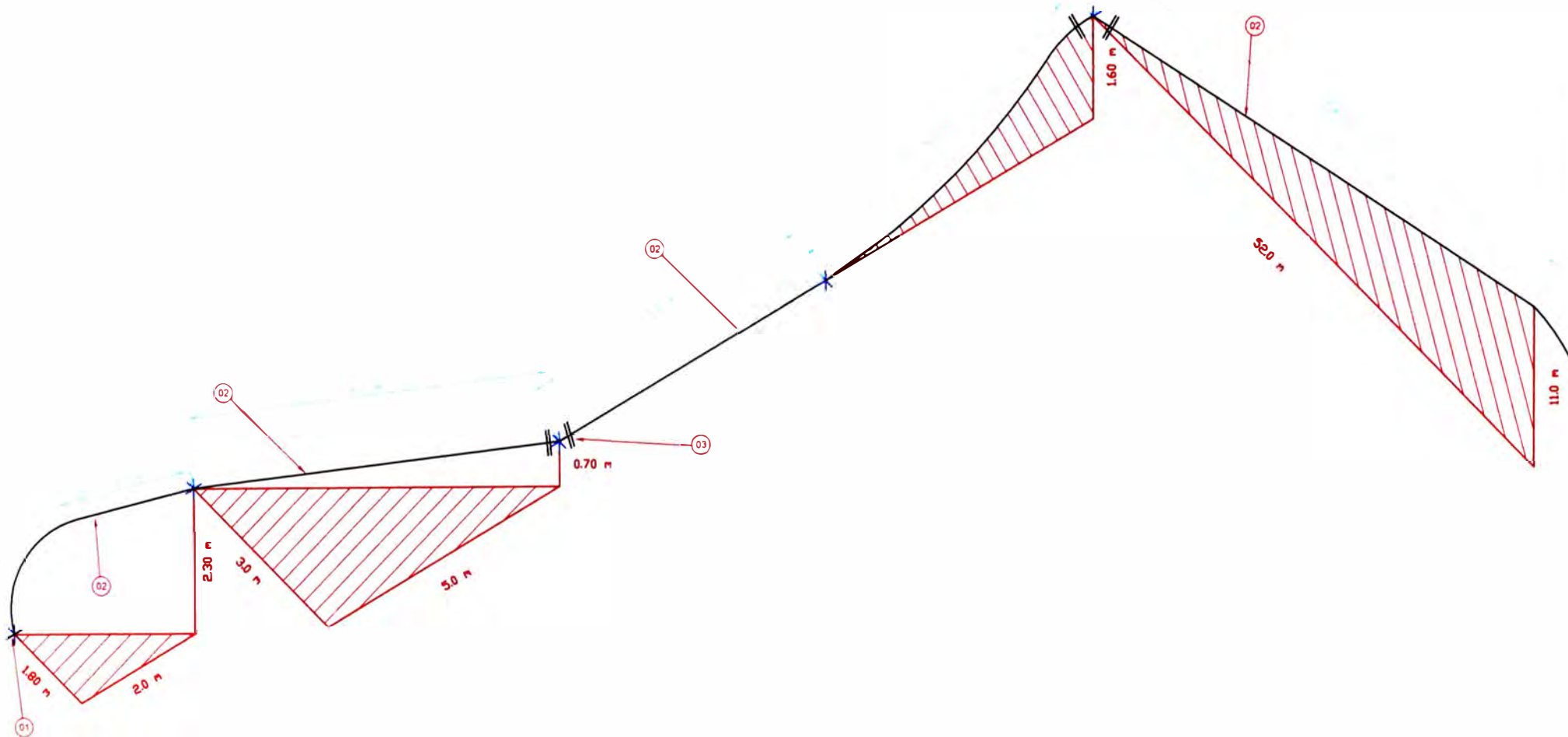


Detalle 1

h pérdidas = 9.70 m

11	01	Manómetro 0 -100 PSI	
10	50 m	Manguera Trellex Ø8"	
09	01	Acoplamiento para manguera trellex Ø8"	
08	01	Yee Ø8" x 45° sch 40	Mat. Acero Carbono
07	3.0 m	Tubería CS Ø8" sch 40	
06	03	Codo CS Ø8" x 45° sch 40	
05	15	Brida Slip On Ø8" x 150 PSI	
04	02	Válv. Cuchilla Ø8" x 150 PSI	Bndada
03	02	Reducc. conc. 10x8 sch 40	Mat. Acero Carbono
02	1.6 m	Tubería CS Ø10" sch 40	
01	02	Bnda Slip On Ø10" x 150 PSI	
N° Cant.		Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones			
 Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Isométrico actual Bomba 4GA / B			
Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 003
Revisado:	J.R.	Fecha:	11 01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0



h pérdidas = 1.86 m

03	08	Acoplamiento para manguera trellax Ø4"	
02	76 m	Manguera Trellax Ø4"	
01	01	Brida Slip On Ø4" x 150 PSI	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones



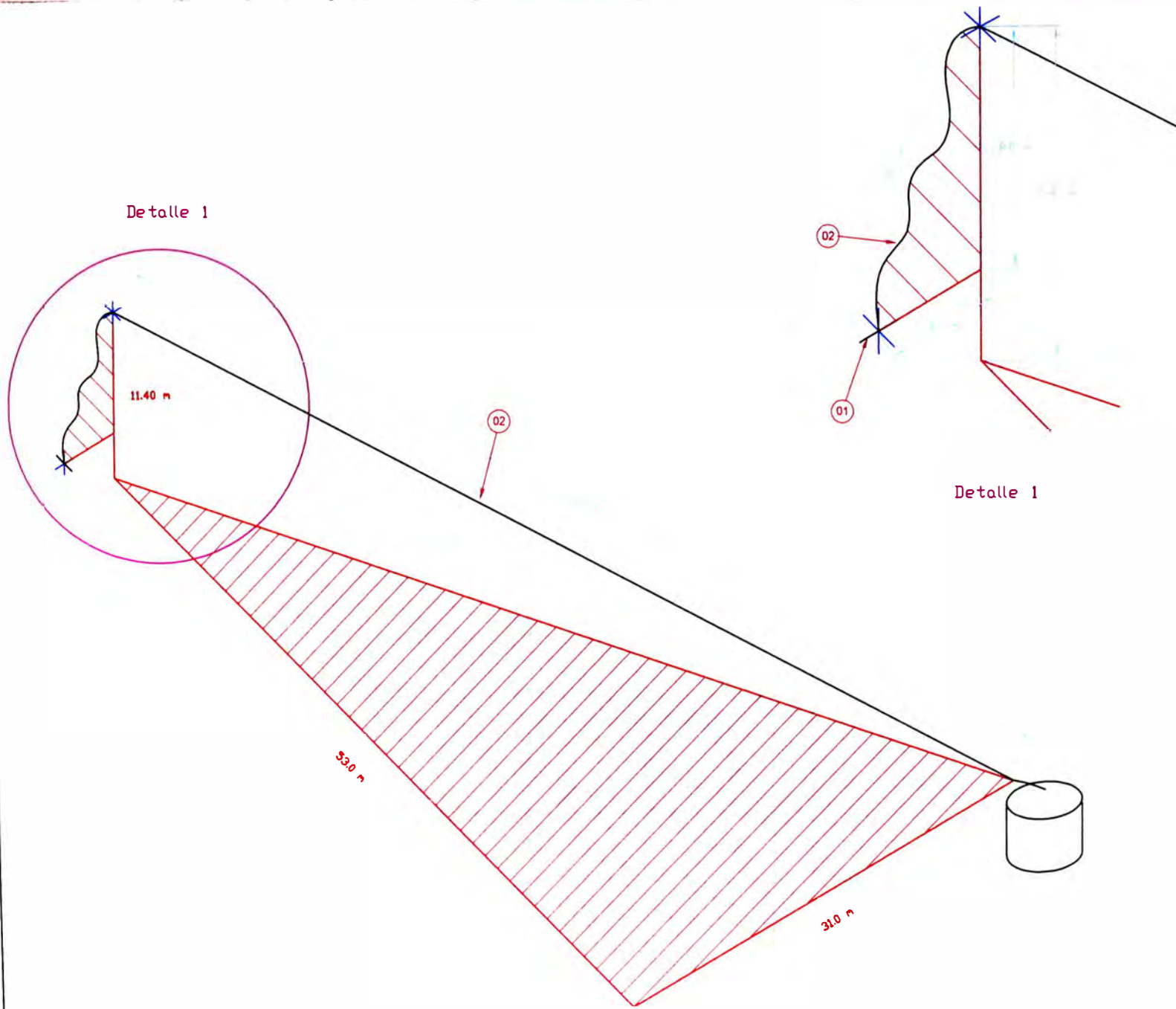
Dpto. de Mantenimiento

Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas


Isométrico actual Bomba 4GC

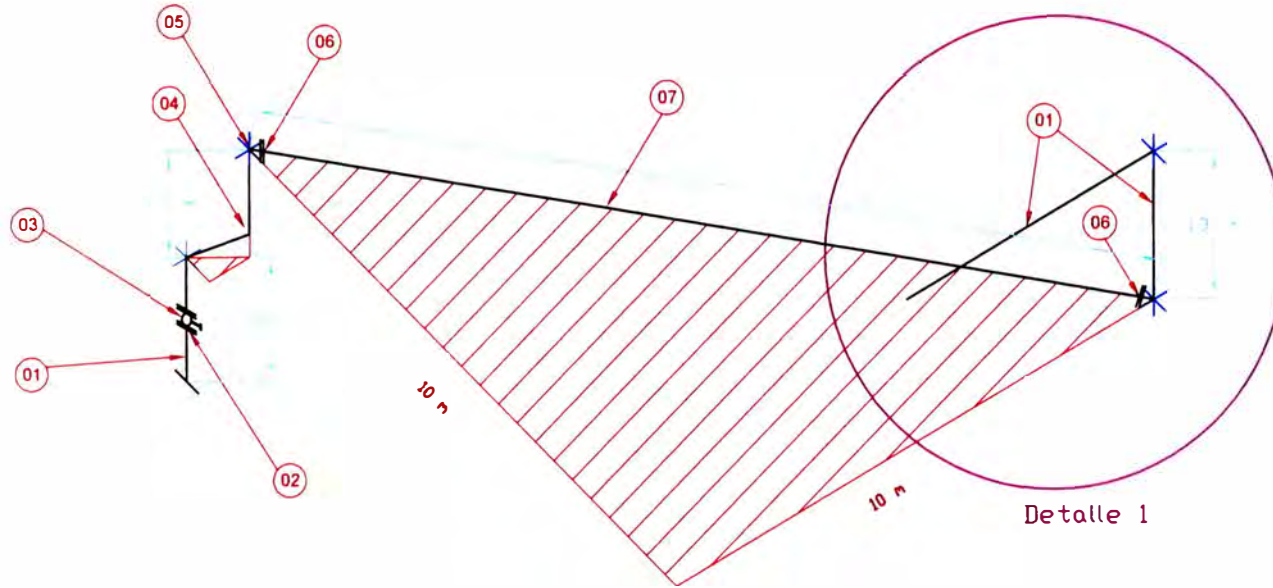
Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 004
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01 08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0

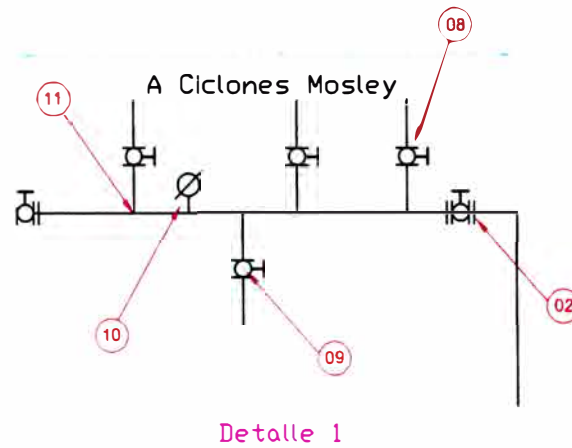


h pérdidas = 1.36 m


02	75 m	Manguera Trellex Ø5"	
01	01	Bnda Slip On Ø5" x 150 PSI	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Isométrico actual Bomba 5JB			
Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 005
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0

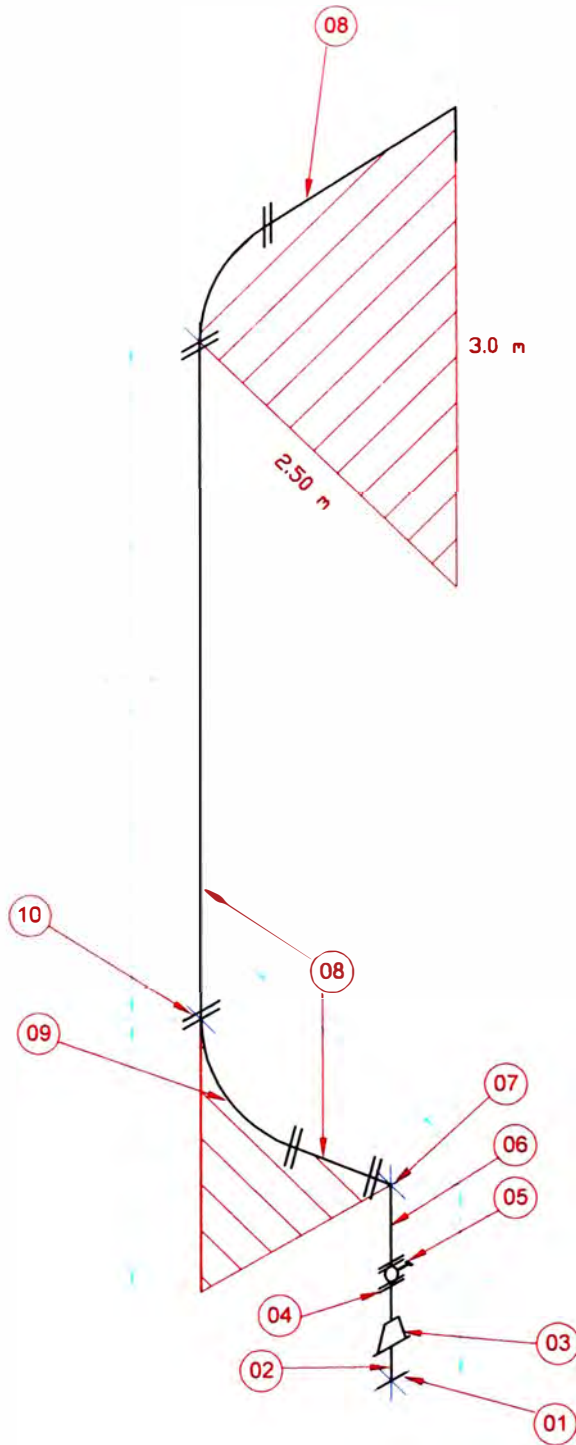


h pérdidas = 3.79 m



N°	Cant.	Descripción	Observaciones
11	04	Tee Ø4" x Ø2" sch 40	
10	01	Manómetro 0-100PSI	
08	01	Válvula de compuerta Ø1 1/2" x 150 PSI	
08	03	Válvula de compuerta Ø2" x 150 PSI	
07	15 m	Manguera Trelex Ø4"	
06	02	Acoplamiento para manguera trelex Ø4"	
05	03	Codo CS Ø4" x 90° sch 40	
04	02	Codo CS Ø4" x 45° sch 40	
03	03	Válvula de compuerta Ø4" x 150 PSI	
02	08	Bnda Slip On Ø4" x 150 PSI	
01	10 m	Tubería CS Ø4" sch 40	

Gerencia de Operaciones			
 Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Isométrico Propuesto Bomba 22 FA			
Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 006
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0



h pérdidas = 7.05 m

10	05	Acoplamiento para manguera trellax Ø6"	
09	02	Codo Preformado Ø6" para manguera trellax	
08	10 m	Manguera Trellax Ø6"	
07	01	Codo Ø6"x45° sch 40	
06	1.0 m	Tubería CS Ø 6" sch 40	
05	01	Válvula pinch Ø6" x 150 PSI	
04	03	Brida Slip On Ø6" x 150 PSI	
03	01	Reducción conc. 8 x6 sch 40	Mat. Acero Carbono
02	0.5 m	Tubería CS Ø 8" sch 40	
01	01	Brida Slip On Ø8" x 150 PSI	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones

MINSUR

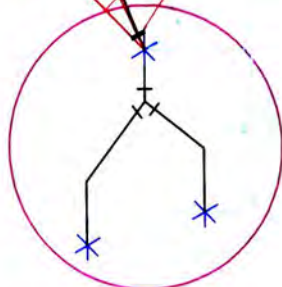
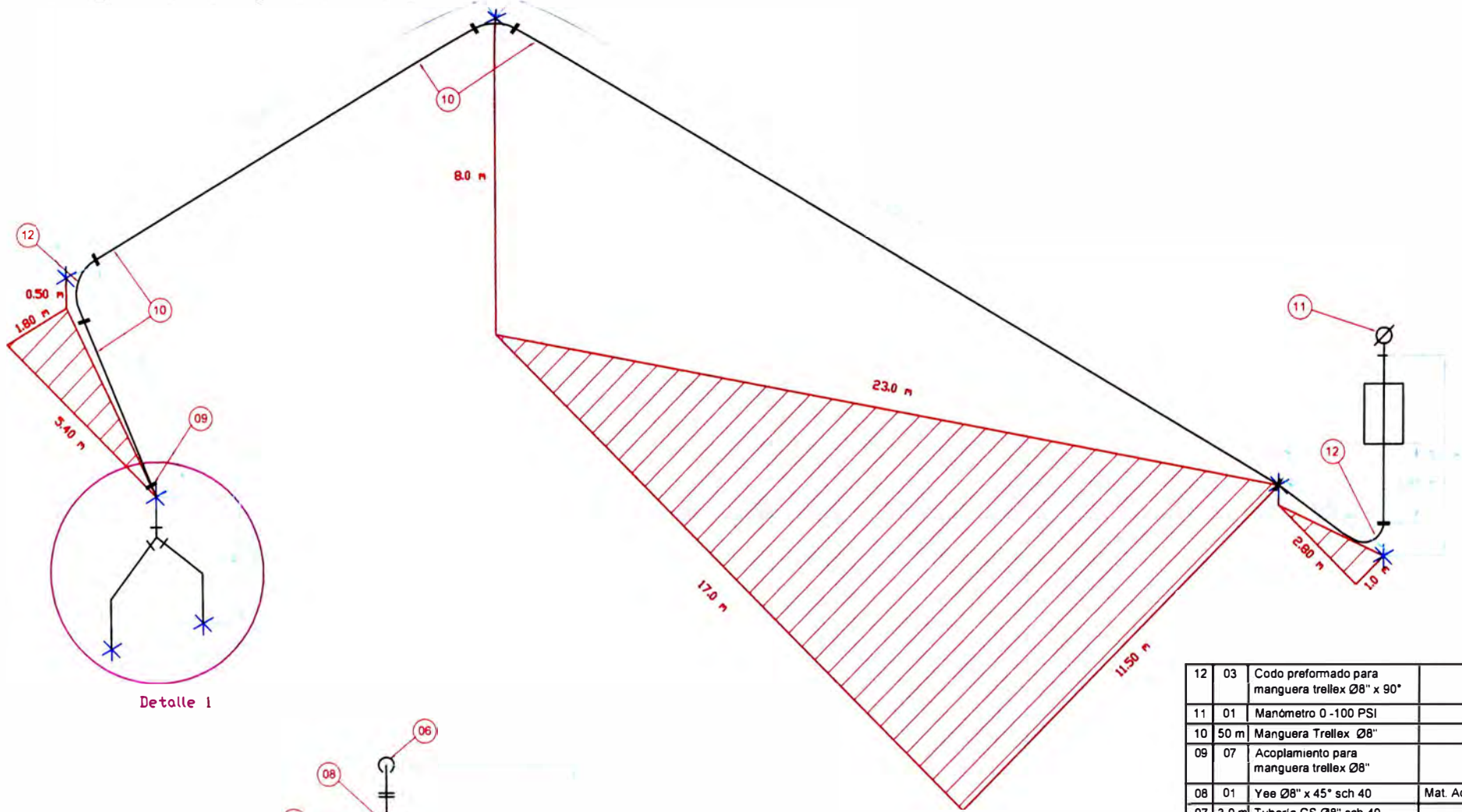
Dpto. de Mantenimiento

Proyecto : Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

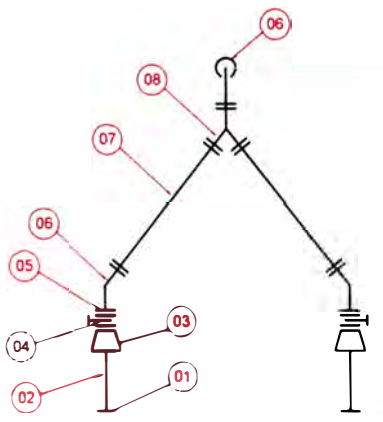
Isométrico Propuesto Bomba 4JF

Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 007
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0



Detalle 1



Detalle 1

h pérdidas = 8.68 m

12	03	Codo preformado para manguera trellax Ø8" x 90°	
11	01	Manómetro 0 -100 PSI	
10	50 m	Manguera Trellax Ø8"	
09	07	Acoplamiento para manguera trellax Ø8"	
08	01	Yee Ø8" x 45° sch 40	Mat. Acero Carbono
07	3.0 m	Tubería CS Ø8" sch 40	
08	03	Codo CS Ø8" x 45° sch 40	
05	15	Brida Slip On Ø6" x 150 PSI	
04	02	Válv. Cuchilla Ø8" x 150 PSI	Bndada
03	02	Reducc. conc. 10x8 sch 40	Mat. Acero Carbono
02	1.6 m	Tubería CS Ø10" sch 40	
01	02	Bnda Slip On Ø10" x 150 PSI	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

