

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECANICA**



**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA MINA  
HUACRACOCHA UNIDAD MINERA TICLIO - VOLCAN S.A.A”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LUIS ARTURO CARRILLO VILLENA**

**Callao, 2021  
PERU**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Luis A. Carrillo Villena".

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Gustavo Ordoñez Cárdenas".

MSC. Ing. Gustavo Ordoñez Cárdenas  
Reg. CIP 30887  
ASESOR.



(Resolución N°156-2021-D-FIME)

**ACTA N° 058 DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA  
PROFESIONAL DEL III CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO No. 106 ACTA N° 058 DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE  
SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

A los 12 días del mes noviembre, del año 2021, siendo las 18.21 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/ktd-ynee-ofn>, el **JURADO DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** para la obtención del título profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

<b>Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY</b>	<b>: Presidente</b>
<b>Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO</b>	<b>: Secretario</b>
<b>Mg. ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA</b>	<b>: Miembro</b>
<b>Mg. RENZO IVAN VILA ARCE</b>	<b>: Suplente</b>

Se dio inicio al acto de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional del Bachiller **CARRILLO VILLENA, LUIS ARTURO**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero MECÁNICO, sustenta el informe titulado **"MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA MINA HUACRACOCHA UNIDAD MINERA TICLIO-VOLCAN S.A.A."**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (QUINCE)**, la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018

Se dio por cerrada la Sesión a las 18.50 horas del día 12 del mes de noviembre y año en curso.



**Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY**  
**PRESIDENTE DE JURADO**



**Mg. JUAN CARLOS HUAMAN ALFARO**  
**SECRETARIO DEL JURADO**



**Mg. ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA**  
**VOCAL**



**Mg. RENZO IVAN VILA ARCE**  
**MIEMBRO SUPLENTE**



**Msc. GUSTAVO ORDOÑEZ CARDENAS**  
**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA**  
III Ciclo Taller de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional 2021  
**Jurado de Exposición**

**I N F O R M E**

Visto el Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA MINA HUACRACOCHA UNIDAD MINERA TICLIO-VOLCAN S.A.A”**, presentado por el señor Bachiller en Ingeniería Mecánica **CARRILLO VILLENA, LUIS ARTURO**

**A QUIEN CORRESPONDA:**

El Presidente del Jurado del señor bachiller en Ingeniería en Energía **CARRILLO VILLENA, LUIS ARTURO**, manifiesta que la Exposición de su Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, se realizó en forma virtual, mediante la sala [://meet.google.com/ktd-ynee-ofn](https://meet.google.com/ktd-ynee-ofn) el día viernes 12 de Noviembre del 2021 a las 17.38 horas, no encontrándose observación alguna, ni correcciones que incluir, el mismo que en su oportunidad fue cuidadosamente evaluado por cada uno de los miembros del Jurado, no presentando ninguna observación en su estructura metodológica y contenido temático.

En tal sentido, en mi calidad de Presidente de Jurado, emito el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 12 de Noviembre del 2021



Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY  
Presidente de Jurado de Exposición

**"MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA MINA  
HUACRACOCHA U.M TICLIO - VOLCAN S.A.A"**

## **DEDICATORIA**

A mis Padres Leandro y Victoria por todo el apoyo y cariño que demostraron en vida conmigo para mi formación personal y profesional y sé que desde el cielo me dan sus bendiciones.

A mi esposa y a mis hijos por todo el apoyo y comprensión.

A mis hermanos por su apoyo y aliento que siempre estuvieron presentes en todo este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Alma Mater Universidad Nacional del Callao y a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía.

A mi asesor el Ing. Gustavo Ordoñez Cárdenas magister en ingeniería mecánica quien, con su experiencia, conocimientos me guio en cada una de las etapas de este informe y a los catedráticos de la FIME que contribuyeron en mi formación profesional.

A la empresa GEOHidráulica S.A.C y la Compañía Minera Volcán S.A.A por haberme permitido trabajar en sus instalaciones y brindarme todos los recursos y herramientas necesarios para llevar a cabo el presente informe.

A mis amigos, que siempre estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos principalmente al Ing. Cristhian Vilca S. y al Ing. Julián B. Ortiz Cardenas.

## INTRODUCCIÓN

Una mina subterránea es aquella que se desarrolla debajo de la superficie del terreno para ello se necesita la realización de túneles, pozos, chimeneas galerías entre otros instrumentos que permiten llegar al mineral. (Minería subterránea: Apostando por la innovación y tecnologías, 2015)

En minería subterránea se trabaja en galerías que se encuentran a diferentes niveles de profundidad con diferencia de cotas entre 40 y 50 m. En muchas de sus operaciones se requiere cantidades considerables de agua, que después de los procesos contienen diversas cantidades de sólidos y se necesita evacuar de los niveles inferiores a superficie para su tratamiento.

Estos procesos a nivel internacional se tiene mucha experiencia y se realizan con grandes sistemas de bombeo con máquinas y equipos proporcionados por grandes fabricantes.

A nivel nacional por nuestro desarrollo de la minería local se tiene bastante experiencia en diseño, construcción y operación de estos sistemas de bombeo, Aunque la mayoría de equipos son importados se tienen componentes de origen nacional como tuberías, bombas y otros equipos.

A nivel de empresa se tiene la experiencia debido a que se diseñan se construyen bombas sumergibles para agua y lodo, bombas centrifugas de succión frontal, centrifugas para lodo, etc. que se encuentran operando en muchas empresas mineras del Perú.

El presente informe titulado **"MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA MINA HUACRACocha U.M TICLIO - VOLCAN S.A.A"** está basado en la experiencia personal obtenida en el trabajo en empresas especializadas en sistemas de bombeo en interior mina y superficie tales como TOMOCORP, GEO Hidráulica e IESA.



En la Rampa Ariana los reboces de agua provenientes de las pozas 0, deslamador1, deslamador2 son frecuentes y esto perjudica las actividades mineras malogrando toda la vía de los accesos a las labores, interrumpiendo el tránsito de los trabajadores y equipos todo esto representa una pérdida de dinero para la compañía minera por este motivo existe la necesidad de dar solución a este problema. Teniendo como principal motivación de mejorar el sistema de bombeo en la mina Huacracocho se planteó mejorar el sistema de bombeo para ello se requiere evacuar agua con un caudal de 180 l/s a una temperatura de 8°C desde el nivel 8 hasta el nivel 5, con una diferencia de cotas de 120 m.

teniendo los datos necesarios se realiza los cálculos hidráulicos de tuberías, accesorios para la selección de la bomba y motor que serán instalados en la cámara de bombeo 395 Nivel 8.

Existe 2 alternativas de las cuales la alternativa recomendada sea técnicamente y económicamente justificado cumpliendo su propósito. Un sistema de bombeo eficiente conlleva a una mayor producción que se verán reflejados en los ahorros mensuales en la valorización por costos de alquiler de bombas sumergibles, demanda energética, reducción de horas hombre, paradas, etc.

**En el capítulo I**, Se desarrollan los aspectos generales partiendo del contexto de la realidad problemática de la minería subterránea que siempre a estado marcado y condicionado por un problema muy concreto que es el aumento de caudal de agua, la inundación de rampas, labores de desarrollo, preparación y producción producto de las operaciones mineras.

Se menciona en los objetivos generales, objetivos específicos y organización de la Empresa.

**En el capítulo II**, se desarrolla la fundamentación de la experiencia profesional se mencionan los conceptos básicos de Hidráulica de teniendo en cuenta los aspectos normativos para las bombas, simbología técnica y la descripción de las actividades desarrolladas en el proyecto.

**En el capítulo III**, se describe los aportes realizados plasmados en las actividades desarrolladas durante el proceso de la planificación, ejecución y control de etapas, evaluación técnica y económica para luego realizar el análisis de resultados obtenidos.

**En el capítulo IV**, se expone las discusiones y las conclusiones a las que se ha llegado dentro del estudio frente a los diferentes escenarios que se presentaron y generaron.

**En el capítulo V**, se presenta las recomendaciones y las acciones a tomar para implementar las mejoras desarrolladas en el estudio.

**En el capítulo VI**, Bibliografía

**En el capítulo VII**, referencias, anexo

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Tabla de diversos líquidos según su temperatura estándar. ....	17
Tabla N° 2	Presión atmosférica en función de la altitud sobre el nivel del mar. ....	25
Tabla N° 3	Diferencia de la NORMA API y ANSI/ASME para las bombas. ...	70
Tabla N° 4	Condiciones de operación de bombas sumergibles en la poza Nivel 8.....	89
Tabla N° 5	Horas anuales de operación de bombas .....	90
Tabla N° 6	Potencia y energía de bombas de drenaje .....	90
Tabla N° 7	Datos de Diseño .....	96
Tabla N° 8	Pérdidas por fricción en la tubería de impulsión .....	99
Tabla N° 9	Factor K de la tubería de impulsión.....	100
Tabla N° 10	Perdidas Secundarias en la tubería de impulsión.....	101
Tabla N° 11	Pérdidas totales en la impulsión.....	102
Tabla N° 12	Características de la tubería de succión.....	102
Tabla N° 13	Perdidas por fricción en la succión.....	103
Tabla N° 14	Factor K de la tubería de succión.....	103
Tabla N° 15	Perdidas secundarias en tuberías de succión .....	104
Tabla N° 16	Pérdidas totales en la tubería de succión.....	105
Tabla N° 17	Pérdidas totales en las tuberías .....	106
Tabla N° 18	Altura Dinámica Total.....	107
Tabla N° 19	Control de etapas del proyecto .....	113
Tabla N° 20	Metrado y presupuesto electromecánico .....	115
Tabla N° 21	Costos Directo, costo indirecto y costo total del proyecto.....	116
Tabla N° 22	Costos de operación y Mantenimiento del proyecto .....	117
Tabla N° 23	Costos financiero .....	118
Tabla N° 24	Flujo de caja.....	119
Tabla N° 25	Valor presente en el año cero de serie de pagos iguales de 1 a 5 años.....	121

Tabla N° 26	Valor presente en el año 5, de serie de pagos iguales de 6 a 10 años .....	121
Tabla N° 27	Valor presente en el año 0 del monto actualizado en el año 5. .	122
Tabla N° 28	Indicadores financieros VAN y Relación B/C .....	122

## INDICE DE GRAFICOS

Figura N° 1	Logotipo de GEOHidráulica S.A.C .....	7
Figura N° 2	TOMOCORP S.A.C. ....	8
Figura N° 3	Valores de GeoHidráulica .....	10
Figura N° 4	Organigrama de Consorcio GEOHidráulica.....	12
Figura N° 5	Organigrama de consorcio GEOHidráulica Unidad Minera Ticlo .....	13
Figura N° 6	Fluidos Líquido y gases .....	14
Figura N° 7	Relación entre el caudal, velocidad y área .....	19
Figura N° 8	Flujo Laminar .....	23
Figura N° 9	Flujo turbulento .....	23
Figura N° 10	Grafico isotérmico de un liquido .....	27
Figura N° 11	Altura estática .....	28
Figura N° 12	Esquema Típico de Succión .....	33
Figura N° 13	Esquema Típico de Succión .....	33
Figura N° 14	Esquema Típico de Succión .....	33
Figura N° 15	Esquema Típico de Succión .....	34
Figura N° 16	Esquema Típico de Succión .....	35
Figura N° 17	Curva del Sistema.....	36
Figura N° 18	Curva Caudal – Altura.....	37
Figura N° 19	PUNTO DE OPERACIÓN .....	37
Figura N° 20	Componente de una Bomba Sumergibles.....	39
Figura N° 21	Principales Componentes de una Bomba ABS .....	40
Figura N° 22	Principales Componentes de una Bomba Sumergibles y Función.....	40
Figura N° 23	Principales Componentes de una Bomba Sumergibles y Función.....	41
Figura N° 24	Componen principales de un sello mecánico. ....	42
Figura N° 25	Componentes principales de una Bomba Estacionaria Centrifuga .....	43
Figura N° 26	Componentes principales de una Bomba Estacionaria Centrifuga .....	44

Figura N° 27	Componentes principales de una Bomba Estacionaria Centrifuga .....	44
Figura N° 28	Componentes principales de una Bomba Estacionaria Centrifuga .....	45
Figura N° 29	Componentes principales de una Bomba Centrifuga .....	46
Figura N° 30	Componentes principales de una Bomba Estacionaria .....	47
Figura N° 31	Clasificación de Bombas Centrifugas .....	47
Figura N° 32	Clasificación de Bombas Centrifugas .....	48
Figura N° 33	Clasificación de Bombas Centrífugas .....	48
Figura N° 34	Clasificación de Bombas Centrífugas .....	49
Figura N° 35	Clasificación de Bombas Centrífugas .....	49
Figura N° 36	Bomba de achique o de drenaje .....	51
Figura N° 37	Bomba estacionaria centrifuga GIW LSA .....	52
Figura N° 38	Asociación de bombas en serie .....	53
Figura N° 39	Bombas enseriadas de la misma capacidad de enseriadas .....	54
Figura N° 40	Gráfica H-Q de dos bombas enseriadas .....	55
Figura N° 41	Bombas en serie .....	55
Figura N° 42	Curva característica de dos bombas en serie .....	56
Figura N° 43	Bomba estacionaria centrifuga GIW LSA .....	57
Figura N° 44	Clasificación de Bombas .....	58
Figura N° 45	Clasificación de las Bombas .....	59
Figura N° 46	Utilización de bombas .....	59
Figura N° 47	GIW MDX .....	60
Figura N° 48	Bomba estacionaria GIW LSA .....	61
Figura N° 49	Etapas de las Actividades .....	79
Figura N° 50	Inspección en las Labores de interior mina. ....	85
Figura N° 51	Deslamador 1 .....	85
Figura N° 52	Cámara De Bombeo Poza 0 .....	85
Figura N° 53	Bombas de achique en una labor de avance .....	85
Figura N° 54	Esquema antes del proyecto .....	86
Figura N° 54	Esquema con 3 bombas GIW LSA 8X10, en el Nivel 8 .....	87
Figura N° 56	Esquema con bombas sumergibles en el Nivel 8 .....	88

Figura N° 57	Bombas GIW LSA 8X10 en Camara 395 Nivel 8 .....	91
Figura N° 58	Bombas enseriadas instaladas en la cámara 395 ; Nivel 8 .....	92
Figura N° 59	Bombas A Y B están operando en Serie y Bomba C en Stand by.....	92
Figura N° 60	Bombas A Y C están operando en Serie y Bomba B en Stand by.....	93
Figura N° 61	Bombas B Y C están operando en Serie y Bomba A en Standby. ....	93
Figura N° 62	Curva de la Instalación.....	108
Figura N° 63	Gráfica Selección de la Bomba .....	110

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
INTRODUCCIÓN .....	v
INDICE DE TABLAS .....	viii
INDICE DE GRAFICOS .....	x
ÍNDICE .....	1
I. ASPECTOS GENERALES .....	3
1.1 OBJETIVOS .....	5
1.1.1 Objetivo General .....	5
1.1.2 Objetivos específicos .....	5
1.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN .....	5
1.2.1 Antecedentes históricos .....	5
1.2.2 Filosofía empresarial.....	8
1.2.3 Estructura organizacional.....	10
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....	14
2.1 MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.1 Bases teóricas .....	14
2.1.2 Aspectos Normativos .....	62
2.1.3 <i>Simbología técnica</i> .....	75
2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS .....	78
2.2.1 Etapas de las actividades .....	79
2.2.2 Diagrama de flujo.....	81
2.2.3 Cronograma de actividades .....	82
III APORTES REALIZADOS .....	83



3.1 Planificación, ejecución y control de etapas.....	83
3.2 EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA .....	114
3.3 ANALISIS DE RESULTADOS.....	123
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	124
4.1 Discusión .....	124
4.2 Conclusiones .....	124
V. RECOMENDACIONES.....	125
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	126
ANEXO .....	128

## **I. ASPECTOS GENERALES**

### **Contexto de la realidad problemática.**

La historia de la minería subterránea ha estado marcado y condicionado por un problema muy concreto que es la inundación de rampas, labores de desarrollo, preparación y producción a medida que los mineros avanzan en la profundidad. Por lo tanto, el agua puede llegar a convertirse en un problema muy crítico afectando la producción e incluso costo de vidas humanas y equipos.

En la minería subterránea el procedimiento más usado para evacuar el agua de interior mina producto de las operaciones diarias en la mina, es con las bombas sumergibles y estacionarias según el caudal que se presente en las labores.

Por eso es importante diseñar un buen sistema de bombeo que en definitiva es la eliminación del agua que se encuentra en el interior de la mina hacia la superficie, en este caso particular a la bocamina Huacracochoa y San Nicolas.

El diseño óptimo del sistema de bombeo permitirá lograr la continuidad de las labores de producción, desarrollo y avance en la mina.

Un sistema de bombeo es la suma de energía cinética y potencial a un líquido con el propósito de moverlos de un punto a otro.

Donde el líquido es bombeado, ofrece resistencia al flujo por varias razones.

El flujo a través de las tuberías y válvulas se ve impedido por la fricción, la altura de elevación es una resistencia adicional. La selección y optimización del sistema de bombeo se centra en una bomba centrífuga que deberá ser capaz de entregar un caudal especificado del fluido a través del sistema en el que se usa esta capacidad de caudal requerida debe ser especificada junto con la altura total necesaria para superar la resistencia del caudal y cumplir con los requisitos de presión de los componentes del sistema. El caudal generalmente se mide en litros por segundo (l/s) o en galones por minuto (gpm) y la altura total del sistema (Altura Dinámica Total) se mide en metros (m) o en pies (ft).

La presión del sistema y la resistencia del flujo, que son características del sistema y una correcta estimación de la cantidad y calidad del agua a evacuar determinarán la correcta selección de la bomba. Teniendo presente estos aspectos se diseñará un sistema de bombeo óptimo y eficiente teniendo en

cuenta el aspecto de inversión inicial y de operación a lo largo de toda la vida útil del sistema de bombeo.

La minería es la actividad donde el 80% de su actividad productiva es el manejo y procesamiento de sólidos en sus diferentes fases hasta obtener el mineral deseado, muchos equipos mecánicos son empleados para el transporte de estos sólidos, pero los más usados son las bombas centrífugas, que transportan fluidos con bajo y alto contenido de sólidos en suspensión. En América Latina el uso de estos sistemas de transporte de sólidos, son muy usadas y de gran importancia para los países mineros como Perú y Chile por lo que mantenerlas operativo depende muchas veces de una buena selección y operación de la bomba desde la puesta en marcha.

En el Perú el sistemas de bombeo se ha venido incrementando cada vez más con los nuevos proyectos mineros que han traído consigo nuevas tecnologías implantando una nueva forma de ver las fallas de estas bombas desterrando las creencias y practicas antiguas de considerar los recambios frecuentes de estas unidades como un activo a considerar dentro del costo de producción en una unidad minera en Perú, fallan o sufren un desgaste prematuro acortando su vida útil de operación hasta en un 50% durante la puesta en marcha. Existen estudios que han venido desarrollándose en los últimos años con miras a poder reducir las fallas en este tipo de bombas y aumentar su productividad y confiabilidad, que desea contar con bombas para manejo de concentrado de hierro en remplazo de cuatro unidades que están operando actualmente y que la proyección de aumento de la producción requiere de nuevas unidades con mayor capacidad y confiabilidad. (Flores, 2020)

**¿Con el personal disponible en mina y las condiciones, será posible el mejoramiento del sistema de bombeo?**

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo General**

- Mejorar el sistema de bombeo en la mina Huacracocho Unidad Minera Ticlio Volcan S.A.A, evacuando agua de mina subterránea desde el nivel 8 hasta el nivel 5, con una diferencia de cotas de 120 m (altura estática), un caudal de 180 l/s y a una temperatura de 8°C.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Evacuar 180 l/s de agua de mina desde la cámara de bombeo 395 Nivel 8 hasta el nivel 5.
- Realizar los cálculos hidráulicos de tuberías, accesorios para la selección de la bomba y motor.
- Utilizar bombas propias de compañía en lugar de alquilarlas.
- Lograr que el equipo Motor - Bomba opere con la mayor eficiencia posible para disminuir el consumo de energía.
- Eliminar el rebose de agua de las pozas 0, deslamador 1 y deslamador 2 (Rampa Ariana)
- Reducción de los costos de operación y mantenimiento de las bombas y lograr que la alternativa recomendada sea rentable.

## **1.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.**

### **1.2.1 Antecedentes históricos**

Consorcio GEOHidráulica SAC Empresa peruana especializada en sistemas de bombeo que cuenta con un equipo de ingenieros de más de 25 años de experiencia, lo que nos permite brindar a nuestros clientes soluciones integrales a sus diversas necesidades de bombeo.

Somos socio estratégico en sistemas de bombeo, mejorando su eficiencia y reduciendo sus costos.

GeoHidráulica cuenta con una planta implementada para la fabricación de equipos y componentes, taller para realizar el mantenimiento y reparación

de nuestros equipos de bombeo con banco de pruebas, taller eléctrico para la reparación y rebobinado de motores, área de maquinado, alineamiento y balanceo de ejes, impulsores, rotores y todos los servicios. Para garantizar que nuestras operaciones cuenten siempre con un soporte oportuno y confiable, contamos con más de 300 colaboradores calificados y de amplia experiencia, dirigidos por ingenieros mecánicos eléctricos y mineros especialistas, cuyo objetivo es brindarles a nuestros clientes una correcta y satisfactoria atención. (GEOHidráulica.com, 2021)

#### **1.2.1.1 Datos generales de la empresa.**

##### **Consorcio Geohidraulica S.A.C.**

- **RUC:** 20562975374
- **Razón Social:** CONSORCIO GEOHIDRAULICA S.A.C.
- **Tipo Empresa:** Sociedad Anónima Cerrada
- **Condición:** Activo
- **Fecha Inicio Actividades:** 07 / Julio / 2014
- **Email.com:** contacto@geohidraulica.com.pe
- **Actividades Comerciales:**
  - Alquiler Otros Tipos Maq.y Equi. Ncp.
  - Activ. Arquitectura e Ingeniería
- **CIIU:** 7129
- **Dirección Legal:** Av. los Frutales Nro. 675 Dpto. 101
- **Departamento:** Lima, Perú
- **Urbanización:** Residencial Monterrico (a Cuadra y Media de la Universidad U nife)
- **Distrito / Ciudad:** La Molina
- **Perfil de Consorcio GEO Hidráulica S.A.C.:**

- Empresa calificada por la SUNAT como Buen Contribuyente
  - SI, incorporado al Régimen de Buenos Contribuyentes (Resolución N°0230050153164) a partir del 01/02/2016
- Empadronada en el Registro Nacional de Proveedores para hacer contrataciones con el Estado Peruano
- Reconocida por el Ministerio de Energía y Minas como proveedor autorizado para la minería por R.D. **031-2015-MEM/DGM**

### **Representantes Legales de Consorcio GEOHidráulica S.A.C.**

- **Apoderado:** Barba Regalado Carlos Fernando Pedro
- **Gerente General:** Navarro Carrillo Cesar Augusto
- **Apoderado:** Parodi Suito Augusto Mario

### **GEOHidráulica: Garantía, eficiencia y calidad.**

**El trabajo que venimos realizando a través de los años nos ha permitido tener el reconocimiento de ser una empresa eficiente de gran calidad dentro de la industria minera, convirtiéndonos en sinónimos de garantía, eficiencia y calidad en los distintos servicios que ofrecemos.**  
(GEOHidraulica, 2021)

**Figura N° 1: Logotipo de GEOHidráulica S.A.C**



**Fuente:** (GEOHidraulica, 2021)

La empresa que compite con GeoHidráulica es:

Figura N° 2 : TOMOCORP S.A.C.



Fuente: (Tomocorp, 2021)

**Tomocorp S.A.C.** es una empresa peruana con más de 18 años de experiencia dedicada a la fabricación, mantenimiento y venta de Bombas Sumergibles y Ventiladores para minería.

Y ofrece soluciones de optimización diseñadas de forma personalizada para cada necesidad.

El prestigio y crecimiento de Tomocorp son el resultado directo de su profesionalismo y un registro imbatible en la calidad de sus productos y servicios que ofrece. (Tomocorp, 2021)

### **1.2.2 Filosofía empresarial**

La filosofía de Geohidraulica SAC, al ser una empresa grande se debe hacer las cosas con garantía, eficiencia y calidad ejerciendo las mejores prácticas del mercado con seguridad, responsabilidad respeto al medio ambiente, eficiencia y calidad reflejados en la siguiente filosofía:

## **MISION**

Buscar el desarrollo responsable, sostenible y rentable de nuestros clientes, colaboradores, comunidades e inversionistas organizando nuestras destrezas productivas y capacidades organizativas para generar de manera segura y eficiente valor para nuestros grupos de interés.

## **VISION**

Ser reconocidos como la mejor empresa especializada en fabricación, alquiler de bombas sumergibles y estacionarias, así como el diseño, operación y mantenimiento del sistema de bombeo y ventilación en operaciones mineras, ejerciendo las mejores prácticas del mercado con seguridad, responsabilidad, respeto al medio ambiente, eficiencia y calidad.

## **VALORES**

En GEOHidráulica, estamos orgullosos de nuestros colaboradores que día a día desempeñan su labor con aplomo cumpliendo con los valores de nuestra empresa y satisfaciendo los requerimientos de nuestros clientes anteponiendo la seguridad y calidad de nuestro trabajo, fomentamos y cultivamos valores en equipo, **seguridad, colaboración, eficiencia y responsabilidad.**



**Figura N° 3 : Valores de GeoHidráulica**



**Fuente:** (GEOHidraulica, 2021)

**Política Anticorrupción:** Todos los colaboradores, directivos, los miembros de Administración ya sea de GEOHidráulica S.A.C y otros que actúen en nombre de GEOHidráulica S.A.C no pueden pagar sobornos o tratar de influir indebidamente de otra manera en ninguna otra persona - ya sea en el sector público o en el sector privado - incluso si dicho pago se solicita y se niega su condición de soborno. Esto es aplicable si un pago indebido se hace directamente a través de un empleado de GEOHidráulica. (GEOHidraulica, 2021)

### **1.2.3 Estructura organizacional.**

La organización de la empresa GEOHidráulica se encuentra distribuida de la siguiente manera:

**El Directorio:** Conformados por los dueños y accionistas de la empresa quienes plantean la política de la organización y velan por su cumplimiento de las metas propuestas para cada año comercial.

**Gerencia General:** El encargado de administrar la empresa y coordinar con las cuatro gerencias de las áreas Administrativa, Comercial y Proyectos el plan estratégico de cada año y velar con el cumplimiento de las metas propuestas.

**Gerencia de Planeamiento y desarrollo:** Encargado del plan anual para la organización, las estrategias de mercadeo y marketing y a cargo de la división comercial de las centrales hidroeléctrica, turbinas y compresores.

**Gerencia Administrativo:** Encargada de toda la parte financiera de la empresa a su cargo se encuentran las jefaturas de contabilidad, administración, logística y cobranzas.

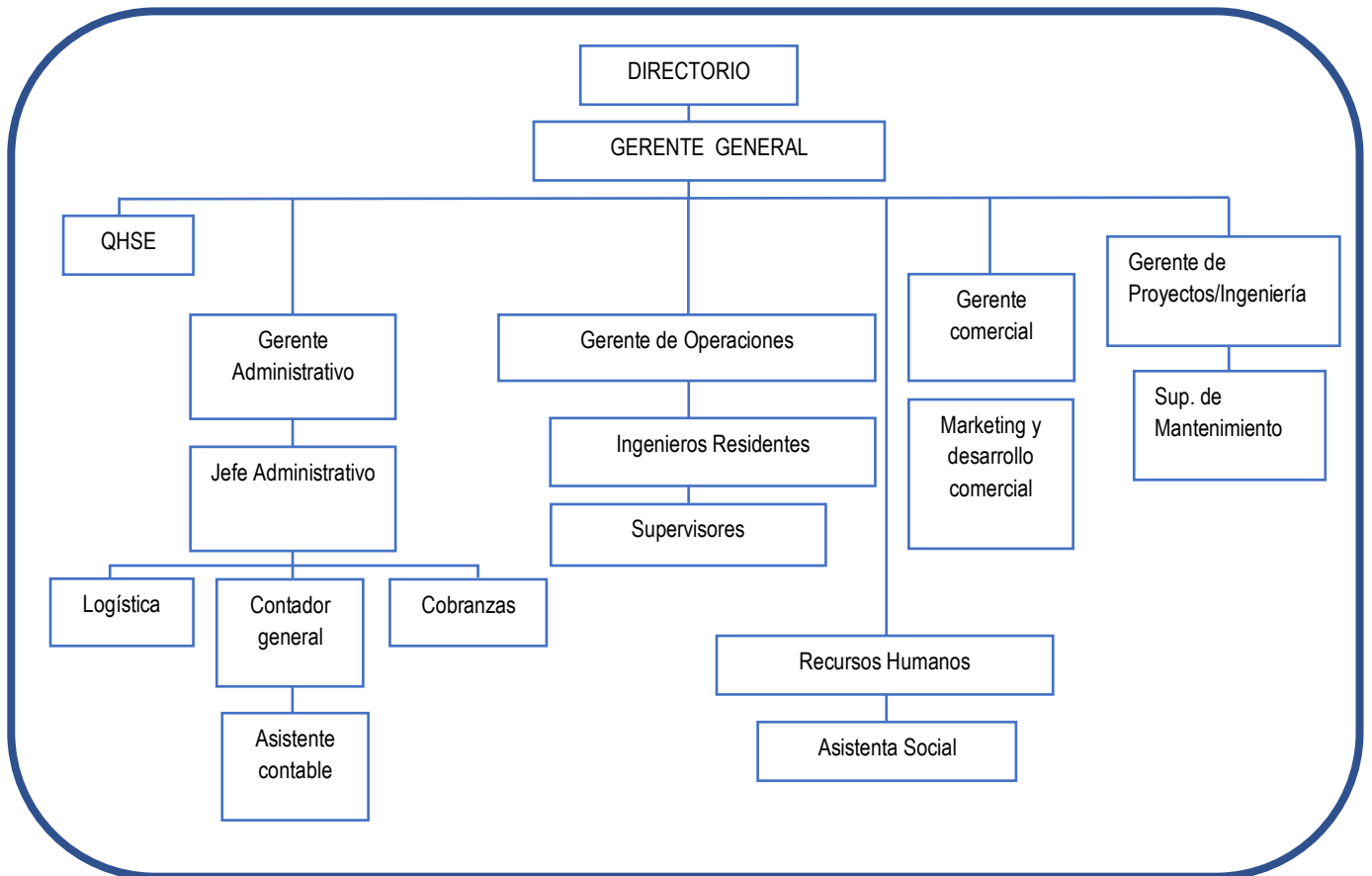
**Gerente Comercial:** Encargado de la fuerza de ventas de las divisiones de Bombas, Válvulas y tuberías, así mismo se encuentra a su cargo la jefatura de servicios y soporte técnico conjuntamente con la gerencia de proyectos.

**Gerente de Proyectos,** encargada del desarrollo de los proyectos a desarrollarse dentro de la empresa o de los clientes a cargo del área de asesoría técnica conjunta mente con el área comercial que brindan el soporte técnico a los ingenieros de ventas de todas las divisiones.

**Descripción de funciones en la U.M. Ticlio:** El cargo que he desempeñado es de Supervisor de Operaciones en el sistema de bombeo en interior mina y superficie. haciendo cumplir las normas, procedimientos y estándares de calidad y seguridad. Realizando las siguientes funciones:

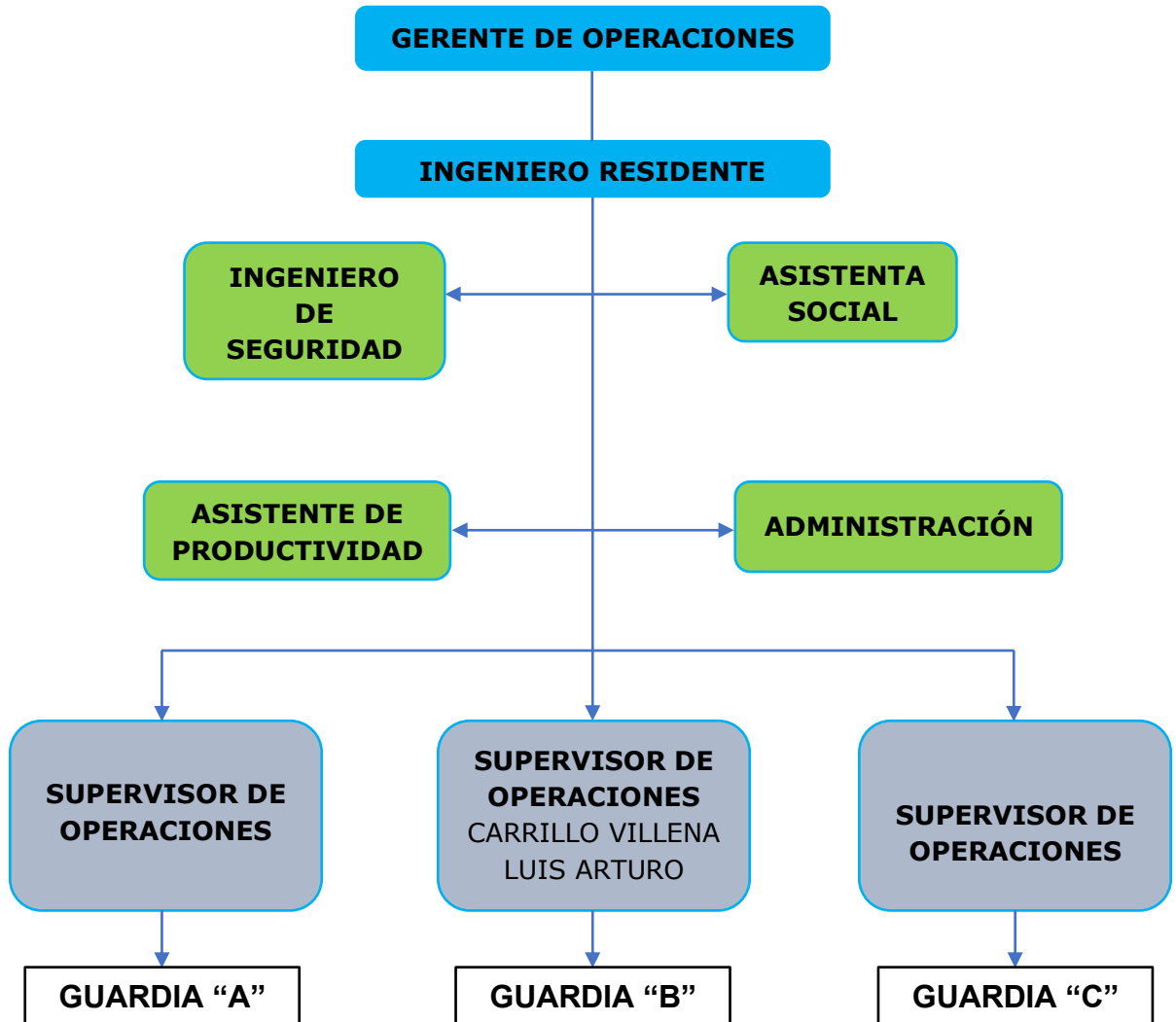
- Programación, planificación, coordinación de las ordenes de trabajo, tareo del personal operativo y técnicos.
- Verificar el cumplimiento de sus funciones de los técnicos electricistas, mecánicos y bomberos en interior mina y superficie.

**Figura N° 4 : Organigrama de Consorcio GEOHidráulica**



**Fuente: Elaboración propia**

Figura N° 5 : Organigrama de consorcio GEOHidráulica Unidad Minera Ticlio



Fuente: Elaboración propia

## II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

### 2.1 MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1 Bases teóricas

##### Definición de un fluido

El fluido es una sustancia que se deforma continuamente bajo la aplicación de un esfuerzo de corte (tangencial), sin importar cuán pequeño pueda ser este esfuerzo.

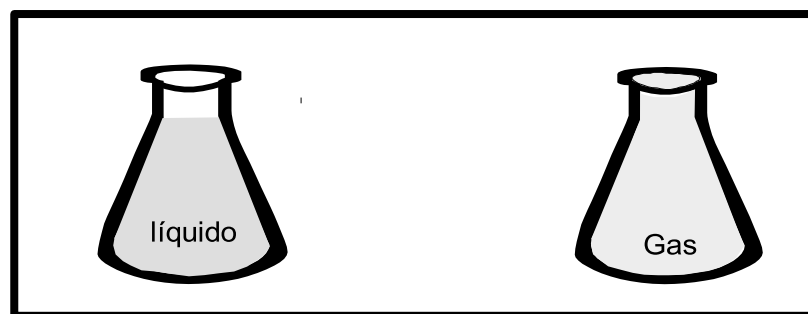
“Un fluido es cualquier sustancia no sólida, capaz de escurrir y asumir la forma del recipiente que los contiene”.

Los fluidos pueden ser divididos en líquidos y gases.

(Hidraulicas, Septiembre 1991)

**Figura N° 6 : Fluidos Líquido y gases**

**Manual KSB Bombas centrifugas**



**Fuente:** (Bombas, 2002)

##### Hipótesis del medio continuo

En nuestra definición de un fluido no se mencionó la estructura molecular de la materia. Todos los fluidos se encuentran compuestas por moléculas en constante movimiento, sin embargo, en la mayor parte de las aplicaciones de ingeniería lo que nos interesa son los efectos promedio

macroscópicos de muchas moléculas. Estos efectos macroscópicos son los que ordinariamente percibimos. Del modo trataremos al fluido como una sustancia infinitamente divisible, es decir, un medio continuo, dejando de lado el comportamiento de las moléculas individuales.

La hipótesis del medio continuo es la hipótesis fundamental de la mecánica de fluidos y en general de toda la mecánica de medios continuos. En esta hipótesis se considera que el fluido es continuo a lo largo del espacio que ocupa, ignorando por tanto su estructura molecular y las discontinuidades asociadas a esta. Con esta hipótesis se puede considerar que las propiedades del fluido (densidad, temperatura, etc.) son funciones continuas.

### **Características de los de fluidos**

La mecánica de fluidos trata acerca del comportamiento de fluidos gases y líquidos en reposo y en movimiento, así como las fuerzas que los provocan.

También estudia las interacciones entre el fluido y el contorno que lo limita.

Las leyes fundamentales en la que se basa toda la mecánica de fluidos es la hipótesis del medio continuo.

La característica fundamental que define a los fluidos es su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes (lo que provoca que carezcan de forma definida).

Dada la característica de los líquidos y su manejo el cual se hace con procedimientos desarrollados con base en la teoría de los fluidos lo cual lo permite definir con relativa facilidad sus propiedades físicas, es necesario realizar un fundamento teórico para su mejor comprensión.

### **Fluido ideal**

Es aquel en el que la viscosidad es nula, es decir entre sus moléculas no se producen fuerzas de roce tangenciales.

### **Fluido incompresible**

Es aquel en el que su volumen no varío en función de la presión. En la practica la mayoría de los líquidos tienen un comportamiento próximo a este tipo, pudiendo, por lo tanto, ser considerados como fluidos incompresibles.

### **Líquido perfecto**

En nuestros estudios consideraremos a los líquidos en general, como perfectos, es decir un fluido ideal, incompresibles, perfectamente móvil, continuo y de propiedades homogéneas.

### **Peso Específico:**

Es la relación que existe entre el peso de la sustancia y el volumen que ocupa.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (1)$$

Donde:

$\gamma$ : Peso específico

W: Peso de la sustancia

V: Volumen ocupado de la sustancia

Las unidades más utilizadas son: kgf/m<sup>3</sup>, kgf/dm<sup>3</sup>, N/m<sup>3</sup> (SI), lbf/ft<sup>3</sup>

### **Densidad Específica:**

La densidad específica de una sustancia es la masa de esa sustancia por la unidad de volumen que ella ocupa.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (2)$$

Donde:

$\rho$ : Densidad específica

M: Masa de la sustancia

V: Volumen de la sustancia

Las unidades más utilizadas son:  $kg/m^3$   $kg/dm^3$   $lb/ft^3$

La densidad de la sustancia con sólidos puede también ser medida, sin embargo, requiere de un cierto cuidado, especialmente en pulpas con sólidos de tendencia a sedimentar rápidamente.

Densidad de las partículas Sólidas:  $\rho_s$

Densidad del líquido portante:  $\rho_l$

Densidad de la propia pulpa:  $\rho_p$

La densidad de cualquier líquido cambiará con un cambio de temperatura, por lo siguiente, las temperaturas estándar han sido creadas para diversos líquidos. Para cálculos en minería se usa la relación de densidades de pulpa con la relación de la densidad del sólido conociendo el % en peso de sólidos de la mezcla.

**Tabla N° 1: Tabla de diversos líquidos según su temperatura estándar.**

NOMBRE	°C	DENSIDAD (Kg/cm <sup>2</sup> )	NOMBRE	°C	DENSIDAD (Kg/cm <sup>2</sup> )
Gasolina	15	749.8	Aceite vegetal	15	900
Cerveza	15	1020	Aceite crudo	20	1000
Diesel Fuel	15	820	Brea	25	1230
Aceite para engranajes	15	920	Vino	15	1000
Aceite combustible ligero	15	860	Juegos de azúcar	80	1300
Aceite hidráulico	20	875	Aceite de silicona	20	940
Querosene	15	790	Leche	15	1030
Agua de mar	15	1020	Agua de mar.	20	998

Fuente: Cameron Hidráulica Data



### **Caudal (Q).**

Se refiere a la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

$$Q = A \cdot V \quad (3)$$

Donde:

$Q$  : Caudal (l/s)

$V$  : Velocidad del fluido (m/s)

$A$  : Área de la tubería (m<sup>2</sup>)

### **Caudal y velocidad**

Caudal Volumétrico: Es la relación entre el volumen de un fluido que pasa por una determinada sección entre la unidad de tiempo y se mide en m<sup>3</sup>/h; l/s; m<sup>3</sup>/s; GPM (galones por minuto).

$$A = \frac{v}{t} \quad (4)$$

Dónde:

$Q$  = caudal volumétrico

$V$  = volumen

$t$  = tiempo

**Caudal másico:** El caudal másico es la masa de fluido que pasa por una determinada sección, por unidad de tiempo y las unidades más utilizadas son kg/h; kg/s; t/h; lb/h Dónde:

$$Q_m = \frac{m}{t} \quad (5)$$

Dónde:

$Q_m$  = caudal másico

$m$  = masa

$t$  = tiempo

### Relación entre caudales

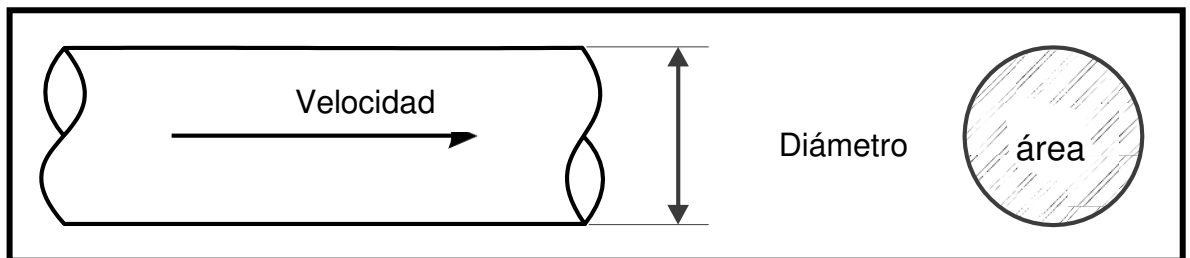
En el estudio de bombas se utiliza principalmente el caudal volumétrico, al que designaremos simplemente como caudal (Q) y la relación que existe entre volumen, masa y peso, es la siguiente:

$$Q = \frac{Q_m}{\rho} = \frac{Q_p}{\gamma} \quad (6)$$

### Velocidad

Existe una importante relación entre caudal, velocidad y el área de la sección transversal de una tubería:

**Figura N° 7 Relación entre el caudal, velocidad y área**



**Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas**

$$Q = v \cdot A \quad \rightarrow \quad V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

$$\text{área de la tubería} \quad \rightarrow \quad A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \pi R^2 \quad (8)$$

Donde:

Q = caudal volumétrico

V = velocidad del flujo

A = área de la tubería

D = Diámetro interno de la tubería

R = Radio interno de la tubería

$\pi$  = pi (3,1416)

### **Viscosidad ( $\mu$ ).**

Esta propiedad de los fluidos es la resistencia que estos poseen a un movimiento cortante; es decir, su rozamiento interno.

