



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA-ELÉCTRICA**

“Diseño de un sistema de bombeo estacionario automático para evacuación  
de 72 litros por segundo de aguas subterráneas en la Minera Aurífera  
Retamas”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

Ángel Gabriel Alvarado Quiliche

**ASESOR:**

Mg. Ing. Juan Carlos Bengoa Seminario

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

**TRUJILLO-PERÚ**

Año 2018

## **PAGINA DEL JURADO**

Yo, Ángel Gabriel Alvarado Quiliche, estudiante de la carrera ingeniería mecánica eléctrica estoy presentando ante el jurado mi proyecto de tesis titulada: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO ESTACIONARIO AUTOMÁTICO PARA EVACUACIÓN DE 72 LITROS POR SEGUNDO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA MINERA AURÍFERA RETAMAS”

Presentada a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo- La Libertad para su aprobación.

Aprobada por:

-----  
DR. Jorge Antonio Inciso Vásquez

Presidente

-----  
MG. Juan Bengoa Seminario

Secretario

-----  
MG. Jorge Aranda Gonzales

Vocal

## **DEDICATORIA**

Al ser todo poderoso: “el señor Jesucristo”, Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar a Dios cada día más.

A mis padres, por sus buenos consejos, por la exigencia para cumplir mis metas y porque siempre confiaron en mí.

A mi esposa, porque con su apoyo incondicional me ayudó a seguir adelante en este sacrificado camino.

A mis Hermanos, por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

## AGRADECIMIENTO

A mis asesores por el apoyo incondicional y el tiempo dedicado a la realización de este proyecto de tesis.

En especial al ingeniero Dante Medina por haber confiado en mí y regalarme la oportunidad de crecer profesionalmente.

A los ingenieros de la minera aurífera Retamas: Jorge Cáceres Córdova, José Achuy, Javier Ramos, Richard Rodríguez Pacheco, por todo su apoyo y tiempo para brindarme datos, conocimientos y consejos.

A la empresa Skanska del Perú, por haberme dado la oportunidad de estudiar esta carrera.

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Yo Ángel Gabriel Alvarado Quiliche con DNI: 44893474, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 15 de junio del 2018.

Ángel Gabriel Alvarado Quiliche

---

Nombres y apellidos del tesista

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado: En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada " Sistema de bombeo estacionario para la evacuación de aguas subterráneas en la Unidad Minera Retamas", la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de ingeniero Mecánico-Electricista.

Ángel Gabriel Alvarado Quiliche

## INDICE

### Tabla de contenido

RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1. Realidad problemática: .....	11
1.2. Trabajos previos: .....	14
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	15
1.4. Formulación del Problema .....	30
1.5. Justificación del estudio .....	30
1.6. Hipótesis .....	31
1.7. Objetivos .....	32
1.7.1. Objetivo General .....	32
1.7.2. Objetivos Específicos .....	32
II. MÉTODO .....	33
2.1. Diseño de investigación .....	33
2.2. Variables .....	34
2.3. Población, muestra y muestreo .....	36
2.3.1. Población .....	36
2.3.2. Muestra .....	37
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	37
2.5. Validación y confiabilidad del instrumento .....	37
2.5.1. Validación .....	37
2.5.2 Confiabilidad .....	37
2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS .....	37
2.7. Metodología .....	38
III. RESULTADOS .....	39
3.1. Descripción del lugar y medias actuales de operación .....	39
3.2. Elaboración de la propuesta: .....	40
3.2.1. Buscar las alternativas para la evacuación de las aguas subterráneas, indicando sus ventajas y desventajas y posteriormente elegir la mejor. ....	40
3.2.2. Realizar el levantamiento de información en lo que respecta el incremento de afluentes por zonas. ....	46
3.2.3. Realizar un levantamiento topográfico del terreno para obtener las cotas de alturas para calcular la altura geodésica. ....	48
3.2.4. Seleccionar equipos y componentes en el nuevo sistema de bombeo. ....	71

<b>3.2.5. Calcular factibilidad económica que implica la realización de este nuevo sistema de bombeo estacionario.</b> .....	73
<b>IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	78
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	80
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	82
<b>VII. ANEXOS</b> .....	83



## RESUMEN

En la Minera Aurífera Retamas se realiza la actividad de extracción de mineral en el sub suelo mediante un sistema de explotación por tajos convencionales; producto de esta actividad se generan gran cantidad de agua subterránea que son evacuadas hacia superficie mediante bombas sumergibles. Esta minera mantiene un crecimiento de labores contante y con ello el incremento de afluentes de aguas residuales. La apertura de las nuevas labores mineras que llevan por nombre: Valeria IV, Inclinado esperanza y Chilcas, generarán un incremento de caudal de 34 litros por segundo a la línea de impulsión de interior mina que actualmente evacua 38 litros por segundo mediante un sistema de bombeo de evacuación en serie que está conformado por bombas sumergibles, en consecuencia, el sistema de bombeo actual llegará a colapsar por el crecimiento de los afluentes de 5 litros por año, debido a que su capacidad de evacuación de aguas se encuentra muy por debajo del nuevo caudal a evacuar. Para ello estamos realizando un sistema de bombeo estacionario automático para evacuación de 72 litros por segundo de aguas subterráneas y se ubicará estratégicamente en el centro de las labores mineras. El diseño realizado, considerando el nuevo caudal, consiste en el uso de dos variadores de frecuencia en media tensión, una celda de llegada en 10kv con un interruptor y una celda de salida con tres interruptores a la salida en 4.16 kV, dos electrobombas horizontales de la marca KSB multietapas del tipo WKL 150/5 de 500hp en 4.16 kV y un sistema automático para la operación. La ubicación de este nuevo sistema de bombeo permitirá captar las aguas residuales, de 38 litros por segundo, por rebose y por gravedad del actual sistema de bombeo quedando este fuera de servicio. Por otro lado, el agua generada por las nuevas labores mineras, serán bombeadas hasta el nuevo sistema de bombeo usando las bombas sumergibles. Este proyecto tiene un retorno de inversión de cinco meses con un TIR superior a 251% y un VAN positivo.

**Palabra clave: diseño de sistema de bombeo estacionario automático, agua subterránea, sistema automático, generación de afluentes.**

## ABSTRACT

In the Minera Aurífera Retamas, the mineral extraction activity is carried out in the sub-soil through a system of exploitation by conventional pits; As a result of this activity, a large quantity of groundwater is generated, which is evacuated to the surface by means of submersible pumps. This mining company maintains constant work growth and with it the increase of wastewater tributaries. The opening of the new mining works that are named: Valeria IV, Inclinado Esperanza and Chilcas; will generate a flow increase of 34 liters per second to the current internal mine drive line that currently evacuates 38 liters per second through a serious evacuation pumping system that is made up of submersible pumps, consequently, the current pumping system it will collapse due to the growth of the tributaries of five liters for years, due to the fact that its water evacuation capacity is well below the new flow to be evacuated. For this we are making an automatic stationary pumping system for the evacuation of 72 liters per second of groundwater and it will be strategically located in the center of the mining works. The design, considering the new flow, consists of the use of two frequency drives in medium voltage, a cell of arrival in 10kV with a switch and an output cell with three output switches in 4.16 kV, two horizontal electric pumps of the multi-stage KSB brand of the type WKL 150/5 of 500hp in 4.16 kV and an automatic system for the operation. The location of this new pumping system will allow capturing wastewater, of 38 liters per second, by overflow and by gravity of the current pumping system, leaving it out of service. On the other hand, the water generated by the new mining works will be pumped to the new pumping system using the submersible pumps and, thus, to boost both flow rates to the surface. This project has a five-month return on investment with a TIR above 251% and a positive VAN.

**Keyword: design of automatic stationary pumping system, groundwater, automatic system, generation of tributaries.**

## I. INTRODUCCIÓN

### **1.1. Realidad problemática:**

A nivel mundial la preocupación por la evacuación de aguas residuales, en todos los sectores de la industria, se ha convertido en un tema importante a tratar por los empresarios actuales ya que tiene mucha relevancia en el cumplimiento de la producción. Alrededor del mundo las empresas están apostando por usar tecnologías inteligentes para poder realizar un control y evacuación de estas aguas, países como Estados Unidos, Canadá y diversos países de Europa están invirtiendo en diseñar y realizar sistemas de bombes estacionarios con sistemas de control inteligente. El uso de las nuevas tecnologías existentes en el mercado actual facilita a que estos sistemas puedan funcionar con una alta eficiencia y confiabilidad. Los sistemas de control proporcionan funcionalidades e información que pueden utilizarse para mejorar la disponibilidad de los sistemas de bombes (Sulzer, 2017).

Los avances que se dan en la actualidad y el papel de las nuevas tecnologías en el diseño y construcción de estaciones de bombeo para riego. Se presentan los últimos adelantos en las esferas técnica y teórica relacionada con el diseño y operación de los equipos de bombeo. La aplicación de tecnologías inteligentes ayuda a realizar una evacuación eficiente sin pérdidas en el proceso productivo de las industrias en el mundo”. (Martínez, 2010).

En el Perú sectores de producción como minería, textil, agroindustria, petróleo, entre otros cuentan con sistemas de bombeo cada vez más confiables llegando a usar en algunos casos tecnología avanzada para el monitoreo y evacuación de aguas. (Méndez Dávila , 2012).

En el sector Minería se convive con el problema de gran cantidad de acumulación de aguas subterráneas durante la explotación y producción de mineral. En la actualidad, las empresas mineras en nuestro país están apostando por diseñar y ejecutar sistemas de bombes más eficientes, automatizados y confiables, usando las tecnologías actuales en el mercado que están dando grandes resultados a nivel internacional, ya que, de esta

forma, pueden asegurar la producción de mineral y cumplir con los objetivos trazados por los directorios. (Méndez Dávila , 2012).

En la Minera Aurífera Retamas se realiza la actividad de extracción de mineral en el sub suelo mediante un sistema de explotación convencional el cual está compuesta por diversos tajos, de las zonas que llevan por nombre: Valeria I, Valeria II, Valeria III y la codiciada, los cuales generan aguas residuales producto de la propia actividad, por lo tanto, es importante realizar la evacuación de estas aguas para evitar las inundaciones de los frentes de trabajo y la pérdida de producción. Para realizar la evacuación de estas aguas se cuenta con un sistema de bombeo enseriado, el cual tiene una antigüedad de 15 años iniciando con un caudal de evacuación de 20 litros por segundo llegando a incrementar esta cifra con el paso de los años; en la figura 01 mostramos la forma de instalación del sistema actual. La instalación cuenta con bombas sumergibles de la marca FLYGT con una potencia de 60 hp, con una altura estática de impulsión de 65 metros y con un caudal de evacuación de 38 litros por segundo y está compuesto por 10 bombas sumergibles instaladas en cámaras de bombeo cada 200 metros de distancia en rampa positiva con una inclinación de 15%, haciendo un total de 20 horas de funcionamiento por día, llegando a evacuar un caudal de 2664.6 m<sup>3</sup>/h en dicho periodo de tiempo hacia superficie (Minera Aurífera Retamas S.A., 2011).

La apertura de nuevas labores mineras como Valeria IV, Inclinado esperanza y Chilcas; generarán un incremento de caudal en la actual línea de impulsión de interior mina, esto producto de la explotación de mineral en estas zonas de trabajo, en consecuencia, el sistema de bombeo actual llegará a colapsar, por el crecimiento de los afluentes, debido a que la capacidad de evacuación de aguas se encuentra muy por debajo del nuevo caudal a evacuar (Minera Aurífera Retamas S.A., 2011).

Para ello estamos realizando un sistema de bombeo estacionario automático con una capacidad de evacuación mayor al sistema actual y se ubicará estratégicamente en el centro de las labores mineras, ubicándose en el nivel 2370. La ubicación de este sistema de bombeo permitirá captar las aguas residuales, de 38 litros por segundo, por rebose y por gravedad de las zonas de Valeria I, Valeria II, Valeria III y codiciada dejando fuera de servicio al actual sistema de bombeo; por otro lado, el agua generada por las nuevas labores mineras, serán evacuadas hasta el nuevo sistema de bombeo y de este modo, evacuar hacia superficie los caudales de las antiguas labores mineras y de las nuevas

labores mineras que se aperturarán en los siguientes años (Minera Aurífera Retamas S.A., 2011).

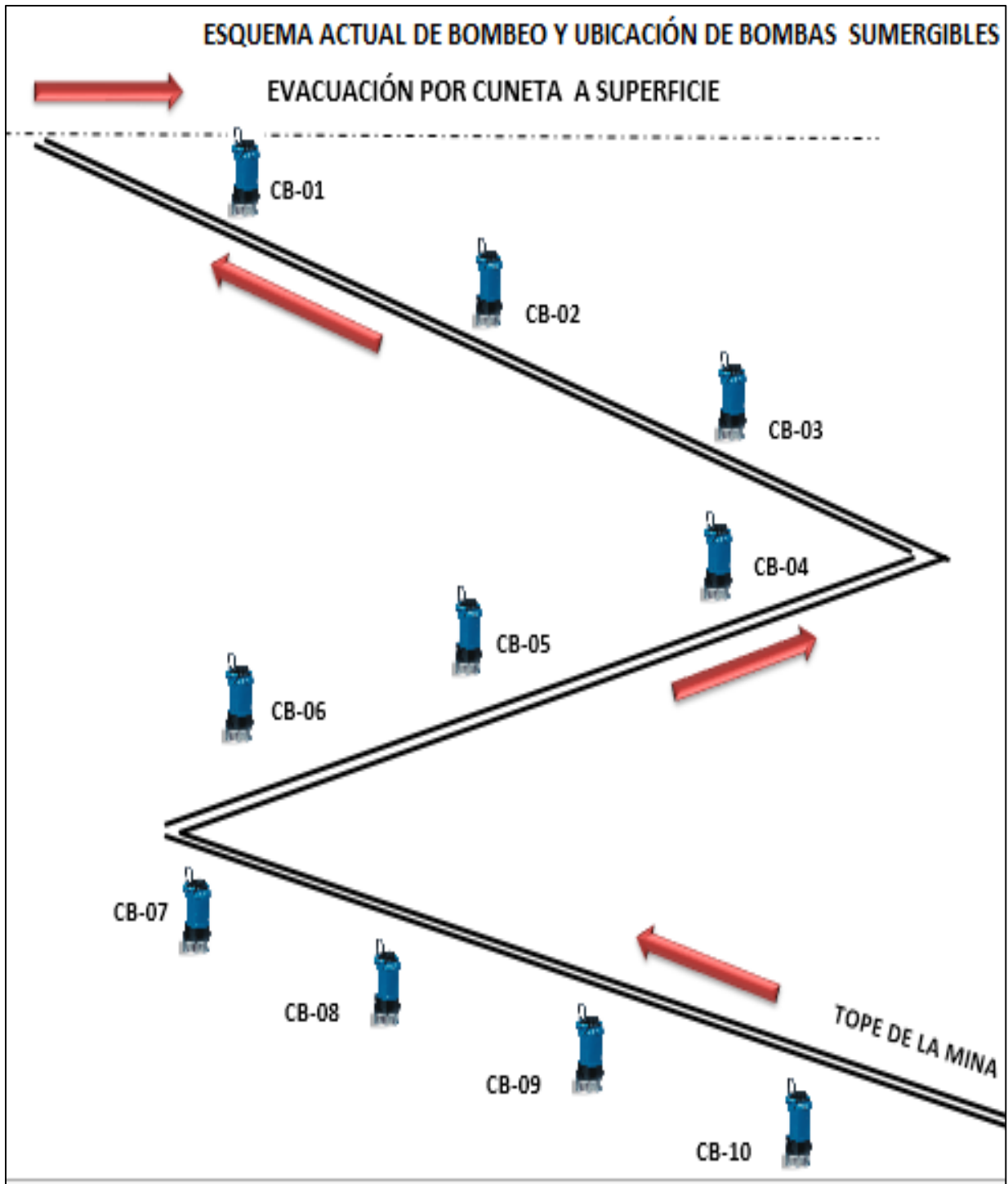


Figura 01: Diagrama esquemático del sistema de bombeo enseriado.

Fuente: Minera Aurífera Retamas.

## 1.2. Trabajos previos:

Como antecedentes existen diversos trabajos realizados que tratan sobre el diseño de sistemas de bombeo tanto internacionales como nacionales y a continuación mostramos alguno de ellos:

En la tesis de grado: “diseño e implementación del sistema de control automático de la estación de bombeo de agua potable colinas alto de la emaap-q”, presentado en el país Ecuador por el estudiante: Esteban Javier Moromenacho Oña, en año 2008. En esta tesis el autor utiliza como novedad las herramientas e instrumentos de automatización actuales los cuales corresponde al uso de PLC, sensores de ultrasonido, conductor de fibra óptica para realizar el enlace de los equipos en el proceso de control automático computarizado (Moromenacho, 2008).

En el caso de estudio publicado por la página Pexgol que lleva por nombre: “drenaje de agua desde el interior de una mina subterránea”, este proyecto fue realizado en la mina llamada: el Peñón Yamana Gold Minera Meridian Chile 2016. En este proyecto de diseño de nueva línea de impulsión el autor muestra como algo novedoso el uso de tuberías que ofrecen pérdidas de energía muy pequeñas y recomienda que el recorrido de las líneas de impulsión se realice por chimeneas verticales logrando de este modo reducir las potencias de las bombas (pexgol, 2016).

