



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Físicas

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de
Fluidos

**Optimización del sistema de bombeo de la Compañía
Minera MINANCA C.A.**

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Jorge Luis MORALES NÚÑEZ

Lima, Perú

2009



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Morales, J. (2009). *Optimización del sistema de bombeo de la Compañía Minera MINANCA C.A.* Monografía Técnica para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

INTRODUCCION

En el actual sistema de bombeo de la mina MINANCA C.A. se requiere realizar modificaciones, las cuales nos permitan tener confiabilidad en el mismo, mejorando de esta manera las condiciones de trabajo y controlando los gastos de mantenimiento.

Los sistemas de bombeo representan una oportunidad de generar ahorros mediante la optimización de sus componentes, la implementación de estas mejoras requieren de un capital adicional, que deberá justificarse desde el punto de vista técnico y económico.

Una de las mayores dificultades que afronta el profesional de mantenimiento, es la justificación económica tanto de los proyectos de mejora y optimización de activos, como la necesidad de capacitar al personal. En virtud de lo anterior, se presentan 4 propuestas en el siguiente proyecto, en el cual se expondrán formas para optimizar nuestro sistema de bombeo, su evaluación técnica y monetaria, alcanzando los objetivos planteados.

INDICE

INTRODUCCION	1
I.- ANTECEDENTES	7
1.1.- Ubicación.	7
1.2.- Acceso.	8
1.3.- Breve Reseña Histórica del Cantón Portovelo.	9
II.- OBJETIVOS	10
2.1.- Objetivo General.	10
2.2.- Objetivos Específicos.	10
III.- MARCO TEORICO	11
3.1.- Cisterna de bombeo o cárcamos.	11
3.1.1.- Condiciones y dirección de flujo.	11
3.1.2.- Entrada de aire y vórtices.	11
3.1.3.- Dimensión de la cisterna.	12
3.1.4.- Zona de bombas.	16
3.1.5.-Tuberías y accesorios de succión.	18
3.2.- Tuberías de Alta Densidad HDPE.	19
3.2.1.- Ventajas de usar las tuberías de HDPE.	19
3.2.2.- Soldadura a tope (termofusión).	23
3.3.- Uniones Desmontables.	26
3.3.1.- Sistema de unión Stub ends y flanges.	26
3.3.2.- En la instalación de tuberías de succión y descarga.	27
3.4.- Tubería de Alvenius	29
3.4.1.- Ventajas del proceso de Fabricacion Helicoidal	30

3.5.- PLANTEAMIENTO DE FORMULAS	31
3.5.1.- Calculo de la Velocidad Media del Flujo.	31
3.5.2.- Calculo de la Altura Dinámica Total.	31
3.5.3.- Potencia de Impulsión.	33
3.5.4.- Carga Neta de Succión Positiva (NSPH).	33
IV.- FORMULACION DEL PROBLEMA	38
V.- PROPUESTAS A CONSIDERAR PARA EL PROYECTO	39
VI.- DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS	40
6.1.- Cambiar las Bombas Sumergibles Actuales.	40
6.1.1.- Situación Actual.	40
6.1.2.- Desarrollo de la Propuesta.	41
6.1.3.- Evaluación de la Propuesta.	43
6.2.- Instalación de la 3ra Bomba Estacionaria en el 3er Nivel.	43
6.2.1.- Situación Actual.	43
6.2.2.- Desarrollo de la Propuesta.	44
6.2.3.- Evaluación de la Propuesta.	50
6.3.- Cambio de Tubería de Descarga de las Bombas Estacionarias.	51
6.3.1.- Situación Actual.	51
6.3.2.- Desarrollo de la Propuesta.	52
6.3.3.- Evaluación de la Propuesta.	53
6.4.- Diseño de la Estación de Bombeo para el 3er Nivel.	54
6.4.1.- Situación Actual.	54
6.4.2.- Desarrollo de la Propuesta.	54
6.4.3.- Evaluación de la Propuesta.	60

VII.- RESULTADOS HASTA LA FECHA.	61
7.1.- Cambio de Bombas Sumergibles.	61
7.2.- Instalación de la 3ra Bomba Estacionaria para el 3er Nivel.	63
7.3.- Cambio de Tubería de Descarga de las Bombas Estacionarias.	63
7.4.- Diseño de la Estación de Bombeo para el 3er Nivel.	64
VIII.- CONCLUSIONES.	69
IX.- RECOMENDACIÓN.	69
X.- BIBLIOGRAFÍA	70
LISTA DE PLANOS	
Plano N° 1, Ubicación del lugar para la construcción de la Cámara de Bombeo.	66
Plano N° 2, Estación de Bombeo del 5to Nivel.	67
Plano N° 3, Sistema de Bombeo de la Mina MINANCA C.A.	68
LISTADO DE FIGURAS.	
Fig. N° 1, Ubicación del cantón de Portovelo.	7
Fig. N° 2, Acceso hacia el area concesionada Minanca C.A.	8
Fig. N° 3, Defectos más comunes en las cisternas de bombeo que originan el ingreso de aire en la tubería de succión.	12
Fig. N° 4, Dimensiones mínimas recomendadas y disposición de las cisternas de bombeo.	13
Fig. N° 5, Disposiciones y dimensiones recomendadas para cisternas de bombeo.	15
Fig. N°6, Formas incorrectas de disponer las bombas en las cisternas de bombeo.	15
Fig. N° 7, Disposición de bombas centrifugas de eje horizontal en una cisterna de bombeo.	17
Fig. N°8, Sistema de unión Stub ends y flanges.	26

Fig. N° 9, Union de tuberías por medio de abrazaderas Vitaulic.	27
Fig. N° 10, Ventajas del uso Sistema Vitaulic.	28
Fig. N° 11, Acero es literalmente enrollado para formar la tubería helicoidal.	31
Fig. N° 12 Instalación de tubería de succión.	35
Fig. N° 13, Curva de Funcionamiento de la Bomba Goulds modelo 3410.	48

LISTADO DE TABLAS.

Tabla N°1, Especificación Técnica PE100.	22
Tabla N°2, Variación de la Presión Atmosférica en función de la Altura.	36
Tabla N° 3, Valores de Presión de Vapor a diversas Temperaturas.	37

LISTADO DE FOTOS.

Foto N° 1, Forma correcta de instalar las Bombas Estacionarias (Bombas Estacionarias instaladas en la Empresa Minera SIMSA).	18
Foto N° 2, Procedimientos de soldadura por Termofusión.	25
Foto N° 3, Montaje de Bomba Estacionaria (Minera SIMSA).	28
Foto N°4, Acoplamiento de tubería de acero con tubería de HDPE	29
Foto N° 5, Proceso de soldadura helicoidal.	29
Foto N° 6, Entrada a la mina MINESADCO – Pique Inclinado	38
Foto N° 7, Bomba sumergible de 75Hp con su protección.	40
Foto N° 8, bombas estacionarias del 3er Nivel.	44
Foto N° 9, Estación de bombeo del 3er Nivel.	45
Foto N° 10, Tuberías de Descarga de las 02 Bombas Estacionarias (Entrada del Pique Inclinado- MINESADCO).	51
Foto N° 11, Bomba Estacionaria de 75HP.	51
Foto N° 12, Tubería de polietileno usado en bombeo, en la mina SIMSA (Perú).	53

Foto N° 13, Bombas S. Flygt Instaladas a 5 metros por debajo del 5to Nivel.	62
Foto N° 14, Ubicación de las Bombas Sumergibles en el 5to Nivel.	62
Foto N° 15, 3 ^{ra} Bomba Estacionaria en Operación en el 3 ^{er} Nivel.	63
Foto N° 16, Entrada de la Cámara de Bombeo.	64
Foto N° 17, Cámara de la Estación de Bombeo en el 5to Nivel.	65
XI.- ANEXO	71
1. Esquema de Instalacion de una Bomba Estacionaria.	72
2. Análisis del fluido, realizado en las instalaciones de la Planta – MINANCA.	73
3. Cotización de la bomba sumergible FLYGT modelo 2201.11 HT.	74
4. Curvas de Funcionamiento de la B.S. FLYGT modelo 2201.11 HT.	78
5. Curvas de funcionamiento de la Bomba Estacionaria Gould 3410.	79
6. Cotización de mantenimiento para la bomba Flygt (2meses).	80
7. Cotización de mantenimiento general (6meses).	81
8. Cotización de mantenimiento de la Bomba Sumergible Goulds.	82
9. Cotización de las Tuberías HDPE.	83
10. Recibo de Compra de la Tubería Alvenius.	84

1.2.- ACCESO

Hacia el área concesionada “MINANCA” se puede acceder desde Huaquillas (Frontera con Perú) por la vía panamericana hasta llegar a la vía La Avanzada-Piñas-Portovelo; o también por Machala, por la vía de primer orden Machala-Piñas-Portovelo. El área de la mina, se localiza hacia la parte Este de la urbe del cantón Portovelo mientras que la planta de beneficio de propiedad de la misma concesionaria se localiza a 2 Km. de la bocamina principal siguiendo la vía Portovelo – El Pindo (sector Puente Negro) hasta donde se dispone de una vía de primer orden.

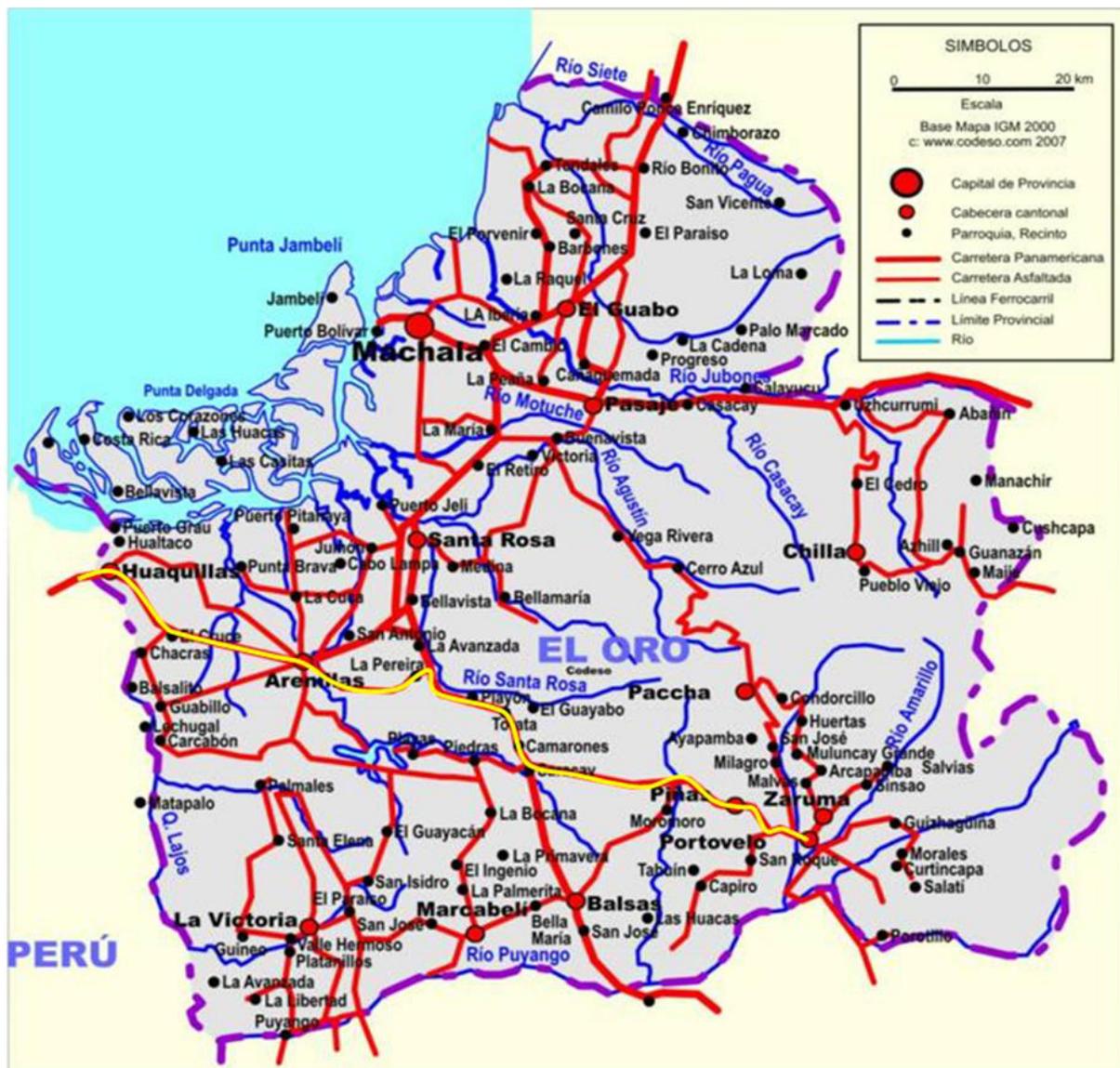


Fig. N°2, Acceso hacia el área concesionada Minanca C.A.

1.3.- BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL CANTÓN PORTOVELO

Portovelo como asiento minero se remonta al año de 1549 cuando fue creado por los españoles como campamento para la explotación de las minas, estuvo poblado por aborígenes que se dedicaban **a la extracción del oro del Río Amarillo** y se tiene referencias que al sector se lo llamó Curipamba o Pampa de Oro.

En 1896, la empresa transnacional de origen norteamericano, South American Development Company – SADCO, inicia sus operaciones mineras en el área, y crea lo que se llamó el Campamento Minero de Portovelo, un conjunto arquitectónico e industrial vanguardista, próspero y único en su género en el Ecuador y buena parte de América del Sur. La SADCO, por presiones políticas de signo nacionalista, cerró sus operaciones y abandonó Portovelo en 1950. Esta minera logro hacer 13 niveles inferiores con una profundidad de 400 m.

La minería, sin embargo, no decayó. Ese mismo año se crea la Compañía Industrial Minera Asociada-CIMA con capitales locales, y toma la posta minera de la SADCO, hasta los primeros años de la década del 70; la compañía CIMA trabajó las labores desde el 5to nivel a superficie (el nivel de agua se encontraba a 10 metros por debajo del 5to nivel).

Al cese de las actividades de la empresa CIMA dejan que el agua suba hasta superficie (tapando todas las labores), surge y cobra auge la llamada “minería artesanal” o “informal”, que persiste hasta la presente como la principal actividad económica del cantón, por toda esta trayectoria. Portovelo es considerado como Primer Centro Minero, de ahí nacen las concesiones mineras MINANCA, MINESADCO y otras.

En el año 2003 aproximadamente, las compañías mineras MINANCA y MINESADCO (antes compañía NEVADA) se ponen de acuerdo en bajar el agua para poder producir en los niveles inferiores.

II.- OBJETIVOS

2.1.- Objetivo General:

- Optimizar el sistema de Bombeo de la mina MINANCA C.A. para bajar el nivel de agua y asegurar la producción futura.

2.2.- Objetivos Específicos:

- Mejorar la confiabilidad del sistema de bombeo.
- Modificar las instalaciones para mejorar la eficiencia de las bombas.
- Cambiar las bombas sumergibles actuales.
- Mejor uso de los recursos (materiales, energía, etc.).

El logro de estos objetivos nos permitirá asegurar la producción en la zona baja y el avance sostenido de las acciones de preparación en la profundización de la mina.

III.- MARCO TEORICO

3.1.- Cisterna de Bombeo o Cárcamos

Son cámaras de forma circular, cuadrada o rectangular (vista de planta) que tienen la función de almacenar agua, previa a su bombeo.

Esta cámara, desde donde parte la tubería que conduce el agua hacia la bomba, **debe poseer dimensiones buenas para facilitar el asentamiento de las piezas, evitar grandes velocidades y agitación de las aguas, y permitir el acceso para labores de mantenimiento.**

En el diseño de la cisterna de bombeo deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

3.1.1.- *Condiciones y dirección de flujo*

La distribución de flujo y las líneas de corriente en las cisternas de bombeo, ejercen gran influencia sobre el trabajo de las bombas. Por tanto, es recomendable evitar los siguientes aspectos geométricos que pueden conducir a un mal diseño:

- Flujo irregular, régimen turbulento y cambios bruscos en la dirección del flujo.
- Paredes continuas y rotación del flujo.
- Pozos rápidamente divergentes.
- Distribución asimétrica de flujo en pozo.
- Entrada de agua al pozo por debajo del nivel de la tubería de succión.

Son medidas aconsejables la adopción de velocidades moderadas (inferiores a 0,90 m/s) la cuidadosa adopción de dimensiones, la introducción de cortinas o paredes quías.

3.1.2.- *Entrada de aire y vórtices*

La entrada de aire en la tubería de succión puede ser causada por:

- Piezas y uniones que filtran.