Es la resistencia interna que ofrece los fluidos a los esfuerzos de corte, esta propiedad física del fluido provoca una resistencia al deslizamiento entre sus capas y su magnitud depende de la temperatura y la naturaleza del fluido, en los líquidos la viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura. La viscosidad en las tuberías tiene un rol importante en el fenómeno de deslizamiento sobre todo en las pérdidas de presión de los fluidos, y cuando se indica cualquier valor para la viscosidad de un fluido, siempre se debe informar la temperatura, así como la unidad en que se expresa.

### **Ley de Newton:**

Newton descubrió que, en muchos fluidos la tensión de corte era proporcional al gradiente de velocidad, llegando a la siguiente fórmula 34

$$\tau = \frac{\mu \cdot dV}{dy} \quad (9)$$

Donde:

$\tau$  : Tensión de corte

$\mu$ : Coeficiente de proporcionalidad

$dV / dy$  : Gradiente de velocidad

Los fluidos que cumplen esta ley son llamados fluidos Newtonianos y los que no cumplen son llamados fluidos no newtonianos, los líquidos en estudio se comporta bajo esta ley.

### **Viscosidad dinámica o absoluta ( $\mu$ )**

Es la medida de las fuerzas de roce internas del fluido y es exactamente el coeficiente de proporcionalidad entre la tensión de corte y el gradiente de velocidad de la Ley de Newton.

El símbolo normalmente utilizado para indicarla es la letra  $\mu$  (mhu) y las unidades en que se expresan usualmente son; el centiPoise (cP), o Poise (98,1P = 1kgf.s/m<sup>2</sup>); y el Pascal segundo (1 Pa.s = 1N.s/m<sup>2</sup>) (SI)

### **Viscosidad cinemática ( $\nu$ )**

Representa la característica propia del líquido desechando las fuerzas que genera su movimiento, obteniéndose a través de la relación entre la Viscosidad Absoluta y la densidad Su unidad es el stoke (cm<sup>2</sup>/seg) o centistoke.

La viscosidad cinemática está definida como el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad específica, el símbolo que se usa para determinarlo es la letra nu "U" y las unidades usadas son, centiStoke (cSt), Stoke (1St = 1cm<sup>2</sup>/s); o el m<sup>2</sup>/s (SI)

$$\boxed{U = \frac{\mu}{\rho}} \quad (10)$$

Dónde:

U: viscosidad cinemática

$\mu$  : viscosidad dinámica

$\rho$  : densidad específica

### **Densidad relativa (DR)**

Es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra que se toma como referencia. La densidad relativa es adimensional (sin unidades), puesto que queda definida como el cociente de dos densidades.

La densidad relativa de una sustancia es la razón entre el peso específico o densidad específica de esa sustancia y el peso específico o densidad específica de una sustancia padrón de referencia y es adimensional. Para sustancias en estado líquido o sólido, la sustancia de referencia padrón es el agua. Para sustancias en el estado gaseoso la sustancia de referencia es el aire. Consideraremos agua a temperatura de 15° C (59° F), al nivel del mar\*, como sustancia de referencia. La densidad relativa se puede encontrar con el nombre de masa específica o gravedad específica en algunos textos. \* temperatura utilizada como padrón por el API (Instituto de Petróleo Americano).

$$\mathbf{d = \frac{\rho \text{ fluido}}{\rho \text{ agua}}} \quad (11)$$

$$\mathbf{d = \frac{\gamma \text{ fluido}}{\gamma \text{ agua}}} \quad (12)$$

En algunas industrias, la densidad relativa se expresa en grados, como los grados API (Industria Petroquímica), los grados BAUMÉ (Industria Química) y los grados BRIX (Industria de Azúcar y Alcohol). Estos grados se pueden convertir en valores de densidad, a través de tablas.

### **Numero de Reynolds (*Re*)**

Es la razón entre la velocidad del fluido y la velocidad de corte, Dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande), esta ecuación se puede expresar de la siguiente forma:

$$\mathbf{Re = \frac{V * ID}{\nu}} \quad (13)$$

Donde:

*Re* : Numero de Reynolds

*V* : Velocidad del fluido

*ID* : Diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido

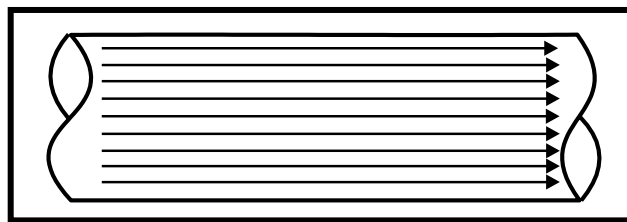
*ν* : Viscosidad cinemática del fluido.

## FLUJO LAMINAR

Es aquel en el cual el fluido se mueve en forma paralela u ordenada, de manera que el fluido se mueva en laminas paralelas sin entremezclarse si la corriente tiene lugar entre dos planos paralelos, o en capas cilíndricas coaxiales.

$$R_e < 2000 \text{ Flujo Laminar}$$

**Figura N° 8 Flujo Laminar**

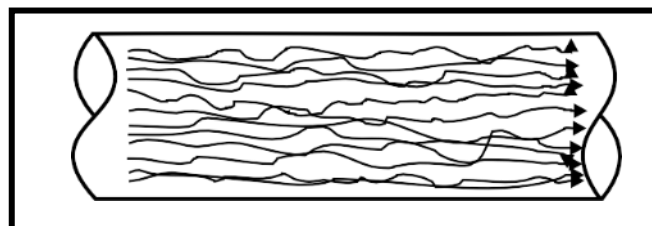


**Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas**

## FLUJO TURBULENTO

Se llama flujo turbulento o corriente turbulenta al movimiento de un fluido que se da en forma caótica, en que las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos los cuales podemos apreciar.

**Figura N° 9 Flujo turbulento**



**Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas**

## PRESIÓN

Es una magnitud que se define como la fuerza que se ejerce en una determinada área. Las unidades más usadas son:  $\text{kgf/cm}^2$  ;  $\text{kgf/m}^2$  ; bar ( $1\text{bar} = 1,02 \text{ kgf/cm}^2$  ; psi ( $1 \text{ psi} = 0,0689 \text{ kgf/cm}^2$  ) ; Pascal ( $1 \text{ Pa (SI)} = 1,02 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2$  ) ; atmosfera ( $1 \text{ atm} = 1,033 \text{ kgf/cm}^2$  ) ; mmHg ( $1\text{mmHg} = 0,00136 \text{ kgf/cm}^2$  ).

$$P = \frac{F}{A} \quad (14)$$

Dónde:

P: Presión

F: Fuerza

A: Área

## PRESIÓN MANOMÉTRICA (Pman)

Esta presión es normalmente medida a través de un instrumento llamado manómetro, lo que da origen a la presión manométrica, siendo también llamada como presión efectiva o presión relativa y para su medición se toma como referencia a la presión atmosférica. Cuando la presión es menor que la atmosférica, tenemos una presión manométrica negativa, también llamada como vacío (denominación incorrecta) o depresión.

El manómetro, registra valores de presión manométrica positiva; el vacuómetro registra valores de presión manométrica negativa y el manovacúmetro registra valores de presión manométrica positiva y negativa. Estos instrumentos, siempre registran cero cuando están abiertos a la atmósfera, así, tienen como referencia (cero de la escala) la presión atmosférica del lugar dónde se está realizando la medición, sea cual sea.

## **PRESIÓN ATMOSFÉRICA ( $P_{atm}$ ).**

La presión atmosférica es la presión ejercida por el aire atmosférico en cualquier punto de la atmósfera. Normalmente se refiere a la presión atmosférica terrestre.

La presión atmosférica es normalmente medida por un instrumento llamado barómetro, que es el origen de la llamada presión barométrica y viene hacer la presión ejercida por el peso de la atmosfera y varía con la altura y depende de las condiciones meteorológicas siendo que, al nivel del mar, en condiciones estandarizadas.

La presión atmosférica tiene un valor de:

$$P_{atm} = 1,033 \text{ kgf/cm}^2 = 760 \text{ mmHg} = 1,033 \times 10 \text{ N/m}^2 = 2,1116 \times 10 \text{ lb/pie}^2$$

$$P_{atm} = 29,92 \text{ pulgadas de Hg.}$$

Para fines prácticos se ha establecido la Atmósfera Técnica, cuya presión corresponde a 10 m de columna de líquido, o corresponde a  $1 \text{ kgf/cm}^2$ .

**Tabla N° 2 Presión atmosférica en función de la altitud sobre el nivel del mar.**

<b>ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR</b>	<b>PRESION ATMOSFERICA EN METROS</b>	<b>ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR</b>	<b>PRESIÓN ATMOSFERICA EN METROS</b>
0	10,33	1600	8,450
200	10,080	1800	8,240
400	9,830	2000	8,040
600	9,580	2500	7,560
800	9,340	3000	7,100
1200	9,110	3500	6,680
1400	8,890	4000	6,270

**Fuente: Cameron Hidráulica Data**



## **PRESIÓN ABSOLUTA**

La presión absoluta es la suma de la presión atmosférica con la presión manométrica.

La relación entre estas dos presiones se presenta de la siguiente manera:

$$\boxed{P_{abs} = P_{atm} + P_{man}} \quad (15)$$

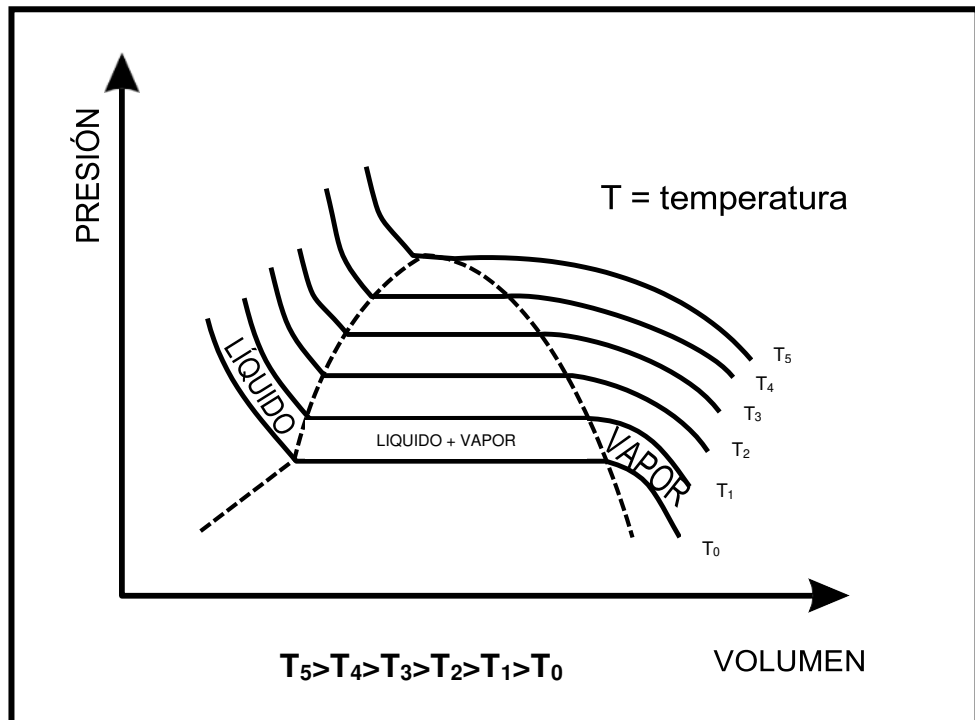
## **PRESIÓN DE VAPOR ( $P_v$ )**

Los líquidos a cualquier temperatura arriba de su punto de congelación, tienen una presión de vapor correspondiente que debe considerarse cuando se calcula un sistema de bombeo. La reducción de la presión en el tubo de succión a una más bajo de la presión de vapor del líquido puede causar que el líquido se vaporice, es decir formación de burbujas en el líquido.

La presión de vapor de un fluido a una cierta temperatura es aquella en la que coexisten las fases líquida y vapor a una misma temperatura, cuando tenemos una presión mayor que la presión de vapor, habrá sólo fase líquida y cuando tenemos una presión menor que la presión de vapor, habrá sólo fase vapor.

Se debe notar que a medida que aumenta la temperatura, la presión de vapor aumenta, así en caso que la temperatura se eleve hasta un punto en que la presión de vapor iguale, por ejemplo, a la presión atmosférica, el líquido se evaporizará, dando origen al fenómeno de la ebullición. La presión de vapor tiene una importancia fundamental en el estudio de las bombas, principalmente en los cálculos de NPSH.

Figura N° 10: Grafico isotérmico de un liquido



Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas

### ALTURA ESTÁTICA (*He*)

En las aplicaciones de bombas generalmente se le llama a la altura del líquido que actúa sobre la succión o descarga de la bomba, altura estática en la entrada o salida y se expresa como un cierto número de metros de líquido. La altura estática es la diferencia de elevación y puede calcularse para una variedad de condiciones que se encuentran en una instalación de bombeo.

$$He = hs + hd$$

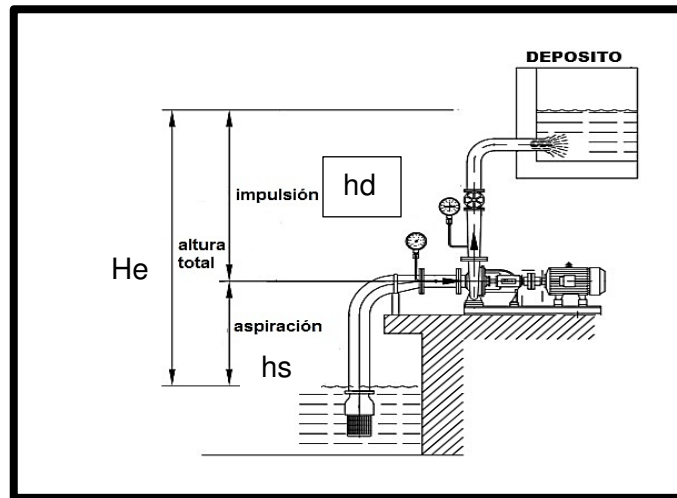
(16)

*He* : Altura estática ( altura total )

*hs* : Altura de aspiración o succión

*hd* : Altura de impulsión o descarga

**Figura N° 11: Altura estática**



**Fuente:** <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/algunas-observaciones-instalaciones-equipos-bombeo>

### **CARGA DE SUCCIÓN ( $H_s$ ).**

Viene dado por la diferencia de elevación entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente o captación, afectado por la pérdida de carga en el lado de la succión o aspiración.

$$H_s = h_s + \Delta h_s \quad (17)$$

$H_s$ : Carga de Succión o aspiración.

$h_s$  : Altura de aspiración o succión estática, la cual es la distancia vertical entre el nivel de comparación de la bomba y la superficie del líquido en el lado de la succión.

$\Delta h_s$  : Pérdida de carga en la succión o aspiración.

### **CARGA DE DESCARGA ( $H_d$ ).**

Está dada por la diferencia de elevación entre el nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada y el eje de la bomba más las pérdidas de carga del lado de la tubería de impulsión o descarga.

$$Hd = hd + \Delta hd \quad (18)$$

$Hd$  : Carga de impulsión o descarga

$Hd$  : Altura de impulsión o descarga, o sea, la altura de nivel Superior en relación al eje de la bomba

$\Delta hd$  : Perdida de Carga en la impulsión o descarga.

### **CARGAS DE FRICCIÓN. ( $\Delta h$ )**

Las cargas o pérdidas de fricción en tuberías se encuentran comprendidas en la suma de perdidas mayores y menores ósea perdidas primarias y secundarias. Las cuales se encuentran en las tuberías de succión como en las de descarga.

$$\Delta h = h_M + h_m \quad (19)$$

### **PERDIDAS PRIMARIAS ( $h_f$ ) O MAYORES DE FRICCIÓN ( $h_M$ )**

*Ecuación de Darcy – Weisbach*

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (20)$$

Donde:

L: Longitud de la tubería (m)

$f$ : Factor de fricción

D: Diámetro interior de la tubería a través de la cual circula el fluido (m)

V: Velocidad del fluido (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s)

$h_M = h_f$  : Pérdidas mayores de fricción (m) o Perdidas primarias

## PERDIDAS SECUNDARIAS MENORES DE FRICCIÓN (*hm*).

$$hm = K \frac{v^2}{2g} \quad (21)$$

Donde:

K: Constante de pérdidas del accesorio (m)

V: Velocidad del fluido (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s )

**hm**: Perdidas secundarias de fricción (m)

## ALTURA DINÁMICA TOTAL (*ADT*)

La altura dinámica puede ser definida como el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Es la suma de la carga estática o elevación más la fricción.

$$ADT = Hs + Hd \quad (22)$$

*ADT* : Altura dinámica total

*Hs* : Carga de Succión

*Hd* : Carga de descarga

## VELOCIDAD DE COLUMNA (*hv*)

Un líquido que se mueve en un tubo a cualquier velocidad, posee una energía cinética debido a su movimiento. La velocidad de la columna es la distancia de caída necesaria para que un líquido adquiriera una velocidad dada, y viene dada en la formula.

$$hv = \frac{v^2}{2g} \quad (23)$$

Donde:

*hv* : velocidad de la columna;

*g* : aceleración

debida a la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>). Nótese que la velocidad del líquido en el punto que se considera debe sustituirse en esta relación por la velocidad de la columna.

### **FACTOR DE FRICCIÓN (*f*)**

El factor de fricción o coeficiente de resistencia de Darcy-Weisbach (*f*) es un parámetro adimensional que se utiliza para calcular la pérdida de carga en una tubería debida a la fricción. El cálculo del factor de fricción y la influencia de dos parámetros (número de Reynolds *Re* y rugosidad relativa  $\epsilon$ ) depende del régimen de flujo.

Para determinar la resistencia de los tubos con rugosidades reales en los cálculos prácticos, también se puede recomendar la siguiente formula universal del científico soviético A. Astshul (Ver anexo)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.8 \log \left[ \frac{Re}{Re \times \frac{\epsilon}{ID} + 7} \right] \quad (24)$$

*Libro de Hidráulica B. Nekrasov Editorial MIR Tercera Edición 1968 Cap. 7 pág. 156*

Donde:

*Re* : Número de Reynolds

*f* : Factor de fricción

*ID* : Diámetro interior de la tubería a través de la cual circula el fluido

$\epsilon$  : Rugosidad absoluta de la tubería

### **NPSH Requerido**

Se encuentra en función del diseño de fábrica de la bomba, su valor, determinado experimentalmente, es proporcionado por el fabricante. El NPSH requerido corresponde a la carga mínima que necesita la bomba para mantener un funcionamiento estable. Se basa en una elevación de referencia, generalmente considerada como el eje del rodete.

## **NPSH Disponible**

Se encuentra en función del sistema de succión de la bomba, se calcula en metros de agua, mediante la siguiente fórmula

$$\boxed{NPSH_d = P_{atm} - P_{vap} - H_s - \Delta h_s} \quad (25)$$

$NPSH_d$  : Carga neta de succión positiva disponible (m)

$P_{atm}$  : Presión Atmosférica (m)

$P_{vap}$  : Presión de Vapor (m)

$H_s$  : Altura estática de succión (m)

$\Delta h_s$  : Carga de fricción en la succión (m)

Para evitar el riesgo de la cavitación por presión de succión, se debe cumplir que:

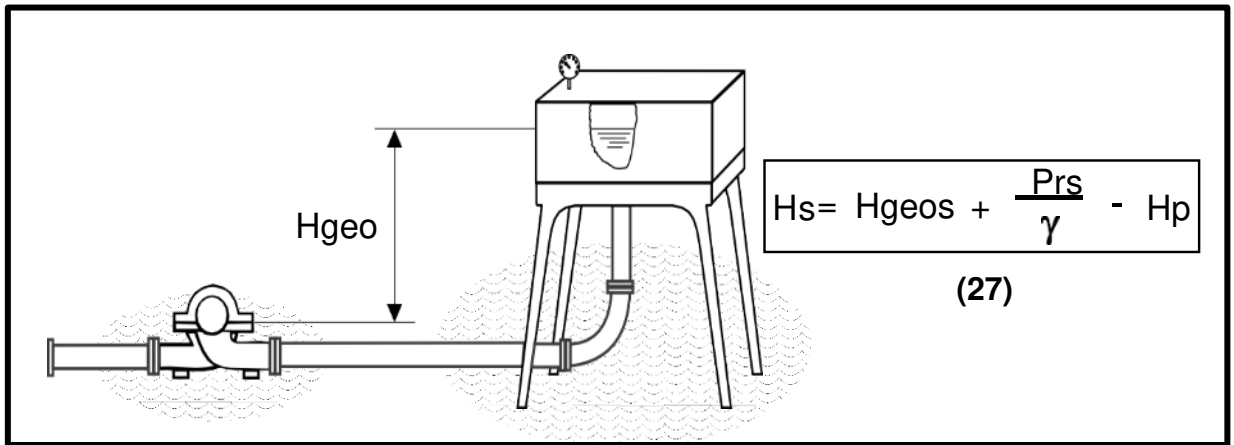
$$\boxed{NPSH_{Disponible} > NPSH_{Requerida}} \quad (26)$$

Para el cálculo del NPSH se debe fijar un nivel de referencia con respecto a la bomba.

En las bombas que trabajan horizontalmente (eje horizontal) el plano de referencia se localiza a través del centro del eje y en las bombas verticales (eje vertical) a través del plano que atraviesa la parte más inferior de los alabes del impulsor, en caso de tener más de un impulsor se considerara la ubicación del inferior.

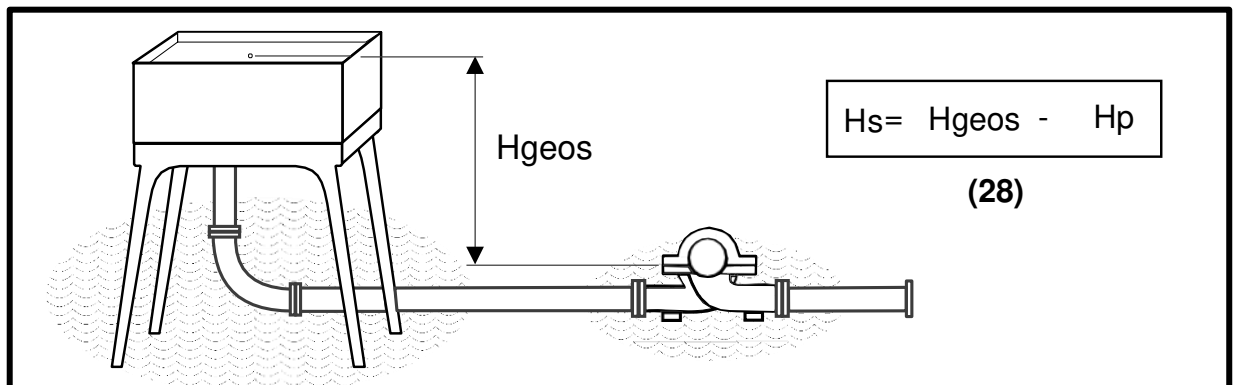
Otras causas de cavitación en bombas son las excesivas revoluciones del rotor. En este caso se debe verificar que la velocidad específica de operación no sobrepase la máxima dada por el fabricante.

Figura N° 12 Esquema Típico de Succión



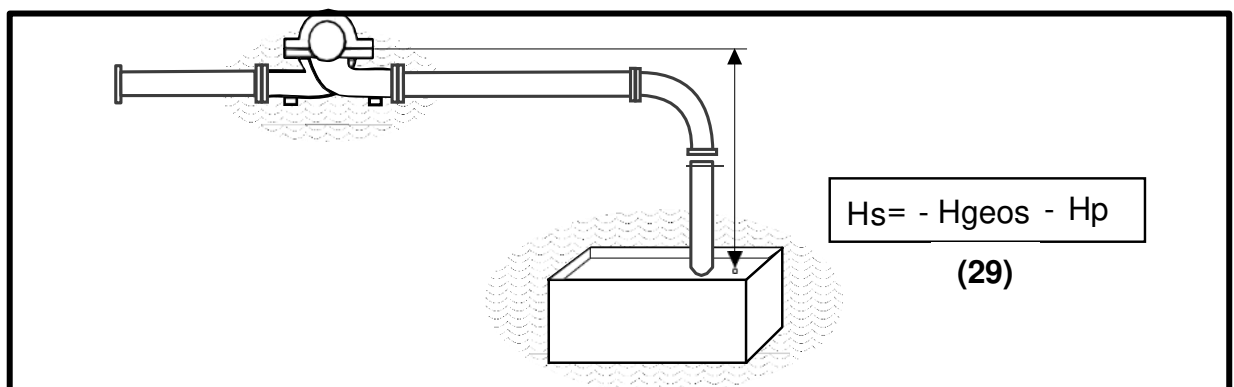
Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas

Figura N° 13 Esquema Típico de Succión



Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas

Figura N° 14 : Esquema Típico de Succión



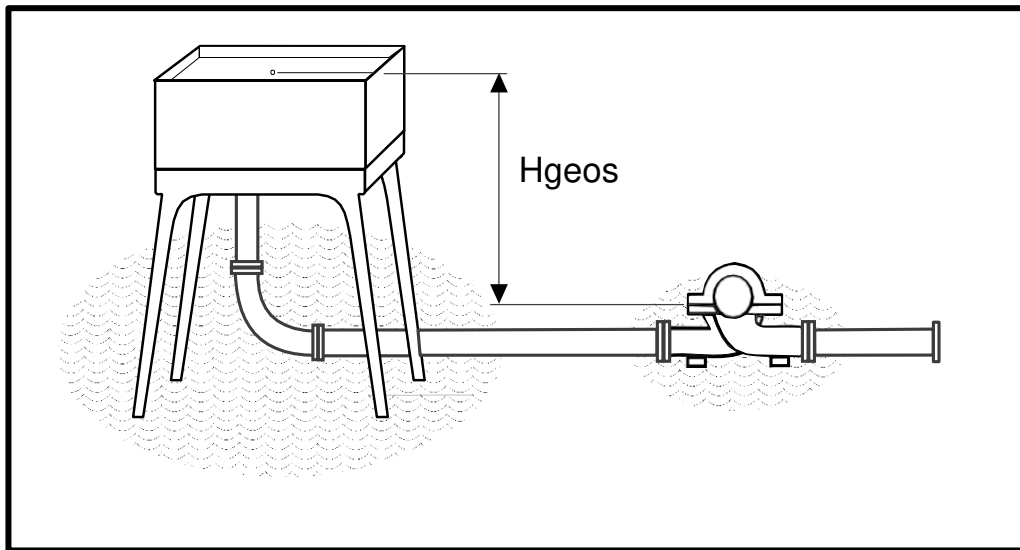
Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas



## SUCCIÓN POSITIVA

Decimos que la succión de una bomba es positiva, cuando el nivel del líquido en el depósito de la succión está por encima de la línea de centro del rodete de bomba. En este caso, el término Hgeos es positivo.

Figura N° 15 : Esquema Típico de Succión

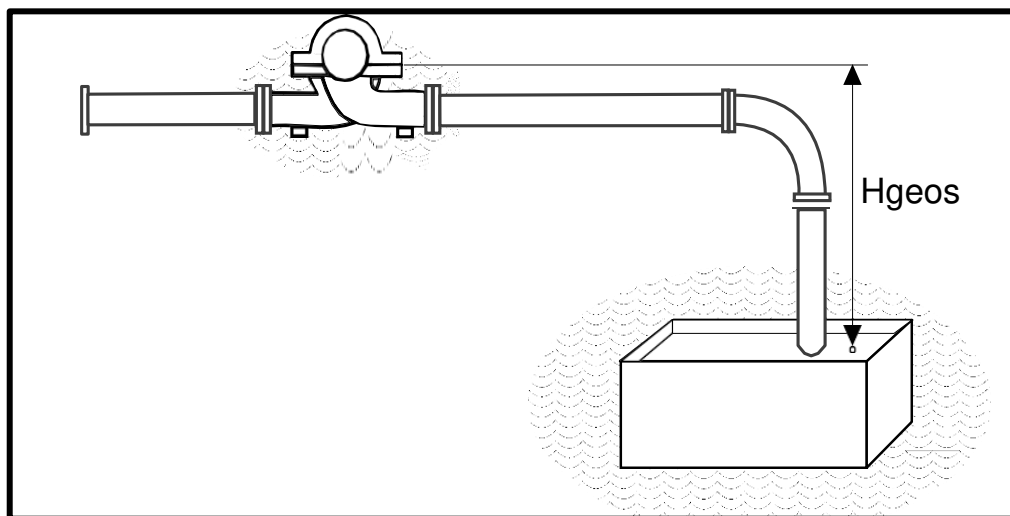


Fuente Manual KSB Bombas centrifugas

## SUCCIÓN NEGATIVA

Decimos que la succión de una bomba es negativa, cuando el nivel del líquido en el depósito de succión está por debajo de la línea de centro del rodete de la bomba. En este caso, el término Hgeos es negativo.

**Figura N° 16 : Esquema Típico de Succión**



Fuente: **Manual KSB Bombas centrifugas**

### **CAVITACIÓN**

Con una elevación de succión anormalmente elevada o el NPSH insuficiente, puede ocurrir la cavitación en la instalación de bombeo.

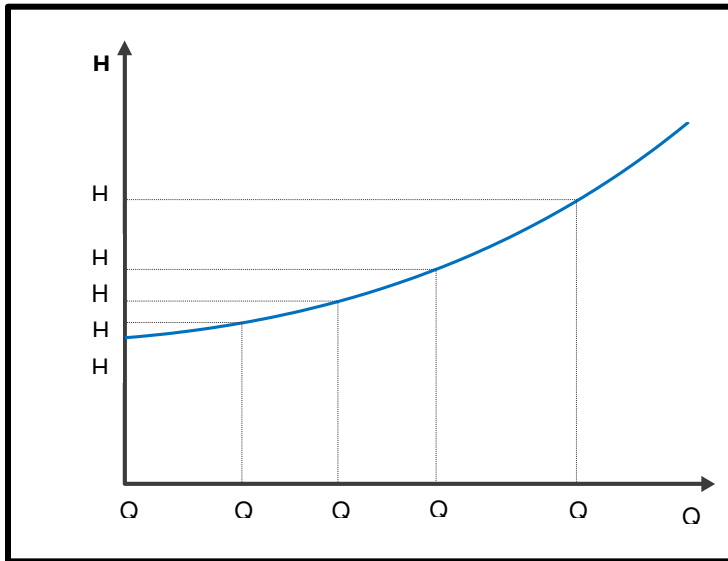
La cual desarrolla una presión de succión baja en la entrada de la bomba, la presión disminuye hasta crear un vacío y el líquido se convierte en vapor, si la presión del tubo es más baja que la presión de vapor del líquido. El flujo de líquido de la bomba desaparece. Esto se conoce como punto de corte debido a que se ha alcanzado el límite de la capacidad de la bomba con esta presión de entrada. La bomba se acerca ahora a condiciones de operación que pueden causar daño.

Cuando la presión de entrada está a punto de alcanzar el punto de vaporización, las bolsas de vapor forman burbujas en el lado posterior del alabe del impulsor, cerca de su base. Conforme una burbuja se mueve del área de baja presión en la admisión al área de alta presión cerca del extremo del alabe, la burbuja desaparece. Se deshace tan rápidamente que el líquido golpea el alabe con fuerza extrema, a veces lo bastante fuerte para descascarar pequeñas partículas del impulsor.

## CURVA DEL SISTEMA

La curva de sistema de bombeo es una gráfica que muestra la altura de bombeo requerida la cual está en función del caudal para un diámetro determinado y las pérdidas de fricción ocasionadas por él.

**Figura N° 17 : Curva del Sistema**

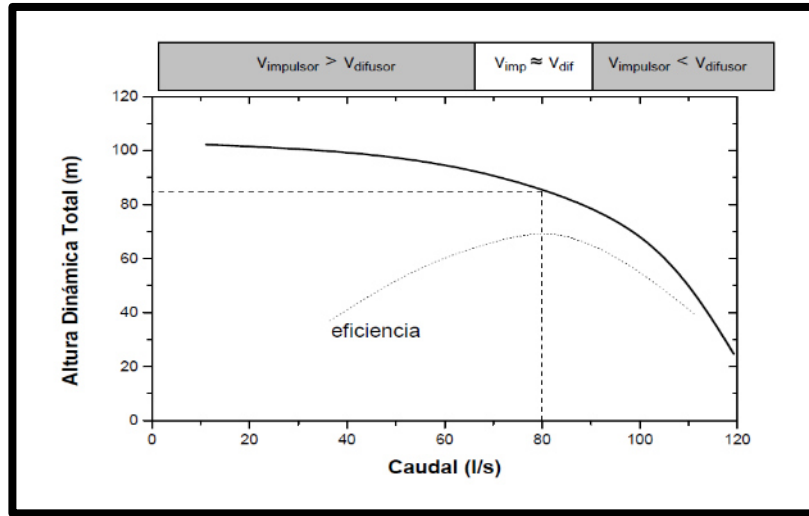


Fuente: **Manual KSB Bombas centrífugas**

## CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA BOMBA

La curva de una bomba es un dato que otorga el fabricante, en ellas tienes la altura que desarrolla esa bomba en función del caudal que bombea. Esto lo podemos apreciar en la figura N°18

**Figura N° 18 : Curva Caudal – Altura**

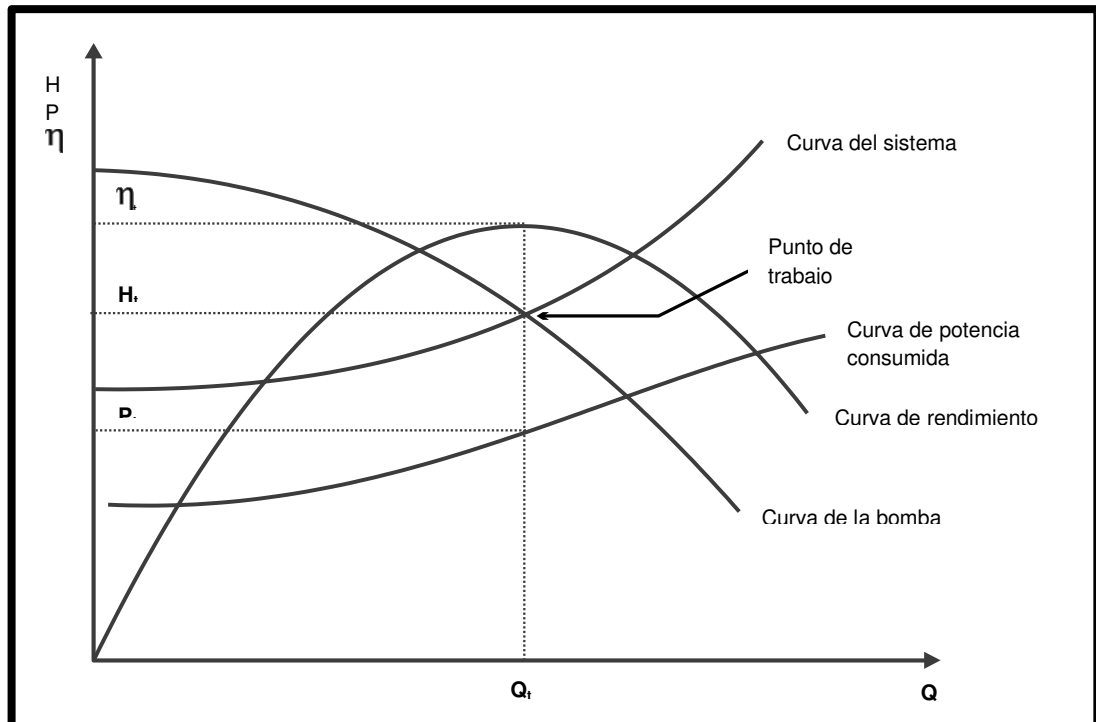


Fuente: **TOMOCORP SAC**

**PUNTO DE OPERACIÓN**

punto de operación es el punto de intersección de la curva del sistema y la curva característica de la bomba, graneadas en el mismo sistema de coordenadas H Vs. Q como se muestra en la figura

**Figura N° 19 : PUNTO DE OPERACIÓN**



Fuente: **Manual KSB Bombas centrifugas**

## **VELOCIDAD RECOMENDADA DE BOMBEO**

Con el fin de evitar la sedimentación, como una lenta disipación del calor en los equipos de bombeo sumergibles para el drenaje, TOMOCORP utiliza un rango de velocidades que se encuentra entre 2 a 4 m/s.

### **2.1.1.2. Bombas**

La bomba es una máquina Hidráulica que transforma la energía mecánica en energía Hidráulica, esta transformación se realiza mediante un desplazamiento rotativo o desplazamiento positivo. Las bombas se emplean para impulsar toda clase de líquidos como el agua, aceite, combustible, leche, etc.

También se utiliza para bombear líquidos espesos con sólidos en suspensión, pastas de papel, melaza, lodos, pulpa de mineral, desperdicios, productos alimenticios como pescado, etc.,

#### **Bomba Hidráulica**

Dispositivo encargado de transformar la energía mecánica de eje de un motor eléctrico en energía Hidráulica desarrollada en el impulsor para el desplazamiento de líquidos.

#### **Bomba Centrifugas**

Es una máquina que emplea la fuerza centrífuga para desarrollar un aumento de presión en el movimiento de líquidos a una altura y tiempo determinados.

#### **Principales usos y aplicaciones**

- En la Minería
- En la Industria de la Construcción
- En la Agricultura
- En la Construcción Naval
- En la Industria Alimentaria
- En Obras de Municipios y Compañía de Bomberos.

## Descripción General del Equipo

- **Parte Mecánica**

Conformada por los sellos, rodamientos, soporte, cámara aceite, rotor, etc.

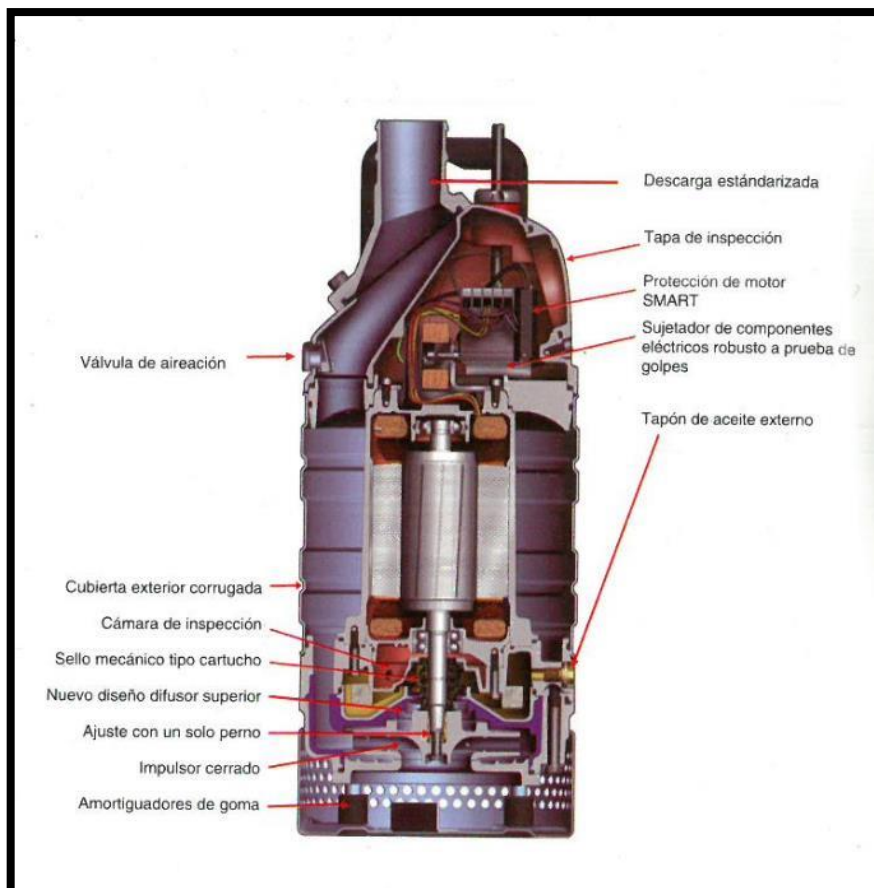
- **Parte Eléctrica**

Conformada por el estator, tablero de arranque interno, externo y el cable eléctrico.

- **Parte Hidráulica**

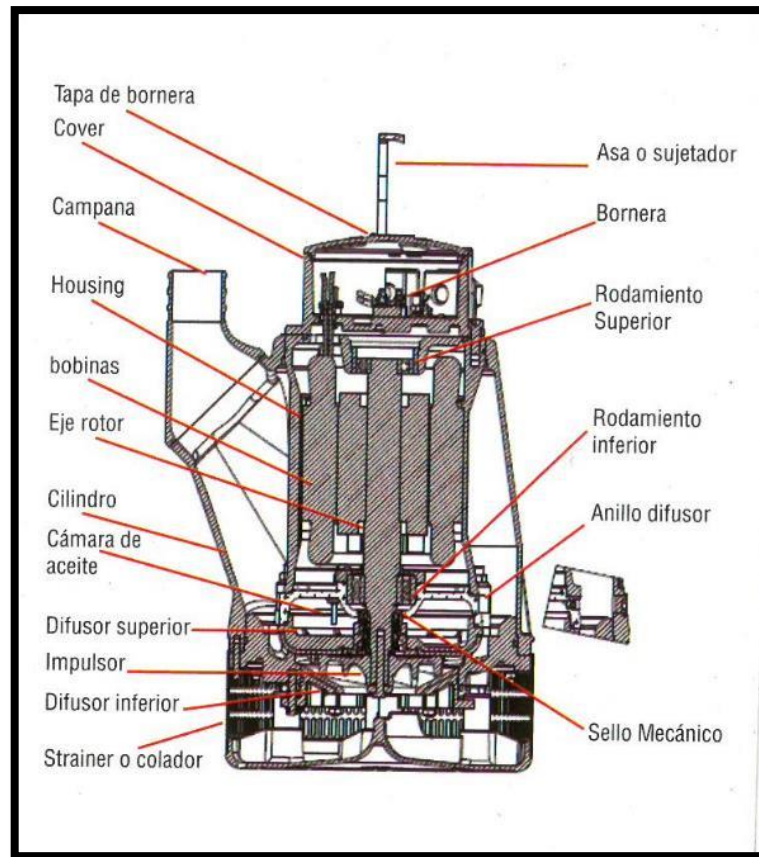
Parte intercambiable del equipo, conformada por el impulsor, difusores, conexión descarga.

**Figura N°20** : Componente de una Bomba Sumergibles



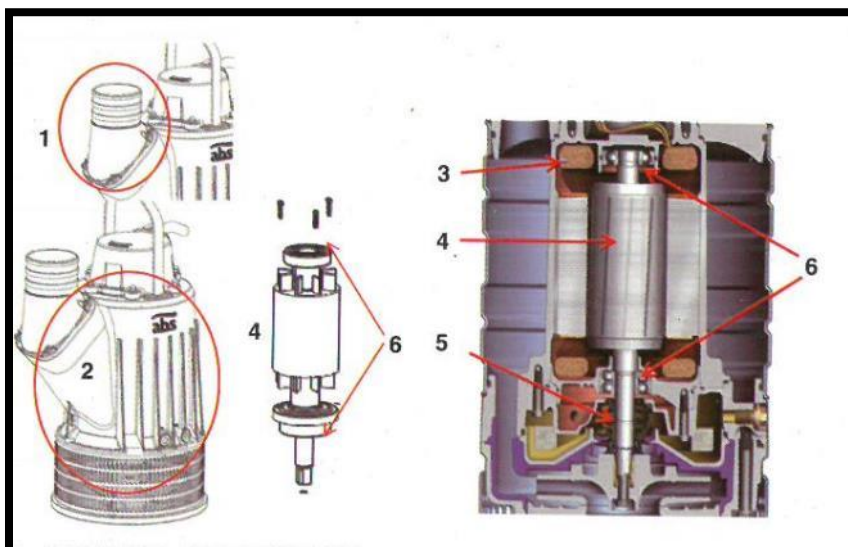
**Fuente:** Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica

**Figura N°21 : Principales Componentes de una Bomba ABS**



**Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica**

**Figura N°22 : Principales Componentes de una Bomba Sumergibles y Función.**



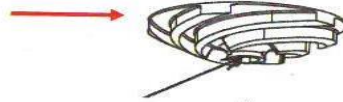
**Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica**

**Figura N° 23** Principales Componentes de una Bomba Sumergibles y Función.

1. CAMPANA DE DESCARGA.- Punto de descarga del fluido.
2. CARCAZA O CUBIERTA EXTERIOR.- Funciona como difusor y canaliza el fluido hasta la brida de descarga.
3. BOBINAS.- Componente eléctrico que genera inducción al paso de la corriente.
4. EJE ROTOR.- Elemento rotatorio que al ser inducido por el campo eléctrico transforma la energía eléctrica en movimiento.
5. SELLO MECÁNICO.- Componente mecánico colocado en el eje que sella o aísla la zona Hidráulica y evita el paso del fluido hacia otros componentes internos de la bomba, tales (Cámara de aceite, rodamientos, estator, etc.)
6. RODAMIENTOS.- Elemento sobre el cual se soporta el eje y permita el giro libre con mínima fricción y mínimo desalineamiento.