En la Tesis de grado “diseño de un sistema de automatización industrial para el sistema de bombeo de aguas acidas” presentado por el estudiante: Carlos Miguel Ojeda Chinchayá. En esta tesis el autor aplica como novedad la automatización industrial del sistema de bombeo usando el sistema Scada, fibra óptica y variadores de frecuencia de 18 pulsos, mediante el uso de estos instrumentos y equipos usados se realiza un encendido y apagado desde cualquier estación (Ojeda , 2012).

En la Tesis de Grado “Evaluación Del Sistema De Bombeo De Soluciones Cianuradas Del Pad Lq8 Para La Planta Columnas De Carbón En Minera Yanacocha” presentado por el estudiante: Camacho Cruzado, David Reynaldo. En esta tesis el autor nos muestra como algo novedoso el uso de las bombas con impulsores de acero inoxidable para reducir el desgaste prematuro de estos elementos, a seleccionar motores de media tensión y alta tensión para el uso en sistemas de bombeo estacionarios. (Camacho , 2016).

En la tesis de grado “sistema de drenaje, para reducir las aguas subterráneas en el área de trabajo unidad Animon-cerro” de Pasco, tesis presentado por el bachiller: Rudy Huaroc Huaman para optar el título profesional de: ingeniero mecánico Huancayo – Perú 2011.

En esta tesis el autor nos muestra como novedad el uso de válvulas de diafragma con solenoide para realizar un cierre y apretura progresiva para reducir el golpe de ariete al momento de apagar la bomba y al mismo tiempo recomendando la instalación de una bomba disipadora de onda para reducción la onda de la columna de agua en el momento que se la energía se va repentinamente (Huaroc, 2011).

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

#### Máquina Hidráulicas

Es aquella máquina que genera un intercambio entre energía de fluido y energía mecánica. En el caso de una bomba hidráulica, la presión del fluido que ingresa por el lado de la succión de la bomba es menor a la presión generada por la bomba en lado de la descarga. Estas bombas son accionadas por diferentes mecanismos como son motor eléctrico, térmico, entre otros, y se clasifican en bombas centrifugas y volumétricas; como se muestra en la figura 02, se muestra el despiece de un tipo de bomba de alta revoluciones muy usada para altas presiones y lleva un solo impulsor (Mataix, 1986, pág. 355).

**Bombas de un solo impulsor de alta revoluciones:** (Mataix, 1986) este tipo de bomba son muy usadas para grandes alturas y caudal y se caracteriza por tener un solo impulsor que realiza el trabajo de elevar la presión y evacuar las aguas y está compuesta por las siguientes partes:

- a) **Impulsor o rodete**, recibe energía mecánica y la imparte al fluido.
  
- b) **Caja directriz**, sirven para el mismo propósito que la voluta incrementando la energía de presión al fluido.
  
- c) **carcaza o voluta**, sirve para contener al fluido proporcionando una entrada y salida al flujo, además convierte la energía cinética impartida al fluido por el impulsor en energía de presión útil.
  
- d) **Difusor**, da salida al fluido e incrementa energía de presión al fluido.

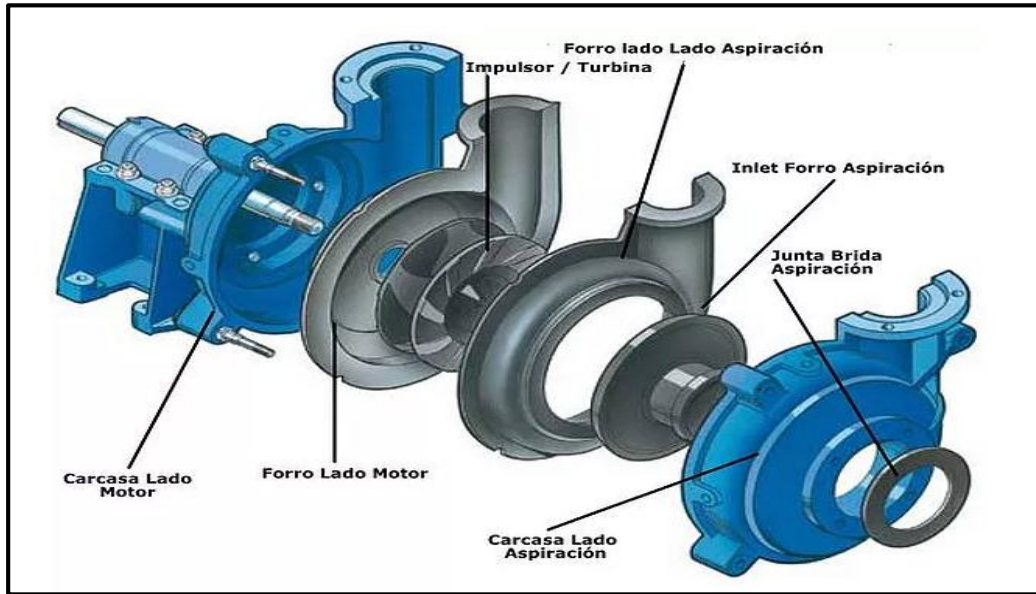


Figura 02: partes de una bomba horizontal de alta revolución.

*Fuente:* (IBS, 2018).

### **Bombas del tipo Multietapas de bajas revoluciones**

Se considera una bomba multietapas, aquella que tiene varios impulsores, como se muestra en la figura 03, instalados en un eje horizontal en serie, es decir estos van montados por etapas y la cantidad de impulsores depende mucho del modelo de bomba y de las especificaciones del comprador. El trabajo que realizan las etapas la detallamos a continuación: la primera etapa absorbe el agua y eleva la presión, la segunda etapa se vuelve a elevar la presión y así sucesivamente según el número de etapas que presente la bomba, este tipo de bomba es muy usada para alcanzar grandes alturas y presión (Hutter, 2008).

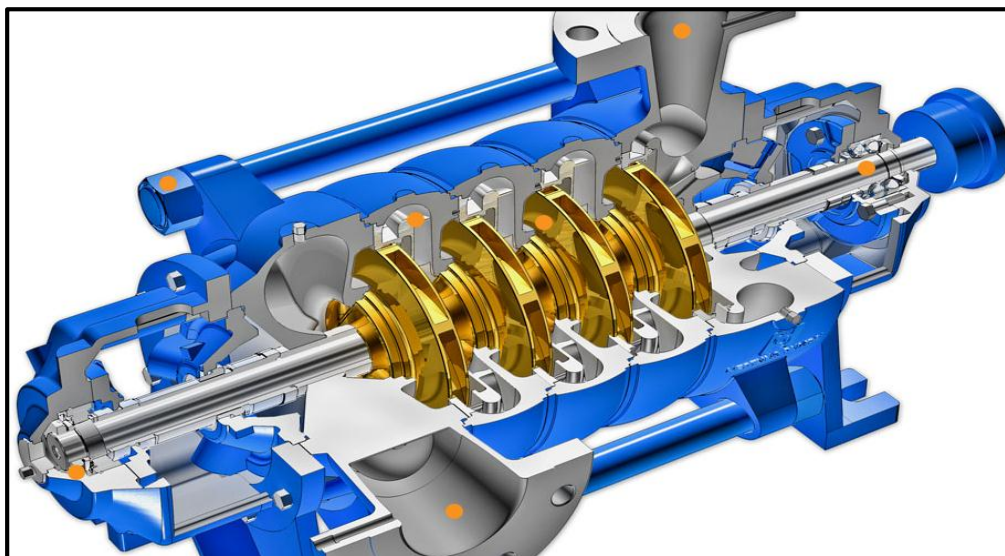




Figura 03: partes de una bomba horizontal de baja revoluciones.

*Fuente:* (Neptuno Pumps, 2018).

### **Ecuación general de la energía para un sistema de bombeo**

La ecuación general de la energía es una extensión a la ecuación de Bernoulli, lo que posibilita resolver problemas, en sistemas de bombeos, en donde hay pérdida y ganancia de energía. Es esencial que la ecuación general de la energía se denote en dirección del flujo, esto se entiende que desde el punto de referencia lado izquierdo de la ecuación hacia aquel en el lado derecho. Como abreviación de la carga emplearemos el símbolo  $h$ , para las pérdidas y ganancias de energía (Mott, 2006, pág. 203).

En específico, en los capítulos próximos manejaremos los términos siguientes:

$h_A$  = Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba; es frecuente que se le denomine carga total sobre la bomba (Mott, 2006, pág. 202).

$h_R$  = Energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico, como un motor de fluido (Mott, 2006, pág. 202).

$h_L$  = Perdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías, o perdidas menores por válvulas y otros accesorios (Mott, 2006, pág. 202).

Mostramos la ecuación 01 que viene a ser la ecuación general de la energía:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (01)$$

### Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli, basada en el principio de conservación de la energía, es la herramienta fundamental para tomar en cuenta los cambios en esos tres tipos de energía en un sistema. Estas energías son las usadas en estos tipos de análisis como son: energía cinética, energía potencial y el flujo de energía y de esta forma poder realizar los cálculos de pérdidas tanto primarias como secundarias en tuberías y accesorios y ganancias de energía para casos y condiciones que demandan de un estudio más a detalle, la ecuación 02 de (Huaroc, 2011) nos muestra la ecuación simplificada de Bernoulli (Mott, 2006, pág. 153).

$$\left( \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} \right) = \left( \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} \right) \quad (02).$$

### Número de Reynolds

(Mott, 2006) El número de Reynolds, se usa para analizar la pérdida de energía que ocurre conforme los fluidos circulan en sistemas reales de tuberías. Estos fluidos se caracterizan en dos tipos dependiendo el valor obtenido en el cálculo y son:

- a) Flujo laminar: este tipo de flujo se caracteriza por tener un valor por debajo de 2000 y su naturaleza son de ser lentos y suaves.
- b) Flujo turbulento: este tipo de flujo se caracteriza por tener un valor por encima de 4000 y su naturaleza son de ser rápidos e irregulares.

Presentamos la ecuación 03, el cual será la fórmula que usaremos para hallar el número de Reynolds.

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta} = \frac{vD}{\nu} \quad (03).$$

$N_R$  = número de reynolds.

$D$  = diámetro de la tubería en (m).

$\rho = \text{densidad del fluido en } \left(\frac{kg}{m^3}\right).$

$\nu = \text{viscosidad cinamatica del fluido en } \left(\frac{m^2}{s}\right).$

$v = \text{velocidad promedio del fluido en } \left(\frac{m}{s}\right).$

### **Ecuación de Darcy-Weisbach**

La ecuación de Darcy-Weisbach se utiliza para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, tanto para flujo laminar como turbulento. La diferencia entre los dos flujos está en la evaluación del factor de fricción adimensional  $f$ . El valor de  $f$  se obtiene de la ecuación explícita de Haanbad y la rugosidad de la tubería, la ecuación 04 nos muestra la formula general de Darcy-Weisbach el cual nos ayudará a calcular las perdidas primarias (Mott, 2006).

$$(04) \quad h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

#### **Donde:**

$H_L$ : pérdida de energía debido a la fricción.

$L$ : longitud de la corriente del flujo.

$D$ : diámetro de la tubería.

$v$  : Velocidad promedio de flujo.

$f$  : Factor de fricción.

Si el régimen es laminar  $f = \frac{64}{Re}$  ;  $Re < 2300$

Si el régimen es turbulento  $Re > 2400$ .

### **Ecuación explícita de Haanbad**

Esta ecuación explícita se seleccionó por su facilidad en la aplicación y por ser lo bastante exacta para el cálculo del coeficiente de fricción como una primera aproximación, es importante

mencionar que difiere en un 2% con respecto al método de Colebrook, a diferencia del uso del diagrama de Moody el cual presenta un margen de error del 15% lo cual no sería de mucha ayuda para nuestro cálculo es por eso que optamos por aplicar este método, la ecuación 05 nos muestra la ecuación representativa de Haanbad (Córdova & Evangelista, 2013, pág. 3).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log_{10} \left[ \left( \frac{\varepsilon/D}{3.7} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right] \quad (05)$$

### **Cálculo de caída de voltaje en media tensión**

En las instalaciones eléctricas que alimentan equipos de gran potencia y que representen una alta criticidad para la operación, es muy importante tener en cuenta que el voltaje sea estable en el arranque y en la operación normal de trabajo de estos equipos; motivo por el cual, en una instalación nueva se debe dimensionar correctamente el calibre de los conductores eléctricos. La caída de tensión eléctrica se define como la diferencia de potencial que existe entre los dos extremos de una línea eléctrica. En un conductor la caída de tensión se mide en volts y existe en función del largo y de la resistencia del medio de condición eléctrica, la ecuación 06 nos muestra la ecuación general para hallar la caída de tensión (New Line, 2016).

$$\Delta U = P_w * L_{km} * \frac{R * \cos\theta + XL * \sen\theta}{U_n} \quad (06)$$

### **Rugosidad relativa**

Viene a ser la relación de la rugosidad promedio de la pared interna de la tubería entre el diámetro de la tubería. Este es un valor adimensional que se usa en la columna derecha del diagrama de Moody, pero en nuestro caso lo obtendremos de la ecuación de Haanbad junto con el número de Reynolds se obtiene el coeficiente de fricción "f", la ecuación 07 nos muestra la fórmula para hallar la rugosidad relativa (Mott, 2006).

$$R = \frac{\varepsilon}{D} \quad (07)$$

Donde:

$\varepsilon$  : Rugosidad promedio de la tubería.

$D$  : Diámetro de la tubería.

$R$  : Rugosidad relativa.

### **Pérdidas primarias**

Se conoce como pérdidas primarias y la ecuación es propia de la Darcy, siendo todas aquellas pérdidas de energía por fricción que se dan en toda la longitud de la tubería tanto en el lado de succión como en la descarga. Estas pérdidas son muy representativas cuando se diseña un sistema de bombeo que tiene mucho recorrido en la descarga o cuando los diámetros de tubería son muy pequeños. En todos los casos solo se puede reducir las pérdidas usando diámetros de tuberías mayores y materiales con menos rugosidad, la ecuación 08 nos muestra los parámetros que necesitamos para hallar las pérdidas primarias en las tuberías (Mott, 2006).

Se halla con la siguiente formula:

$$H_{Rprim} = f * \frac{L}{D_{int}} * \frac{v^2}{2g} \text{ m} \quad (08)$$

### **Pérdidas secundarias o menores**

Se le conoce como pérdidas secundarias o menores a todas aquellas pérdidas de energías que se dan en las válvulas y accesorios que se encuentran instalados tanto en el lado de succión como en la descarga del sistema de bombeo. Cada válvula y accesorio tiene un valor, que es adimensional, dependiendo del tipo, del diseño y del material de fabricación, la ecuación 09 nos muestra el cálculo para hallar las pérdidas secundarias (Mott, 2006).

$$H_{Rsecun} = K * \frac{v^2}{2g} \quad (09)$$

Donde “**K**”, viene a ser el coeficiente de pérdidas en accesorios que son parte de la instalación como son: codos, válvulas, reductores, ampliaciones, etc.

## Cavitación

Cuando la presión de succión en la entrada de la bomba es demasiado baja, se forman burbujas en el fluido, como si hirviera. Cuando existe cavitación en una instalación los problemas se hacen notar en el funcionamiento de la bomba generando que el rendimiento baje, debido al desgaste prematuro en los impulsores producto de la cavitación (Mott, 2006).

### Presión de vapor:

(Mott, 2006) La propiedad del fluido que determina las condiciones en que se forma burbujas de vapor en un fluido, es la presión de vapor ( $p_{vp}$ ), que es común reportar como presión absoluta en kPa o psia. Es muy importante manejar correctamente los conceptos de presión de vapor en los diferentes tipos de líquidos que existen, por ejemplo: Un líquido recibe el calificativo de volátil si tiene una presión de vapor relativamente alta y se evapora con rapidez en las condiciones del ambiente. En la actualidad se considera a seis líquidos familiares en orden creciente de volatilidad y son: agua, tetracloruro de carbono, acetona, gasolina, amoníaco y propano, en la ecuación 10 mostramos la fórmula general que vamos a usar para calcular el  $NPSH_D$  y la ecuación 11 nos muestra la condición que debe de cumplir la instalación.

Para evitar que en una instalación exista cavitación se debe de cumplir que la altura de montaje ( $H_m$ ) para nuestro caso vamos a usar las ecuaciones planteadas por (Huaroc, 2011).

$$H_m = H_{ES} \leq H_{at} - h_v - \sum h_{fs} - \Delta h \quad (10)$$

$$NPSH_D \geq NPSH_R \quad (11)$$

Donde:

$H_m$  = Altura de montaje

$H_{at}$  = Altura de presión atmosférica:  $P_{at}/\gamma$

$H_v$  = Altura de presión de vapor:  $P_v / \gamma$

$\Delta h_{fs}$  = Sumatoria de pérdidas de altura en la succión.

$\Delta h$  = Depresión crítica: Caída de la altura de presión desde la brida de succión y el punto más sensible a la cavitación en la zona del rotor, sumada a la altura de velocidad:  $V^2/2g$ .

Existen 2 valores de NPSH que detallamos a continuación:

**NPSH Disponible (NPSH<sub>D</sub>):** viene a ser la altura de montaje de tu instalación, es aquella que debe de ser igual o superior a la altura de montaje que recomienda el fabricante de la bomba, la ecuación 12 se usará para nuestro cálculo (Huaroc, 2011).

$$NPSH_D = H_{at} - H_{ES} - h_v - \sum h_{fs} \quad (12)$$

**NPSH Requerido (NPSH<sub>R</sub>):** este es el dato que proporciona el fabricante de la bomba, el cual hace referencia a que la altura mínima de la succión debe de tener dicho valor y de esta forma evitar la cavitación (Huaroc, 2011).