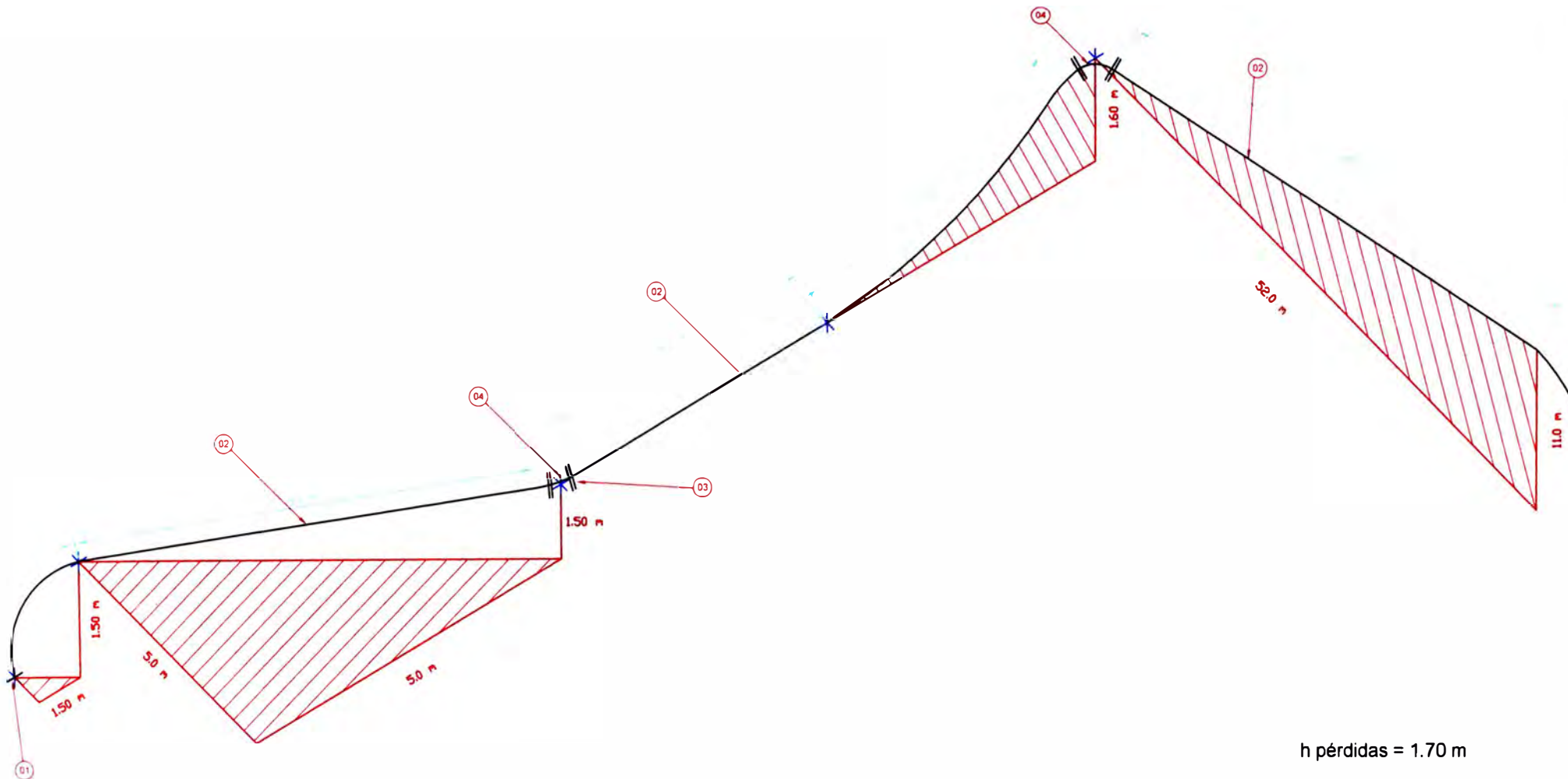
Gerencia de Operaciones
 Dpto. de Mantenimiento

Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas


Isométrico Propuesto Bomba 4GA / B

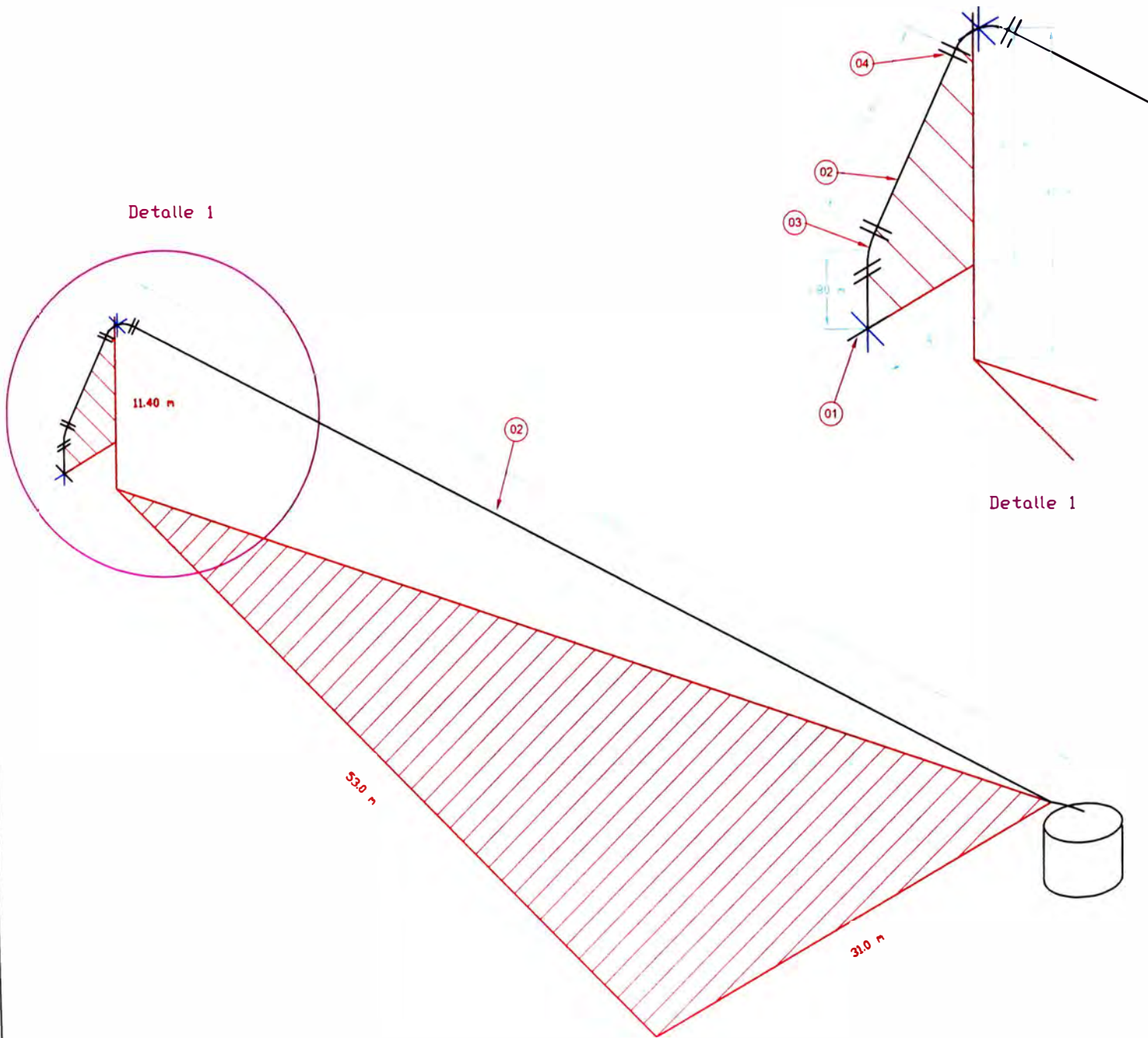
Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 008
Revisado:	J.R.	Fecha:	11 01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0




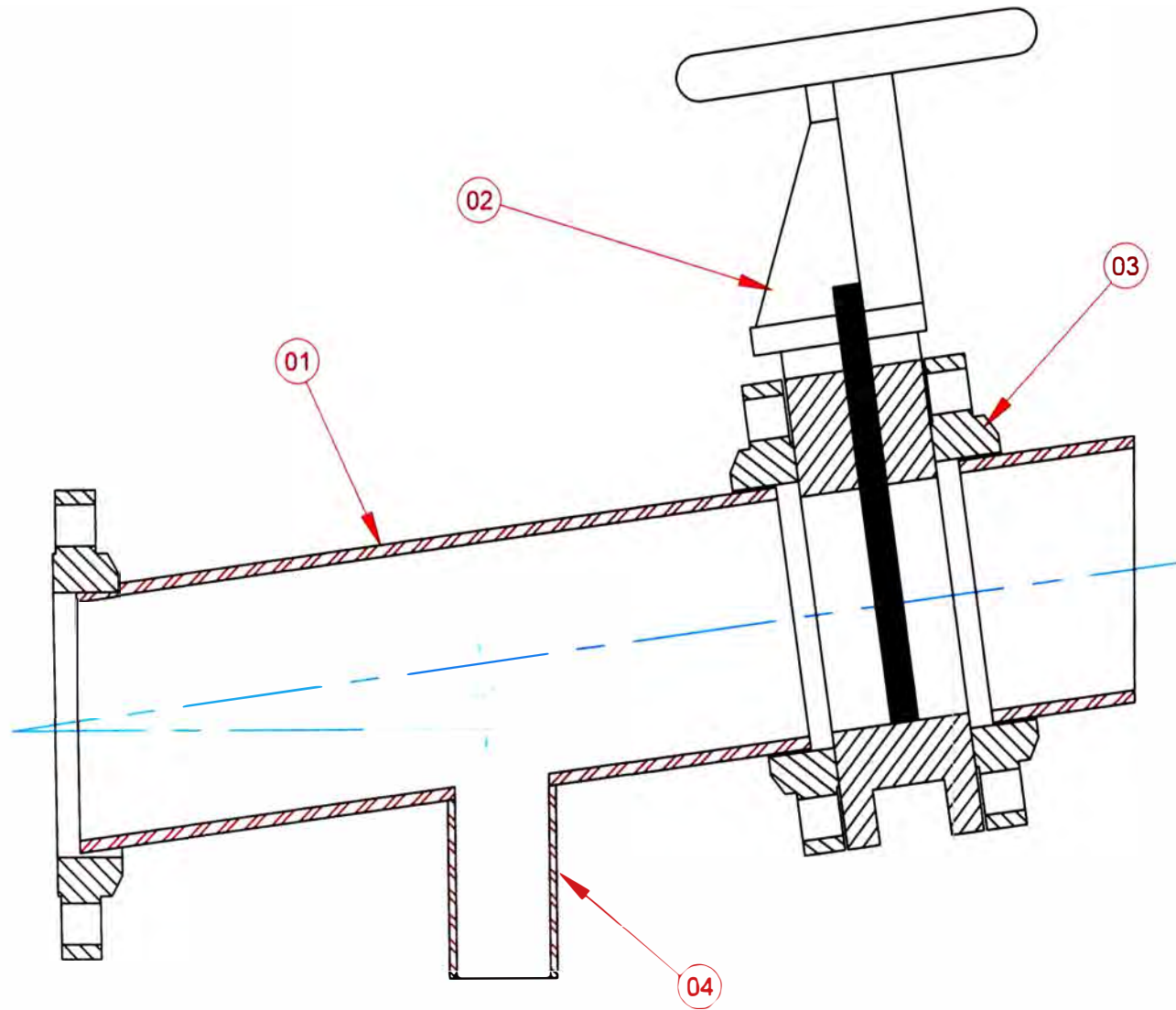
h pérdidas = 1.70 m

04	02	Codo preformado manguera trellax Ø4" x 90°	
03	08	Acoplamiento para manguera trellax Ø4"	
02	76 m	Manguera Trellax Ø4"	
01	01	Brda Slip On Ø4" x 150 PSI	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones			
 Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Isométrico Propuesto Bomba 4GC			
Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 009
Revisado:	J.R.	Fecha:	11 01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0



h pérdidas = 0.99 m

04	04	Acoplamiento para manguera trellax Ø5"	
03	02	Codo Preformado manguera trellax Ø5" x 45°	
02	73 m	Manguera Trellax Ø5"	
01	01	Bnda Slip On Ø5" x 150 PSI	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Isométrico Propuesto Bomba 5JB			
Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 010
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0



h pérdidas = 0.07 m

08	24	Perno acero de Ø7/8" x XXmm	
05	01	Tapón roscado Ø2"	
04	0.1 m	Tubería CS Ø2" sch 40	
03	03	Bnda Slip On Ø5" x 150 PSI	
02	01	Válvula cuchilla Ø5" x 150 PSI	
01	0.5 m	Tubería CS Ø5" sch 40	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones



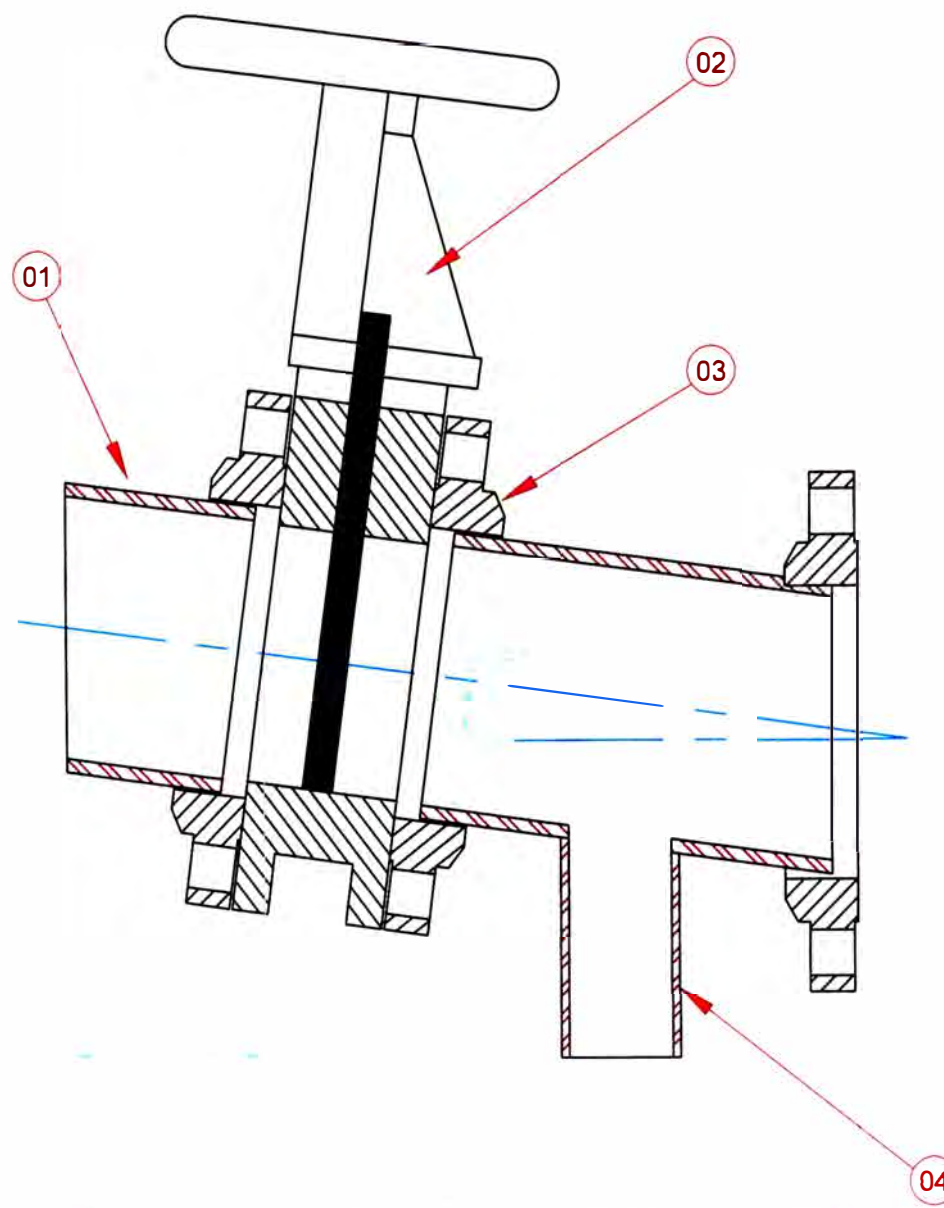
Dpto. de Mantenimiento

Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrífugas

Plano de Línea de succión actual
Bomba 22 FA


Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 011
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0



h pérdidas = 0.05 m

06	24	Perno acero de Ø7/8" x XXmm	
05	01	Tapón roscado Ø2"	
04	0.1 m	Tubería CS Ø2" sch 40	
03	03	Brida Slip On Ø5" x 150 PSI	
02	01	Valvula cuchilla Ø5" x 150 PSI	
01	0.4 m	Tubería CS Ø5" sch 40	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

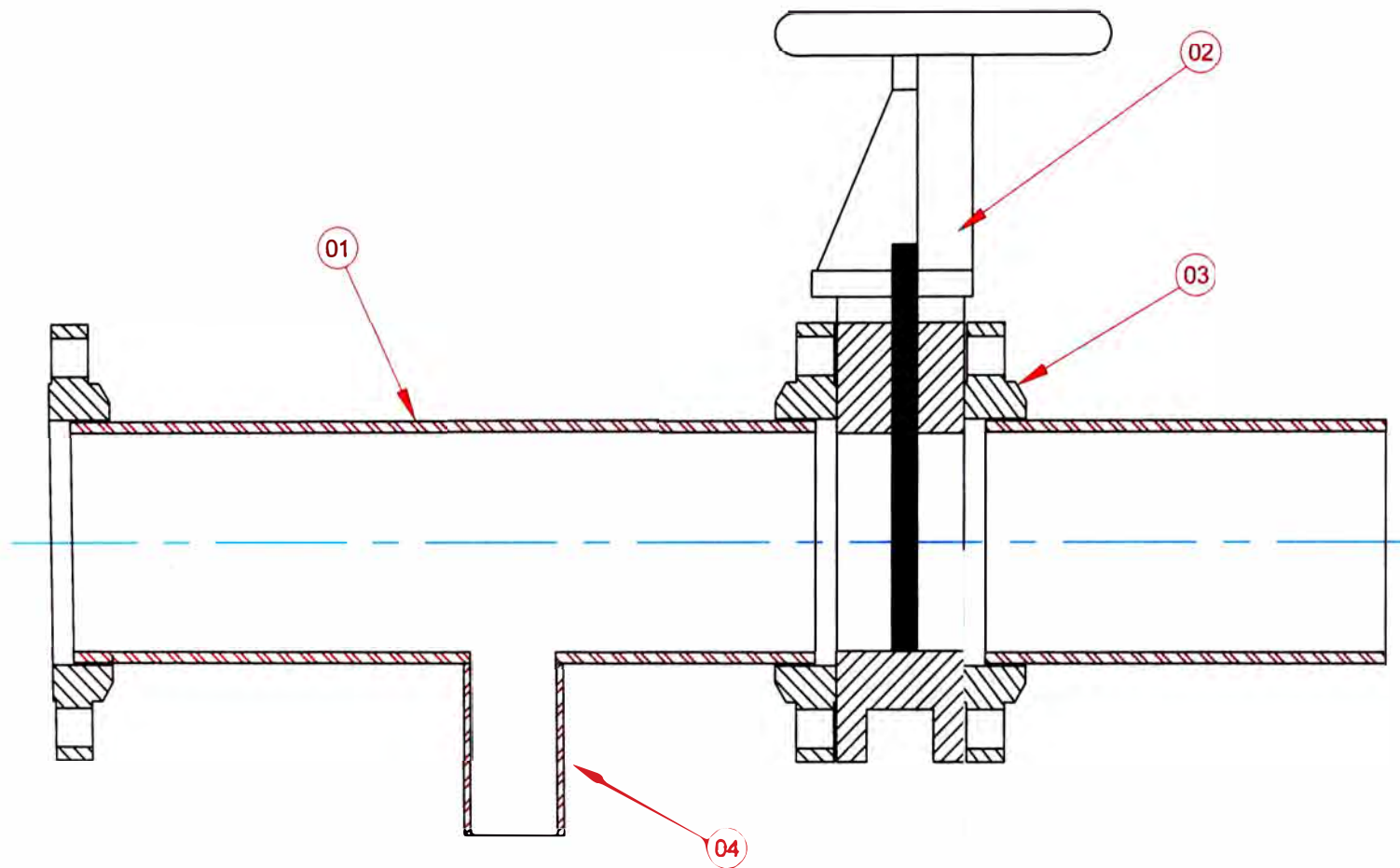
Gerencia de Operaciones
 Dpto. de Mantenimiento

Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

**Plano de Línea de succión actual
 Bomba 4GC**

Dibujado:	J.R	Plano N°	MNT 012
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0



h pérdidas = 0.07 m

06	24	Perno acero de Ø7/8" x XXmm	
05	01	Tapón roscado Ø2"	
04	0.1 m	Tubería CS Ø2" sch 40	
03	03	Brida Slip On Ø5" x 150 PSI	
02	01	Válvula cuchilla Ø5" x 150 PSI	
01	0.7 m	Tubería CS Ø5" sch 40	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones

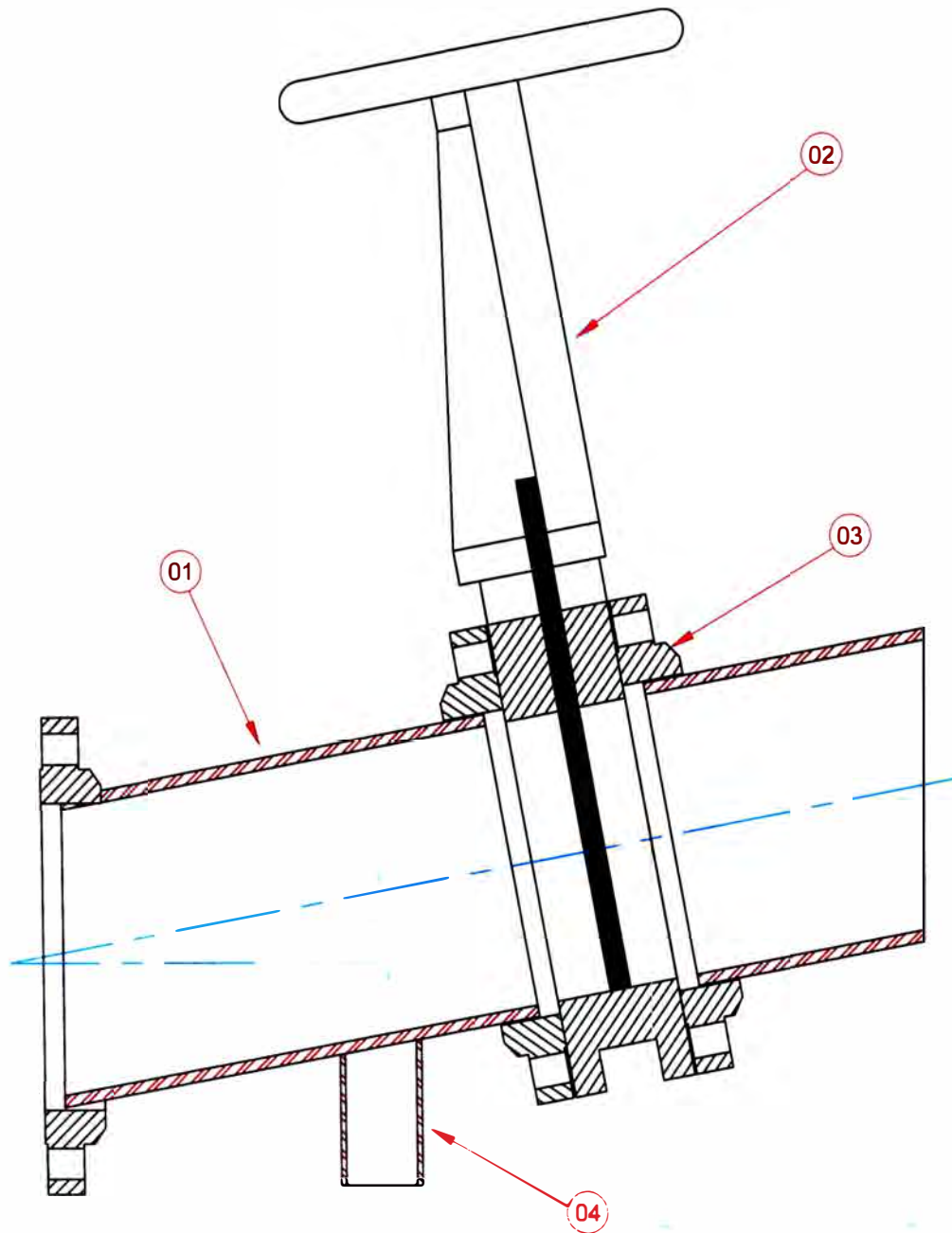


Dpto. de Mantenimiento

Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

Plano de Línea de succión actual
Bomba 5JB

Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 013
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0



h pérdidas = 0.09 m

06	24	Perno acero de Ø7/8" x XXmm	
05	01	Tapón roscado Ø2"	
04	0.1 m	Tubería CS Ø2" sch 40	
03	03	Brida Slip On Ø8" x 150 PSI	
02	01	Válvula cuchilla Ø8" x 150 PSI	
01	0.5 m	Tubería CS Ø8" sch 40	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones

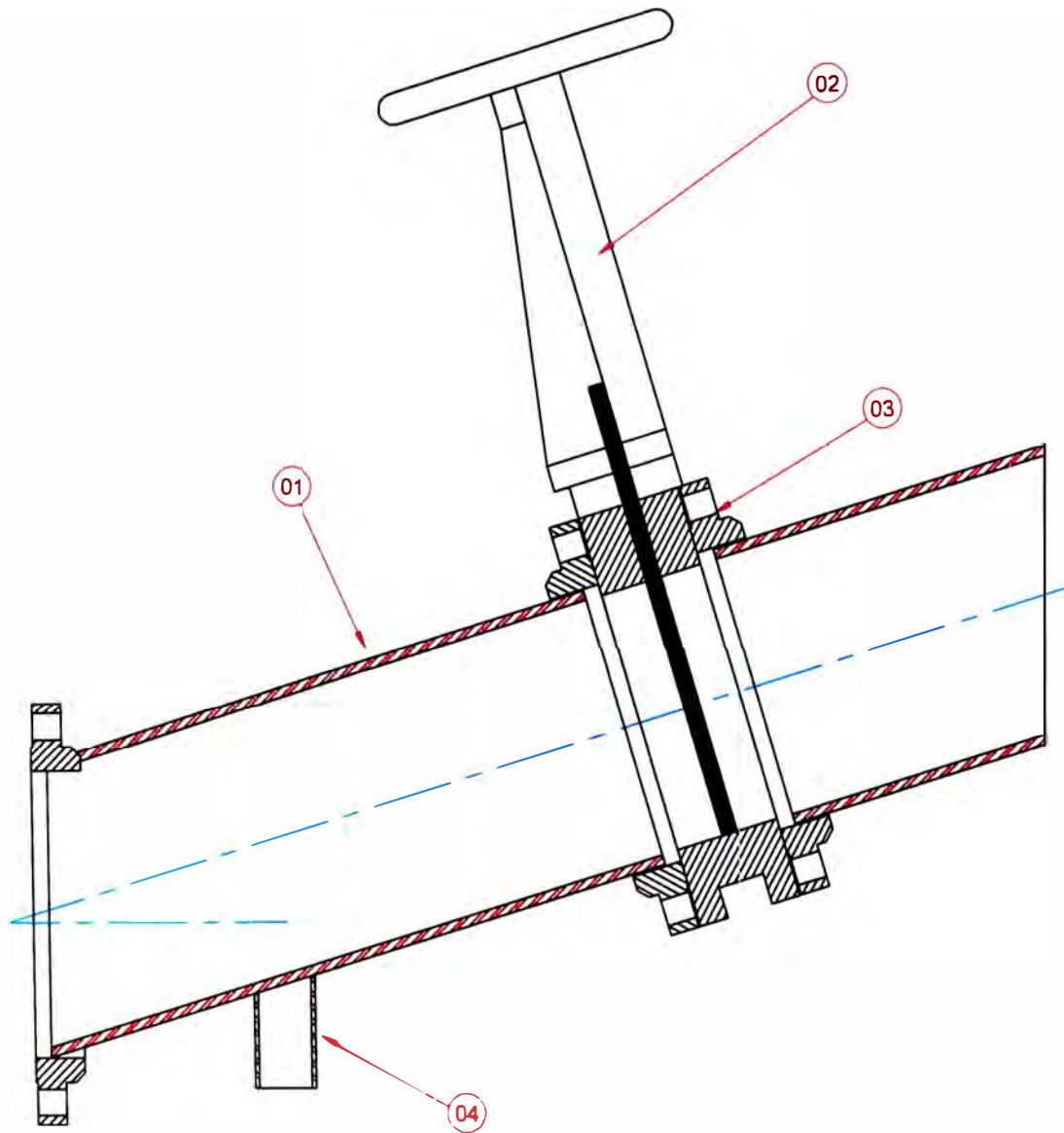
Dpto. de Mantenimiento

Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

Plano de Línea de succión actual
Bomba 4JF

Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 014
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0



h pérdidas = 0.06 m

06	36	Perno acero de Ø7/8" x XXmm	
05	01	Tapón roscado Ø2"	
04	0.1 m	Tubería CS Ø2" sch 40	
03	03	Brida Slip On Ø10" x 150 PSI	
02	01	Válvula cuchilla Ø10" x 150 PSI	
01	0.9 m	Tubería CS Ø10" sch 40	

N°	Cant.	Descripción	Observaciones
----	-------	-------------	---------------

Gerencia de Operaciones



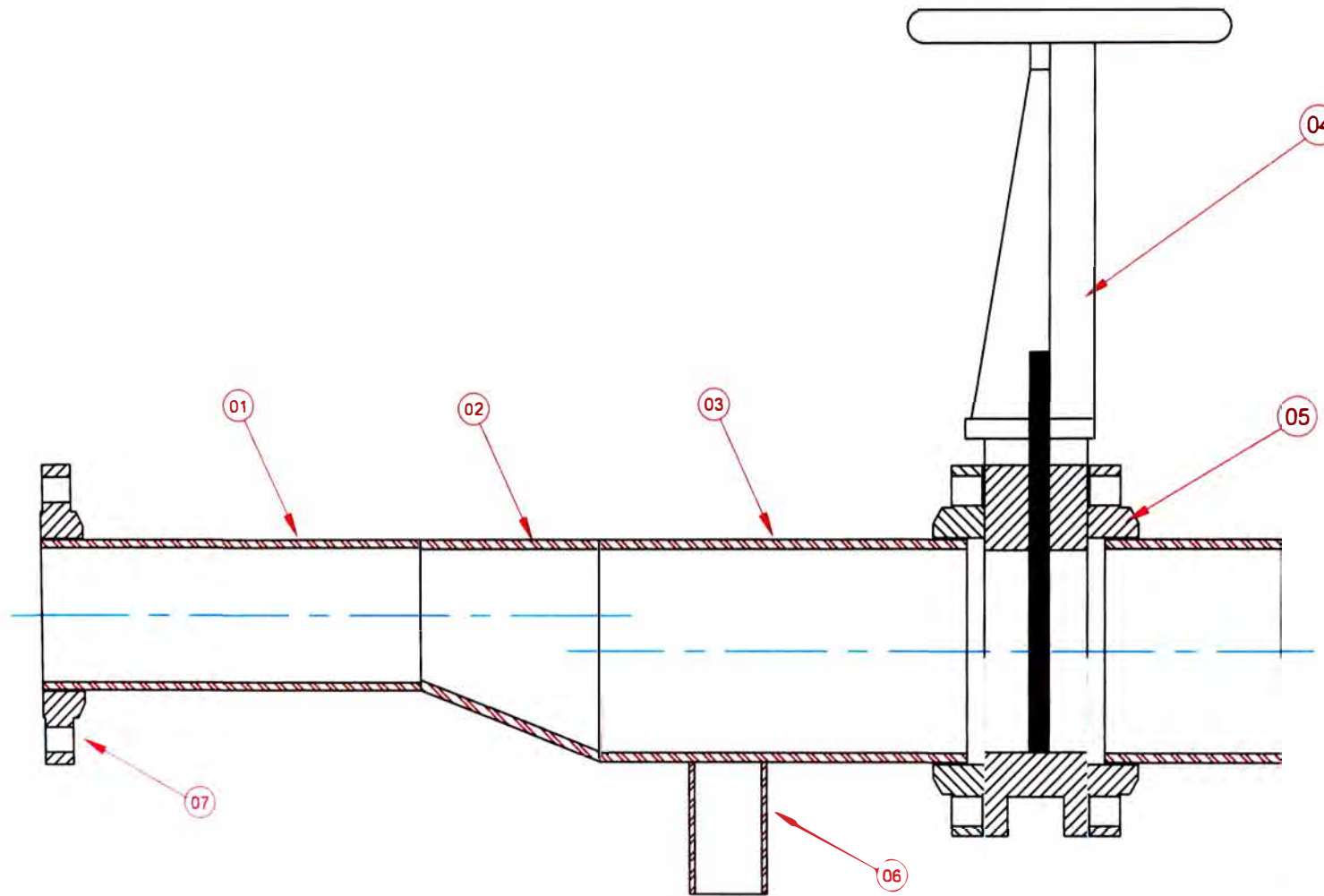
Dpto. de Mantenimiento

Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

Plano de Línea de succión actual
Bomba 4GB

Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 015
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0



22FA : h pérdidas = 0.26 m

4GC : h pérdidas = 0.26 m

5JB : h pérdidas = 0.27 m

10	08	Perno acero de Ø7/8" x XXmm	
09	16	Perno acero de Ø7/8" x XXmm	
08	01	Tapón roscado Ø2"	
07	01	Brida Slip On Ø4" x 150 PSI	
06	0.1 m	Tubería CS Ø2" sch 40	
05	02	Brida Slip On Ø6" x 150 PSI	
04	01	Válvula cuchilla Ø6" x 150 PSI	
03	0.5 m	Tubería CS Ø8" sch 40	
02	01	Reducción excéntrica CS Ø6" x Ø4" sch 40	
01	0.3 m	Tubería CS Ø4" sch 40	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones



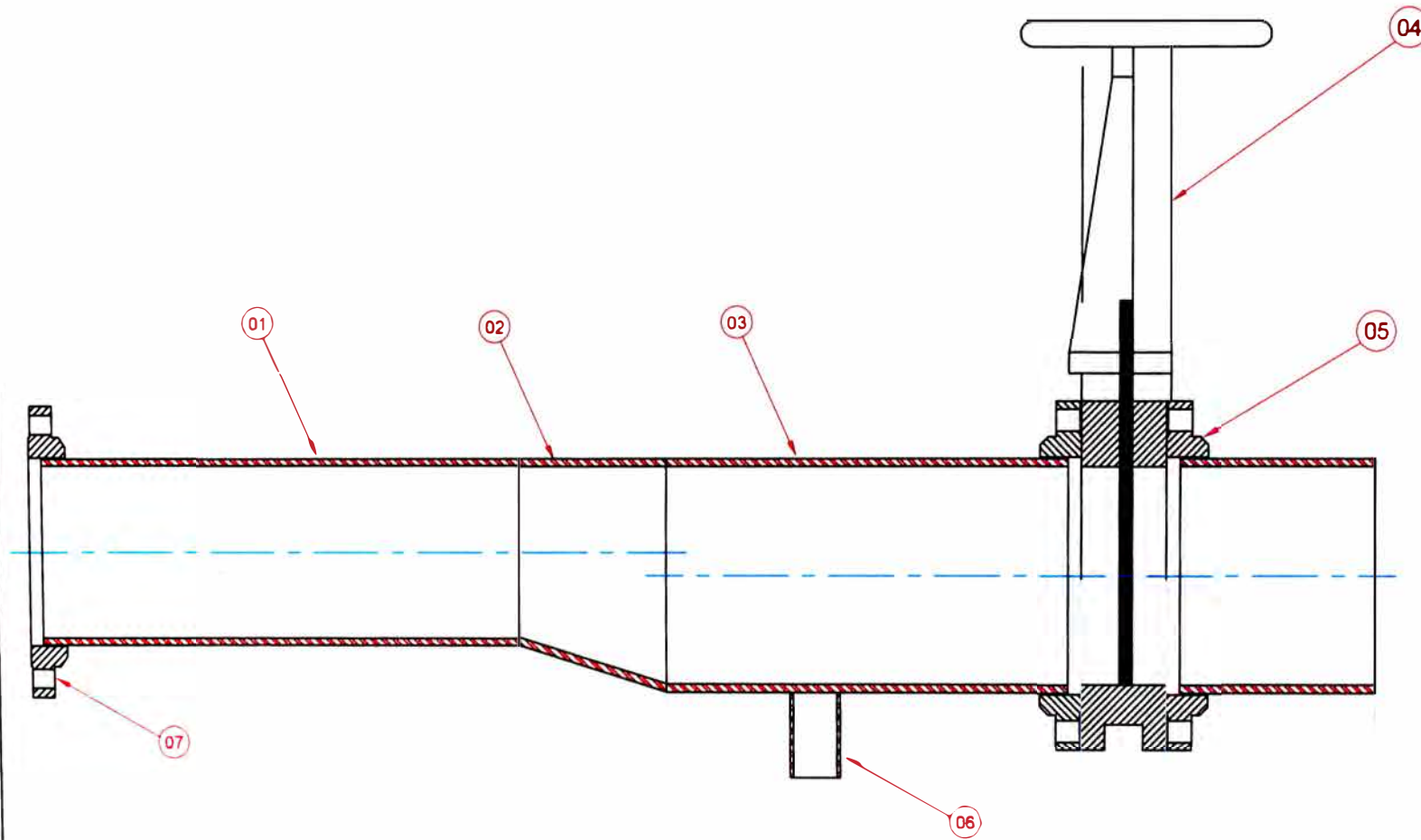
Dpto. de Mantenimiento

Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

Plano de Línea de succión Propuesto
Bomba 22 FA / 4GC / 5JB

Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 016
Revisado:	J.R.	Fecha:	20.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0



h pérdidas = 0.10 m

10	08	Perno acero de Ø7/8" x XXmm	
09	24	Perno acero de Ø1" x XXmm	
08	01	Tapón roscado Ø2"	
07	01	Bnda Slip On Ø8" x 150 PSI	
06	0.1 m	Tubería CS Ø2" sch 40	
05	02	Bnda Slip On Ø10" x 150 PSI	
04	01	Válvula cuchilla Ø10" x 150 PSI	
03	0.8 m	Tubería CS Ø10" sch 40	
02	01	Reducción excéntrica CS Ø10" x Ø8" sch 40	
01	0.6 m	Tubería CS Ø8" sch 40	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

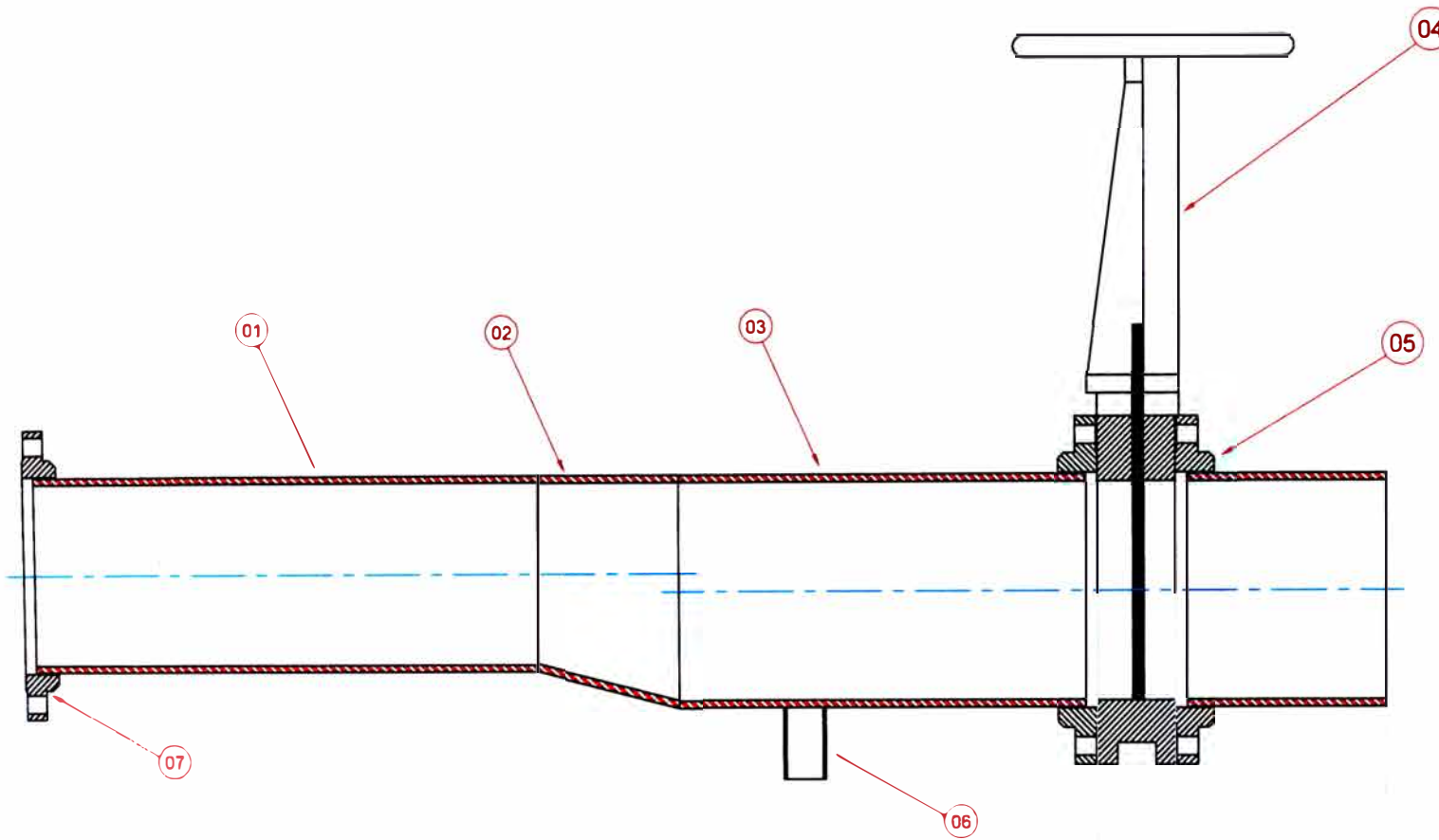
Gerencia de Operaciones
 Dpto. de Mantenimiento

Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

**Plano de Línea de succión Propuesto
 Bomba 4JF**

Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 017
Revisado:	J.R.	Fecha:	20.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 0



h pérdidas = 0.08 m

10	12	Perno acero de Ø1" x XXmm	
09	24	Perno acero de Ø1" x XXmm	
08	01	Tapón roscado Ø2"	
07	01	Brida Slip On Ø10" x 150 PSI	
06	0.1 m	Tubería CS Ø2" sch 40	
05	02	Brida Slip On Ø12" x 150 PSI	
04	01	Válvula cuchilla Ø12" x 150 PSI	
03	0.9 m	Tubería CS Ø12" sch 40	
02	01	Reducción excéntrica CS Ø12"x Ø10" sch 40	
01	0.7 m	Tubería CS Ø10" sch 40	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones



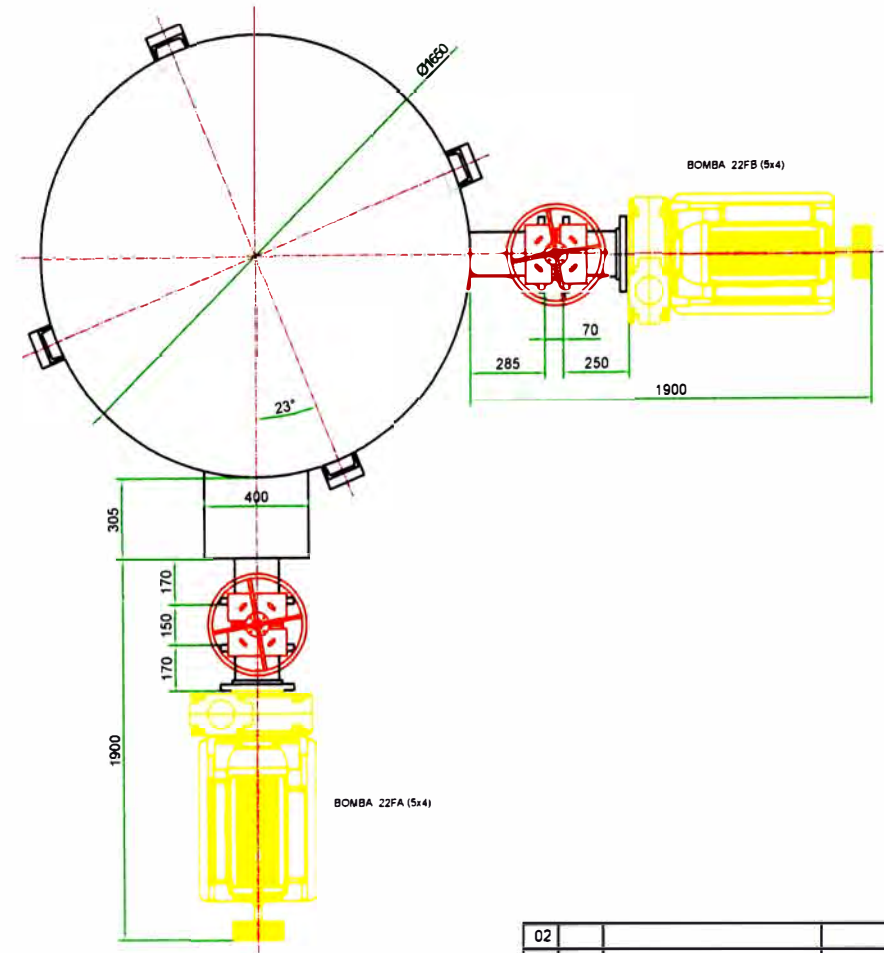
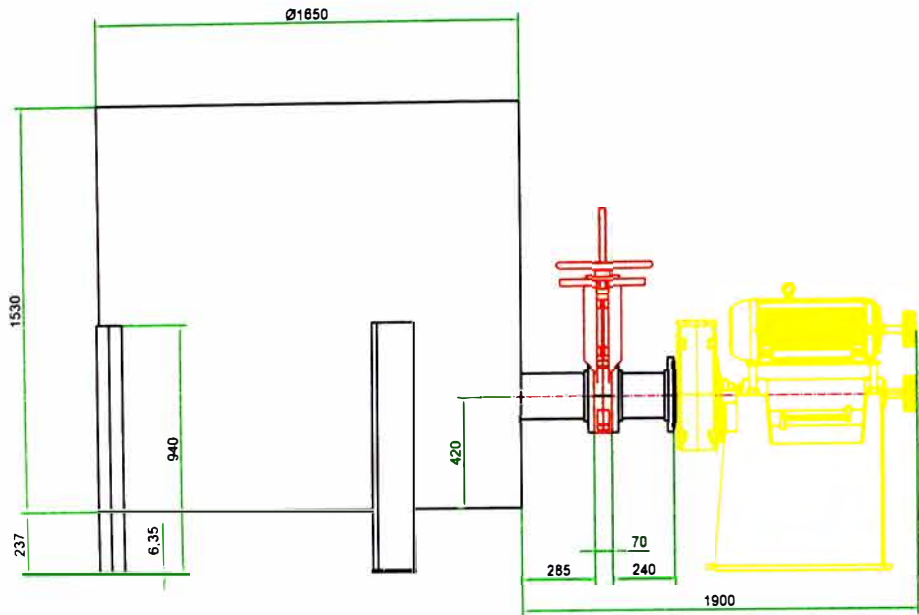
Dpto. de Mantenimiento


Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

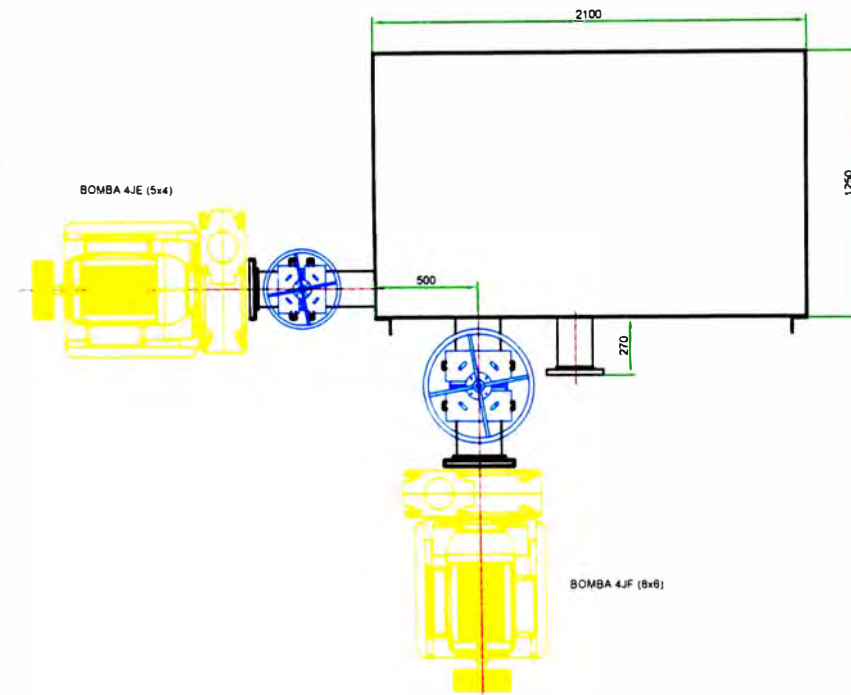
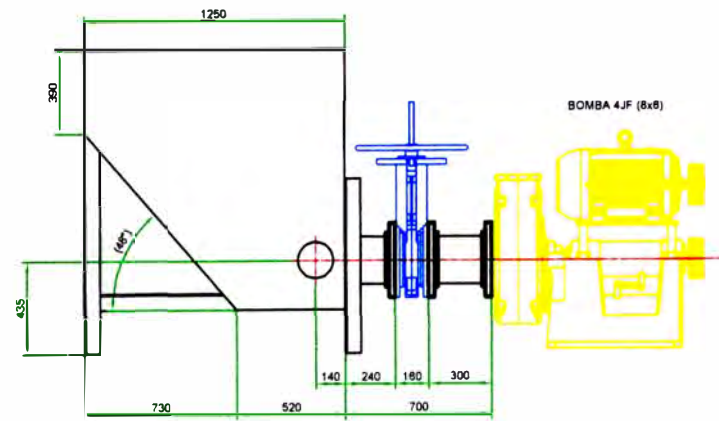
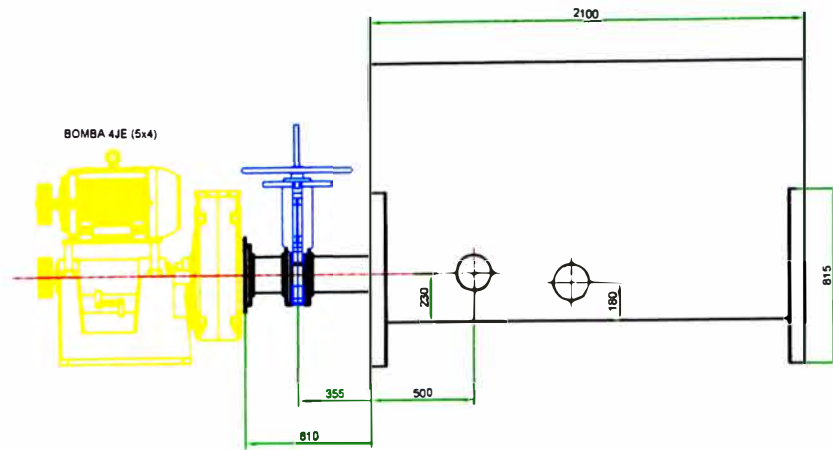
Plano de Línea de succión Propuesto
Bomba 4GB


Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 018
Revisado:	J.R.	Fecha:	20.01.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

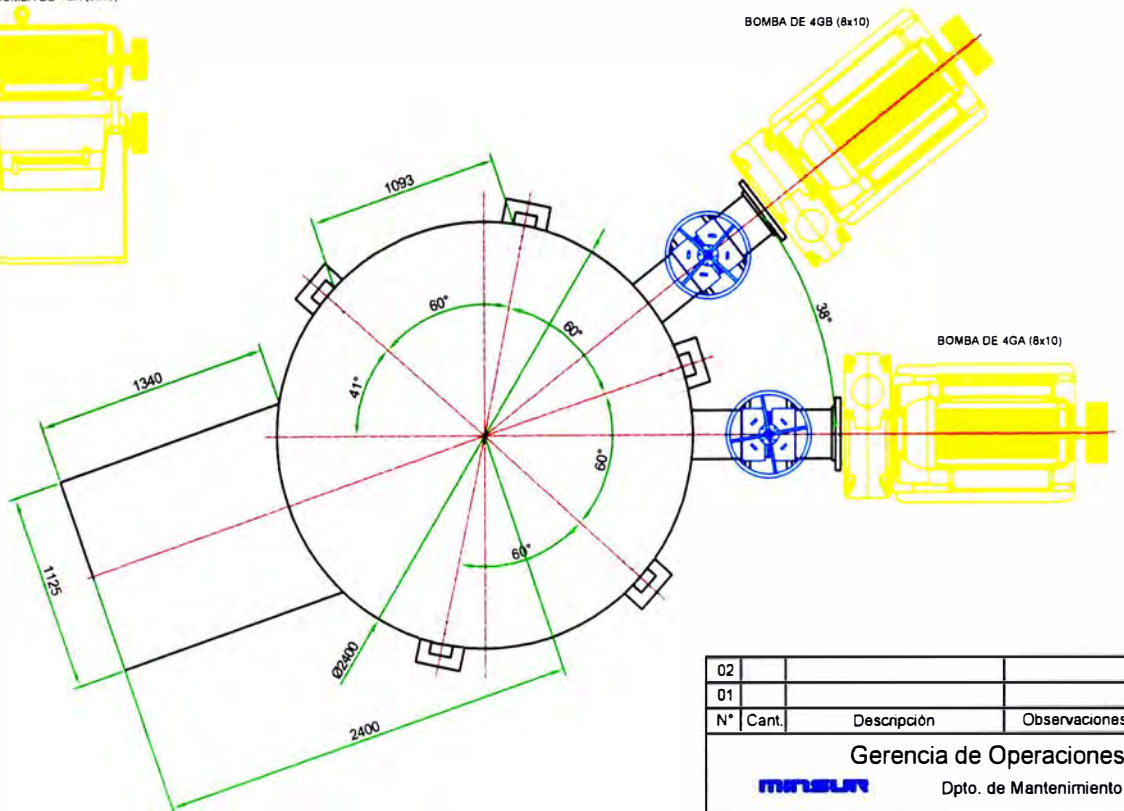
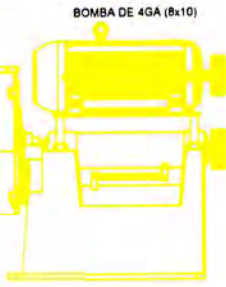
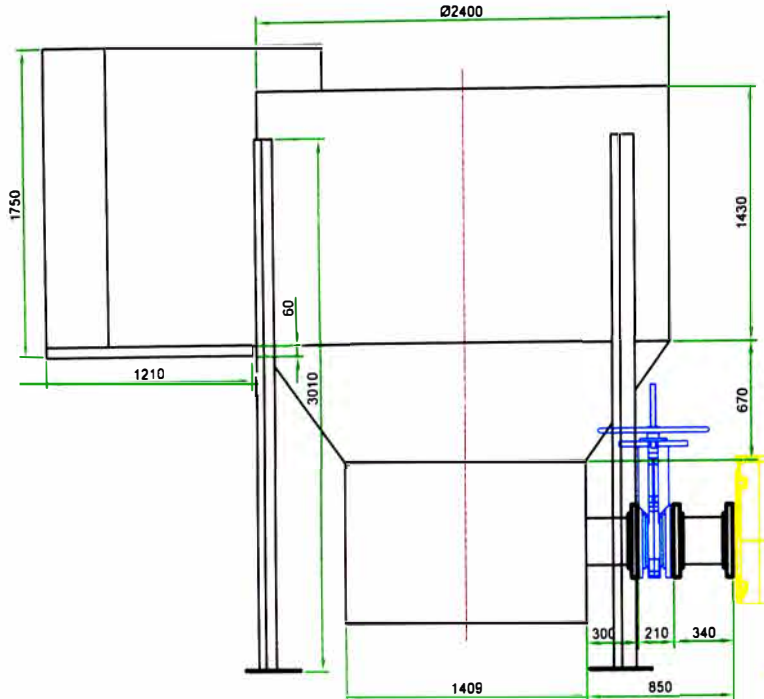
Rev. 0




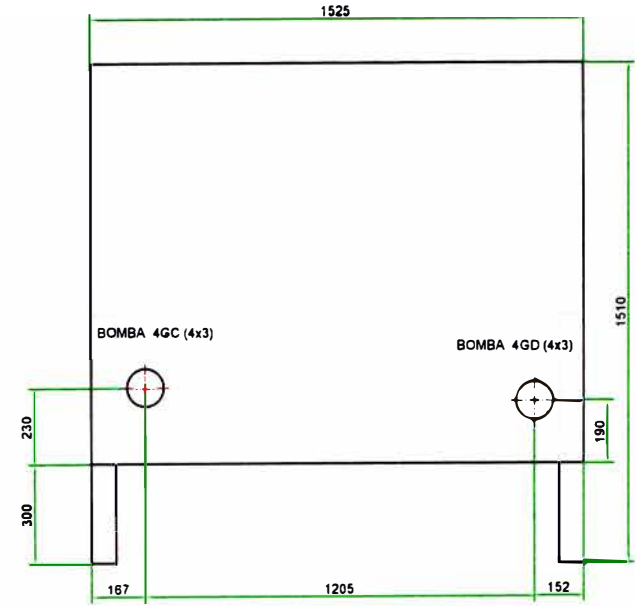
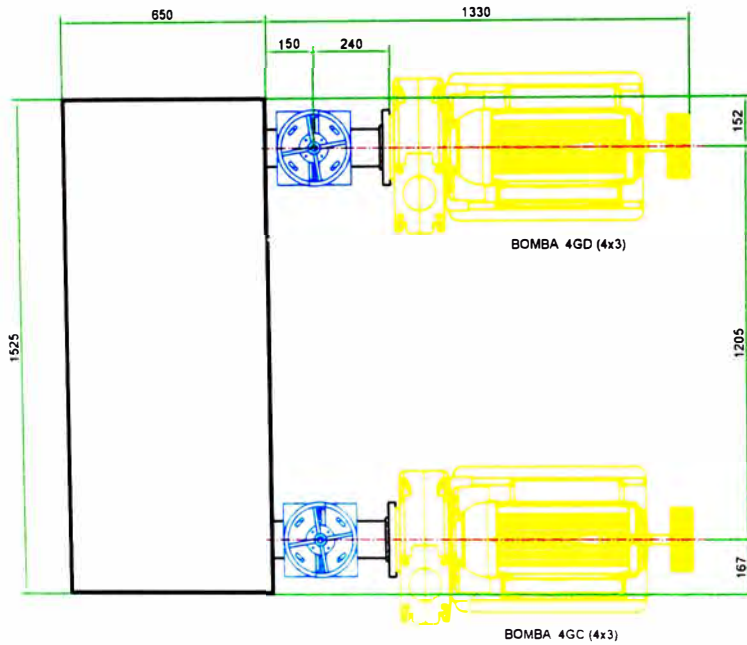
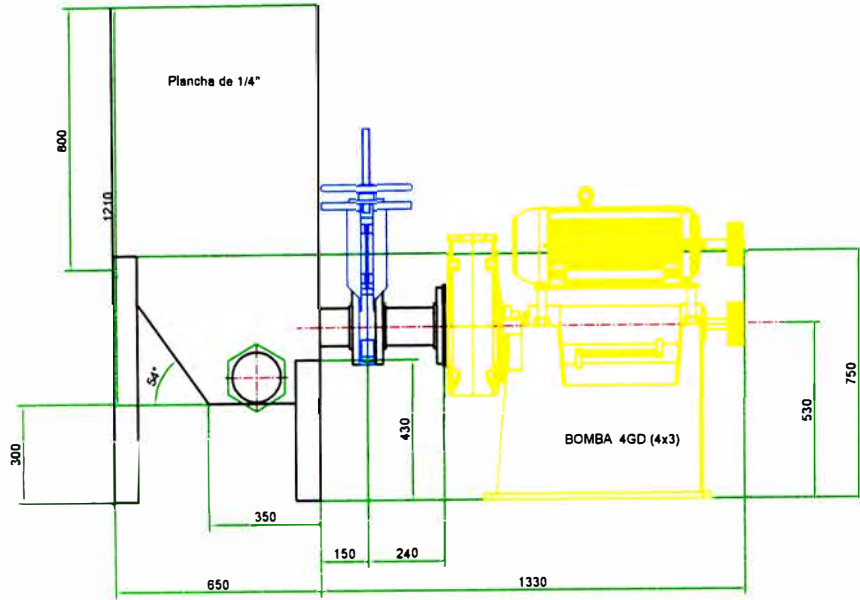
02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto : Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Sumidero actual Bomba 22F A / B			
Dibujado:	J.C.H.	Plano N°	MNT 019
Revisado:	J.R.	Fecha:	20.04.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0




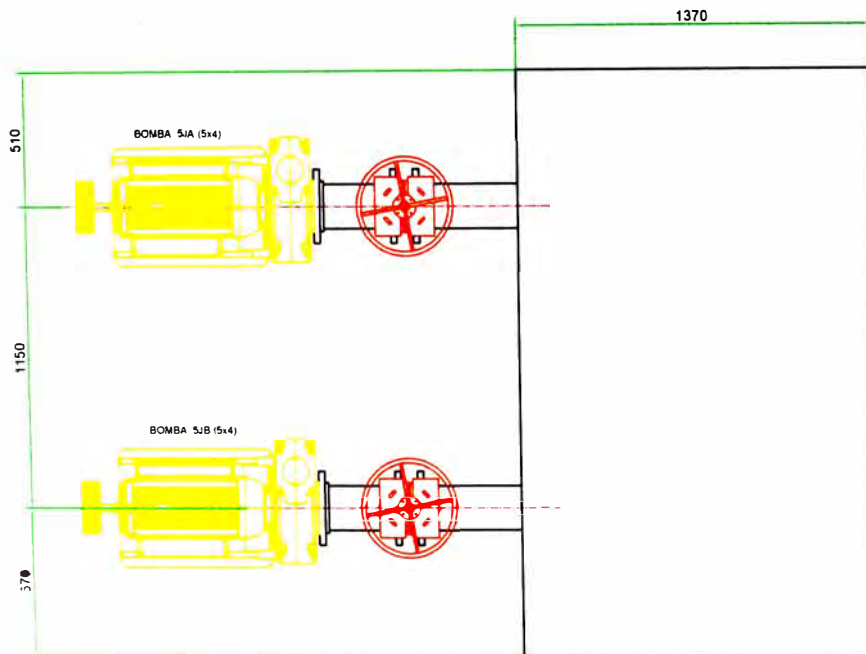
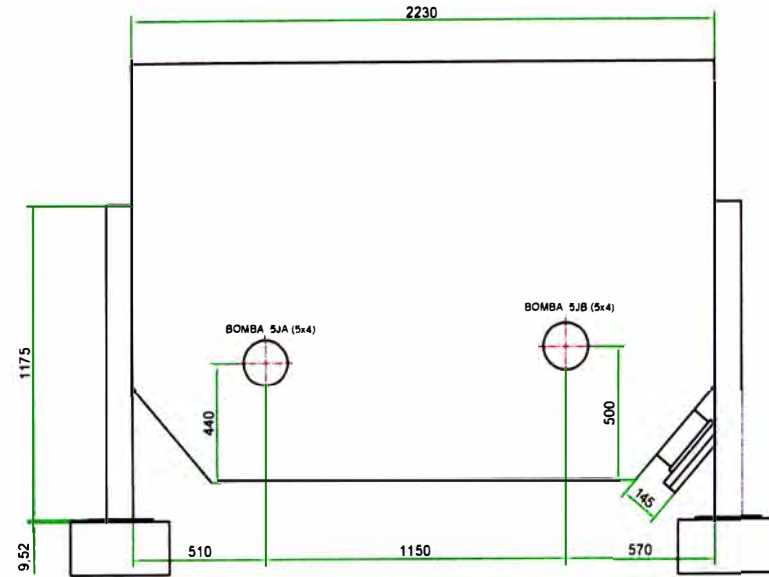
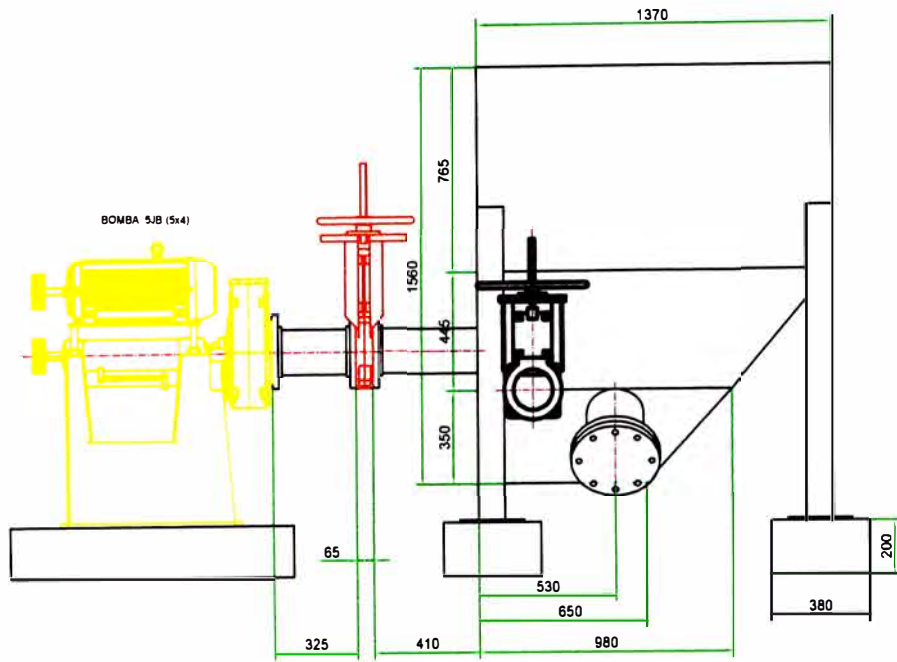
02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto : Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Sumidero actual Bomba 4J E / F			
Dibujado:	J.CH.	Plano N°	MNT 020
Revisado:	J.R.	Fecha:	20.04.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0