- La formación de vórtices.
- La introducción y liberación de aire (aire enrarecido, aire emulsionado y aire disuelto) por una configuración inadecuada de la entrada de agua a la cisterna y de la tubería de succión de la bomba (véase la figura)

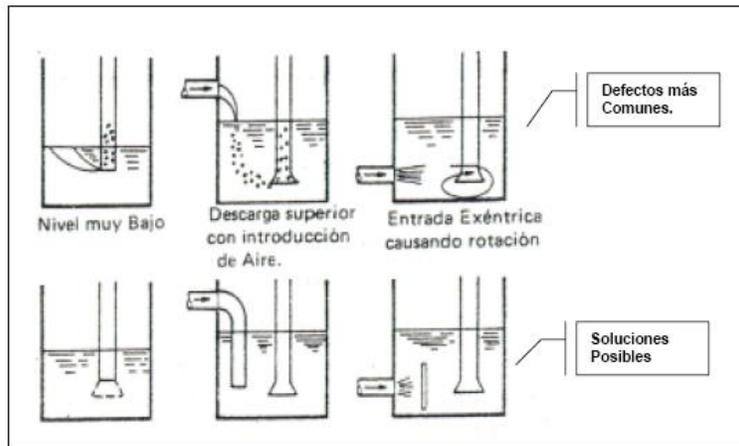


Fig. N°3, Defectos más comunes en las cisternas de bombeo que originan el ingreso De aire en la tubería de succión.

Las condiciones que favorecen:

- Sumergimiento muy pequeño de la tubería de succión.
- Altas velocidades de flujo en la succión.
- Mala distribución del flujo.

La entrada de aire a través de los vórtices interfiere con el funcionamiento de las bombas, con las condiciones de cebaje, con el ruido y con el caudal de bombeo. Para evitar se debe tener una profundidad mínima y reducir la velocidad de entrada en la boca de la succión con valores de 0,6 hasta 1,7 m/s son aceptables.

3.1.3.- Dimensión de la cisterna

Las especificaciones siguientes son referentes a la posición y disposición de las bombas de eje vertical; sin embargo, también pueden ser aplicadas para las bombas de eje horizontal.

En cálculo del volumen de las cámaras de bombeo se presentan dos casos:

- Cisterna de bombeo con almacenamiento, que se debe emplear cuando el rendimiento de la fuente no sea suficiente para suministrar el caudal de bombeo.
- Cisterna de bombeo sin almacenamiento, que se debe emplear cuando la fuente de provisión de agua tenga una capacidad mayor o igual al caudal de bombeo

Cisterna de bombeo con almacenamiento.

El volumen de la cisterna de bombeo con almacenamiento debe ser calculado realizando un balance o diagrama de masas, considerando el caudal mínimo de la fuente de agua y el caudal de bombeo.

La sumergencia mínima será fijada mayor a $1.5D$ (D es el diámetro de la tubería de succión) a partir del plano del rotor en el caso de las bombas verticales de tipo axial; mayor a $2D$ a partir de la superficie inferior de la boca de entrada en el caso de bombas centrífugas con aspiración; y no menor de 0.50 m en el caso de bombas pequeñas.

La holgura comprendida entre el fondo del pozo y la sección de entrada de la canalización de succión será fijada en un valor comprendido entre $0.5D$ y $0.75D$ (véase la figura N°4)

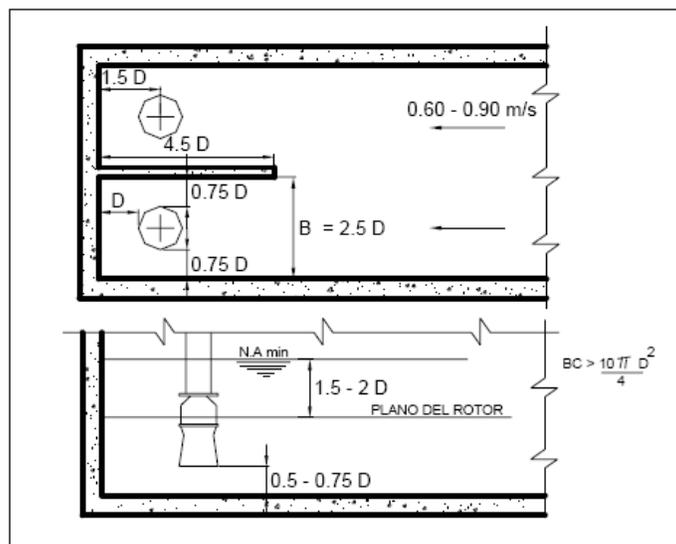


Fig. N° 4, Dimensiones mínimas recomendadas y disposición de las cisternas de bombeo

Cisterna de bombeo sin almacenamiento.

1. En este caso el volumen de la cisterna debe ser calculado considerando un tiempo de retención entre 3 a 5 minutos, para el cálculo máximo diario.
2. El área mínima de una cisterna individual (aislada) debe ser 12.5 veces el área de la sección de entrada de la tubería. El área de la sección de flujo en la parte inicial de la cisterna, debe ser por lo menos 10 veces el área de la sección de entrada en la tubería de succión.
3. La disposición de la tubería de succión debe ser como lo explicado anteriormente.
4. En las cisternas con deflectores la distancia entre el eje de la canalización y las paredes adyacentes será fijada como mínimo en $1.5D$
5. En las cámaras sin deflectores, la distancia entre el eje de la canalización y las paredes adyacentes laterales será como mínimo de $1.5D$, y la distancia entre el eje de canalización y la pared de fondo será de $1.1D$ a $1.2D$.
6. Cuando las bombas sean dispuestas ortogonalmente a la dirección de la corriente líquida, los cantos de las paredes que limitan cada bomba formara ángulos de 45° con relación a cada una de las paredes y los catetos fijados en $0.5D$ para las cámaras con deflectores y en $0.75D$ para cámaras sin deflectores.
7. Las cortinas que separan una bomba de otra, en un conjunto de bombas dispuestas ortogonalmente a la corriente líquida, tendrán una dimensión mayor a $3D$ en la dirección de la corriente, a partir del eje de la canalización.
8. La forma de los bordes de ataque de las cortinas y de los deflectores será redondeada, permitiéndose la forma circular para las cortinas y la forma ovoidal para deflectores.

9. El escurrimiento en la entrada de la cámara será regular, sin dislocamientos y zonas de velocidades elevadas. La velocidad de aproximación del agua a la sección de entrada en la cámara de succión no excederá de 0.60 m/s.

10. Sin perjuicio de las formas y dimensiones establecidas anteriormente, la cámara de succión debe contar con:

- Holguras necesarias para el montaje y desmontaje de los equipos e instalaciones complementarias y circulación del personal de operación y mantenimiento.
- Disponibilidad de espacio físico, cuando fuera el caso, para la instalación de las bombas sumergibles.

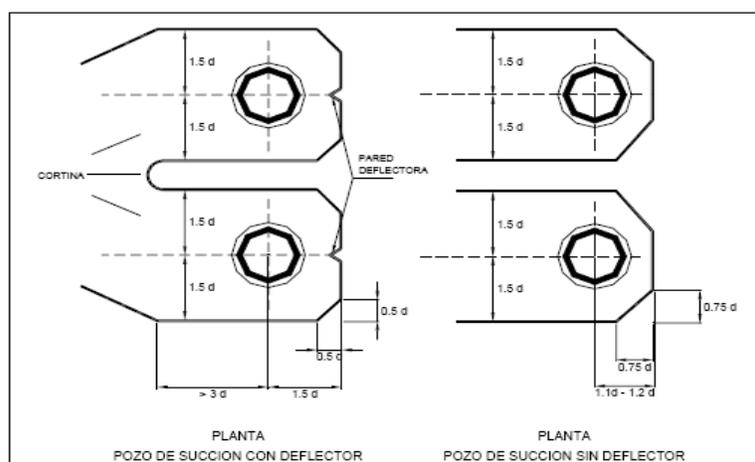


Fig. N° 5, Disposiciones y dimensiones recomendadas para cisternas de bombeo.

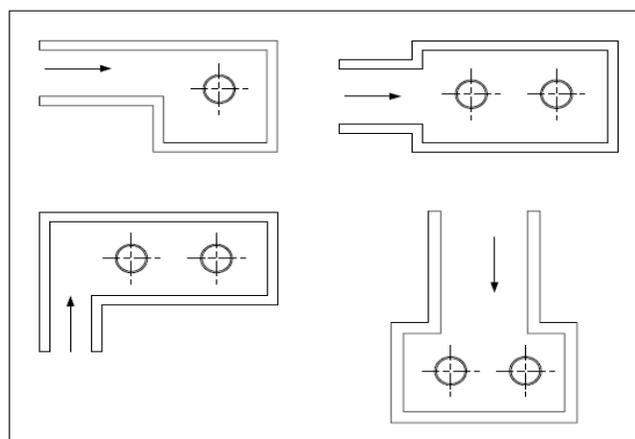


Fig. N° 6, Formas incorrectas de disponer las bombas en las cisternas de bombeo.

3.1.4.- Zona de bombas

El dimensionamiento de la zona de bombeo debe ser adecuado para albergar el total de equipos necesarios para la elevación del agua. Cuando fuese necesario, la zona de bombeo albergara los dispositivos de maniobra. **Debe permitir facilidad de movimientos, mantenimiento, montaje, desmontaje, entrada y salida de los equipos.**

El dimensionamiento de la zona de bombeo dependerá del tipo de bomba que se emplee. Los casos más comunes son:

- Cuando se emplean bombas estacionarias de eje horizontal: estarán albergadas en la zona de bombeo, junto con los motores, generadores, tableros, circuitos y válvulas de accionamiento necesarias.
- Cuando se empleen bombas sumergibles: la zona de bombeo servirá para alojar los circuitos y tablero de control, eventualmente el generador y válvulas de accionamiento de la línea de impulsión.
- Las dimensiones de la sala de bombas deben permitir igualmente facilidad de movimiento, mantenimiento, montaje, desmontaje entrada y salida de los equipamientos y además abrigar, cuando fuere el caso, los dispositivos de servicio para maniobra y movilización de las unidades instaladas. Se debe considerar:
 1. El espacio libre para la circulación en torno a cada bomba, debe preverse de preferencia con un valor mayor a 1.50 m pero no menor a 1.0 m. en el caso de bombas de escurrimiento axial, la distancia mínima es de 3 diámetros de la bomba.
 2. Todos los accesos de a la sala de bombas deben situarse a un mínimo de 1.0 m por encima del pozo de succión, si fuera el caso.

3. Cuando la sobre elevación del piso de la sala de bombas fuera menor que 1.0 m con relación al nivel máximo de agua en el pozo de succión, el asentamiento de la misma debe ser hecho como para una instalación sujeta a inundación.
4. En el caso que el piso de la sala de bombas se localizase por debajo del nivel máximo de agua en el pozo de succión, deben ser previstas bombas de drenaje.

La superficie de la sala de bombas deberá ser establecida tomando en cuenta el tamaño del pozo de succión, y las dimensiones complementarias deben ser estudiadas a fin de posibilitar una buena distribución, minimizando la construcción civil.

Las disposición de los grupos de moto-bombas, siendo estas de tipo horizontal, debe obedecer, tanto como sea posible, las disposiciones en zigzag o en diagonal (véase la figura).

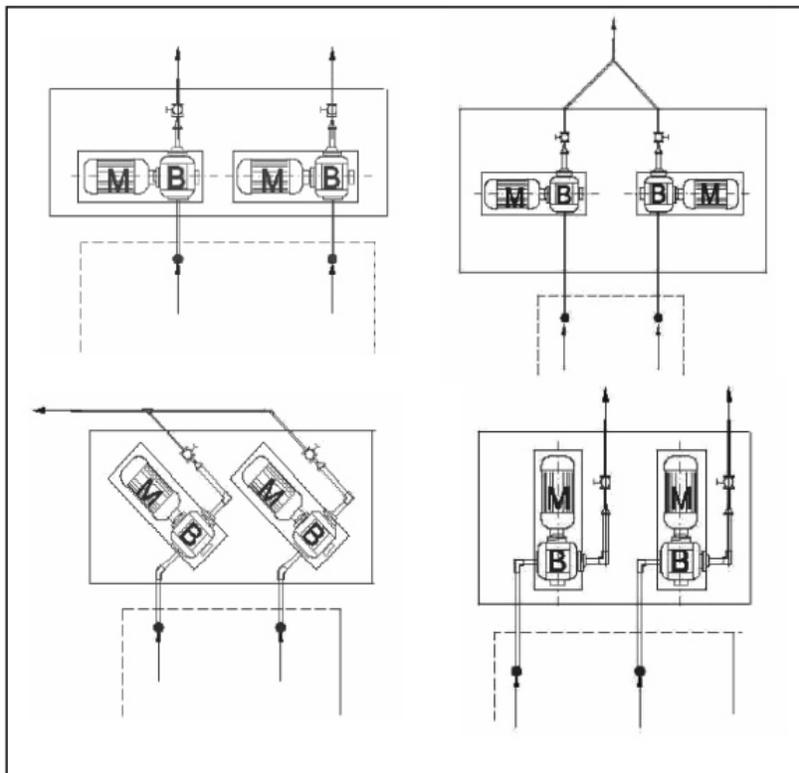


Fig. N° 7, Disposición de bombas centrífugas de eje horizontal en una cisterna de bombeo

3.1.5.- Tubería y accesorios de succión

La tubería a de succión debe ser la más corta posible, evitándose al máximo, piezas especiales como curvas, codos, etc. La tubería de succión debe ser siempre ascendente hasta alcanzar la bomba. Se pueden admitir pequeños tramos perfectamente horizontales.

La altura máxima de succión mas las pérdidas de carga, debe satisfacer las especificaciones establecidas por el fabricante de las bombas. Teóricamente, la altura de succión sería 10.33 m.s.n.m (una atmosfera), sin embargo, en la práctica es muy raro alcanzar 7.50 m. para la mayoría de bombas centrifugas la altura de succión debe ser inferior a 5 m (los fabricantes generalmente especifican, las condiciones de funcionamiento, para evitar la aparición de fenómenos de cavitación).

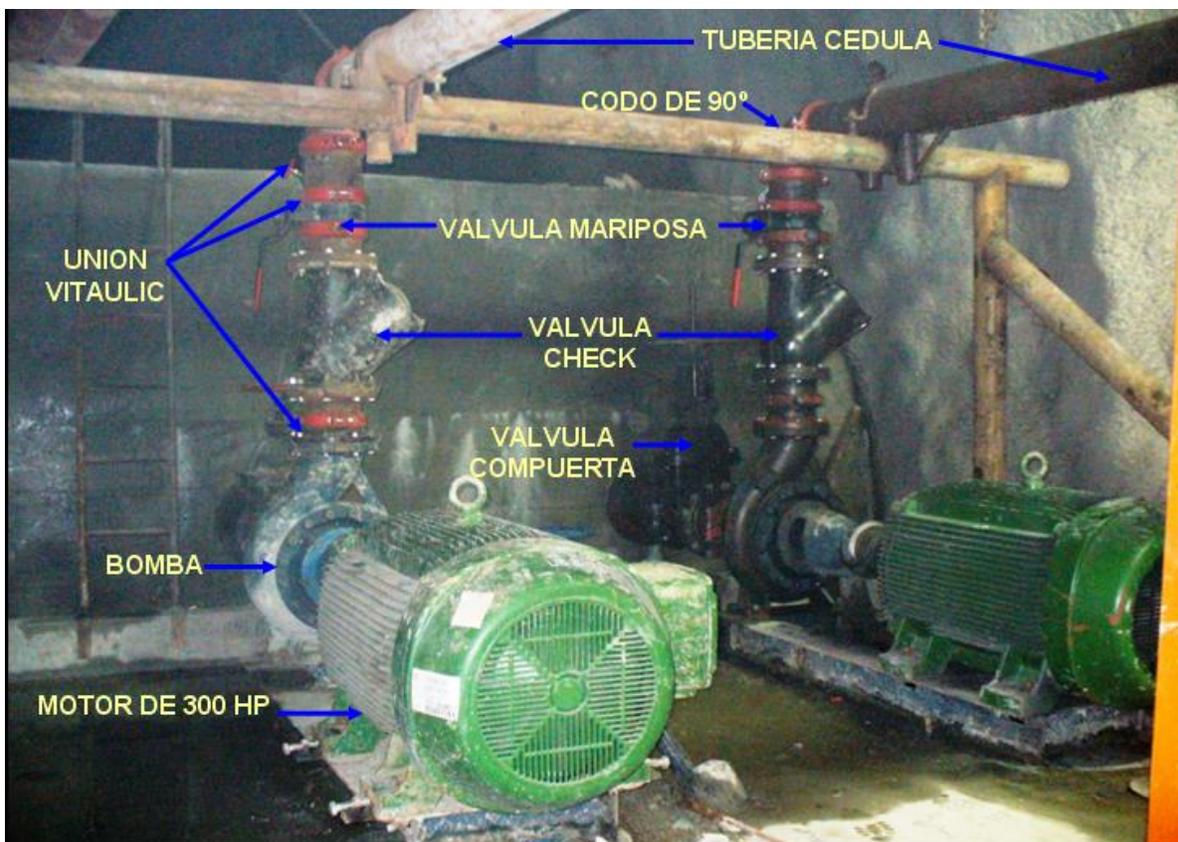


Foto N° 1, Forma correcta de instalar las Bombas Estacionarias (Bombas Estacionarias instaladas En el desarenador 990 N en la Empresa Minera SIMSA)

3.2.- Tuberías de Alta Densidad HDPE

Los polietilenos de alta densidad (HDPE), son utilizados en sistemas de tuberías en la minería.