### Potencia de accionamiento de la bomba

Una vez hallado los valores de altura geodésica, pérdidas primarias y secundarias, propiedades del fluido; se procede a realizar el cálculo de la potencia hidráulica de la bomba para luego empezar a seleccionar repotencia del motor eléctrico y seleccionar los accesorios y componentes eléctricos y mecánicos, la ecuación 13 nos muestra la formula general para hallar la potencia hidráulica (Mott, 2006).

$$P_{hidráulica} = \frac{Q * \rho * g * H}{1000 * \eta_{total}} = KW \quad (13)$$

Donde:  $\eta_{total} = \eta_{mec.} * \eta_{vol} * \eta_{hidr}$  *datos de la bomba.*

Muchos fabricantes coinciden en que se debe de considerar 60% (Sistemas Hidroneomáticos c.a., s.f., pág. 21).

### Potencia de hidráulica de la bomba

Viene a ser la potencia efectiva de la bomba, en donde no se considera la eficiencia y las pérdidas más conocido como la potencia absorbida por la bomba en el momento de trabajar, la ecuación 14 nos muestra la formula general de la potencia hidráulica usada en algunos casos (Mott, 2006).

$$P = T.\omega = \gamma.Q.H_{\text{t}} \quad (14)$$

### Interruptores de potencia en media tensión

En los sistemas de bombeos actuales se convive con un gran problema de caída de tensión en las instalaciones eléctricas tanto en lado de baja tensión como en media, una de las alternativas para superar esta problemática es el uso de equipos y accesorios confiables y con una gran capacidad de demanda. Uno de los dispositivos que son muy importante para la apertura y cierre de la fuente de energía son los interruptores de potencia en media tensión llegando a proteger a las personas ante inventos de relámpago de arco que se presenta en los circuitos; para nuestro proyecto usaremos del tipo que contiene el gas inerte SF6 debido a la seguridad que presenta estos tipos de interruptores, como se muestra en la figura 04, un tipo de interruptor de potencia (EATON, 2014).



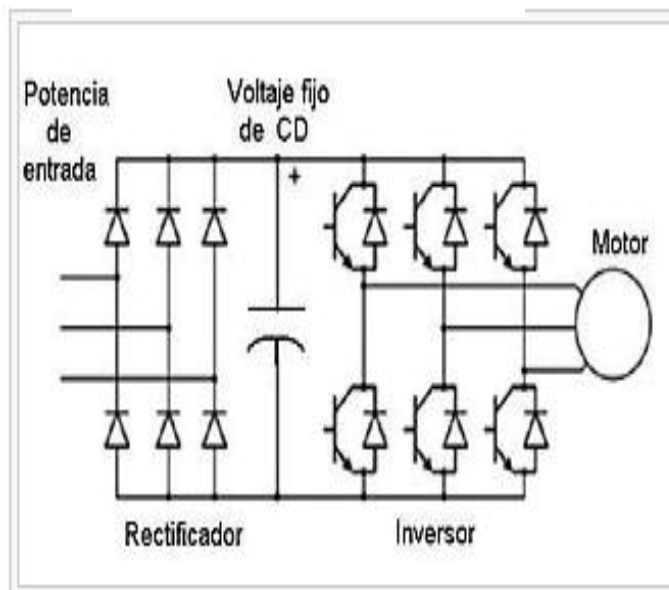
Figura 04: Tipo de interruptor de potencia en media tensión con accionamiento mecánico y automático. Fuente: (ingeniería eléctrica aplicada, 2012).



## Variador de frecuencia en media tensión

El variador de frecuencia es la solución eficaz para mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono. Es muy importante tener en cuenta sus características, las ventajas y el funcionamiento correcto de los variadores de frecuencia. El uso de variadores de media tensión, se debe al ahorro de costos al momento de realizar el arranque de máquinas de gran potencia en las industrias, en particular en las plantas beneficios y tajos de las grandes mineras en nuestro país. El variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%, como se muestra en la figura 05, mostramos el tipo de variador de frecuencia y su diagrama electrónico (ABB, 2018).

Diagrama interno del variador



Tipo de variador de frecuencia



Figura 05: Modelo de variador de frecuencia de pruebas del tipo ABB. Fuente: (ABB, 2018).

## Transformadores de potencia

Es un equipo eléctrico de corriente alterna considerado como maquina estática debido a que no tiene partes móviles, el cual transfiere la energía eléctrica de un circuito u otro bajo el principio de inducción electromagnética, puede ser con las bobinas sumergidas en aceite o en seco. La transferencia de energía la hace por lo general con cambios en los

valores de voltajes y corrientes. En una instalación eléctrica el transformador, ya sea instalado como distribuidor o como potencia, es el equipo más importante, ya que cumple la función de reducir o elevar el voltaje según sea la necesidad y entregar la potencia requerida en la puesta en servicio de todo equipo eléctrico, como se muestra en la figura 06, un tipo de transformador de potencia en media tensión, con sistemas de protección tanto en las bobinas, aceite, entre otros (SlideShare, 2011).



Figura 06: Imagen de un transformador eléctrico de potencia.

Fuente: (ARQHYS ARQUITECTURA, 2017)

### **Motores eléctricos en media tensión**

La gama de motores asíncronos trifásicos MRS de media y alta tensión tiene una construcción de alta calidad, diseñada y producida utilizando los materiales más eficientes e innovadores para garantizar un funcionamiento confiable y seguro en trabajos que demandan altas exigencias. Estos tipos de motores están equipados con las características técnicas capaces de proporcionar muchas ventajas tales como peso ligero, eficacia alta, confiabilidad y facilidad en el montaje y el mantenimiento, como se muestra en la figura 07, el tipo de motor en media tensión para este tipo de sistema de bombeo estacionario, el cual tiene que cumplir con las exigencias propias de la operación como alta humedad relativa superior a 90%, temperatura superior a 30°C, presencia de hollín en el ambiente producto de la combustión de los equipos Diésel (MRS motors, 2016).

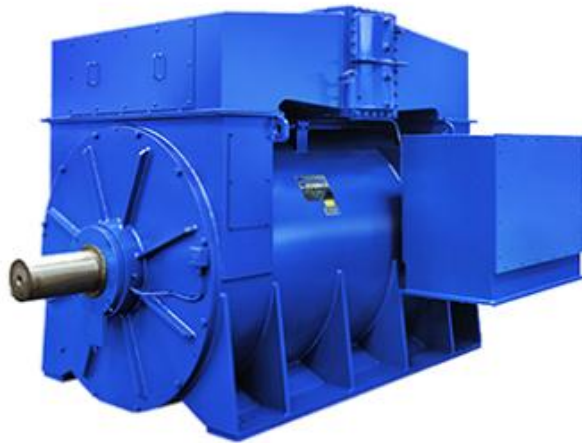


Figura 07: Imagen de un motor eléctrico en media tensión.

Fuente: (MRS motors, 2016).

### **PLC Micro Logix**

Es una pequeña solución comprobada de controlador lógico programable, en él, se realizará la programación con Lógica Escalera (Ladder) el cual deberá recepcionar y emitir señales eléctricas para los arranques, paradas, fallos y demás controles que el cliente necesite para la operación eficiente del Sistema de Bombeo, como se muestra en la figura 08, el tipo de PLC a usar en el proyecto (Rockwell Automation, 2018).



Figura 08: Imagen de un tipo de PLC micro Logix.

Fuente: (Rockwell Automation, 2018).

### **Válvula de control de bomba impulsora**

Este tipo de válvula de diafragma es muy importante para evitar en golpe de ariete al momento que la bomba deja de funcionar. La válvula de control de bombas impulsoras

modelo 740Q es una válvula de retención activa de cámara doble, operación hidráulica, activada por diafragma, que se abre completamente o se cierra en respuesta a señales eléctricas. La válvula aísla a la bomba del sistema durante el arranque y la parada, para evitar los efectos de la sobrepresión en la tubería, como se muestra la figura 09, el tipo de válvula que se va a ser en el proyecto de bombeo a diseñar para automatizar tanto al encendido como en el apagado de las bombas estacionarias horizontales, esta tipo de bomba es muy importante para que el sistema automático pueda funcionar al igual que sensor ultrasonido que está instalado en la succión (BERMAD, 2016).



Figura 09: Imagen de una válvula de control de bomba impulsora.

Fuente: (BERMAD, 2016).

### **Transmisor de nivel tipo ultrasónico**

Este tipo de transmisor es muy usado para poder realizar el control de nivel de las cámaras de bombeo de los sistemas de bombeo en la actualidad. Cada transmisor está diseñado para montarse por encima del nivel de un líquido, y utiliza pulsos de ultrasonido para medir en forma continua la distancia a la superficie del líquido. La electrónica controlada por microprocesador calcula la distancia con respecto al nivel del líquido a partir del retardo de tiempo entre la transmisión y la recepción de señales. Estos dispositivos funcionan de la siguiente forma: cuando son programados con la referencia con respecto al fondo correspondiente a la aplicación – generalmente se trata del fondo de un depósito el transmisor calcula la profundidad del líquido (nivel), y transmitirá el valor de nivel como una señal de 4–20 mA, como se muestra en la figura 10, un tipo de transmisor de nivel el cual vamos a usar en nuestro proyecto teniendo en cuenta parámetros de

operación en interior mina como son humedad relativa, presencia de hollín en el ambiente, alta humedad relativa superior de 90% (Emerson, 2013).



Figura 10: Imagen de un transmisor de nivel tipo ultrasónico.

Fuente: (Emerson, 2013).

### **Evacuación de aguas subterráneas**

El agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, y se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra. En impórtate realizar la evacuación de estas aguas debido a que su almacenamiento representa un peligro a la salud y en muchas ocasiones como en el caso de las minas, afectan con sus operaciones generando grandes pérdidas en su proceso. Cuando hablamos de evacuación de aguas subterráneas producto de las operaciones mineras, estas, antes de ser evacuadas hacia superficie, deben de recibir un tratamiento especial el cual debes de eliminar las impurezas, metales y diversas bacterias; ya que de esta forma evitamos contaminar el medio ambiente, como se muestra en la figura 11, el ciclo de generación de aguas subterráneas en el planeta tierra, el cual inicia desde la parte de superficie e ingresa por filtración al sub suelo y es evacuado mediante dispositivos y equipos de presión como son las bombas hidráulicas de diferentes tipos que existe en la industria actualmente (ATSDR, 2003).



Figura 11: Diagrama grafico del ciclo del agua al nivel subterráneo

Fuente: (ATSDR, 2003).

### Sistema de bombeo o drenaje

La función principal de un sistema de bombeo o drenaje, es la de permitir la evacuación de las aguas subterráneas y/o aguas generadas por diferentes actividades en la industria, desde un nivel inferior hasta el nivel superior donde se dispondrá para realizar diversos trabajos como purificación de estas mismas, entre otros. (Huaroc, 2011, pág. 09).

#### 1.4. Formulación del Problema

¿Cuáles son las características técnicas económicas de un sistema de bombeo estacionario automático para la evacuación de 72 litros por segundo de aguas subterráneas en la Minera Aurífera Retamas?

#### 1.5. Justificación del estudio

La realización de este proyecto presenta diversas justificaciones que son favorables ya sea para la empresa, el medio ambiente y las comunidades aledañas y son:

En este nuevo sistema de bombeo se aplica la tecnología electrónica usando equipos como: variadores de frecuencia, PLC, sistema SCADA, entre otros, ya que con la ayuda de estos equipos toda la operación de bombeo será monitoreada y controlada desde una sala de control en superficie sin la necesidad de estar en interior mina.

El control de encendido y apagado de las bombas se dan mediante una instalación automática en el PLC, el cual recibe las indicaciones de unos sensores de ultrasonido instalados en el tanque de succión de la bomba dependiendo la velocidad de llenado y secado del agua, mediante esta tecnología no se requiere de la presencia de un operador en el campo.

Con el funcionamiento de este nuevo sistema de bombeo la empresa no tendrá operadores para controlar el encendido y apago de las bombas por ser automáticos; al mismo tiempo solo se necesitará de 1 técnico mecánico, por guardia, para la inspección rutinaria de las bombas, teniendo en cuenta que con el sistema de bombeo antiguo necesitaban 6 técnicos por guardia llegando a representar un gran ahorro.

Con el diseño de este nuevo sistema de evacuación de aguas residuales, las paradas por fallas en las bombas se reducirán al mínimo y no habrá inundaciones en las labores mineras y de esta forma, no existirá pérdidas en el proceso de extracción de mineral hacia la planta beneficio y podrán cumplir con lo programado.

Este nuevo sistema de bombeo está diseñado con 03 cámaras de contención de aguas residuales para sedimentar los lodos y purificar el agua (eliminando las impurezas, bacterias, metales, sólidos en suspensión, entre otros) y de esta forma poder ir a los ríos sin contaminar el medio ambiente y la vida acuática.

Con la evacuación a los ríos de estas aguas subterráneas purificadas la población aledaña, en épocas de sequía, lo usa para el riego de cultivos como son: papa, maíz, entre otros. También sirve para la crianza de ganado vacuno, ovino y para el riego de jardines y bosques de eucalipto.

## **1.6. Hipótesis**

El diseño de un sistema de bombeo estacionario automático, permitirá realizar la evacuación de 72 litros por segundo de aguas subterráneas en la Minera Aurífera Retamas.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema de bombeo estacionario automático para la evacuación de 72 litros por segundo de aguas subterráneas en la Minera Aurífera Retamas.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- 1.** Buscar las alternativas para la evacuación de las aguas subterráneas, indicando sus ventajas y desventajas y posteriormente elegir la mejor.
- 2.** Realizar el levantamiento de información en lo que respecta el incremento de afluentes por zonas.
- 3.** Realizar un levantamiento topográfico del terreno para obtener las cotas de alturas para calcular la altura geodésica.
- 4.** Diseñar la nueva línea de impulsión del sistema de bombeo de aguas subterráneas en interior mina.
- 5.** Seleccionar equipos, componentes y materiales que serán parte del nuevo sistema de bombeo.
- 6.** Calcular factibilidad económica que implica la realización de este nuevo sistema de bombeo estacionario.



## II. MÉTODO

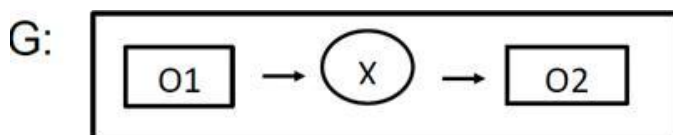
### 2.1. Diseño de investigación

Para el desarrollo de esta investigación se va utilizar el diseño experimental del tipo Pre-experimental, Porque existe la manipulación de la variable independiente y la aleatoriedad de la muestra, en donde se usará una evaluación Pre-Test y Post-Test, como se muestra en la figura 12, el modelo del diseño de investigación.

El cual consiste en:

- Efectuar la medición de la variable dependiente antes de aplicar la variable independiente (Pre-test).
- La aplicación de la variable independiente a los sujetos del grupo de estudio del sistema de bombeo.
- Ejecutar una nueva medición de la variable dependiente, después de haber aplicado la variable independiente (Post-test).

**Figura N° 12: Diseño de Estudio**



**Dónde:**

G: Grupo Experimental.

O1: Evacuación de aguas, caudal y presión del sistema de bombeo actual.

X: Nuevo Sistema mecánico-eléctrico.

O2: Evacuación de aguas, caudal y presión del nuevo sistema de bombeo a diseñar.

## **2.2. Variables**

En nuestro proyecto de “diseño de sistema de bombeo estacionario automático para evacuación de aguas subterráneas”, extraemos las variables independientes y dependiente de donde solo obtenemos una sola variable por cada tipo y son las siguientes:

**2.2.1. Variable independiente:** en nuestro proyecto contamos con dos variables independientes que mostramos en el título y son, una es la evacuación de 72 litros por segundo de aguas subterráneas y la otra la altura dinámica del sistema.

**2.2.2. Variable dependiente:** para el caso de la variable dependiente solo tenemos una que depende de gran manera de los resultados de las variables independiente y viene a ser: diseño del sistema de bombeo estacionario.

### **Operacionalización de variables:**

En este punto vamos a identificar las variables independientes que son aquellas que no dependen del título como la capacidad de evacuación de agua subterránea y la altura geodésica del sistema de bombeo y la variable dependiente está conformada por el sistema de bombeo estacionario en si mismo.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Evacuación de 72 litros por segundo de aguas subterránea	Consiste en transportar y/o evacuar el agua, generada por las explotaciones mineras, de un punto a otro mediante diversos sistemas como pueden ser tuberías, canales de irrigación, entre otros y de esta forma dar la disposición final ya sea, en los ríos, reservorios o pozas de contención (Sistemas Hidroneomáticos c.a., s.f.).	La finalidad de la evacuación de aguas residuales es de eliminar la presencia de este fluido en las labores mineras de explotación de mineral y evitar enfermedades, inundaciones, pérdidas en el proceso productivo (Sistemas Hidroneomáticos c.a., s.f.).	Caudal Evacuado	De razón
			Calidad de agua evacuada	
Altura geodésica del sistema	Representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una máquina (expresados en metros de columna del mismo) como son accesorios, rugosidad del material y la altura geodésica (Sistemas Hidroneomáticos c.a., s.f.).	Es aquella altura que se manifiesta al momento de que la bomba realiza trabajo y el fluido de poner en movimiento llegando a ser las sumas de la altura geodésica y las perdidas dadas por los accesorios y tuberías. Normalmente es representada y evidenciada mediante un manómetro (Sistemas Hidroneomáticos c.a., s.f.)	Altura	De razón
			Presión	
			Caudal	

Fuente: elaboración propia.