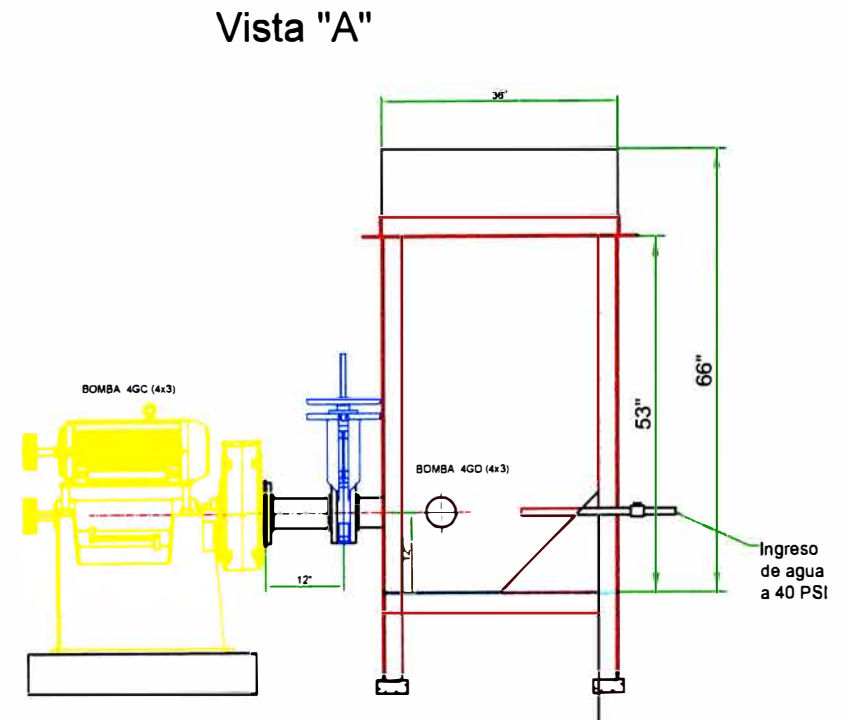
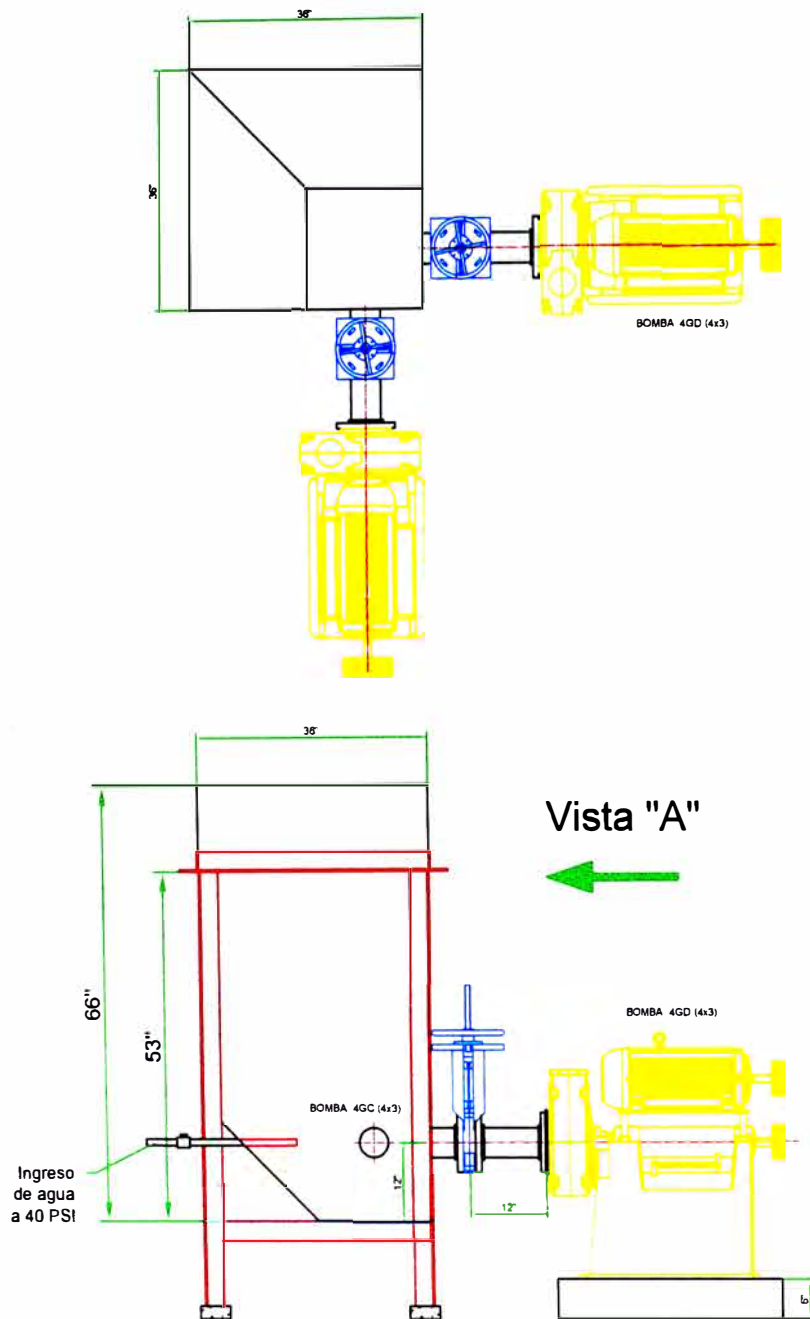
02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto: Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Sumidero actual Bomba 4G A / B			
Dibujado:	J.CH.	Plano N°	MNT 021
Revisado:	J.R.	Fecha:	20.04.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0




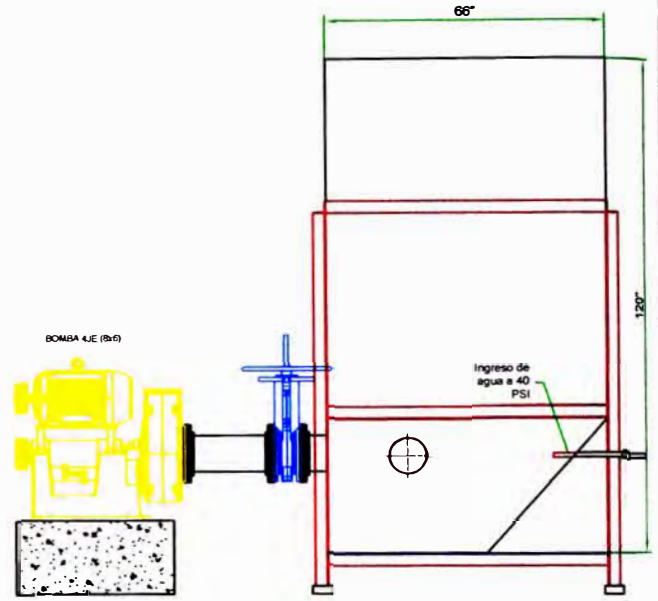
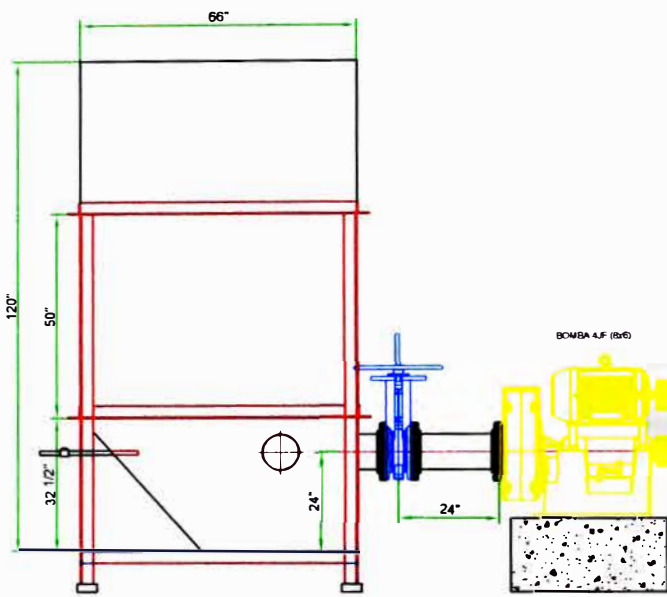
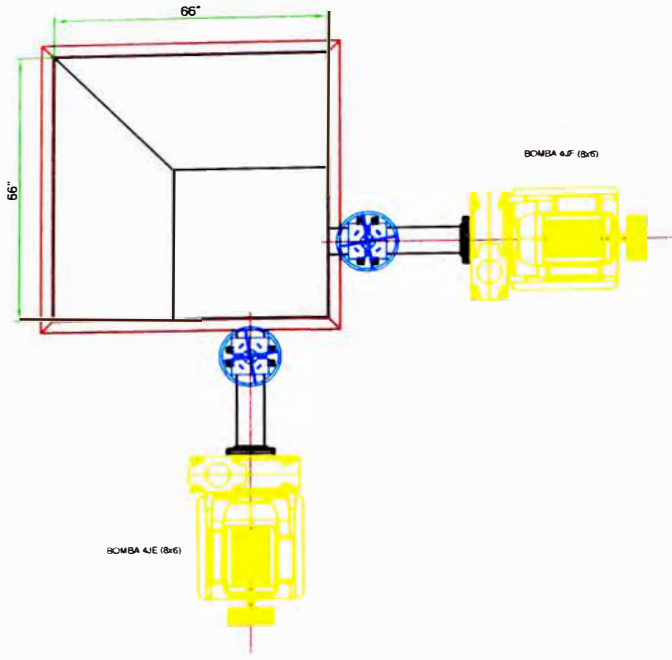
02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Sumidero actual Bomba 4G C / D			
Dibujado:	J.C.H.	Plano N°	MNT 022
Revisado:	J.R.	Fecha:	20.04.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0




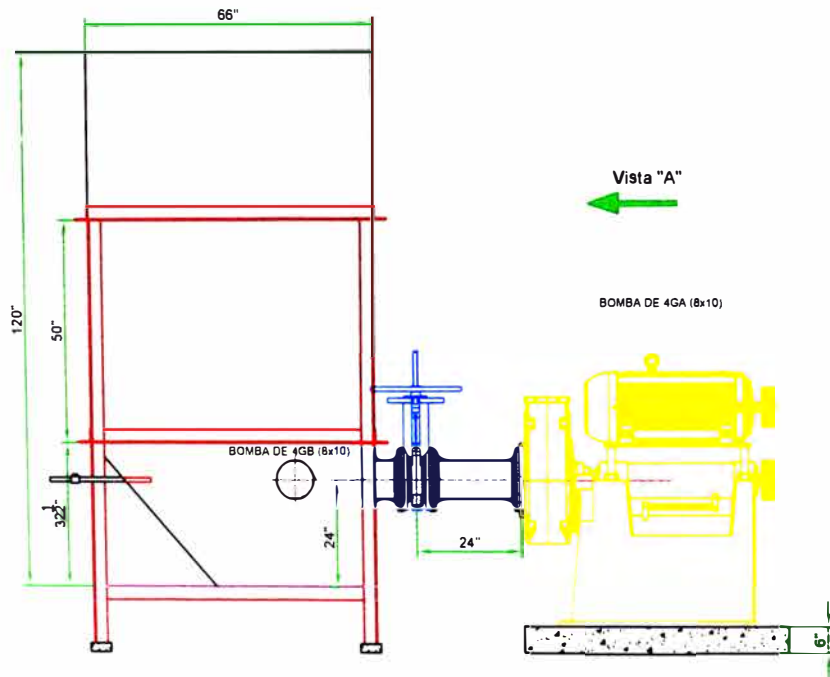
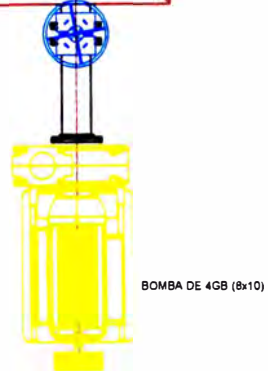
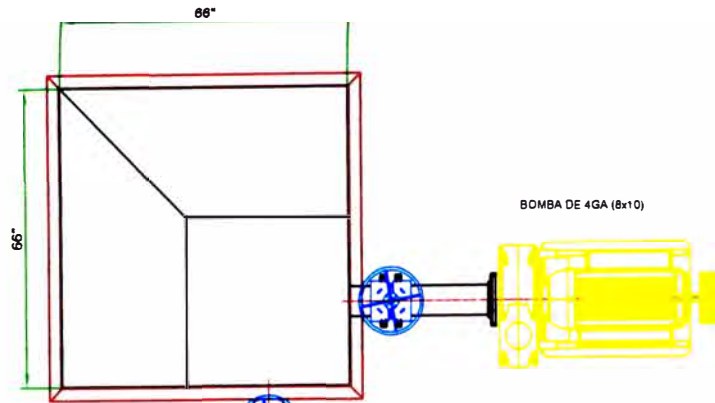
02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Sumidero actual Bomba 5J A / B			
Dibujado:	J.CH.	Plano N°	MNT 023
Revisado:	J.R.	Fecha:	20.04.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0



02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Sumidero Propuesto Bombas 22FA / 4GC / 5JB			
Dibujado:	J.CH.	Plano N°	MNT 024
Revisado:	J.R.	Fecha:	20.04.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0

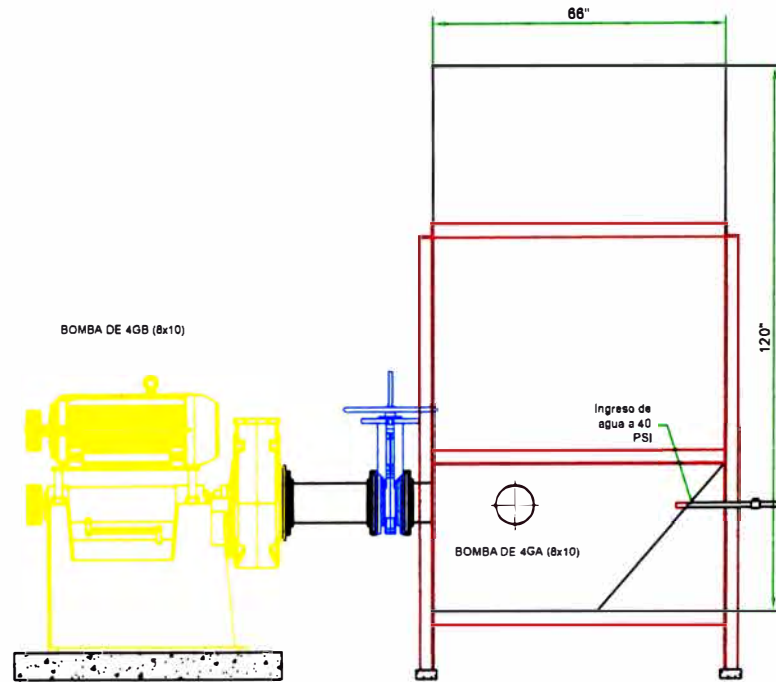



02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto : Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Sumidero Propuesto Bomba 4JF			
Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 025
Revisado:	J.R.	Fecha:	20.04.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0

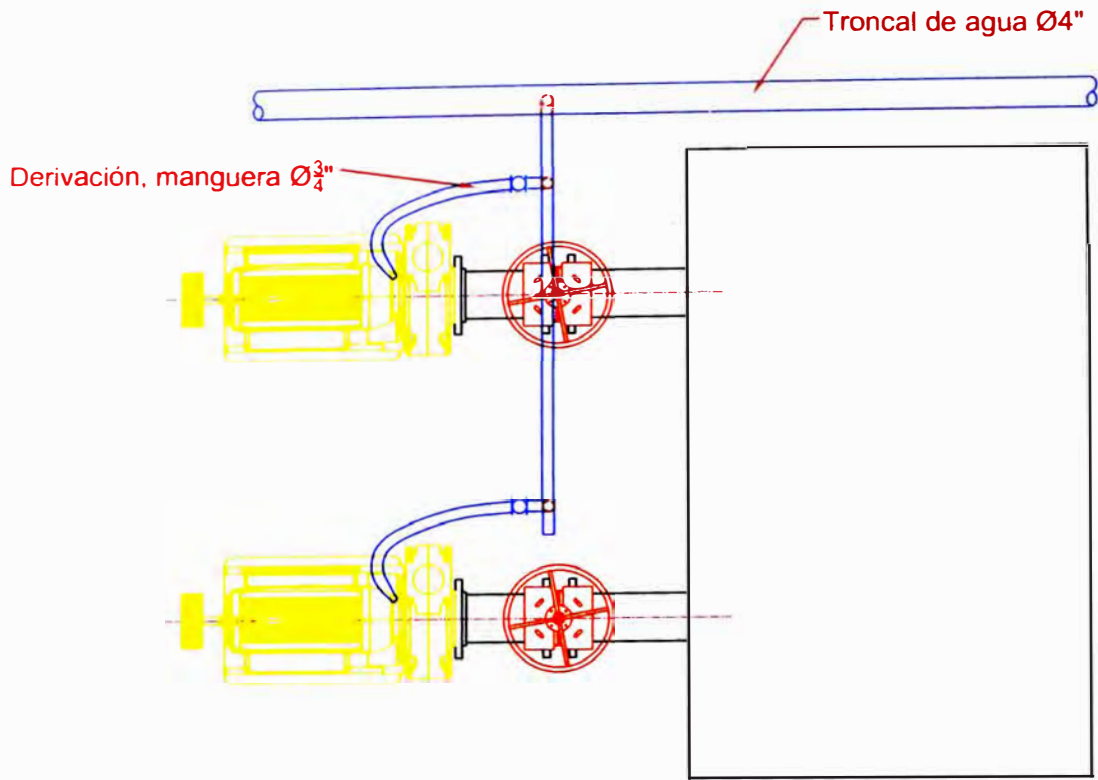


Vista "A"

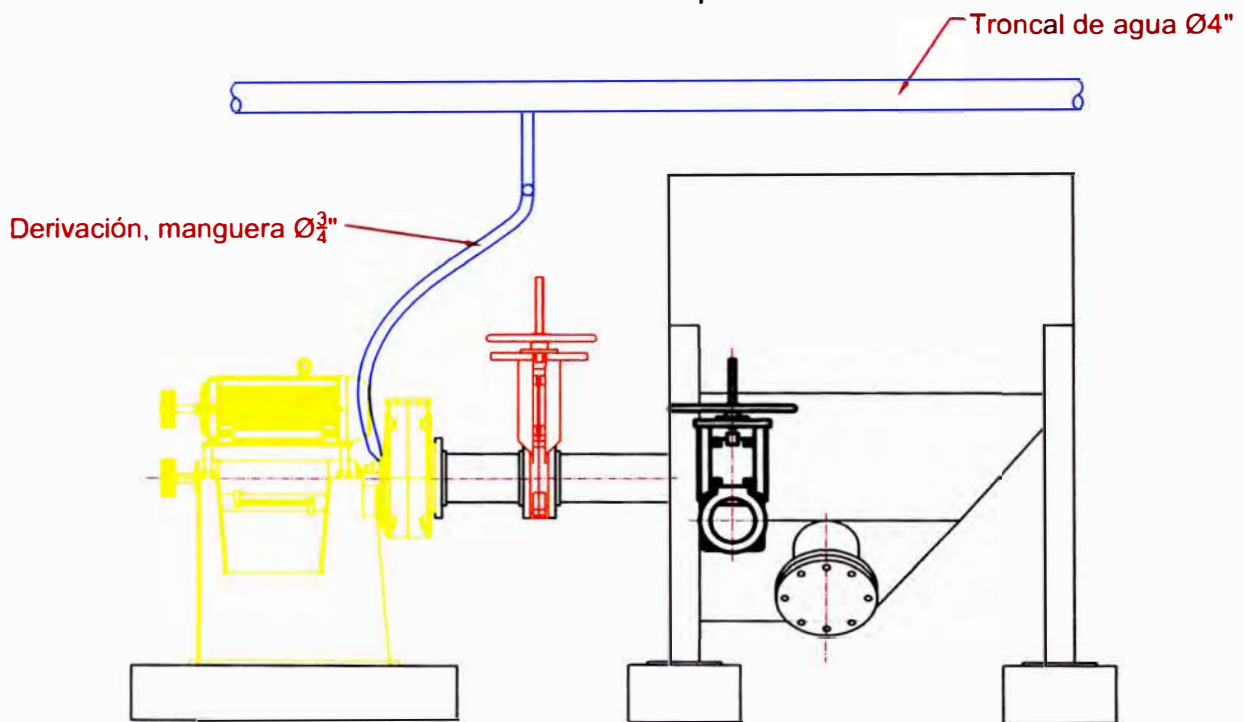
Vista "A"



02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Sumidero propuesto Bomba 4G A / B			
Dibujado:	J.CH.	Plano N°	MNT 026
Revisado:	J.R.	Fecha:	20 04.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0