**7.- IMPULSOR:**

Es el corazón de la bomba, transforma la velocidad del fluido en presión para impulsar el fluido de un punto a otro.



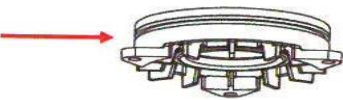
**8.- DIFUSOR SUPERIOR:**

Elemento estático que direcciona el fluido y le incrementa presión.



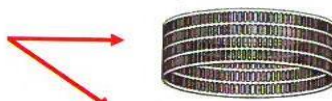
**9.- DIFUSOR INFERIOR:**

Elemento estático que direcciona el fluido e incrementa presión al fluido.



**10.- STRAINER:**

Limita el paso de sólidos al interior de la bomba.



**11.- VÁLVULA DE AIREACIÓN:**

Permite la circulación de aire cuando la bomba se queda operando sin agua. Refrigerándola.



**Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica**



## PRINCIPALES COMPONENTES DE BOMBAS SUMERGIBLES Y FUNCIÓN

**SELLO MECÁNICO.** - Asegura la estanqueidad del equipo. Para bombas sumergibles es la barrera más importante para asegurar que no haya ingreso al estator.

Las combinaciones estacionarias/rotativa más importante son resumidas a continuación.

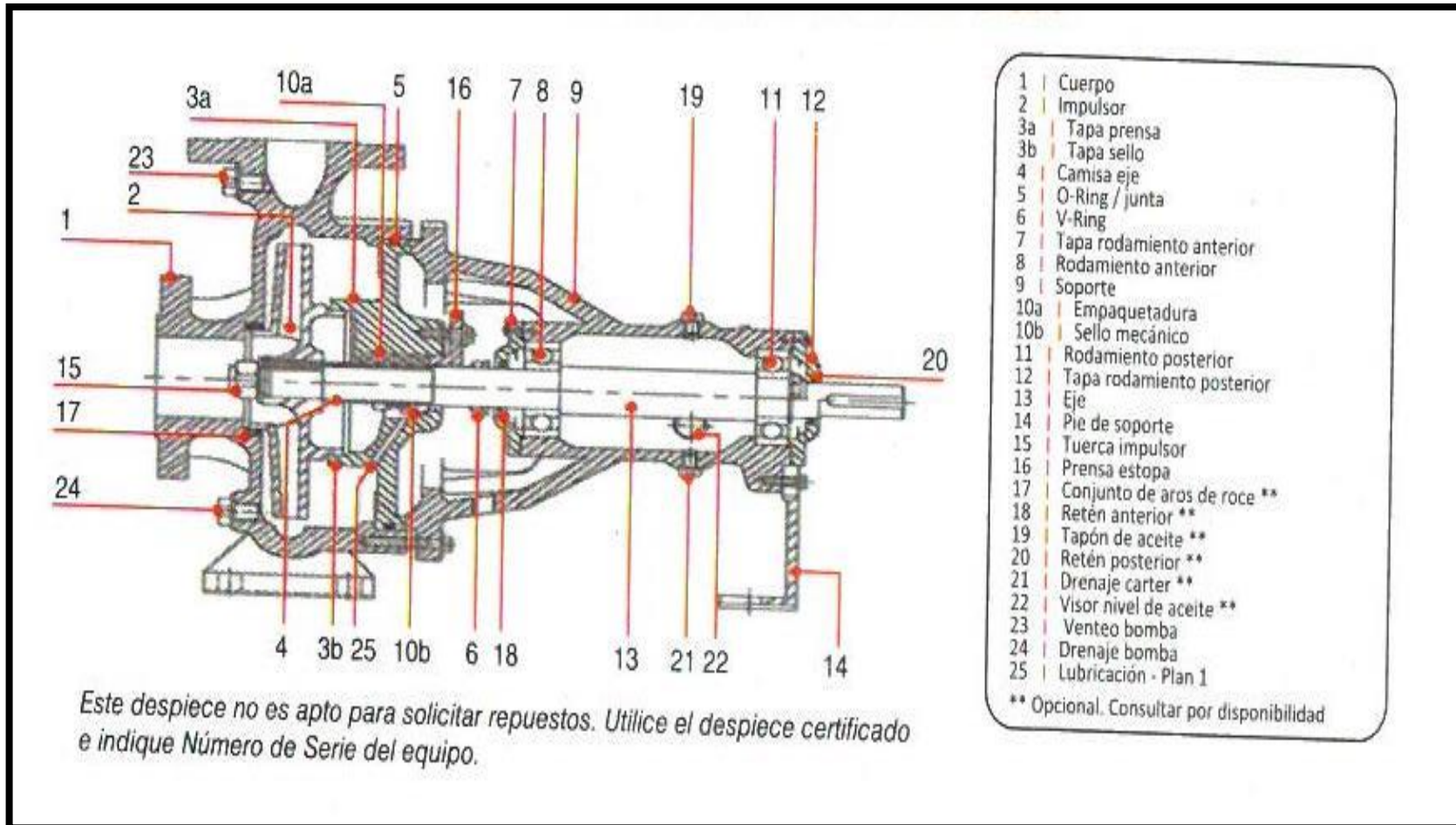
Carburo Tungsteno	Carburo Silicio	WC ó SiC / Carbón	Cerámica / Carbón
WC/WC	SiC/SiC	SiC-WC/C	AlxOy/C
+ Muy resistente al desgaste. + Robusto	+ Muy resistente a la abrasión. + Muy resistente a la corrosión.	+ Resistente a corrosión. + Funcionamiento en seco.	+ Versátil + Funcionamiento en seco.
- Funcionamiento en seco causa sobrecalentamiento	- Funcionamiento en seco hasta 5 minutos. - Frágil (montaje)	- Sólidos abrasivos causan desgaste excesivo. - Frágil (montaje)	- Sólidos abrasivos causan desgaste. - Frágil (montaje)

**Figura N° 24** Componentes principales de un sello mecánico.



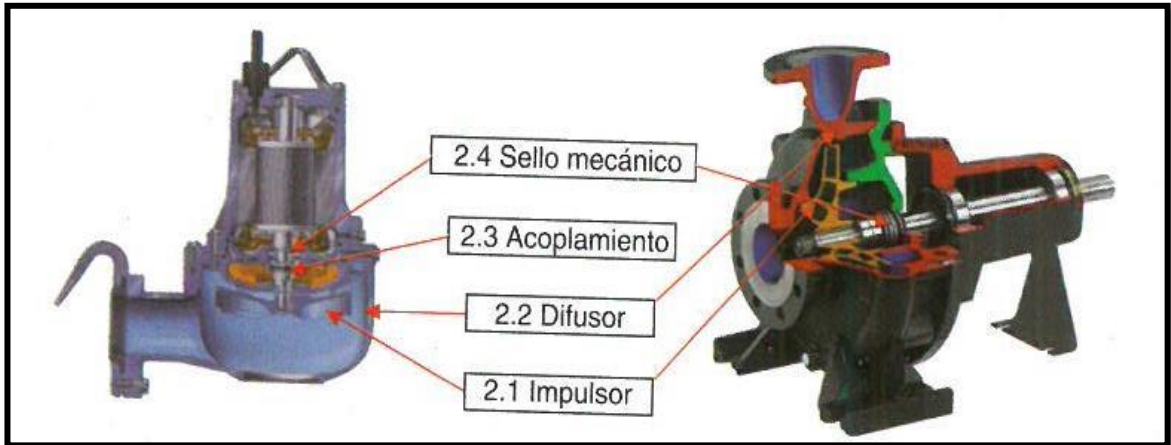
**Fuente:** Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica

Figura N° 25 Componentes principales de una Bomba Estacionaria Centrifuga



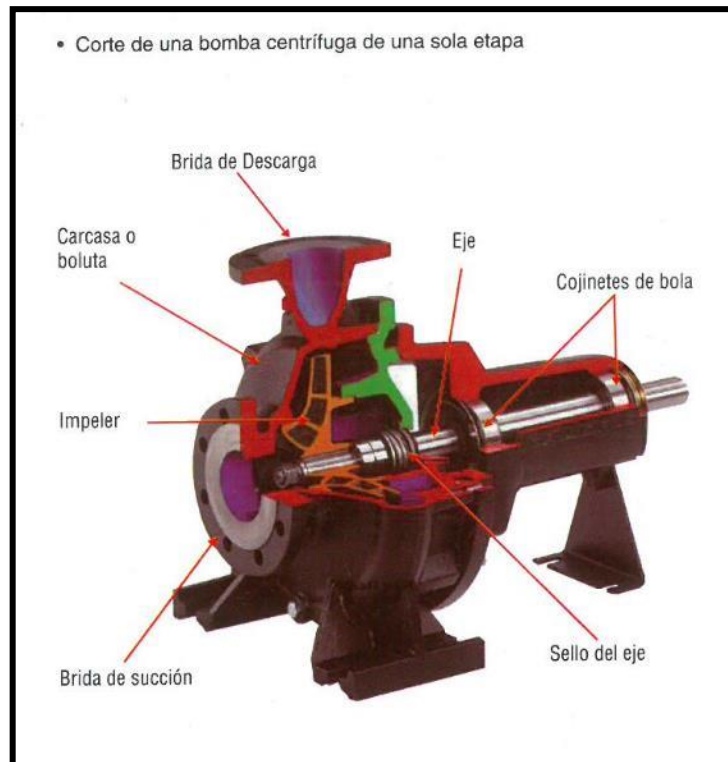
Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica

**Figura N° 26 Componentes principales de una Bomba Estacionaria Centrifuga**



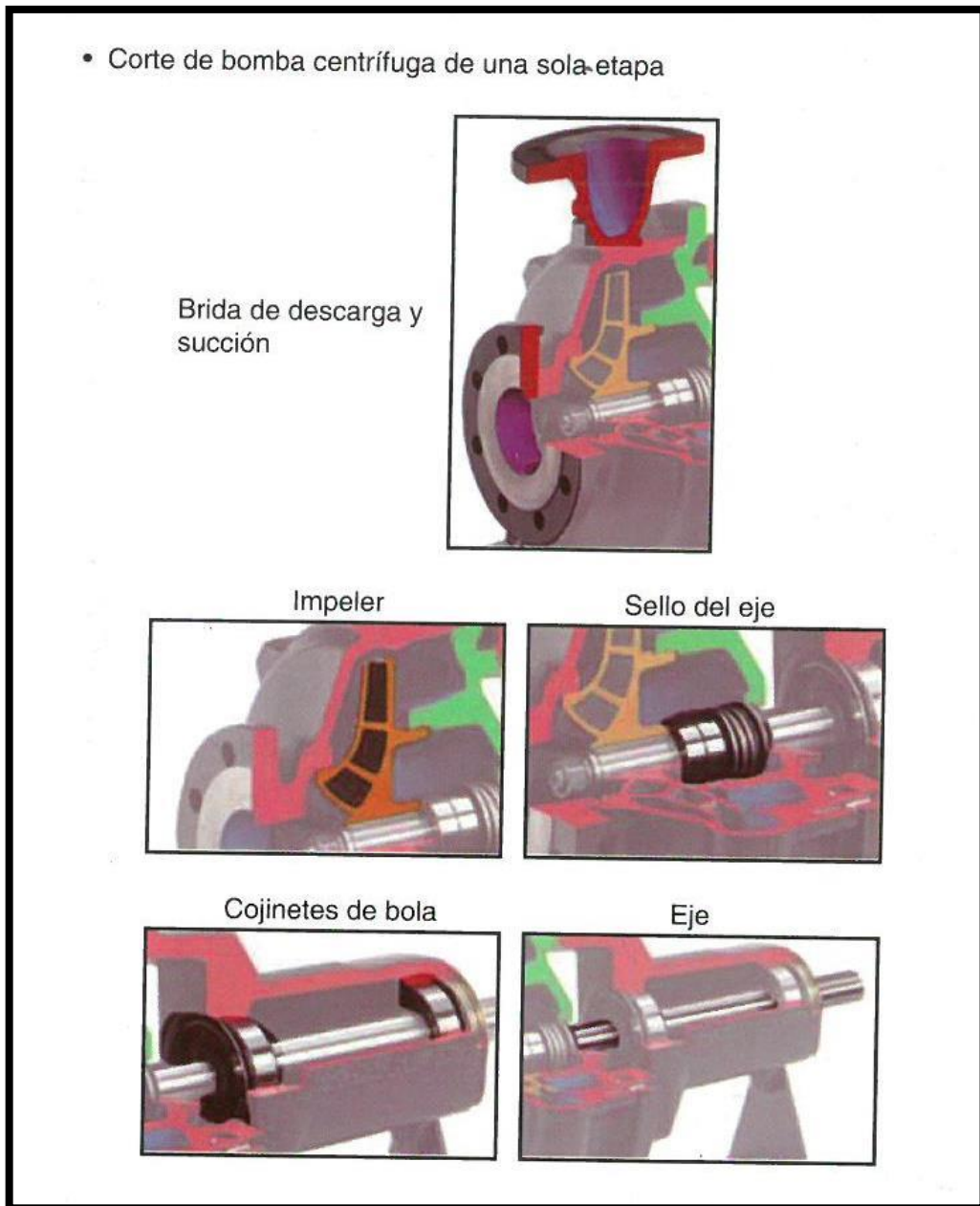
**Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica**

**Figura N° 27 Componentes principales de una Bomba Estacionaria Centrifuga**



**Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica**

**Figura N° 28 Componentes principales de una Bomba Estacionaria Centrifuga**

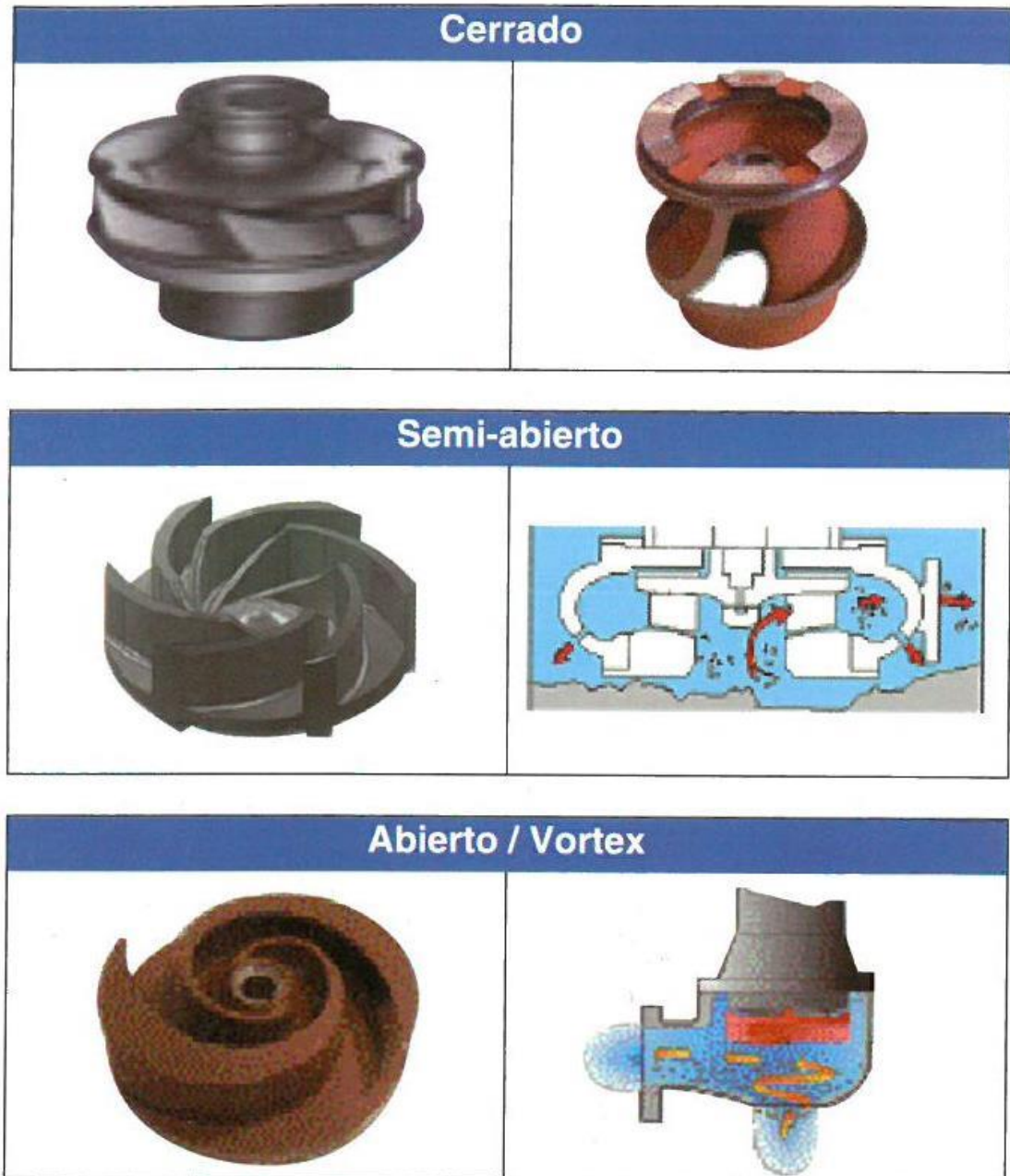


**Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica**

**Figura N° 29 Componentes principales de una Bomba Centrífuga**

**Impulsor.**

Es el corazón de la bomba, siendo el componente que impulsa el líquido, que transfiere la energía mecánica a potencia Hidráulica.

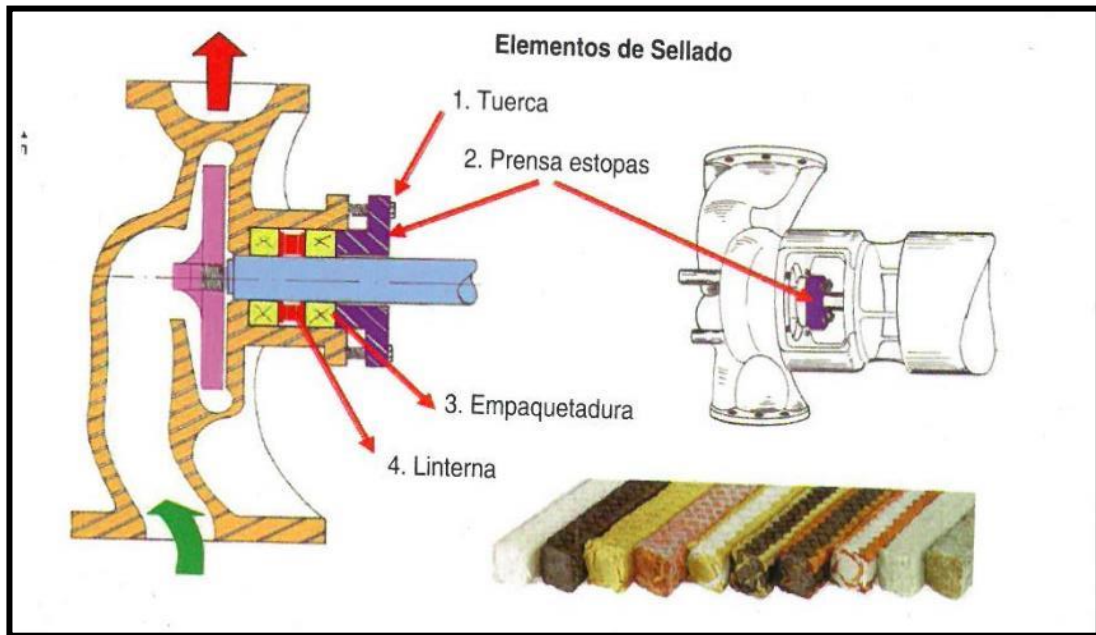


**Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica**

**Figura N° 30 Componentes principales de una Bomba Estacionaria**

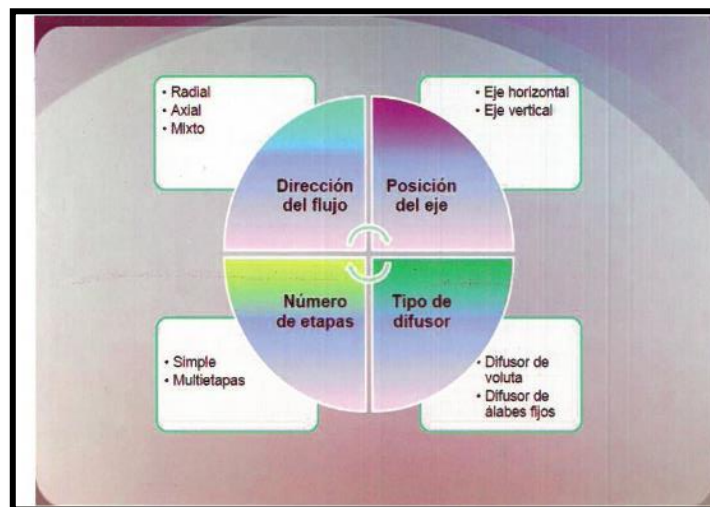
**PRENSA ESTOPA:** La función de la prensa estopa es las de eliminar la fuga del líquido bombeado y de impedir la entrada del aire a lo largo del eje.

**IMPORTANTE.** - Se necesita un ligero goteo para proporcionar lubricación y enfriamiento adecuado a las empaquetaduras



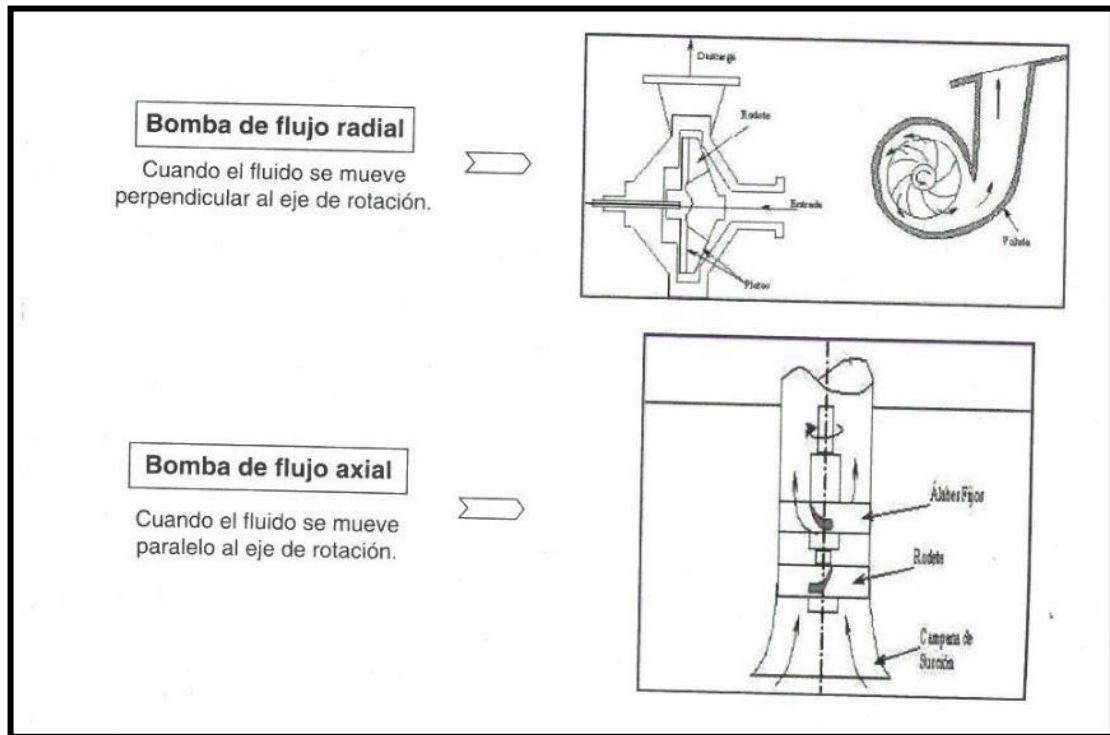
Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica

**Figura N° 31 Clasificación de Bombas Centrifugas**



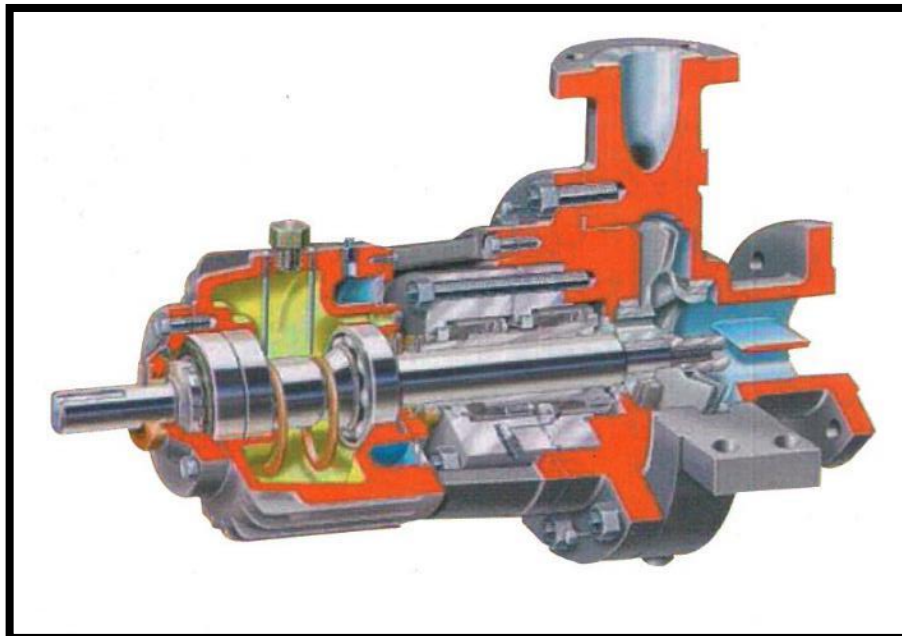
Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica

**Figura N° 32 Clasificación de Bombas Centrifugas**



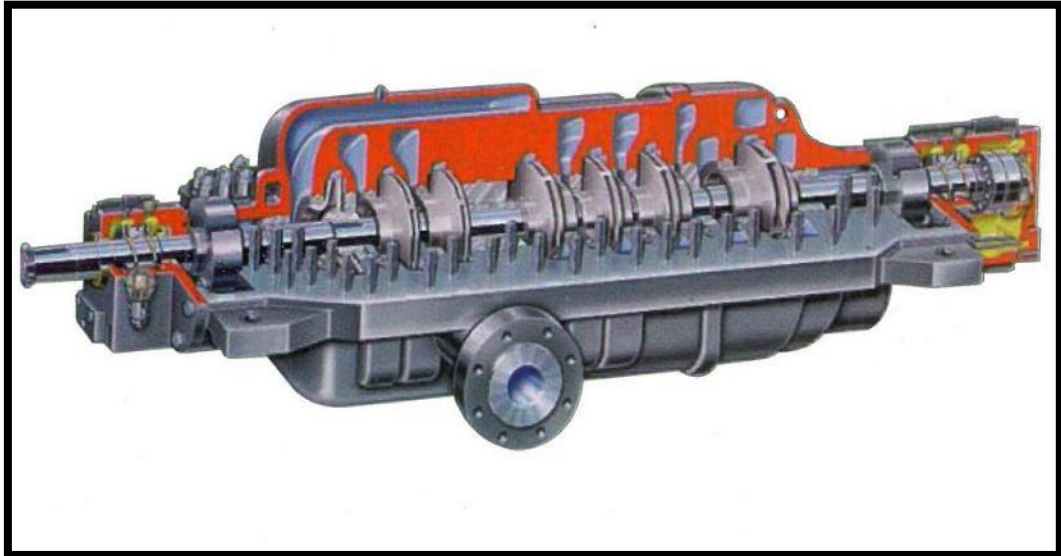
Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica

**Figura N° 33 Clasificación de Bombas Centrifugas**  
**Corte de una bomba centrífuga horizontal de una sola etapa**



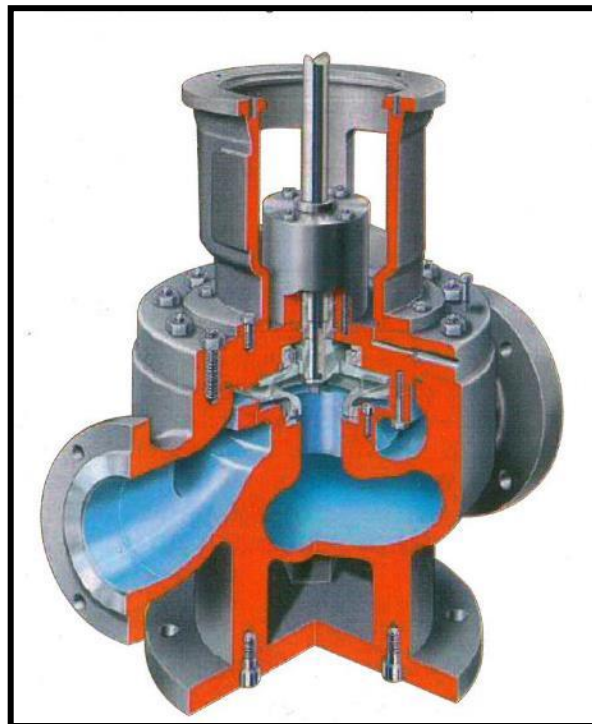
Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica

**Figura N° 34 Clasificación de Bombas Centrifugas  
Corte de una bomba centrífuga horizontal de múltiples etapas**



**Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica**

**Figura N° 35 Clasificación de Bombas Centrifugas  
Corte de una bomba centrífuga vertical de una sola etapa**



**Fuente: Manual de Operaciones de Equipo de Bombeo GeoHidráulica**  
**Tipos de bomba Hidráulica según su funcionamiento:**



Bombas Volumétricas o de desplazamiento positivo  
Bombas Roto dinámicas o Turbo-bombas

### **Bombas Volumétricas de Desplazamiento Positivo:**

La dinámica de la corriente no juega un papel importante en la transmisión de la energía. Su funcionamiento se basa en el principio de desplazamiento positivo, a este tipo de bombas pertenecen las bombas alternativas o reciprocantes y las bombas rotativas (roto estáticas).

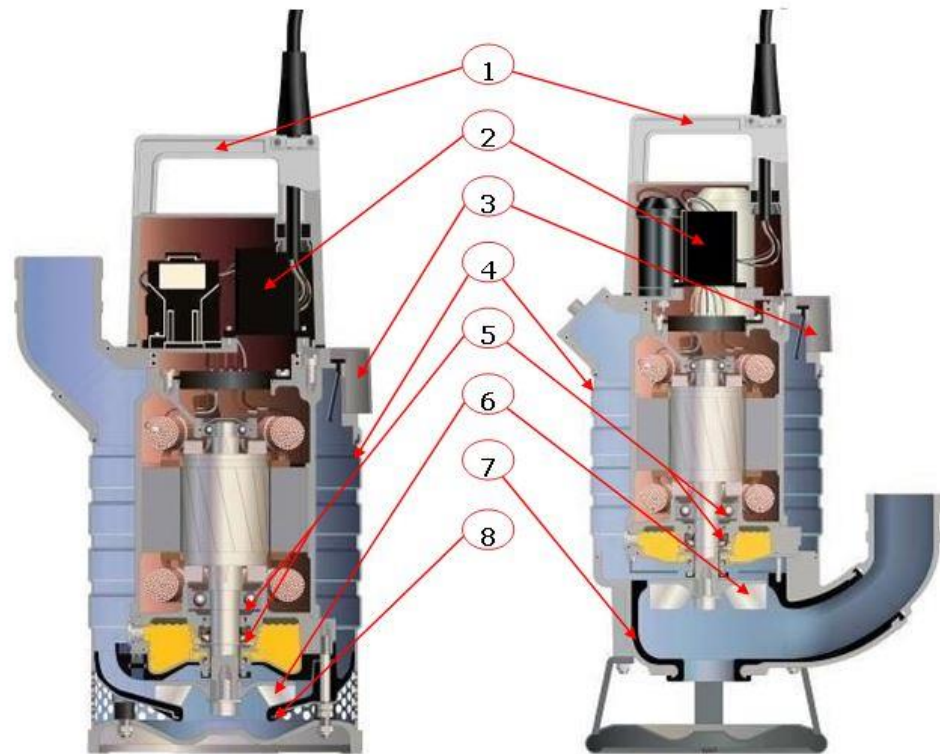
### **Bombas Roto dinámicas o centrífugas:**

Son siempre rotativas, su principio de funcionamiento es la ecuación de Euler, y su órgano transmisor de energía se llama rodete, rotor, impeler o impulsor. Se llaman fotodinámicas porque su movimiento es rotativo, y la dinámica de la corriente juega un papel esencial en la transmisión de la energía. Comúnmente se conocen con el nombre de bombas centrífugas.

las bombas son necesarias para el manejo de los líquidos en general, ayudando al desarrollo de la sociedad, hoy en día es muy común y necesario el empleo de estas máquinas para:

- Para mover líquido de un área de baja presión a una de alta presión.
- Para mover líquido desde una baja elevación hasta una alta elevación.
- Para mover líquido de una ubicación a otra distante.

Figura N° 36 :BOMBA DE ACHIQUE O DE DRENAJE

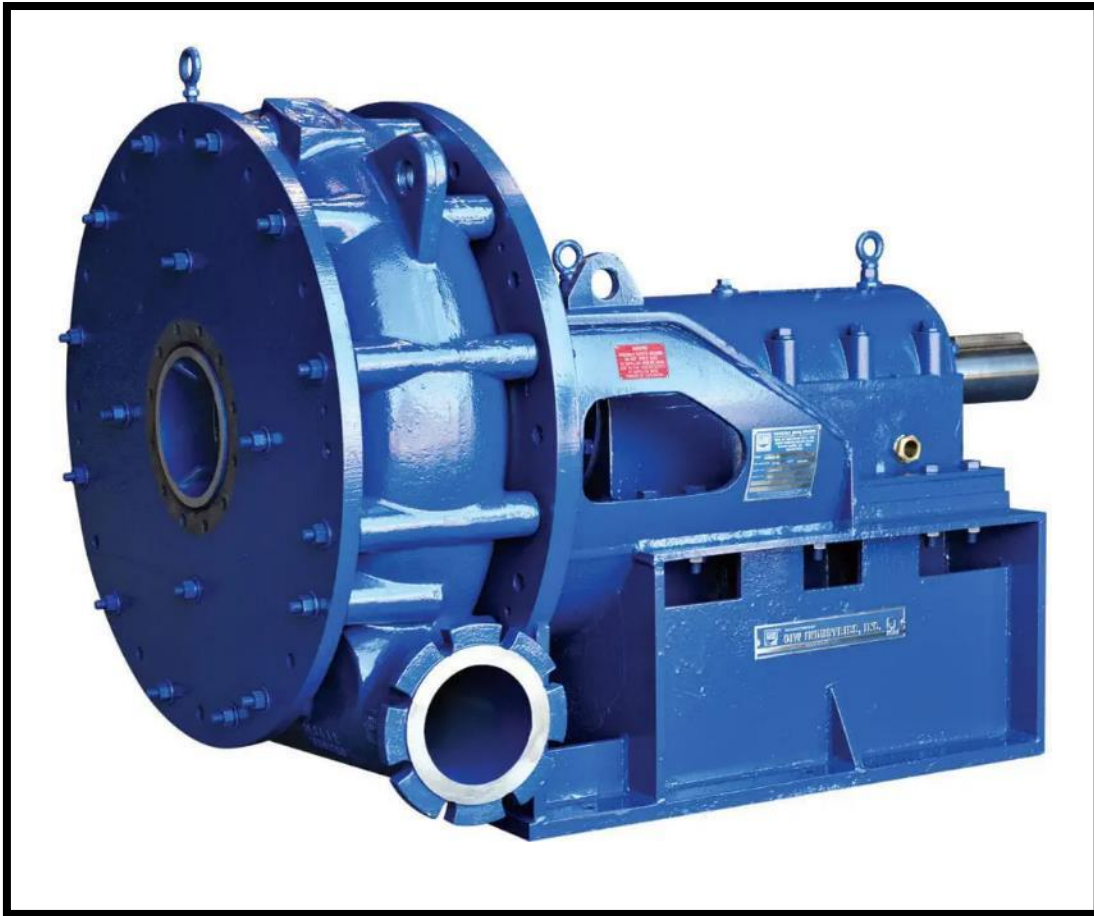


Bomba de drenaje

Bomba de lodo

- 1. Acero inoxidable
- 2. Protección de motor
- 3. Válvula de aireación
- 4. Carcaza exterior
- 5. Sellos mecánicos
- 6. Impulsor
- 7. Voluta
- 8. Difuso

**Figura N° 37 : Bomba estacionaria centrifuga GIW LSA**



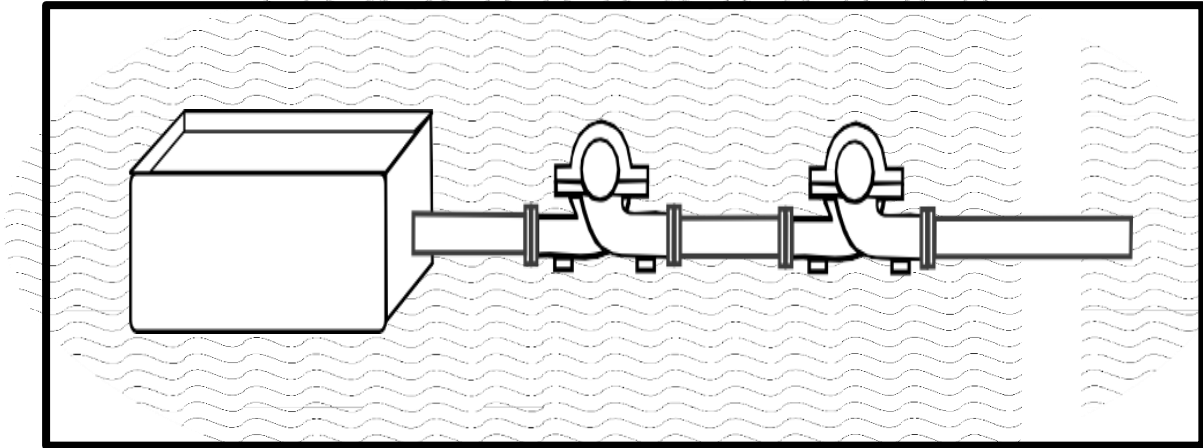
**Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas**

### **ASOCIACIÓN DE BOMBAS EN SERIE**

En algunas aplicaciones, como, por ejemplo, debido a condiciones topográficas o por cualquier otro motivo, un sistema podría exigir grandes alturas manométricas, las que, en algunos casos, pueden exceder los límites de operación de las bombas de una etapa.

En estos casos, una de las soluciones es la asociación de bombas en serie. Esquemáticamente, la asociación de bombas en serie se presenta de la siguiente forma:

**Figura N° 38 : Asociación de bombas en serie**



**Fuente: Manual KSB Bombas centrífugas**

Es fácil notar, que el líquido que pasará por la primera bomba, recibirá una cierta energía de presión, entrará en la segunda bomba, donde habrá un nuevo crecimiento de energía a fin que el mismo cumpla con las condiciones solicitadas.

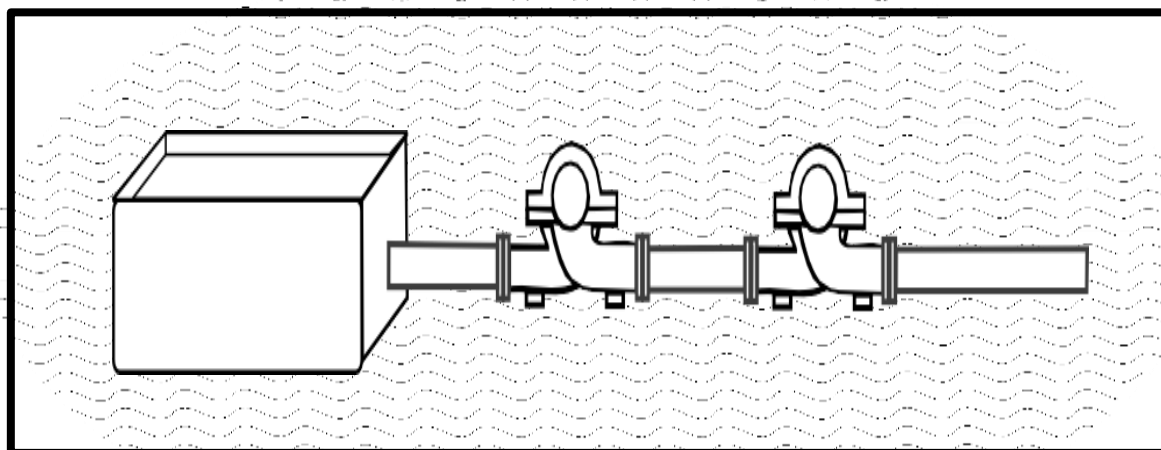
También queda claro que el caudal que sale de la primera bomba es el mismo que entra en la segunda, siendo por tanto el caudal, en una asociación de bombas en serie, constante.

Podemos concluir de esa forma, que cuando asociamos dos o más bombas en serie, para un mismo caudal, la presión total (altura manométrica) será la suma de las presiones (altura) suministradas por cada bomba

Para obtener la curva característica resultante de dos bombas en serie, iguales o diferentes, basta con sumar las alturas manométricas totales, correspondientes a los mismos valores de caudal, en cada bomba.