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
Sistema de bombeo estacionario	Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesaria en los diferentes sistemas y procesos. (Sistemas Hidroneomáticos c.a., s.f.)	Sistema mediante el cual se evacua aguas subterráneas hacia superficie, generadas producto de la extracción de mineral en el sub suelo, mediante la impulsión del fluido de una bomba estacionaria y siendo guiadas por una línea de tuberías hacia su disposición final.	Tipo de línea de impulsión	DE RAZÓN
			Potencia Eléctrica	
			Tipo de bomba estacionaria	
			Altura	
			Presión	
			Caudal	

Fuente: elaboración propia.

### **2.3. Población, muestra y muestreo**

En nuestra realidad las encuestas solo son parte de demostrar del estado actual de los sistemas de bombeos estacionarios en el Perú enfocados a las unidades mineras.

#### **2.3.1. Población**

La población principal está compuesta por todos los sistemas estacionarios instalados y funcionando en las mineras del Perú y como secundario todas personas que son parte del sistema de bombeo actual y entre ellos mencionamos: técnicos eléctricos, mecánicos, operadores de bombas, jefe de guardia, ingenieros resientes y supervisores de mantenimiento; haciendo una población de 34 personas.

### **2.3.2. Muestra**

El sistema de bombeo a realizar en la minera aurífera Retamas.

### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la realización de este proyecto de investigación de tesis, se está utilizando las siguientes técnicas cuantitativas e instrumentos de recolección de datos:

**2.6.1 Instrumento:** cuadros de análisis de fallas, costos de mantenimiento y de fiabilidad que implica realizar este sistema de bombeo.

### **2.5. Validación y confiabilidad del instrumento**

#### **2.5.1. Validación**

La validación sobre los cuadros de análisis de fallas, costos de mantenimiento y fiabilidad está realizado por ingenieros expertos en sistemas de bombeo y en gestión de mantenimiento de la minera aurífera Retamas; quienes tienen los cargos de supervisores de mantenimiento eléctrico, mecánico e instrumentación.

#### **2.5.2 Confiabilidad**

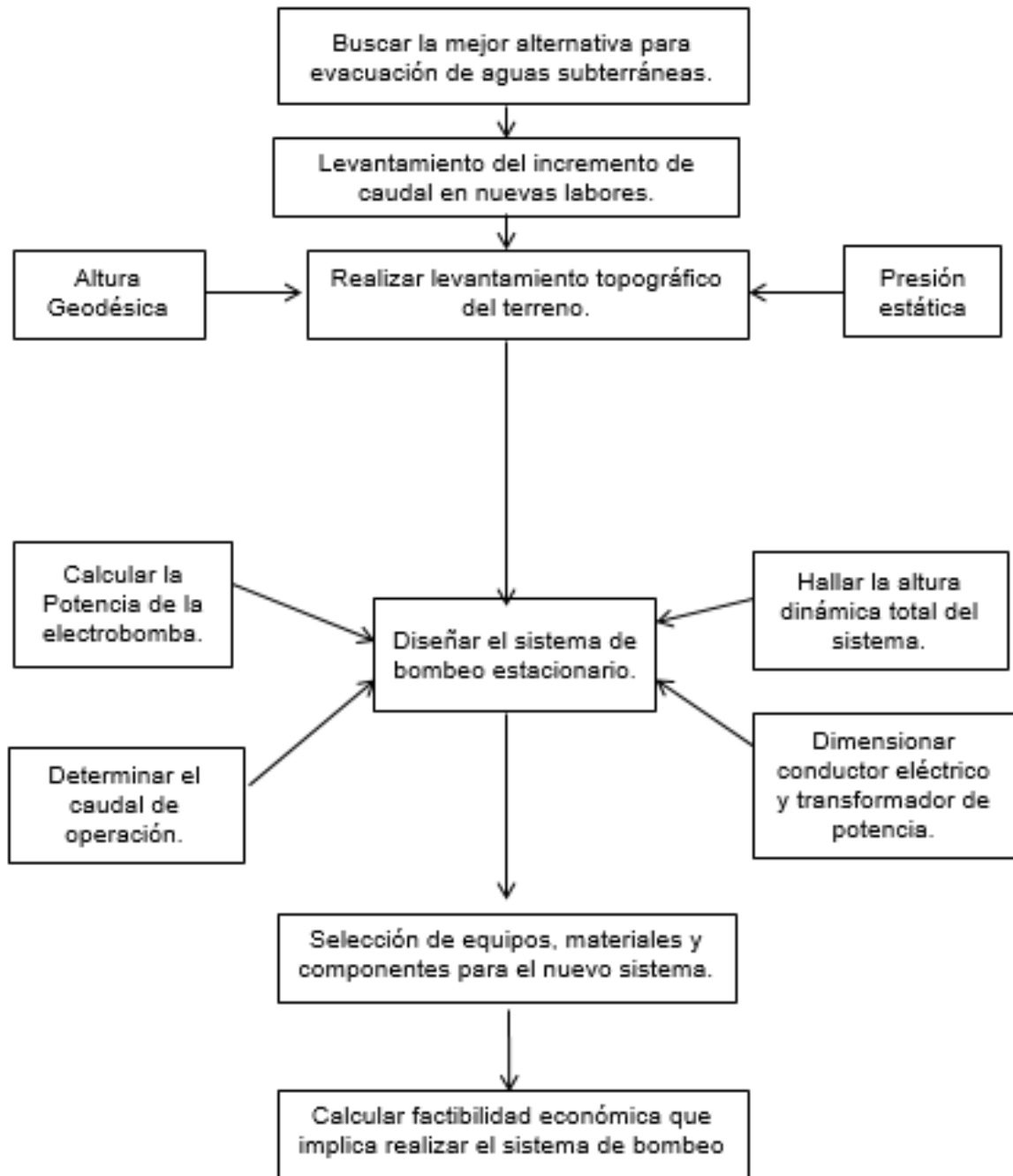
La confiabilidad, en nuestro caso, no es un criterio importante en el instrumento, esto se debe a que estamos realizando un nuevo sistema de bombeo para poder evacuar el incremento de caudal generado por las nuevas labores mineras.

### **2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

Para nuestro proyecto de investigación estamos aplicando el método de análisis cuantitativo para obtener datos numéricos, basados primordialmente en las mediciones de caudal, presión hidráulica y altura dinámica total de la instalación realizadas al personal técnico que forma parte del sistema de bombeo actual en interior mina.

## 2.7. Metodología

En el caso de nuestro proyecto de investigación, la metodología usada es la experimental.



Fuente: elaboración propia.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Descripción del lugar y medias actuales de operación

##### A) Descripción del lugar:

Nuestro proyecto de tesis se realiza en la Minera Aurífera Retamas S.A. Es una empresa de minería subterránea de capital íntegramente peruano. El yacimiento donde se realizan las actividades de explotación de mineral es conocido como "Cerro El Gigante", que viene explorando y explotando sostenidamente hace 30 años se encuentra ubicado en el "Batolito de Pataz", que forma parte del complejo geológico del Marañón, rico en concentraciones de oro y plata. Marsa, fundada en 1981 por don Andrés Marsano Porras, está ubicada a 3900 metros sobre el nivel del mar en el anexo de Llacuabamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad; en el flanco oeste de la Cordillera de los Andes. En sus inicios, hace más de 30 años, la empresa fue inaugurada con una planta de tratamiento de oro de 50TMS/día; con pocos recursos y como consecuencia de un arduo trabajo minero sostenido, de la inquebrantable fe minera de su fundador y de su equipo de colaboradores, se logró el crecimiento y desarrollo de MARSА; contando la empresa hoy en día con una planta de 1800TMS/día de capacidad instalada, con una ampliación actualmente para 300TMS/día. MARSА es hoy en día una empresa moderna, eficiente, respetuosa de su entorno, es una empresa que cuenta con las tres normas internacionales, que da trabajo a más de 3,800 personas y que tiene un alto compromiso de responsabilidad social y ambiental (Minera Aurífera Retamas S.A., 2011).

**Misión Empresarial:** Explorar y explotar oro de manera productiva y rentable, con seguridad industrial, con responsabilidad ambiental y social, sustentada en una organización comprometida, eficiente e innovadora, generando oportunidades de desarrollo para sus trabajadores.

**Visión:** Ser reconocidos por la excelencia de nuestro trabajo, alcanzada a través de nuestros resultados de rentabilidad y productividad, así como de desempeño en seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y responsabilidad social. Brindar un lugar de trabajo

digno y seguro que permita el desarrollo humano de sus integrantes y que podamos contribuir al desarrollo y progreso de nuestro país.

#### **B) Realidad actual de la operación:**

En la Minera Aurífera Retamas se realiza la actividad de extracción de mineral en el sub suelo mediante un sistema de explotación convencional el cual está compuesta por diversos tajos, de las zonas que llevan por nombre: Valeria I, Valeria II, Valeria III y la codiciada, los cuales generan aguas residuales producto de la propia actividad, por lo tanto, es importante realizar la evacuación de estas aguas para evitar las inundaciones de los frentes de trabajo y perder producción. Para realizar la evacuación de estas aguas se cuenta con un sistema de bombeo enseriado, el cual tiene una antigüedad de 15 años iniciando con un caudal de evacuación de 20 litros por segundo llegando a incrementar esta cifra con el paso de los años y el incremento de las actividades mineras. Este tipo de bombas sumergibles son de la marca FLYGT con una potencia de 60 hp, con una altura estática de 65 metros y con un caudal de evacuación de 38 litros por segundo. Dicho sistema está compuesto por 10 bombas sumergibles instaladas en cámaras de bombeo cada 200 metros de distancia en rampa positiva con una inclinación de 15%, haciendo un total de 20 horas de funcionamiento por día, llegando a evacuar un caudal de 2664.6 m<sup>3</sup>/h en dicho periodo de tiempo hacia superficie.

La apertura de nuevas labores mineras como Valeria IV, Inclinado esperanza y Chilcas; generarán un incremento de caudal en la actual línea de impulsión, esto producto de la explotación de mineral en estas zonas de trabajo, en consecuencia, el sistema de bombeo actual llegará a colapsar, por el crecimiento de los afluentes, debido a que su capacidad de evacuación de aguas se encuentra muy por debajo del nuevo caudal a evacuar. Motivo por lo cual es necesario realizar un sistema de bombeo estacionario automatizado con mayor capacidad de evacuación de aguas subterráneas.

### **3.2. Elaboración de la propuesta:**

#### **3.2.1. Buscar las alternativas para la evacuación de las aguas subterráneas, indicando sus ventajas y desventajas y posteriormente elegir la mejor.**

Para la selección de la mejor alternativa en lo que se refiere a las formas de evacuación de aguas residuales existentes para nuestra realidad, hemos identificado tres y las mencionamos a continuación:



<b>ALTERNATIVA</b>	<b>PRINCIPIO FÍSICO</b>	<b>INCORPORACIÓN ABSTRACTA</b>
1	Ecuación general de la energía	Evacuación de aguas residuales mediante otro sistema de bombas sumergibles enseriadas.
2	Ecuación general de la energía	Evacuación de aguas mediante bombas horizontales estacionarias
3	Ecuación general de la energía	Un sistema de evacuación de agua mediante el uso de cisternas.

Una vez identificado las tres alternativas que se asemejan a nuestra realidad a continuación evaluamos alternativa por alternativa mencionando sus ventajas y desventajas de cada propuesta.

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>PRINCIPIO FÍSICO</b>	<b>INCORPORACIÓN ABSTRACTA</b>
1	Ecuación de la energía	Evacuación de aguas residuales mediante otro sistema de bombas sumergibles enseriadas.

#### **VENTAJAS:**

1. Fácil mantenimiento.
2. No genera excesivo ruido.
3. Los componentes, en su gran mayoría, son de fabricación nacional o se cuenta en stock.

#### **DESVANTAJAS:**

1. Al fallar una bomba afecta toda la evacuación de agua, por estar trabajando enseriadas.
2. Por estar el motor sumergido en el agua el riesgo de electrocución es de alto potencial.
3. Evacua poco caudal en un determinado tiempo.
4. Desgaste prematuro de componentes por evacuación de lodos.
5. Representa un alto costo de mantenimiento.
6. Generan un alto consumo de energía eléctrica.

#### **a) Evaluación mediante indicadores de fallas:**

El realizar un sistema de bombeo con bombas sumergibles enseriadas, contempla el uso de 10 bombas sumergibles trabajando en el sistema llegando a ser un alto potencial de fallas debido a la cantidad de estos equipos que son parte para la evacuación de aguas subterráneas, tan solo con fallar uno de estas bombas todo el sistema de bombeo para hasta dar solución al problema; en la tabla 01 mostramos los indicadores de la

gestión de mantenimiento en lo que respecta a disponibilidad y confiabilidad del sistema de bombeo los cuales están muy bajos.

Tabla 01: Indicadores de gestión de mantenimiento del sistema enseriado.

INDICADORES	AÑOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cantidad de bombas sumergibles	10	10	10	16	18	18	20	20
Horas operación programadas al año	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
Horas operación al año del sistema	4320	4320	4320	4680	5760	5760	6120	6120
Número de fallas del sistema	200	220	180	150	140	135	130	120
Horas de parada del sistema	2880	2880	2880	2520	1440	1440	1080	1080
Tiempo Promedio Entre Fallas	21.6	19.64	24	31.2	41.14	42.67	47.08	51
Tiempo Promedio Para Reparar	14.4	13.09	16	16.8	10.29	10.67	8.308	9
Disponibilidad	60%	60%	60%	65%	80%	80%	85%	85%
Confiabilidad	40%	36%	60%	65%	68%	69%	70%	70%

Fuente: Minera Aurífera Retamas

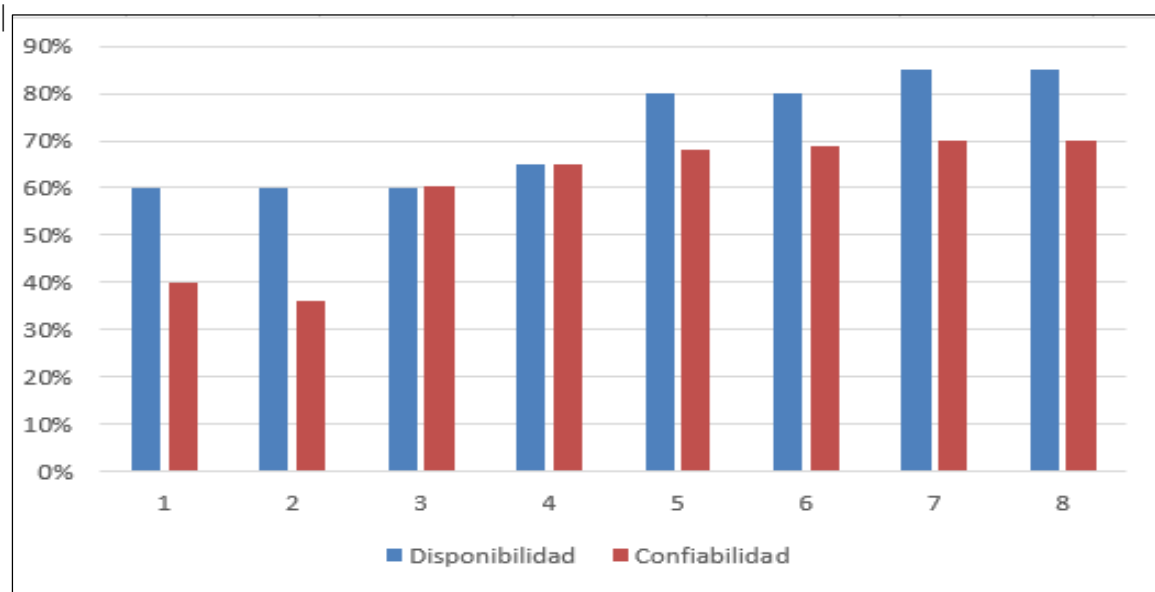


Figura 13: tendencia de disponibilidad y confiabilidad del sistema de bombeo enseriado.

Fuente: Minera Aurífera Retamas.

**b) Mediante costo de operación y mantenimiento del sistema:**

En la tabla 02 mostramos los costos generados por mano de obra y costo de fiabilidad que representa el usar este tipo de sistema de bombeo.

Tabla 02: análisis de costos de mano de obra y fiabilidad del sistema de bombeo.

<b>Costos</b>	<b>Cant. Técnicos</b>	<b>Costo hora/hombre (S/)</b>	<b>Total horas por año</b>	<b>Monto Total</b>
Costo de mano de obra	10	20	2880	576000
<b>Costos</b>	<b>Costo de fiabilidad en una hora (S/)</b>	<b>Total de tajos</b>	<b>Total horas por año</b>	<b>Monto Total</b>
Pérdida del proceso productivo	1800	30	2880	5184000
<b>Costos Total Anual</b>	<b>5'760,000 soles</b>			

Fuente: Minera Aurífera Retamas

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>PRINCIPIO FÍSICO</b>	<b>INCORPORACIÓN ABSTRACTA</b>
2	Ecuación de la energía	Evacuación de aguas mediante bombas horizontales estacionarias

**VENTAJAS:**

1. Evacua gran caudal en menor tiempo.
2. Son para grandes presiones y alturas.
3. El riesgo de electrocución es muy bajo, por trabajar en la superficie.
4. Bajo consumo de energía eléctrica.
5. Fácil mantenibilidad.
6. No existe perdidas de evacuación de agua debido que al fallar una bomba automáticamente entra en servicio el stand by.
7. Bajo costos por mantenimiento y operación de estos equipos.