Los sistemas de tuberías de HDPE ofrecen la oportunidad de utilizar ventajosamente las características tan particulares de este material y ocuparlas para resolver antiguos problemas y diseñar sistemas para aplicaciones donde los materiales tradicionales son inadecuados o demasiado costosos. **Las tuberías de HDPE ofrecen mayores alternativas de diseño garantizando una larga vida útil, economía en instalación y equipos, minimizando los costos de mantenimiento**, cuando las condiciones de operación están dentro de las capacidades de temperatura y presión del material.

Uno de los más recientes desarrollos concierne a un grado de HDPE con propiedades de resistencia significativamente mayores que las del HDPE tradicional. Este nuevo grado, denominado PE 100, es usado particularmente en tuberías para agua a presión, obteniéndose un ahorro en el espesor de pared de las tuberías en aproximadamente 35% comparado con una tubería de HDPE tradicional.

Se presentan las ventajas y principales aplicaciones de las tuberías y fittings de HDPE, las especificaciones técnicas del material, los sistemas de unión, las consideraciones de diseño e instalación, etc.

3.2.1.- Ventajas de usar las tuberías HDPE

Cuando se comparan con materiales tradicionales, los sistemas de tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE) ofrecen significativos ahorros en los costos de instalación y equipamiento, mayor libertad de diseño, bajo costo de mantenimiento y una larga vida útil para la mayoría de estos sistemas. Estos beneficios, ventajas y oportunidades de disminución de costos se derivan de las propiedades y características únicas de las tuberías de HDPE.

Resistencia química, Para todos los propósitos prácticos, las tuberías de HDPE son químicamente inertes. Los químicos naturales del suelo no pueden atacarlas o causarles degradación de ninguna forma. El HDPE no es conductor eléctrico, por lo cual no son afectadas por la oxidación o corrosión por acción electrolítica.

Servicio a largo plazo, La vida útil estimada tradicionalmente para las tuberías de HDPE es superior a 50 años para el transporte de agua a temperatura ambiente (20°C). Para cada aplicación en particular, las condiciones de operación interna y externa pueden alterar la vida útil o cambiar la base de diseño recomendada para alcanzar la misma vida útil. Estas conclusiones son respaldadas por más de veinte años de experiencia real.

Bajo peso, Las tuberías de HDPE pesan considerablemente menos que la mayoría de las tuberías de materiales tradicionales. Su gravedad específica es 0,950, flotan en agua. **Son 70-90% más livianas que el concreto, fierro o acero, haciendo más fácil su manejo e instalación.** Importantes ahorros se obtienen en mano de obra y requerimiento de equipos.

Coefficiente de fricción, Debido a su gran resistencia química y a la abrasión, las tuberías de HDPE mantienen excelentes propiedades de escurrimiento durante su vida útil. Gracias a sus paredes lisas y a las características de impermeabilidad del PE, es posible obtener una mayor capacidad de flujo y mínimas pérdidas por fricción. Para los cálculos de flujo bajo presión, se utiliza comúnmente un factor «C» de 150 para la fórmula de Hazen-Williams. Cuando el flujo es gravitacional, se utiliza un factor «n» de 0,009 para la fórmula de Manning.

Sistemas de unión, Las tuberías de HDPE se pueden unir mediante termofusión por soldadura a tope, por electrofusión o bien por soldadura tipo soquete. El sistema de soldadura a tope es reconocido en la industria como un sistema de unión de gran confiabilidad, es costo efectivo, no requiere coplas, no se producen filtraciones y las uniones son más resistentes que la tubería

misma. Las tuberías también pueden unirse por medios mecánicos, tales como stub ends y flanges, coplas de compresión o uniones tipo Victaulic. No se pueden unir mediante solventes o adhesivos.

Resistencia/Flexibilidad, La gran resistencia de las tuberías de HDPE es una importante característica derivada de las propiedades químicas y físicas tanto del material como del método de extrusión. La tubería no es frágil, es flexible, por lo que puede curvarse y absorber cargas de impacto en un amplio rango de temperaturas. Esta resistencia y flexibilidad permiten a la tubería absorber sobrepresiones, vibraciones y tensiones causadas por movimientos del terreno.

La resistencia extrema de las tuberías de HDPE es una de sus características excepcionales que permite innovar en el diseño de sistemas de tuberías.

Resistencia a la abrasión, Las tuberías de HDPE tienen un buen comportamiento en la conducción de materiales altamente abrasivos, tales como relaves mineros. Numerosos ensayos han demostrado que las tuberías de HDPE con respecto a las de acero tienen un mejor desempeño en este tipo de servicio en una razón de 4:1. Han sido probadas en la mayoría de las aplicaciones mineras, con excelentes resultados.

Estabilidad a la intemperie, Las tuberías de HDPE están protegidas contra la degradación que causan los rayos UV al ser expuestas a la luz directa del sol, ya que contienen un porcentaje de negro de humo, que además, le otorga el color negro a estas tuberías. El negro de humo es el aditivo más efectivo, capaz de aumentar las características de estabilidad a la intemperie de los materiales plásticos. Ensayos de estabilidad indican que las tuberías de HDPE pueden estar instaladas o almacenadas a la intemperie en la mayoría de los climas por períodos de muchos años sin ningún daño o pérdida de propiedades físicas importantes.

Estabilidad ante cambios de temperatura, La exposición de las tuberías de HDPE a cambios normales de temperatura no causa degradación del material. Sin embargo, algunas propiedades

físicas y químicas de la tubería podrían cambiar si la temperatura es aumentada o disminuida. Para proteger el material contra la degradación a altas temperaturas que podría ocurrir durante la fabricación, almacenamiento o instalación, se utilizan estabilizadores que protegen el material contra la degradación térmica.

Las tuberías de HDPE han dado excelentes resultados al utilizarse en distintos procesos de aplicaciones mineras. Gracias a su alta resistencia a la abrasión y corrosión, facilidad de manejo e instalación y buena resistencia mecánica, son ideales para:

- Conducción de relaves.
- Riego de pilas de lixiviación.
- Conducción de soluciones ácidas y alcalinas.
- Conducción de concentrados (pipelines).
- Sistema de combate contra incendios.

Tabla N°1, Especificación Técnica de la tubería HDPE - PE100

Propiedad	Método de prueba	Valor típico	Unidad
Densidad (resina base)	ISO 1183	949	Kg/m ³
Densidad (compuesto)	ISO 1183	959	Kg/m ³
Índice de fluidez (190°C/5Kg)	ISO 1133	0,45	g/10 min.
Tensión máxima elástica	ISO 6259	25	MPa
Alargamiento a la rotura	ISO 6259	>600	%
Módulo de elasticidad	ISO 527	1400	MPa
Tª de reblandecimiento Vicat (1Kg)	ISO 306	127	°C
Tª de reblandecimiento Vicat (5Kg)	ISO 306	77	°C
Estabilidad térmica (OIT ¹⁾ , 210°C)	ISO 10837	>20	min.
ESCR (10% Igepal), F ₅₀	ASTM D 1693-A	>10000	h
Contenido de negro de humo	ASTM D 1603	≥2	%

1) OIT: oxidation induction time

El sistema de unión recomendado es la soldadura a tope.

3.2.2.- Soldadura a Tope (Termofusión)

Es el procedimiento más tradicional y utilizado, siendo aplicado más comúnmente en tuberías y fittings de más de 63 mm de diámetro y de la misma Clase o SDR (relación diámetro externo/ espesor). No debe emplearse para unir tuberías o fittings de diferentes espesores.

Este sistema es reconocido en la industria como un sistema de unión de gran confiabilidad.

No se producen filtraciones y las uniones son más resistentes que la tubería misma. Este método exige un equipo de soldadura constituido básicamente de:

- **Máquina básica o unidad de fuerza**, capaz de sostener y alinear las dos tuberías a soldar y moverlas longitudinalmente, presionando las superficies de tope de una tubería contra la otra, con una presión o fuerza determinada y registrable.
- **Disco de soldadura o placa calefactora**, un disco, generalmente de aluminio, con resistencias eléctricas embutidas, controladas a través de un termostato a fin de mantener una temperatura determinada, constante, en las superficies del disco.
- **Refrentador**, dispositivo rotativo, de accionamiento manual o motorizado, provisto de láminas de corte, con la finalidad de dejar paralelas las superficies de tope de las tuberías que van a ser unidas.
- **Accesorios**, casquillos de reducción para diversos diámetros de tuberías; dispositivos para sostener conexiones y stub ends.
- **Carpa**, para protección en caso de temperaturas bajas o condiciones climáticas adversas (lluvia, viento, nieve). También es necesaria su utilización cuando existe polvo en el medio ambiente.
- **Termómetro**, termómetro digital con una sonda de superficie para chequear regularmente la temperatura de la placa calefactora. Además se recomienda contar con:
 - Herramienta para sacar virutas internas y externas.

- Material de limpieza, género de algodón limpio y sin pelusas o toalla de papel y agente desengrasante.
- Cortadores de tuberías de HDPE.
- Termómetro para medir la temperatura del aire.
- Marcador indeleble para HDPE.
- Cronómetro.

Antes de comenzar el proceso de soldadura, es recomendable chequear que:

1. En caso de que existan condiciones climáticas adversas, como lluvia, viento o nieve, o cuando la temperatura cae bajo 5°C o sube de 45°C, deben tomarse acciones apropiadas para conseguir una temperatura adecuada, cubriendo la zona de fusión con una carpa u otro elemento protector.
2. La máquina de termofusión esté completa y sin daños.
3. La placa calefactora esté limpia y que se hayan removido los residuos de soldaduras anteriores.
4. El soldador calificado conozca los parámetros correctos para la máquina y la tubería que se está soldando.
5. La placa calefactora esté a la temperatura correcta (conectar la placa a la corriente y mantener durante 20 minutos en una caja aislada).
6. Las tuberías y/o fittings a unir sean del mismo diámetro, SDR y material.

Procedimiento

1.- Montar la tubería en la máquina y limpiar los extremos con un paño limpio para remover el polvo, agua, grasa o cualquier material extraño.



2.- Introducir el refrentador entre ambos extremos y efectuar el refrentado simultáneo de ambas caras. Este procedimiento se debe realizar aunque los extremos de las tuberías estén lisos. Separar las tuberías y limpiar las cuchillas y los extremos retirando las virutas residuales. No tocar las superficies preparadas.



3.- Verificar que los extremos hayan quedado completamente planos, alineados, paralelos y que se enfrenten en toda la superficie a ser fusionada (la diferencia máxima permitida en la alineación de los diámetros externos de tuberías o fittings por unir es del 10% del espesor de la tubería). Es conveniente chequear que las abrazaderas de la máquina de soldar sujeten firmemente ambos extremos, de manera que no haya posibilidad de deslizamiento durante el proceso de fusión. Limpiar las superficies que van a ser soldadas con un paño limpio y agente desengrasante.



4.- Verificar que el disco calefactor esté limpio y a la temperatura correcta (*) e insertarlo entre las tuberías que se van a soldar. Poner en contacto ambas caras con el disco calefactor aplicando una leve presión (*). Cuando se ha formado un cordón en toda la circunferencia de las tuberías, cuidadosamente se apartan los extremos de las tuberías del disco calefactor y éste se retira. (En caso que el material ablandado se pegue al disco calefactor, no se debe continuar con la unión. Limpiar el disco calefactor, volver a refrentar los extremos y comenzar nuevamente).



5.- Unir rápidamente las superficies fundidas sin juntarlas de golpe. Aplicar una presión suficiente (*) para formar un doble cordón en el cuerpo de la tubería alrededor de su circunferencia completa. Cada máquina soldadora posee sus propios parámetros de soldadura (temperatura, tiempo, presión de calentamiento, presión de fusión, etc.). Estos parámetros son controlados automáticamente por el microprocesador de la máquina.



6.- Se debe esperar a que la unión se enfríe y solidifique apropiadamente. Transcurrido el tiempo de enfriamiento se retiran las abrazaderas y se inspecciona la apariencia de la unión. Es recomendable que las uniones sean marcadas con las iniciales del soldador calificado y además sean numeradas con un marcador indeleble indicando la fecha y la hora de término del proceso de fusión.



Foto N° 2, Procedimientos de Soldadura por Termofusión.

3.3.- Uniones Desmontables

Las uniones desmontables permiten una instalación fácil y rápida; sirven no sólo para unir tuberías entre sí, sino que también para unir tuberías a válvulas, accesorios y otros equipos.

3.3.1.- Sistema de unión Stub ends y flanges.

Este sistema es utilizado principalmente para acoplamiento a bombas, válvulas, etc. También es útil si se trata de instalaciones que serán desmontadas a futuro. Para realizar esta unión se requiere:

- Stub end. o porta flange.
- Flange.
- Pernos con tuerca o espárragos con tuercas.

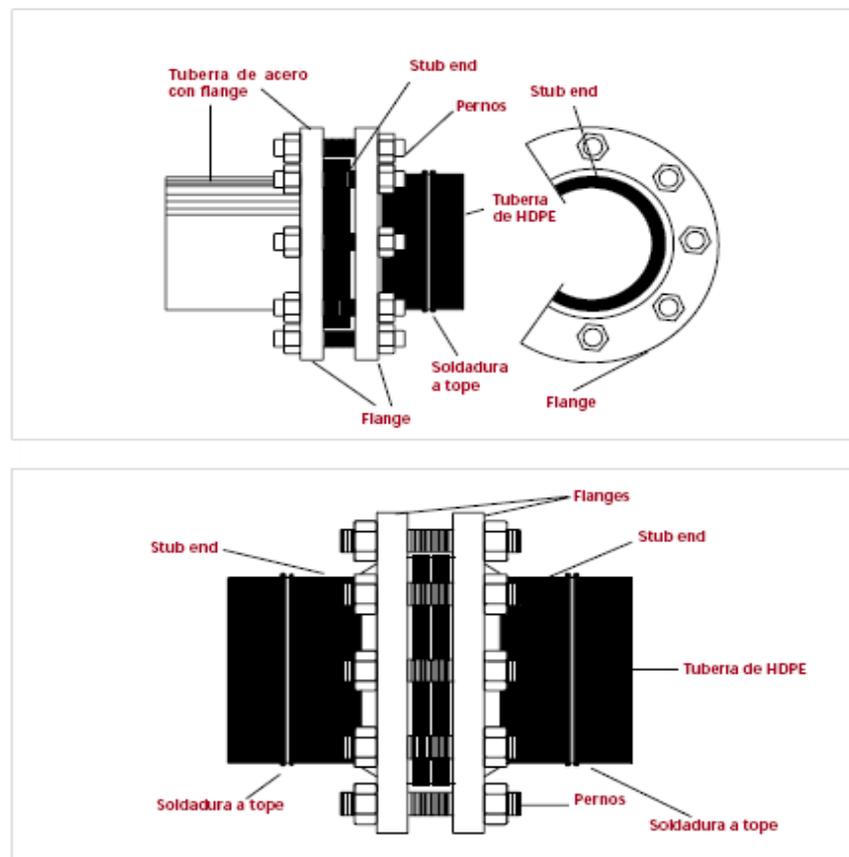


Fig. N° 8, Sistema de unión Stub ends y flanges.

La figura, ilustra el método de unión con flanges para unir tuberías de HDPE entre sí o a tuberías de otros materiales. Pueden utilizarse empaquetaduras entre los stub ends aunque a veces no es necesario. Se debe aplicar un torque suficiente a los pernos para prevenir filtraciones. Luego de la instalación inicial y el apriete de las conexiones, es una buena

práctica permitir que las conexiones se ajusten por un período de tiempo (usualmente un par de horas). Transcurrido este período se debe realizar un apriete final de los pernos; de esta manera se logra sellar la unión.

3.3.2- En la instalación de tuberías de succión y descarga

Una de las soluciones es usar el sistema vitaulic de tuberías ranuradas, es un sistema de conexión más versátil, económica y confiable. Su instalación es hasta tres veces más rápida que la soldadura, más fácil y más segura que el roscado o el embridado, y todo ello se traduce en un costo muy bajo de instalación. La preparación de los extremos de las tuberías es rápida y fácil, puede hacerse en el taller.

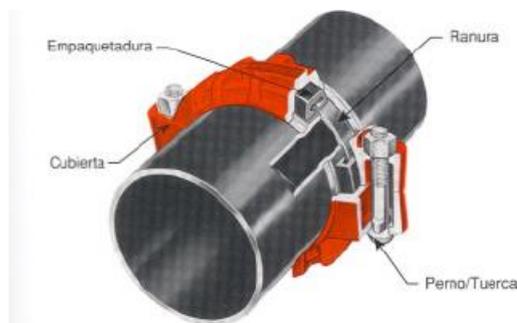


Fig. N° 9, Unión de tuberías por medio de abrazaderas Vitaulic.