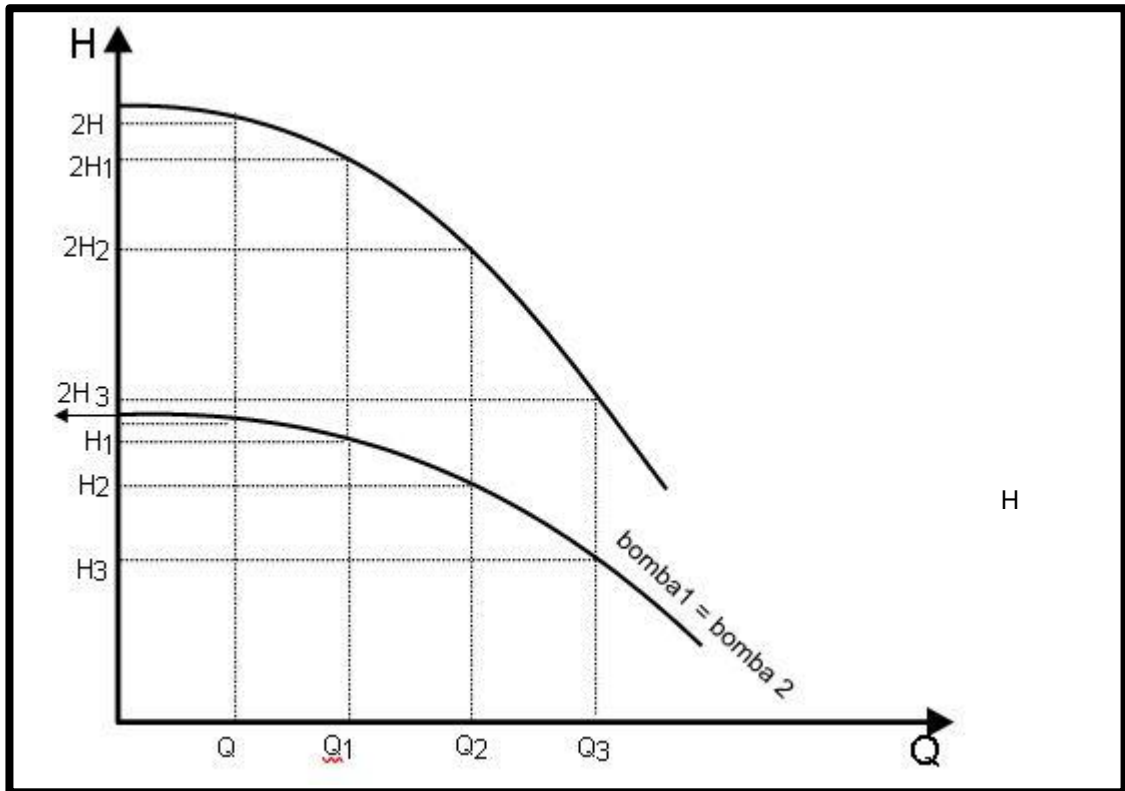
Por ejemplo, veamos la conexión de dos bombas iguales asociadas en serie:

**Figura N° 39 Bombas enseriadas de la misma capacidad de enseriadas**



**Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas**

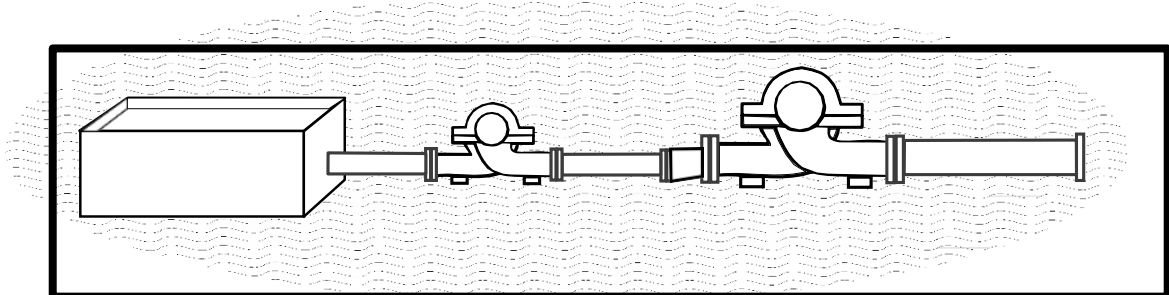
Figura N° 40 : Gráfica H-Q de dos bombas enseriadas



Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas

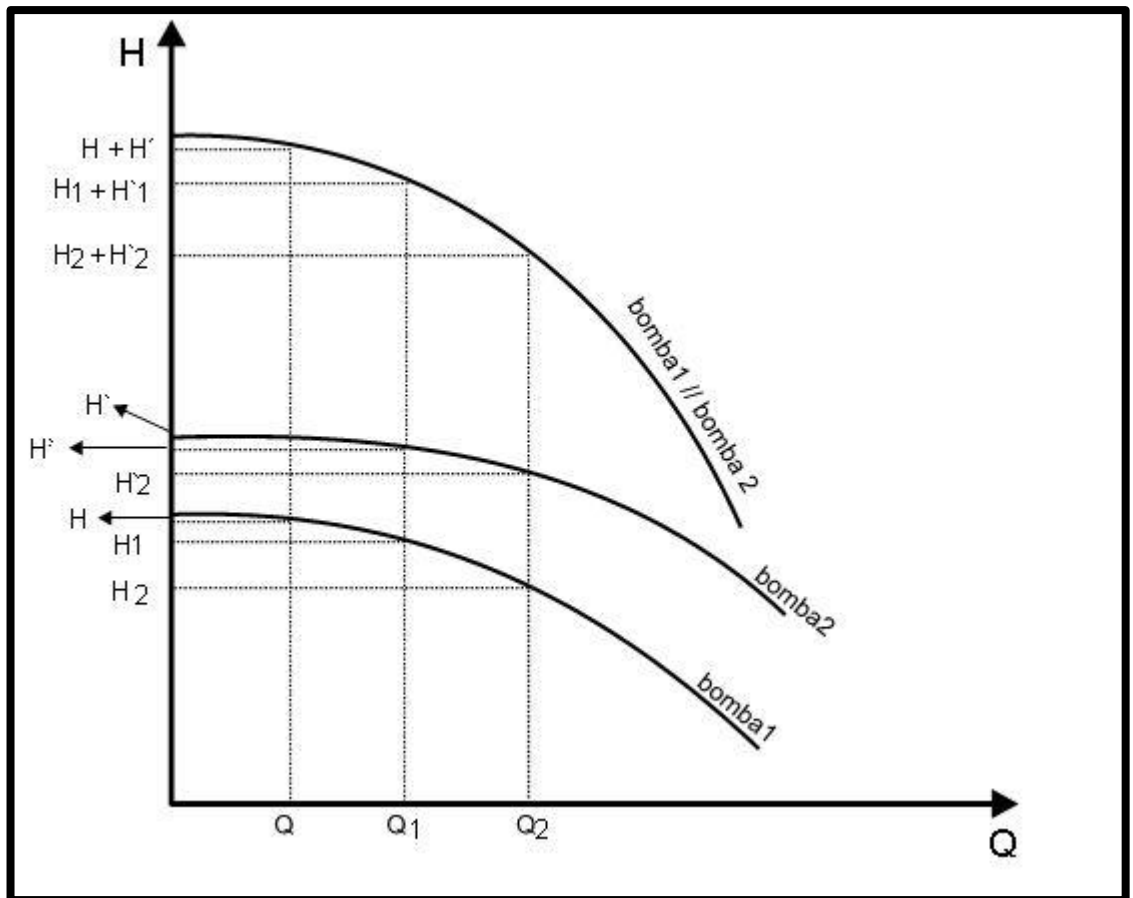
Analicemos ahora, dos bombas diferentes asociadas en serie:

Figura N° 41 Bombas en serie



Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas

**Figura N° 42 Curva característica de dos bombas en serie**



**Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas**

Entre los arreglos posibles para la instalación de bombas en serie, podemos tener:

- 1) motor con dos puntas de eje, montado entre las bombas. Para la mayoría de las bombas, esto no es posible de realizar, debido a que la inversión del sentido de rotación para una de las bombas, no es admisible.
- 2) motor normal accionando dos bombas, con una bomba intermedia con dos puntas de eje (la bomba intermedia debe tener eje pasante y ser capaz de transmitir el torque a las dos bombas).
- 3) dos motores accionando cada uno a su propia bomba.

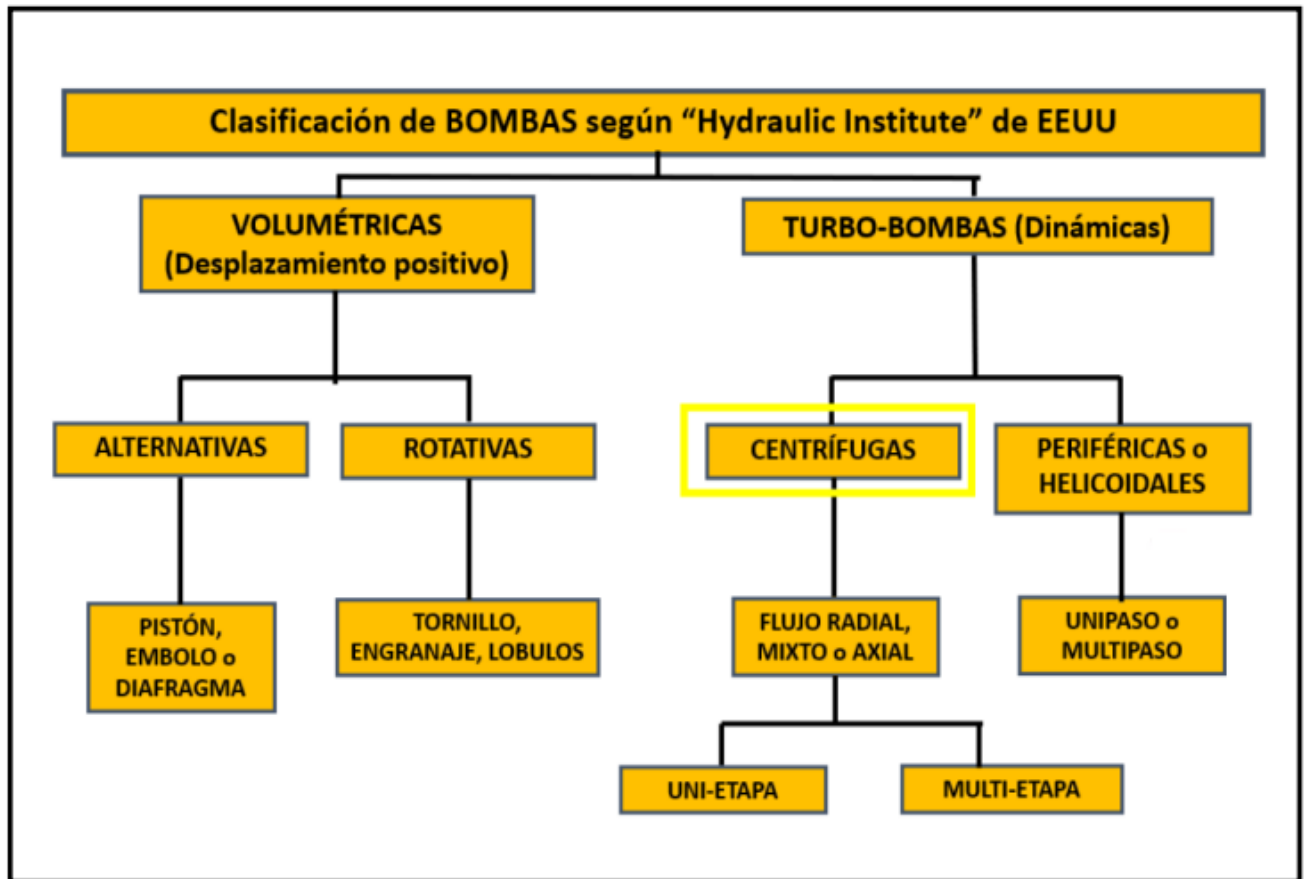
**Figura N° 43** Bomba estacionaria centrifuga GIW LSA



**Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas**



Figura N° 44 Clasificación de Bombas

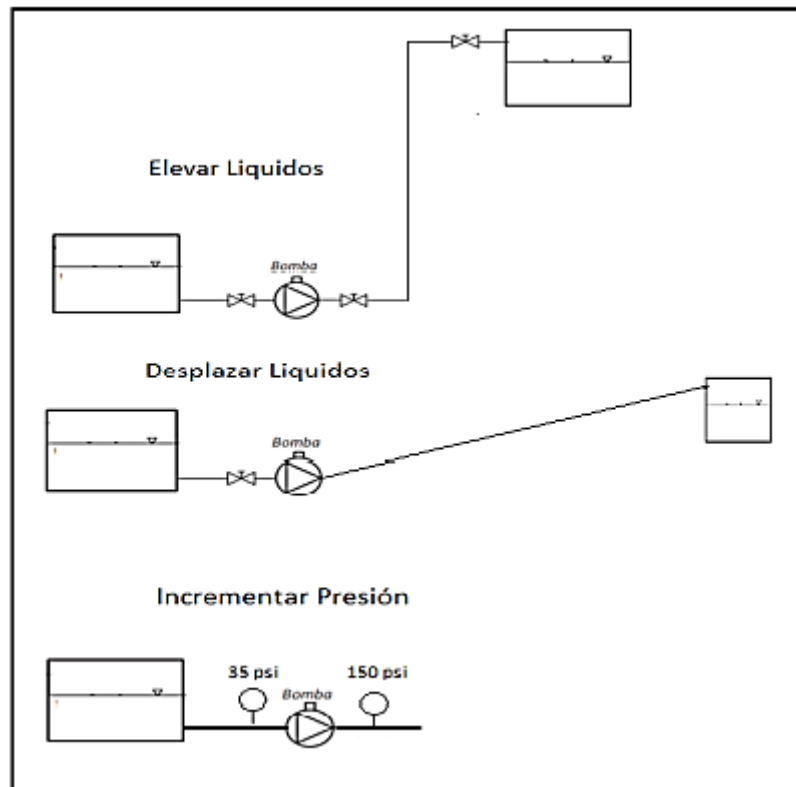


Fuente: Roberto L. Mott, Bombas centrífuga

Figura N° 45 Clasificación de las Bombas



Figura N° 46 Utilización de bombas



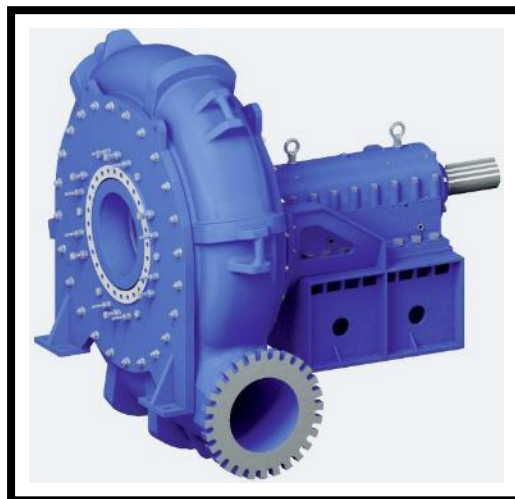
Fuente: Manual KSB Bombas centrifugas

Menores costos, eficiencias mejoradas

Elija los productos y servicios GIW® Minerals

- Asistencia para la instalación y puesta en marcha
- Asistencia técnica in sitio
- Lista de chequeo de requerimientos para todos los equipos
- Servicios de reparación dentro y fuera de su planta
- Inspecciones de equipos oportunas, reportes y reparaciones
- Mantenimiento predictivo y servicios de reparación
- Análisis del sistema y optimización de procesos

**Figura N° 47 GIW MDX**



Fuente: **Manual KSB**

## **GIW MDX**

### **Características de diseño**

Vida útil óptima con el diseño «Slurry Diverter»

- Diseño de velocidad específica más baja: Un impulsor de mayor diámetro contribuye a una operación más lenta de la bomba, lo que prolonga la vida útil de las piezas. Además, la velocidad específica más baja permite que la bomba cumpla con las condiciones de flujo variable que se dan en los circuitos de molienda modernos.

- Materiales de duración prolongada: Las secciones transversales más gruesas y los materiales avanzados contribuyen a una larga vida útil de la bomba.
- Carcasa de círculo base más profundo: Minimiza el impacto de partículas agresivas y apoya el desgaste por deslizamiento. El típico desgaste abrasivo se reduce de forma dramática.
- Paredes laterales del impulsor sobredimensionadas: Mejora el rendimiento del álabe de separación, minimizando la recirculación y el desgaste entre el impulsor y la lina de succión.
- Impulsor de 5 álabes de entrada patentado: Diseñado para manejar tanto las fases líquidas como sólidas del lodo. Esto maximiza el rendimiento de la bomba y la vida útil de la misma.
- Slurry Diverter: La tecnología del «Diverter» de GIW aumenta extraordinariamente la vida útil de la lina de succión al reducir la recirculación de partículas y la concentración de lodo o pulpa mineral entre el impulsor y la lina.
- Lina de succión ajustable: La vida útil prolongada de la lina de succión maximiza la productividad y minimiza los costos, haciendo coincidir los ciclos operativos con la detención del molino

Tenemos todo lo que necesita; las bombas de lodo o pulpa mineral GIW están diseñadas para mejorar sus aplicaciones individuales

**Figura N° 48 Bomba estacionaria GIW LSA**



**Fuente: Bombas enseriadas GeoHidráulica**

### **2.1.2 Aspectos Normativos**

Las bombas se fabrican tomando en cuenta la peligrosidad de algunos fluidos.

En 1955 el comité de estándares de bombas centrifugas para la industria química (B73). Empezó el desarrollo de estándares para las bombas centrifugas conociendo las necesidades de la industria química.

Aunque el comité no había hecho asignaciones, el trabajo de un grupo de operaciones desarrollo dichos estándares; los cuales fueron publicados por la asociación de fabricantes químicos en 1962 como American Voluntary Standard (AVS). Mas de una docena de fabricantes de bombas de procesos químicos estaban comercializando bombas ajustándose desde ese tiempo con la (AVS).

En 1965 el Instituto de Hidráulica publicó un estándar tentativo similar al contenido al de (AVS); pero en ciertas partes tendría que actualizarse. Aunque el Instituto de Hidráulica redactó sus estándares más cercanos a la práctica de los fabricantes y de los usuarios: Se creyó necesario publicar un nuevo documento en el cual se plasmara en ambos estándares él (AVS) y los tentativos del Hydraulic Institute el contenido técnico de ambos documentos. En donde se representan dimensiones y criterios generales aceptados por fabricantes y los usuarios.

En la revisión de enero de 1968 de la (AVS) se aprobó bajo las características de la "American National Standard", la existencia de métodos y estándares publicados como ANSI B123. 1-7971. El ANSI B73. 1, suplantó al ANSI B123.1 1-1971, siendo la primera publicación en 1974.

La revisión del ANSI B73.1-1974 fue aprobada por el comité de estándares B73.1 y finalmente por el Instituto Nacional Americano de estándares (ANSI); la cual fue reconocida en septiembre 7 de 1977.

El comité Americano Nacional de Estándares B73; emprenderá la revisión de los estándares y cuando resulte una nueva información se representará a consideración del comité.

Así en 1984, se incluyó para su revisión: información que cubre documentación de bombas y motores fuera de línea, dibujos de bombas centrifugas, hojas de sellos mecánicos, planos de líneas prensa-estopas y planos de tuberías de enfriamiento y calor.

Esta documentación fue predeterminada para su revisión al A.N.S.I. la cual fue concedida y aprobada el 23 de marzo de 1984. Así también en 1991 se incluye para su revisión lo siguiente: para tapas de cámara de sellado, cajas de prensa-estopas convencionales, revisión de dimensiones de la base placa sistemas de numeración con una nueva identificación, requerimientos de materiales dúctiles para cojines cuando la cubierta está sujeta por la parte trasera a la placa de la caja; los cuales en su mayoría fueron por el comité. Además, con el desarrollo del sistema métrico decimal, las revisiones a los estándares serán hechos con mayor continuidad por el comité de estándares B73.1.

Esta norma pretende que las bombas de procesos químicos de tamaño similar, de cualquier fabricante, sean intercambiables en cuanto dimensiones para montaje, tamaño y ubicación de las boquillas de succión y descarga, ejes de entrada y lomillería para placas de base y cimentación.

Casi todos los fabricantes en el mundo, las construyen de acuerdo con esos criterios dimensionales y de diseño.

Hay otros tipos de estándares o normatización de las bombas centrifugas como:

La International Organization for Standardization (ISO), en su norma ISO 2858 en Sistemas Métrico y "sí", abarca normas dimensionales para las bombas centrifugas horizontales con succión por el extremo e incluye también para bombas de capacidades un poco mayores que las mencionadas en la B73.1.

La British Standards Institution expidió la norma BS4082; para describir una serie de bombas centrifugas verticales, en líneas; aunque la intercambiabilidad fue la razón principal de la norma; también incluye el requisito de pruebas hidrostáticas en dos partes:

Parte 1: Bombas con boquillas de succión y descarga en una línea horizontal (tipo "T"). Parte 2: Bombas en donde las boquillas en el mismo lado de la bomba y paralelas entre sí (tipo "U")

### **IMPORTANCIA DE LA NORMATIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTAL**

Los propósitos y objetivos de llevar a cabo esta tarea de la normatización de las bombas de procesos químicos fue la de promover la uniformidad en diversos parámetros de la construcción y el diseño de las bombas. Los beneficios de esta normatización son el desarrollo de la manufactura ingenieril, así como el evitar problemas en el mantenimiento y la construcción de las partes de las bombas; además de promover el desarrollo y la publicación de los estándares de las bombas; además de fomentar el espíritu de cooperación entre sus miembros para mejorar el uso, crecimiento y distribución de las bombas.

Con la normatividad se define el o los procedimientos con referencia a:

La nomenclatura, composición, construcción, dimensiones, tolerancias características de operación, perfeccionamiento, clasificaciones, pruebas y servicios en las bombas centrifugas de procesos químicos. Además de regular y proporcionar la información de ingeniería de diseño para las bombas centrifugas de proceso químico.

#### **Diseños alternativos, nomenclatura y definiciones:**

Los diseños alternos serán considerados, es decir deberán de cubrir lo adecuado en tanto a rendimiento y construcción y que sean equivalentes con las especificaciones que marcan estos estándares.

Las nomenclaturas y definiciones de los componentes de las bombas centrífugas de proceso estarán acorde con la sección de bombas centrífugas del instituto hidráulico y son:

A) Definiciones del Hidraulic Institute

B) Dimensiones de bomba centrífuga según el Hidraulic Institute  
Consideraciones fundamentales de presión y temperatura en diseño y construcción:

Las limitaciones de presión y temperatura estarán proporcionadas por los fabricantes de bombas, siendo algunas de ellas:

Presión de diseño de la carcasa: Incluye la caja del estopero y el casquillo, donde se muestra el rango de menor a mayor del diagrama de presión - temperatura.

De ASME/ANSI B16.1 clase 125 o el ASME/ANSI B16.1 clase 150 para las bridas.

El material usado ya sea acero al carbón o acero dúctil. La carcasa y la chaqueta estarán diseñados, para una presión hidrostática de 1.5 veces la presión máxima de diseño para el material usado en su construcción.

Límites de temperatura de diseño:

Las bombas tendrán una temperatura aprovechable hasta 260°C (500°F). Siendo los límites el hierro fundido a 150 °C (300 °F) como máximo. El enchaquetado tendrá su propia temperatura de operación.



## **NORMA ANSI/ASME**

El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés: American National Standards Institute) es una organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. ANSI es miembro de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC). La organización también coordina estándares del país estadounidense con estándares internacionales, de tal modo que los productos de dicho país puedan usarse en todo el mundo.

**HISTORIA:** En 1918, cinco sociedades dedicadas al mundo de la ingeniería y tres agencias gubernamentales fundaron el Comité Estadounidense de Estándares para la Ingeniería (en inglés AESC: American Engineering Standards Committee). Este comité se convirtió más tarde en el año 1928 en la Asociación de Estándares Estadounidense (en inglés ASA: American Standards Association). En 1966, ASA sufrió una reorganización para convertirse en el Instituto de Estándares de los 154 Estados Unidos de América (en inglés USASI: the United States of America Standards Institute). El nombre ANSI (American National Standards Institute) tal cual lo conocemos actualmente fue adoptado en 1969.

En la actualidad **ANSI/ASME** ha sufrido variaciones dentro de sus diferentes disposiciones en relación a la mejora continua para la estandarización, como ejemplo podemos citar la evolución de las normas ANSI para las bridas cuya evolución fue muy similar a la especificada para bombas.

**LA NORMA PARA BRIDAS** frecuentemente usada en nuestro medio proviene de USA. Actualmente es conocida como **ASME B16.5-1996** (unas 170 páginas aprox.) y se refiere a bridas para cañerías y bridas integrados a fittings, válvulas, bombas etc.

Esta norma ha sufrido una evolución en el tiempo desde su nombre inicial ASA B16 en 1932, pasando por ANSI B16.5 en 1973 hasta ANSI B16.5 en 1981, luego por ASME/ANSI B16.5 en 1988 y finalmente ASME B16.5 en 1996. Es por eso que algunos usuarios hablan de bridas ASA, bridas ANSI y bridas ASME para referirse a la misma norma de dimensiones y tolerancias.

La norma ASME B16.5 en 1996, también habla de los materiales que se deben de usar para la fabricación de bridas, pero solo referente a las normas de fabricación, la ASTM se encarga de los materiales para cada caso. Los materiales los divide en 34 grupos: 1.1 a 1.14, 2.1 a 2.8, 3.1 a 3.16, existiendo en la norma, para cada grupo, una tabla temperatura-presión diferente que describe la máxima presión de trabajo recomendada para cada temperatura.

## **NORMA ESTABLECIDA PARA BOMBAS ES LA ASME/ANSI B73.1**

### **La Bomba ANSI - Según especificaciones ASME B73.1**

Las bombas fabricadas bajo esta norma tienen la enorme ventaja de ser intercambiable, en bombas de igual tamaño, independientemente de la marca o el fabricante.

Esta norma es desarrollada básicamente para las bombas centrífugas horizontales de caja partida vertical de flujo radial (bombas radiales) y normaliza las dimensiones y disposiciones de este tipo de equipos para su inter confiabilidad y estandarización para el montaje.

Es una norma limitada a diferencia de la API no se puede hablar de norma ANSI para otros tipos de bombas (bombas verticales, de caja partida horizontal, etc.) que existen en el medio.

### **Norma API**

El Instituto Americano del Petróleo (API) es la única asociación comercial nacional que representa todos los aspectos de petróleo de Estados Unidos y

la industria del gas natural. Cuenta con más de 400 miembros corporativos, de la empresa más grande de petróleo a los más pequeños de los independientes, proceden de todos los segmentos de la industria. Son los productores, refinadores, proveedores, operadores de oleoductos y los transportistas marítimos, así como de servicios y empresas de suministro que ayuda a todos los segmentos de la industria.

API mantiene más de 500 normas y prácticas recomendadas. Muchos se han incorporado a reglamentos estatales y federales, y cada vez más, también están siendo adoptadas por la Organización Internacional de Normalización, Una federación mundial de grupos de más de 100 normas.

**Bomba API - Según API 610** La norma API fue originalmente desarrollada para cubrir requerimientos de bombas centrífugas en servicios generales de refinería de petróleo, la norma API 610 es una de las más exigentes en cuanto a los aspectos de diseño mecánico e hidráulico como de eficiencia de una bomba, no obstante, es ampliamente utilizada en otros sectores de la industria petrolera.

Básicamente la norma establece parámetros de materiales, dimensiones y pruebas de fabricación que puedan cumplir con las exigencias de operación en condiciones extremas de trabajo para garantizar su operatividad dentro de la industria del gas y petróleo.

**La norma API** es una de las normas más completas que existe en la actualidad ofreciendo una amplia información de disposiciones en el montaje, configuración, construcción y fabricación de los sistemas de bombeo para la industria más exigente del petróleo.

### **Hydraulic Institute – Instituto Hidráulico**

Es la mayor asociación de productores de la bomba en Norte América y contribuye en establecer normas para las empresas miembros y usuarios de bombas en todo el mundo.

Es la entidad encargada de dar los principios y los parámetros de cumplimiento hidráulico de diseño y fabricación de bombas basada en la experiencia y recomendaciones de los principales fabricantes de bombas miembros de esta institución.

HYDRAULIC INSTITUTE da condiciones de cumplimiento para los materiales, pruebas, inspecciones y montaje para los sistemas hidráulicos que pueden ser construidos en función de la experiencia de sus miembros, para los diferentes procesos existentes y en las condiciones de operación que constantemente viene presentándose.

### **Bombas UL/ FM - Según especificaciones de NFPA**

Especifica la certificación de las bombas en ambientes explosivos y contra incendios.

**Tabla N° 3 Diferencia de la NORMA API y ANSI/ASME para las bombas.**

<b>API 610</b>	<b>ANSI/ASME B73.1</b>
La API 610 especifica dimensiones, pruebas, materiales y disposiciones para el diseño y fabricación de una bomba para trabajos severos.	La bomba ANSI especifica el dimensionamiento para poder ser intercambiable en bombas de igual tamaño, independientemente de la marca o el fabricante, no especifica material.
Por diseños son más robustos en su construcción.	Por diseño son más ligeros en su construcción.
Costó mucho mayor a diferencia de otras bombas estándares.	Son más económicas en comparación a las API.
Es una norma específicamente desarrollada para la industria del petróleo y gas.	Es una norma para equipos o turbo máquinas para la industria en general.
Especifica diferentes tipos de bombas, dando una configuración específica (código) y la forma de instalación.	Las especificaciones son para bombas centrífugas horizontales radiales únicamente.
<p style="text-align: center;">Los planes de lubricación en sellos son:</p> <p style="text-align: center;">PLAN API 11  PLAN API 12  PLAN API 21  PLAN API 22  PLAN API 31  PLAN API 41  PLAN API 13  PLAN API 23  PLAN API 32  PLAN API 62  PLAN API 52  PLAN API 53  PLAN API 54</p>	<p style="text-align: center;">Los planes de lubricación en sellos son:</p> <p style="text-align: center;">ANSI PLAN 7311  ANSI PLAN 7312  ANSI PLAN 7321  ANSI PLAN 7322  ANSI PLAN 7331  ANSI PLAN 7341  ANSI PLAN 7313  ANSI PLAN 7323  ANSI PLAN 7332  ANSI PLAN 7362  ANSI PLAN 7352  ANSI PLAN 7353  ANSI PLAN 7354</p>
<p style="text-align: center;"><b>Codificación API 610</b></p> <p style="text-align: center;">Impulsor en su extreme Horizontal:  OH1 / OH2</p> <p style="text-align: center;">Impulsor en su extreme en Línea:  OH3 / OH4 / OH5</p> <p style="text-align: center;">Impulsor entre rodamientos:  BBI / BB2 / BB3 / BB4 / BB5</p> <p style="text-align: center;">Vertical suspendido:  VS1 / VS2 / VS3 / VS4 / VS5 / VS6 / VS7</p>	<p style="text-align: center;"><b>ANSI/ASME: no presenta codificación</b></p>

Fuente: Handbook Flowserve

## **República Federal Alemana**

### Estándares de Dimensiones para Bombas

VDMA: (Asociación de Ingenieros Alemanes) Comité de Bombas

**VDMA 24253:** Bombas Centrífugas de carcasa anular (bombas anulares); flujo simple, una etapa, con succión axial; rango operación, dimensiones principales.

### **DIN: (Instituto de Estándares Alemanes) Comité de Ingenieros Mecánicos, Bomba**

- DIN 24253: Bomba de Drenaje con presiones hasta 1000m.
- DIN 24252: Bombas centrífugas con platos de desgaste PN 10, rango de operación, dimensiones principales.
- DIN 24254: Bomba de canal lateral PN 40; designación, nominal del rango de operación, principales dimensiones.
- DIN 24255: Bombas Centrífugas de succión axial, PN 10, con soporte de rodamiento, designación, nominal del rango de operación, principales dimensiones (actualmente DIN EN 733).
- DIN 24256: Bomba centrífuga de succión axial, PN 16, con soporte de rodamiento, designación, nominal del rango de operación principales dimensiones, es una norma europea muy similar a la ANSI, es una norma milimétrica.
- DIN 24259, T.2: Selección de bases para bombas centrífugas según DIN 24256, dimensiones, clasificaciones.
- DIN 24299, T.1: Especificaciones generales de las placas de identificación de bombas.
- DIN 24960: Cámaras de los sellos mecánicos; principales dimensiones, designaciones y códigos de los materiales.
- DIN 1944 Ensayos para aprobación de bombas centrífugas.
- DIN 24250: Nomenclatura y número de componentes de las partes de bombas centrífugas.
- DIN 24260: Bombas centrífugas e instalaciones de bombas centrífugas, términos, símbolos, unidades.

- DIN 24293: Bombas centrífugas, documentación técnica, términos, ejecución del suministro.
- DIN 24295: Bombas y set de bombas para líquidos, requerimientos de seguridad.
- DIN ISO 5199 Bombas centrífugas; requerimientos técnicos Clase II.
- DIN 24420 Lista de repuestos.

### **Guías Principales y Especificaciones**

- VDMA 24261 T.1 24253: Bombas centrífugas terminología según el modo de operación y las condiciones del diseño.
- VDMA 24273: Instrucciones para procurar. Hojas de datos para el material y los ensayos de aceptación de la fabricación.
- VDMA 24275: dimensiones de las conexiones para bombas centrífugas desviaciones admisibles y tolerancia.
- VDMA 24296: Bombas centrífugas; procura, ensayos, suministro y entrega, especificaciones.
- VDMA 24297: Bombas centrífugas; requerimientos técnicos, especificaciones.

### **Internacional**

#### **Estándares de Dimensiones para Bombas**

##### **NORMA ISO: (Organismo Internacional de Estandarización)**

- ISO 2858 Bombas centrífugas de succión axial, presión 16 bar - Designación, punto nominal de operación y dimensiones.
- ISO 5199 Norma de cumplimiento de Calidad y de las buenas prácticas de manufactura en la fabricación de equipos hidráulicos.
- ISO 3661: Bombas centrifuga de aspiración axial. Medidas de las bancadas para su instalación.
- ISO 3069: Bombas centrifugas de aspiración axial. Medidas de alojamiento para cierres mecánicos y de empaquetaduras.
- ISO 7005-1: Bridas metálicas. Parte I: Bridas de acero.

- ISO 7005-2: Bridas metálicas. Parte 2: Bridas de función.
- ISO 7005-3: Bridas metálicas. Parte 3: Bridas de aleación de cobre y bridas de compuestos.
- ISO 76: Rodamientos, capacidad de carga estática.
- ISO 281-1: Rodamientos, capacidad de carga dinámica y vida útil. Parte 1: Método de cálculo,
- ISO 2548: Bombas centrífugas de flujo mixto y axial; Código de aceptación de ensayos - Clase II (former clase C).
- ISO 3555: Bombas centrífugas de flujo mixto y axial; Código de aceptación de ensayos - Clase I (former clase B).
- ISO 5198: Bombas centrífugas de flujo mixto y axial; Código de ensayos de funcionamiento hidráulico - Clase de precisión
- ISO 2858: Bombas centrifugas de aspiración axial (presión nominal 16 bar). Designación, punto de funcionamiento nominal de operaciones y dimensiones.
- ISO 9906: Bombas roto dinámicas. Ensayo de rendimiento hidráulico de aceptación. Clase 1 y 2. NORMA ANSI / ASME: (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares) / (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)
- ANSI / ASME B73.1: Bombas centrífugas de una sola etapa, horizontales, de succión final con un impulsor en voladizo y extracción trasera, establecen dimensiones clave para su intercambiabilidad entre fabricantes y marcas.
- ANSI / ASME B31.1: Tubería de alimentación
- ANSI / ASME B31.3 Tuberías para plantas químicas y refinerías de petróleo 161
- ANSI B16.5: Bridas y accesorios de tubería de acero
- ANSI B16.11: Accesorios de acero forjado roscados y soldados
- ANSI B16.20 Juntas y ranuras de junta anular para bridas de tubería de acero
- ANSI B16.34: Válvulas de acero (extremos con bridas y para soldar a tope)



- ASME B36.10M: Tubería de acero forjada soldada y sin costura NORMA API (Instituto Americano del Petróleo):
- API 1104: para tuberías de soldadura e instalaciones relacionadas • API RP 5C6: Conexiones de soldadura a tubería
- API 5L: Tubería
- API 6D: Válvulas de tubería
- API 526: Válvulas de alivio de seguridad de acero con bridas
- API 527: Ajuste del asiento de las válvulas de alivio de presión
- API 600: Válvulas de compuerta de acero, extremos con bridas y soldaduras a tope
- API 602: Válvulas de compuerta de acero al carbono compactas
- API 610: Bombas centrifugas para hidrocarburos, industria de gas natural y petroquímica. NORMA ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
- ASTM A 53: Tubería, acero, negro y sumergido en caliente, recubierto de zinc soldado y sin costura
- ASTM A 105 Forja, acero al carbono, para componentes de tuberías
- ASTM A 106: Tubería de acero al carbono sin costura para servicios de alta temperatura.
- ASTM A 234: Accesorios de tubería de acero al carbono forjado y acero aleado para temperatura moderada y elevada
- ASTM A 333: Tubería de acero soldada y sin costura para servicio a baja temperatura 162
- ASTM A 350 Forja, acero al carbono y de baja aleación que requiere pruebas de tenacidad de muesca para componentes de tuberías.

### 2.1.3 Simbología técnica

- Válvulas de accionamiento manual NORMA ISO 5.1

Concepto	Representación	Concepto	Representación
Válvula de compuerta		Válvula Pinch	
Válvula de globo		Válvula de mariposa	
Válvula macho		Válvula de aguja	
Válvula de tres vías		Válvula de bola	
Válvula macho tres vías		Válvula de diafragma	
Válvula de cuatro vías		Válvula macho cuatro vías	

- Válvulas de accionamiento automático y auto accionados NORMA ISO 5.1











Concepto	Representación	Concepto	Representación
Válvula automática (falla de aire cierra)		Válvula auto-regulada	
Válvula automática (falla de aire abre)		Válvula de seguridad o relevo	
Válvula de ángulo		Válvula de purga (cierre rápido)	
Válvula automática con posicionado neumático		Válvula rompedora de vacío	
Válvula de Pie		Válvula retención	
Válvula de control de presión corriente arriba		Válvula de control de presión corriente abajo	
Válvula de presión-vacío para tanques atmosféricos		Válvula de acción rápida	
Válvula con flotador		Válvula tipo "Y"	

- **Símbolos de tuberías, conexiones y accesorios NORMA ISO 5.1**

Conexión brida ciega		Conexión bridada	
Conexión carrete removable		Brida de orificio (B.O.) Placa de orificio (P.O.) Orificio de restricción (O.R.)	
Dren o purga		Tee especial	
Drenaje abierto: Pluvial P Aceitoso A Químico Q Sanitario S		Drenaje cerrado: Aceitoso A Químico Q	
Junta ciega deslizable tipo ocho		Junta ciega deslizable	
Junta de expansión		Junta aislante	
Junta giratoria		Junta de micarta	
Reducción excéntrica		Reducción concéntrica	
Manguera flexible		Mezclador estático	
Disco de ruptura para vacío		Amortiguador de golpe de ariete	
Manómetro		Manómetro diferencial	
Medidor de caudal		Indicador de presión	

- Símbolos de bomba centrífugas NORMA ISO 5.1

Concepto	Representación	
	Diagrama de flujo	Diagrama mecánico de flujo
Bomba centrífuga, pasos múltiples, motor de combustión interna, reductor de engranes		
Bomba centrífuga horizontal con motor eléctrico		
Bomba centrífuga horizontal con turbina		
Bomba centrífuga vertical con turbina		
Bomba de pozo centrífuga vertical con motor eléctrico		
Bomba de pozo centrífuga vertical con turbina		
Bomba para drenaje sumergida servicio no corrosivo con motor eléctrico		

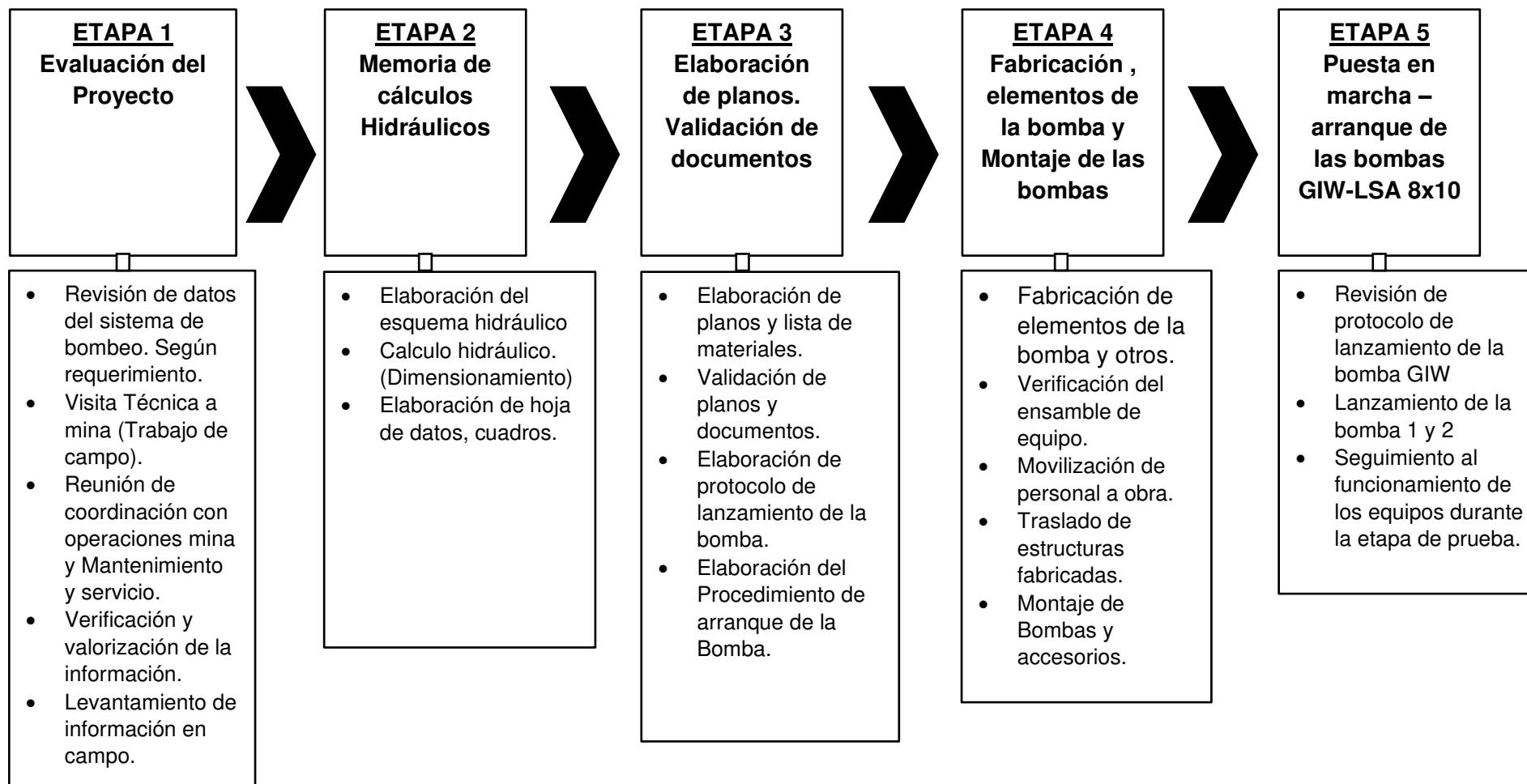
Concepto	Representación	Concepto	Representación
Tubería auxiliar		Tubería con aislamiento	
Tubería principal		Tubería con venas de calentamiento	
Tubería enterrada		Tubería enchaquetada	
Conexión cachucha roscada		Conexión tapón macho roscado	
Conexión cachucha soldable		Conexión para manguera	

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

El presente trabajo mejoramiento del sistema de bombeo en la unidad minera Tilico se desarrolló en sus instalaciones de dicha unidad minera ubicados en interior mina, específicamente en la cámara de bombeo 395 “ C-395 “ Nivel 8 “ Nv-8 “ en base al requerimiento del cliente para ello se realizó el montaje de 3 bombas centrifugas estacionarias horizontal en las cámaras de bombeo 395, Nivel 8, las cuales fueron ejecutados en 5 etapas que se describen a continuación.

## 2.2.1 Etapas de las actividades

Figura N° 49 Etapas de las Actividades



### **Etapas 1: Evaluación del Proyecto**

- Revisión de datos del sistema de bombeo. Según requerimiento.
- Visita Técnica a mina (Trabajo de campo).
- Reunión de coordinación con operaciones mina y Mantenimiento y servicio.
- Verificación y valorización de la información.
- Levantamiento de información en campo.

### **Etapas 2: Memoria de cálculos Hidráulicos**

- Elaboración del esquema hidráulico
- Calculo hidráulico.  
(Dimensionamiento)
- Elaboración de hoja de datos, cuadros.

### **Etapas 3: Elaboración de planos.**

#### **Validación de documentos**

- Elaboración de planos y lista de materiales.
- Validación de planos y documentos.
- Elaboración de protocolo de lanzamiento de la bomba.
- Elaboración del Procedimiento de arranque de la Bomba.