## DESVENTAJAS:

1. Produce excesivo ruido superior a 90 decibeles.

### a) Evaluación mediante indicadores de fallas:

En este tipo de sistema de bombeo los indicadores de gestión son muy altos debido a que solo interviene una sola bomba para la evacuación de aguas residuales y como contingencia se instala otra a su costado para cuando falla o entra en mantenimiento la bomba que está en operación está la reemplaza.

### b) Mediante costo de operación y mantenimiento del sistema:

Con el funcionamiento de este sistema de bombeo no se tiene costos por operación debido a que siempre se va a dar la evacuación de aguas subterráneas sin verse afectado la producción; solo estaremos tomando en cuenta el costo por mano de obra que también se ve reducido en cantidad de personas y cantidad de horas de paradas. Véase la tabla 03, que muestra estos costos.

Tabla 03: costos de mano de obra

Costos	Cant. Técnicos	Costo hora/hombre (S/)	Total horas por año	Monto Total
Costo de mano de obra	4	30	100	12000
<b>Costos Total Anual</b>	<b>12000 soles</b>			

**Fuente: Elaboración propia.**

ALTERNATIVA	PRINCIPIO FÍSICO	INCORPORACIÓN ABSTRACTA
3	Ecuación de la energía	Un sistema de evacuación de agua mediante el uso de cisternas.

## VENTAJAS:

1. Al agruparse varias cisternas pueden evacuar el agua en un menor tiempo de las bombas.

## DESVENTAJAS:

2. Genera demasiada emisión de monóxido en interior mina.

3. La evacuación de agua sería muy tardía y generaría pérdidas en la producción.
4. Costos más elevados por el alto consumo de combustible.
5. No se podría realizar un tratamiento de las aguas antes de ser evacuados.

a) **Análisis de costo del alquiler de las cisternas:**

Para realizar la evacuación de aguas residuales se requiere el uso de 8 cisternas con un volumen de 5 m<sup>3</sup>, si bien es cierto no es muy costoso el uso de las cisternas para la evacuación el gran problema es que genera muchas emisiones de gases contaminantes y es perjudicial para el trabajo en interior mina, adicional a ello el ingreso de muchos equipos al socavón generaría serios problemas en la ventilación e ingreso de aire limpio al interior; en la tabla 6 mostramos los costos generados mediante este sistema.

Tabla 04: costos de evacuación de aguas subterráneas mediante cisternas.

Costos	Cant. De Cisternas	Costo alquiler por día (S/)	Costo combustible por cisterna	Monto Total año
Costo de evacuar con cisternas	8	5600	1760	639200
<b>Costos Total Anual</b>	<b>639,200 soles</b>			

**Elección de la mejor propuesta teniendo como referencia las ventajas y desventajas:**

En conclusión, analizando las ventajas y desventajas de las tres alternativas mostradas anteriormente en lo que concierne la distinta forma de realizar la evacuación de aguas residuales, optamos por elegir a la evacuación de aguas residuales mediante un sistema de bombeo estacionario usando bombas horizontales por sus grandes ventajas frente a las otras dos opciones.

ALTERNATIVA	PRINCIPIO FÍSICO	INCORPORACIÓN ABSTRACTA
2	Ecuación de la energía	Evacuación de aguas mediante bombas horizontales estacionarias

**3.2.2. Realizar el levantamiento de información en lo que respecta el incremento de afluentes por zonas.**

Como se ha mencionado en la realidad problemática, se está realizando la apertura de 3 zonas para la extracción de mineral y por ende, se sabe que al explotar estas labores mineras la generación de aguas subterráneas será inevitable, razón por el cual, estamos cuantificando los flujos de agua por zonas y labores con una proyección de 07 años según la información proporcionada por planeamiento mina, la figura 13 nos ilustra la cantidad de agua que con el pasar de los años y la apertura de tajos convencionales se generará 34 litros por segundo y se sumará a los 38 litros por segundo que se tiene actualmente en nuestro sistema de bombeo ensariado sumergible (Minera Aurífera Retamas S.A., 2011).

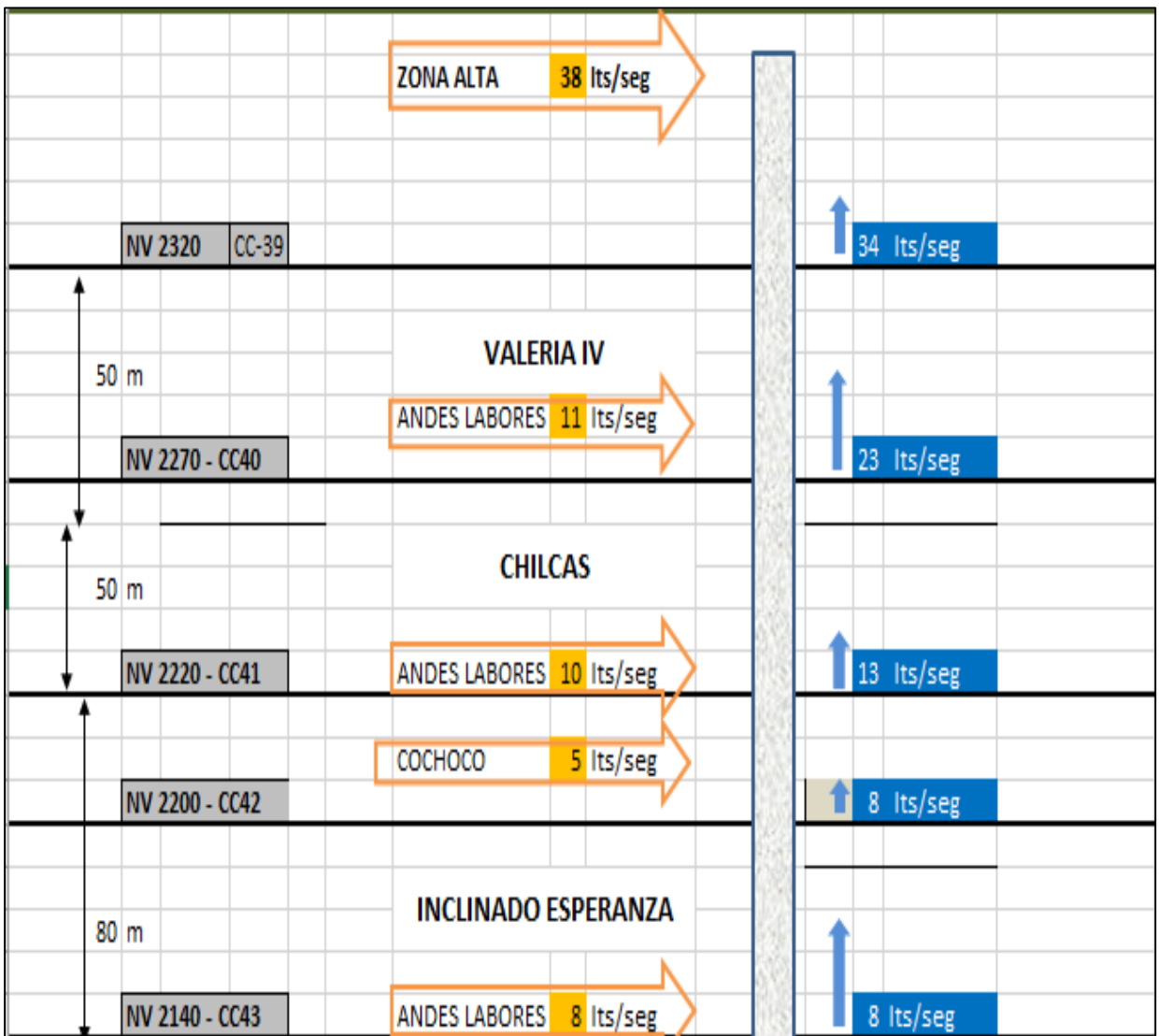


Figura 14: Diagrama nuevos afluentes.

Fuente: Minera Aurífera Retamas.

- Es importante realizar un cuadro resumen del incremento de caudal en el tiempo por zonas con una proyección de 08 años en la cual se realizará la explotación de estas zonas mineras, en la tabla 01 mostramos el incremento de caudal en litros por segundo de cada labor minera y con el transcurrir de los años (Minera Aurífera Retamas S.A., 2011).

Tabla 05: cuadro de distribución de caudal por zonas y por años.

<b>INCREMENTO DE CAUDAL EN LITROS POR SEGUNDO PROYECTADO POR ZONAS</b>								
<b>ZONAS</b>	<b>AÑO</b>							
	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>
<b>VALERIA IV</b>	2	4	6	7	8	9	10	11
<b>CHILCAS</b>	3	5	6	8	9	11	13	15
<b>INCLINADOS</b>	2	2	3	5	5	6	7	8
<b>TOTAL</b>	7	11	15	20	22	26	30	34

Fuente: Minera Aurífera Retamas.

Como mostramos en la imagen 15, muestra la proyección del incremento de caudal por año en las zonas a explotar y con una visión de 07 años.

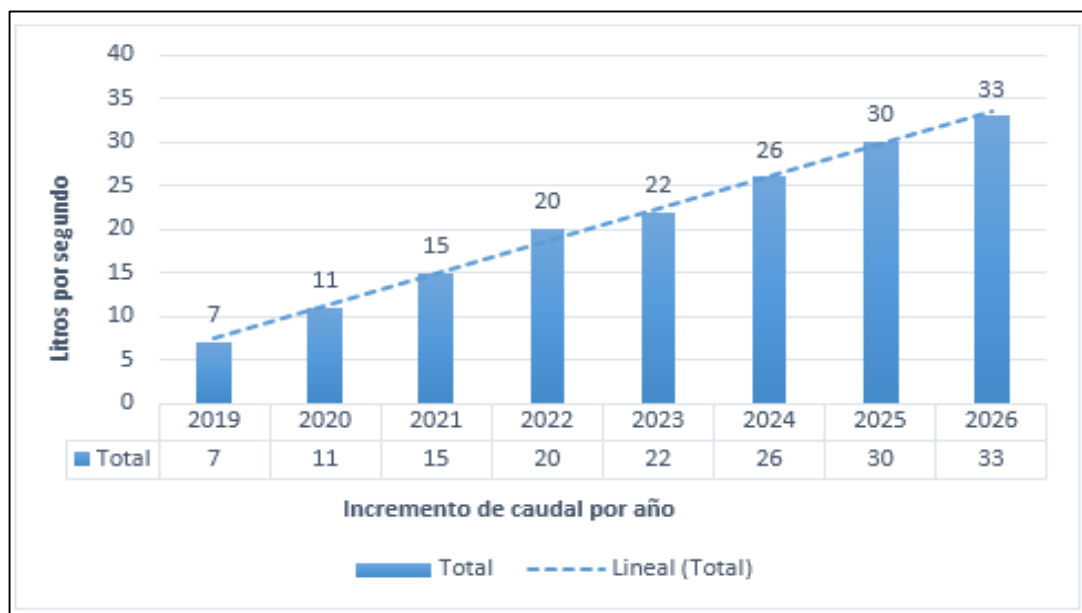


Figura 15: Tendencia de incremento de caudal por año de las nuevas labores mineras. Fuente: Minera Auríferas Retamas.

**3.2.3. Realizar un levantamiento topográfico del terreno para obtener las cotas de alturas para calcular la altura geodésica.**

Para la ejecución del nuevo sistema de bombeo y poder calcular la altura dinámica total, se tiene que realizar el levantamiento topográfico del terreno en donde nos darán a conocer la cota mínima y máxima de la instalación y de esta forma poder obtener la altura geodésica. Nuestra instalación se encuentra en la cota 2374.157 m.s.n.m. y la descarga se encuentra en la cota 2672.443 m.s.n.m. también consideramos el tipo de succión que nuestro proyecto será en positiva con una altura de 15 metros para almacenar un volumen de 425m<sup>3</sup> de agua.

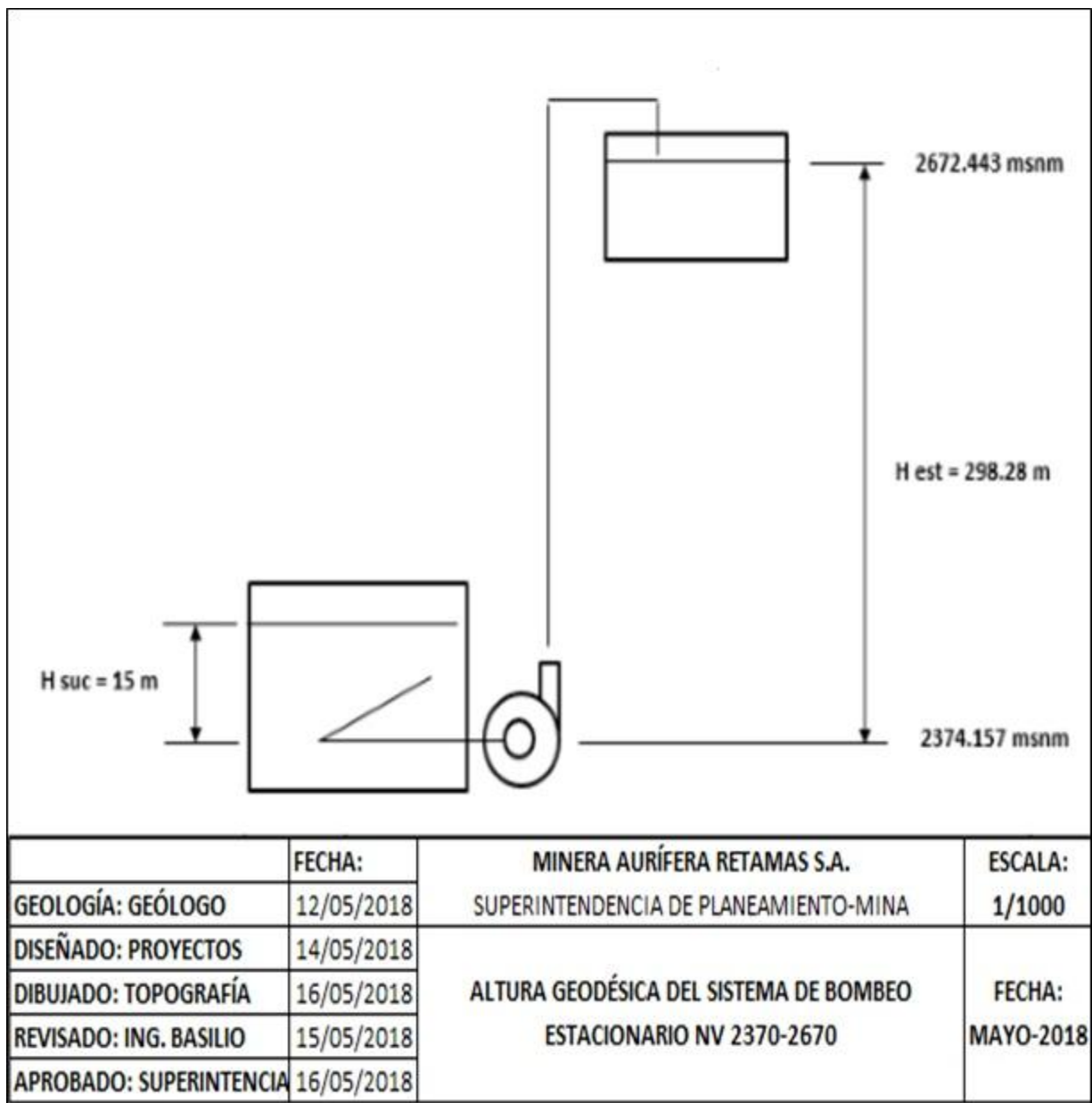


Figura 16: Alturas de cota inferior y superior del sistema de bombeo.

Fuente: Minera Aurífera Retamas.



**Hallar la altura estática real de la instalación:**

$$H_{geod} = H_{estática} - H_{succión}$$

$$H_{geod} = 298 - 15 = 283 \text{ metros.}$$

**Con este dato podemos hallar la presión estática del sistema.**

$$P = \rho * g * h = 998 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 283m = 2770.7 \text{ Kpa.} = 407.28 \text{ psi.}$$

**3.2.4. Calcular y diseñar la nueva línea de bombeo de aguas subterráneas en interior mina.**

**a) Datos principales de caudal “Q”, velocidad del fluido “V” y diámetro de la tubería “D”:**

En primer lugar, vamos a calcular el área “A” debido a que los datos ya se tienen como son:

$$Q = 0.072 \text{ m}^3/\text{s.}$$

V = 2 m/s, obtenido de la tabla 07, de velocidades recomendadas.

**Tabla 07: Velocidades recomendadas:**

Recomendada	Velocidad succión	[1.0 - 2.7]	m/s
	Velocidad descarga	[1.5 - 4.5]	m/s
Más común	Velocidad succión	[1.2 - 2.0]	m/s
	Velocidad descarga	[2 - 3]	m/s

Fuente: Larry W-Mays, 1999.