Nombraremos algunas ventajas:

- Rigidez (sujeción positiva de la tubería para que resista cargas de flexión/torsionales).
- Flexibilidad (acepta expansión, contracción, deflexión y permite los diseños para aprovechar estas características).
- Fácil acceso al sistema o equipo (además de la rapidez y facilidad del montaje).
- Facilidad de alineación (para compensar algunos errores de alineación y elimina la doble perforación necesarias cuando se usa bridas).
- Atenuación del ruido y de la vibración.
- Absorción de las tensiones sísmicas.

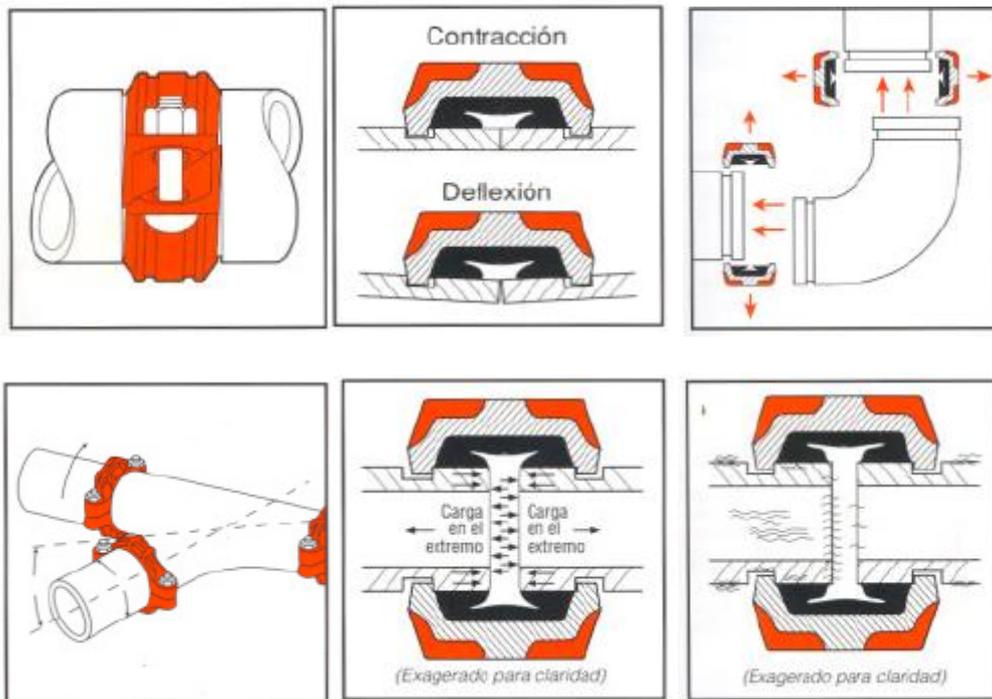


Fig. N° 10, Ventajas del uso Sistema Vitaulic.

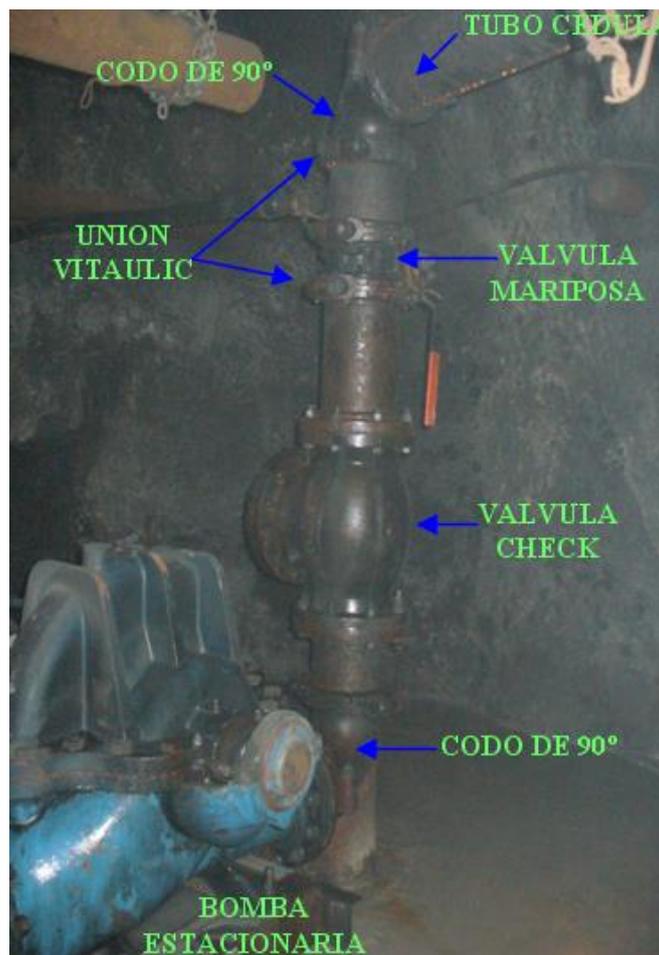


Foto N° 3, Montaje de Bomba Estacionaria (Minera SIMSA)



*Foto N°4, Acoplamiento de tubería de acero con tubería de HDPE
(Minera SIMSA)*

3.4.- TUBERIAS ALVENIUS

ALVENIUS utiliza un método único en Chile para la fabricación de tuberías de acero: el proceso de soldadura helicoidal. Este método se caracteriza por lograr mayor rigidez y menor peso en los tubos, optimizando los espesores de pared. A la vez, permite mejores estándares de alineación y circunferencia, lo que maximiza su capacidad para conducir fluidos.



Foto N° 5, Proceso de soldadura Helicoidal

El proceso de soldadura helicoidal se logra a partir de un fleje o bobina de acero, el cual es procesado a través de una matriz o calandra con ángulo de ataque variable, que da origen a los distintos diámetros. De esta forma, el acero es literalmente enrollado para formar la tubería

helicoidal, la cual es soldada interior y exteriormente mediante el Sistema de Arco Sumergido (con un coeficiente mecánico $E=1$). Este cordón de soldadura otorga una rigidez adicional al actuar como una *columna vertebral*, permitiendo distribuir uniformemente los esfuerzos mecánicos en toda la superficie del tubo. El proceso productivo de ALVENIUS se basa estrictamente en las normas nacionales e internacionales para la fabricación de tuberías de acero, especialmente en las normas ASTM, AWWA, NCh y calidad API.

3.4.1.- Ventajas del proceso de fabricación Helicoidal.

1. Proceso continuo de fabricación.
2. Alineación, circunferencia y espesor de tuberías con tolerancias mínimas.
3. Optimización de espesores de pared.
4. Diámetros adaptados según exigencias.
5. Efecto de refuerzo producto del doble cordón de soldadura.
6. Superficie interna lisa con buen acabado, lo que significa menores pérdidas por roce.
7. Cada tubo es sometido a una prueba de presión hidrostática.
8. Descomposición de esfuerzos con carga en la soldadura (entre un 50% y un 70% de la tensión superficial).
9. Gran durabilidad y resistencia, combinadas con bajo peso.

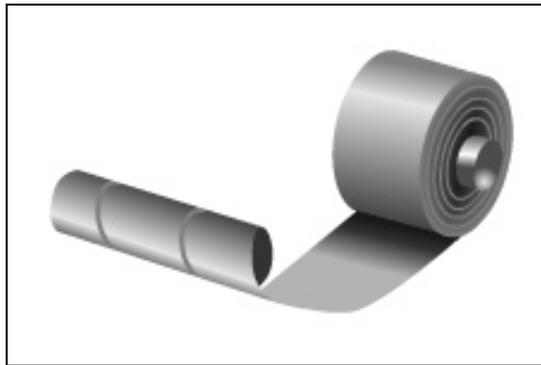


Fig. N° 11, Acero es literalmente enrollado para formar la tubería helicoidal.

3.5.- PLANTEAMIENTO DE FORMULAS:

3.5.1.- Calculo de la Velocidad Media del Flujo:

Utilizando la ecuación de continuidad tenemos:

$$V = \frac{4 * Q_b}{\Pi * D_c^2} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

V: velocidad media del agua a través de la tubería (m/s).

D_c: Diámetro interior de la sección transversal de la tubería (m).

Q_b: Caudal de bombeo (m³/s).

3.5.2.- Calculo de la Altura Dinámica Total (ADT):

Es la energía neta transmitida por unidad de peso a su paso por la bomba centrífuga, expresada en unidades de longitud. Esta energía absorbida por el fluido, es la que necesita para vencer la altura estática total más las pérdidas en las tuberías y accesorios del sistema. Se expresa generalmente en metros o en pies de columna del fluido bombeado.

La altura dinámica de una bomba esta dado por la suma de la altura geométrica + altura de pérdidas, ósea:

$$ADT = H_g + h_p \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

H_g: altura geométrica (m).

h_p: altura de pérdidas (m).

Además $h_p = h_{friccion} + h_{singularidad}$ donde las $h_{singularidad}$ se pueden despreciar.

Pérdidas de Carga en Tuberías:

Las pérdidas de carga que se presentan en las líneas de Impulsión se dividen básicamente en dos tipos ($h_p = H_f + H_l$) que se definen a continuación:

- ***Perdidas de carga por fricción***

Obtenido la velocidad de flujo se procede al cálculo de la pérdida de carga por fricción en la línea utilizando para esto la ecuación de Hazen-Williams expresada como sigue:

$$H_f = \left[\frac{Q_b}{0,2785 * C * D_c^{2,63}} \right]^{1,85} * L \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo (m^3/s).

D_c : Diámetro interior de la sección transversal de la tubería (m).

C: coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

H_f : Pérdida de carga por fricción (m).

L: Longitud de tubería con diámetro constante (m).

- ***Perdidas de carga local***

Además de la pérdida de carga por fricción también se presenta en la línea de impulsión pérdidas de carga denominadas locales, producto del paso del flujo a través de los accesorios instalados en línea y/o al cambio de dirección y/o sección en sus tramos.

Para esta evaluación se utiliza el teorema de Borde-Belenger.

$$H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

k: depende del accesorio por donde transita el flujo (codos, válvulas, entradas, etc.)

Luego, reemplazando las ecuaciones (3) y (4) en (2) se tiene:

$$ADT = H_g + (H_f + H_l) \dots\dots\dots(5)$$

3.5.3.- Potencia de Impulsión

Establecidas las pérdidas se procede a calcular la potencia necesaria para impulsar la columna de agua desde el pozo al reservorio.

- **Potencia de consumo (P_c)**

Es la energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento, es calculada por la siguiente expresión:

$$P_c (HP) = \frac{1000 * Q_b * ADT}{76 * \eta_b} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

ADT: Altura Dinámica Total (m).

Q_b: Caudal de Bombeo (m³/s).

η_b: eficiencia de la bomba (%)

- **Potencia Instalada (P_i)**

El motor que se acopla a la bomba para su funcionamiento necesita una energía denominada potencia instalada y es calculada por la siguiente expresión:

$$P_i (HP) = \frac{1000 * Q_b * ADT}{76 * \eta_c} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

η_c: eficiencia del sistema en conjunto bomba – motor (%).

$$\eta_c = \eta_b * \eta_m \dots\dots\dots (8)$$

3.5.5.- Carga Neta de Succión Positiva.

Si la presión en una bomba cae debajo de la presión de vapor del líquido a la temperatura de flujo, se forma burbujas justo antes de la entrada a los álabes del impulsor. Es por ello importante para no interrumpir el funcionamiento de una bomba mantener la presión a la entrada de los álabes del impulsor, sobre la presión de vapor del líquido. Para lograr esto la energía requerida en la conexión de succión de la bomba necesaria para sobrellevar las

pérdidas de succión, se le suele denominar carga neta de succión positiva (N.S.P.H – Net Positive Succión Head)

El cálculo del N.S.P.H toma gran importancia cuando se deben bombear líquidos muy calientes, donde toda la energía disponible para la succión sólo proviene de la succión estática, causada por la diferencia de nivel existente donde la superficie del líquido a succionar sobre el nivel del eje de la bomba. La N.S.P.H puede ser definido como la presión estática a que debe ser sometido un líquido, para que pueda fluir por si mismo a través de las tuberías de succión y llegar finalmente hasta inundar los álabes en los orificios de entrada del impulsor. La presión que motiva este flujo proviene unas veces, de la presión atmosférica únicamente, otras veces de la altura estática más la presión atmosférica y por último hay oportunidades también donde es posible hacer intervenir favorablemente a una presión auxiliar que se halla presente en el sistema.

- **N.S.P.H Disponible**

Esta carga depende de la succión o elevación de succión, la carga de fricción y la presión de vapor del líquido que se maneja. Dependiendo de las condiciones de aplicación, la N.S.P.H. de que dispone puede alterarse para conformarse con la que requiere la bomba para su operación satisfactoria, si pueden hacerse cambios en la tubería, nivel de suministro del líquido, etc. Así pues, alterando la disposición física de una instalación, es posible, controlar una fase de la N.S.P.H disponible.

Pero la presión de vapor del líquido no puede cambiarse sin aumentar o disminuir la temperatura del líquido, y este no es siempre factible. Por lo tanto puede ser un obstáculo para la alteración de la N.S.P.H.

- **N.S.P.H. Requerida**

Esta depende sólo del diseño de la bomba y se obtiene del fabricante para cada bomba en particular, según tipo, modelo, capacidad y velocidad.

El fabricante debe suministrar gráficamente las características del N.S.P.H. para una bomba dada sobre su curva de operación.

Es importante tener en cuenta:

El N.S.P.H. disponible en el sistema, deberá ser mayor o por lo menos igual a la N.S.P.H. requerida por la bomba, de otro modo se producirán fallas como son la pérdida del cebado y la cavitación.

$$NSPH_d \geq NSPH_r$$

Para nuestro caso:

Se refiere a un tanque abierto a la atmósfera y colocado por encima del eje de la bomba.

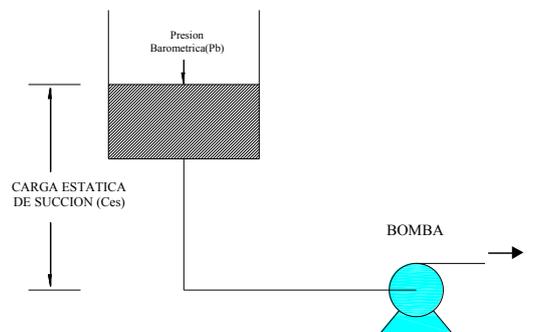


Fig. N° 12, Instalación de tubería de succión

$$NSPH_d = \left(\frac{P_b - P_v}{\gamma} \right) + C_{es} - h_f \text{ (en metros o pies)..... (9)}$$

Donde:

P_b = Presión barométrica

C_{es} = Carga estática de succión

P_v = Presión de vapor

h_f = Pérdida de carga debido a la fricción

γ = Peso específico del líquido a una T°.

Tabla N° 2, Variación de la Presión Atmosférica en función de la Altura.

Altura sobre el nivel del mar	
Altura (metros)	Presión Atmosférica (m.c.a)
0	10.33
250	10.33
500	9.73
750	9.43
1000	9.13
1250	8.83
1500	8.53
1750	8.25
2000	8.00
2250	7.75
2500	7.57
2750	7.28
3000	7.05
3250	6.83
3500	6.62
3750	6.41
4000	6.20
4250	5.98
4500	5.78

Tabla N° 3, Valores de Presión de Vapor a diversas Temperaturas.

TEMPERATURA °C	PRESION DE VAPOR		DENSIDAD gr/cm ³
	mmHg	Kg/cm ²	
15	12,7	0,0174	0,999
20	17,4	0,0238	0,998
25	23,6	0,0322	0,997
30	31,5	0,0429	0,996
35	41,8	0,0572	0,994
40	54,9	0,0750	0,992
45	71,4	0,0974	0,990
50	92	0,1255	0,988
55	117,5	0,1602	0,986
60	148,8	0,2028	0,983
65	186,9	0,2547	0,981
70	233,1	0,3175	0,978
75	288,5	0,3929	0,975
80	354,6	0,4828	0,972
85	433	0,5894	0,969
90	525,4	0,7149	0,965
95	633,7	0,8620	0,962
100	760	1,0333	0,958

IV.- FORMULACION DEL PROBLEMA

El sistema de bombeo actual de la mina MINANCA C.A está situada en un pique inclinado (de 45°) ubicado en instalaciones de la mina MINESADCO (instalado en esta mina por el fácil acceso y por la infraestructura).

Dicha mina tiene 13 niveles inferiores de 30,5 m de altura (que fueron hechas por la antigua empresa americana SADCO), actualmente el nivel de agua se encuentra a 5 metros debajo del 4to nivel.

El sistema de bombeo actual cuenta con:

- **En el 3^{er} Nivel**, una estación de bombeo con 02 bombas estacionarias de 75 HP marca Goulds modelo 3410 (caja partida), con líneas de conducción de 6 y 8 pulgadas. Esta estación bombea a superficie.
- **Debajo del 4^{to} Nivel**, 02 bombas sumergibles de 75 HP para pozo marca Goulds (cubiertas por una protección) con líneas de conducción de 6 pulgadas, estas bombean a la estación del 3^{er} nivel.