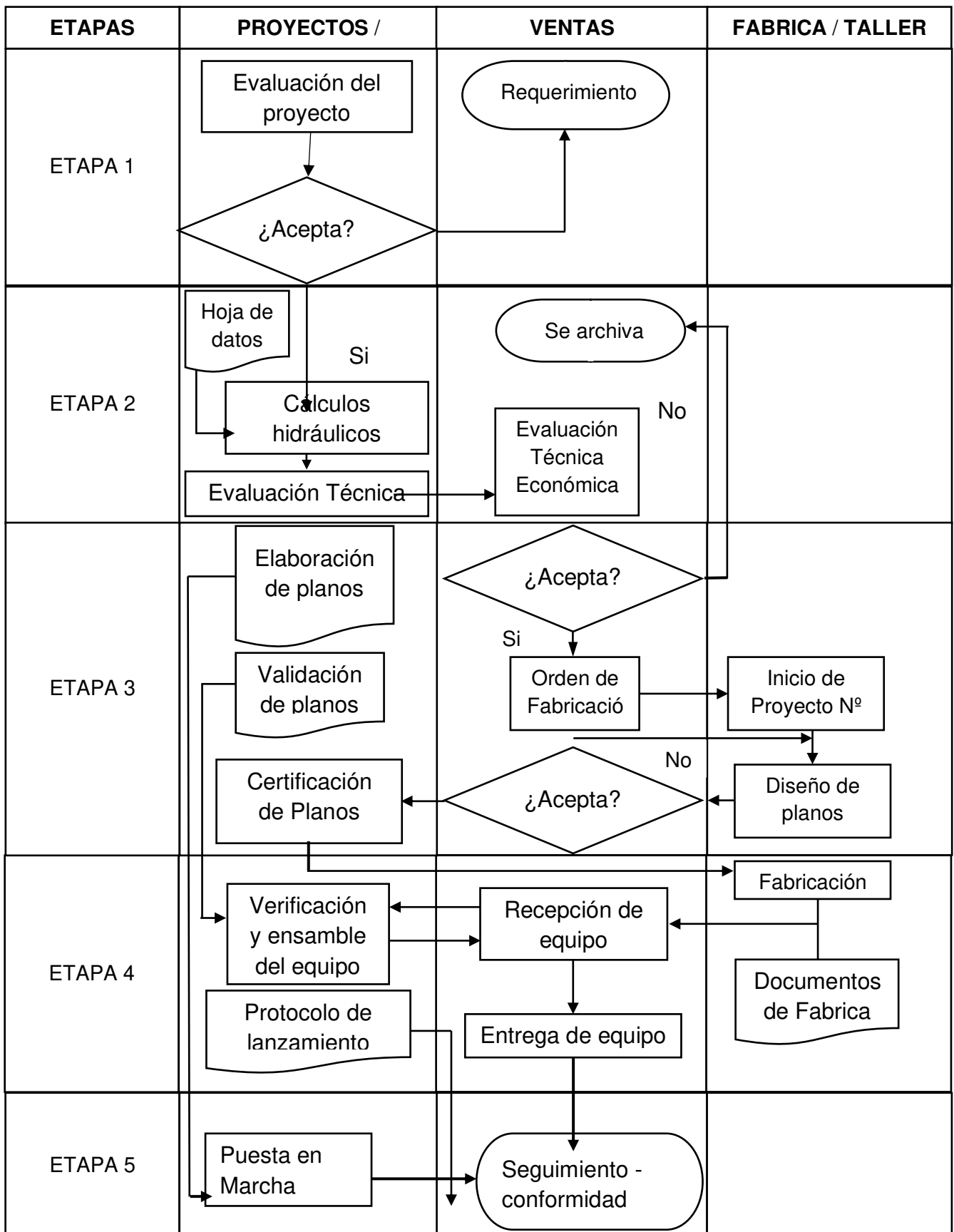
### **Etapas 4: Fabricación de elementos y montaje de las bombas.**

- Fabricación de elementos de la bomba y otros.
- Verificación del ensamble de equipo.
- Movilización de personal a obra.
- Traslado de estructuras fabricadas.
- Montaje de Bombas y accesorios

### **Etapas 5: Puesta en marcha – arranque de las bombas GIW-LSA 8x10**

- Revisión de protocolo de lanzamiento de la bomba GIW
- Lanzamiento de la bomba 1 y 2
- Seguimiento al funcionamiento de los equipos durante la etapa de prueba.

### 2.2.2 Diagrama de flujo





### 2.2.3 Cronograma de actividades

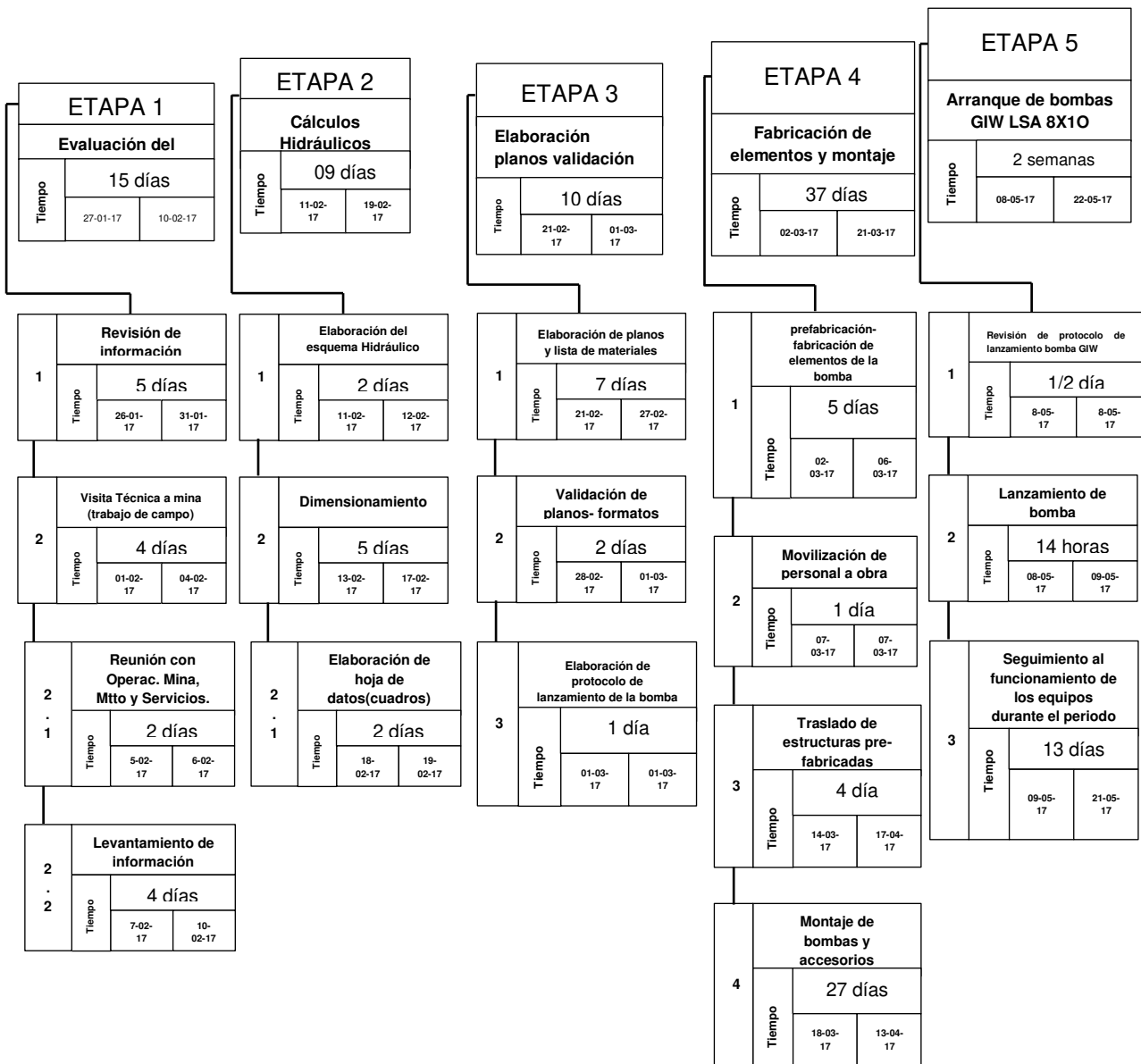
TAREA \ SEMANA	2017																
	ENERO	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO			
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Etapa 1: Evaluación del proyecto</b>	[Barra verde que cubre los días 4, 5, 6, 7]																
Revisión de información según requerimiento	[Barra verde que cubre el día 4]																
Visita técnica a mina (Trabajo en campo)	[Barra verde que cubre los días 5 y 6]																
Reunión de coordinación con op.mina, mantenimiento y servicios	[Barra verde que cubre el día 6]																
Levantamiento de información en campo	[Barra verde que cubre los días 6 y 7]																
<b>Etapa 2: Calculo hidraulico</b>	[Barra verde que cubre los días 7, 8, 9]																
Elaboración del esquema hidraulico	[Barra verde que cubre los días 7 y 8]																
Dimensionamiento	[Barra verde que cubre el día 8]																
Elaboración de la hoja de datos (cuadros)	[Barra verde que cubre los días 8 y 9]																
<b>Etapa 3: Elaboración de planos, validación de documentos</b>	[Barra verde que cubre los días 9, 10, 11]																
Elaboración de planos y lista de materiales	[Barra verde que cubre los días 9 y 10]																
validación de planos, documentos y formatos	[Barra verde que cubre el día 10]																
Elaboración de protocolo de lanzamiento de la bomba	[Barra verde que cubre el día 11]																
<b>Etapa 4: Fabricación de elementos y montaje de la bomba</b>	[Barra verde que cubre los días 12, 13, 14, 15, 16, 17]																
Prefabricación, fabricación de elementos de la bomba	[Barra verde que cubre los días 12 y 13]																
Movilización de personal a obra.	[Barra verde que cubre el día 13]																
Traslados de estructuras prefabricadas	[Barra verde que cubre los días 14 y 15]																
Montaje de bombas y accesorios	[Barra verde que cubre los días 15, 16, 17]																
<b>Etapa 5: Puesta en marcha - arranque</b>	[Barra verde que cubre los días 18, 19, 20]																
Revisión de protocolo de lanzamiento de bomba	[Barra verde que cubre el día 18]																
Lanzamiento de bomba (#1 y #2)	[Barra verde que cubre el día 19]																
Seguimiento al funcionamiento de los equipos durante la etapa de prueba	[Barra verde que cubre los días 19 y 20]																

### III APORTES REALIZADOS

El presente informe consiste en detallar como una de las alternativas de solución al rebose de agua en una poza de bombeo, disminución de bombas en dicha poza y evacuar más agua al nivel 5 y por ende a superficie.

#### 3.1 Planificación, ejecución y control de etapas

##### 3.1.1 Diagrama de planificación del proyecto:



### **3.1.2. Ejecución**

Este proyecto se ejecutó de la siguiente manera.

Primero iniciamos de la información recibida, dada por el área de proyectos operaciones mina y mantenimiento.

Teniendo los datos necesarios y el requerimiento de urgencia por la necesidad del cliente, se procede a desarrollar el siguiente proyecto en 5 etapas.

Etapa 1: Evaluación del proyecto.

Etapa 2: Cálculos hidráulicos.

Etapa 3: Elaboración de planos y validación de documentos.

Etapa 4: Fabricación de elementos bomba y montaje de la bomba.

Etapa 5: Puesta en marcha – arranque.

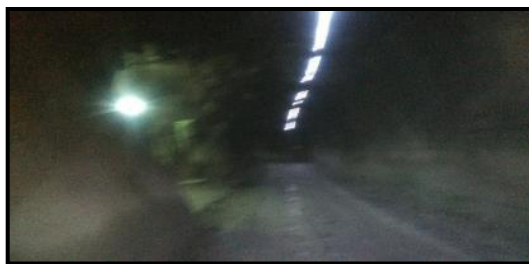
#### **Etapa 1: Evaluación del Proyecto**

En esta etapa se realiza una revisión de la información según requerimiento del cliente, luego iniciamos una visita técnica a las instalaciones de la mina (interior mina) previa coordinación con operaciones mina, mantenimiento y servicios.

Actividades desarrolladas durante la visita técnica fueron los siguientes:

- Inspección del área donde se realizará el montaje de las bombas y el recorrido donde se instalará las tuberías y accesorios.
- Medición de los caudales de las bombas que vienen desde la poza 093, poza 573, poza 572-2, Poza 0, Deslamador 1 y nivel 5.
- Relación de bombas sumergibles existentes en dichas pozas.
- Recopilación de todos los datos necesarios en la operación del sistema de bombeo.

**Figura N° 50 Inspección en las Labores de interior mina.**



**INGRESO A INTERIOR MINA**



**Figura N° 51 Deslamador 1**



**Figura N° 52 Poza de bombeo 0**

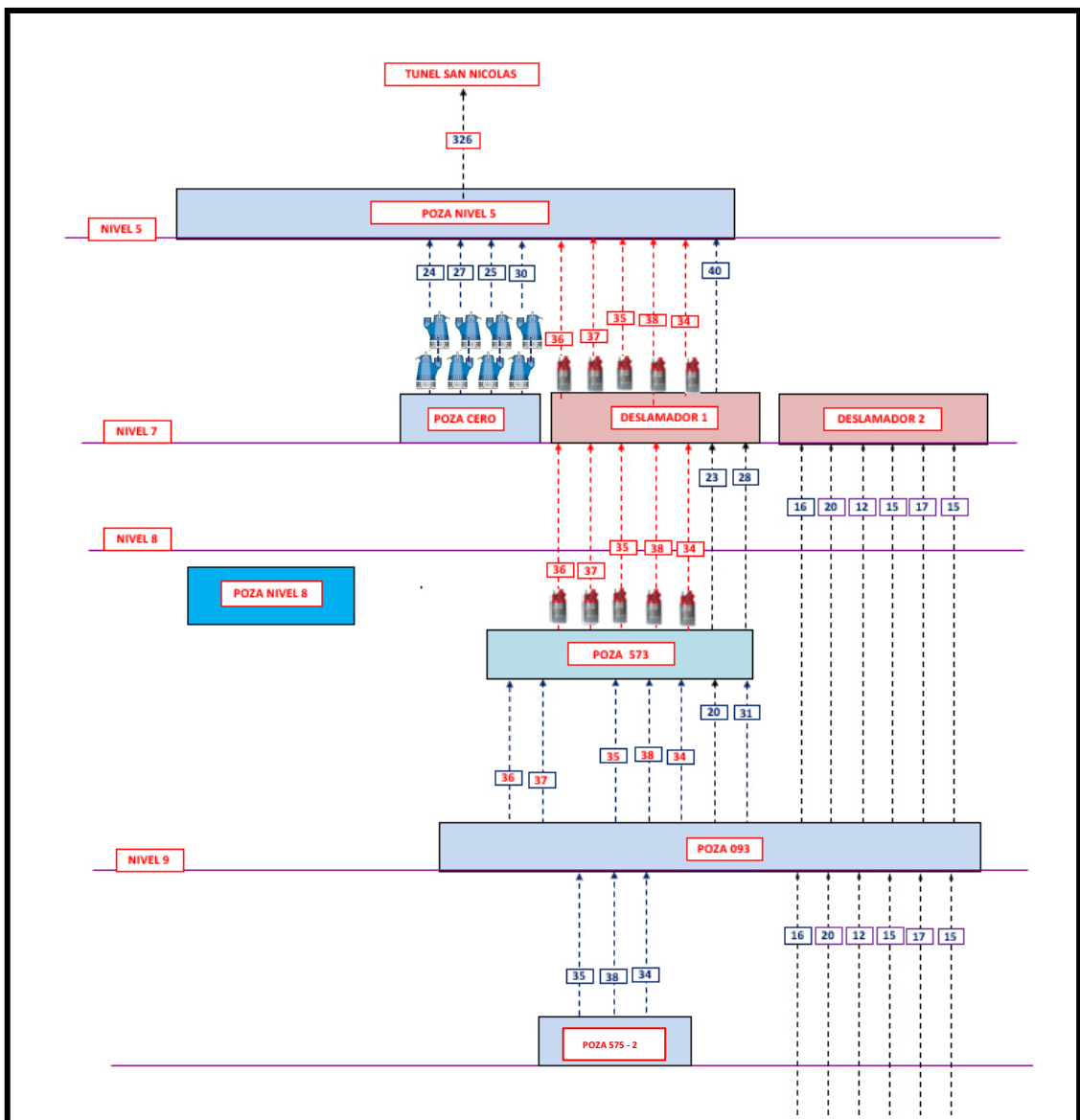
**Figura N° 53 Bombas de achique en una labor de avance**



## VISITA TECNICA

En la visita técnica en campo se hizo el levantamiento de información del Del sistema en su situación antes del proyecto, que se muestra en la **figura 54**.

**Figura N° 54 Esquema antes del proyecto**



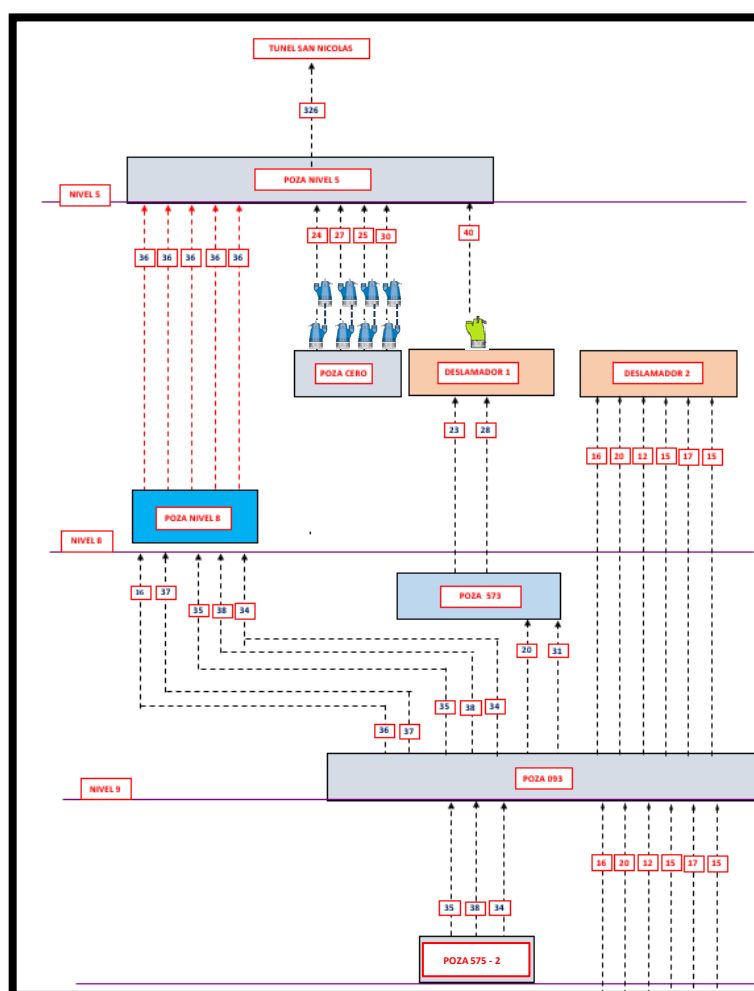
Fuente: Elaboración propia

En la poza 0, deslamador 1, deslamador 2, poza 093, poza 573, Acceso 575-2, se verifico que existe demasiado rebose de agua en el deslamador 1, perjudicando la operación, malogrando toda la vía y galerías existentes en toda la Rampa Ariana.

Se propuso como alternativa aliviar la poza 573 derivando 180 L/s a la poza del nivel 8 y luego bombearlas al nivel 5 como se muestra en el siguiente esquema.

### Alternativa instalando 3 bombas estacionarias GIW LSA 8x10 en la cámara 395 Nivel 8. (PROPUESTA DE SOLUCIÓN)

Figura N° 55 Esquema con 3 bombas GIW LSA 8X10, en el Nivel 8



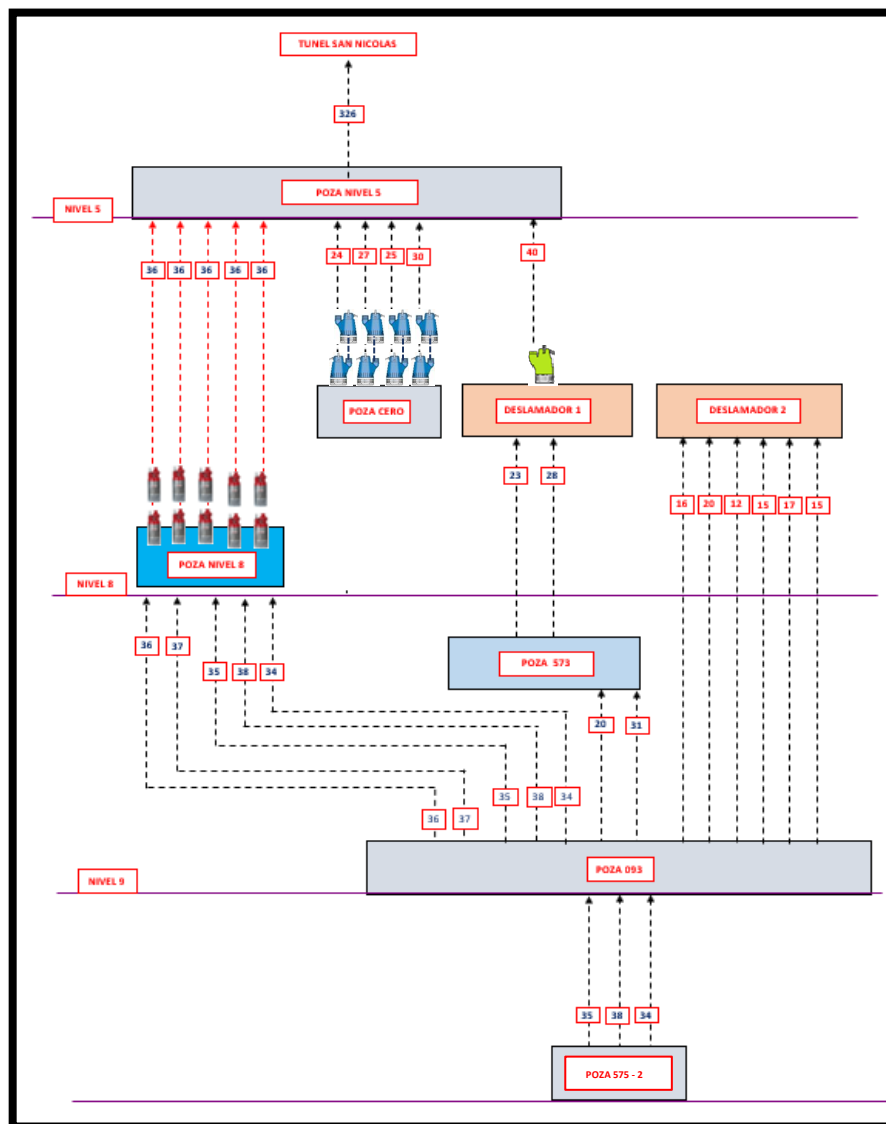
Fuente: Elaboración propia

Se plantearon las alternativas de utilizar bombas sumergibles o bombas estacionarias.

Recopilando toda la información necesaria del personal operaciones mina, Servicios mina, operadores de bombas sumergibles y estacionarios, así como también técnicos electricistas y mecánicos, se propone como una alternativa:

**Alternativa instalando 10 bombas sumergibles en la cámara 395; Nivel 8, en la figura 56.**

**Figura N° 56 Esquema con bombas sumergibles en el Nivel 8**



**Fuente: Elaboración propia**

Con los datos técnicos obtenidos del área de mantenimiento y los recopilados en campo se determinaron las condiciones de operación que tendrían la alternativa de bombas de drenaje, que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla N° 4 Condiciones de operación de bombas sumergibles en la poza Nivel 8**

Bombas Grindex

PARAMETROS DE DISEÑO			
Densidad	$\rho$	1000	$kg/m^3$
gravedad	$g$	9.81	
Altura dinámica	$H$	77.7	$m$
Caudal	$Q$	0.036	$m^3/s$
BOMBA			
Potencia hidráulica	$P_h$	36.83	$HP$
Eficiencia bomba	$\eta_B$	0.562	
Potencia mecánica de bomba	$P_{mB}$	65.54	$HP$
		48.83	$kW$
MOTOR ELECTRICO			
Potencia nominal de motor electrico	$P_{me}$	75	$HP$
Potencia de operación	$P_r$	65.54	$HP$
Porcentaje de carga	$PC$	87.4	$\%$
Eficiencia motor estándar	$\eta_{Em}$	0.9	
POTENCIA ELECTRICA REQUERIDA	$P_{Em}$	54.25	$kW$

**Fuente: Elaboración propia**

Como se requieren 10 bombas, la potencia total eléctrica requerida será de 542,5 kW. Estas bombas funcionarán durante un año con las siguientes horas de operación anuales



**Tabla N° 5 Horas anuales de operación de bombas**

HORAS ANUALES DE OPERACIÓN DE BOMBAS		
Horas día	24	h
Días/mes	26	días
mes/año	12	meses
horas año	7488	h/año

**Fuente: Elaboración propia**

La energía consumida por las 10 bombas y el costo anual de energía considerando una tarifa promedio de 0,06 US\$/kWh es:

**Tabla N° 6 Potencia y energía de bombas de drenaje**

Potencia eléctrica en bornes del motor	$P_C$	54.3	kW
Horas anuales de operación	$\eta_{Em}$	7488	h/año
Energía consumida	$P_{Em}$	406237.06	kWh
Energía de 10 bombas		10 4062370.57	
Precio de energía		0.06 <b>243742</b>	US\$/kWh US\$/año

**Fuente: Elaboración propia**

Ante el costo anual de energía se decide evaluar la alternativa de tres bombas estacionarias.

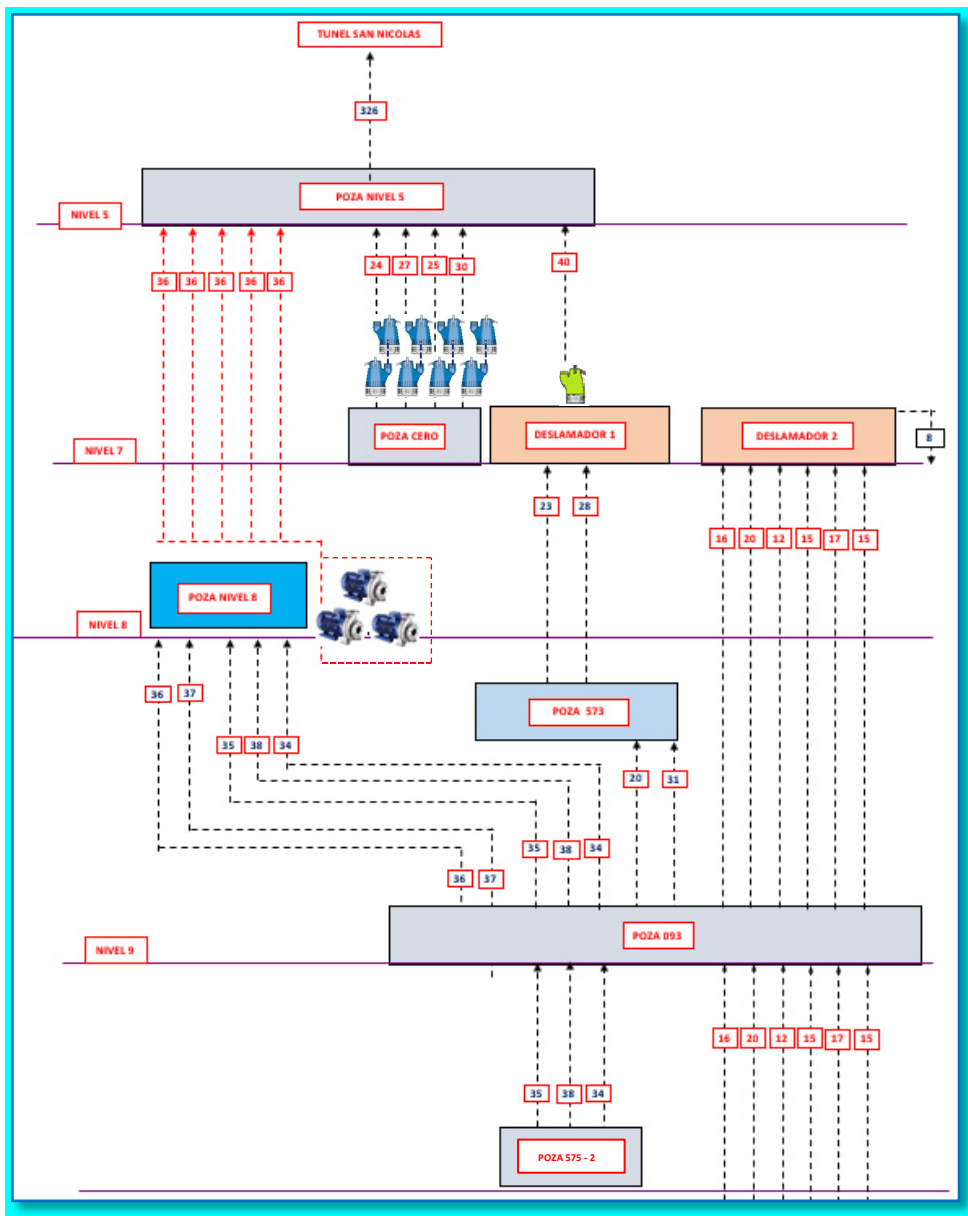
Realizar el dimensionamiento y selección de bombas estacionarias, motor eléctrico y tableros eléctricos para ser instalados en la nueva cámara de bombeo del Nivel 8." Cámara 395"

Teniendo en cuenta los datos del fluido, tuberías de succión, tuberías de impulsión.

Así como también Generar protocolos de lanzamiento de la bomba, procedimientos de arranque y otros que serán necesarios para el normal funcionamiento de las bombas una vez instalados.

FIGURA ALTERNATIVA CON BOMBAS DE DRENAJE

Figura N° 57 BOMBAS GIW LSA 8X10 en Cámara 395 Nivel 8



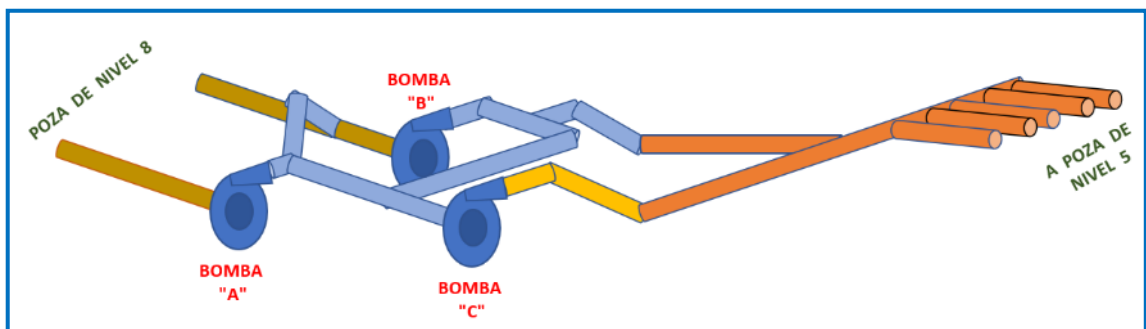
Fuente: Elaboración propia

Diagrama esquemático de las tres bombas A, B y C instaladas en la poza del Nivel 8, conectadas de modo que siempre puedan operar dos en serie con una de reserva alimentando la tubería de cinco ramales que llevan el agua a la poza del Nivel 5

Por simplicidad en el esquema solo se representan las tuberías con diferentes colores, señalando que las tuberías del mismo color tienen sus ejes instalados al mismo nivel o unen esa tubería con otras ubicada más abajo.

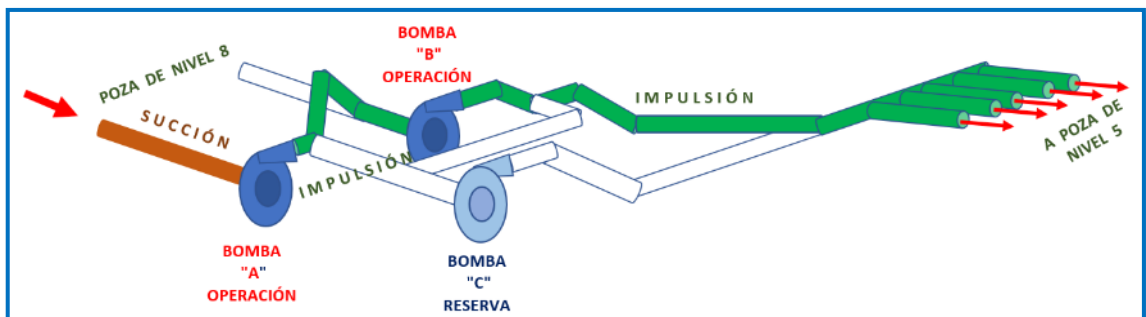
Esquema de tres las bombas enseriadas instaladas en la Poza del nivel 8

**Figura N° 58 Bombas enseriadas instaladas en la cámara 395; Nivel 8**



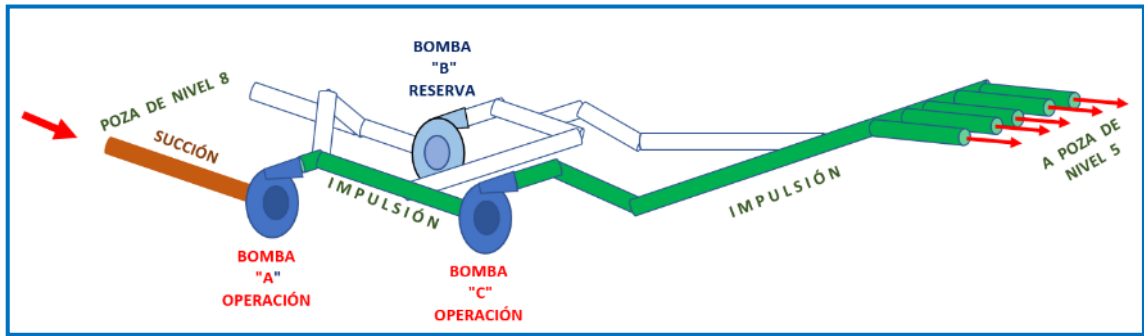
- Esquema de operación 1: Ver Figura 59

**Figura N° 59 Bombas A Y B están operando en Serie y Bomba C en Stand by.**



- Esquema de operación 2: Ver figura 60.

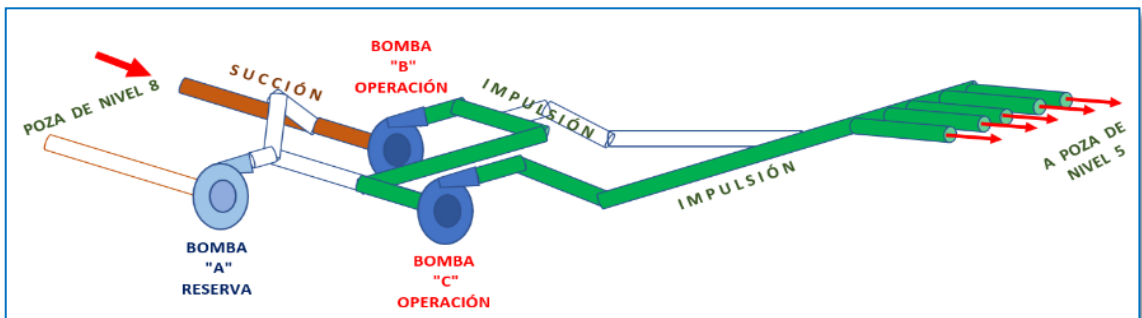
Figura N° 60 Bombas A Y C están operando en Serie y Bomba B en Stand by.



Fuente: Elaboración propia

- Esquema de operación 3: Ver figura 61.

Figura N° 61 Bombas B Y C están operando en Serie y Bomba A en Standby.



Fuente: Elaboración propia

## Etapa 2: Cálculos Hidráulicos

Para realizar el dimensionamiento del sistema de bombeo se considera los datos tomados en campo y también los datos e información recepcionado del cliente. El proyecto consiste en mejorar el sistema de bombeo transportando 180 l/s. desde la cámara de bombeo 395 del Nivel 8, hacia la cámara de bombeo en el Nivel 5, dicho mejoramiento será para mantener la continuidad del flujo de agua, así como también evitar los derrames o reboses de agua en las pozas de bombeo 0 y deslamador 1, deslamador 2, que perjudican la operación, malogrando las vías de acceso a las labores por la rampa Ariana y otros.

### Metodología utilizada.

De acuerdo a lo señalado en las bases teóricas se siguió el siguiente procedimiento:

### Cálculo de pérdidas de tuberías

#### PERDIDAS PRIMARIAS

Son las perdidas por fricción en la tubería

#### Número de Reynolds

$$N_R = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (30)$$

$N_R$  = Número de Reynolds

$V$  = Velocidad del flujo, (m/s)

$D$  = Diámetro del ducto, (m)

$\rho$  = Densidad del fluido, (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = Viscosidad, (kg/(m · s))

#### Rugosidad relativa

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D} \quad (31)$$

$\varepsilon_r$ = Rugosidad relativa

$\varepsilon$ = Rugosidad absoluta

### Factor de Fricción

Ecuación de Coolebrock - White

$\varepsilon$ = Rugosidad absoluta

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \quad (32)$$

$f$ = Factor de fricción

### Pérdidas por fricción en la tubería

Ecuación Darcy-Weisbach

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (33)$$

### PERDIDAS SECUNDARIAS

En los accesorios

$$h_i = K_i \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (34)$$

$h_i$ = Pérdida de carga por accesorio, (m)

$K_i$ =Factor del accesorio

$V$ =Velocidad aguas abajo del accesorio (m/s)

Los factores de los accesorios se dan en la tabla del anexo 23

## Perdidas por fricción en la tubería

Se ha seleccionado una tubería de polietileno HDPE SDR11 PN16, con presión nominal de 16 bar, (163,15 m de columna de agua), diámetro externo de 355 mm (11,4 pulg) y diámetro interno de 291 mm.

**Tabla N° 7 Datos de Diseño**

Condiciones de diseño	simbología	valor	unidad
Fluido: Agua			
Temperatura de operación	$T$	8	$C^{\circ}$
Caudal	$Q$	0.036	$m^3/s$
Densidad	$\rho$	1000	$kg/m^3$
Viscosidad dinámica	$\mu$	0.001386	$kg/(m.s)$

Fuente: Elaboración propia

## Tubería de impulsión

Aplicando estos datos a las ecuaciones del Número de Reynolds, la Ecuación de Coolebrock – White y Darcy-Weisbach para diversos caudales de operación se obtienen las pérdidas por fricción en la tubería como se detalla en el siguiente cuadro:

## Caudal de diseño

El caudal total de 180 L/s se transportará en cinco tuberías en paralelo por lo que cada una transportará

$$Q = \frac{Q_{max}}{N} \quad (35)$$

Donde

$Q$  es el caudal de diseño por cada ramal

$Q_{max}$  es caudal total de bombeo

$N$  es el número de tuberías en paralelo

Para el caudal de 0,180 m<sup>3</sup>/s y 5 tuberías se tiene

$$Q = \frac{0,180}{5}$$

$$Q = 0,036 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Se selecciona una tubería HDPE

Diámetro nominal: 6"

Diámetro exterior: 168,28 mm

Diámetro interior: 135,7 mm

Velocidad media del fluido

De la ecuación

$$Q = V \cdot A$$

(36)

$V$  es la velocidad media del agua en cada ramal

$A$  es el área de la sección recta de la tubería

Además, se tiene que:

$$A = \frac{\pi \cdot 0,1357^2}{4}$$

$$A = 0,014 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0,036}{0,014}$$

$$V = 2,49 \text{ m/s}$$

### Rugosidad relativa

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D}$$

$\varepsilon_r$  es la rugosidad relativa

$\varepsilon$  es la rugosidad absoluta del material de la tubería

Considerando que

$$\varepsilon = 0,0015 \text{ m}$$

$$D = 0,1357 \text{ m}$$

$$\varepsilon_r = \frac{0,0015}{0,1357}$$

$$\varepsilon_r = 0,01105$$



### Número de Reynolds

$$N_R = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

$$\rho = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\mu = 0,001386 \text{ (kg/(m} \cdot \text{s))}$$

$$N_R = \frac{2,49 \cdot 0,1357 \cdot 1000}{0,001386}$$

$$N_R = 2,44 \cdot 10^5$$

### Factor de Fricción

En la Ecuación de Coolebrock - White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

### $f$ = Factor de fricción

Reemplazando datos se tiene

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{0,01105}{3,7} + \frac{2,51}{2,44 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{f}} \right)$$

iterando con un valor  $f = 0,015$

inicial de

$$f = 0,015$$

Se converge al valor

$$f = 0,039$$

### Pérdidas por fricción en la tubería

Ecuación Darcy-Weisbach

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Reemplazando los valores ya obtenidos se tiene:

$$h_{fi} = 0,039 \cdot \frac{321}{0,1357} \cdot \frac{2,49^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_{fi} = 0,039 \cdot \frac{321}{0,1357} \cdot \frac{2,49^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_{fi} = 29,58 \text{ m}$$

Para obtener la curva de la instalación se determinaron las pérdidas de presión para diferentes caudales comprendidos entre el 10% y el 100% del flujo de agua de la tubería, con un procedimiento de cálculo similar al desarrollado anteriormente.

**Tabla N° 8 Pérdidas por fricción en la tubería de impulsión**

Caudal $Q$ ( $m^3/s$ )	Diámetro $D$ (m)	Velocidad media $V$ (m/s)	Numero de Reynolds $Re$	Rugosidad relativa $E/D$	Factor de fricción $f$	Perdidas por fricción $h_{fi}$ (m)
0.004	0.136	0.25	24371	0.0111	0.0150	0.112
0.007	0.1357	0.50	48741	0.0111	0.0311	0.929
0.011	0.1357	0.75	73112	0.0111	0.0310	2.08.
0.014	0.1357	1.00	97483	0.0111	0.0310	3.71
0.018	0.1357	1.24	121854	0.0111	0.0310	5.79
0.022	0.1357	1.49	146224	0.0111	0.0396	10.65
0.025	0.1357	1.74	170525	0.0111	0.0396	14.48
0.029	0.1357	1.99	194966	0.0111	0.0395	18.89
0.031	0.1357	2.12	207151	0.0111	0.0395	21.32
0.032	0.1357	2.24	219337	0.0111	0.0395	23.89
0.034	0.1357	2.36	231522	0.0111	0.0395	26.61
0.036	0.1357	2.49	243707	0.0111	0.0396	29.58

**Fuente: Elaboración propia**

## Pérdidas en accesorios

Los accesorios y sus características se detallan

**Tabla N° 9 : Factor K de la tubería de impulsión**

Descripción	Diámetro	Unidad	Cantidad	K	Parcial $K_i$
Válvula Check Swing de 10"	10	pulg	1	2.5	2.5
Válvula Compuerta de 10"	10	pulg	2	0.2	0.4
Codo 90 RC	10	pulg	2	0.9	1.8
Codo 45° RC	10	pulg	2	0.4	0.8
Red Concéntrica de 4x8	10	pulg	2	0.11	0.22
Junta flexible	10	pulg	2	0.11	0.22
			Total	$\sum K_i$	5.94

**Fuente: Elaboración propia**

Pérdidas de carga de tubería de impulsión

$$h_{si} = K_i \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$h_{si} = 5,94 \cdot \frac{2,49^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_{si} = 5,94 \cdot \frac{2,49^2}{2 \cdot 9,81}$$

entonces

$$h_{si} = 1,88 \text{ m}$$

Se calculan las pérdidas secundarias para valores de caudal similares al caso anterior cuyos resultados se muestran en la Tabla N° 7.