Vista planta



Vista lateral

N°	Cant.	Descripción	Observaciones
02			
01			

Gerencia de Operaciones

MINSUR

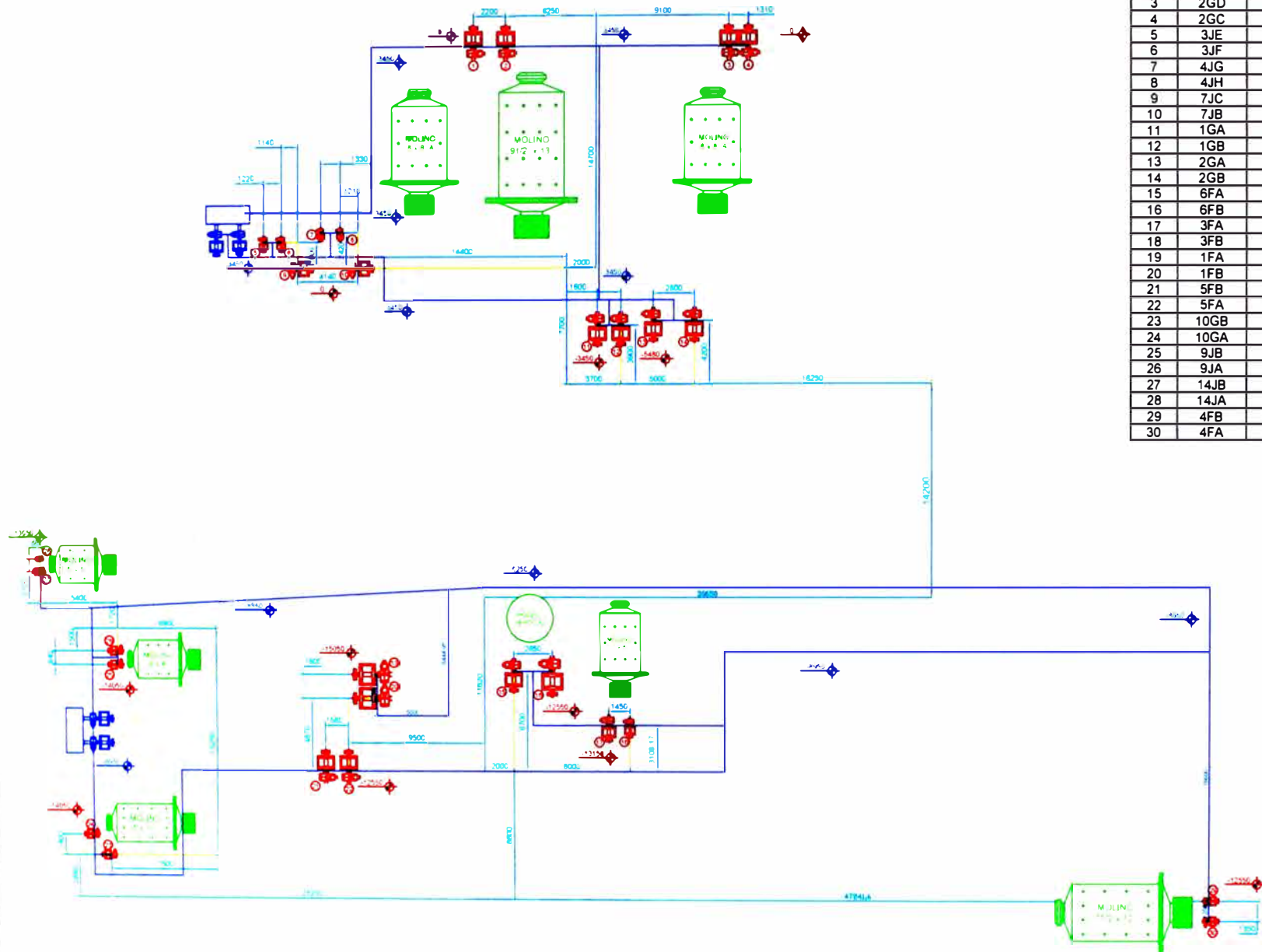
Dpto. de Mantenimiento

Proyecto : Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

Instalación típica de Lubricación en el sello en San Rafael

Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 027
Revisado:	J.R.	Fecha:	15.05.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e

Rev. 1

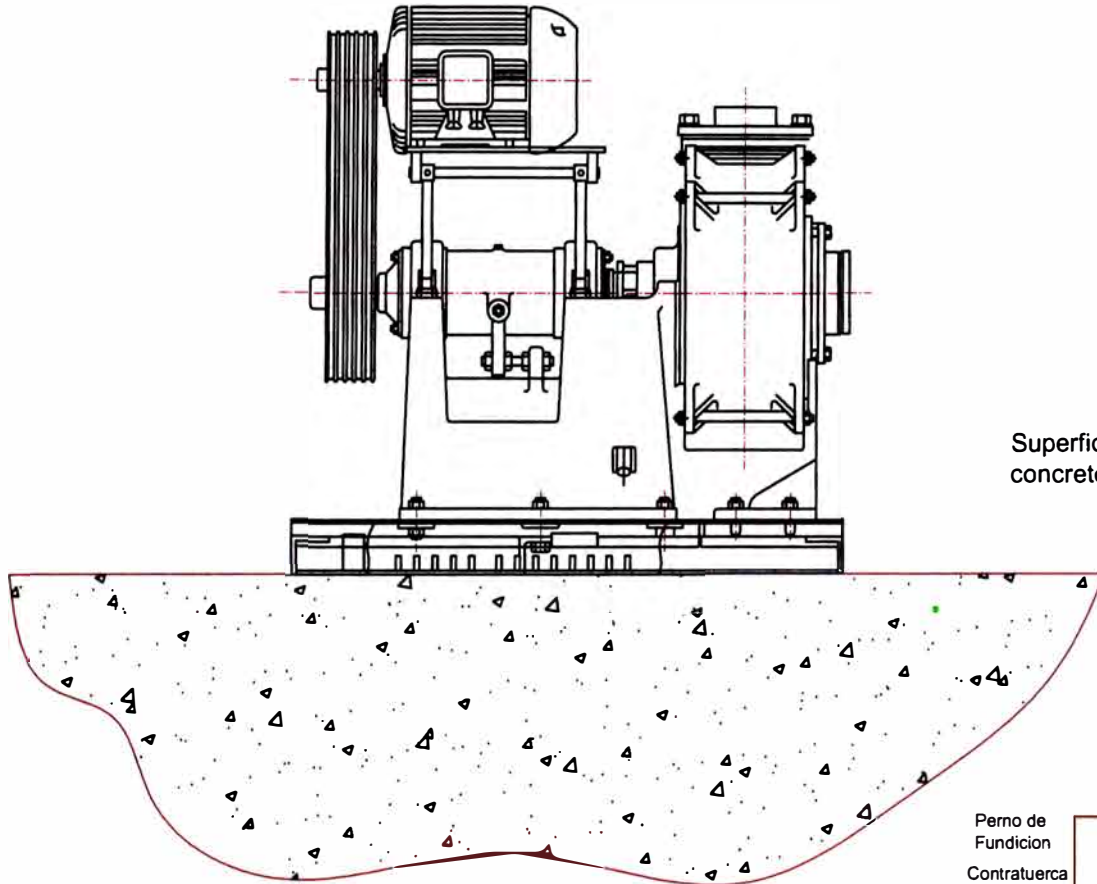


ITEM	CODIGO	DESCRIPCION
1	4GB	Bomba Comesa 10 x 8
2	4GA	Bomba Comesa 10 x 8
3	2GD	Bomba Denver 10 x 8
4	2GC	Bomba Comesa 10 x 8
5	3JE	Bomba Fima 5 x 4
6	3JF	Bomba Fima 5 x 4
7	4JG	Bomba Fima 4 x 3
8	4JH	Bomba Fima 4 x 3
9	7JC	Bomba Comesa 8 x 6
10	7JB	Bomba Comesa 8 x 6
11	1GA	Bomba Comesa 10 x 8
12	1GB	Bomba Comesa 10 x 8
13	2GA	Bomba Comesa 10 x 8
14	2GB	Bomba Comesa 10 x 8
15	6FA	Bomba Denver 10 x 8
16	6FB	Bomba Comesa 12 x 10
17	3FA	Bomba Ash 8 x 6
18	3FB	Bomba Ash 6 x 6
19	1FA	Bomba Worthington 12 x 10
20	1FB	Bomba Worthington 12 x 10
21	5FB	Bomba Fima10 x 8
22	5FA	Bomba Worthington 10 x 8
23	10GB	Bomba Denver 5 x 4
24	10GA	Bomba Denver 5 x 4
25	9JB	Bomba Comesa 5 x 4
26	9JA	Bomba Comesa 5 x 4
27	14JB	Bomba Comesa 4 x 3
28	14JA	Bomba Comesa 2 1/2 x 2
29	4FB	Bomba Denver 5 x 4
30	4FA	Bomba Ash 5 x 4

Leyenda:
 : Recorrido propuesto de la línea troncal de agua de lubricación

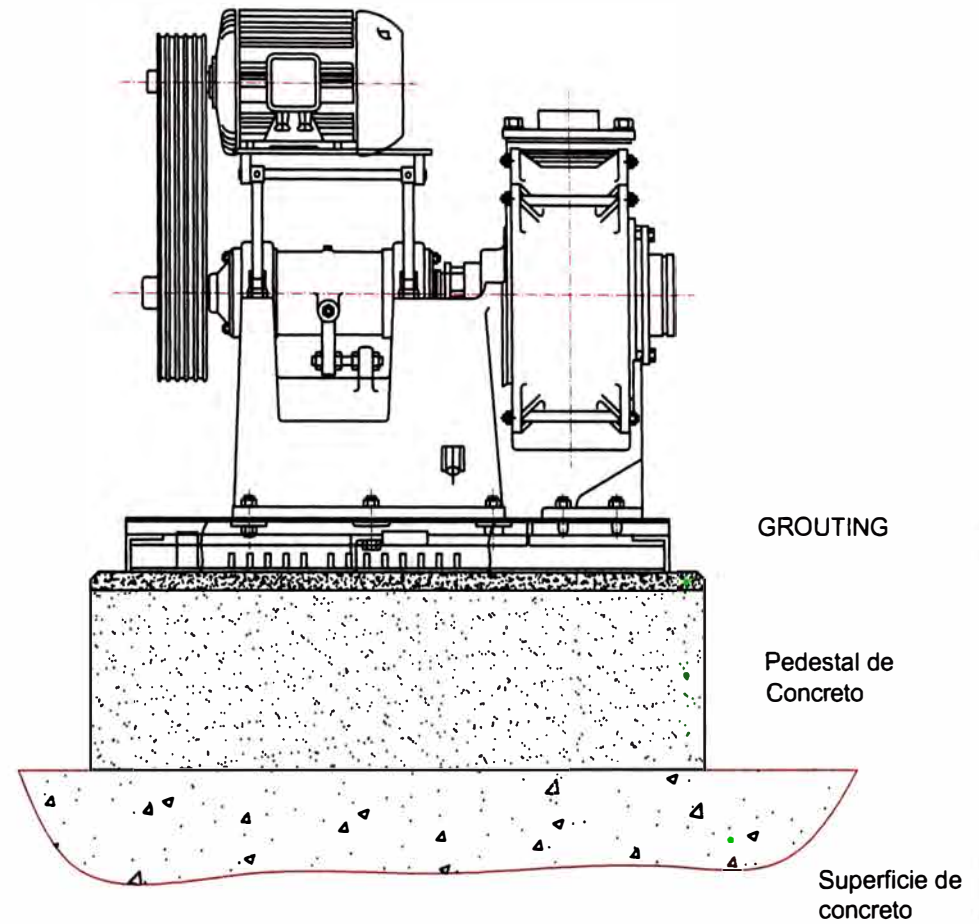
02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas			
Layout para Lubricación centralizada			
Dibujado:	E.A.	Plano N°	MNT 028
Revisado:	J.R.	Fecha:	15.03.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0

INSTALACION ACTUAL



Superficie de
concreto

INSTALACION PROPUESTA



GROUTING

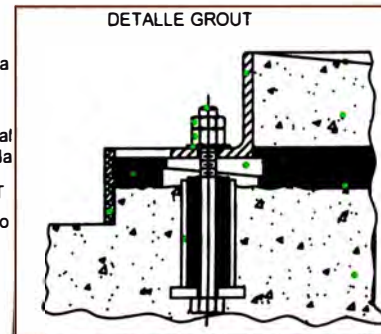
Pedestal de
Concreto

Superficie de
concreto

Angulo Base

Perno de
Fundicion
Contratuercas
Hexagonal
Tuerca
Hexagonal
Arandela
GROUT
Refuerzo
Madera
Camisa

DETALLE GROUT



Inclinacion para
Drenar
Concreto
Cuña
Superficie rugosa
para correcto
asentamiento de
GROUT
Fundicion de
Concreto

02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones

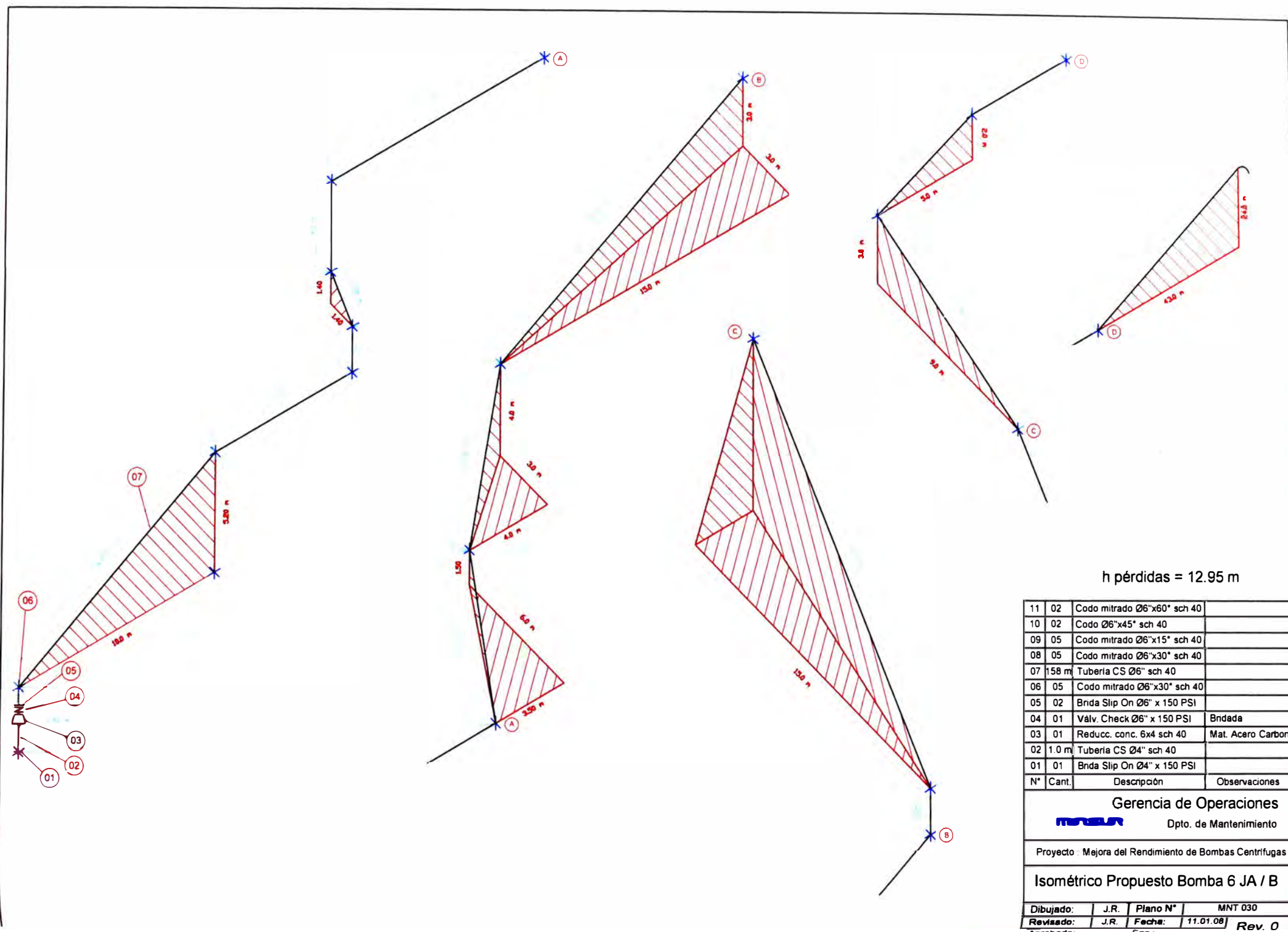


Dpto. de Mantenimiento

Proyecto : Mejora del Rendimiento de Bombas Centrifugas

Detalle de Grouting

Dibujado:	J.CH.	Plano N°	MNT 029
Revisado:	J.R.	Fecha	15.04.08



h pérdidas = 12.95 m

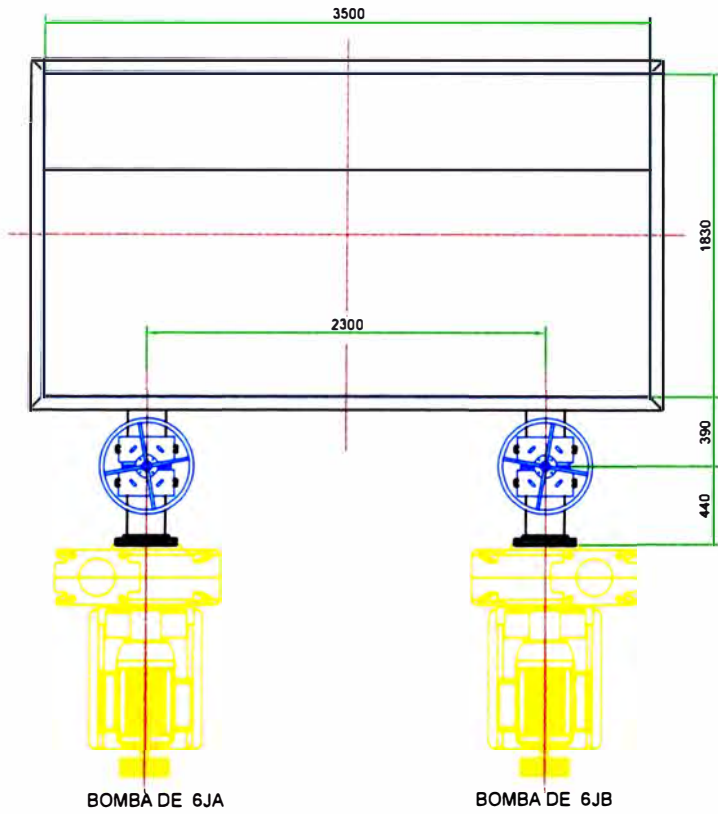
11	02	Codo mitrado Ø6"x60" sch 40	
10	02	Codo Ø6"x45" sch 40	
09	05	Codo mitrado Ø6"x15" sch 40	
08	05	Codo mitrado Ø6"x30" sch 40	
07	158 m	Tubería CS Ø6" sch 40	
06	05	Codo mitrado Ø6"x30" sch 40	
05	02	Brida Slip On Ø6" x 150 PSI	
04	01	Válv. Check Ø6" x 150 PSI	Bndada
03	01	Reducc. conc. 6x4 sch 40	Mat. Acero Carbono
02	1.0 m	Tubería CS Ø4" sch 40	
01	01	Bnda Slip On Ø4" x 150 PSI	
N°	Cant.	Descripción	Observaciones

Gerencia de Operaciones
 Dpto. de Mantenimiento

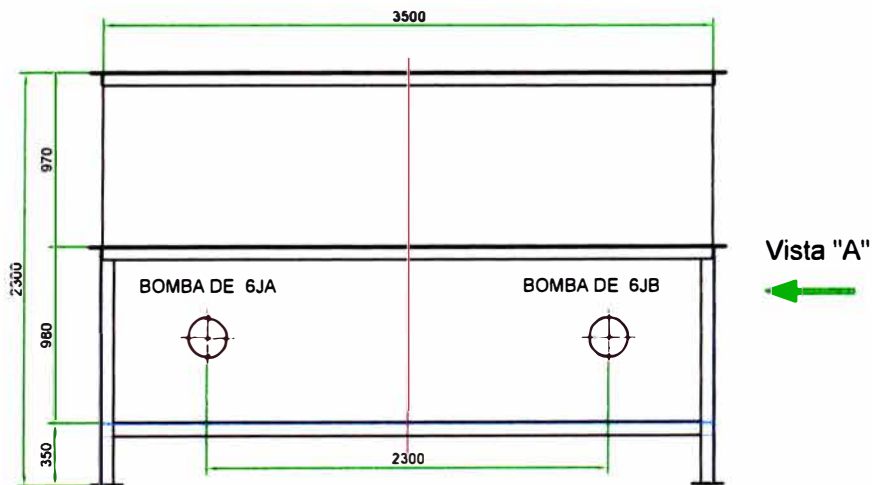
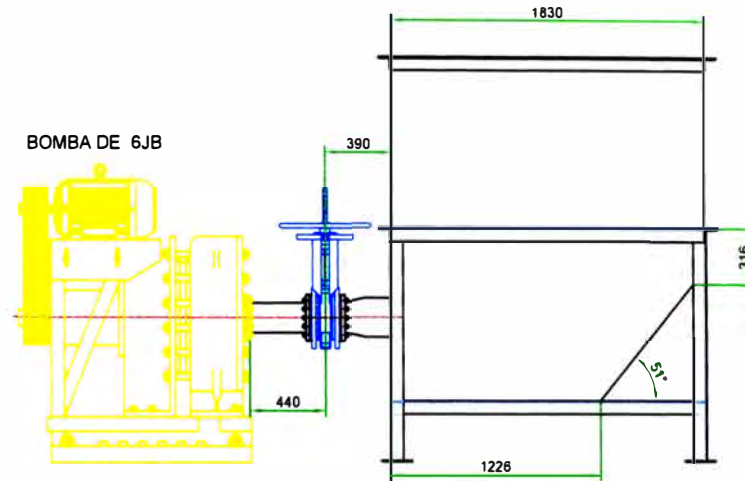
Proyecto : Mejora del Rendimiento de Bombas Centrífugas

Isométrico Propuesto Bomba 6 JA / B

Dibujado:	J.R.	Plano N°	MNT 030
Revisado:	J.R.	Fecha:	11.01.08
Aprobado:		Fsc:	Rev. 0



VISTA "A"



02			
01			
N°	Cant.	Descripción	Observaciones
Gerencia de Operaciones  Dpto. de Mantenimiento			
Proyecto : Mejora del Rendimiento de Bombas Centrífugas			
Sumidero Bomba 6J A/B			
Dibujado:	J.CH.	Plano N°	MNT 031
Revisado:	J.R.	Fecha:	15.04.08
Aprobado:	J.R.	Esc.:	s/e
			Rev. 0

APENDICE

APENDICE 2

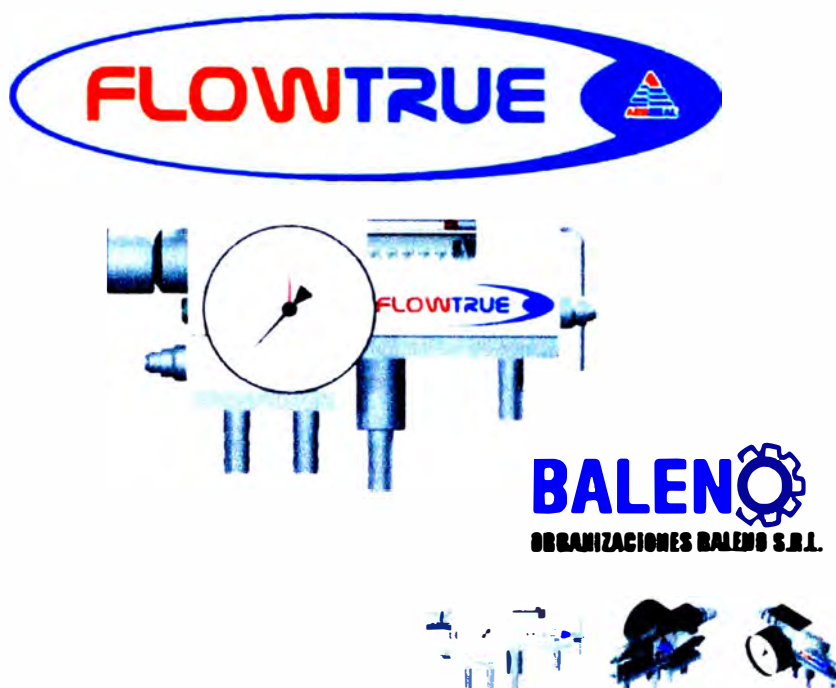


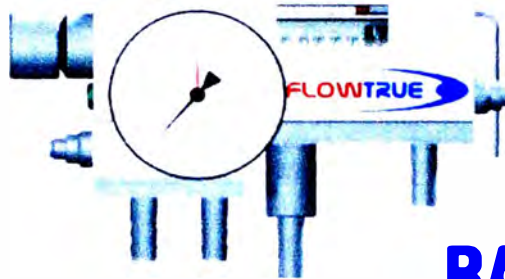
Figura N° 1

¿Que es un FLOWTRUE de AESSEAL?