Foto N° 6, Entrada a la Mina MINESADCO – Pique Inclinado

El caudal bombeado es de $Q_{BS1} = 70$ l/s y el avance del descenso de los niveles del agua es lento.

Donde:

Q_{BS} : Caudal total de las bombas sumergibles

V.- PROPUESTAS A CONSIDERAR PARA EL PROYECTO

5.1.- Cambiar las Bombas Sumergibles Actuales

Las bombas sumergibles instaladas en el tope del pique inclinado son de gran importancia, porque gracias a ello se logra el avance para bajar el nivel del agua. Por tanto, las bombas tienen que ser fáciles de instalarlas y de maniobrarlas.

5.2.- Instalación de la 3^{ra} Bomba Estacionaria en la Estación del 3^{er} nivel

La instalación de la 3^{ra} bomba estacionaria dará confiabilidad al bombeo, estará en Stand By y se pondrá en funcionamiento ante cualquier eventualidad que se presentara con las otras dos. Además, en épocas de invierno se podrá bombear con las tres bombas al máximo.

5.3.- Cambio de la Tubería de Descarga de Alvenius por Tubería de HDPE de las Bombas Estacionarias del 3^{er} nivel Hasta Superficie

La tubería de descarga de la bomba estacionaria tienen que garantizar una larga vida útil para minimizar los costos de mantenimiento; además, las tuberías deben de ser lisas para que la fuerza de fricción que ejerce hacia al flujo de agua sea menor.

5.4.- El Diseño de la Estación de Bombeo Para el 5^{to} Nivel

Una vez que el agua este más abajo del 5^{to} Nivel, se necesitara una estación de bombeo para poder seguir bajando el nivel del agua, ya que las bombas sumergibles que tenemos están al límite de su capacidad, dicha estación deberá contar con una infraestructura que de confiabilidad y facilidad de mantenimiento.

VI.- DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS

6.1.- Cambiar las Bombas Sumergibles Actuales.

6.1.1.- Situación Actual

Las bombas sumergibles que tenemos instalado actualmente en el pique inclinado no son las adecuadas, puesto que dichas bombas se usan para fines agrícolas o en pozas de abastecimiento de agua y no para minería; además, estas bombas con trineo incluido son bastantes pesadas, largas (bomba-motor mide aprox. 3 m de longitud dentro del trineo) y ocupan mucho espacio, como se puede apreciar en la Foto N° 7.



Foto N° 7, Bomba sumergible de 75Hp con su protección.

En las condiciones que tenemos usar tres bombas del mismo tipo dará como resultado que el avance de bajar el nivel del agua sea lento, y demore cuando se va a realizar sus mantenimientos respectivos (las bombas sumergibles son instaladas una tras otra por el espacio limitado del pique inclinado) y también se requiere de unos 7 a 8 trabajadores para sacar o meter la bomba al agua.

Por otro lado, el mantenimiento promedio de las bombas sumergibles es al mes (cada mantenimiento tiene un valor promedio de \$ 1000 dólares), este mantenimiento se incrementara cuando lleguemos al 5^{to} nivel, ya que hay demasiado sedimentos acumulados y causara que se desgaste más rápido las componentes de la bomba. Por otro lado, los motores

Franklin que tenemos no son rebobinables, y si en algún momento se quemara un motor de estas, tendríamos que comprar uno nuevo, incrementando el costo del bombeo.

6.1.2.- Desarrollo de la propuesta

La propuesta considera el cambio de las bombas sumergibles actuales por 03 bombas sumergibles diseñados para bombear agua de mina (02 operando y 01 en Stand By).

Para la elección de la bomba sumergible, se calcula los siguientes parámetros que permitan dar seguridad y condiciones de servicio a un mínimo costo de inversión:

Calculo de Parámetros:

Teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Caudal bombeado: $Q_b = 40 \text{ l/s} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diámetro interior: $D_c = 150 \text{ mm}$
- Coeficiente de rugosidad C para tubería usada de acero: $C = 140$
- Longitud de Tubería de descarga: $L_D = 100 \text{ m}$.
- Altura Geométrica: $H_g = 66 \text{ m}$

a.- Calculo de la velocidad media del flujo.

Utilizando la ecuación (1) de continuidad y reemplazando los datos tenemos:

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D_c^2}$$
$$V = \frac{4 * 0.04}{\pi * (0.150)^2} = 2.3 \text{ m/s}$$

Esta velocidad es menor de 3,0 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles.

b.- Calculo del ADT:

Para el cálculo del ADT, usamos la ecuación (5):

$$ADT = H_g + (H_f + H_l)$$

Calculando las pérdidas por fricción y pérdidas locales:

- Reemplazando en la ec. (3) para el cálculo de las perdidas por fricción:

$$H_f = \left[\frac{Q_b}{0,2785 * C * D_c^{2,63}} \right]^{1,85} . L$$

$$H_f = \left[\frac{0,04}{0,2785 * 140 * 0,150^{2,63}} \right]^{1,85} * 100$$

$$H_f = 3,01 \cong 3m$$

- Reemplazando en la ec. (4) para el cálculo de las perdidas locales:

$$H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

Cuadro N°1, Valores del coeficiente de perdida local para accesorios.

Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo a 90°	3	0,3	0,9
Válvula De retención	1	0,9	0,9
sumatoria de K			1,8

Reemplazando:

$$H_l = 1,8 * \frac{2,3^2}{2 * 9,81}$$

$$H_l = 0,47m$$

Luego, reemplazando:

$$ADT = 66 + 3 + 0,47$$

$$ADT \cong 69,5m$$

c.- Análisis del fluido:

Se realizo un análisis de agua para calcular el Ph de agua de mina que tenemos, salió como resultado de Ph = 7.5 (Este análisis se realizo en las instalaciones de la planta de MINANCA)

d.- Elección de la bomba sumergible:

Con los resultados obtenidos, se eligió usar las bombas sumergibles Flygt modelo 2201.11 HT por estar dentro de los parámetros, además estas bombas son mineras, tiene un rendimiento hidráulico de 65.8% y pueden bombear un porcentaje de sólidos, son de instalación y manejo fácil (cada bomba pesa 240 Kg.).

Con esta bomba sumergible se estima bombear 40 l/s c/u teniendo una capacidad de bombeo total de $Q_{BS2} = 80$ l/s, y cuando nos encontramos en época de invierno tener la capacidad de bombear con 3 bombas al máximo (120 l/s).

6.1.3.- Evaluación de la propuesta

Se realiza la cotización de las bombas Flygt, cada bomba sumergible esta valorizada en \$ 27,000.00 dólares americanos incluido su tablero y puesta en marcha.

Adquiriendo estas bombas podremos bombear 10 l/s más ($Q_{BS1} - Q_{BS2}$) y se ahorrará 30 Hp de potencia, además como son bombas nuevas requerirán de mantenimiento cada dos o tres meses, lo que significa ahorro en mantenimiento.

Si bien es cierta esta propuesta ya está en proceso, lo que se busca es cuantificar los gastos y sustentar la inversión a realizarse al usar bombas con mayor eficiencia y fácil de instalación.

Además, esta propuesta apunta principalmente a la reducción de costos en los mantenimientos mensuales y en el ahorro de potencia.

6.2.- Instalación de la 3^{ra} Bomba Estacionaria en la Estación del 3^{er} Nivel

6.2.1.- Situación Actual

La estación de bombeo en el 3^{er} nivel cuenta con 02 bombas estacionarias marca Goulds modelo 3410 con capacidad de bombeo de $Q_{BE1} = 85$ l/s, esta estación no cuenta con una bomba en Stand by ni con espacio suficiente para otra bomba (la estación no fue diseñada con las medidas de las bombas Goulds 3410 como se puede apreciar en la Foto N° 8). Cuando se presenta una eventualidad (como tubería rota, cambio de bomba o motor) se tiene que parar una bomba sumergible del tope causando que el nivel del agua suba hasta dejar operativo la unidad. Esto genera una pérdida en el proceso de bajar el nivel al 5^{to} nivel.



Foto N° 8, bombas estacionarias del 3^{er} Nivel.

Además, en el invierno de este año 2008 el agua se incremento en $Q_f = 20$ l/s (Q_f : Caudal de filtraciones) aproximadamente a causa de las filtraciones provocando que el nivel del agua suba 25 m tapando labores importantes de producción.

Se instalo una tercera bomba sumergible de 50 Hp en el tope logrando bajar el nivel del agua con un caudal total de las bombas sumergibles de 100 l/s. Pero como en la estación del 3^{er} nivel tenemos una capacidad de bombeo de 85 l/s, se produce un excedente de 15 l/s de agua que retorna al tope produciéndose una pérdida.

6.2.2.- Desarrollo de la propuesta

La propuesta considera la instalación de la 3^{ra} bomba estacionaria de 75 HP que estará en stand by ante cualquier eventualidad que se presentara con las otras dos, y en el tiempo de invierno se pondrá en funcionamiento logrando controlar las posibles inundaciones a causa de las filtraciones.

Como se puede apreciar en la Foto N° 8, la estación de bombeo no cuenta con suficiente espacio en la zona de bombas, por lo que la tercera bomba estacionaria será instalada en la parte de afuera por la margen derecha como se muestra en la Foto N° 9.



Foto N° 9, Estación de bombeo del 3er Nivel.

A continuación, se realiza el cálculo de los siguientes parámetros, teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Caudal bombeado: $Q_b = 45 \text{ l/s} = 0,045 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diámetro interior: $D_c = 150 \text{ mm}$
- Coeficiente de rugosidad C para tubería usada de acero: $C = 140$
- Longitud de Tubería de descarga: $L_D = 140 \text{ m}$.
- Longitud de tubería de succión: $L_S = 8 \text{ m}$.
- Altura Geométrica: $H_g = 92 \text{ m}$

a.- Calculo de la velocidad media del flujo.

Utilizando la ecuación (1) y reemplazando los datos se tiene:

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D_c^2}$$

$$V = \frac{4 * 0.045}{\pi * (0.150)^2} = 2.5 \text{ m/s}$$

Esta velocidad es menor de 3 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles.

b.- Cálculo del ADT:

Para el cálculo del ADT, usamos la ecuación (5):

$$ADT = H_g + (H_f + H_l)$$
$$ADT = H_g + (h_{descarga} + h_{succion})$$

Cálculo de pérdidas en la descarga ($h_{descarga}$):

Calculando las pérdidas por fricción y pérdidas locales:

- Reemplazando en (3) para el cálculo de las pérdidas por fricción:

$$H_f = \left[\frac{Q_b}{0,2785 * C * D_c^{2,63}} \right]^{1,85} \cdot L$$
$$H_f = \left[\frac{0,045}{0,2785 * 140 * 0,150^{2,63}} \right]^{1,85} * 140$$
$$H_f = 5,25$$

- Reemplazando en la ec. (4) para el cálculo de las pérdidas locales:

$$H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

Cuadro N° 2, Valores del coeficiente de pérdida local para accesorios.

Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo a 90°	4	0,3	1,2
Valv. De retención	1	0,9	0,9
sumatoria de K			2,1

Reemplazando:

$$H_l = 2,1 * \frac{2,5^2}{2 * 9,81}$$
$$H_l = 0,69m$$

Luego, las pérdidas en la descarga es:

$$h_{descarga} = 5,25 + 0,69$$
$$h_{descarga} = 5,94m$$

Cálculo de pérdidas en la succión (succión):

Teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Caudal bombeado: $Q_b = 45 \text{ l/s} = 0,045 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diámetro interior: $D_c = 200 \text{ mm}$
- Coeficiente de rugosidad C para tubería usada de acero: $C = 140$
- Longitud de tubería de succión: $L_s = 8 \text{ m}$.

Utilizando la ecuación (1) y reemplazando los datos tenemos:

$$V = \frac{4 * 0.045}{\pi * (0.200)^2} = 1,4 \text{ m/s}$$

Esta velocidad es menor de 1,7 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles para la succión.

Calculando las pérdidas por fricción y pérdidas locales:

- Reemplazando en (3) para el cálculo de las pérdidas por fricción:

$$H_f = \left[\frac{Q_b}{0,2785 * C * D_c^{2,63}} \right]^{1,85} \cdot L$$
$$H_f = \left[\frac{0,045}{0,2785 * 140 * 0,200^{2,63}} \right]^{1,85} * 8$$
$$H_f = 0,07 \text{ m}$$

- Reemplazando en la ec. (4) para el cálculo de las pérdidas locales:

$$H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

Cuadro N° 3, Valores del coeficiente de perdida local para accesorios.

Accesorios	Cantidad	K	Total
Válvula compuerta	1	0,3	0,3
sumatoria de K			0,3

Reemplazando:

$$H_l = 0,3 * \frac{1,4^2}{2 * 9,81} = 0,03 \text{ m}$$

Luego, las pérdidas en la succión es:

$$h_{succion} = 0,07 + 0,03$$

$$h_{succion} = 0,10m$$

Entonces, reemplazamos para calcular el ADT:

$$ADT = 92 + 0,10 + 5,94$$

$$ADT \cong 98m$$

Con el resultado obtenido, calculamos el Q en la Curva de funcionamiento de la bomba estacionaria Goulds modelo 3410:

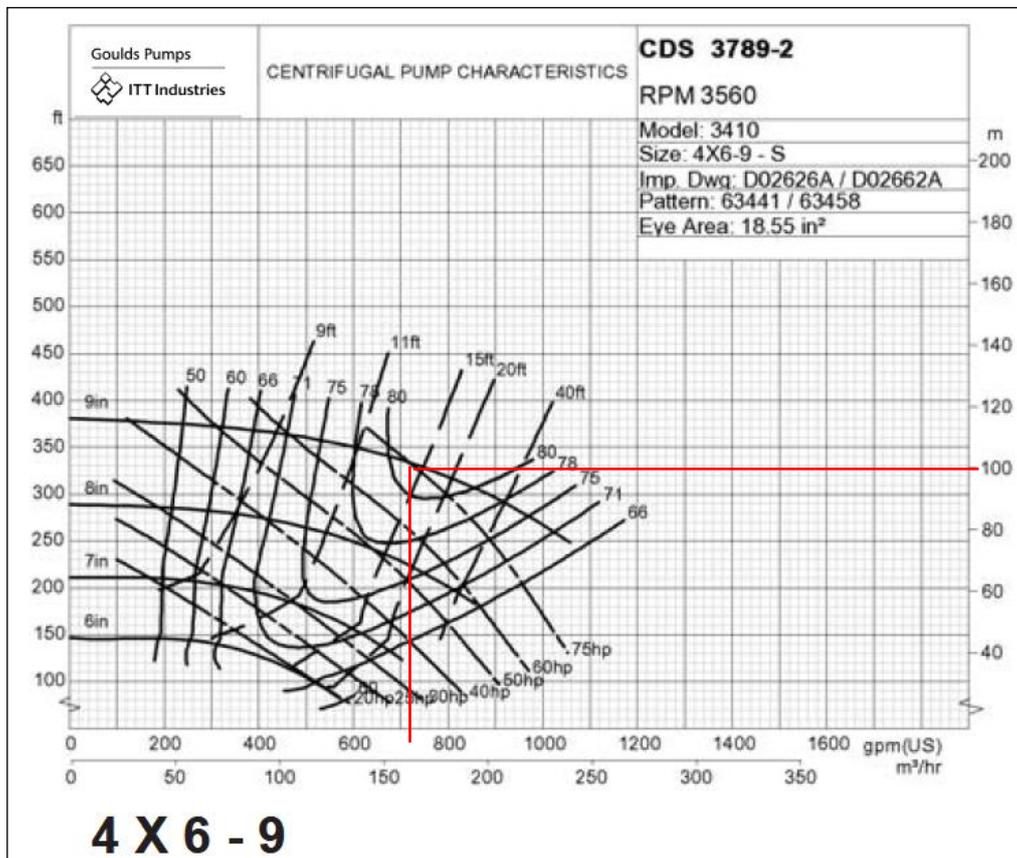


Fig. N° 13, Curva de Funcionamiento de la Bomba Goulds modelo 3410

Entonces para ADT = 98 m tenemos:

- Q = 720 GPM = 45 l/s
- $\eta = 82 \%$
- $NPSH_r = 14 \text{ ft} = 4,3 \text{ m}$.
- Potencia nominal de 75 Hp.

c.- Calculo de NPSHa:

Teniendo en cuenta que la T° agua = 25 °C y que la estación del 3er nivel esta a una altitud de 546 m.s.n.m.; Con estos datos sacamos los valores de las tablas N° 2 y N° 3 lo siguiente:

$$\gamma = 0,997 \text{ gr/cm}^3 = 997 \text{ Kg/m}^3$$

$$P_b = 9,61 \text{m H}_2\text{O} = 9610 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_v = 0,0323 \text{ Kg/cm}^2 = 323 \text{ Kg/m}^2$$

Teniendo una $C_{es} = 1,0 \text{ m}$ y reemplazando en la ec. (9) se tiene:

$$NPSH_d = \left(\frac{P_b - P_v}{\gamma} \right) + C_{es} - h_f$$

$$NPSH_d = \left(\frac{9610 - 323}{997} \right) + 1 - 0,10$$

$$NPSH_d = 10,21 \text{m}$$

Luego, como el $NPSH_r$ (de la curva de funcionamiento de la bomba 3410) es:

$$NPSH_r = 4,3 \text{ m}$$

Entonces:

$$NPSH_d \geq NPSH_r$$

La empresa MINANCA C.A. anteriormente compro 4 bombas estacionarias, de los cuales instaló dos bombas estacionarias en el 3^{er} nivel y dos quedaron para instalar en el 5^{to} nivel una vez que se baje el nivel del agua. Se coordina con el superintendente de mina el Ing. Bolívar Muñoz y se aprueba la instalación de una bomba estacionara para el 3^{er} nivel. Para la instalación de la bomba se requiere los trabajos preliminares y materiales siguientes:

Trabajos preliminares:

- ✓ Preparar la zona donde estará ubicada la bomba como limpieza, sostenimiento y perforación de cáncamos).
- ✓ Preparación de una losa con pernos de anclaje.