Hallar el diámetro de la tubería:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.072 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \text{ m/s}} = 0.036 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt[2]{\frac{4A}{\pi}} = 0.214 \text{ m} = 8.7'' = 10''$$

**b) Hallar pérdidas primarias y secundarias en la succión:** para hallar estas pérdidas vamos a graficar la instalación con todos los accesorios y tuberías.

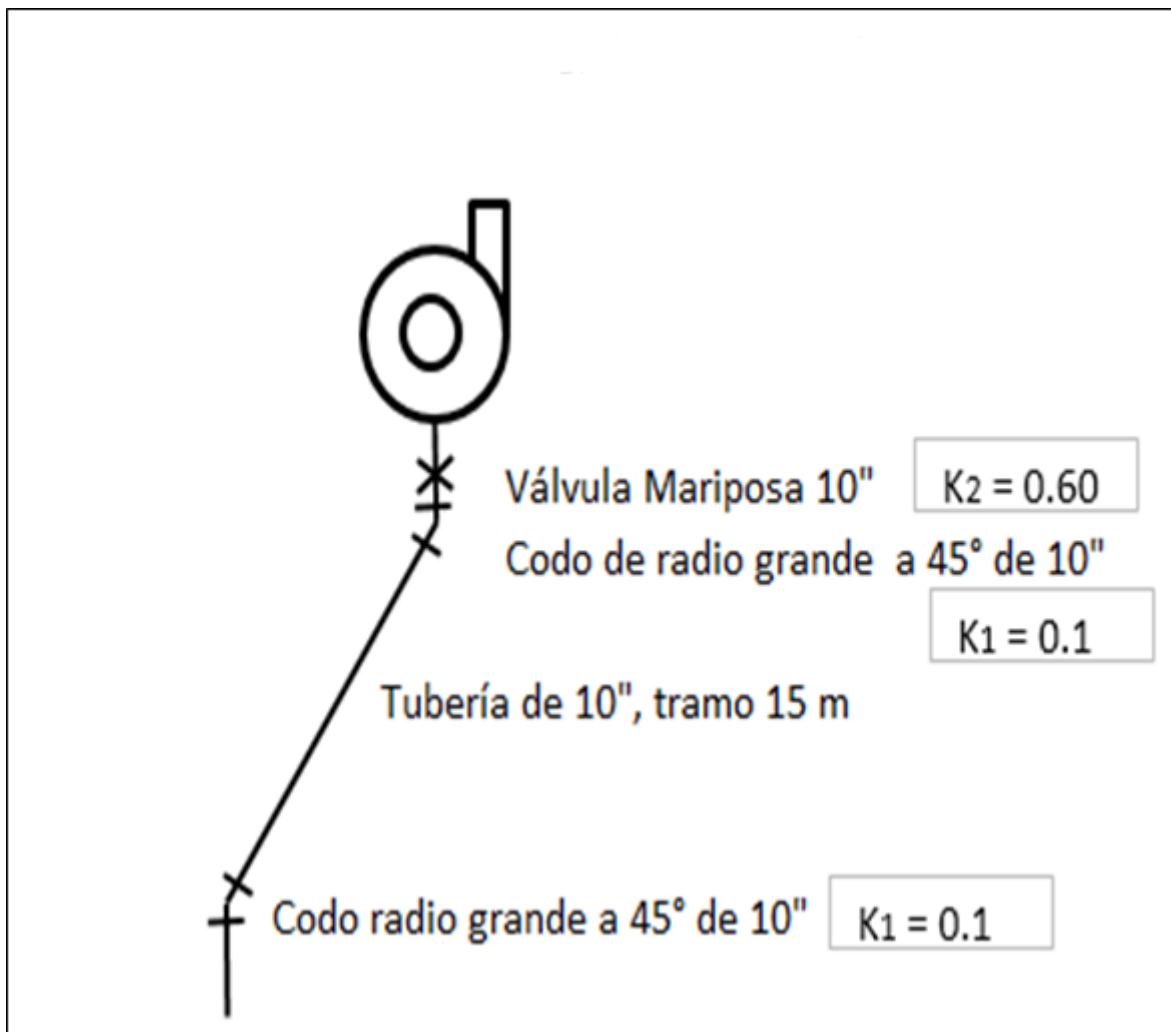


Figura 16: Gráfica de accesorios de la línea de succión de la bomba, Fuente: elaboración propia.

Tabla 07: valor de los accesorios del sistema de succión, extraídos de las tablas de los anexos 10 y 11.

F	0.01488	
D	0.25	M
L	15	M
K1	0.1	
K1	0.1	
K2	0.6	

Fuente: Elaboración propia

Hallar pérdidas primarias aplicaremos la teoría de Darcy-Weisbach la ecuación 04 del marco teórico.

Donde:

L= longitud de tubería de la succión: 2 metros.

D<sub>int</sub>= diámetro interno de la tubería: 0.250 metros, extraído del anexo 13.

V= velocidad promedio del fluido: 2 m/s.

f = coeficiente de fricción para pérdidas primarias.

Es importante mencionar las características del agua: Temp: 20°C, densidad: 998.29 kg/m<sup>3</sup>.

**Calcular número de Reynolds usaremos la ecuación 03 del marco teórico.**

Si el régimen es laminar  $f = \frac{64}{Re}$  ; Re < 2300

Si el régimen es turbulento Re > 2400

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} = \frac{998.29 \frac{kg}{m^3} * \frac{2m}{s} * 0.250m}{0.001 \frac{kg}{m} . s} = 507131$$

El resultado del cálculo del número de Reynolds, en nuestro caso, nos indica que estamos en un régimen turbulento y para hallar el coeficiente de fricción f, vamos a usar la ecuación explícita de Haanbad el cual nos da un valor más exacto.

**Hallar rugosidad relativa:**

El material usado para las tuberías es: acero comercial, tubo de acero A-53 cedula 80 para alta presión, con una rugosidad absoluta usaremos la ecuación 07 del marco teórico.

$$\varepsilon = 0.09 \text{ mm, tabla 06 de los anexos.}$$

$$R = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.09\text{mm}}{250\text{mm}} = 0.00036$$

**Hallar el factor de fricción:**

Teniendo los datos del número de Reynolds “Re” y la rugosidad Relativa “R” procedemos a calcular el factor de fricción usaremos la ecuación 05 la explícita de Haanbad, usaremos la ecuación 05 del marco teórico.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log_{10} \left[ \left( \frac{0.00036}{3.7} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{507131} \right]$$

$$f = 0.01488$$

**Hallar perdidas primarias:**

$$H_{Rpri} = 0.01488 * \frac{2 \text{ m}}{0.250\text{m}} * \frac{\left(\frac{15\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1.37 \text{ m.}$$

**Para hallar las perdidas secundarias usaremos la ecuación 09 del marco teórico.**

$$H_{Rsecun} = K * \frac{v^2}{2g}$$

Donde “K”, viene a ser el coeficiente de pérdidas en accesorios.

Sumatorias de los coeficientes de pérdidas: K1= 0.2; K2=0.6.

$$H_{R\ secun} = 0.8 * \frac{2^2}{2 * 9.81} = 0.16\ m$$

- Realizando una sumatorias de las perdidas primarias y secundarias en el sistema de succión de nuestra instalación tenemos un total de **1.53 metros**.

c) **Hallar pérdidas primarias y secundarias en descarga.**

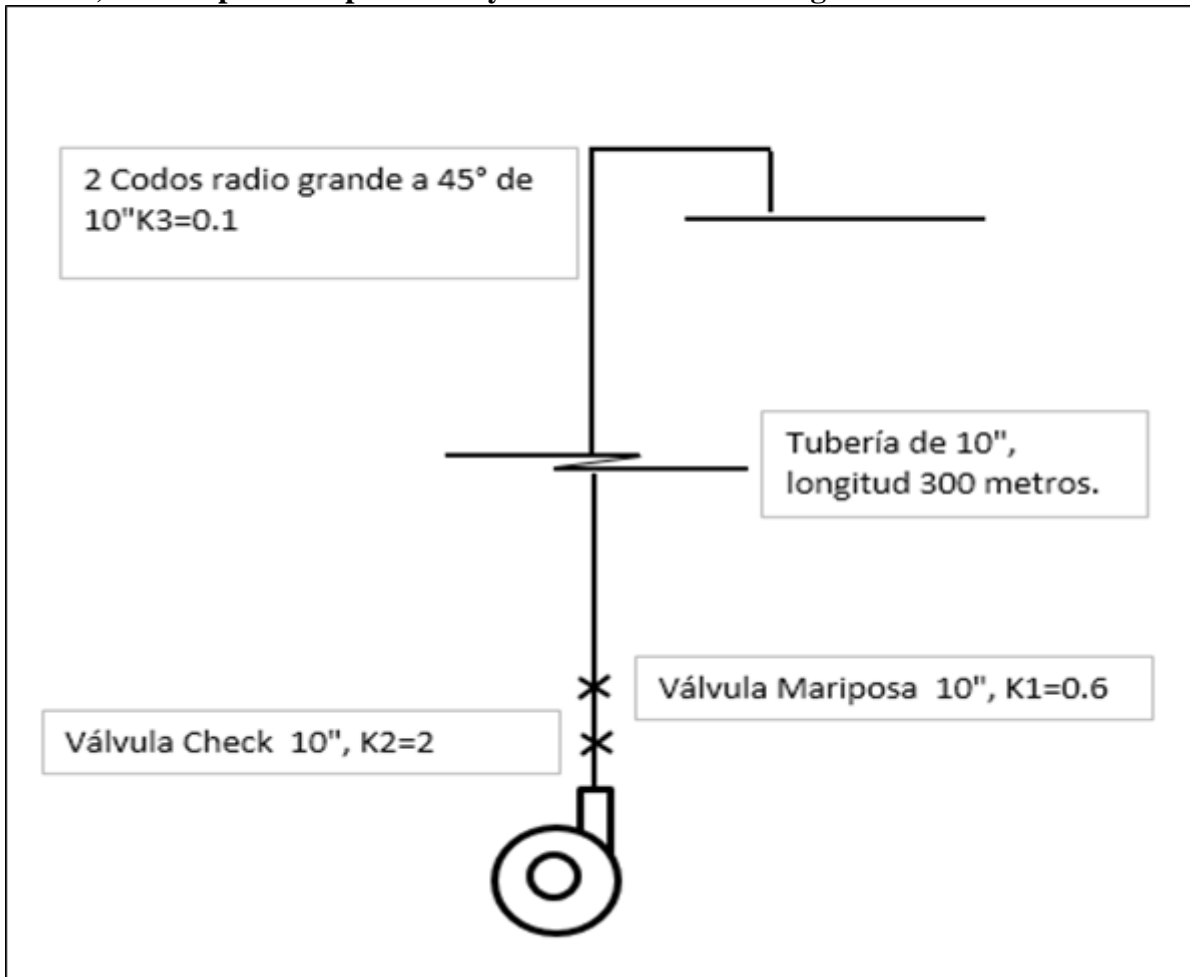


Figura 17: Accesorios de la descarga.

Fuente: elaboración propia.

Hallar pérdidas primarias aplicaremos la teoría de Darcy de Darcy-Weisbach la ecuación 04 del marco teórico.

Donde:

L= longitud de tubería de la succión: 300 metros.

D= diámetro interno de la tubería: 0.250 metros.

V= velocidad promedio del fluido: 2 m/s.

$f$  = coeficiente de fricción para pérdidas primarias.

En esta ocasión no se calcula la variación del factor de fricción por pérdidas primarias debido a que contamos con las mismas condiciones.

Tabla 08: valor de los accesorios de descarga extraídos de las tablas de los anexos 10 y 11.

f	0.01488	
D	0.25	m
L	300	m
K3	0.1	
K3	0.1	
K1	0.6	
K2	2	

Fuente: elaboración propia

$$H_{Rpri} = 0.01488 * \frac{300 \text{ m}}{0.250 \text{ m}} * \frac{\left(\frac{2 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 3.64 \text{ m.}$$

**Hallar pérdidas secundarias**

$$H_{Rsecun} = K * \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{Rsecun} = 2.8 * \frac{2^2}{2 * 9.81} = 0.57 \text{ m.}$$

- Realizando una sumatoria de las pérdidas primarias y secundarias del lado de descarga de nuestro sistema tenemos **4.21 metros**.

**d) Aplicando la ecuación general de la energía, encontramos la altura de la bomba o ADT del sistema.**

Ecuación 03 del marco teórico, la ecuación de la energía y aplicando a nuestro caso teniendo en cuenta que nuestro sistema está abierto

**Ecuación deducible:**

$$H_{bomba} = H_{geod} + (H_{R-asp} + H_{R-descar}) + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{bomba} = 283m + (1.53 + 4.21)m + \frac{2^2}{2 * 9.81} = 289 m$$

$$P_{sistema} = \rho * g * h = 998 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 289m = 2829,421 Kpa. = 416 psi.$$

**e) Hallar potencia hidráulica de la bomba con unidades del SI**

$$P_{hidráulica} = \frac{Q * \rho * g * H}{1000 * \eta_{total}} = KW$$

Donde:

$$\eta_{total} = \eta_{mec.} * \eta_{vol} * \eta_{hidr} \text{ datos de la bomba.}$$

Eficiencia de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60% (Sistemas Hidroneomáticos c.a., s.f., pág. 21).

$$P_h = \frac{0.072 * 998 * 9.81 * 289}{1000 * 0.6} = 339 \text{ kw}$$

**f) Hallar la curva del sistema y comparar con la curva de la bomba.**

Para nuestro proyecto estamos seleccionando la bomba de la marca KSB MULTITEC/ 360mm, del cual estamos usando la curva de la bomba proporcionado por el fabricante.

Sabiendo que los diámetros de las tuberías son iguales aplicaremos la siguiente ecuación:

$$H_{sist} = H_{geo} + K' * Q^2$$

Donde:

K': constante global de pérdidas en tuberías y accesorios.

$$K' = \left( f * \frac{L}{D_{int}} + K \right) * \frac{8}{\pi^2 * g * D^4}$$

Solución:

$$K' = \left( 0.01488 * \frac{300m}{0.250m} + 3.6 \right) * \frac{8}{\pi^2 * 9.81 \frac{m}{s^2} * (0.250m)^4}$$

$$K' = 453.84$$

Aplicando la formula general

$$H_{sist} = H_{geo} + K' * Q^2$$

$$H_{sist} = 283 + 453.84 * Q^2$$



## Tabulando nuestros datos obtenemos

Tabla 05: tabulación de la curva del sistema

MULTITEC 150/5		Curva del Sistema	
0	380	0	283
40	364	25	283.5
60	344	50	284.5
80	310	78	286
100	262	100	287

Fuente: elaboración propia

Realizando la tabulación para obtener la curva del sistema e intersectando con la curva de operación de la bomba, tal como lo muestra la figura 18 adjunta, el punto de operación ideal de nuestro sistema es de 90 litros por segundo.

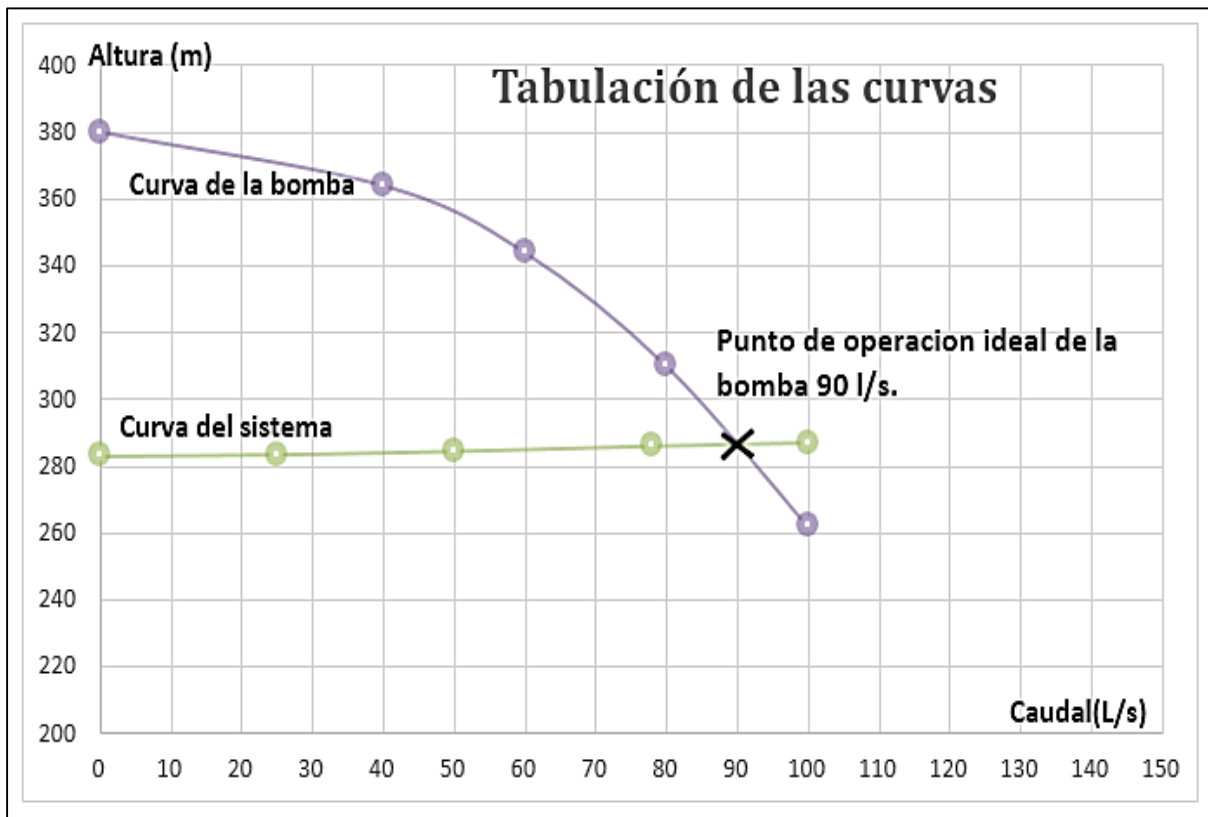


Figura 18: Intersección de la curva de operación con la curva de operación de la bomba seleccionada. Fuente: elaboración propia.