- FLOWTRUE es un dispositivo de control de flujo completamente patentado.
- La gama del producto es diseñado para ser usado en bridas de empaque y sellos mecanicos.
- FLOWTRUE reduce tremendamente la cantidad de agua necesaria para lubricar y enfriar el setto.
- Significativamente disminuye los costos en plantas de agua y tratamiento de efluentes.



Figura N° 2



BALENO
ORGANIZACIONES BALENO S.R.L.



Figura N° 3

Características Basicas

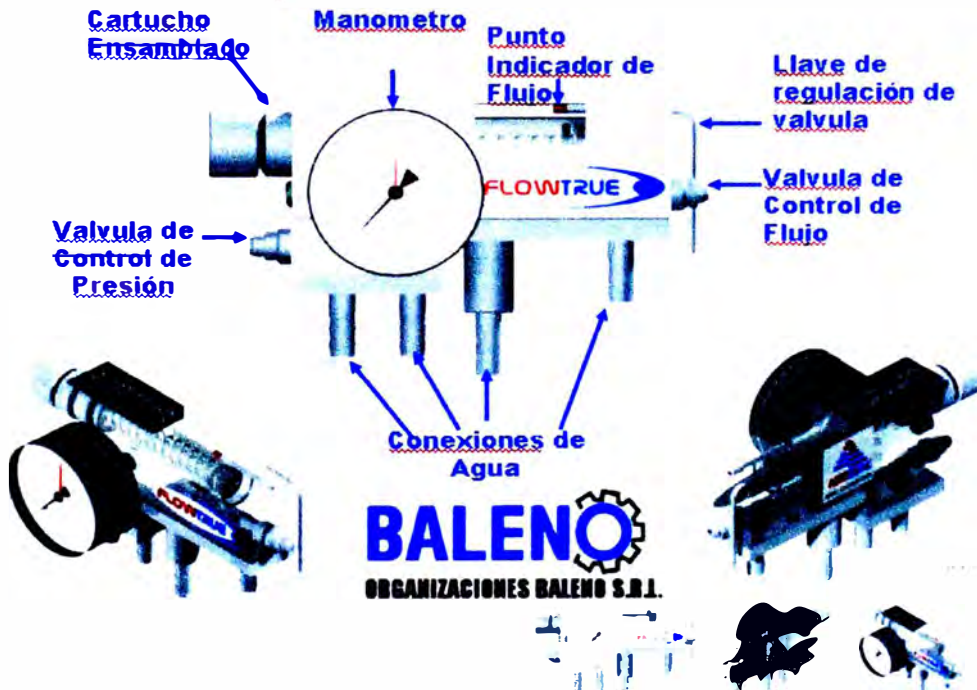


Figura N° 4

FLOWTRUE

Características	Beneficios
Mecanismo de limpieza Innovador de flujo tubular	El dispositivo puede ser limpiado sin interrupción de flujo y presión al sello
Valvulas segmentarias únicas	Previene al FLOWTRUE de trabarse
Valvula de no retorno integrada	Protege el abastecimiento de agua de la planta contra la contaminación del producto.
Diseño Modular	Asegurarse que el dispositivo pueda ser fácilmente simplificado, aumentado y/o reparado.

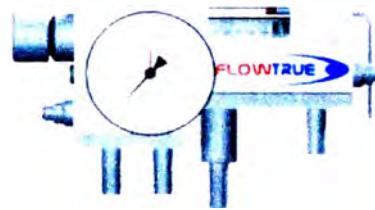


Figura N° 5

FLOWTRUE Instalación en Sello Simple & Empaquetadura

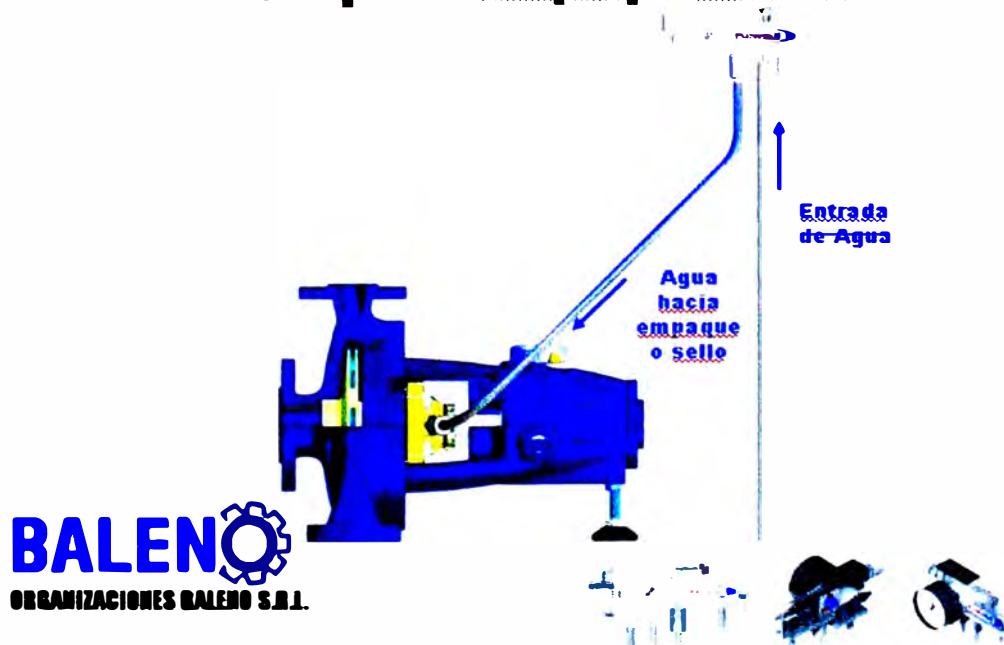


Figura N° 6

FLOWTRUE Instalación en Sello Doble



Figura N° 7



¿PORQUE USAR FLOWTRUE?



Figura N° 8

Construcción de Cartucho

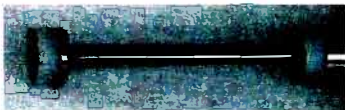


- Los cartuchos son intecambiables, permitiendo la mejora economica y fácil reparación del producto.
- Una función de limpieza segura, el cual no interrumpa la presión y el flujo.
- Elementos no flexibles dentro del canal de flujo, el cual asegura un mayor flujo continuo.



Figura N° 9

Diseño Cartucho

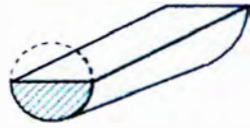


- FLOWTRUE es menos probable de trabarse comparado con los diseños de competidores, debido a su diseño cartucho.
- El cartucho es afilada y no hay uso de rodamientos de bolas. Las ventajas de esto se ilustran en la diapositiva siguiente.



Figura N° 10

DISEÑO CARTUCHO FLOW TRUE



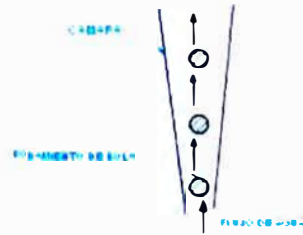
CARTUCHO FLOW TRUE EN CÁMARA



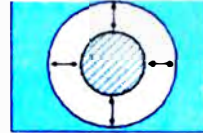
LUCES APRECIABLES SIGNIFICAN QUE HAY MENOR PROBABILIDAD DE TRABAMIENTO

BALENO
ORGANIZACIONES BALENO S.R.L.

COMPETIDORES



UN FLUJO GRANDE PRODUCE GRANDES SEPARACIONES ENTRE EL RODAMIENTO DE BOLA Y LA CÁMARA, PERMITIENDO EL ALIVIO SIN CONTROL DE UN MAYOR VOLUMEN DE AGUA



EN UN FLUJO MAS BAJO LAS SEPARACIONES SON MUY PEQUEÑAS LO CUAL PRODUCE UN CAMBIO CRECIENTE DEL TRABAMIENTO EN CUALQUIER CASO AL HAY UNA MAYOR OCUSIÓN DE TRABAMIENTO DEL DISPOSITIVO DE LOS COMPETIDORES DEBIDO AL EFECTO CORREA



Figura N° 11

Valvula de Doble Canal



- Valvula de doble abertura.
- No bloquea tan fácilmente como un tipo de valvula de aguja. Ver la diapositiva siguiente para una ilustración.
- Entrada maximizada de la válvula para flujos inferiores.
- Mas preciso para flujos inferiores.

BALENO
ORGANIZACIONES BALENO S.R.L.



Figura N° 12

Accesorios Opcionales



Manometro de total
acero inoxidable



Soporte de
montaje a piso



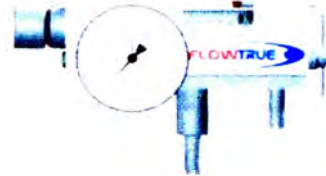
Cuerpo resistente al acido



Interruptor de Alarma



Soporte de
Montaje



Control de flujo solamente



Figura N° 15

APENDICE 3

Grout Epóxico EUCO



THE EUCLID CHEMICAL COMPANY
19218 REEDWOOD ROAD - CLEVELAND OH 44110
www.euclidchemical.com

E³-HP[®]



SISTEMA DE MORTERO EPOXICO DE GRAN RENDIMIENTO

E³-HP es un standard de rendimiento para grouts epóxicos. **E³-HP** está diseñado con nueva tecnología en resinas. Además, una mezcla de agregado patentada ha creado un grout que supera todos las normas de rendimiento actuales. Este producto se caracteriza por su poca contracción, alta **E³-HP** es la mejor opción para las instalaciones con epóxico más difíciles y exigentes

PROPIEDADES:

DENSIDAD : 2 kg/lit ± 0.02

Apariencia

E³-G es un sistema de grout epóxico de tres partes que consiste de una Parte A (resina), Parte B (endurecedor) y Parte C (agregado). Una vez mezclado y colocado, su color es similar al del concreto aunque el grout puede aparecer siempre ligeramente más oscuro que el concreto circundante.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Turbinas, compresores o maquinaria sometida a cargas dinámicas.
- Areas industriales que requieren

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

- Rápido regreso a labores normales
- Alta resistencia química
- Excelente adherencia de cimientos a placas de estructuras base
- Excelente soporte de carga
- Estable en secciones profundas o gruesas

RENDIMIENTO

Una unidad de 0.014 m³ de **E³-HP** cubrirá aproximadamente 0.6 m² cuando se coloca a una profundidad de cobertura de 25 mm.
Una unidad de 0.057 m³ de **E³-HP** cubrirá aproximadamente 2.2 m² cuando se coloca a una profundidad promedio de 25 mm.

	<u>0.014 m³</u>	<u>0.057 m³</u>
Parte A. Resina	3.3 litros	13.0 litros
Parte B. Endurecedor	0.4 litros	1.67 litros
Parte C de Relleno		

Agregado 1 saco de 27.2 kg 4 sacos de 27.2 kg

Se puede ajustar agregado **E³-HP** para lograr la fluidez deseada :

Carga de Agregado Rendimiento

4 (sacos)	0.057 m ³
3.75 (sacos)	0.054 m ³
3.50 (sacos)	0.050 m ³
3.25 (sacos)	0.047 m ³
3.00 (sacos)	0.044 m ³

INFORMACION TECNICA

Resultados Típicos de Ingeniería

Los siguientes resultados fueron generados bajo condiciones de laboratorio

Resistencia a la Compresión

ASTM C-579 Cubos de 50 mm

<u>Edad</u>	<u>Resistencia</u>
24 horas	560 kg/cm ²
3 días	760 kg/cm ²
7 días	840 kg/cm ²
28 días	920 kg/cm ²

Resultados de Fluencia, ASTM C-1181

3 días	2.8 x 10 ⁻⁴ mm/mm
7 días	2.9 x 10 ⁻⁴ mm/mm
28 días	4.0 x 10 ⁻⁴ mm/mm

Contracción Lineal, ASTM D-531

3 días	0.013%
7 días	0.013%
14 días	0.013%

Coefficiente de Expansión Térmica, ASTM C-531

4.5 x 10⁻⁵ mm/mm/°C

Adhesión al Concreto : Excede la resistencia a la tracción y al corte del concreto.

Resistencia al Impacto : Mayor que el concreto

Resistencia Química : ASTM D-543. Ofrece excelente resistencia a la mayoría de químicos. Las recomendaciones específicas están disponibles bajo previa solicitud.

Resistencia a la Abrasión : Mayor que el concreto

Resistencia a la Flexión, ASTM C-580

1 día	245 kg/cm ²
-------	------------------------

3 días	255 kg/cm ²
7 días	270 kg/cm ²
28 días	280 kg/cm ²

Módulo de Elasticidad, ASTM C-307

1 día	67 x 10 ³ kg/cm ²
28 días	87 x 10 ³ kg/cm ²

Resistencia a la Tensión, ASTM C-307

1 día	143 kg/cm ²
28 días	143 kg/cm ²

Tiempo de Gel, ASTM D-2471 a 23°C: 172 min

Exoterma Pico, ASTM D-2471

a 23°C.....33°C a 230 min

ESPECIFICACIONES/NORMAS

- **E³-HP** cumple los requerimientos de ASTM C-307. Tipo I. Grado II. Clase A.
- **E³-HP** cumple los requerimientos de compatibilidad térmica con el concreto de ASTM C-884

DIRECCIONES PARA SU USO

Preparación de Superficie - El concreto nuevo debe tener un mínimo de 28 días. El concreto debe estar limpio y áspero. Se deben eliminar aceites, tierra, basura, pinturas y el concreto dañado. Se debe preparar la superficie mecánicamente con un escarificador, desbastadora, lanzador de municiones o perdigones o cualquier herramienta que dé a la superficie un perfil de un mínimo de 3 mm y esponga el agregado grueso del concreto. El paso final de limpieza debe ser la completa eliminación de residuos con una aspiradora o lavado a presión.

El uso de ácido es aceptable únicamente cuando la preparación mecánica es impráctica. Se recomienda que sólo los contratistas experimentados utilicen este sistema de preparación de superficie. Las sales de la reacción se deben eliminar completamente con lavado a presión. Deje que el concreto se seque totalmente.

Nota: Aún siguiendo los procedimientos adecuados, una superficie tratada con ácido puede no proporcionar una adherencia adecuada.

El concreto debe tener una textura de superficie abierta habiéndose eliminado todos los compuestos para curado y los selladores.

Preparación de Cimbras - Las cimbras deben estar impermeabilizadas para prevenir fugas y estar fuertes y bien afianzadas. Para facilitar el desmolde, las cimbras deben tener un recubrimiento de dos capas de cera en pasta o cada pieza debe estar envuelta con polietileno.

APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO - Para parches, esparza con una llana, jalador o una pala de punta cuadrada hasta alcanzar un grosor igual al del concreto circundante. Dé acabado con una llana manual.

Para superficies extensas de piso, use cintas para arrasar como guías en combinación con reglas vibratorias. Apisónelo y dé acabado con llana manual o mecánica.

Orificio para Pernos de Anclaje - Se debe eliminar el polvo, tierra y basura de los orificios y permitir que se sequen. Si los lados están lisos, utilice un cepillo de cerdas duras para dejarlo áspero si éste está al alcance.

Mezclado - Mezcle las partes A y B (resina y endurecedor) por 2 minutos con un taladro con agitador de propelas. Para facilitar el mezclado, agregue la Parte B a la Parte A (no lo inverso). Se debe mezclar muy bien el epóxico para asegurar la reacción química esperada. Una vez que se ha mezclado bien el epóxico, agregue la Parte C (agregado) y mezcle por 23 minutos más hasta que el agregado esté completamente mojado.

Para trabajos grandes use una mezcladora de mortero. Colóquelo inmediatamente.

Colocación - Vierta en los orificios a través de un embudo o directamente si el espacio lo permite. Cuando se aplica grout a placas de apoyo, vierta el grout en la tolva de entrada y déjelo fluir por debajo de la placa de apoyo. Se debe colocar el grout a un espesor mínimo de 25 mm y un máximo de 152 mm por capa cuando se coloca en cantidades masivas.

Nota: Eleve a 21°C la temperatura de todos los materiales de **E³-HP** como también los cimientos y la placa de apoyo o lo más cerca a esa temperatura que sea posible.

Las temperaturas frías reducirán significativamente las características de fluidez e incrementarán las dificultades para aplicar el grout en las placas de apoyo.

Las temperaturas altas incrementarán la fluidez inicial pero limitarán el tiempo de trabajabilidad.

Curado - **E³-HP** no requiere procedimientos especiales de curado.

Acabado - Si se desea un terminado pulido, se puede aplicar una ligera capa de EUCO SOLVENT a la superficie del grout con un cepillo o llana.

PRESENTACION:

E³-HP se ofrece en unidades de 0.014 m³ (.5 ft³)

LIMPIEZA

Las herramientas y la mezcladora se pueden limpiar con EUCO SOLVENT, xilol o disolventes a base de acetona.

PRECAUCIONES/RESTRICCIONES

- Use guantes y protección para los ojos cuando manipule los epóxicos
- No se use sobre concreto congelado
- Almacene el material a temperatura ambiental antes de usarlo
- Se debe colocar el grout a temperatura ambiental de 4 ~ 32°C



MANEJO Y ALMACENAMIENTO

E3-HP debe almacenarse en sus envases originales debidamente cerrados y bajo techo.

Vida útil de almacenamiento: 6 meses

The Euclid Chemical Company is ISO 9001 Certified Cert.#109877

La mejor solución para Concretar sus Obras

APM Company

© QUÍMICA SUZA S
211-4065 211-4066

Grout Epóxico Sika

Ficha Técnica
Versión Mayo 2007
Sikadur 42 CL

Sikadur® 42 CL

Mortero epóxico para grouting

Construcción

Definición

General Sikadur® 42 CL. es un mortero epóxico de tres componentes. 100% sólido, de consistencia fluida para nivelación de equipos y maquinaria.

Usos

- Grouting de precisión de equipos, maquinaria y estructuras.
- Grouting de maquinaria con fuerte vibración e impactos.
- Grouting de motores, compresores, bombas, molinos, chancadores, etc.
- Grouting bajo rieles de servicio pesado, etc.
- Grouting de alta resistencia inicial.

Ventajas

- Listo para usar, juego predosificado
- Tolerante a la humedad
- Sin retracción
- Fluido
- Alta resistencia química
- Alta resistencia a compresión
- Alta resistencia al impacto
- Rápida adquisición de resistencia
- Excelente adherencia, incluso en superficies húmedas.

Datos Básicos

Almacenamiento Nueve meses en su envase original bien cerrado en lugar fresco y bajo techo, a temperaturas entre 5°C y 35°C. Acondicionar el producto entre 20°C y 27°C durante 48 hrs antes de su empleo

Presentación

Juego (A + B + C) de 27 kg

Datos Técnicos

- Densidad (A + B + C) : Aprox. 2.0 kg/dm³
- Tiempo de aplicación: 60 minutos a 23°C.
- Resistencia a compresión (23°C) : valores aproximados
1 día: 750 Kg/cm²
7 días: 900 Kg/cm²
28 días: 1000 Kg/cm²
- Módulo de Elasticidad (ASTM C580-98): 1.64x10⁵ Kg/cm²
- Resistencia a flexión (23°C) : valores aproximados.
1 día: 240 Kg/cm²
7 días: 270 Kg/cm²
28 días: 290 Kg/cm²
- Area efectiva de apoyo. > 95%.