Materiales:

- ✓ 2,5 m de tubo cedula 80 x 6" de diámetro.

- ✓ 2,0 m de tubo cedula 40 x 5" de diámetro
- ✓ 150 m de tubería de alvenius de 150 mm de diámetro.
- ✓ 02 codos de tubo cedula 80 x 90° de 6" de diámetro.
- ✓ 01 codo de tubo cedula 80 x 45° de 6" de diámetro.
- ✓ 01 válvula Check de 6" para 150 psi.
- ✓ 01 válvula mariposa 150 Psi de 6".
- ✓ Otros materiales menores como unión vitaulic, pernos, etc.

6.2.3.- Evaluación de la propuesta

La preparación del terreno y la losa, se realizo un gasto de \$ 300.00 dólares y de los materiales:

Cuadro N° 4, Listado de precios para la evaluación de la propuesta N° 2.

Ítem	Cant.	Descripción	P.U.	P.Total
1	2,5	Metros de tubería de cedula 80 de 6"	60,00	150,00
2	2	Metros de tubería de cedula 40 de 5"	50,00	100,00
3	2	codo soldable de 90° CD 80x6"	41,75	83,50
4	1	codo soldable de 45° CD 80x6"	28,10	28,10
5	1	válvula check 150PSI de 6"	530,00	530,00
6	1	válvula mariposa bridada 150 Psi.de 6"	129,50	129,50
7	150	Metros de tubería alvenius de \varnothing 152mm (usado)	12,93	1 939,50
8	-	Otros (bridas, pernos, suelda, etc.)	-	400,00
			Sub Total	
			\$	3 360,60
			I.V.A	403,27
			TOTAL	3 763,87

Entonces, para la realización de esta propuesta se necesita una inversión total de \$ 4 063,87dólares.

Esta evaluación apunta principalmente a la reducción de pérdidas en el proceso que se produce cuando el bombeo se paraliza por cualquier eventualidad o cuando se realiza mantenimiento a las otras dos bombas, y también cuando nos encontramos en la época de invierno.

6.3.- Cambio de Tubería de Descarga de las Bombas Estacionarias.

6.3.1.- Situación Actual

Actualmente las tuberías de descarga de las bombas estacionarias son de alvenius y presentan desgaste, produciéndose huecos constantes, causando la parada de la bomba estacionaria hasta poder realizar su mantenimiento respectivo. Además, las dos líneas de descarga, una de 6" y la otra de 8" de diámetro, ya necesitan ser cambiadas en su totalidad. Las tuberías de alvenius tienen una duración de 2 años aproximadamente, puesto que dichas tuberías son usadas; la formación de sarro (capa rosa) en el interior de la tubería causa perdidas por fricción.

Actualmente se tiene tubería solo para realizar los mantenimientos y no se cuenta con tubería para seguir avanzando en el proceso de bajar el agua.



*Foto N° 10, Tuberías de Descarga de las 02 Bombas Estacionarias.
(Entrada del Pique Inclinado- MINESADCO)*



Foto N°11, Succión de Bomba Estacionaria .

6.3.2.- Desarrollo de la Propuesta

La propuesta considera usar las tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE), que son utilizados actualmente en sistemas de tuberías en la minería.

Las tuberías de HDPE ofrecen mayores alternativas de diseño garantizando una larga vida útil (duran hasta 50 años), economía en instalación y equipos, minimizando los costos de mantenimiento, cuando las condiciones de operación están dentro de las capacidades de temperatura y presión del material. Además, las tuberías de HDPE se unen mediante la Termofusión o uniones desmontables que permiten una instalación fácil y rápida; sirven no sólo para unir tuberías entre sí, sino que también para unir tuberías a válvulas, accesorios y otros equipos.

Para cambiar las tuberías de alvenius por tuberías de HDPE a las bombas estacionarias sin parar el bombeo; se plantea que: la tercera bomba estacionaria que se va a instalar en el 3^{er} nivel ya se instale con la tubería nueva, para luego proceder a cambiar a las otras dos restantes. Además, para realizar este trabajo se necesitará el servicio de termo fusión por un lapso de 1 mes.

Para poder instalar las tuberías nuevas necesitamos los siguientes materiales:

- ✓ 450 m de tubería HDPE PN10 de \varnothing 6" de 9 m de longitud de cada tubo.
- ✓ 03 juegos de unión Stub ends y flanges.
- ✓ Servicio de termofusión por 1 mes (para poder termofusionar los 450 m).
- ✓ El reforzamiento de los rieles en donde se apoyan las tuberías de descarga, en el pique inclinado.

NOTA:

En el marco teórico se describe con mayor detalle las propiedades, usos y acoplamientos de las tuberías HDPE.



Foto N° 12, Tubería de polietileno usado en bombeo, en la mina SIMSA (Perú).

6.3.3.- Evaluación de la propuesta

Se realiza la cotización de las tuberías de HDPE:

Cuadro N° 5, cotización de tuberías y accesorios de HDPE para la propuesta N° 3.

Ítem	Cant.	Descripción	P.U.	P.Total
1	450	Metros de tubería HDPE PE100 de 160 mm PN10 tramos de 12 mts.	11,50	5 175,00
2	3	STUB END para tubería HDPE PE100 de 160 mm para un PN10	190,00	570,00
3	1	Servicio de termofusión por 1 mes (para poder termofusionar los 450 m).	4 500,00	4 500,00
			TOTAL \$	10 245,00

Como estas tuberías van a ser compradas en Perú, el transporte e impuesto de las aduanas da un monto aproximado de \$ 3 500,00. Entonces, para la realización de esta propuesta se necesita una inversión de \$ 13 745,00 dólares.

Por otro lado, la cotización de los tubos de alvenius:

Cuadro N° 6, cotización de tuberías Alvenius.

Ítem	Cant.	Descripción	P.U.	P.Total
1	450	metros de tubería alvenius de \varnothing 150 mm (usado)	12,93	5 818,50
			I.V.A	698,22
			TOTAL	6 516,72

El transporte de las tuberías desde la ciudad de Machala (donde se compran las tuberías) a Portovelo es de \$ 150,00. Entonces, si se compra tuberías de alvenius, el precio total será de \$ 6 666,72 dólares.

Luego, hacemos un cuadro comparativo:

Cuadro N° 7, Cuadro comparativo de Precios.

MATERIAL DE LA TUB.	HDPE	ALVENIUS
Costo Total	\$ 13 745,00	\$ 6 666,72
Vida útil (años)	50	2

Como se puede apreciar, el costo de inversión de los tubos HDPE es el doble de los tubos Alvenius, pero con respecto a la vida útil de la tubería, la tubería HDPE supera largamente a la tubería de alvenius.

Esta evaluación apunta principalmente a la reducción de costos que va a significar dejar de estar cambiando cada cierto tiempo las tuberías de alvenius, puesto que las tuberías de HDPE duran 50 años y se pueden instalar/desinstalar con facilidad.

6.4.- El Diseño de la Estación de Bombeo Para el 5^{to} Nivel

6.4.1.- Situación Actual

Una vez que el agua este más abajo del 5^{to} Nivel, se necesitara una estación de bombeo para poder seguir bajando el nivel del agua ya que las bombas sumergibles que tenemos estarán al límite de su capacidad.

6.4.2.- Desarrollo de la propuesta

La propuesta considera hacer una estación de bombeo ubicada en el 5^{to} Nivel, el cual será de suma importancia para seguir bajando el nivel del agua, por lo que se diseñara una infraestructura que de confiabilidad y facilidad de mantenimiento.

El cálculo y diseño de esta estación de bombeo, se harán para usar las bombas estacionarias Goulds modelo 3410, esto para uniformizar las bombas del 3^{er} y 5^{to} nivel.

A continuación, se realiza el cálculo de los siguientes parámetros, teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Caudal bombeado: $Q_b = 45 \text{ l/s} = 0,045 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diámetro interior: $D_c = 150 \text{ mm}$
- Coeficiente de rugosidad C para tubería usada de acero: $C = 140$
- Longitud de tubería de descarga: $L_D = 100 \text{ m}$.
- Longitud de tubería de succión: $L_S = 2 \text{ m}$.
- Altura Geométrica: $H_g = 62 \text{ m}$

a.- Calculo de la velocidad media del flujo.

Utilizando la ecuación de continuidad y reemplazando los datos tenemos:

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D_c^2} \dots\dots\dots(1)$$

Reemplazando los datos en (1) tenemos:

$$V = \frac{4 * 0.045}{\pi * (0.150)^2} = 2.5 \text{ m/s}$$

Esta velocidad es menor de 3 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles.

b.- Calculo del ADT:

Para el cálculo del ADT, usamos la ecuación (5):

$$ADT = H_g + (H_f + H_l)$$

$$ADT = H_g + (h_{descarga} + h_{succion})$$

Cálculo de pérdidas en la descarga ($h_{descarga}$):

Calculando las pérdidas por fricción y pérdidas locales:

- Reemplazando en la ec. (3) para el cálculo de las perdidas por fricción:

$$H_f = \left[\frac{Q_b}{0,2785 * C * D_c^{2,63}} \right]^{1,85} * L$$

$$H_f = \left[\frac{0,045}{0,2785 * 140 * 0,150^{2,63}} \right]^{1,85} * 100$$

$$H_f = 3,75 \text{ m}$$

- Reemplazando en la ec. (4) para el cálculo de las perdidas locales:

$$H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

Cuadro N° 8, Valores del coeficiente de pérdida local para accesorios.

Accesorios	Cantidad	K	Total
Codo a 90°	7	0,3	2,1
Valv. De retención	1	0,9	0,9
sumatoria de K			3,0

Reemplazando:

$$H_l = 3,0 * \frac{2,5^2}{2 * 9,81}$$

$$H_l = 0,99m$$

Luego, las pérdidas en la descarga es:

$$h_{descarga} = 3,75 + 0,99$$

$$h_{descarga} = 4,74m$$

Cálculo de pérdidas en la succión ($s_{ucción}$):

Teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Caudal bombeado: $Q_b = 45 \text{ l/s} = 0,045 \text{ m}^3/\text{s}$
- Diámetro interior: $D_c = 200 \text{ mm}$
- Coeficiente de rugosidad C para tubería usada de acero: $C = 140$
- Longitud de tubería de succión: $L_s = 2 \text{ m}$.

Utilizando la ecuación (1) y reemplazando los datos tenemos:

$$V = \frac{4 * 0.045}{\Pi * (0.200)^2} = 1,4m / s$$

Esta velocidad es menor de 1,7 m/s, es decir se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles para la succión.

Calculando las pérdidas por fricción y pérdidas locales:

- Reemplazando en (3) para el cálculo de las pérdidas por fricción:

$$H_f = \left[\frac{Q_b}{0,2785 * C * D_c^{2,63}} \right]^{1,85} . L$$

$$H_f = \left[\frac{0,045}{0,2785 * 140 * 0,200^{2,63}} \right]^{1,85} * 2$$

$$H_f = 0,02m$$

- Reemplazando en la ec. (4) para el cálculo de las perdidas locales:

$$H_l = \sum k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

Cuadro N° 9, Valores del coeficiente de pérdida local para accesorios.

Accesorios	Cantidad	K	Total
Válvula compuerta	1	0,3	0,3
sumatoria de K			0,3

Reemplazando:

$$H_l = 0,3 * \frac{1,4^2}{2 * 9,81}$$

$$H_l = 0,03m$$

Luego, las pérdidas en la succión es:

$$h_{succion} = 0,02 + 0,03$$

$$h_{succion} = 0,05m$$

Entonces, reemplazamos para calcular el ADT:

$$ADT = H_{est} + h_{descarga} + h_{succion}$$

$$ADT = 62 + 4,74 + 0,05$$

$$ADT \approx 67m$$

Luego de calcular estos parámetros correspondientes a la línea de impulsión es necesario determinar la potencia necesaria que requiere el equipo de bombeo para vencer la altura dinámica total y entregar el agua al reservorio en forma efectiva.

Calculo de la Potencia.

- Potencia de consumo

Considerando:

- ADT: 67 m
- Caudal de Bombeo (Q_b): 45 l/s
- Eficiencia de la bomba (η_b): 76%

Reemplazando en la ec. (6):

$$P_c(HP) = \frac{1000 * Q_b * ADT}{76 * \eta_b}$$

$$P_c(HP) = \frac{1000 * 0,045 * 67}{76 * 0,76} = 52,19$$

$$P_c = 52HP$$

- Potencia Instalada

Donde:

- η_m : eficiencia del motor: 83%

Además, calculando

$$\eta_c = \eta_b * \eta_m$$

$$\eta_c = 0,76 * 0,83$$

$$\eta_c = 63\%$$

Luego, reemplazando en la ec. (7) se tiene:

$$P_i(HP) = \frac{1000 * Q_b * ADT}{76 * \eta_c}$$

$$P_i(HP) = \frac{1000 * 0,045 * 67}{76 * 0,63} = 62,97$$

$$P_i = 63HP$$

Como en el mercado no es comercial motores de 63 HP, se asumirá con un Motor de 75 HP.

Entonces, la estación de bombeo del 5^{to} nivel tendrá una capacidad de bombeo de 135 l/s, la misma que será posible utilizando 3 bombas (dos en operación y una en stand by) de 45 l/s c/u y una potencia de motor de 75 HP c/u. Las líneas de descarga serán tres de 6" c/u (dos en operación y uno en stand by) las cuales descargarán en la estación de bombeo del Nv. 3.

La ubicación de la estación de bombeo en el 5^{to} nivel se encuentra en el plano N° 1.

Para la infraestructura de la estación de bombeo se requiere trabajos de perforación, voladura y sostenimiento; las dimensiones son las siguientes:

- Largo: 16 m
- Ancho: 5 m
- Altura: 2,3 m

Esta estación de bombeo tendrá una capacidad de almacenamiento de 138 m³ de agua y para su realización se dividirá en 3 etapas:

- 1^{ra} etapa: perforación, voladura y sostenimiento de la cámara de bombeo.
- 2^{da} etapa: obras civiles.
- 3^{ra} etapa: instalación de bombas, tuberías y accesorios.

El diseño de la estación de bombeo se encuentra en el Plano N° 2.

Para esta estación de bombeo necesitamos los siguientes equipos y materiales:

- ✓ 03 bombas estacionarias horizontal de marca Goulds modelo 3410 con su respectivo motor de 75 HP y base.
- ✓ 03 válvulas check de 6" para 150 Psi.
- ✓ 03 válvulas tipo compuerta de 8" de 150Psi.
- ✓ 03 válvulas tipo mariposa de 150 Psi.
- ✓ 03 tubos de cedula 80.
- ✓ 300 m de tubería Alvenius de 6" de diámetro.
- ✓ Otros materiales menores como pernos, uniones vitaulic, etc.

6.4.3.- Evaluación de la propuesta

Se realiza el presupuesto siguiente:

Cuadro N° 10, Cotización de Equipos y Accesorios para la propuesta N° 4.

Ítem	Cant.	Descripción	P.U.	P.Total
1	3	Bombas Estacionarias de 75 HP marca Goulds (incluido base, motor y bomba)	14 719,00	44 157,00
2	3	arrancador suave para bomba estacionaria de 75 HP	3 335,00	10 005,00
3	3	válvula compuerta bridada 8x150	8 8,85	2 636,55
4	6	metros de tubería de cedula 80 de 6"	60,00	360,00
5	2	metros de tubería de cedula 40 de 5"	50,00	100,00
6	6	Codo soldable de 90° CD 80x6"	41,75	250,50
7	6	Codo soldable de 45° CD 80x6"	28,10	168,60
8	3	válvula check 150PSI de 6"	530,00	1 590,00
9	3	válvula mariposa bridada 150 Psi de 6"	129,50	388,50
10	300	metros de tubería alvenius de \varnothing 150mm (usado)	12,93	3 879,00
11	-	Otros (bridas, pernos, suelda, etc.)	-	800,00
			Sub Total \$	63 946,10
			I.V.A	7 673,53
			TOTAL \$	71 619,63

Entonces, para la realización de esta propuesta se necesita una inversión de \$ 71 619,63 dólares solo en equipos y materiales.