**Tabla N° 10 Perdidas Secundarias en la tubería de impulsión**

Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Factor K <sub>i</sub>	Velocidad Media V (m/s)	Perdidas por accesorios h <sub>ai</sub> (m)
0.004	5.94	0.25	0.02
0.007	5.94	0.50	0.08
0.011	5.94	0.75	0.17
0.014	5.94	1.00	0.30
0.018	5.94	1.24	0.47
0.022	5.94	1.49	0.68
0.025	5.94	1.74	0.92
0.029	5.94	1.99	1.20
0.031	5.94	2.12	1.36
0.032	5.94	2.24	1.52
0.034	5.94	2.36	1.69
0.036	5.94	2.49	1.88

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla N° 11 Pérdidas totales en la impulsión**

Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Pérdidas por fricción h <sub>fi</sub> (m)	Perdidas por accesorios h <sub>ai</sub> (m)	Perdidas impulsión h <sub>ti</sub> (m)
0.004	0.11	0.02	0.13
0.007	0.93	0.08	1.00
0.011	2.08	0.17	2.25
0.014	3.71	0.30	4.01
0.018	5.79	0.47	6.26
0.022	10.65	0.68	11.33
0.025	14.48	0.92	15.40
0.029	18.89	1.20	20.09
0.031	21.32	1.36	22.67
0.032	23.89	1.52	25.41
0.034	26.61	1.69	28.30
0.036	29.58	1.88	31.46

**Fuente: Elaboración propia****Tabla N° 12 Características de la tubería de succión**

Longitud	L	2	m
Material	HDPE		
Rugosidad absoluta	ε	0.045	m
Diámetro nominal	DN	14	pulg
Diámetro interior	D	0.333	m

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla N° 13 Perdidas por fricción en la succión**

Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Diámetro D (m)	Velocidad Media V (m/s)	Número de Reynolds Re	Rugosidad Relativa $\epsilon/D$	Factor de fricción f	Perdida por fricción $h_{fs}$ (m)
0.018	0.333	0.21	49606	0.1350	0.0150	0.000
0.036	0.333	0.41	99211	0.1350	0.0311	0.002
0.054	0.333	0.62	148817	0.1350	0.0310	0.00
0.075	0.333	0.83	198423	0.1350	0.0310	0.01
0.090	0.333	1.03	248028	0.1350	0.0310	0.01
0.108	0.333	1.24	297634	0.1350	0.1210	0.06
0.126	0.333	1.44	347239	0.1350	0.1210	0.08
0.144	0.333	1.65	396845	0.1350	0.1210	0.10
0.153	0.333	1.75	421648	0.1350	0.1210	0.11
0.162	0.333	1.86	446451	0.1350	0.1210	0.13
0.171	0.333	1.96	471253	0.1350	0.1210	0.14
0.180	0.333	2.06	496056	0.1350	0.1210	0.16

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla N° 14 Factor K de la tubería de succión**

descripción	diámetro	unidad	Cantidad	K	Parcial K
					0.2
Válvula compuerta de 10"	14	pulg	1	0.2	0.42
	14	pulg	1	0.12	0.75
Codo 90 Estándar	18	pulg	1	0.75	0.11
Strainer	10	pulg	1	0.11	0.11
Red Concéntrica de 4x8	14	pulg	1	0.11	0.11
Junta flexible					
			Total		1.59

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla N° 15 Perdidas secundarias en tuberías de succión**

Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	Factor K <sub>s</sub>	Velocidad media V (m/s)	Perdidas por accesorios h <sub>as</sub> (m)
0.018	1.59	0.21	0.00
0.036	1.59	0.41	0.01
0.054	1.59	0.62	0.03
0.072	1.59	0.83	0.06
0.090	1.59	1.03	0.09
0.108	1.59	1.24	0.12
0.126	1.59	1.44	0.17
0.144	1.59	1.65	0.22
0.153	1.59	1.75	0.25
0.162	1.59	1.86	0.28
0.171	1.59	1.96	0.31
0.180	1.59	2.06	0.34

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla N° 16 Pérdidas totales en la tubería de succión**

<b>Caudal Q (m<sup>3</sup> / s)</b>	<b>Perdidas por fricción h<sub>f</sub> (m)</b>	<b>Perdidas por Accesorios h<sub>a</sub> (m)</b>	<b>PERDIDAS SUCCION h<sub>ts</sub> (m)</b>
0.018	0.00	0.00	0.00
0.036	0.00	0.01	0.02
0.054	0.00	0.03	0.03
0.072	0.01	0.06	0.06
0.090	0.01	0.09	0.10
0.108	0.06	0.12	0.18
0.126	0.08	0.19	0.25
0.144	0.10	0.22	0.32
0.153	0.11	0.25	0.36
0.162	0.13	0.28	0.41
0.171	0.14	0.31	0.45
0.180	0.16	0.34	0.50

**Fuente: Elaboración propia**



**Tabla N° 17 Pérdidas totales en las tuberías**

<b>Caudal Q  (m<sup>3</sup> / s)</b>	<b>Perdidas por impulsión  h<sub>i</sub>  (m)</b>	<b>Perdidas por succión  h<sub>s</sub>  (m)</b>	<b>Perdidas Totales  h<sub>T</sub>  (m)</b>
0.018	0.13	000	0.13
0.036	1.00	002	1.02
0.054	2.25	003	2.29
0.072	4.01	006	4.47
0.090	6.26	010	6.35
0.108	11.33	018	11.51
0.126	15.40	025	15.64
0.144	20.09	032	20.41
0.153	22.67	036	23.03
0.162	25.41	041	25.82
0.171	28.30	045	28.75
0.180	31.46	050	31.96

**Fuente: Elaboración propia**

**Altura de presión dinámica**

La altura dinámica se obtiene con:

$$ADT = H_E + h_T$$

**ADT** Es la altura dinámica total (m)

**H<sub>E</sub>** Es la altura estática, (m)

**h<sub>T</sub>** Es la altura total de pérdidas en la succión e impulsión, (m)

Teniendo en cuenta que

$$H_E = 120 \text{ m}$$

$$h_T = 31,96 \text{ m}$$

Resulta:

$$ADT = 120 + 31,96$$

$$ADT = 151,96$$

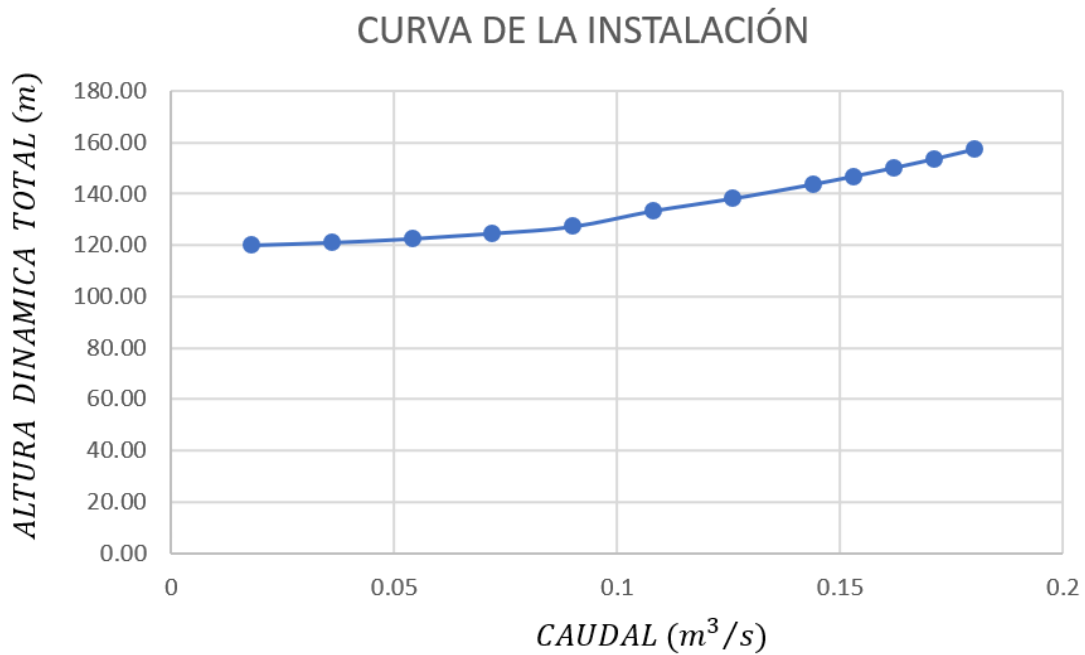
**Tabla N° 18** Altura Dinámica Total

Caudal <b>Q</b> (m <sup>3</sup> /s)	Pérdidas Totales $h_T$ (m)	Altura Estática $H_g$ (m)	Altura Dinámica total ADT (m)
0.018	0.13	120.00	120.13
0.036	1.02	120.00	121.02
0.054	2.29	120.00	122.29
0.072	4.07	120.00	124.07
0.090	6.35	120.00	126.35
0.108	11.51	120.00	131.51
0.126	15.64	120.00	135.64
0.144	20.41	120.00	140.41
0.153	23.03	120.00	143.03
0.162	25.82	120.00	145.82
0.171	28.75	120.00	148.75
0.180	31.96	120.00	151.96

Fuente: Elaboración propia

Con los datos del caudal y la altura dinámica total se elabora la curva de la instalación que se presenta en la Figura .N° 62

**Figura N° 62 Curva de la Instalación**



**Fuente: Elaboración propia**

Altura de columna de agua equivalente a una columna de agua de mina

El factor de corrección para la columna de agua equivalente a la columna de agua mina según datos de área de diseño de mina es de 2,2 %.

$$Fc = 2,2 \%$$

Entonces

$$H_{eq} = 100 \cdot \frac{ADT}{100 - FC}$$

Del cuadro 11 se obtiene

$$ADT = 151,96 \text{ m}$$

Se tiene

$$H_{eq} = 100 \cdot \frac{151,96}{100 - 2,2}$$

$$H_{eq} = 155,3 \cdot$$

Como se utilizarán dos bombas en serie, la altura dinámica de cada una de ellas resulta:

$$ADT_B = \frac{155,3}{2}$$

$$ADT_B = 77,6 \text{ m}$$

Las condiciones de diseño para la selección de la bomba son:

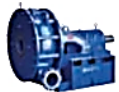
$$Q = 180 \text{ L/s} = 648 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 77,7 \text{ m}$$

### Selección de la bomba

Por las condiciones de operación se requiere una bomba para lodos de un proveedor especializado en aplicaciones mineras.

#### LSA-S

	<table><tr><td>Q [m³/h]</td><td>máx. 14.000</td></tr><tr><td>H [m]</td><td>máx. 90</td></tr><tr><td>p [bar]</td><td>máx. 16</td></tr><tr><td>T [°C]</td><td>máx. + 120</td></tr></table>	Q [m³/h]	máx. 14.000	H [m]	máx. 90	p [bar]	máx. 16	T [°C]	máx. + 120	Diseño optimizado en fundición de acero duro con una larga vida útil para el bombeo de lodos muy agresivos. La construcción de una carcasa de pared simple y el extremo húmedo de acero de alta dureza, en combinación con el porta rodamientos proporcionan máxima seguridad y un mantenimiento fácil.
Q [m³/h]	máx. 14.000									
H [m]	máx. 90									
p [bar]	máx. 16									
T [°C]	máx. + 120									

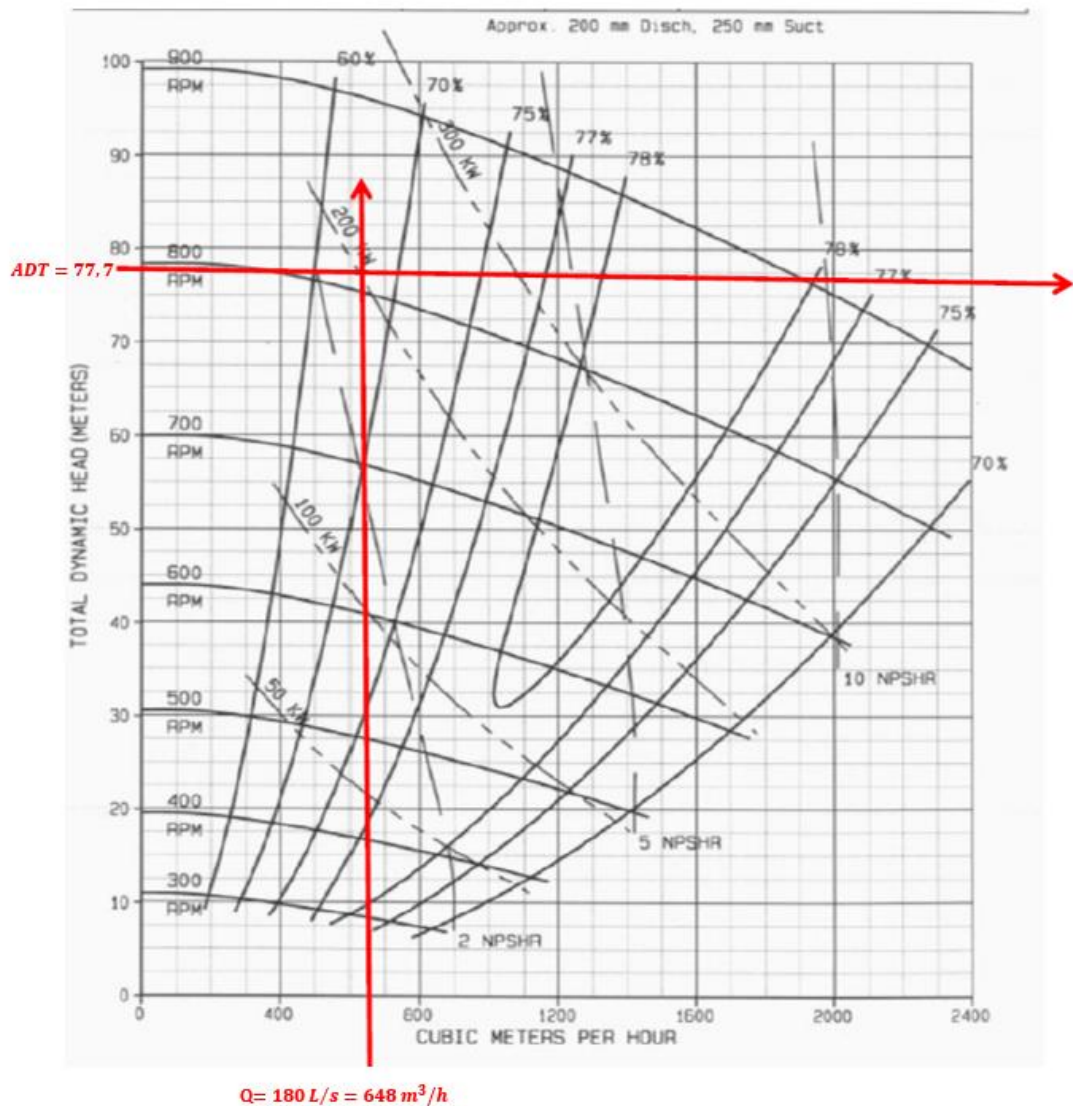
El fabricante GIW tiene una serie comercial que se muestra en el Anexo 16 en donde se OBSERVA que con las condiciones de altura y caudal del proyecto puede operar la bomba GIW LSA 8X10 la que se preselecciona para evaluación

Modelo: LSA 8x10-32 C/3ME

Diámetro de succión: 10"

Diámetro de descarga: 8"

Figura N° 63 Gráfica Selección de la Bomba



### Potencia de la bomba

#### Potencia teórica

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{745}$$

$P$  es la potencia teórica de la bomba,  $kW$

$\rho$  es la densidad del fluido,  $kg/m^3$

$g$  es la fuerza de la gravedad,  $m/s^2$

$H$  es la altura dinámica total,  $m$

$Q$  es el caudal del fluido,  $m^3/s$

Con los valores ya obtenidos se tiene:

$$Q = 0,180 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 77,7 \text{ m}$$

$$P_t = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 77,7 \cdot 0,180 \cdot}{745}$$

$$P_t = 184,16 \text{ HP}$$

### Selección de la bomba

Por las condiciones de operación se requiere una bomba para lodos de un proveedor especializado en aplicaciones mineras. el fabricante GIW tiene una serie comercial que se muestra en el anexo 16 en donde se observa que con las condiciones de altura y caudal del proyecto puede operar la bomba **GIW LSA 8X10** la que se preselecciona para evaluación.

Modelo: LSA 8x10-32 C/3ME

Diámetro de succión: 10"

Diámetro de descarga: 8"

La potencia real de la bomba es

$$P = \frac{P_t}{\eta}$$

$P$  = Potencia de la bomba *HP*

$\eta$  = Eficiencia de la bomba

Considerando una eficiencia del 65 % se tiene:

$$P = \frac{184,16}{0,65}$$

$$P = 283,33 \text{ HP}$$

Considerando el factor de conversión 1 HP = 0,7457 kW resulta

$$P = 283,33 \text{ HP} \cdot 0,7457 \text{ kW/HP}$$

$$P = 211,27 \text{ kW}$$

Valor de potencia que coincide con la curva topográfica de la bomba mostrada en la figura.

### **Punto de operación**

HDT: 77,6 m  
Caudal: 0,180 m<sup>3</sup>/s  
Potencia: 283,33 HP  
Eficiencia: 65 %  
Velocidad de giro: 810 rpm

### **Selección de motor eléctrico**

Considerando que la potencia requerida por la bomba es de 283 HP se selecciona un motor eléctrico de accionamiento asíncrono de las siguientes características:

Potencia: 300 HP  
Tensión: 460 V  
Frecuencia: 60 Hz  
Carcasa: 447/9T  
Número de polos: 4  
Velocidad: 1780 rpm

### **Transmisión motor-bomba**

Tipo: Poleas y fajas

Relación de transmisión

$Re = 1780/810$

$Re = 2,19$

### 3.1.3. Control de etapas

**Tabla N° 19 Control de etapas del proyecto**

ETAPA 1: EVALUACIÓN DEL PROYECTO	
ACTIVIDADES	CONTROL DEL PROCESO
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión de información según requerimiento.</li> <li>- Valoración de la información.</li> <li>- Visita técnica a mina. (trabajo de campo)</li> <li>- Reuniones con el área de proyectos, Operaciones, mina y mantenimiento.</li> <li>- Levantamiento de información.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección al área o cámara de bombeo 395 donde se instalará las nuevas bombas estacionarias, así como también las cámaras de bombeo Nv.5.</li> <li>• Mediciones de parámetros eléctricos y mecánicos.</li> </ul> </li> <li>- Verificación de las cámaras de Bombeo 0 deslamador 1, deslamador 2, poza 0, poza 093, poza 573, Acceso 575 - 2 y el Nv.5.</li> <li>- Medición de Caudales en c/. Electrobomba sumergible</li> </ul>	Responsables: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerencia de Operaciones</li> <li>- Ing. Supervisor</li> <li>- Técnicos supervisor</li> </ul>
ETAPA 2: CALCULO HIDRÁULICO	
ACTIVIDADES:	CONTROL DE PROCESO
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memoria de cálculo</li> <li>- Elaboración de esquema hidráulico</li> <li>- Dimensionamiento</li> <li>- Elaboración de hoja de datos.</li> </ul>	Responsables <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proyectos e ingeniería</li> <li>- Jefe de operaciones</li> <li>- Ing. supervisor / Tec. supervisor</li> </ul>
ETAPA 3: ELABORACION DE PLANOS - VALIDACION	
ACTIVIDADES	CONTROL DE PROCESO
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de planos, lista de materiales.</li> <li>- Validación de planos, documentales, formatos.</li> <li>- Elaboración de protocolo de lanzamiento de la bomba.</li> <li>- Procedimiento de Arranque de Bomba GIW LSA 8X10.</li> </ul>	Responsables: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jefe de ingeniería.</li> <li>- Jefe de Taller.</li> </ul>
ETAPA 4: FABRICACIÓN DE ELEMENTOS BOMBA Y MONTAJE DE LAS BOMBAS	
ACTIVIDADES	CONTROL DE PROCESO
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prefabricación – Fabricación de elementos de la bomba</li> <li>- Movilización de personal a obra.</li> <li>- Traslado de estructuras prefabricadas a obra.</li> <li>- Montaje de bombas GIW LSA 8X10 y accesorios.</li> </ul>	Responsables: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerente de operaciones</li> <li>- Jefe de taller</li> <li>- Ing. Supervisor</li> <li>- Técnicos supervisor</li> </ul>
ETAPA 5: ARRANQUE DE BOMBAS GIW LSA 8X10	
ACTIVIDADES	CONTROL DE PROCESO
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión de protocolo de lanzamiento de la bomba GIW LSA 8X10.</li> <li>- Procedimientos de arranque de las bombas GIW LSA 8X10.</li> <li>- Lanzamiento de la bomba.</li> <li>- Seguimiento al funcionamiento de la bomba durante el periodo de prueba.</li> </ul>	Responsables <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jefe de proyecto</li> <li>- Jefe de operaciones</li> <li>- Ing. supervisor</li> <li>- Técnico supervisor</li> </ul>

**Fuente: Elaboración propia**



## 3.2 EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA

### EVALUACION TECNICA

#### Definición del problema

- El problema técnico está definido con claridad como la implementación de un sistema de bombeo de agua de mina a 8°C de temperatura, con un caudal de 180 L/s y una diferencia cotas de 120 m.
- El uso de varias tuberías de HPDE en paralelo se justifica porque contrario al uso de una sola tubería, el uso de varias de menor diámetro facilita su manipulación y reubicación.

#### Documentación

- Se contó con toda la documentación necesaria para desarrollar el proyecto, tanto de las instalaciones como de la operación prevista de las bombas, así como información para diseño y catálogos de fabricantes.
- El método de cálculo es el adecuado y se aplicó correctamente considerándose los casos de caudal variable para obtener la curva de la instalación.
- Selección de equipos se realizó con catálogos de fabricantes, siguiendo sus recomendaciones.

#### Resultados

- Muestran la conveniencia técnica del uso de tres bombas estacionarias, con lo que se logra una mejor operación y mantenimiento, así como un menor consumo de energía.

#### • EVALUACION ECONOMICA

- Todos los costos de materiales se obtuvieron del mercado nacional y los costos se presentan en moneda extranjera para evaluar.
- La evaluación económica ha demostrado la viabilidad del proyecto porque sus indicadores VAN y su relación beneficio costo B/C = 1.12
- El proyecto se financio con el 60% del costo del proyecto a una tasa del 10% anual por un periodo de 5 años.

### 3.2.1 Costo del Proyecto

En base a los equipos, materiales y componentes electromecánicos determinados en los estudios de ingeniería se elaboró el metrado y presupuesto que se detalla.

**Tabla N° 20 Metrado y presupuesto electromecánico**

DESCRIPCIÓN	Unid.	Cantidad	Precio unitario (US\$)	Precio total (US\$)
Tuberías de acero 14" Sch40	m	4	400	1600
Reducciones 14"/10" Sch40	uu	2	250	500
Válvulas compuerta acero de 14" #150	uu	2	420	840
Válvulas de retención acero de 10"#300	uu	2	480	960
Válvula para instrumento de purga	uu	4	20	80
Junta flexible de 10" #150	uu	2	40	80
Junta flexible de 10" #300	uu	2	75	150
Tuberías HDPE SDR 11 PN16 – 160 mm	m	320	65	20800
Reducciones 10"/8" HDPE SDR 11 PN16	uu	2	12	24
Válvulas compuerta de acero de 10" #300	uu	5	520.18	2600.9
Check de acero 10" #300	uu	2	574.6	1149.2
Manómetro con glicerina tipo Bourdon 60 psig 4"x1/2"	uu	2	8	16
Manómetro con glicerina tipo Bourdon 600 psig 4"x1/2"	uu	4	8	32
Bomba GIW LSA 8X10-32 MODELO C/3ME				
Motor eléctrico TATUM 300 HP 4 polos, 460 V 60 Hz	uu	3	42970	128910
Transmisión por poleas relación 2.22 a 300 HP				
Tablero eléctrico para los tres motores	uu	1	6617	6617
<b>TOTAL US\$</b>				<b>164359.1</b>

**Fuente: Elaboración propia**

### Costo Directo e Indirecto

Al costo electromecánico se le suman los costos directos e indirectos, así como los gastos generales que se consideran el 10 % del costo del proyecto.

**Tabla N° 21 Costos Directo, costo indirecto y costo total del proyecto**

<b>COSTO DIRECTO</b>	US\$	US\$
Costo de materiales directos	164359.00	
Costo MDO directa	4652.94	<b>169011.94</b>
<b>COSTO INDIRECTO</b>		
Materiales indirectos	8217.95	
Costo MDO Indirecta	3326.83	<b>11544.78</b>
Costo total		<b>180556.72</b>
Gastos generales		<b>18055.67</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>198612.39</b>

**Fuente: Elaboración propia**

### **Costo de operación y mantenimiento**

Para el costo de operación se tiene en cuenta que se requiere un operador permanente lo que significa 3 operadores por turnos.

Para el costo de energía se consideraron 8064 horas anuales de operación y un costo promedio ponderado entre horas valle y horas punta de 0.06 US\$/Kwh.

Se considera el costo de mantenimiento como el 5% del costo de los equipos

El costo de mantenimiento se determinó considerando el 5 % de los equipos.

**Tabla N° 22: Costos de operación y Mantenimiento del proyecto**

<b>COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>		
<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>		
- <b>Personal</b> 3 personas a 500 US\$/mes	<b>18000</b>	<b>US\$</b>
supervisión	<b>1800</b>	<b>US\$</b>
<b>COSTO TOTAL DE MDO</b>	<b>19800</b>	<b>US\$</b>
<b>-Costo de energía</b>		
Energía consumida anual	<b>3161635</b>	<b>kWh</b>
Costo de kWh	<b>0.06</b>	<b>US\$</b>
<b>Costo anual de energía</b>	<b>189698</b>	<b>US\$</b>
<b>COSTO TOTAL DE OPERACIÓN</b>	<b>224252</b>	<b>US\$</b>
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>		
Costo de inversión	164359.1	US\$
Ratio de costo de operación y mantenimiento	5	%
<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>8218</b>	<b>US\$</b>
<b>COSTO TOTAL ANUAL DE OPERACIÓN Y MATTO</b>	<b>237516</b>	<b>US\$</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla N° 23: Costos financiero**

<b>COSTO FINANCIERO</b>		
<b>Inversión financiada (60% de inversión total)</b>	<b>119167.43</b>	<b>US\$</b>
Periodo de operación	5	años.
Tasa de interés bancaria	10 %	
Factor de recuperación de capital anual	0.2638	
<b>Costo financiero anual</b>	<b>31436</b>	<b>US\$</b>

**Fuente: Elaboración propia**

### **3.2.2 Beneficios**

Los beneficios que produce el proyecto son:

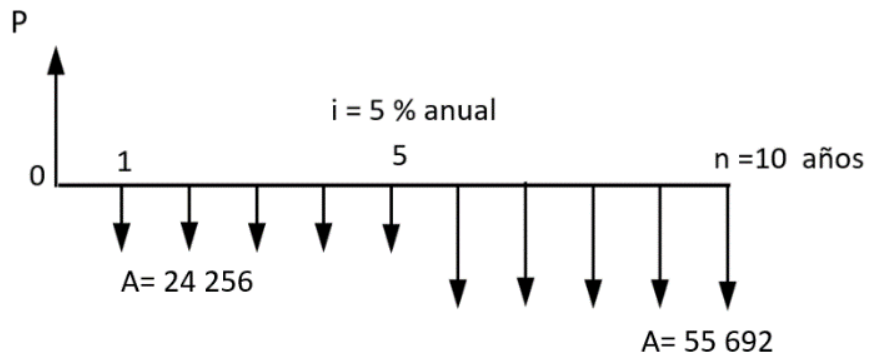
- Se dejan de alquilar 10 bombas sumergibles de drenaje Grindex cuyo consumo de energía anual era de 4307645 kWh anual que al precio de 0,06 US\$/kWh resultan un costo de 258459 US\$ (ver Anexo)
- El nuevo consumo de energía será de 3407540 kWh que representan un costo de 204452 US\$
- El ahorro en consumo de energía es de 54006 US\$
- El beneficio por reducción de personal, de seis a tres operarios es de 18000 US\$ años.

Tabla N° 24 Flujo de caja

3.2.3 Flujo de caja

<b>FLUJO DE CAJA</b>											
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
BENEFICIOS		309644	309644	309644	309644	309644	309644	309644	309644	309644	309644
Eliminación de pago de alquiler		237600	237600	237600	237600	237600	237600	237600	237600	237600	237600
Ahorro de energía eléctrica		54044	54044	54044	54044	54044	54044	54044	54044	54044	54044
Ahorro de MDO de operación		18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000
<b>COSTOS</b>		<b>285388</b>	<b>285388</b>	<b>285388</b>	<b>285388</b>	<b>285388</b>	<b>285388</b>	<b>285388</b>	<b>285388</b>	<b>285388</b>	<b>285388</b>
Inversión inicial	<b>198612.39</b>										
Costo de operación y mantenimiento		237516	237516	237516	237516	237516	237516	237516	237516	237516	237516
Costo financiero		31436	31436	31436	31436	31436	16436	16436	16436	16436	16436
Depreciación		16436	16436	16436	16436	16436					
<b>Flujo de caja</b>		<b>24526</b>	<b>24526</b>	<b>24526</b>	<b>24526</b>	<b>24526</b>	<b>55692</b>	<b>55692</b>	<b>55692</b>	<b>55692</b>	<b>55692</b>

Se determina el valor presente de la serie de pagos



En un primer tramo se calcula el valor presente de la serie de cinco pagos de 9464 US\$ actualizándolos al año cero

En la Tabla de ecuaciones financieras mostradas en el anexo se obtiene la ecuación para el valor presente de una serie de pagos iguales

$$P = A \frac{(1 + i)^n - 1}{i \cdot (1 + i)^n}$$

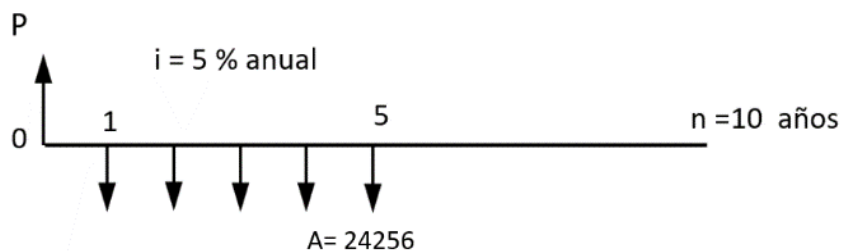
P = Valor presente

A = Anualidad

n = Número de años

i = Tasa de interés anual

Con los ingresos anuales iguales de los cinco primeros años obtenidos del flujo de caja se tiene el siguiente diagrama:

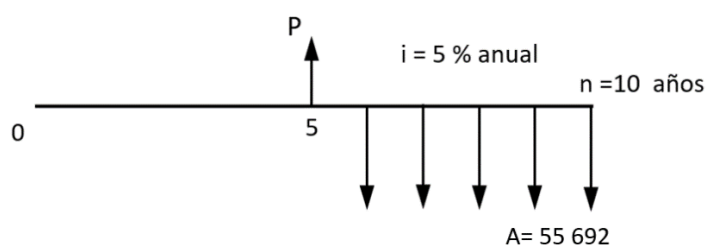


**Tabla N° 25 Valor presente en el año cero de serie de pagos iguales de 1 a 5 años**

Valor de pagos iguales A	24256	US\$
Tasa de interés anual	10	%
Número de años	5	años
Factor de Valor presente	3.7908	
Valor presente P, año cero	91949	US\$

**Fuente: Elaboración propia**

En un segundo tramo de ingresos anuales iguales del flujo de caja, primero se actualizan los ingresos de 40900 US\$, al año cinco.



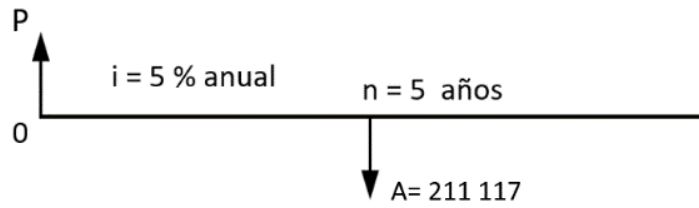
**Tabla N° 26 Valor presente en el año 5, de serie de pagos iguales de 6 a 10 años**

Valor de pagos iguales A	55692	US\$
Tasa de interés anual	10	\$
Número de años	5	años
Factor de Valor presente	3.7908	
Valor presente P, año 5	211117	U\$

**Fuente: Elaboración propia**



Luego el valor actualizado de 211117 US\$ al año cinco, se actualiza al año cero



$$P = FA \cdot [(1 + i)^n]$$

**Tabla N° 27 Valor presente en el año 0 del monto actualizado en el año 5.**

<b>Valor futuro F</b>	211117.	US\$
Tasa de interés anual	10	%
Número de años	5	
Fact. Recuperación de cap.	0.6209	años
<b>Valor presente P, año cero</b>	131087	US\$

**Fuente: Elaboración propia**

Se obtienen los indicadores financieros VAN, B/C y TIR. Esta última se obtiene con la tasa de interés que hace cero al valor presente.

**Tabla N° 28 Indicadores financieros VAN y Relación B/C**

El valor presente neto total es la suma de los dos valores presentes en el año cero

<b>Valor presente neto, año cero</b>		
Valor de P, serie1	91949	US\$
Valor de P, serie 2	131087	US\$
Valor actual P	223036	US\$
Costo del proyecto	198612	US\$
<b>INDICADORES FINANCIEROS</b>		
VAN	24424	US\$
B/C	1.12	

**Fuente: Elaboración propia**

Los indicadores financieros indican que el proyecto es viable, porque tiene un VAN de 24424 y una Relación Beneficio /Costo de 1,12

Tasa interna de retorno TIR = 12.05 %

Serie 1 beneficios de 1 a 5 años

Serie 2 beneficios de 5 a 10 años

Valor de P seria beneficios de 1 a 10 años.

P: valor presente

### **3.3 ANALISIS DE RESULTADOS**

- El proyecto está técnicamente justificado porque cumple su propósito de transportar el agua del nivel 8 hasta el nivel 5 en condiciones técnicas adecuadas y seguras cumpliendo la normatividad vigente con 3 bombas conectadas de tal manera que 2 trabajan en serie y una en reserva (Stand by) con una potencia instalada de 900 HP y con una potencia de operación de 600 HP.
- El proyecto está económica y financieramente posible porque en un periodo de evaluación de 10 años tiene un VAN de 24424 US\$ y una relación de B/C DE 1.12 y una TIR de 12,05% lo que lo hace rentable.
- Se reduce el consumo de energía de 4062370 KWh a 3161635 KWh que representan un ahorro de energía anual de 54044 dólares, esto ocurre cuando se utilizan bombas propias de compañía GIW LSA 8X10 en lugar de las 10 bombas sumergibles que son alquiladas de terceros.
- Mejor operación y mantenimiento a las 3 bombas estacionarias de compañía de las cuales siempre 2 bombas están en operación en serie y uno en stand by.

## **IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **4.1 Discusión**

En la rentabilidad del proyecto el consumo de Energía tiene un fuerte impacto porque se analizó de la siguiente manera:

- Se logro disminuir el consumo de energía debido a que las bombas que operaban tenían motores eléctricos convencionales operaban con un 53% de eficiencia y los motores eléctricos con el 90% mientras que las nuevas bombas trabajan con una eficiencia de 67% y los motores eléctricos trabajan con el 97% de eficiencia lo que reduce el consumo de energía de 4062370 kWh a 3161635 KWh que representan un ahorro de energía anual de 54044 dólares , por lo que la selección de los motores y bombas son fundamental para la rentabilidad del proyecto.
- Mejora continua en la tecnología de los quipos de bombeo produce importantes ahorros de energía en el análisis económico se demuestra su rentabilidad.

### **4.2 Conclusiones.**

- Se logro mejorar el sistema de bombeo en la mina Huacracoche Unidad Minera Ticlio Volcan S.A.A por lo que los resultados obtenidos al seleccionar los equipos de bombeo cumplen con el requerimiento solicitado por el cliente que es evacuar 180 lps desde el Nivel 8 hasta el Nivel 5, demostrándose técnica y económicamente rentable.
- Se logro seleccionar los equipos adecuados y seguros cumpliendo las condiciones técnicas iniciales dadas.
- Disminución de bombas sumergibles en el deslamador 1, poza 573, se utiliza las 3 bombas GIW LSA 8X10 en la cámara 395 nivel 8 que son propias de compañía y disminución de operadores de bomba en consecuencia disminuyendo estos costos que son reflejados en la valorización mensual.
- Se logro que el equipo Motor - Bomba trabaje con la mayor eficiencia posible para disminuir el consumo de energía, bombas que operaban tenían motores

eléctricos convencionales operaban con un 53% de eficiencia y los motores eléctricos con el 90% mientras que las nuevas bombas trabajan con una eficiencia de 67% y los motores eléctricos trabajan con el 97% de eficiencia.

- Se elimino el rebose de agua en las pozas de bombeo deslamador 1, deslamador 2, poza 0; mejorando el acceso por toda Rampa Ariana.
- En conclusión, el proyecto está técnicamente y económicamente justificado porque en un periodo de evaluación de 10 años tiene un VAN de 24424 US\$ y una relación de B/C DE 1.12 y una TIR de 12,05% lo que lo hace rentable.

## **V. RECOMENDACIONES**

- Respetar los procedimientos de arranque de las bombas GIW LSA 8X10, antes durante y después del arranque de las bombas.
- Se recomienda capacitar al personal de Mantenimiento y a todo el personal que está a cargo de la operación de estas nuevas bombas centrifugas estacionarias GIW LSA 8X10. Con la finalidad de minimizar las fallas de los equipos por mala operación.
- Los operadores de bombas estacionarias deben estar capacitados en el procedimiento para lecturar datos y códigos de falla del MPS 3000 en todas las cámaras de bombeo.
- Verificar la válvula check no debe estar en mal estado y debe ser hermético.
- Se recomienda instalar la sexta línea de descarga a fin de aliviar el exceso de presión ejercida en las 5 tuberías con riesgo a falla por exceso de presión.
- Se requiere monitoreo constante de parámetros eléctricos e hidráulicos en bombas y motores.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

[En línea]

<https://www.rumbominero.com/revista/informes/mineria-subterranea-apostando-por-la-innovacion-y-tecnologias/>

<https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/algunas-observaciones-instalaciones-equipos-bombeo>.

**Marbello Pérez, Ramiro. 2007.** *Bombas Hidráulicas Rotodinámicas Teoría y aplicaciones*. Universidad Nacional de Colombia – Medellín : s.n., 2007.

**Abulnaga, Baha, E. 2002.** *Slurry Systems Handbook*, . New York: : McGraw-Hill, 2002.

**B. Nekraso. 1968.** *Libro de Hidráulica Tercera Edición 1968 Cap. 7* . s.l. : MIR, 1968.

**Compañía Sudamericana de Bombas S.A. Diciembre 2002.** *Manual de Entrenamiento: Selección y aplicación de bombas centrífugas. KSB.* . s.l. : 1ra. Edición , Diciembre 2002.

**Edición, KSB Bombas Hidraulicas S/A 3º. Septiembre 1991.** *Manual de Selección y Aplicación de Bombas Centrifugas*. Septiembre 1991.

— **Septiembre 1991.** *Manual de Selección y Aplicación de Bombas Centrifugas*. Septiembre 1991.

**Flowserve Corporación. 2002.** *Cameron Hydraulic Data, Taneytown* . U.S.A. : s.n., 2002.

— **2009.** *Manual del Ingeniería de Bombas*. Memphis TN, . U.S.A. : s.n., 2009.

**Grundfos. Manual de Ingeniería SP.**

**Hidraulicas, KSB Bombas. Septiembre 1991.** *Manual de Selección y Aplicación de Bombas Centrifugas*. Septiembre 1991.

**López, Joel. Tesis: “Diseño Hidráulico de un Sistema Gravimétrico para Relaves Mineros con un Caudal de 202 m<sup>3</sup>/h y 220 m de Desnivel”.** Lima-Perú : s.n.

*Manual de procedimiento para el cálculo y selección de sistema de bombeo Sistemas Hidroneumáticos C.A.35 años a su servicio.*

**Septiembre 1991.** *Manual de Selección y Aplicación de Bombas Centrifugas KSB BOMBAS HIDRAULICAS S/A*. Septiembre 1991.

**Metso Minerals y (Sweden) AB. . 2011.** *Conceptos Básicos en Bombas de Pulpa. Tercera Edición*. Suecia: Metso. : s.n., 2011.

**Niño Martínez, Cristhian . 2019.** *Dimensionamiento y Selección de un sistema de Bombeo de Relaves aplicado al Requerimiento de una Operación Minera*. 2019.

**ROMERO PARRA, Ruben Percy. 2021.** *Calculo, Selección y Análisis de Fallas en la Puesta en Marcha del Sistema de Bombas para manejo de Pulpa de Mineral de Hierro, en la Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.”. Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.* . Callao - Perú : s.n., 2021.

**S/A, KSB Bombas Hidraulicas. Septiembre 1991.** *Manual de Selección y Aplicación de Bombas Centrifugas*. Septiembre 1991.

**TOYO PUMPS. 2003.** *Teoría Básica sobre bombas centrifugas, Vancouver* -.  
Canadá. : s.n., 2003.

**Weir , Slurry y Group, Inc . 2009.** *Slurry Pump Handbook. Quinta Edición. UK: Weir.*  
2009.

**WEIR GROUP PLC. 2002.** *Slurry Pumping Manual. Primera Edición. New York* : s.n.,  
2002.

**WEIR MINERALS – VULCO. 2010.** *Proyecto Mantenibilidad y Confiabilidad Bombas  
de Pulpa, . Santiago – Chile.* : s.n., 2010.