Aplicación

Consumo 2.0 kg de Sikadur® 42 CL por litro de relleno.

Preparación de las superficies

Hormigón :

Al momento de aplicarse Sikadur® 42 CL, el hormigón debe encontrarse limpio, exento de polvo, agua, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, etc. El hormigón debe tener su resistencia de diseño (mínimo 20 Mpa) y estar estable en sus dimensiones.

Se requiere de un espesor mínimo de 2.5 cm bajo la placa para anchos de hasta 40 cm y un mínimo de 5 cm para anchos de hasta 80 cm.

Para una adecuada limpieza es recomendable el uso de chorro de arena u otros métodos mecánicos tales como pulidora, gratas de acero, un tratamiento enérgico con escobilla de acero, picado etc.

Metales :

Deben encontrarse limpios, sin óxido, grasa, aceite, pinturas, etc. Se recomienda un tratamiento con chorro de arena a metal blanco para obtener la máxima



adherencia.

Para prevenir la formación de bolsas de aire, se recomienda que la placa base tenga perforaciones de ventilación en su periferia o en cualquier otro lugar de difícil acceso para el grout.

Moldaje:

La consistencia fluida de Sikadur[®] 42 CL requiere del uso de moldajes alrededor de la placa base para mantener el producto en su lugar hasta su endurecimiento. El moldaje debe permitir mantener una altura de presión mínima de 5 cm del grout sobre el nivel inferior de la placa. La utilización de una caja-buzón de 30 cm ó más de altura facilitará el vaciado y escurrimiento del grout.

El moldaje debe quedar separado 7-12 cm de la placa en el lado de vaciado y 2-5 cm en los otros lados. Para prevenir filtraciones o absorción selle completamente el moldaje. Aplique polietileno o una cera para prevenir la adherencia del grout al moldaje.

La materialización de juntas de expansión es recomendable en extensiones largas para minimizar el riesgo de fisuras en el grout (máximo 0.75 - 1 m en cada dirección)

Instrucciones de mezclado Mezclar totalmente los envases A y B de Sikadur[®] 42 CL, por dos minutos en un tercer recipiente limpio y seco, con un taladro de bajas revoluciones (400 -600 rpm) ó un mezclador de bajas revoluciones , cuidando de no incorporar aire durante el mezclado. Agregar lentamente el componente C y mezclar hasta obtener una mezcla homogénea (aprox. 5 minutos)

Limpieza de herramientas Las herramientas e instrumentos deben ser limpiados inmediatamente con diluyente a la piroxilina

Método de aplicación Vaciar Sikadur[®] 42 CL por un solo lado de la placa para eliminar aire atrapado hasta que escurra hacia el lado opuesto. Pueden utilizarse varillas o cables para facilitar la colocación.
La mezcla debe colocarse en forma continua y rápida, asegurándose de preparar la cantidad suficiente para cada aplicación.
La colocación debe asegurar el llenado completo de todos los espacios bajo las placas y lograr un íntimo contacto con todas las superficies.
Mantener el grout sobre el nivel inferior de la placa base para asegurar el íntimo contacto con el grout. El nivel final del grout debe ser superior al nivel de la superficie inferior de la placa base.

- Notas sobre aplicación**
- La temperatura del ambiente y sustrato debe ser mínimo 15°C y máximo 30°C.
 - Acondicionar el producto entre 20°C y 27°C durante 48 hrs antes de su empleo.
 - Bajas temperaturas afectan adversamente la fluidez y la velocidad de endurecimiento.
 - La placa base debe ser protegida del sol directo y de la lluvia 24 horas antes y 48 horas después de la colocación del grout.
 - Espesor mínimo de grouting debe ser 2.5 cm
 - Espesor máximo por capa debe ser de 10 cm
 - El componente C debe ser mantenido seco
 - Mezcle el juego completo, sin subdividir los componentes.

Notas Todos los datos técnicos del producto indicados en esta hoja de datos se basan en pruebas de laboratorio. Los datos medidos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

Restricciones Locales Observe, por favor, que como resultado de regulaciones locales específicas el funcionamiento de este producto puede variar de un país a otro. Consultar, por favor, la hoja de datos local del producto para la descripción exacta de los campos de aplicación.

Instrucciones de seguridad

Salud y Seguridad Para información y consejo sobre seguridad en la manipulación, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben referirse a la ficha de datos de seguridad vigente, la cual contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y otros datos relativos a la seguridad. En caso de emergencia llamar al CITUC a los siguientes fonos: 6353800 por intoxicaciones ó 2473600 por emergencias químicas



Observaciones

La información, y, en particular, las recomendaciones relacionadas a la aplicación y uso final de productos de Sika, se dan en buena fe basada en el conocimiento y experiencia actual de Sika de los productos cuando se han almacenado apropiadamente, manipulados y aplicados bajo las condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en materiales, substratos y condiciones reales del sitio son tales que ninguna garantía en relación a la comercialización o de aptitud para un propósito particular, ni cualquier obligación que surja en absoluto de cualquier relación legal, puede ser inferida de esta información, ni de cualquier otra recomendación escrita, o de cualquier otra sugerencia ofrecida. El usuario debe probar la aptitud del producto para la aplicación y propósito propuesto. Sika se reserva el derecho para cambiar las propiedades de sus productos. Deben observarse los derechos de propiedad de terceras partes. Todas las órdenes de compra son aceptadas sujetas a nuestras condiciones actuales de venta y entrega. Los usuarios siempre deben referirse a la más reciente edición de la Ficha Técnica local del producto correspondiente, copias de la cual se proporcionarán a su solicitud.



Sika S.A. Chile
Pte. 5 Allende 85
San Joaquín
Santiago
Chile

Tel 56 2 510 6510
Fax 56 2 552 3735
www.sika.cl



Grout Cementicio SIKA

Product Data Sheet
Edition 1 2005
Identification no C525
SikaGrout 212

SikaGrout® 212

High performance,
cement-based grout

Construction

Description	SikaGrout 212 is a non-shrink, cement-based grout with a unique 2-stage shrinkage compensating mechanism. It is non-metallic and contains no chloride. With a special blend of shrinkage-reducing and plasticizing/water-reducing agents, SikaGrout 212 compensates for shrinkage in both the plastic and hardened states. A structural grout, SikaGrout 212 provides the advantage of multiple fluidity with a single component. SikaGrout 212 meets Corps of Engineers Specification CRD C-621 and ASTM C-1107 (Grade C).
Where to Use	<ul style="list-style-type: none"> Use for structural grouting of column base plates, machine base plates, anchor rods, bearing plates, railings, posts, etc. Use on grade, above and below grade, indoors and out. Multiple fluidity allows ease of placement: ram in place as a dry pack, trowel-apply as a medium flow pour or pump as high flow.
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> Easy to use: just add water. Multiple fluidity with one material. Non-metallic: will not stain or rust. Low bleed. Low heat build-up. Excellent for pumping: <ol style="list-style-type: none"> Does not segregate, even at high flow. No build-up on equipment hopper. Non-corrosive: does not contain chlorides. Superior freeze/thaw resistance. Resistant to oil and water. Meets CRD C-621. Meets ASTM C-1107 (Grade C). Shows positive expansion when tested in accordance with ASTM C-827. SikaGrout 212 is USDA-approved.
Coverage	Approximately 0.44 cu. ft./50 lb. bag at high flow.
Packaging	50-lb. multi-wall bags, 6 lb. pails, 6/case.

Typical Data (Material and curing conditions @ 73°F and 50% R.H.)

Shelf Life	One year in original, unopened bags.		
Storage Conditions	Store dry at 40°-95°F (4°-35°C). Condition material to 65°-75°F before using.		
Color	Concrete gray.		
Flow Conditions	Plastic¹	Flowable¹	Fluid²
Typical Water Requirements for 50 lb. bag:	6 pt+	6½ pt	8½ pt
Set Time (ASTM C-266):			
Initial	3.5-4.5 hr	4.0-5.0 hr	4.5-6.5 hr
Final	4.5-5.5 hr	5.5-6.5 hr	6.0-8.0 hr
Tensile Splitting Strength, psi (ASTM C-496)			
28 day	600 (4.1 MPa)	575 (3.9 MPa)	500 (3.4 MPa)
Flexural Strength, psi (ASTM C-293)			
28 day	1,400 (9.6 MPa)	1,200 (8.2 MPa)	1,000 (6.8 MPa)
Bond Strength, psi (ASTM C-882 modified): Hardened concrete to plastic grout			
28 day	2,000 (13.7 MPa)	1,900 (13.1 MPa)	1,900 (13.1 MPa)
Expansion % (CRD C-621)			
28 day	+0.021%	+0.056%	+0.027%
Compressive Strength, psi (CRD C-621)			
1 day	4,500 (31 MPa)	3,500 (24.1 MPa)	2,700 (18.6 MPa)
7 day	6,100 (42 MPa)	5,700 (39.3 MPa)	5,500 (37.9 MPa)
28 day	7,500 (51.7 MPa)	6,200 (42.7 MPa)	5,800 (40 MPa)

CRD C-227: 100-124% (plastic); 124-145% (flowable);
CRD C-611: 10-30 sec eff. set time.



How to Use

Surface Preparation	Remove all dirt, oil, grease and other bond-inhibiting materials by mechanical means. Anchor bolts to be grouted must be degreased with suitable solvent. Concrete must be sound and roughened to promote mechanical adhesion. Prior to pouring, surface should be brought to a saturated surface-dry condition.
Forming	For pourable grout, construct forms to retain grout without leakage. Forms should be lined or coated with bond-breaker for easy removal. Forms should be sufficiently high to accommodate head of grout. Where grout-tight form is difficult to achieve, use SikaGrout 212 in dry pack consistency.
Mixing	Mix manually or mechanically. Mechanically mix with low-speed drill (400-600 rpm) and Sika mixing paddle or in appropriately sized mortar mixer. Product Extension: For deeper applications, SikaGrout 212 (plastic and flowable consistencies only) may be extended with 25 lbs of 3/8" pea gravel. The aggregate must be non-reactive, clean, well-graded, saturated surface dry, have low absorption and high density, and comply with ASTM C33 size number 8 per Table 2. Add the pea gravel after the water and SikaGrout 212.
Mixing Procedure	Make sure all forming, mixing, placing and clean-up materials are on hand. Add appropriate quantity of clean water to achieve desired flow. Add bag of powder to mixing vessel. Mix to a uniform consistency, minimum of 2 minutes. Ambient and material temperature should be as close as possible to 70°F. If higher, use cold water; if colder, use warm water.
Application	Within 15 minutes after mixing, place grout into forms in normal manner to avoid air entrapment. Vibrate, pump or ram grout as necessary to achieve flow or compaction. SikaGrout 212 must be confined in either the horizontal or vertical direction, leaving minimum exposed surface. After grout has achieved final set, remove forms. Trim or shape exposed grout shoulders to designed profile. SikaGrout 212 is an excellent grout for pumping, even at high flow. For pump recommendations, contact Technical Service. Wet cure for a minimum of 3 days or apply a curing compound which complies with ASTM C-309 on exposed surfaces.
Limitations	<ul style="list-style-type: none"> ■ Minimum ambient and substrate temperature 45°F and rising at time of application. ■ Minimum application thickness: 1/2 in. ■ Maximum application thickness (heat): 2 in. Deeper applications are possible; please contact Sika's technical services department. ■ Do not use as a patching or overlay mortar or in unconfined areas. ■ Material must be placed within 15 minutes of mixing. ■ Insulate Aluminum railings, posts, bars, columns, etc. by coating with epoxy based materials such as Sikadur Patch-Fix or Sikadur 32 Hi-Med.
Caution	
Irritant	Contains Portland Cement (CAS 65997-15-1), Silica Quartz (CAS 14808-60-7). Causes eye irritation. May cause skin/respiratory irritation. Product becomes alkaline when exposed to moisture. May be harmful if swallowed. Warning: This product contains crystalline silica, which in the state of California is known to cause cancer.
First Aid	Eyes: Rinse thoroughly with water a minimum of 15 minutes. Consult a physician. Skin: Wash thoroughly with soap and water. Remove contaminated clothing. Inhalation: Remove person to fresh air. Consult a physician. Ingestion: Dilute with water. Consult a physician. In all cases, if symptoms persist, contact a physician.
Handling and Storage	Avoid contact. Wear suitable personal protective equipment (chemical resistant goggles/gloves/clothing). Remove contaminated clothing and laundry before reuse. Use in the presence of adequate ventilation. In the absence of adequate ventilation, wear a properly fitted NIOSH respirator. Uncured material can be removed with water. Cured material can only be removed mechanically. Store in a cool, dry area. Keep bag tightly closed.
Clean Up	In case of spill, wear protective equipment (chemical resistant gloves/goggles/clothing). Ventilate area. In the absence of adequate ventilation, use a properly fitted NIOSH respirator. Confine spill. Vacuum or scoop into an appropriate container. Dispose of in accordance with current applicable local, state and federal regulations. In case of emergency, call CHEMTREC at 1-800-424-9300, 703-527-3887 (outside USA & Canada).

KEEP CONTAINER TIGHTLY CLOSED KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN
NOT FOR INTERNAL CONSUMPTION FOR INDUSTRIAL USE ONLY
CONSULT MATERIAL SAFETY DATA SHEET FOR MORE INFORMATION

Sika warrants this product for one year from date of installation to be free from manufacturing defects and to meet the technical properties on the current technical data sheet if used as directed within shelf life. User determines suitability of product for intended use and assumes all risks. Buyer's sole remedy shall be limited to the purchase price or replacement of product exclusive of labor or cost of labor.

NO OTHER WARRANTIES EXPRESSED OR IMPLIED SHALL APPLY INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. SIKA SHALL NOT BE LIABLE UNDER ANY LEGAL THEORY FOR SPECIAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES.

Visit our website at www.sikausa.com

1-800-933-SIKA NATIONWIDE

Regional Information and Sales Centers. For the location of your nearest Sika sales office, contact your regional center.

Sika Corporation
201 Polito Avenue
Lyndhurst, NJ 07071
Phone: 800-933-7452
Fax: 201-933-6225

Sika Canada Inc.
601 Delmar Avenue
Pointe Claire
Quebec H9R 4A9
Phone: 514-697-2610
Fax: 514-694-2792

Sika Mexicana S.A. de C.V.
Carretera Libre Celaya Km 8.5
Corregidora, Queretaro
C.P. 76920 A.P. 136
Phone: 52 42 25 0122
Fax: 52 42 25 0537



Quality Certification Numbers: Lyndhurst: FM 89711 (ISO 9001), FM 79421 (OS 9000), Marlon: FM 89715, Kansas City: FM 89107, Santa Fe Springs: FM 85498

Sika and SikaGrout are registered trademarks. Made in USA. Printed in USA.



APENDICE 4



SISTEMAS DE REPARACION Y PROTECCION DE SUPERFICIES DE METAL

El desgaste en las piezas de metal expuestas a la abrasión, ataque químico y/o corrosión - erosión representan uno de los mayores costos de mantenimiento en la industria, debido a que el metal al no tener ninguna protección superficial, auto genera inmediatamente una capa de óxido que no resiste este tipo de trabajo, llegando a comprometer su resistencia estructural.

La soldadura es uno de los métodos tradicionales más usados para la reconstrucción de dichas superficies dañadas, no solucionan este problema debido a que la soldadura al ser un metal seguirá generando esta capa de óxido que permite el desgaste de las piezas en los procesos de producción. Loctite desarrolla productos para la protección y y/o reconstrucción de las superficies desgastadas reemplazando esta capa de óxido por una capa con mayor grado de resistencia al desgaste superando hasta 5 veces a las aleaciones de cromo, debido a la abrasión, ataque químico y/o corrosión - erosión, alargando la vida útil de las piezas metálicas a un bajo costo. Elija el producto adecuado y logrará ahorros significativos en mantenimiento y el incremento de su productividad.



Brushable Ceramic
2 lb
LOC-987.33

Protector de Superficies Metálicas

Compuesto cerámico contra el desgaste por abrasión, cavitación corrosión - erosión y ataque químico. Su acabado liso y brillante disminuye la fricción al paso del fluido, aumentando la eficiencia en bombas. De baja viscosidad puede ser aplicado con brocha, rodillo o espátula.

APLICACIONES

Para proteger:

- Carcasas de bombas centrífugas y de vacío
- Válvulas
- Impulsores
- Ventiladores
- Hélices Hidro trituradoras
- Tuberías
- Codos
- Toda superficie de metal expuestos a este tipo de desgaste
- Intercambiadores de calor
- Tanques
- Recipientes.



Wear Resistant Putty Grano Fino
3 lb
LOC-987.43

Reconstructor y Protector de Superficies Metálicas

Compuesto cerámico para recuperar y proteger superficies de metal desgastados por abrasión, cavitación, corrosión - erosión y ataque químico hasta 1". Recupera espesores y protege el metal de futuros desgastes.

APLICACIONES

- Carcasas de bomba
- Válvulas
- Bombas de vacío
- Condensadores
- Impulsores
- Bombas de Pesca



Pneu - Wear Grano Medio
3 lb
LOC-983.83

Reconstructor Y Protector de Superficies Metálicas

Compuesto cerámico para recuperar y proteger superficies de metal desgastados en equipos de manejo de material. Contiene pequeñas esferas de Cerámica y Carburo de Silicio para dar máxima protección contra la abrasión. Proteja y/o recupere espesores en Carcasas de bombas, chutes, codos, ciclones y otros equipos expuestos a la abrasión de partículas menores a 3 mm, como Polvo de cemento.

APLICACIONES

- Bombas de lodos (slurry)
- Transportadores de tornillos
- Bombas de pesca
- Hidro trituradoras
- Tubos separadores
- Chutes, codos, ciclones
- Colectores de polvo en suspensión (extractores)

APENDICE 5

Tel: (51 - 1) 319 - 1000

Fax: (51 - 1) 319 - 1019

mferreyra@hidrostral.com.pe



LIMA-PERU

COMPANÍA MINSUR S.A.	MENSAJE COTIZACION
ATENCION: Ing°. Jorge Ramirez	Página 1 de 3
FECHA. 4 de junio del 2008	REFERENCIA Bomba de agua

Estimados Señores:

Atendiendo su solicitud de cotización y de acuerdo a los datos proporcionados por ustedes, nos es grato cotizarles como sigue:

ITEM 01: ELECTROBOMBA CENTRIFUGA DE AGUA

DESCRIPCION GENERAL

- Bomba centrifuga horizontal marca **HIDROSTAL** fabricada en el Perú, según norma ISO/DIS 2858. Caja de bomba con succión axial y descarga radial e impulsor cerrado. Soporte construido en fierro fundido con rodamientos lubricados por grasa.
- Base común de acero estructural para montaje bomba-motor y acoplamiento flexible.
- Motor eléctrico asincrono trifásico marca WEG construido según standard IEC, aislamiento clase F, grado de protección IP55, totalmente cerrado, forma constructiva B3D Horizontal para operar en instalaciones trifásicas de 60 Hz. y para arranque directo o estrella triángulo. Para temperatura ambiente de hasta 40°C y operación hasta 4500 m.s.n.m.

Modelo : 125-400-9HE-H670-AS-5R-2-80TG-200-18/418			
Datos de Bomba		Materiales de Construcción	
Líquido a bombear	Agua	Ejecución	9HE
Caudal (lps)	85 (306 m ³ /h)	Caja	Fe.Fdo.Nodular con rec.cerámico
A.D.T. (m.c.a.)	83	Impulsor	Fierro Fundido Nodular
Eficiencia (%)	79	Eje	Acero 1045
Potencia Abs. (HP)	119	Datos de Motor	
Máx Pot. Abs (HP)	158	Potencia (HP)	200
NPSH req (m)	6.0	Velocidad (rpm)	1770
Ø de impulsor(mm)	418@1770 rpm	Frame	315 S/M
Características de Bomba		Voltaje (V)	220/440
Sellado	Prensaestopas	F. S.	1.00
Ø Succión (mm)	150	N° de polos	4
Ø Descarga(mm)	125	Fases	3

Nota: Potencia efectiva 170 HP a 4500 msnm y 20°C.

PRECIOS

Item	Cant.	Descripción	Valor Vta.Unit. US\$	Dcto. %	Valor Vta.Total US\$
01	01	Eq.125-400-9HE-H670-AS-5R-2-80TG-200-18/418	19 135.00	15	16 264.75
02	01	Embalaje	487.94	---	487.94

Valor Venta Neta	US\$	16 752,69
I.G.V. 19%	US\$	3 183,01
Precio Venta Total	US\$	19 935,70

Precios: En US\$ Dólares Americanos. el cliente puede pagar en nuevos soles al tipo de cambio de venta del día de pago.

Tel: (51 - 1) 319 - 1000
Fax: (51 - 1) 319 - 1019
mferreyra@hidrostral.com.pe



COMPANÍA MINSUR S.A.	MENSAJE COTIZACION
ATENCION Ing° Jorge Ramirez	Página 2 de 3
FECHA: 4 de junio del 2008	REFERENCIA Bomba de agua

CONDICIONES DE VENTA

Condición N° 1: De recibir su Orden de Compra por ser productos sujetos a especificaciones técnicas y 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 haber convenido un pago inicial, será necesario que el mismo se haya efectuado. Luego cumplida esta condición, emitiremos nuestro Acuse y Confirmación de Pedido y/o Factura.

Forma de Pago: Factura a 30 días.

Plazo de Entrega: A la fecha nuestro plazo de entrega es de **06 a 08 SEMANAS**, contado a partir de emitido nuestro Acuse y confirmación de pedido y/o factura

Embalaje: Los equipos se despachan correctamente embalados.

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 nuestra planta en Portada del Sol N° 722 Urbanización Zarate. San Juan de Lungancho.

Nos ponemos a su disposición para atender cualquier requerimiento adicional que tenga sobre la presente oferta. Estamos a su servicio y con gusto lo atenderemos

Atentamente,

Ing°.Mario Ferreyra
Supervisor de Ventas
Movistar: 999-664892 RPM. #565085
e-mail: mferreyra@hidrostral.com.pe