Esta evaluación apunta principalmente a tener una estación de bombeo para garantizar seguir bajando el nivel del agua

VII.- RESULTADOS HASTA LA FECHA

7.1.- Cambio de Bombas Sumergibles

A la fecha, las bombas sumergibles FLYGT modelo 2201.11HT, cumplieron con su objetivo, son más rendidoras y consumen menos potencia, como se muestra en la siguiente comparación:

Usando las Bombas Flygt, efectivamente se ahorra 30 HP en potencia.

$$\text{Si } 1\text{HP} = 0.746 \text{ Kw} \longrightarrow 30 \text{ HP} = 22.38 \text{ Kw}$$

El consumo por hora es: 22.38 Kw-h, y en Ecuador el precio del Kw-h es: \$ 0.08 dólares.

Entonces, en 1 mes el consumo de 30 Hp es: \$ 1 289.09 dólares y la cantidad que se ahorra anualmente es de \$ 15 469.06 dólares americanos.

Por otro lado, el mantenimiento preventivo de las bombas Flygt se da cada 2 meses (el costo es de \$ 700.00 dólares y un mantenimiento general cada 6 meses de un valor de \$ 1000 dólares), resultando un mantenimiento de las bombas FLYGT de \$ 4 800.00 dólares anuales con un gasto en repuestos de \$ 5000.00 dólares aproximadamente; sumando nos da un total de \$ 9 800.00 dólares anuales de gasto total en mantenimiento de las bombas Flygt. Mientras que con el mantenimiento de las bombas Goulds tenemos un gasto de 12 000.00 dólares anuales incluido los repuestos.

Como se puede apreciar, con respecto al mantenimiento de las bombas sumergibles, se tiene un ahorro de \$ 2 200.00 dólares anuales.

En conclusión, el cambiar las bombas sumergibles de marca Goulds con la marca Flygt, se tiene un **ahorro total de \$ 17 669,06 dólares anuales.**

Además, se logro bajar el agua al 5^{to} Nivel a mediados de Agosto del 2008 que era el objetivo principal para la producción de la mina MINANCA C.A.

En el plano N° 3, se aprecia un diagrama con el bombeo actual del pique inclinado actual.



Foto N° 13, Bombas S. Flygt Instaladas a 4 metros por debajo del 5^o Nivel.



Foto N° 14, Ubicación de las Bombas Sumergibles en el 5^o Nivel.

7.2.- Instalación de la 3ª bomba estacionaria en el 3er nivel:

Efectivamente, la instalación de la tercera bomba estacionaria en el 3er nivel dio óptimos resultados, y para la llegada del invierno de este año 2009, no tuvimos problemas de inundaciones a causa del incremento del agua y de paradas de bombas por alguna anomalía (ya sea por mantenimientos a otras bombas o por huecos en las tuberías de descargas).

Al final, se logro con el objetivo de tener confiabilidad en la estación de bombeo del 3er nivel.



Foto N° 15, 3ª Bomba Estacionaria en Operación en el 3er Nivel.

7.3.- Cambio de la Tubería de Descarga de Alvenius por Tubería de HDPE de las Bombas Estacionarias del 3er nivel Hasta Superficie

Esta propuesta ya está aprobada, solo se está esperando salir de algunos gastos de inversión que realizo la empresa minera. Estos tubos serán traídos de Perú puesto que en Ecuador no se encuentra en el mercado.

7.4.- Diseño de la Estación de Bombeo Para el 5^{to} Nivel

Al bajar el nivel del agua al 5^{to} nivel, se pudo observar que la estación de bombeo antigua no se podía reactivar, por estar muy deteriorado; además, los señores de la empresa MINESADCO ocuparon el espacio para su producción por lo que se quedo en hacer una cámara de bombeo nueva.

Esta propuesta se inicio en Enero del 2009 y quedaron en acuerdo que la empresa MINESADCO se encargaría de realizar los trabajos de la 1^{ra} etapa y la empresa MINANCA se encargara de la 2^{da} y 3^{ra} etapa.

Los avances hasta el momento es del 70 % de la primera etapa y se estima que a finales del mes de Junio se termine la 1ra etapa (termino de voladura y sostenimiento de la cámara de bombeo).

La 2^{da} etapa de este proyecto se estima que esté listo en 20 días.

La 3^{ra} etapa se estima en terminar en 20 días.



Foto N° 16, Entrada de la Cámara de Bombeo.



Foto N° 17, Cámara de la Estación de Bombeo en el 5to Nivel.

VIII.- CONCLUSIONES

1. El cambiar las bombas sumergibles del tope, dio como resultado la confiabilidad de bajar el agua y reducir los costos en mantenimiento de las bombas sumergibles; Además, se logro bajar el agua al 5^{to} Nivel a mediados de Agosto del 2008 que era el objetivo principal para la producción de la mina MINANCA C.A.
2. La instalación de la 3^{ra} bomba estacionaria en el tercer nivel garantizo no parar el bombeo ante cualquier eventualidad y además bombear al máximo en la época de invierno.
3. Usar las tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE) ofrecerán significativos ahorros en los costos de instalación y equipamiento, mayor libertad de diseño, bajo costo de mantenimiento y una larga vida útil.
4. Diseñar una estación de bombeo ubicada en el 5^{to} Nivel, será de suma importancia y garantizara seguir bajando el nivel del agua.

IX.- RECOMENDACIÓN

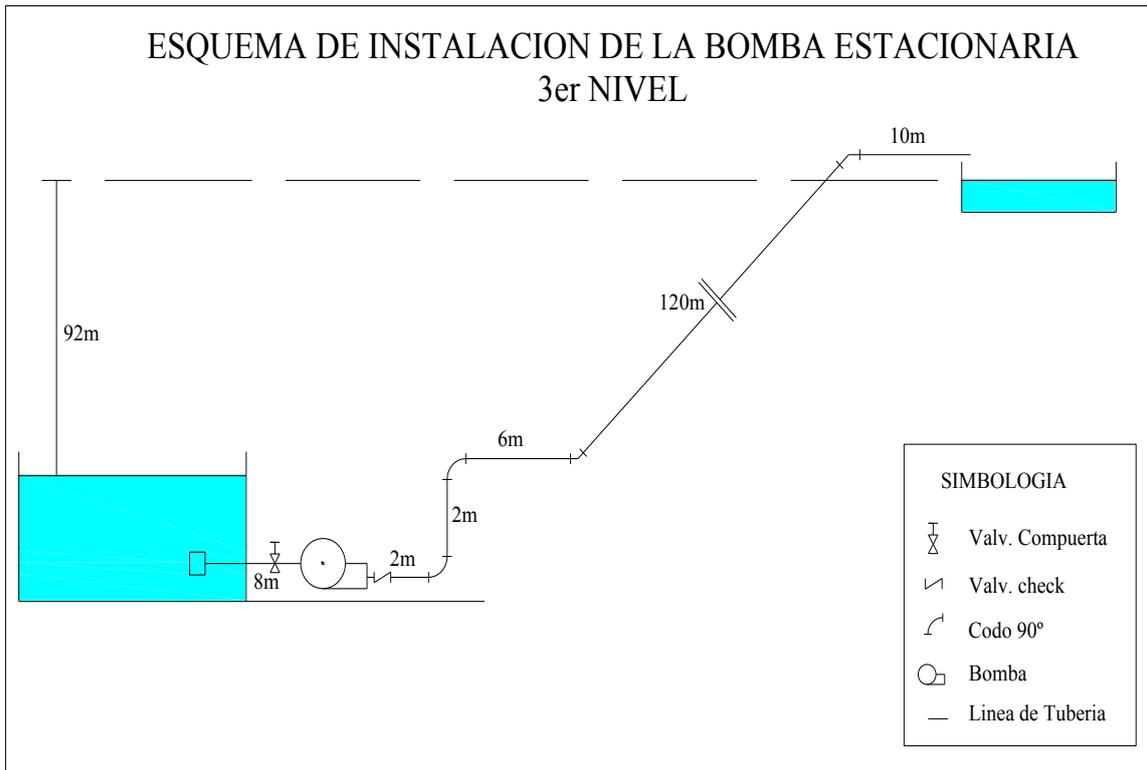
Dar viabilidad para continuar con la ejecución del presente proyecto, no solo por el ahorro de costos que significara hacer los cambios, sino también por la confiabilidad del sistema de bombeo en el pique inclinado que garantizara seguir bajando el agua.

X.- BIBLIOGRAFÍA

1. Giles, Ronald V.; MECANICA DE FLUIDOS E HIDRÁULICA; México 1980.
2. Polo Encinas, Manuel; BOMBAS CENTRIFUGAS.
3. Saldarriaga V, Juan; HIDRÁULICA DE TUBERÍAS.
4. TFB – Flygt S.A; BOMBAS SUMERGIBLES Y ESTACIONES DE BOMBEO; Madrid 2004.
5. Viejo Zubicaray, Manuel; BOMBAS.
6. ESTACIONES DE BOMBEO; Bombas y Motores utilizados en abastecimiento de agua, Ferreccio N. Antonio. Lima, 1985.
7. MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS; Hidrostral. Lima, 2000.
8. MANUAL DE TUBERÍAS HDPE DURATEC; tuberías y fittings de HDPE.
9. METODOLOGÍA EN SISTEMA DE BOMBEO; Eficiencias en Bombas Centrífugas.
10. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS; Tecsup.
11. SELECCIÓN FINA DE BOMBAS; Dpto. de Hidráulica, Universidad de Buenos Aires, Ing. Pérez Farras Luis.
12. SISTEMA HIDRONEUMATICOS C.A; Manual para él calculo y selección de equipos de bombeo.

XI.- ANEXO

ESQUEMA DE INSTALACION DE UNA BOMBA ESTACIONARIA



ANALISIS DEL FLUIDO (LODO Y LÍQUIDO)

MINANCA

*Minera Nanguipa C. A.
Portovelo – Prov. De El Oro*

REPORTE DE ANALISIS QUIMICO MUESTRA DEL 5to NIVEL

DE: LABORATORIO MINANCA
PARA: ING. LUIS PIMENTEL
DETALLE: LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE LODO Y LIQUIDO DEL 5to NIVEL ANALIZADOS EN EL LABORATORIO QUIMICO-METALURGICO DE LA EMPRESA MINANCA C..A SE DETALLAN EN LA SIGUIENTE TABLA

MUESTRA	Cu (% en peso)	Zn (% en peso)	Ph
LODO	1.08	1.68	-
LIQUIDO	0.00	0.27	7.5

PORTOVELO 01 DE AGOSTO

MINANCA
ING. PEDRO AGUIRRE

COTIZACION DE LA BOMBA SUMERGIBLE FLYGT MODELO 2201.11 HT

ITT FLYGT PERU S. A.

Calle Gamma 253 – Parque Industria y Comercio
Callao 1 - Perú

Fax : (51-1) 452 2060

Central : (51-1) 464 8533



Callao, 07 de Marzo del 2008

Cot. 155-MIN-03-JSM-FPE-08

Señores
MINANCA
ECUADOR
Presente.-

Teléfono : 59-3-99699930

Atención : Ing. Jorge Morales

Referencia : Solicitud de cotización

De nuestra consideración:

Por medio de la presente reciba nuestro cordial saludo y en atención a su requerimiento de cotización, nos es grato hacerles llegar nuestra propuesta por el siguiente equipo **FLYGT BS2201.011HT**

ITEM 01

01 Bomba Eléctrica Sumergible para Drenaje, marca FLYGT modelo BS2201.011HT, versión altura, fabricada en SUECIA, conectada para Arranque Estrella Triangulo @ 440V.

Curva Característica	: 63-244.
Motor Eléctrico	: Trifásico, 43 Kw, 440V, 60 Hz, 68 Amp.
Cable Submarino SUBCAB	: 20 m de cable 4G16+2x1.5 mm ² 20 m de cable 4G16
Descarga	: 4 pulgadas
Peso aproximado	: 240 Kg.

Condiciones de operación de trabajo:

Rango recomendado de Caudal	: 28.0 – 48.0 l/s
Rango recomendado de ADT	: 87.8 – 56.2 m
Rango de Ph recomendado	: 5 a 8

Cot 155-MIN-03-JSM-FPE-08
Página 1 de 4

Materiales:

Carcasa	Aleación de aluminio
Impulsor	Acero Inoxidable.
Eje	Acero Inoxidable
Sello Interior	WCCR/WCCR*
Sello Exterior	WCCR/WCCR
Colador	Acero Galvanizado
Partes de Desgaste	Cubiertas con Polylife (poliuretano)

*WCCR = Carburo de Tungsteno Resistente a la Corrosión

ITEM 02**01 Arrancador Estrella Triangulo para bomba FLYGT modelo BS2201.011 HT de 43 Kw. a 440V.**

El tablero será del tipo adosado en plancha de Fe. Laf, acceso frontal, grado de protección IP54, de color RAL32, Conexionado con cable tipo TW, Terminales de compresión, borneras plásticas, rótulos de identificación y perneria tropicalizada, en dos cuerpos con las siguientes dimensiones 800 x 600 x 200 mm equipado con los siguientes equipos:

- 01U Interruptor termo magnético de 3x125A regulable
- 02U Contactor tripular marca Telemecanique 3x50A AC3
- 01U Contactor tripular marca Telemecanique 3x32A AC3
- 01U Rele térmico marca Telemecanique 38-50A
- 01U Rele temporizado 0.1–30 seg
- 01U Relé de secuencia o pérdida de tension Telemecanique 440
- 01U Rele auxiliar encapsulado de 10A marca Telemecanique
- 01U Interruptor Termomagnetico 1x6A Merlin Gerin
- 01U Botón pulsador de arranque con capuchón marca Telemecanique IP66
- 01U Botón pulsador de parada con capuchón marca Telemecanique IP66
- 01U Piloto LED y lámpara lente verde 220 voltios marca Telemecanique
- 01U Piloto LED y lámpara lente rojo 220 voltios marca Telemecanique
- 01U Transformador de tensión monofásico para control 440/220 V
- 01U Selector M-O-A

PRECIOS:

Item	Descripcion	Cant. M	P. Unit US.\$.	Total US.\$.
1	Electrobomba Flygt Modelo BS2201.011HT, 43 Kw	1	19,000.00	19,000.00
2	Arrancador Estrella Triangulo de 43 Kw, 440V	1	1,400.00	1,400.00
			Sub Total	20,400.00
			IGV 19%	3,876.00
			Total	24,276.00

CONDICIONES DE VENTA:

- Forma de Pago** : A tratar.
- Tiempo Entrega** : Item 1; Stock inmediato salvo venta previa.
Item 2; 3 días una vez puesta su orden de compra.
- Lugar de Entrega** : En sus almacenes, en Lima
- Validez** : 15 días a partir de la fecha de recepción de la presente.

ALCANCES ITT FLYGT

ITT Flygt Perú S.A. se preocupa por su seguridad y por el correcto funcionamiento y operación de los equipos adquiridos por ustedes, es por ello la importancia de que los operarios encargados de instalar y operar los equipos, lean cuidadosamente el catalogo de instalación, operación y mantenimiento antes de poner en funcionamiento los mismos.

ITT Flygt aplica la garantía en las siguientes condiciones:

Asumirá la reparación de las anomalías en los productos vendidos, siempre que:

- El defecto tenga su origen en anomalías en los materiales ó fabricación.
- Que los defectos se comuniquen a Flygt ó a su representante durante el periodo de garantía, este plazo vence al ocurrir el primero de los siguientes eventos: 12 meses desde su puesta en funcionamiento o 18 meses después de su entrega.
- Que el producto se emplee sólo bajo las condiciones descritas en el manual de Instalación, servicio y mantenimiento, y en las aplicaciones para las que esté destinado.
- Que el equipo de monitorización como paneles de control, sensores de nivel y dispositivos de protección incorporada en el producto, esté correctamente instalado, conectado y en uso.
- Que toda la labor de diagnóstico, mantenimiento y reparaciones la realice un taller autorizado por ITT Flygt Perú S.A.
- Que se utilicen repuestos originales suministrados por ITT Flygt Perú S.A.

Cot 155-MIN-03-JSM-FPE-08
Página 3 de 4

Por lo tanto, la garantía no abarca anomalías causadas por un mantenimiento deficiente, instalación incorrecta, operación defectuosa, reparaciones incorrectamente realizadas ó por el uso y desgaste normal.

ITT Flygt no asume ninguna responsabilidad por daños personales, materiales ó pérdidas económicas, aparte de lo antes mencionado.