Bomba Tipo  
 Pump Type  
 Tipo de Bomba

**KSB WKL**

Tamanho  
 Size  
 Tamaño

**150**



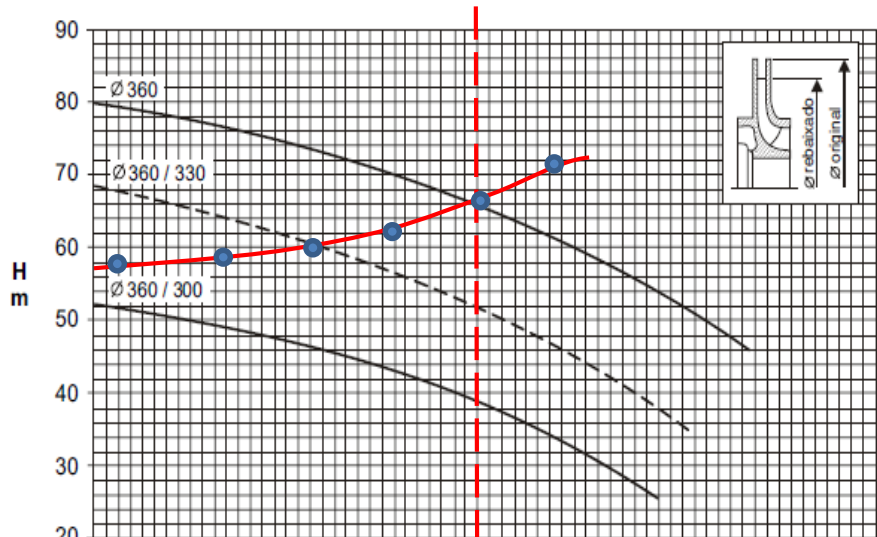
Oferta nº  
 Project - No.  
 Oferta - nº

Item nº  
 Item - No.  
 Pos - nº

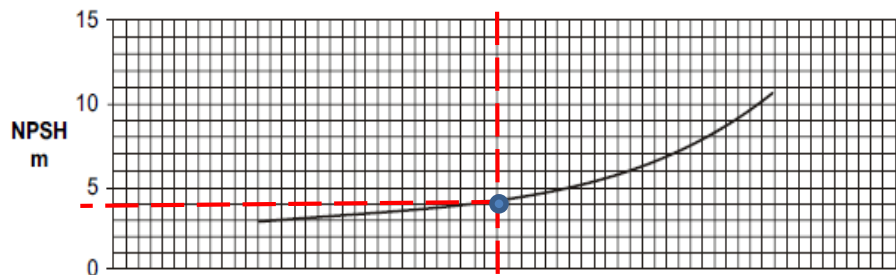
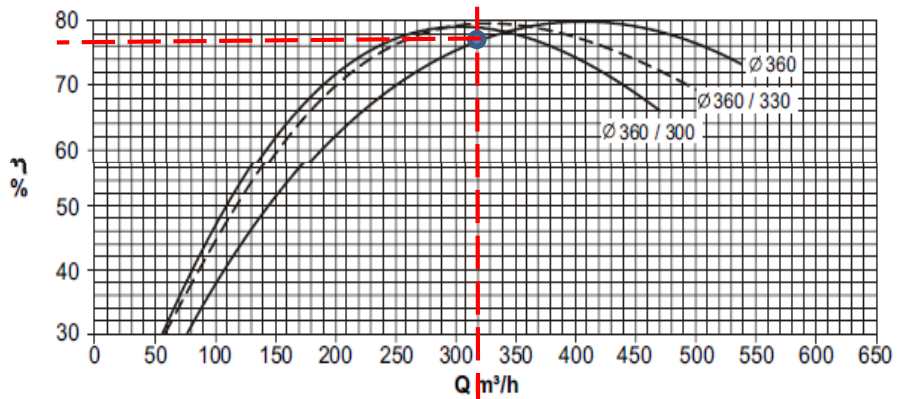
Velocidade Nominal  
 Nom. Rotative Speed  
 Velocidad Nominal

**1750 rpm**

Altura Manométrica  
 Head  
 Altura Manométrica  
 por Estágio



Rendimento  
 Efficiency  
 Rendimento



Potencia Necesaria  
 Shaft Power  
 Potência Necessária  
 por Estágio

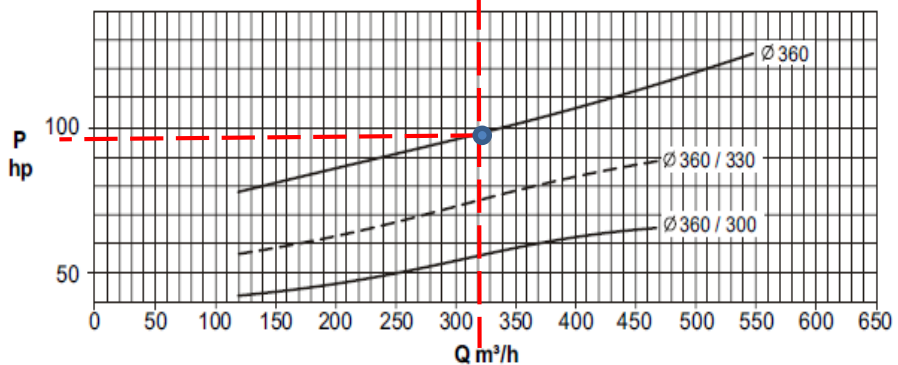


Figura 19: Intersección de curvas de eficiencia, caudal, NPSH y potencia por etapa.

**g) Hallar potencia absorbida del motor eléctrico de accionamiento**

Potencia útil del motor eléctrico:

$$P_{\text{útil}} = \frac{P_{\text{bomba}}}{\eta_{\text{mec}}} = \frac{339}{0.98} = 405.9 \text{ KW}$$

Potencia absorbida del motor eléctrico alta eficiencia, eficiencia NEMA 95.8% según (Advance Manufacturing Office, 2014).

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta_{\text{motor}}} = \frac{345.5}{0.958} = 423 \text{ KW}$$

Hallar la potencia en hp:

$$HP = \frac{P_{\text{abs}}}{0.746} = \frac{360.8}{0.746} = 484.8 \text{ Hp} = 500 \text{ Hp}$$

**h) Calcular caída de tensión del conductor eléctrico desde superficie.**

Datos principales del motor eléctrico:

Tabla 06: datos principales del motor eléctrico de media tensión

<b>Potencia</b>	<b>Corriente</b>	<b>Tensión</b>	<b>Eficiencia</b>
500 HP	100 A	4160 V	0.958
<b>Altitud</b>	<b>F.S</b>	<b>Cos Q</b>	<b>RPM</b>
4000 m.s.n.m.	1.15	0.9	1700

Fuente: elaboración propia.

**Seleccionar el conductor eléctrico mediante el análisis por Ampacidad:** este análisis indica que la corriente del conductor tiene que sea mayor a la corriente de diseño; para nuestra instalación se considera un cable eléctrico instalado al aire libre.

Hallar la corriente máxima en el arranque con arrancador tipo variador:

$$A_{arranque} = A_{nominal\ del\ motor}$$

$$A_{arranque} = 100A$$

Tomando como datos los conductores de la empresa INDECO DEL PERÚ del tipo N2XSEY de 50mm<sup>2</sup> trifásico con corriente nominal de 210 amperios.

Calcular caída de tensión en el arranque usando la ecuación 06 del marco teórico.

Datos del conductor eléctrico según del anexo 12 adjunta.

XL: 0.1382 Ω/km; RL: 0.493 Ω/km; Temp. Max: 90°C; Temp. Amb: 20°C

Hallar R de operación:

$$R_{opera} = R_{to} * (1 + \alpha_t * \Delta t)$$

Donde:

R<sub>to</sub>: sale de tabla.

α<sub>t</sub>: coeficiente de temperatura del cobre= 0.00393 C<sup>-1</sup>

Calcular el R<sub>L</sub>-operación correspondiente a nuestra instalación:

$$R_{opera} = 0.493 * (1 + 0.00393 * 70)$$

$$R_{opera} = 0.6286 \Omega/\text{km}$$

Para tener un cálculo real en toda su longitud:

$$R_{real} = 0.6286 \frac{\Omega}{\text{km}} * 2\text{Km} = 1.26 \Omega.$$

$$XL_{real} = 0.1382 \frac{\Omega}{\text{km}} * 2\text{Km} = 0.2764 \Omega.$$

Hallar el coseno y el seno de  $\theta$  de la instalación:

$$Z_L = \sqrt{(XL_{real})^2 + (R_{real})^2} = 1.28 \Omega.$$

$$\text{Cos } \theta = \frac{R_{real}}{Z_L} = 0.98 \quad ; \quad \text{sen } \theta = \frac{XL_{real}}{Z_L} = 0.216$$

Calcular caída de tensión:

Para el cálculo de caída de tensión en un sistema trifásico industrial de debe de tener en cuenta que  $\Delta U \leq 5\% = 500 \text{ voltios}$ . Según Código Nacional de Electricidad-Suministro 2006; para nuestro caso no debemos de superar el 3% de caída de tensión que es igual a 300 voltios.

$$\Delta U = 373000w * 2 \text{ km} * \frac{1.26\Omega * 0.98 + 0.2764\Omega * 0.216}{10000 \text{ voltios}}$$

$$\Delta U = 97v = 1\%.$$

Como objetivo nos trazamos no superar una caída de tensión indicado por el código nacional de electricidad para instalaciones eléctricas industriales la caída máxima de tensión no debe de superar el 5% y los resultados nos dieron 1%; por lo tanto, no habrá problemas de caída de tensión en este nuevo sistema de bombeo estacionario en donde estamos ingresando a interior mina con un nivel de tensión de 10kv para lo cual se solicitara un permiso especial al estado para poder trabajar con este nivel de voltaje en interior mina.

i) Análisis de cargas para seleccionar el transformador de distribución.

CÁLCULOS PARA TRANSFORMADOR DEL SISTEMA DE BOMBEO						
DISTRIBUCIÓN DE CARGAS:		POT.(HP)	CANT.	DEMANDA DE POT. MAX.(P.TxF.S)		
				P. TOTAL	F.S	D.MAX.
C1	Bomba estacionaria multietapas	500	1	500	0.5	250
C2	Bomba estacionaria multietapas	500	1	500	0.5	250
C3	Servicios secundarios	400	1	400	0.5	200
<b>TOTAL (HP)</b>						<b>700</b>

$$\Sigma \text{cargas} = C1 + C2 + C3$$

$$\Sigma \text{cargas} = 250 + 250 + 200$$

$$\Sigma \text{cargas} = 700 \text{HP.}$$

$$\Sigma \text{cargas} = 523 \text{KW.}$$

DONDE:	
C <sub>0</sub>	Cargas
F.S	Factor de simultaneidad
F.P	Factor de potencia
D.MAX.	Demanda máxima.
P	Potencia activa

Nota: se considera un factor de potencia para motores de 0.85

$$\text{POTENCIA (KVA) DEL TRANSFORMADOR}$$

$$S (\text{POT. APARENTE}) = P (\text{POT. ACTIVA}) / F.P.$$

$$S (\text{POT. APARENTE}) = 523 / 0.85 \text{ KVA}$$

$$\text{POTENCIA DEL TRANSFORMADOR} = 650 \text{ KVA}$$

Según nuestro análisis de carga, necesitamos un transformador de potencia en aceite de las siguientes características: potencia: 650 Kva, voltajes: 10/4.16 Kv, grupo de conexión: Yy11, voltaje de cortocircuito: 3.02%, nivel de operación: 4000 m.s.n.m., con accesorios de que cumplen la función de proteger al transformador y son: relé buchholz, medidor de temperatura de aceite y bobinas, medidor de nivel de aceite, válvula de sobre presión, ventiladores para ventilación forzada.

j) Diagrama unifilar del sistema eléctrico en general:

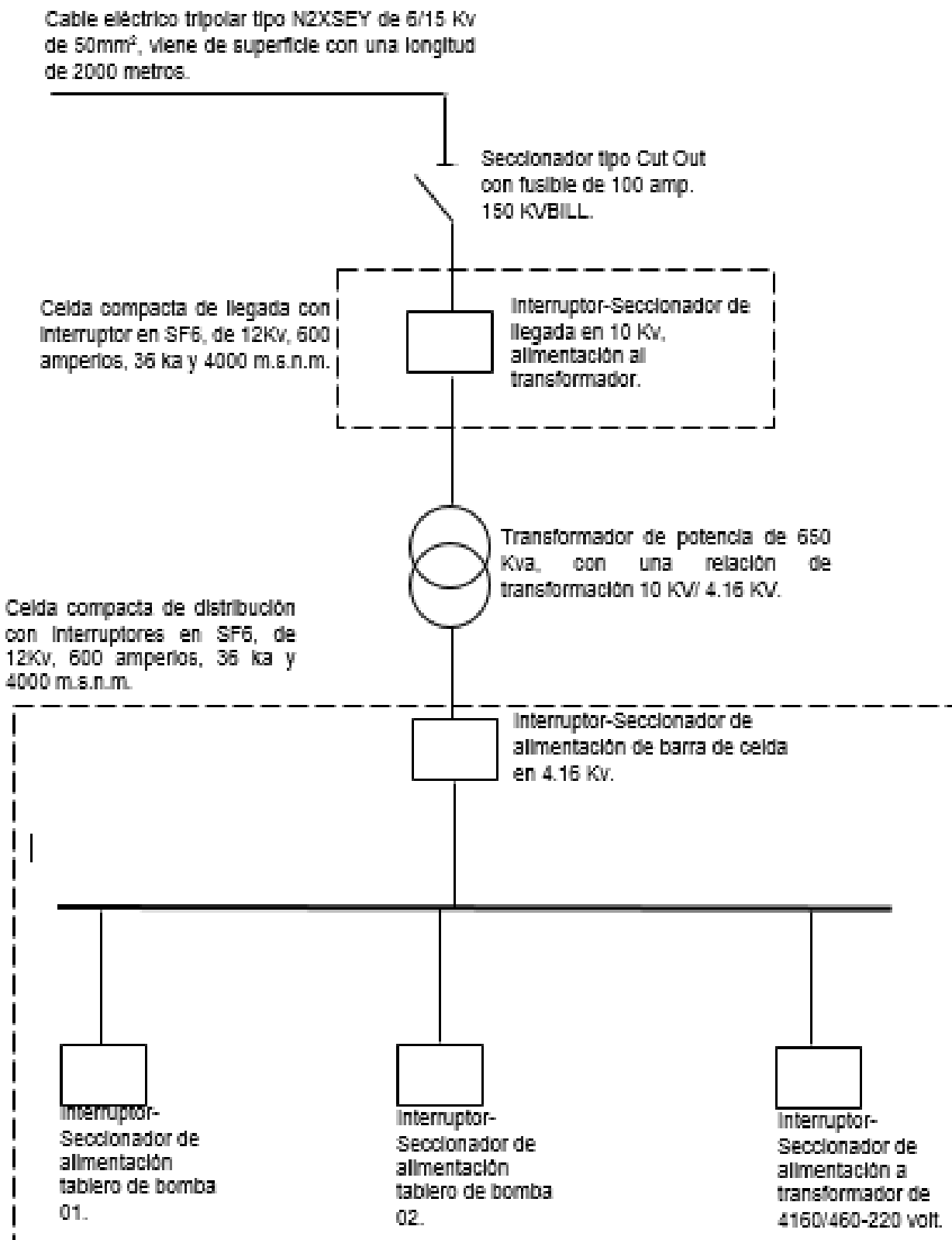


Figura 20: Diagrama del sistema eléctrico de alimentación en media tensión.



**k) Calcular el NPSH Disponible del sistema de bombeo en la succión:**

Datos importantes:

a) Temperatura del agua: 20°C; altura de operación: 2370 m.s.n.m.; presión atmosférica: 7.38 mca.

b) Calcular datos importantes:

$$H_{vapor} = a \text{ una temperatura de } 20^{\circ}\text{C} = 0.355 \text{ mca.}$$

$$H_{pérdidas} = 1.53\text{m.}$$

$$H_{atm} = 0.7138 \text{ atm} = 7.38\text{mca.}$$

$$H_{succión} = 15\text{m.}$$

$$NPSH_d = H_{atm} + H_{succ} - H_{perd} - H_{vap}$$

$$NPSH_d = 7.38\text{m} + 15\text{m} - 1.53\text{m} - 0.355$$

$$NPSH_d = 20.5\text{m}$$

De la curva de la bomba tenemos NPSH r = 4, por lo tanto, se cumple que:

**l) Seleccionar la válvula de control y disipadora de onda de la instalación.**

Para poder seleccionar la válvula de control automático y la disipadora de onda se necesita tener la presión del sistema y el diámetro de las tuberías.

$$P_{sistema} = \rho * g * h = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 289\text{m} = 2829,421 \text{ Kpa.} = 416 \text{ psi.}$$

Se requiere las válvulas de las siguientes características:

- Presión del sistema: 416 psi.
- Altura dinámica: 289 metros.
- Diámetro de la tubería: 0.250 metros.