# **ANEXO**

## CALCULO Y SELECCIÓN DE BOMBAS

### Anexo 1: Formato de ingreso de datos para la selección de la bomba

Ref: ingreso de datos

Datos del proyecto		Valor	Unidad
Datos del Fluido	Fluido	Agua de mina	
	Temperatura	8	°C
	Presión Atmosférica	6.2	m
	Presión de Vapor Peso Especifico	0.1781	Lbs/Pulg2
	Ph	1.08	
		7	
Tubería Succión	Especificación	Ac.al Carbono	
	Material	SCH 40	
	Diámetro Nominal	13.75	Pulg.
	Diámetro Interno	13.75	Pulg.
	Diámetro equivalente	13.75	Pulg.
	Longitud	1.5	m
	Altura Estática	1	m
Factor de fricción C	120		
Tubería de impulsión	Especificación	HDPE SDR 11 160 MM	
	Material	HDPE	
	Diámetro Nominal	11.42	Pulg.
	Diámetro Interno	11.42	Pulg.
	Diámetro equivalente	11.42	Pulg.
	Longitud	800	m
	Altura Estática	120	m
Factor de fricción C	130		
Datos de Motor	Standard	0.85	
	Alta eficiencia	0.9	
	Caudal de diseño	180	lps
	Eff. Hidráulica	68	

Fuente: Elaboración propia



## Anexo 2: Listado de Accesorios

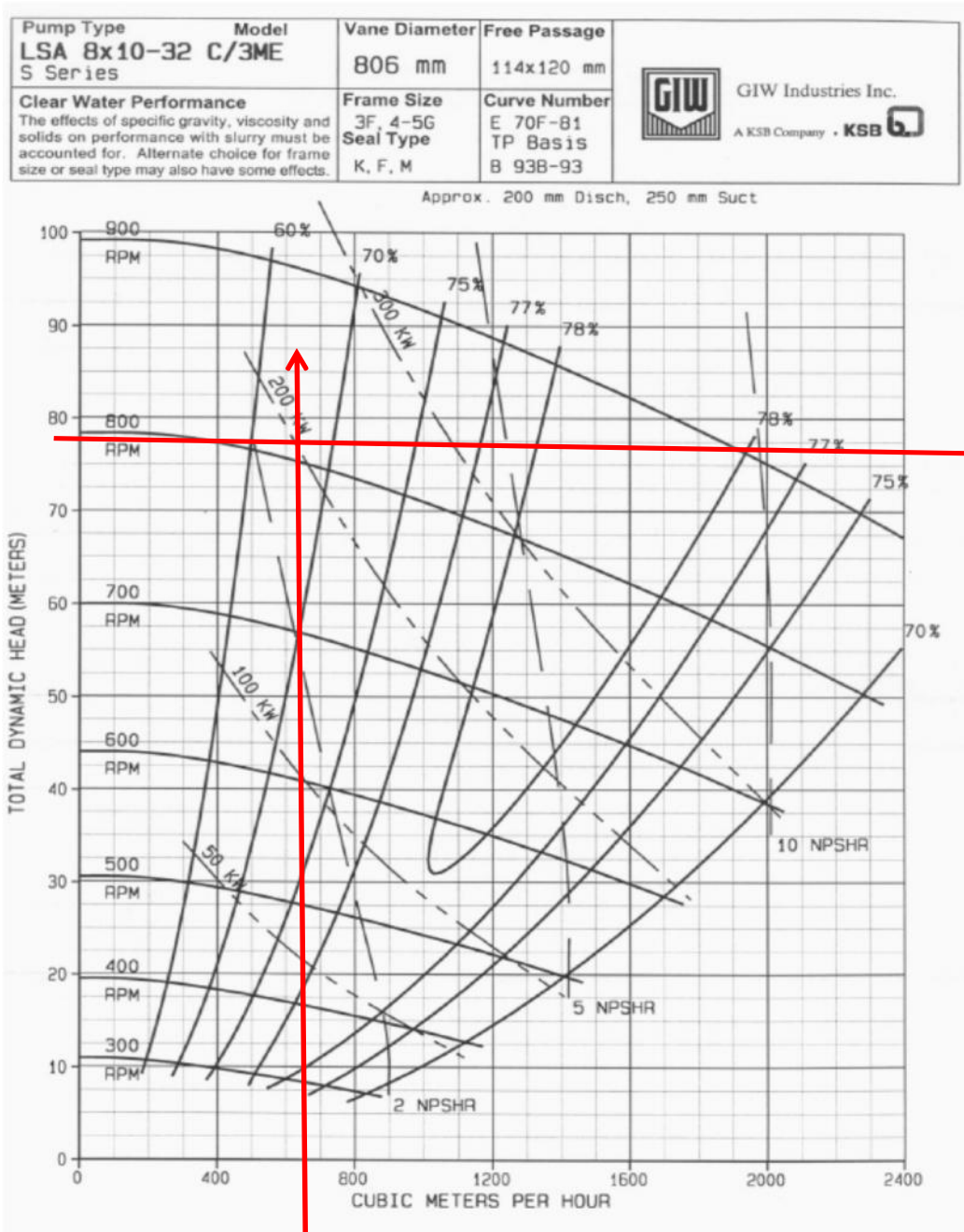
	Descripción	Diam, Sección	Cantidad	K	Total "K"
Succión	Válvula Check	14	0	0.5	0
	Válvula de Compuerta	14	1	0.2	0.2
	Válvula de Globo		0	4.8	0
	Válvula Esférica		0	0.04	0
	Codo Estándar 90°	10	1	0.9	0.9
	Codo RC 90°	0	0	0.28	0
	Codo 45°	10	0	0.22	0
	Strainer	18	1	0.75	0.75
	Junta flexible 14"	14	1	0.3	0.3
	Red. concéntrica 6x8"	6X8	1	0.11	0.15
	tee	10X16	0	0.26	0
					0
			Total K (Succión)		2.3
Impulsión	Válvula Check Swing	10	1	2.5	2.5
	Válvula de Compuerta	10	1	0.2	0.2
	10"		0		0
	Válvula de Globo		0		0
	Válvula Esférica		0	0.42	0
	Codo RL 90°	10	2	0.9	1.8
	Codo RC 90°	10	2	0.4	0.8
	Codo 45°	8X10	1	0.11	0.11
	Red Concéntrica 4x8	10	1	0.11	0.11
	Junta flexible 10"				0.11
					0
				0	
			Total K(Impulsión)		5.52

Fuente: Elaboración propia

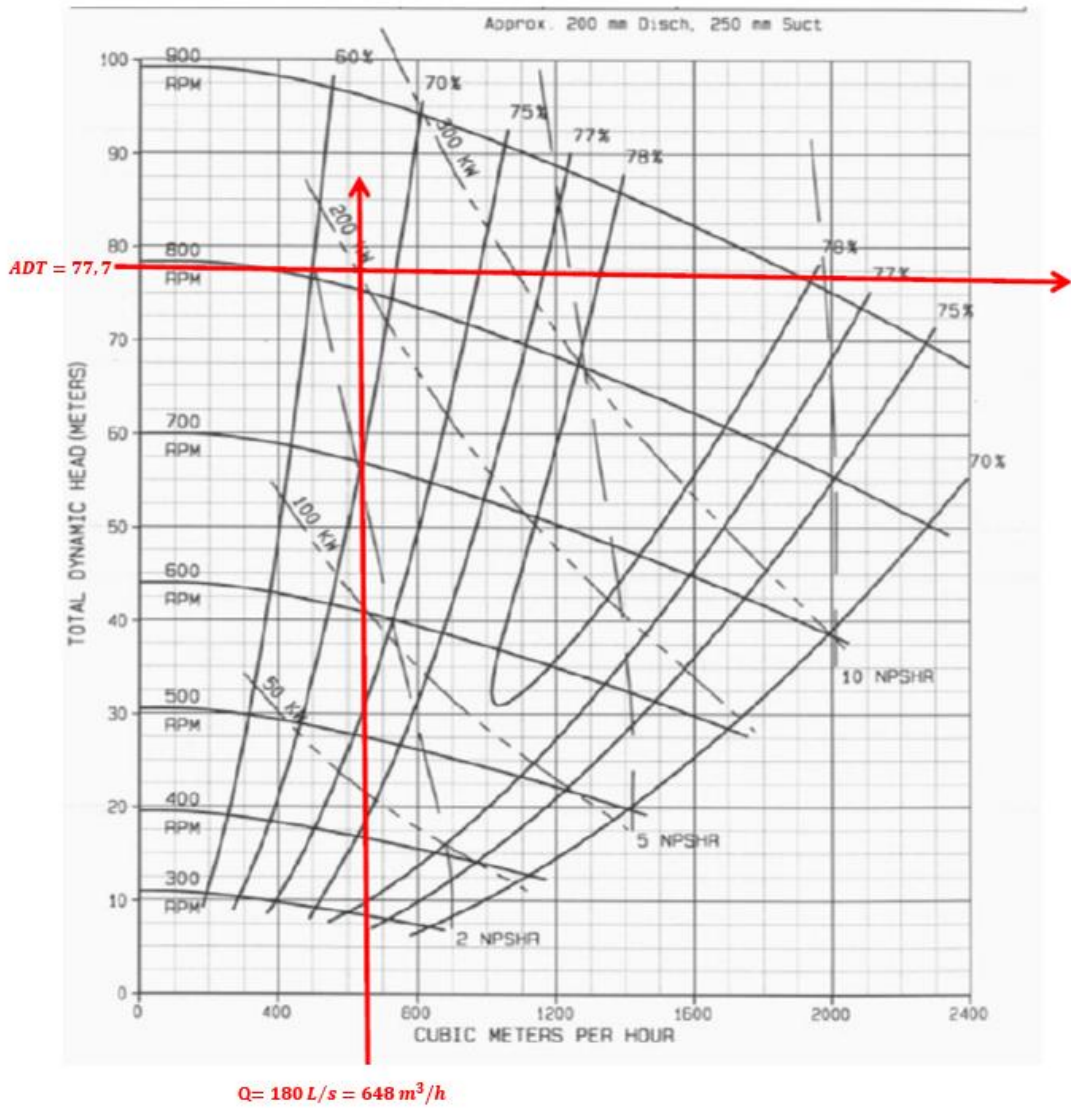
### Anexo 3: Cuadro de resumen datos proyectados

<b>REF: CUADRO RESUMEN</b>		
<b>DATOS PROYECTADOS</b>		
Ubicación de Estación de Bombeo		Ca 395
Punto de Descarga		Ca 05
Altura Estática de Descarga	(m)	120.00
Altura Estática de Succión	(m)	1.00
Longitud de Tubería	(m)	800.00
Fluido	...	Agua de mina
Temperatura	°C	8.00
PH	...	7.00
Peso Especifico	...	1.08
∅ Nominal	(Pulg)	11.42
∅ Interno	(Pulg)	11.42
∅ Equivalente	(Pulg)	11.42
Tubería: Especificación	...	HDPE
Configuración	...	05 línea en paralelo de 6"
Tipo de Succ.	...	Positiva
<b>SELECCION DE BOMBAS</b>		
Marca	...	GW
Tipo	...	CENTRIFUGA
Modelo	...	8 X 10
∅ Impulsor	mm	...
<b>Caudal de Bombeo</b>	<b>(l/s)</b>	<b>180.00</b>
<b>Altura Dinámica Total</b>	<b>(m)</b>	<b>150.78</b>
NPSH d	(m)	6.64
Velocidad de Fluido Succión	m/	1.89
Velocidad de Fluido Descarga	s	2.73
Sumergencia Mínima	m/	0.38
Eficiencia	s	68.00
Velocidad de Rotación-Bomba	(m)	815
Velocidad de Rotación-Motor	%	1773
NPSHr	rpm	2.30
Potencia Hidráulica	rpm	525.16
Potencia Eléctrica	m	552.80
Potencia Recomendada	Hp	608.07
Potencia Comercial	Hp	300.00
Cantidad	Hp	2 Motores de 300 hp
Configuración	Hp	Transmisión Faja y poleas
Relación de transmisión	Un	1:2.17
	d	
Configuración:	...	
Conjunto Motor - Bomba	...	Bomba Estacionaria

## Anexo 4: Curva HQ



## Anexo 5: Curva de altura dinámica vs caudal – bomba GIW LSA 8X10



## Anexo 6: Protocolo de lanzamiento de bomba GIW 8X10 – 300HP cámara 395 NV08

### PROTOCOLO DE LANZAMIENTO DE BOMBA GIW 8X10 - 300 HP - CAMARA 395 NV 08

FECH ..... / ..... / .....

DATO DE MOTORES	
Cantidad:	3
Marca	Tatung
Modelo	WC4004HFB T
Potencia Nominal (HP)	300
Tension Nominal (V)	460
Amp Nominal (A)	341.3
Fases	3
TABLERO DE ARRANQUE	
Tipo de arranque	Y-D
Alimentacion	480V/60HZ
Proteccion	Solcom
Potencia (HP)	300

DATOS DE BOMBAS	
Cantidad	3
Marca	GIW
Modelo	LSA
Tamaño	8 x 10
Succion (Plg)	10
Descarga (Plg)	8
Ø Polea Motor (Plg)	
Ø Polea Bomba (Plg)	
Ratio	
PUNTO DE OPERACIÓN	
Caudal (Lps)	180
ADT (m)	158.45

CONDICIONES DE OPERACIÓN		
Succión	Altura (m)	1.5
	Ø Tub (Plg)	14
	Long. Tub (m)	2
	Material	Sch 40
Descarga	Altura (m)	
	Ø Tub (Plg)	5.11" x Linea
	Long. Tub. (m)	650
	Material	HDEP SDR 11
Fluido	Configuracion	Paralelo - 4L6"
	Ø Equivalente(Plg)	10
	Fluido	Agua de Mina
	PH	6 a 8
	% Solidos	5% Max

### PARAMETROS DE OPERACIÓN

Fecha de pruebas      30.05.17      03:32 p.m.

DESCRIPCION				
	ENSERIADA 1	ENSERIADA A2	ENSERIADA3	ENSERIADA A4
RPM nom Motor		1773		
Serie Motor	2025470	23043441	92009497	
Serie Bomba	GB-810G002	GB-810G001	GB-810G003	
PRUEBA EN VACIO (SIN AGUA)				
APERTURA DE VALVULA DE DESCARGA AL: 0% (0Vueltas)				
V	460.459.456	460.461.459	462.461.463	
A	114.113.114	118.116.117	110.112.112	
Caudal Op (l/s)	0			
Pres. W (Psi)	0	0		
Tiempo (Min)	01 min x bomba			
PRUEBA CON CARGA				
APERTURA DE VALVULA DE DESCARGA AL: 37 % (17 Vueltas)				
V	472.470.466	471.467.466		
A	312.312.318	313.312.318		
Caudal Op (l/s)	180			
Pres. W (Psi)	112	225		
Tiempo (Hrs)	538	533		
Tº Caja de Rod.	75	87		
APERTURA DE VALVULA DE DESCARGA AL: ..... % (.... Vueltas)				
V				
A				
Caudal Op (l/s)				
Pres. W (Psi)				
Tiempo (Min)				

## **Anexo 7: PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE INICIAL DE BOMBAS GIW LSA 8X10 ENSERIADAS – CAMARA 395 NV 08 TICLIO.**

### **I. ANTES DEL ARRANQUE DE LAS BOMBAS**

1. Usar correctamente los EPPS, rellenar 05 puntos.
2. Verificar la condición y estado de herramientas a usarse
3. Verificar el nivel de agua en la poza o en su defecto proceder a llenar de agua la poza considerando como nivel de sumergencia mínimo 1m por arriba de la boca de succión.
4. Configurar las válvulas de compuerta de 10 pulg de tal manera que el bombeo se realice con la bomba 01 y 02 en serie. En tal sentido no se debe alimentar agua a la bomba 03 (Stand By).
5. Aperturar la válvula de cuchilla de 14 pulg. Del tanque de succión correspondiente a la bomba 01.
6. Cerrar las válvulas de desfogue de 4 pulg. Ubicadas en la tubería de descarga contigua a cada una de las bombas.
7. Verificar que las 04 válvula de compuerta de 6 pulg. Ubicadas en el Manifold estén aperturadas al 100%.
8. Verificar que la válvula de Purga de 4 Pulg. Ubicada en el manifold esté cerrada.
9. Verificar que las válvulas de 6 pulg. Pos. 05 y pos. 06 estén cerradas a fin de evitar fugas.
10. Proceder a regular la Válvula de compuerta principal de 10 pulg. Ubicada en la tubería de descarga de la bomba 02 (Aperturar al 10%).
11. Instalar el flujometro en la tubería de descarga de 10 pulg. Luego de la válvula de compuerta de 10 pulg. De la bomba 02.
12. Instalar los manómetros en los siguientes puntos: Succión de B01, Descarga de B01, Descarga de B02.
13. PRECAUCION: antes de arrancar las bombas estacionaria proceder a apagar las bombas sumergibles de pza 0 que tengan conexión común con las líneas que vienen de ca 395 y cerrar las válvulas de 6 pulg para evitar retorna hacia la bomba sumergible, De no apagar las bombas sumergibles se corre el riesgo de falla de tubería por sobrepresión.

### **II. DURANTE EL ARRANQUE DE LAS BOMBAS**

Luego de haber realizado el procedimiento 13 continuar con:

1. Arrancar la bomba estacionaria 01 en modo manual estando la válvula de compuerta de 10 pulgadas al 10% de apertura.
2. Monitorear parámetros: Caudal (Flujometro), presión (Manómetros), corriente (MPS 3000). Registrar.
3. Verificar fugas o desempalmes en las 04 tuberías de 6 pulg. Que salen desde el manifold hasta el Nv 05.
4. De funcionar correctamente las 04 tuberías de 6 pulg. Proceder a arrancar la bomba 02 en modo manual.

5. *Monitorear parámetros: Caudal (Flujometro), presión (Manómetros), corriente (MPS 3000). Registrar.*
6. *Verificar si se presentan fugas o desempalmes en las 04 tuberías de 6 pulg. Desde Nv 08 a Nv 05.*
7. *En caso que se detecte bajo caudal inferior a 160 lps, proceder a aperturar la válvula de compuerta de 10 pulg. Gradualmente evitando superar los 160 lps.*
8. *Repetir procedimiento 05 y 06. Hasta conseguir el caudal deseado y sin sobrepasar los parámetros eléctricos nominales.*
9. *Durante el arranque en todo momento el personal técnico debe de estar verificando estado de fajas y empaquetaduras, de ser necesario apagar los equipos y corregir deficiencias. (Calentamiento o excesivas fugas).*
10. *Luego de obtener el punto de operación deseado (Caudal y Presión), hacer operar los equipos por un periodo de 15 minutos a fin de detectar anomalías o deficiencias.*
11. *Apagar las bombas empezando en forma inversa de B02 a B01. En forma gradual con un intervalo aproximado de 10 segundos.*
12. *Si se apagase las bombas por un largo periodo, configurar las válvulas de ingreso a la poza, las válvulas de salida del manifold y las válvulas en pza 00 a fin de que pueda operar el sistema de bombeo sumergible.*
13. *Si las bombas operan en forma continua dejar la configuración realizada el arranque de los equipos.*
14. *Luego de realizadas todas las pruebas necesarias y no detectado ningún inconveniente se puede arrancar los equipos en forma secuencial.*

Recursos:

06 Supervisores  
02 técnicos electricista  
04 ayudantes.  
02 Camionetas (Con chofer).  
02 operadores de bombas Nv 05 y Nv 093

Anexos: Para comunicación.

Ca 395: 2653  
Pza 0: 2653  
Pza 05: 2637.

**Personal Supervisor presente:**

## Anexo 8 : Procedimiento que permita identificar fallas en los motores

OBJETIVOS				
<p>Disponer de un procedimiento que permita identificar fallas en los motores del sistema de bombeo estacionario.</p> <p>Cumplir con los estándares y procedimientos, cuidando la integridad física del trabajador, deterioro del equipo, el proceso productivo y el medio ambiente.</p>				
1. ALCANCE				
– Técnicos mecánicos, electricistas, bomberos, supervisores.				
2. RESPONSABLE				
Técnicos mecánicos, electricistas, bomberos, supervisores.				
3. PARTICIPANTES EN LA ELABORACION DEL PETS				
4. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)				
<p>Protector, barbiquejo, lentes contra impacto, mameluco con cintas reflectivas, botas de jebe, guantes de maniobra, guantes de neoprene, tapón auditivo, respirador con filtro antigás y filtro para partículas de polvo, correa portalámparas, lámpara minera.</p>				
5. HERRAMIENTAS Y MATERIALES				
Multiampermetro Marca FLUKE Modelo 376, Pirómetro, Juego de Desarmadores, Exagonales, Juego de llaves mixtas.				
6. PROCEDIMIENTO				
Tarea	Riesgos	Aspectos	Controles	Responsable
Después de la paralización de la bomba estacionaria Verificar si hay presencia de energía residual y controlar	Electrocución /Inundación		Seguir procedimientos de operación. Uso de EPPs correspondientes	Operador Bombero Supervisor Geohidraulica
Verificar la temperatura del motor con pirómetro y/o indicadores de temperaturas de los relés.	Electrocución		Registro de de cuaderno de ocurrencias.	Operador Bombero Supervisor Geohidraulica
Verificar el panel del LEDs del Relé MPS 3000				



Pantalla del MPS 3000



LEDs  
Indicadores

ON	Se activa cuando el SOLCON MPS 3000 está activo con el suiministro auxiliar conectada. (Verde)
Stopped	Se activa en condición de motor parado (rojo)
Starting	Responde al comando de arranque del motor, y el promedio de corriente está nominal.
Running	Se activa cuando se ha completado el proceso de arranque. Indica que el promedio cae por debajo de su corriente nominal
Output A	No se usa
Output B	No se usa
Alarm ON	Se activa cuando hay condición de alarma antes de que ocurra una falla. Desactiva al eliminar la falla que pueda ocurrir.
Trip	Indica condición de Disparo por falla. Se desactiva solo cuando se elimina la falla
Internal Failure	Indica falla interna del Rele Solcon MPS 3000

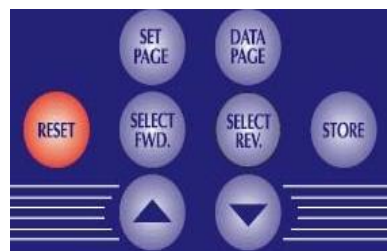
**Para mayores detalles Referirse al Manual MPS 3000, paginas 16 y 17**

Ingresar al panel del Relé MPS 3000 para monitoreo de parámetros de operación

Para Verificar Parámetros de operación y fallas:

MEASURE DATA

Presionar el botón **DATA PAGE** de la pantalla de displays LCD



y se busca hasta que la pantalla LCD muestre:



(Es la primera pantalla que aparece)

Presionar SELECT FWD (Adelante) y SELECT REV (Atrás), para verificar los siguientes parámetros

Vp1	Vp2	Vp3	
230	230	230	V

VL12	VL23	VL31	
400	400	400	V

I1	I2	I3	
100	101	100	A

GROUND CURRENT
0 AMP.

FREQUENCY
50.0 Hz

POWER
563.2 KW

REACTIVE POWER
601.3 KVAR

POWER FACTOR
0.88

T1	T2	T3	
105	104	105	°C

T4	T5	T6	
105	104	105	°C

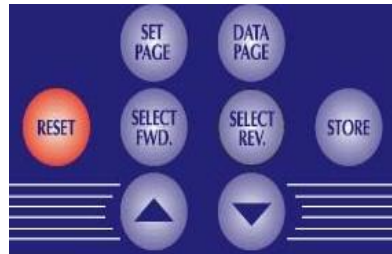
T7	T8	T9	
80	85	???	°C

Registrar en el cuaderno diario de ocurrencias por cada motor, cada 2 horas.  
 Para mayor referencia referirse al manual del Manual del MPS 3000, páginas 21 y 22

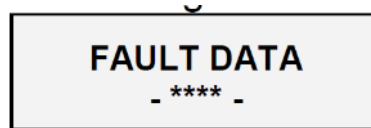
Ingresar al panel del Relé MPS 3000 para identificar fallas s y motivo de parada				
--	--	--	--	--

Para Verificar Parámetros de operación y fallas:  
FAUL DATA

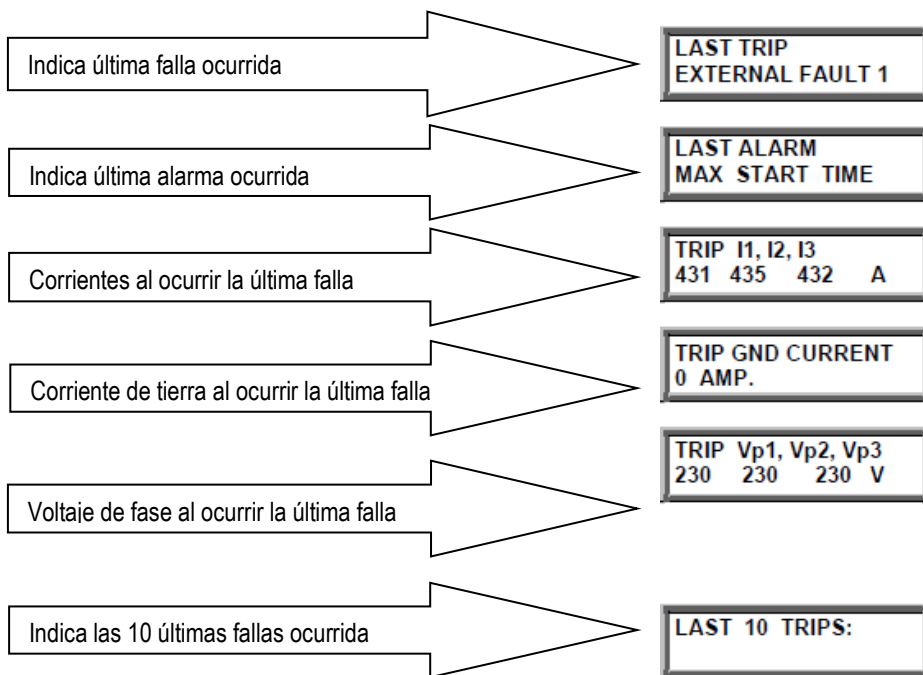
Presionar el botón **DATA PAGE** de la pantalla de displays LCD



y se busca hasta que la pantalla LCD muestre:



Presionar SELECT FWD (Adelante) y SELECT REV (Atrás), para verificar la falla



Para mayor referencia referirse al manual del Manual del MPS 3000, páginas 22

Para identificar las fallas, estas se muestran en forma instantánea al ocurrir cualquier evento:  
Disparo/Alarma por fallas (Tripping/Alarm Default Settings)

FALLA QUE DISPLAYA EL RELE MPS 3000	DESCRIPCIÓN DE FALLA	ACCION DE LA PROTECCIÓN	ACCION POR PARTE DEL OPERADOR
U/V LEVEL	BAJO VOLTAJE, POR DEBAJO DE 90%Vn (Para motores NEMA)	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
U/V DELAY	BAJO VOLTAJE POR MAS DE 30 SEG	ALARMA	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
O/V LEVEL 1	SOBRE VOLTAGE ENCIMA DEL 110% DEL VOLTAJE NOMINAL (Para motores NEMA)	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
O/V LEVEL 2	SOBRE VOLTAGE ENCIMA DEL 120% DEL VOLTAJE NOMINAL	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
MAX. START TIME	CUENTA EL MAXIMO TIEMPO QUE HACE EL CAMBIO DE ESTRELLA TRIANGULO 15 SEG	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
NUMBER OF STARTS	NUMERO DE ARRANQUES 4 MAXIMO	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
U/C LEVEL 1	BAJA CORRIENTE AL 50% DE In (POR VALVULA ESTRANGULADA O POR ACUMULACIÓN DE LODO EN SUCCIÓN DE BOMBAS)	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
U/C LVL 1 DELAY	SI SE MANTIENE POR BAJA CORRIENTE MAS DE 30 SEG	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
U/C LEVEL 2	BAJA CORRIENTE AL 40% DE In (POR VALVULA ESTRANGULADA O POR ACUMULACIÓN DE LODO EN SUCCIÓN DE BOMBAS)	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
LOAD INCREASE	INCREMENTO SÚBITO DE CARGA MAS DEL 20% (CUANDO LA TUBERÍA SE ENCUENTRA CON PÉRDIDA DE COLUMNA/ POR FALLA DE VALVULA CHECK Y/O VALVULA DE DESCARGA)	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
O/C LEVEL 1- JAM	PICO DE CORRIENTE DE ARRANQUE (300% DE LA In)	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
O/C LVL 1 DELAY	TIEMPO DE SOBRECORRIENTE DE PICO /ARRANQUE MAX 3.0 Seg.		LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
O/C LVL 2 - SHORT	SOBRE CORRIENTE INSTANTANEA DE PICO DE ARRANQUE 800% DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA DEL MOTOR	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH
CURRENT UNBALANCE LVL 2	DESBALANCE DE CORRIENTE 15% DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA DEL MOTOR	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A MANTENIMIENTO ELECTRICO EACH

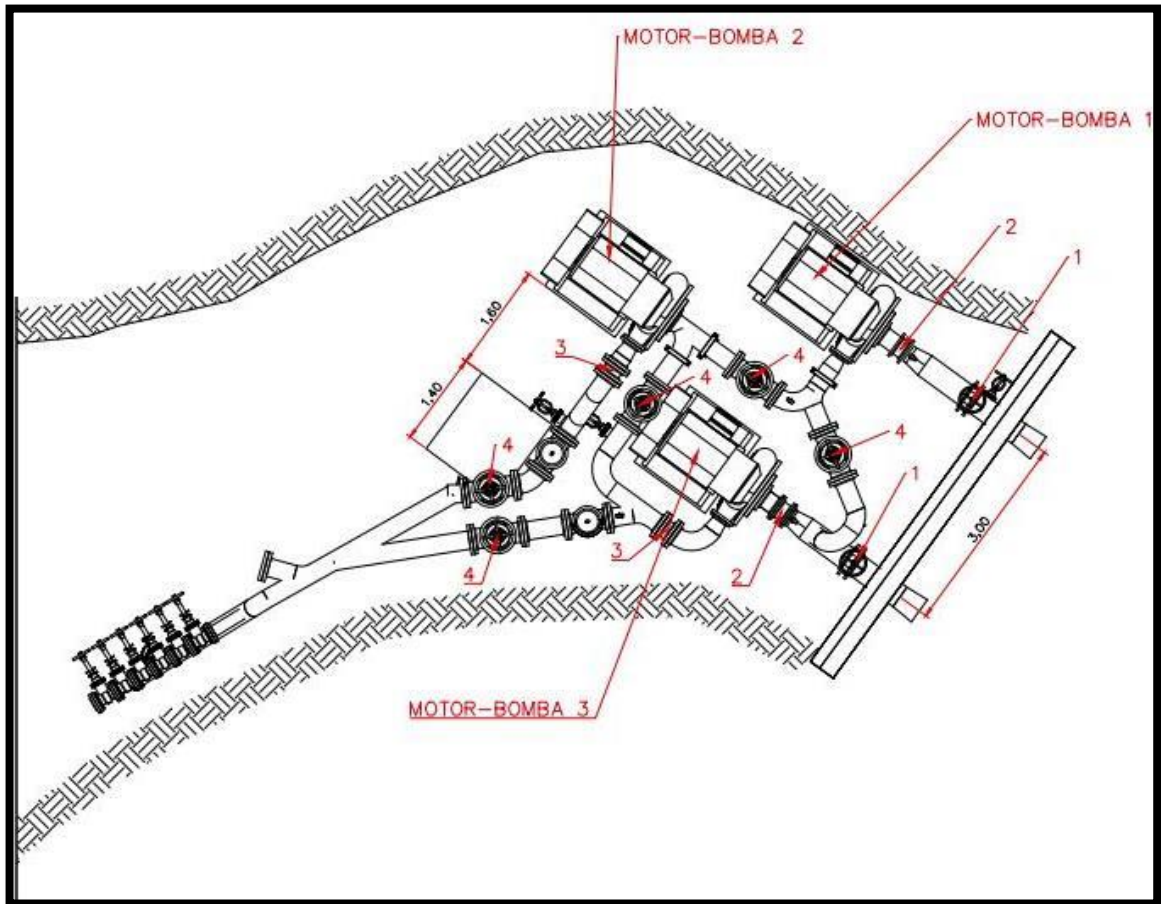
FALLA QUE DISPLAYA EL RELE MPS 3000	DESCRIPCIÓN DE FALLA	ACCION DE LA PROTECCIÓN	ACCION POR PARTE DEL OPERADO
THERMAL LEVEL 1	El MPS3000 Simula el estado térmico del motor y lo almacena en un registro térmico, llamado "CAPACIDAD TÉRMICA" y simula la temperatura del motor. La Capacidad térmica del 100% es equivalente al motor en marcha a la temperatura máxima absoluta permitido. En este punto, el motor debe ser disparado	ALARMA	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH
THERMAL LEVEL 2	Los parámetros que se usan para calcular la capacidad térmica son: <b>CORRIENTE DE SOBRECARGA</b> <b>NUMÉRO DE</b>	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH
UNDER PWR LVL 1	Para un motor en marcha, al falla se produce cuando la potencia del motor disminuye por debajo del ajuste UNDER PWR LVL 1 para un período de tiempo a lo largo de U/P LVL 1 DELAY setting. Por lo general al momento del cambio de arranque. También podría actuar cuando el motor tiene indicios de bajo aislamiento y falla atierra	ALARMA	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH
UNDER PWR LVL 2		DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH
LOW POWER FACTOR	Bajo Factor de Potencia, menor que 0.8 Inductivo (LAG)	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH
T 1 LEVEL 1	Tempertaura del RTD T1 mayor a 100°C	ALARMA	EL OPERADOR DEBE MEDIR CON PIRÓMETRO Y CO FALLA POR TEMPERATURA LUEGO LLAMARA AL E GESOHIDRAULICA PARA CONFIRMAR O DESCA
T 1 LEVEL 2	Tempertaura del RTD T1 mayor a 120°C	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA O LLAMA A M ELECTRICO EACH
HASTA T 8			
TOO MANY STARTS	mas de 4 arranques en 01 hora	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH
PHASE LOSS	Pérdida de una fase de alimentación	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH
PHASE SEQUENCE	Falla por fase invertida	DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH
GND FAULT LEVEL 1	Disparo del motor cuan tiene falla a tierra	ALARMA	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH
GND FAULT LEVEL 2		DISPARO	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH
INTERNAL FAILURE	Falla interna del MPS 3000	ALARMA	LLAMAR AL ELECTRICISTA DE GEOHIDRAULICA PA FALLA, QUIEN A SU VEZ DESCARTA FALLA O LLAMA A ELECTRICO EACH

Para mayors detalles, referirse al manual del MPS 3000 que se adjunta.

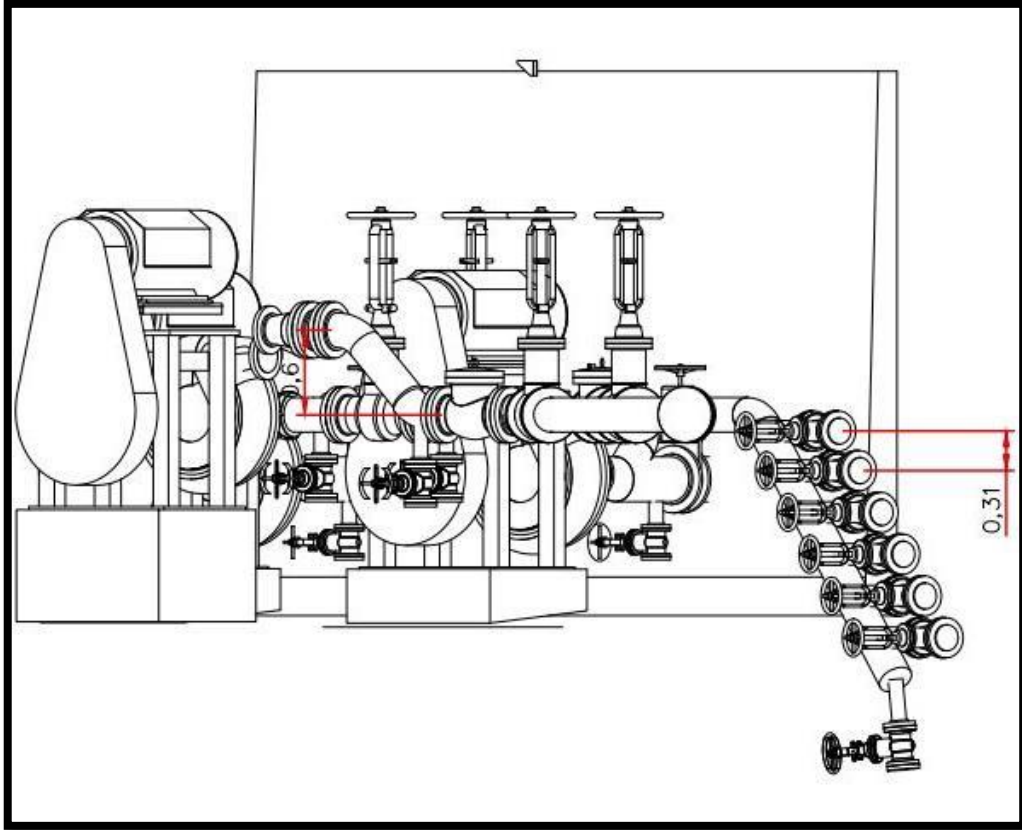
<b>APLICAR PARE</b>				
Detallar condiciones que llevarían a detener la actividad a. Falta de ventilación dentro de la cámara de bombeo b. La válvula check se encuentra en mal estado y no es hermético c. El operador no arranca los motores con las válvula de descarga cerradas. d. Cuando el operador ha sido rotado recientemente sin la capacitación en este procedimiento y los procedimientos de operación del sistema de bombeo estacionario				
<b>DOCUMENTACIÓN ASOCIADA</b>				
Describir la documentación asociada al PETS Ejm: a. IPERC continuo b. ATS c. Manual Relé SOLCON MPS 3000.				

<b>Revisado por:</b>			
Supervisor / Trabajadores	<b>Revisado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado Por:</b>
<b>Fecha:</b>			
	Superintendente/ Jefe de Área	Superintendente de SSO	Gerente de Operaciones
<b>1 Historial de Revisiones</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Revisión</b>			
	<b>Fecha</b>	<b>Modificaciones</b>	

Anexo 9: vista de planta de las tres bombas GIW LSA 8X10

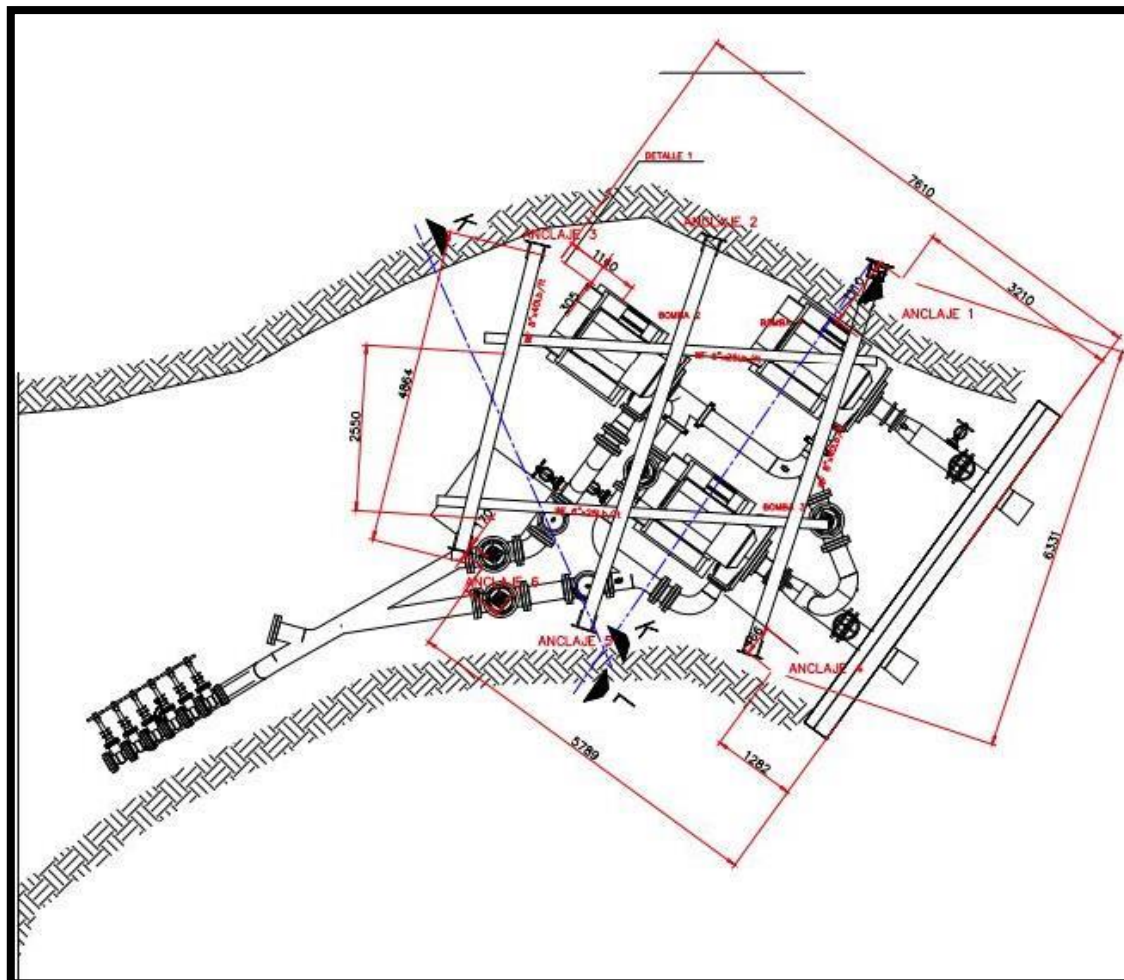


Anexo 10: vista de perfil de las tres bombas GIW LSA 8X10

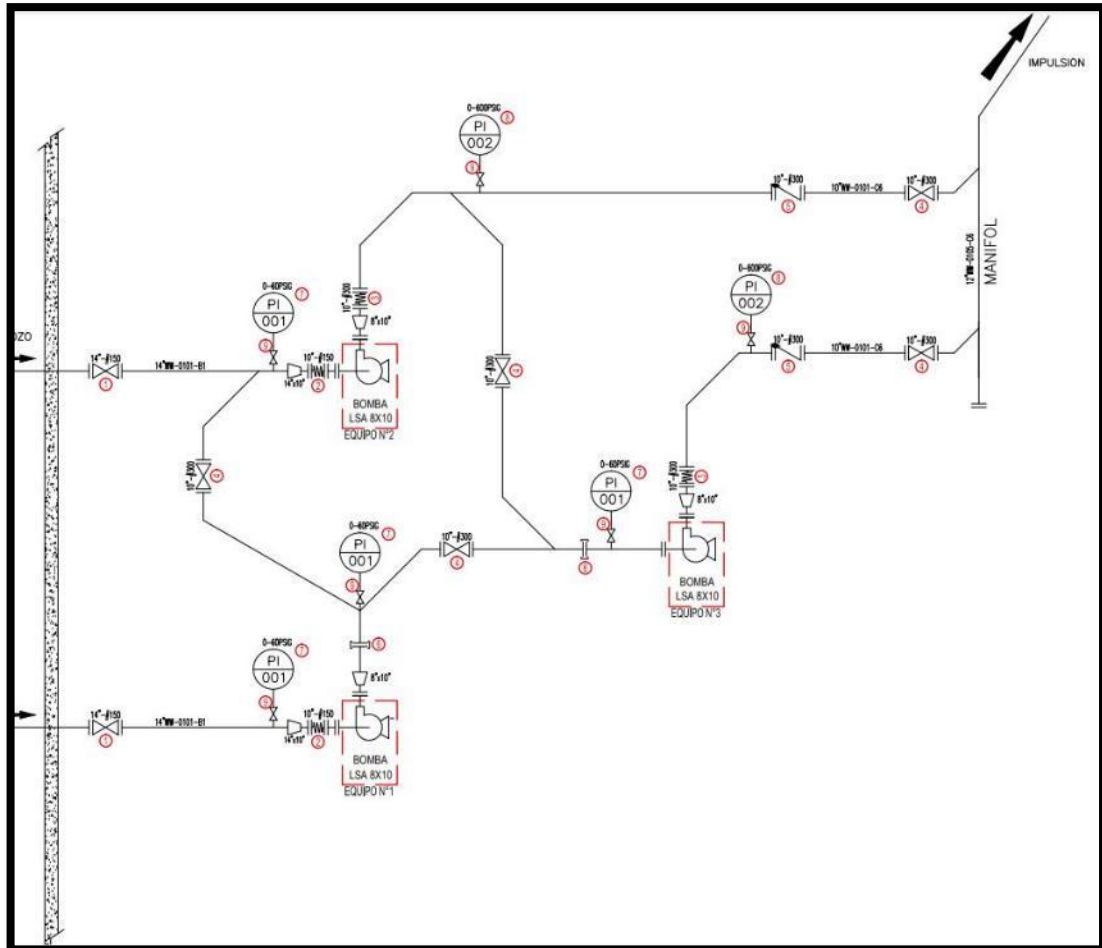




## Anexo 11: Bombas instaladas en la cámara 395 nivel 8



**Anexo 12: Distribución de las tres bombas (GIW LSA 8X10) Trabajando dos en serie y uno en standby**



Anexo 13: Bomba GIW LSA



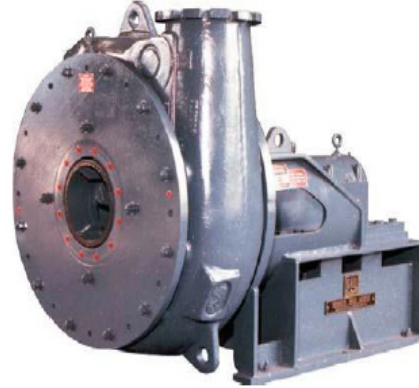
## Anexo 14: Presentación del producto LSA

### Panorama general de la serie

Las bombas de lodos Serie LSA S están diseñadas para uso pesado con flujos de operación de 100-60,000 gpm (20-113,600 m<sup>3</sup>/h). La carga dinámica total es hasta de 300 pies (90 m) por etapa y la potencia nominal es hasta de 2,500 hp (1,850 kW).

### Campos de aplicación

Las bombas de lodos LSA S se utilizan ampliamente en transporte de minerales, descargas de molinos, alimentación de separadores de polvos, residuos de depuración y procesos de plantas. Las LSA S también se pueden usar para limpieza ambiental, extracción de agua (de cabezal bajo), pulpa y papel (transferencia de líquidos), procesos alimenticios (azúcar y remolacha), bombeo de coque y resina y manejo

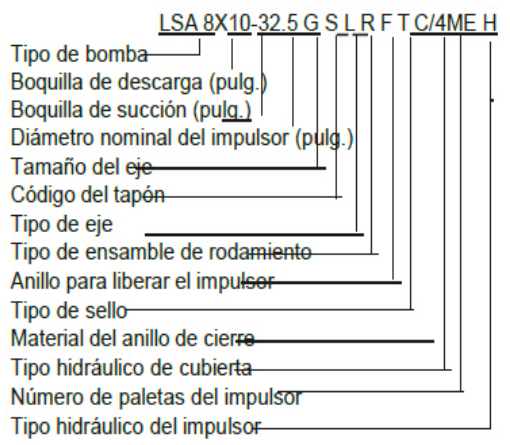


Descarga de 2-26 pulg (50-650 mm)

### 7.1.1 Diseño

Las bombas de lechada LSA S son de baja velocidad, horizontales, con succión por un extremo, y alojamiento horizontal modificado. Aceptan tres o cuatro diseños de impulsor de paletas para una combinación óptima de características de desempeño de succión, eficiencia y desgaste en un amplio rango de operación. La construcción básica de una pared y un corte pesado, el extremo húmedo en metal duro combinado con el ensamble que porta el cartucho provee una confiabilidad máxima y facilidad de mantenimiento.