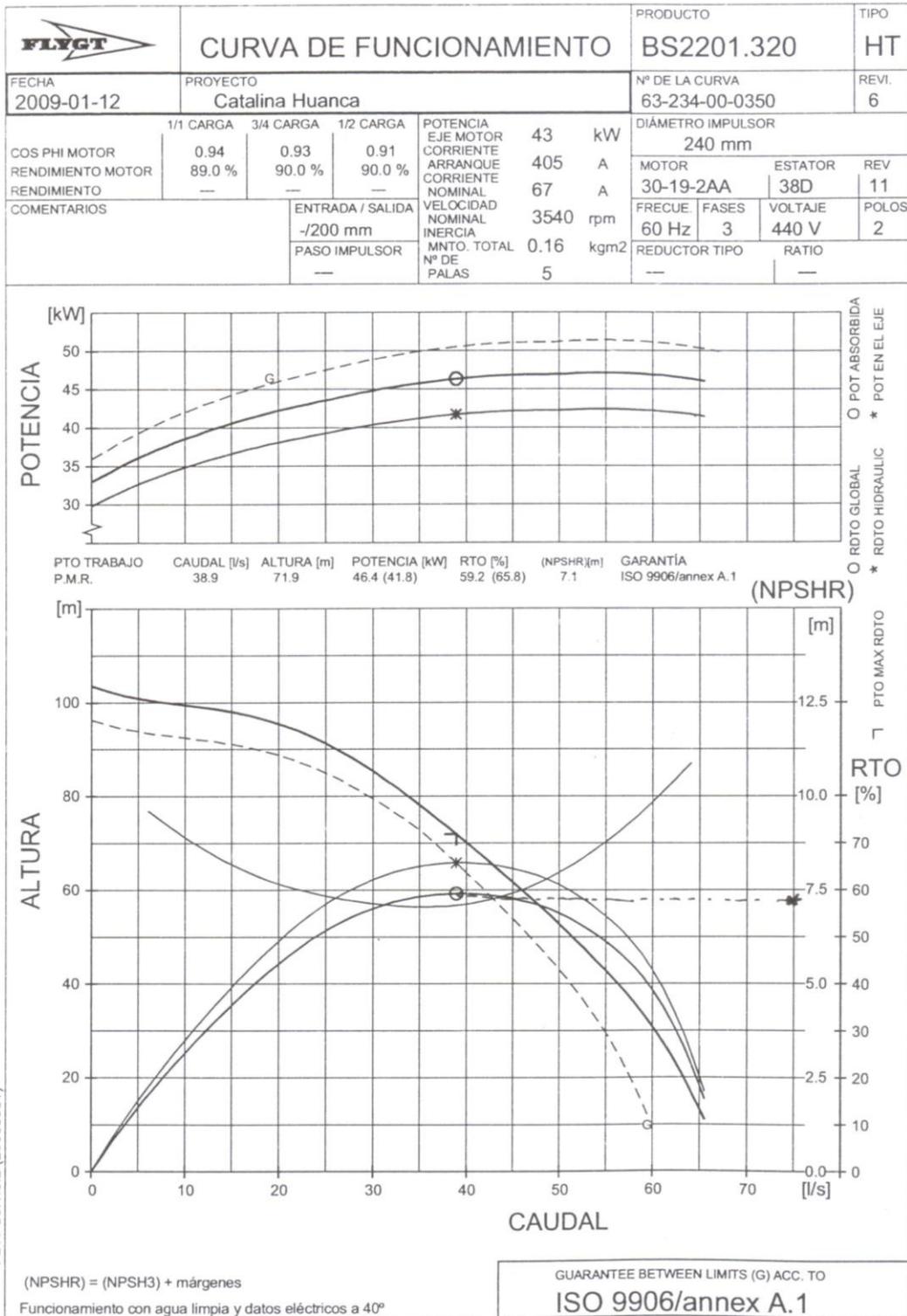
Agradeciendo su atención, quedamos de ustedes.

Atentamente,

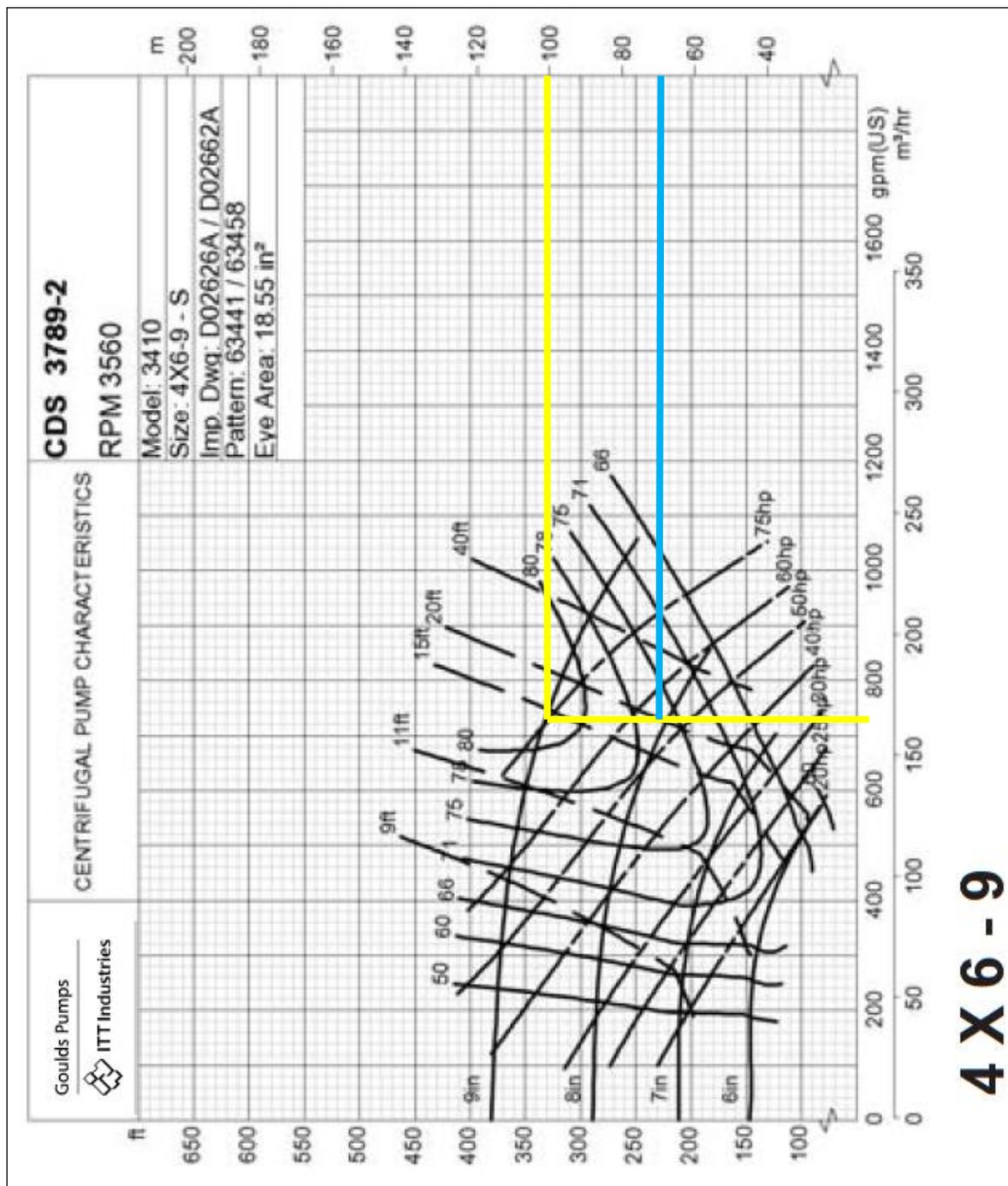
Jasson Sánchez Martínez
ITT FLYGT PERU S.A.
División Minería
464-8533 Anexo 131
Cel 9547 3908 RPM #518791

Cot 155-MIN-03-JSM-FPE-08
Página 4 de 4

CURVA DE FUNCIONAMIENTO DE LA B.S. FLYGT MODELO 2201.11 HT



CURVA DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA GOULDS MODELO 3410



— Para la bomba estacionaria del 3er nivel.

— Para la bomba estacionaria del 5to nivel.

**COTIZACION DEL MANTENIMIENTO PARA LA BOMBA FLYGT
(2 MESES)**

ITT Water & Wastewater Perú S.A

Calle Gamma 253 – Parque Industria y Comercio
Callao 1 - Perú
Fax : (51-1) 452 2060
Central : (51-1) 464 8533



Callao, 09 de Enero del 2008

Cot.017-MIN-01-JSM-FPE-09

Señores

MINERA MINANCA S.A

Presente.-

Atención : Ing. Jorge Morales
Requerimiento: Técnico por mantenimiento de Bomba Flygt
2201.011

Estimados señores:

Por medio de la presente reciba nuestro cordial saludo y en atención a su Pedido de Solicitud, nos es grato hacerles llegar nuestra cotización por reparación de Fondos de Succión para bomba 2400.402MT.

PRECIOS

Item	Descripcion	Cant.	P. Unit US.\$.	Total US.\$.
1	Mano de obra de Técnico Flygt, para mantenimiento de Sellos bomba BS2201.01HT	1	700.00	700.00
			Sub Total	700.00
			IGV 19%	133.00
			Total	833.00

CONDICIONES DE VENTA:

Plazo de entrega : **Nuestro técnico estará en la zona de trabajo en la fecha indicada por el usuario del equipo, para este servicio enviarnos la orden de compra con una semana de anticipación.**

Forma de pago : Contado contra entrega.

Validez de Oferta : 30 días.

Lugar de Entrega : Sus almacenes Lima.

Atentamente,

Jasson Sánchez Martínez
ITT Water & Wastewater Perú S.A
464-8533 - 9954 73908
RPM #518791

Cot.017-MIN-01-JSM-FPE-09
Page 1 of 1

COTIZACION DEL MANTENIMIENTO PARA LA BOMBA FLYGT (6 MESES)



ITT Water & Wastewater Perú S.A.

Calle Gamma 253
Parque de Industria y Comercio
Callao 1 - Perú
Telf.: (51-1) 464-8533
Fax : (51-1) 452-2060
E-mail: www.peru@itt.com

Callao, 09 de Marzo del 2009

Cot.212- -01- -FPE-09

Señores

Presente.-

Atención: Ing. Jorge Morales N.
Referencia: mantenimiento de equipo Flygt 2201.011HT

Estimados señores:

Por medio de la presente reciban nuestro cordial saludo y en atención a la solicitud de la referencia les hacemos llegar nuestra cotización:

PRECIOS

Item	Descripcion	Cant.	P. Unit US.\$.	Total US.\$.
1	<u>Mano de Obra Por</u> Mantenimiento de Bomba Flygt 2201.011HT / 58Hp /460V /3FH	1	1000.00	1000.00
			Sub Total	1000.00

CONDICIONES DE GARANTIA

ITT Water & Wastewater Perú S.A. se preocupa por su seguridad y por el correcto funcionamiento y operación de los equipos adquiridos por Ustedes, es necesario que lea cuidadosamente el catálogo de instalación, operación y mantenimiento antes de que ponga en operación el equipo, las condiciones en la que aplica la garantía son las siguientes:

ITT Water & Wastewater Peru S.A. asumirá la reparación de las anomalías en los productos vendidos por la empresa, siempre que:

- el defecto tenga su origen en anomalías en los materiales ó fabricación;
- que los defectos se comuniquen a ITT WWW Peru ó a su representante durante el periodo de garantía; este plazo vence al ocurrir el primero de los siguientes eventos: 12 meses desde su puesta en funcionamiento o 18 meses después de su entrega.
- que el producto se emplee sólo bajo las condiciones descritas en el manual de Instalación, servicio y mantenimiento, y en las aplicaciones para las que esté destinado;
- que el equipo de monitorización como paneles de control, sensores de nivel y dispositivos de protección incorporado en el producto esté **correctamente instalado, conectado y en uso;**

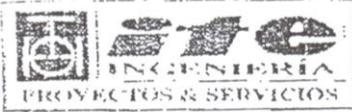
COT.212-MIN-03-FPE-JSM-09
Página 1 de 2

COTIZACION DEL MANTENIMIENTO PARA LA BOMBA S. GOULDS

ITE INGENIERIA

NO. DE FAX : 593042241033

06 FEB. 2008 03:52PM P2



* BOMBA #1 DE F5 No

RUC: 0590744131
 Servicio Técnico Autorizado La Llave S.A.
 No. de contribuyentes especiales:

Guayaquil, 06 de Febrero del 2008

C# 06799

Señores:
 OVERTON
 ATT. Ing. Luis Pimentel

REF: Bomba Goulds

De nuestras consideraciones:
 A continuación presentamos nuestra oferta al trabajo en referencia de acuerdo a las siguientes especificaciones técnicas, cantidades, precios y condiciones generales

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

--- Reparación de Bomba Goulds

TRABAJO A REALIZARSE:

- Desarmada general de bomba
- Cambio de tazón intermedio
- Cambio de anillos de desgaste
- Cambio de bocines en tazones
- Armada y pintada
- Fabricación de cuña para aceptar

MATERIALES U OTROS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	US\$ - UN.T.	TOTAL
Tazón intermedio	UNIDAD	1	229,06	229,06
Bocines de bronce en tazón	UNIDAD	7	40,00	280,00
Anillos de desgaste	UNIDAD	5	67,00	335,00
OTROS				
Materiales Menores	GLOBAL	1	15,00	15,00
			SUMA	859,06

MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	US\$ - UN.T.	TOTAL
M/O Reparación	GLOBAL	1	135,00	135,00
			SUMA	135,00

SUBTOTAL	994,06
IVA 12%	119,29
TOTAL	1.113,35

OBSERVACIONES:

→ Cualquier trabajo, material o repuesto adicional a la oferta, se facturará por separado bajo la previa autorización del cliente.

CONDICIONES GENERALES

Tiempo de entrega: 3 Días
 Forma de Pago: Total Anticipado
 Validez de la Oferta: 15 Días

Atentamente,

XING-GUSTAVO FABARA
 Gerente de Servicios

W 5.

Dirección: Av. Juan Tanca Marengo Km 2.5 (1000) La Cumbre
 Teléfono: 2242715 - 2241033 - 2241034

COTIZACION DE LAS TUBERIAS HDPE



"JGC" GLEND S.A.C.

HDPE - Pipe Filings - Installation

PRESUPUESTO 6-024-09

Lima, 23 de Enero del 200

CIA. MINERA MINANCA S.A.

Atención: JORGE MORALES

Presente.-

Estimados Señores:

Sirva la presente para hacerles llegar nuestra mejor oferta de los siguiente Productos y servicios:

<u>Cant.</u>	<u>Descripcion</u>	<u>V. Unit.</u>	<u>V. Total</u>
600 mts.	Tubería HDPE PE100 de 160mm PN10 Tramos de 12mts.	c/ MT. \$12.80	\$7,680.00
3 Jgos.	STUB END para tubería HDPE PE 100 de 160mm para un PN10 Incluye (2 Stub end, 2 bridas, pernos, tuercas Arandelas y empaquetaduras)	\$ 210.00	\$ 630.00
30	Días de Servicio de Termofusión	\$ 165.00	\$ 4,950.00
<hr/>			
		Total	\$ 13,260.00

CONDICIONES .-

IMPUESTOS.- 19% de I.G.V. Agregar.

F. de Pago.- Al Contado.

Otros.- Costo del alquiler del Equipo de termofusión incluye operador calificado,
El traslado, Energía, alojamiento y pensión por cuenta del contratista.

Atentamente

Jorge Mere

"JGC" GLEND SAC

*Jr. San Martín N° 480 - San Miguel, Lima - Perú
Teléfono: (511) 264-8457 (511) 263-6230 Fax: 263-3640
Email: jmere@glendperu.com*

RECIBO DE LA COMPRA DE TUBERIA ALVENIUS

Arturo Benigno Aguilera Bodero

- ACTIVIDADES COMERCIALES A CARGO DE COMISIONISTAS
- VENTA AL POR MAYOR DE OTROS PRODUCTOS

MATRIZ: AV. BOLIVAR MADERO 3009 Y CUARTA NORTE
TELF.: 2929-011

PUERTO BOLIVAR - MACHALA - EL ORO - ECUADOR

R.U.C. 0701144339001

FACTURA

SERIE 001-001 0000977

AUTORIZACION S.R.I.
N° 1106145620

DIA	MES	AÑO
8	Julio	2009

2 block facturas (100x2) numeradas del 0851 al 1050 Machala 12/09/2008 Imprenta PEÑALOZA y/o Nonito Ruperto Peñaloza Aguilera - Telf.: 2936300 - R.U.C. 070122275001 AUTORIZACION N° 1055

Señor (s) OVERTON SA.

Dirección: Paraíso

R.U.C. ó C.I. N° 0991308180001

Lugar Postovelo

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	IMPORTE
47	Tubos 6" de albenius con sus abrazaderas	80 ⁰⁰	3.760 ⁰⁰
12	mts. Tubo 4" ced. 80	95 ⁰⁰	300 ⁰⁰
			4.060 ⁰⁰
	5 ^{to} nivel		
	Sistema de bomba		

GUIA DE REMISION N°

TOTAL GRAVADO I.V.A. 0 %

TOTAL GRAVADO I.V.A. %

SUBTOTAL \$ 4.060⁰⁰

DESCUENTO \$

IMPUESTO I.V.A. \$ 487²⁰

TOTAL USD \$ 4.547²⁰

RECIBI CONFORME

ENTREGUE CONFORME

Imprenta Peñaloza © 2936300 / 2935343

Válida para su emisión hasta SEPTIEMBRE del 2009

ORIGINAL C / JTE - COPIA AMARILLA EMISOR / AUTOCOPIA