### 7.1.2 Designación



Código de construcción

Tamaño del eje (opciones estándar)

2	2-15/16
3	3-15/16
4	4-7/16
5	5-7/16
6	6-7/16
7	7-3/16
9	9

Código de tapón (opciones estándar)

D	2.0
F	3.5S G 2C4.5J
6.5	
K	7.75

Tipo de eje

S Rígido W Recto

Tipo de ensamble de rodamiento

L Flotación de extremo limitada  
C Convencional  
U Subacuática

Anillo para liberar el impulsor

R Anillo para liberar el impulsor  
N Sin anillo para liberar el impulsor

**Tipo de sello**

F Empaque, descarga directa  
K Empaque, flujo lento  
B Buje de garganta  
M Sello mecánico

**Material del anillo de cierre**

T Teflón  
M Metal  
N No corresponde

**Tipo hidráulico de carcasa**

A Anular  
C Semivoluta  
T Voluta  
OB No convencional

**Tipo hidráulico de impulsor**

RV Paleta radial  
ME Paleta con alabeo convencional  
HE Alta eficiencia

**Código de construcción**

H Recubrimiento integral del cubo  
L Recubrimiento separado del cubo  
OD Recubrimiento de succión tipo TOD  
HP Alta presión VHP Muy alta presión  
GL Recubierto con gatano RL Recubierto de hule

## Anexo 15: Presentación del producto

TABLA DE INFORMACIÓN DE RANGO DE LAS BOMBAS LSA S								
Número de ensamble	Tamaño normal		Presión máxima de		Paso libre		Intervalos de posición de descarga Grados	Tipo y número de paletas
			operación					
	pulg.	mm	ps i	bar	pulg	mm		
0501x	6x 8-25	150x200-635	180	12.41	3.2x 3.6	81x 92	22.5	4ME
0562x	8x 10-32	200x250-810	172	11.86	3.9x 4.6	99x 117	22.5	4ME
0563x	8X10-32	200x250-810	172	11.86	4.6x 4.6	117x 117	22.5	3ME
0564x , 0566x	8x 10-32	200x250-810	172	11.86	3.9x 4.6	99x 117	15	4ME
0565x , 0567x	8x 10-32	200x250-810	172	11.86	4.6x 4.6	117x 117	15	3ME
0508x , 0510x	10x 12-36	250x300-910	156	10.75	4.0x 6.7	102x 171	15	4ME
0509x , 0511x	10x 12-36	250x300-910	156	10.75	6.3x 6.7	160x 171	15	3ME
0568x , 0570x	12x 14-36	300x350-910	173	11.93	5.1x 8.3	129x 210	15	4ME
0569x , 0571x	12x 14-36	300x350-910	173	11.93	6.4x 8.3	162x 210	15	3ME
0516x	4X6-25	100x150-635	180	12.41	1.5x 1.5	39x 39	22.5	4ME
0517x	2x 3-21	50x75-530	220	15.17	1.0x 1.0	25x 25	45	4RV
0518x	3x 4-21	75x100-530	220	15.17	1.0x 1.0	25x 25	45	4RV
0519x	4X6-21	100x150-530	220	15.17	2.5X2.8	63X71	45	4RV
0521x	8x 10-25	200x250-635	163	11.24	2.4x 4.9	63x 125	22.5	4RV
0522x , 0525x	10x 12-32	250x300-810	140	9.65	3.7x 6.7	95X171	15	4RV
0527x	16x 16-39	400x400-990	120	8.27	5.8x 8.2	148x 209	15	4ME
0530x , 0532x	16x 16-39	400x400-990	126	8.68	4.4x 8.7	112x 222	30	4ME
0534x , 0536x	16x 18-44	400x450-1115	165	11.37	5.5x 7.6	141x 193	18	4ME
0535x , 0537x	16x 18-44	400x450-1115	165	11.37	7.6X7.6	193x 193	18	3ME
0538x , 0540x	18x 18-44	450x450-1115	160	11.03	6.3x 11.6	161x 295	18	4ME
0539x , 0541x	18x 18-44	450x450-1115	160	11.03	8.9x 11.6	226x 295	18	3ME
0546x , 0547x	20x 20-48	500x600-1220	105	7.24	9.7x 13.0	247x 330	9	4RV
0548x	20x 20-48	500x600-1220	130	8.96	9.7x 13.0	247x 330	15	4RV
0549x	20x 24-48	500x600-1220	113	7.79	6.1x 13.0	155x 330	15	4ME
0550x	22x 24-54	550x600-1370	186	12.82	8.1x 13.5	208x 343	18	4ME
0551x	26x 28-58	650x700-1470	91	6.27	8.6x 11.7	218x 298	15	4ME

### Posiciones de descarga

La dirección de rotación es hacia la derecha desde el extremo de la transmisión. La descarga vertical es estándar.

## Anexo 16: Especificaciones de la LSA S

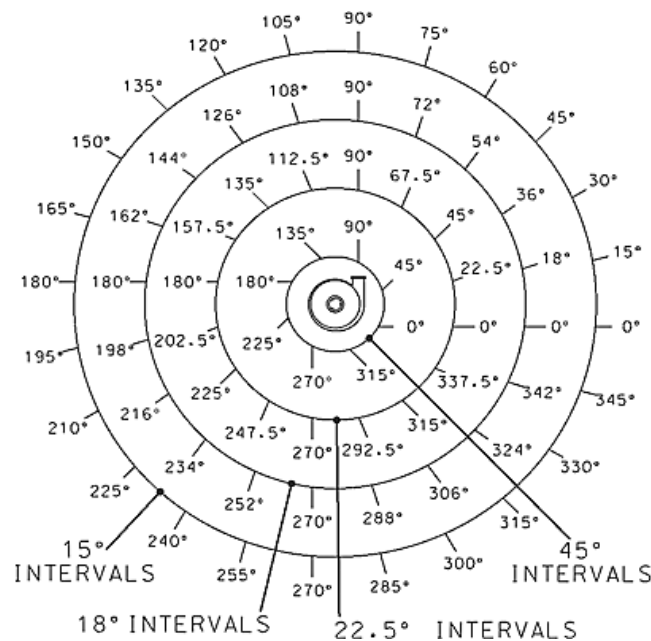
Capacidades (Q máx.) 100-60,000 gpm  
20-13,600 m<sup>3</sup>/h

Cabezales (H máx.) 300 pies  
90 m

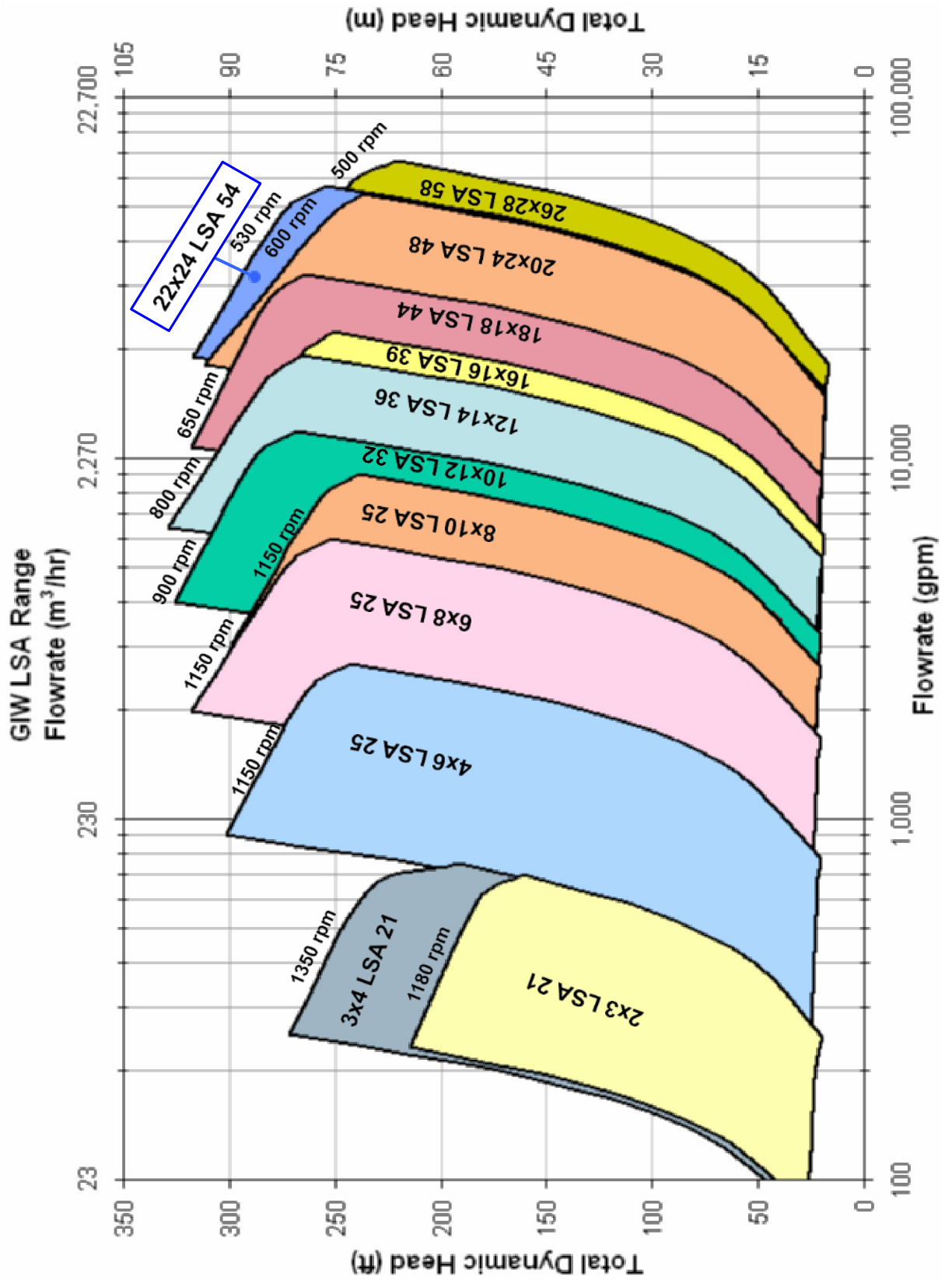
El límite de temperatura normal es de 150° F (65° C). Consulte en la fábrica los materiales y las configuraciones para temperaturas por arriba de 150° F o las opciones de materiales adecuados para su aplicación particular.

### Materiales

No.	Elemento	Estándar	Alternativo
101	Carcasa	Gasite® W D28G	Gasite® W D28G
230	Impulsor	Gasite® W D28G	Gasite® W D28G
16-1	Placa de succión	Hierro dúctil	Hierro dúctil
13-19	Recub. de	Gasite® 18G	Gasite® W D28 G
332	Pedestal	Acero Fab	Acero Fab
210	Eje	Acero 4150	Acero 4340HT
451	Caja de carga	Hierro gris	Hierro gris
524	Manga del eje	Acero recubierto de carburo	Acero recubierto de carburo
350	Caja de	Hierro gris	Hierro gris



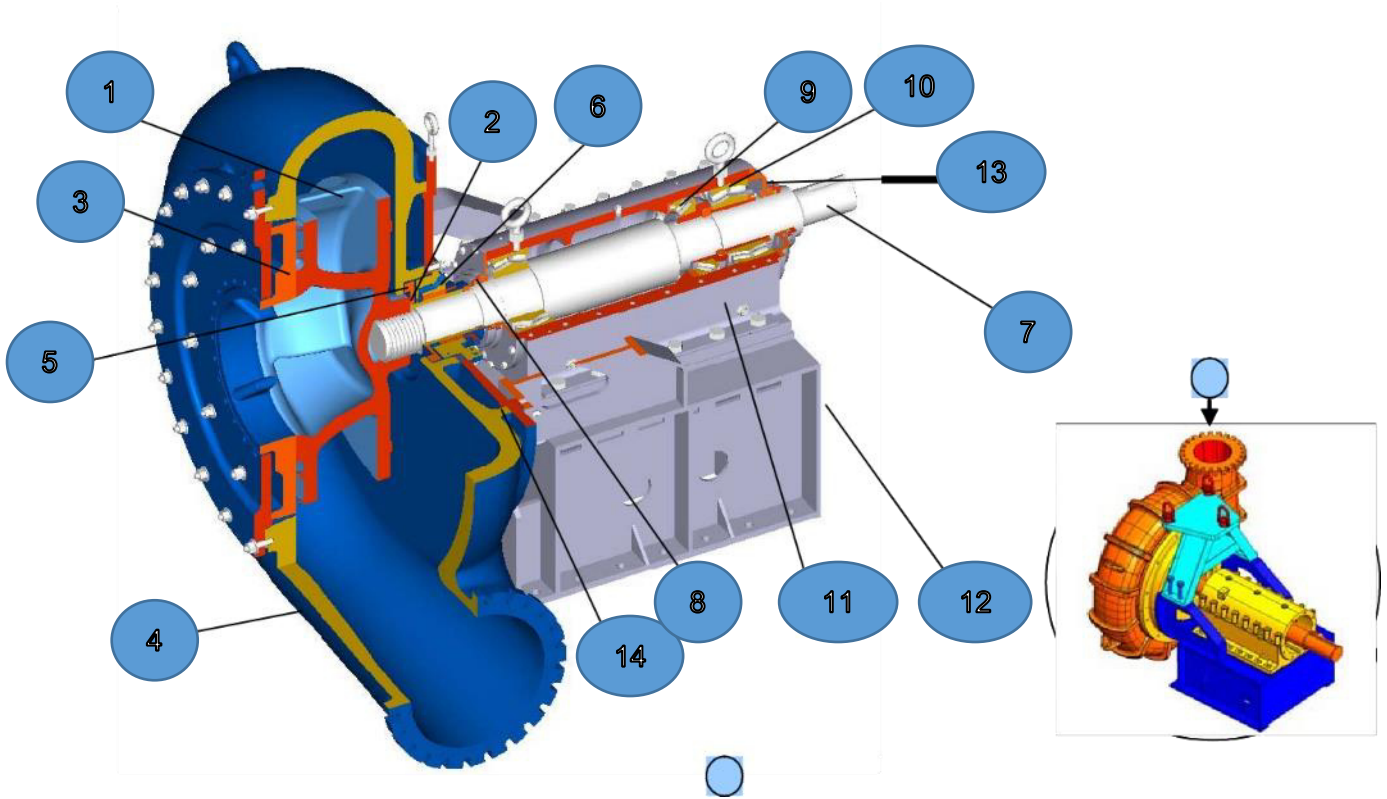
Anexo 17: Altura dinámica vs Caudal





## Anexo 18: Bombas LSA S Modelo GIW

Bajo mantenimiento, uso pesado, resistente a la abrasión



### Partes de desgaste

- 1 El impulsor está diseñado para una operación Resiste al desgaste en lodos altamente abrasivos Abrasivos, utilizando el programa de computación De simulación de flujo de GIW
- 2 Dos empaques de aramida ayudan para extraer El impulsor
- 3 El recubrimiento de succión reemplazable facilita la inspección interna de la bomba y minimiza el costo de uso de la pieza de desgaste. El recubrimiento se puede girar a intervalos para incrementar la vida de desgaste
- 4 La carcasa de la bomba está diseñada por computadora Para optimizar el desgaste y la eficiencia

e

## Sello de la bomba

5 La placa de desgaste reemplazable maximiza la vida De la caja de carga

6 Manga del eje con recubrimiento duro de carburo fusionando Para maximizar la vida del empaque

## Extremo mecánico

7 Eje rígido y sólido que mejora la vida De desgaste del extremo mecánico Y la caja de carga

8 Anillo de liberación del impulsor Para extraerlo con facilidad. Esta Característica es estándar en tamaños De bombas mas grandes

9 Anillo retenedor de resorte que localiza los resortes de precarga del rodamiento de empuje para la carga de empuje axial correcta

10 Los rodamientos radiales tienen un diseño para uso pesado, de auto alineación, doble hilera y de rodillos esféricos

11 El ensamble de rodamientos de cartucho divisible facilita la inspección y el mantenimiento.

12 Los ajustes precisos de separación del impulsor se hacen fácilmente con el tornillo de ajuste

13 Los sellos de laberinto protegen los rodamientos

## Alineación rápida

14 Ajustes de rebaje maquinados en el pedestal apoyan la carcasa y permiten alinear los componentes.

15 El ensamble de la bomba de rápida liberación GIW está disponible para la carga de circuitos de molinos, lo cual permite una reconversión rápida y conveniente de las bombas existentes.

## Intercambiabilidad

Para optimizar la vida de desgaste y la eficiencia, se pueden usar diversas opciones de diseño hidráulico y de materiales en el mismo extremo mecánico

Anexo 18: cuadro de optimización de la vida, desgaste y eficiencia

Total Dynamic Head(m)	Carga dinámica total (m)
GIW LSA Range Flowrate (m3/hr)	Rango de la GW LSA Velocidad de flujo (m3/hr)
Total Dynamic Head(ft)	Carga dinámica total (m)
Flowrate (gpm) RPM SHOWN IS MAXIMUM AT CLASS TWO DUTY	Velocidad de flujo (gpm) LAS RPM MOSTRADAS SON MÁXIMAS EN CARGA CLASE DOS

## Anexo 19: Densidad del agua líquida entre 0 °C y 100 °C

[www.vaxasoftware.com](http://www.vaxasoftware.com)

Presión externa: 1 atm = 101 325 Pa

Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

[www.vaxasoftware.com](http://www.vaxasoftware.com)

## Anexo 20: Viscosidad dinámica del agua líquida a varias temperaturas

[www.vaxasoftware.com](http://www.vaxasoftware.com)

Temperatur a °C	Viscosid ad dinámic a kg / (m·s)	Temperatur a °C	Viscosid ad dinámic a kg / (m·s)	Temperatur a °C	Viscosid ad dinámic a kg / (m·s)
0	0,001792	34	0,000734	68	0,000416
1	0,001731	35	0,000720	69	0,000410
2	0,001674	36	0,000705	70	0,000404
3	0,001620	37	0,000692	71	0,000399
4	0,001569	38	0,000678	72	0,000394
5	0,001520	39	0,000666	73	0,000388
6	0,001473	40	0,000653	74	0,000383
7	0,001429	41	0,000641	75	0,000378
8	0,001386	42	0,000629	76	0,000373
9	0,001346	43	0,000618	77	0,000369
10	0,001308	44	0,000607	78	0,000364
11	0,001271	45	0,000596	79	0,000359
12	0,001236	46	0,000586	80	0,000355
13	0,001202	47	0,000576	81	0,000351
14	0,001170	48	0,000566	82	0,000346
15	0,001139	49	0,000556	83	0,000342
16	0,001109	50	0,000547	84	0,000338
17	0,001081	51	0,000538	85	0,000334
18	0,001054	52	0,000529	86	0,000330
19	0,001028	53	0,000521	87	0,000326
20	0,001003	54	0,000512	88	0,000322
21	0,000979	55	0,000504	89	0,000319
22	0,000955	56	0,000496	90	0,000315
23	0,000933	57	0,000489	91	0,000311
24	0,000911	58	0,000481	92	0,000308
25	0,000891	59	0,000474	93	0,000304
26	0,000871	60	0,000467	94	0,000301
27	0,000852	61	0,000460	95	0,000298
28	0,000833	62	0,000453	96	0,000295
29	0,000815	63	0,000447	97	0,000291
30	0,000798	64	0,000440	98	0,000288
31	0,000781	65	0,000434	99	0,000285
32	0,000765	66	0,000428	100	0,000282
33	0,000749	67	0,000422		

[www.vaxasoftware.com](http://www.vaxasoftware.com)

## ANEXO 21: TUBOS DE POLIETILENO ISO 4427 PE100

PE100	SDR 7,4 PN 25		SDR 9 PN 20		SDR 11 PN 16		SDR 13,6 PN 12,5		SDR 17 PN 10	
	Diámetro Nominal (mm.)	Espesor (mm.)	Peso (kg/m.)	Espesor (mm.)	Peso (kg/m.)	Espesor (mm.)	Peso (kg/m.)	Espesor (mm.)	Peso (kg/m.)	Espesor (mm.)
16	2.30	0.10	2.00	0.09	-----	-----	-----	-----	-----	-----
20	3.00	0.16	2.30	0.13	2.00	0.12	-----	-----	-----	-----
25	3.50	0.24	3.00	0.21	2.30	0.17	2.00	0.15	-----	-----
32	4.40	0.39	3.60	0.33	3.00	0.28	2.40	0.23	2.00	0.20
40	5.50	0.61	4.50	0.51	3.70	0.43	3.00	0.36	2.40	0.30
50	6.90	0.94	5.60	0.79	4.60	0.67	3.70	0.55	3.00	0.45
63	8.60	1.48	7.10	1.27	5.80	1.06	4.70	0.88	3.80	0.72
75	10.30	2.11	8.40	1.78	6.80	1.48	5.60	1.24	4.50	1.02
90	12.30	3.03	10.10	2.56	8.20	2.14	6.70	1.78	5.40	1.46
110	15.10	4.53	12.30	3.81	10.00	3.17	8.10	2.63	6.60	2.18
125	17.10	5.83	14.00	4.93	11.40	4.11	9.20	3.39	7.40	2.78
140	19.20	7.33	15.70	6.17	12.70	5.12	10.30	4.25	8.30	3.49
160	21.90	9.54	17.90	8.04	14.60	6.73	11.80	5.55	9.50	4.55
180	24.60	12.06	20.10	10.17	16.40	8.50	13.30	7.04	10.70	5.76
200	27.40	14.91	22.40	12.57	18.20	10.48	14.70	8.64	11.90	7.10
225	30.80	18.85	25.20	15.91	20.50	13.27	16.60	10.97	13.40	9.01
250	34.20	23.27	27.90	19.56	22.70	16.32	18.40	13.51	14.80	11.04
280	38.30	29.18	31.30	24.58	25.40	20.46	20.60	16.93	16.60	13.87
315	43.10	36.93	35.20	31.10	28.60	25.90	23.20	21.45	18.70	17.57
355	48.50	46.83	39.70	39.50	32.20	32.87	26.10	27.20	21.10	22.36
400	54.70	59.48	44.70	50.10	36.30	41.73	29.40	34.49	23.70	28.25
450	61.50	75.24	50.30	63.44	40.90	52.85	33.10	43.69	26.70	35.80
500	-----	-----	55.80	78.17	45.40	65.21	36.80	53.90	29.70	44.23
560	-----	-----	62.50	98.08	50.80	81.69	41.20	67.63	33.20	55.41
630	-----	-----	70.30	124.11	57.20	103.51	46.30	85.48	37.40	70.18
710	-----	-----	79.30	158.00	64.50	131.70	52.20	108.77	42.10	89.18
800	-----	-----	89.30	200.47	72.60	167.02	58.80	137.97	47.40	113.09
900	-----	-----	-----	-----	81.70	211.41	66.20	174.79	53.30	143.05
1000	-----	-----	-----	-----	90.20	259.55	72.50	212.89	59.30	176.80
1200	-----	-----	-----	-----	-----	-----	88.20	310.44	67.90	243.52

[www.tigre.pe](http://www.tigre.pe) ficha técnica

Anexo 22: Tuberías de acero, Tabla de Dimensiones, Pesos y Presiones de Prueba.



**Tabla de Dimensiones, Pesos y Presiones de Prueba.**

Diámetro exterior		Peso	Espesor	Diámetro interior	Desig.	Minima Presión de Prueba KPa x 100													
NPS	Nominal					Grado A		Grado B		Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado	Grado		
10"	10 3/4"	273.1	26.54	4.0	265.1		36	45	42	52	72	78	88	95	102	110	119	137	
			31.76	4.8	236.5		43	54	50	63	86	94	107	114	123	133	143	165	
			34.35	5.2	262.7		-	-	-	-	93	102	115	124	133	144	155	178	
			36.94	5.6	261.9		50	63	59	74	100	110	124	134	143	155	167	192	
			42.09	6.4	260.3		58	72	68	84	114	125	142	152	163	177	191	207	
			46.57	7.1	258.9		64	81	75	94	127	140	158	170	183	198	207	207	
			51.03	7.8	257.5		71	89	83	103	141	154	174	187	200	207	207	207	
			56.72	8.7	255.7		79	99	92	116	157	172	195	207	207	207	207	207	
			60.50	9.3	254.5	STD	84	105	99	123	167	183	207	207	207	207	207	207	
			71.72	11.1	250.9		101	126	118	147	200	207	207	207	207	207	207	207	
			81.55	12.7	247.7	XS	-	-	-	-	207	207	207	207	207	207	207	207	
			51.26	14.3	244.5		130	162	152	189	207	207	207	207	207	207	207	207	
			100.85	15.9	241.3		144	181	168	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			114.99	18.3	236.5		166	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			128.27	20.6	231.9		187	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			137.36	22.2	228.7		193	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			146.30	23.8	225.5		193	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			155.15	25.4	222.3	XXS	193	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
188.75	31.8	209.5		193	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207				
14"	14"	355.6	41.52	4.8	346.0		33	41	39	48	66	72	82	88	94	102	110	126	
			44.93	5.2	345.2		36	45	42	52	-	-	-	-	-	-	-	-	137
			45.78	5.3	345.0		-	-	-	-	74	81	92	99	105	114	123	140	
			48.33	5.6	344.4		-	-	-	-	77	84	95	103	110	119	128	148	
			55.11	6.4	342.8		44	55	52	65	88	96	109	117	125	136	147	169	
			61.02	7.1	341.4		50	62	58	72	99	108	122	132	141	153	165	187	
			67.74	7.9	339.8		55	69	65	81	110	120	136	146	156	169	183	207	
			74.42	8.7	338.2		61	76	71	89	121	132	150	161	173	187	201	207	
			81.08	9.5	336.6	STD	66	83	77	97	132	144	163	176	188	204	207	207	
			87.71	10.3	335.0		-	-	-	-	143	156	176	190	204	207	207	207	
			94.30	11.1	333.0		78	97	90	113	154	169	191	205	207	207	207	207	
			100.86	11.9	331.8		-	-	-	-	165	181	204	207	207	207	207	207	
			107.39	12.7	330.2	XS	89	11	103	130	176	192	207	207	207	207	207	207	
			120.36	14.3	327.0		100	125	116	145	198	207	207	207	207	207	207	207	
			133.19	15.9	323.8		111	138	130	161	207	207	207	207	207	207	207	207	
			145.91	17.5	320.6		122	152	142	178	207	207	207	207	207	207	207	207	
			158.49	19.1	317.4		133	166	155	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			170.18	20.6	314.4		144	180	168	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			182.58	22.2	311.2		155	193	181	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			194.74	23.8	308.0		166	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			206.83	25.4	304.8		177	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			218.79	27.0	301.6		189	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			230.63	28.6	298.4		193	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207	
			253.31	31.8	292.1		193	193	193	193	207	207	207	207	207	207	207	207	

**Anexo 23: Coeficientes de accesorios (CONAGUA 2002)**

Pieza, conexión o dispositivo	$K_f$
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfallera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24



## Anexo 24: RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	$\epsilon$ (mm)	Material	$\epsilon$ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

## Anexo 25: DATOS ELECTRICOS. W22 - Eficiencia Premium - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I/In		Par de arranque Ta/Tn	Par máximo Tm/Tn	Inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máx. con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	460 V						Corriente nominal In (A)	
													RPM	% de la potencia nominal			Factor de potencia			
														Rendimiento			Factor de potencia			
HP	KW			Letra	la/ln			Caliente	Frío				50	75	100	50	75	100		

### II polos

1	0,75	143/5T	2,02	L	8,2	2,8	3,4	0,0014	22	48	16,5	68,0	3480	75,0	79,0	81,5	0,63	0,74	0,80	1,44
1,5	1,1	143/5T	3,02	L	8,9	3,5	3,8	0,0020	21	46	18,5	68,0	3490	81,5	84,0	84,0	0,70	0,80	0,84	1,96
2	1,5	143/5T	4,04	L	8,9	3,5	3,8	0,0026	17	37	23,5	68,0	3475	82,5	85,5	85,5	0,71	0,80	0,86	2,56
3	2,2	182/4T	5,99	K	8,6	2,5	3,8	0,0080	41	90	40,0	69,0	3515	82,5	86,5	86,5	0,75	0,84	0,88	3,63
5	3,7	182/4T	10,0	J	7,6	2,3	3,5	0,0094	25	55	40,0	69,0	3500	86,5	88,5	88,5	0,76	0,85	0,89	5,90
7,5	5,5	213/5T	15,0	H	7,2	2,1	3,0	0,0197	27	59	63,0	72,0	3520	87,5	89,5	89,5	0,75	0,84	0,88	8,76
10	7,5	213/5T	20,0	H	7,2	2,2	2,9	0,0268	24	53	74,0	72,0	3520	89,5	90,2	90,2	0,79	0,87	0,90	11,6
15	11	254/6T	29,9	G	6,7	2,2	2,7	0,0530	25	55	107	72,0	3530	89,5	91,0	91,0	0,77	0,85	0,88	17,2
20	15	254/6T	39,9	G	6,1	2,0	2,4	0,0647	21	46	122	72,0	3520	91,0	91,7	91,0	0,82	0,87	0,89	23,2
25	18,5	284/6TS	49,7	G	6,3	2,0	2,5	0,1135	17	37	164	72,0	3535	91,0	91,7	91,7	0,82	0,87	0,89	28,5
30	22	284/6TS	59,6	G	6,3	2,0	2,5	0,1419	15	33	178	72,0	3535	91,7	91,7	91,7	0,82	0,87	0,89	33,8
40	30	324/6TS	79,0	G	6,3	2,3	2,4	0,2063	22	48	248	78,0	3555	91,7	92,4	92,4	0,82	0,87	0,89	45,8
50	37	324/6TS	98,9	F	6,2	2,2	2,3	0,2422	23	51	265	78,0	3550	93,0	93,0	93,0	0,83	0,87	0,89	56,1
60	45	364/5TS	118	G	6,6	2,0	2,6	0,4485	14	31	374	79,0	3560	91,7	93,0	93,6	0,81	0,88	0,90	67,0
75	55	364/5TS	148	G	6,7	2,0	2,6	0,5023	10	22	384	79,0	3555	92,4	93,6	93,6	0,83	0,88	0,90	81,9
100	75	404/5TS	198	G	6,5	2,0	2,4	0,5561	14	31	474	79,0	3545	93,0	94,1	94,1	0,85	0,90	0,91	110
125	90	444/5TS	246	G	6,6	2,0	2,5	1,41	29	64	725	81,0	3570	93,6	94,5	95,0	0,82	0,87	0,89	134
150	110	444/5TS	295	G	6,5	1,8	2,4	1,65	22	48	775	81,0	3570	94,1	95,0	95,0	0,83	0,88	0,89	163
200	150	445/7TS	394	G	6,5	2,1	2,3	1,88	14	31	868	81,0	3570	95,0	95,4	95,4	0,86	0,89	0,90	219
250	185	447/9TS	493	F	6,5	2,0	2,2	2,12	18	40	979	81,0	3565	95,4	95,8	95,8	0,87	0,90	0,91	266
300	220	447/9TS	590	G	6,8	2,1	2,4	2,45	14	31	1154	81,0	3570	95,4	95,8	95,8	0,86	0,89	0,90	320
350	260	586/7TS	687	G	6,6	1,6	2,3	5,75	28	62	1642	84,0	3580	95,4	96,2	96,2	0,86	0,90	0,91	373
400	300	586/7TS	785	G	6,8	1,8	2,2	5,15	48	106	1700	84,0	3580	95,8	96,2	96,2	0,88	0,90	0,91	430
450	330	586/7TS	883	F	6,6	2,0	2,3	5,58	34	75	1777	84,0	3580	95,8	96,2	96,2	0,88	0,90	0,91	473
500	370	586/7TS	981	G	6,8	2,2	2,4	6,01	39	86	1853	84,0	3580	95,8	96,2	96,2	0,88	0,90	0,91	530
550	400	588/9TS	1078	G	7,4	2,3	2,7	6,54	33	73	2000	89,0	3585	96,0	96,5	96,5	0,84	0,89	0,90	578
600	440	588/9TS	1176	H	7,4	2,3	2,7	6,54	33	73	2000	89,0	3585	96,0	96,5	96,5	0,84	0,89	0,90	650
650	480	588/9TS	1274	G	7,1	2,0	2,4	7,40	56	123	2102	89,0	3585	96,1	96,6	96,6	0,86	0,90	0,91	685
700	515,2	588/9TS*	1371	G	7,2	2,3	2,5	7,72	34	75	2179	89,0	3585	96,2	96,6	96,6	0,86	0,90	0,91	736

### Opcionales

3	2,2	143/5T	6,09	J	8,1	3,3	3,6	0,0026	14	31	23,5	68,0	3460	85,5	86,5	86,5	0,70	0,81	0,86	3,71
3	2,2	145T	6,09	J	8,1	3,3	3,6	0,0026	14	31	23,5	68,0	3460	85,5	86,5	86,5	0,70	0,81	0,86	3,71
7,5	5,5	182/4T	15,1	J	8,2	2,7	3,3	0,0095	17	37	42,0	69,0	3485	88,5	89,5	89,5	0,75	0,84	0,88	8,76
7,5	5,5	184T	15,1	J	8,2	2,7	3,3	0,0095	17	37	42,0	69,0	3485	88,5	89,5	89,5	0,75	0,84	0,88	8,76
15	11	213/5T	30,0	H	7,6	2,4	2,8	0,0268	14	31	74,0	72,0	3510	90,2	91,0	91,0	0,76	0,85	0,89	17,0
15	11	215T	30,0	H	7,6	2,4	2,8	0,0268	14	31	74,0	72,0	3510	90,2	91,0	91,0	0,76	0,85	0,89	17,0
350	260	447/9TS	689	G	7,0	2,4	2,5	2,87	10	22	1225	81,0	3570	95,4	96,2	96,2	0,85	0,89	0,90	377
400	300	L447/9TS	786	G	6,7	2,2	2,5	3,87	25	55	1432	88,0	3575	95,4	95,8	95,8	0,85	0,90	0,91	432
450	330	L447/9TS	884	G	7,2	2,4	2,6	4,22	26	57	1482	88,0	3575	95,4	95,8	95,8	0,84	0,89	0,91	475

*\*Motores con elevación de temperatura "F" ΔT 105 K.*

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I/In		Par de arranque Ta/Tn	Par máximo Tm/Tn	Inercia J (kgm²)	Tiempo máx. con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	460 V						Corriente nominal In (A)
				Letra	Ia/In				RPM	% de la potencia nominal			Factor de potencia						
										Rendimiento				Factor de potencia					
HP	kW			50	75	100	50	75	100										

### IV polos

1	0,75	143/5T	3,99	L	8,4	3,2	3,5	0,0049	18	40	18,5	51,0	1760	80,0	84,0	85,5	0,55	0,68	0,75	1,47
1,5	1,1	143/5T	6,00	L	8,4	2,5	3,4	0,0060	14	31	22,0	51,0	1755	82,5	85,5	86,5	0,60	0,70	0,79	2,02
2	1,5	143/5T	8,03	K	8,0	2,7	3,2	0,0066	11	24	23,0	51,0	1750	85,5	86,5	86,5	0,57	0,70	0,79	2,76
3	2,2	182/4T	12,0	K	8,1	2,3	3,4	0,0143	23	51	41,0	56,0	1760	87,5	88,5	89,5	0,61	0,73	0,79	3,91
5	3,7	182/4T	20,0	J	7,5	2,3	3,2	0,0169	15	33	43,0	56,0	1755	88,5	89,5	89,5	0,62	0,74	0,80	6,45
7,5	5,5	213/5T	29,9	H	7,1	2,2	3,1	0,0566	20	44	70,0	58,0	1765	89,5	91,0	91,7	0,66	0,76	0,82	9,18
10	7,5	213/5T	39,8	H	6,4	2,0	3,0	0,0637	17	37	78,0	58,0	1765	91,0	91,7	91,7	0,66	0,77	0,83	12,4
15	11	254/6T	59,7	G	6,4	2,3	2,7	0,1104	17	37	114	64,0	1765	91,0	91,7	92,4	0,68	0,78	0,83	18,0
20	15	254/6T	79,6	H	6,9	2,3	2,7	0,1305	15	33	132	64,0	1765	91,7	92,4	93,0	0,68	0,79	0,84	24,1
25	18,5	284/6T	99,5	G	6,2	2,4	2,7	0,2153	24	53	176	64,0	1765	92,4	93,0	93,6	0,70	0,80	0,84	29,5
30	22	284/6T	119	G	6,1	2,4	2,4	0,2467	20	44	198	64,0	1765	93,0	93,0	93,6	0,70	0,80	0,84	35,1
40	30	324/6T	158	G	6,1	2,2	2,4	0,3861	20	44	223	66,0	1775	93,6	94,1	94,1	0,72	0,80	0,85	47,1
50	37	324/6T	198	G	6,2	2,3	2,7	0,3861	15	33	243	66,0	1775	93,0	94,1	94,5	0,66	0,77	0,83	59,2
60	45	364/5T	237	G	6,6	2,4	2,6	0,9448	15	33	394	67,0	1775	94,1	94,5	95,0	0,75	0,83	0,87	68,3
75	55	364/5T	297	G	6,4	2,4	2,6	0,9798	14	31	417	67,0	1775	94,5	95,0	95,4	0,73	0,82	0,86	84,1
100	75	404/5T	396	H	7,3	2,4	2,6	1,26	13	29	517	68,0	1775	95,0	95,0	95,4	0,77	0,84	0,88	111
125	90	444/5T	493	G	6,5	2,0	2,3	2,41	27	59	721	73,0	1780	95,0	95,4	95,4	0,74	0,82	0,85	139
150	110	444/5T	592	G	6,6	2,0	2,5	2,81	27	59	760	73,0	1780	95,4	95,8	95,8	0,74	0,82	0,85	170
200	150	445/7T	787	G	6,8	2,3	2,5	3,21	16	35	950	73,0	1785	95,8	96,2	96,2	0,73	0,82	0,85	230
250	185	447/9T	987	G	6,5	2,3	2,4	3,77	15	33	943	75,0	1780	95,8	96,2	96,2	0,75	0,83	0,86	281
300	220	447/9T	1184	G	6,5	2,3	2,3	3,77	16	35	1080	75,0	1780	95,8	96,2	96,2	0,77	0,84	0,87	330
350	260	447/9T	1381	G	6,4	2,5	2,4	4,98	14	31	1213	75,0	1780	95,8	96,2	96,2	0,77	0,84	0,86	394
400	300	586/7T	1570	G	6,3	2,0	2,2	7,55	19	42	1567	78,0	1790	95,8	96,2	96,2	0,78	0,85	0,86	455
450	330	586/7T	1766	G	6,4	2,2	2,1	8,99	16	35	1651	78,0	1790	95,8	96,2	96,2	0,78	0,83	0,85	507
500	370	586/7T	1962	G	6,5	2,2	2,3	10,8	16	35	1774	78,0	1790	95,8	96,2	96,2	0,80	0,85	0,87	555
550	400	586/7T	2158	G	7,1	2,2	2,5	9,92	16	35	1966	78,0	1790	96,2	96,4	96,5	0,74	0,82	0,86	605
600	440	586/7T	2354	G	7,1	2,3	2,5	9,92	16	35	1966	78,0	1790	96,2	96,4	96,5	0,74	0,82	0,86	665
650	480	588/9T	2551	H	7,4	2,5	2,7	12,7	22	48	1993	81,0	1790	96,0	96,5	96,6	0,71	0,81	0,85	734
700	515,2	588/9T	2747	G	6,5	2,5	2,2	14,1	23	51	2079	81,0	1790	96,2	96,5	96,6	0,76	0,81	0,85	788
750	550	588/9T	2943	G	7,0	2,4	2,5	14,6	29	64	2246	81,0	1790	96,3	96,6	96,7	0,70	0,80	0,85	840

### Opcionales

25	18,5	284/6TS	99,5	G	6,2	2,4	2,7	0,2153	24	53	176	64,0	1765	92,4	93,0	93,6	0,70	0,80	0,84	29,5
30	22	284/6TS	119	G	6,1	2,4	2,4	0,2467	20	44	198	64,0	1765	93,0	93,0	93,6	0,70	0,80	0,84	35,1
40	30	324/6TS	158	G	6,1	2,2	2,4	0,3861	20	44	223	66,0	1775	93,6	94,1	94,1	0,72	0,80	0,85	47,1
50	37	326TS	198	G	6,2	2,3	2,7	0,3861	15	33	243	66,0	1775	93,0	94,1	94,5	0,66	0,77	0,83	59,2
60	45	364/5TS	237	G	6,6	2,4	2,6	0,9448	15	33	394	67,0	1775	94,1	94,5	95,0	0,75	0,83	0,87	68,3
100	75	404/5TS	396	H	7,3	2,4	2,6	1,26	13	29	517	68,0	1775	95,0	95,0	95,4	0,77	0,84	0,88	111
125	90	444/5TS	493	G	6,5	2,0	2,3	2,41	27	59	721	73,0	1780	95,0	95,4	95,4	0,74	0,82	0,85	139
150	110	444/5TS	592	G	6,6	2,0	2,5	2,81	27	59	760	73,0	1780	95,4	95,8	95,8	0,74	0,82	0,85	170
200	150	444/5T	787	G	6,8	2,3	2,5	3,21	16	35	950	73,0	1785	95,8	96,2	96,2	0,73	0,82	0,85	230
200	150	444/5TS	787	G	6,8	2,3	2,5	3,21	16	35	950	73,0	1785	95,8	96,2	96,2	0,73	0,82	0,85	230
200	150	445/7TS	787	G	6,8	2,3	2,5	3,21	16	35	950	73,0	1785	95,8	96,2	96,2	0,73	0,82	0,85	230
250	185	447/9TS	987	G	6,5	2,3	2,4	3,77	15	33	943	75,0	1780	95,8	96,2	96,2	0,75	0,83	0,86	281
250	185	445/7T	987	G	6,5	2,3	2,4	3,77	15	33	943	73,0	1780	95,8	96,2	96,2	0,75	0,83	0,86	281
250	185	445/7TS	987	G	6,5	2,3	2,4	3,77	15	33	943	73,0	1780	95,8	96,2	96,2	0,75	0,83	0,86	281
300	220	447/9TS	1184	G	6,5	2,3	2,3	3,77	16	35	1080	75,0	1780	95,8	96,2	96,2	0,77	0,84	0,87	330
350	260	447/9TS	1381	G	6,4	2,5	2,4	4,98	14	31	1213	75,0	1780	95,8	96,2	96,2	0,77	0,84	0,86	394
350	260	L447/9TS	1373	G	6,9	2,6	2,5	5,53	45	99	1300	77,0	1790	95,8	96,2	96,2	0,76	0,83	0,86	394
400	300	586/7TS	1570	G	6,3	2,0	2,2	7,55	19	42	1567	78,0	1790	95,8	96,2	96,2	0,78	0,85	0,86	455
400	300	L447/9T	1574	G	6,5	2,5	2,6	5,75	21	46	1490	79,0	1785	95,4	95,8	96,2	0,80	0,85	0,88	445
400	300	L447/9TS	1574	G	6,5	2,5	2,6	5,75	21	46	1490	79,0	1785	95,4	95,8	96,2	0,80	0,85	0,88	445
450	330	586/7TS	1766	G	6,4	2,2	2,1	8,99	16	35	1651	78,0	1790	95,8	96,2	96,2	0,78	0,83	0,85	507
450	330	L447/9T	1771	G	6,9	2,6	2,5	6,40	22	48	1540	79,0	1785	95,4	96,2	96,2	0,74	0,83	0,86	501
450	330	L447/9TS	1771	G	6,9	2,6	2,5	6,40	22	48	1540	79,0	1785	95,4	96,2	96,2	0,74	0,83	0,86	501
500	370	586/7TS	1962	G	6,5	2,2	2,3	10,8	16	35	1774	78,0	1790	95,8	96,2	96,2	0,80	0,85	0,87	555
500	370	L447/9T*	1968	H	7,2	2,5	2,6	6,73	22	48	1570	79,0	1785	95,4	96,2	96,2	0,73	0,82	0,86	561
500	370	L447/9TS*	1968	H	7,2	2,5	2,6	6,73	22	48	1570	79,0	1785	95,4	96,2	96,2	0,73	0,82	0,86	561
550	400	586/7TS	2158	G	7,1	2,2	2,5	9,92	16	35	1966	78,0	1790	96,2	96,4	96,5	0,74	0,82	0,86	605
600	440	586/7TS	2354	G	7,1	2,3	2,5	9,92	16	35	1966	78,0	1790	96,2	96,4	96,5	0,74	0,82	0,86	665
650	480	588/9TS	2551	H	7,4	2,5	2,7	12,7	22	48	1993	81,0	1790	96,0	96,5	96,6	0,71	0,81	0,85	734
700	515,2	588/9TS	2747	G	6,5	2,5	2,2	14,1	23	51	2079	81,0	1790	96,2	96,5	96,6	0,76	0,81	0,85	788
750	550	588/9TS	2943	G	7,0	2,4	2,5	14,6	29	64	2246	81,0	1790	96,3	96,6	96,7	0,70	0,80	0,85	840

\*Motores con elevación de temperatura "F" ΔT 105 K.

## Anexo 26: Ecuaciones financieras

se muestra un resumen de las ecuaciones financieras que brindan las relaciones entre P, F y A (Jelen y Black, 1983).

- Factor de monto compuesto con pago simple		
Dado P, encontrar F	$F = P \times [(1 + i)^n]$	$F = P \times F_{PF, i, n}$
- Factor de valor presente con pago simple		
Dado F, encontrar P	$P = F \times [(1 + i)^{-n}]$	$P = F \times F_{FP, i, n}$
- Factor de valor presente con serie de pagos iguales		
Dado A, Encontrar P	$P = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$	$P = A \times F_{AP, i, n}$
- Factor de recuperación de capital con serie de pagos iguales		
Dado P, encontrar A	$A = P \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	$A = P \times F_{PA, i, n}$
- Factor de monto compuesto con serie de pagos iguales		
Dado A, Encontrar F	$F = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$	$F = A \times F_{AF, i, n}$ $F = A \times F_{AP, i, n} \times F_{PF, i, n}$
- Factor de Fondo de Amortización con Serie de Pagos Iguales		
Dado F, Encontrar A	$A = F \times \frac{i}{(1+i)^n - 1}$	$A = F \times F_{FA, i, n}$ $A = F \times F_{FP, i, n} \times F_{PA, i, n}$