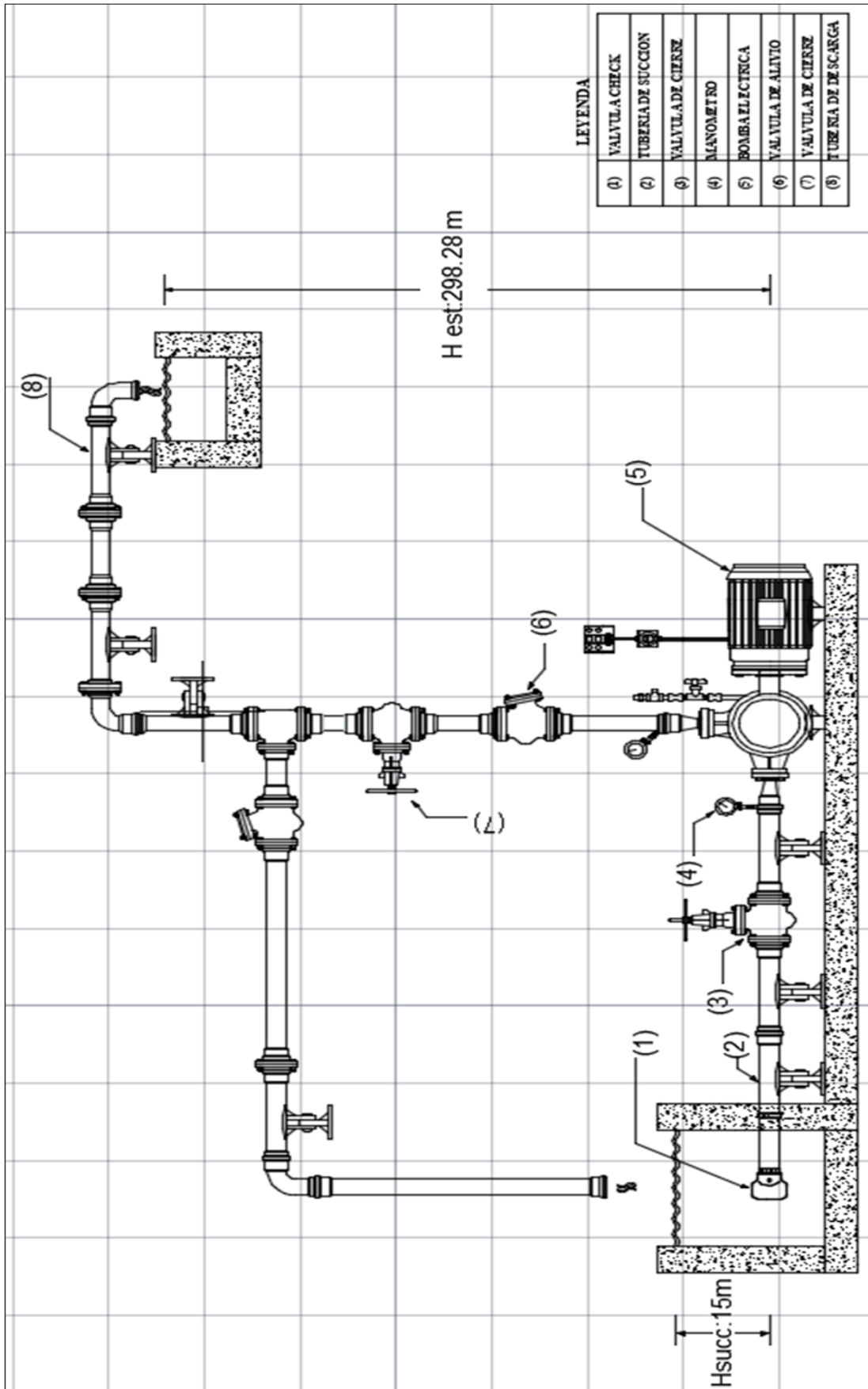


Figura 21: Sistema de bombeo estacionario

Fuente: Elaboración propia

**m) Lógica de la programación para el sistema automático del sistema**

**a) Main Routine- Lader Diagram:** en español significa: rutina principal, esto hace referencia a la configuración lógica principal que se realiza en el PLC para activar los contactos de entrada y salida de la programación automatizada que viene a ser parte del nuevo sistema de bombeo. Como se muestra en la figura 22, donde nos muestra el Lader Diagram, mediante esta programación activamos el control manual automático, permisivos, DO\_Ouput, DI\_Input y los arranques.

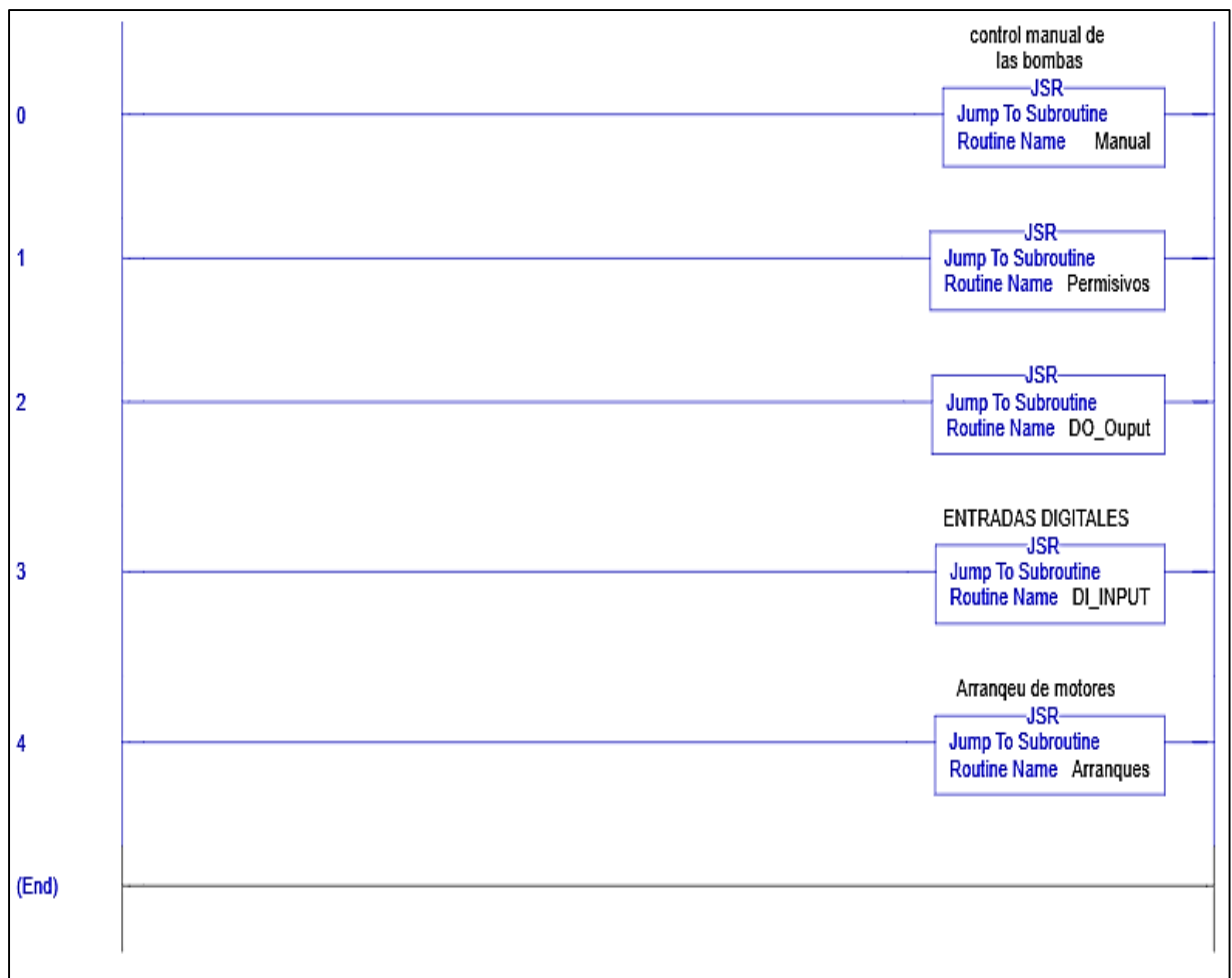


Figura 22: Diagrama de salto a la sub rutina.

Fuente: elaboración propia mediante el PLC Micro Logix.

**b) Lader Diagram:** es aquí donde se realiza la lógica de mando el cual servirá para automatizar todo el sistema de encendido y apagado de las bombas, mediante este

sistema se puede arrancar las bombas remotamente mediante el sistema scada, como se muestra en la figura 23, mostramos la lógica de mando del sistema automático.

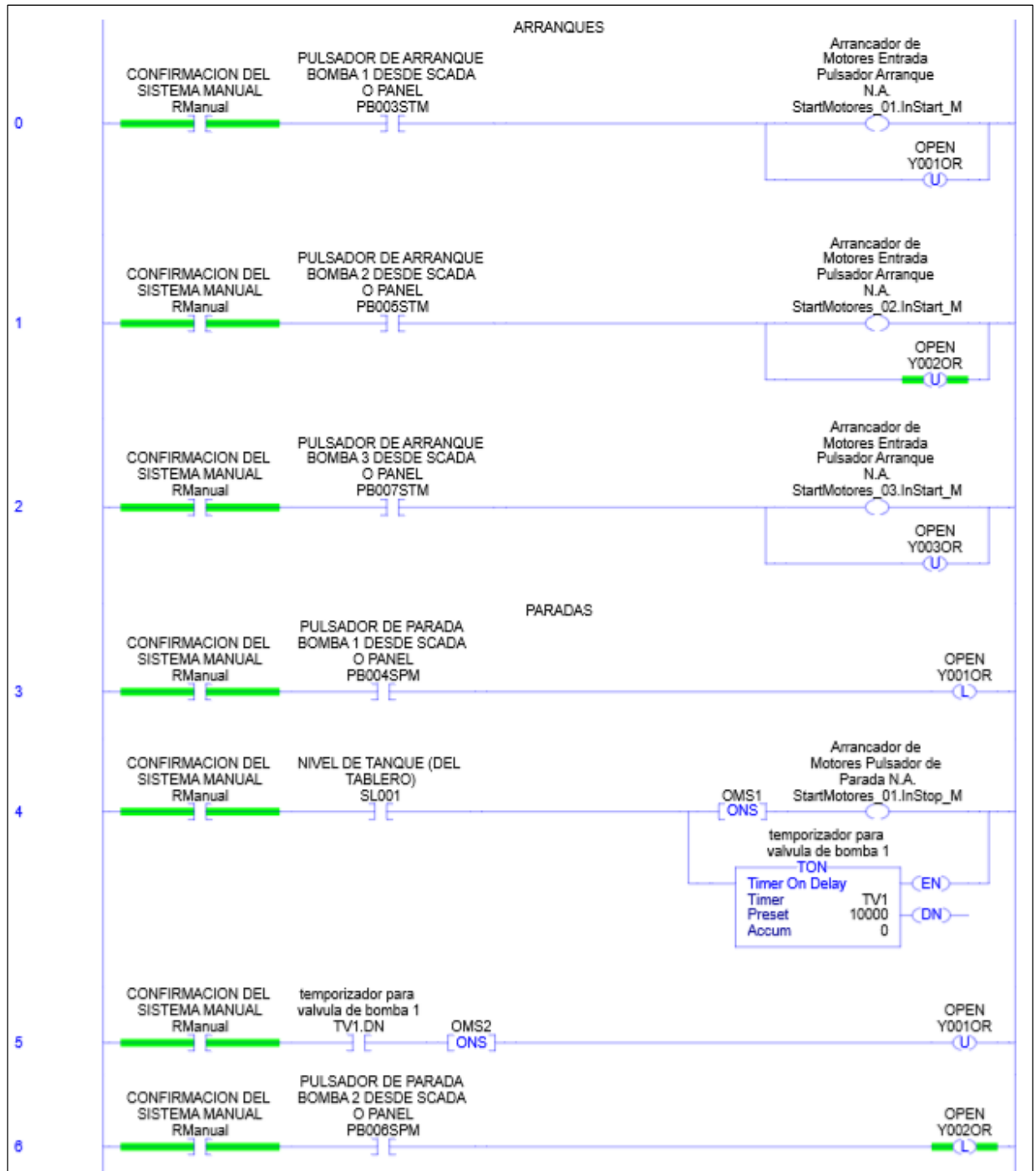
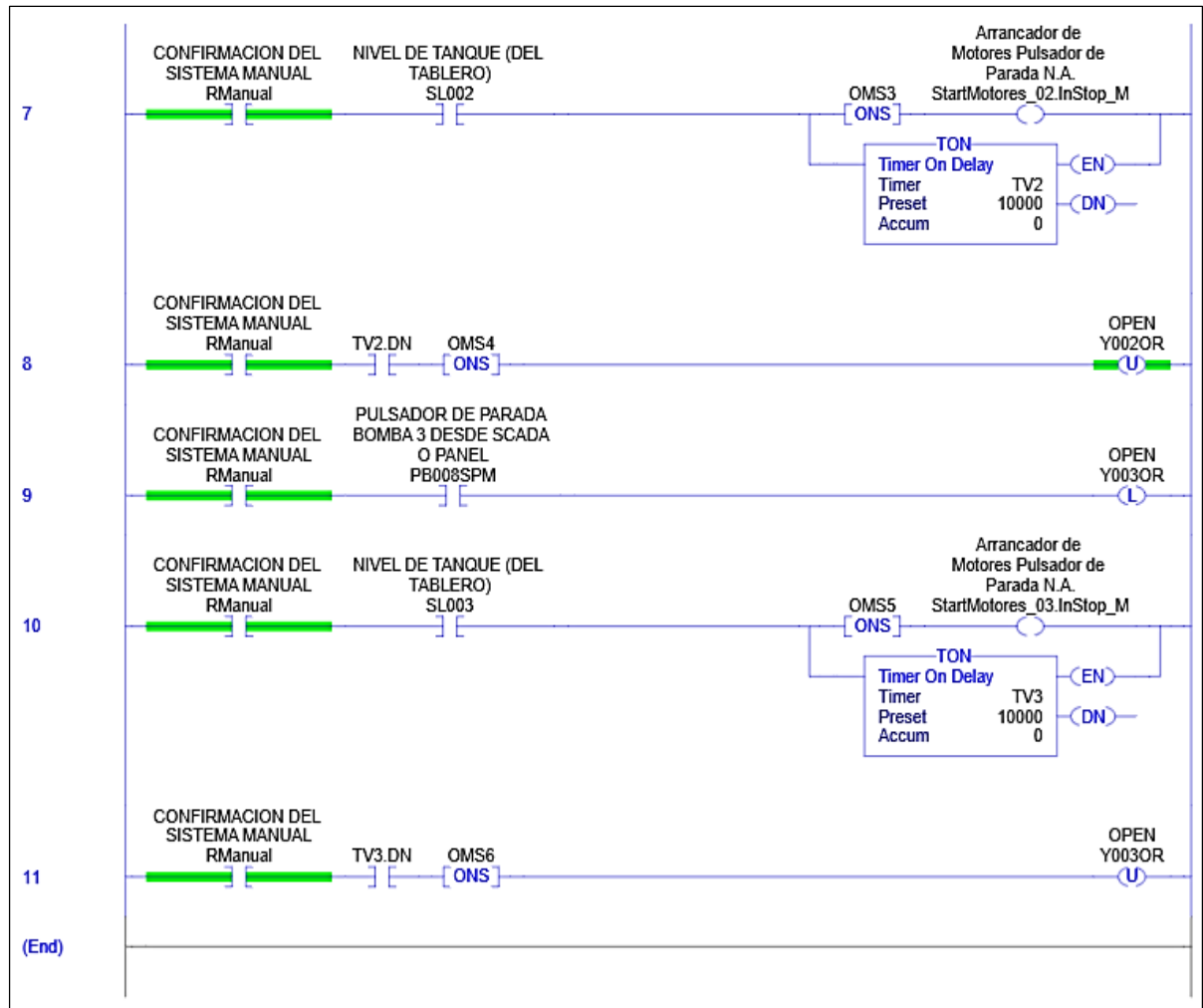


Figura 23: Lógica programada del sistema manual-automático.

Fuente: Elaboración propia mediante el PLC Micro Logix.



Continuación de la figura 23: lógica programada del sistema automático,  
Fuente: Elaboración propia mediante el PLC Micro Logix.

**Encendido de las bombas:** el sensor del tipo ultrasonido, instalado en el tanque de succión, cierra circuito en el momento que el agua llega al límite máximo superior del tanque, llegando la señal analógica al PLC y este, mediante un contacto seco encendiendo de esta forma la bomba y la apertura de la válvula de diafragma instalada en la descarga.

**Apagado de las bombas:** el sensor del tipo ultrasonido, instalado en el tanque de succión, emite una señal en el momento que el agua llega al límite mínimo inferior del tanque, llegando la señal analógica al PLC y este, mediante un contacto seco apaga la bomba y cierra la válvula de diafragma instalada en la descarga.

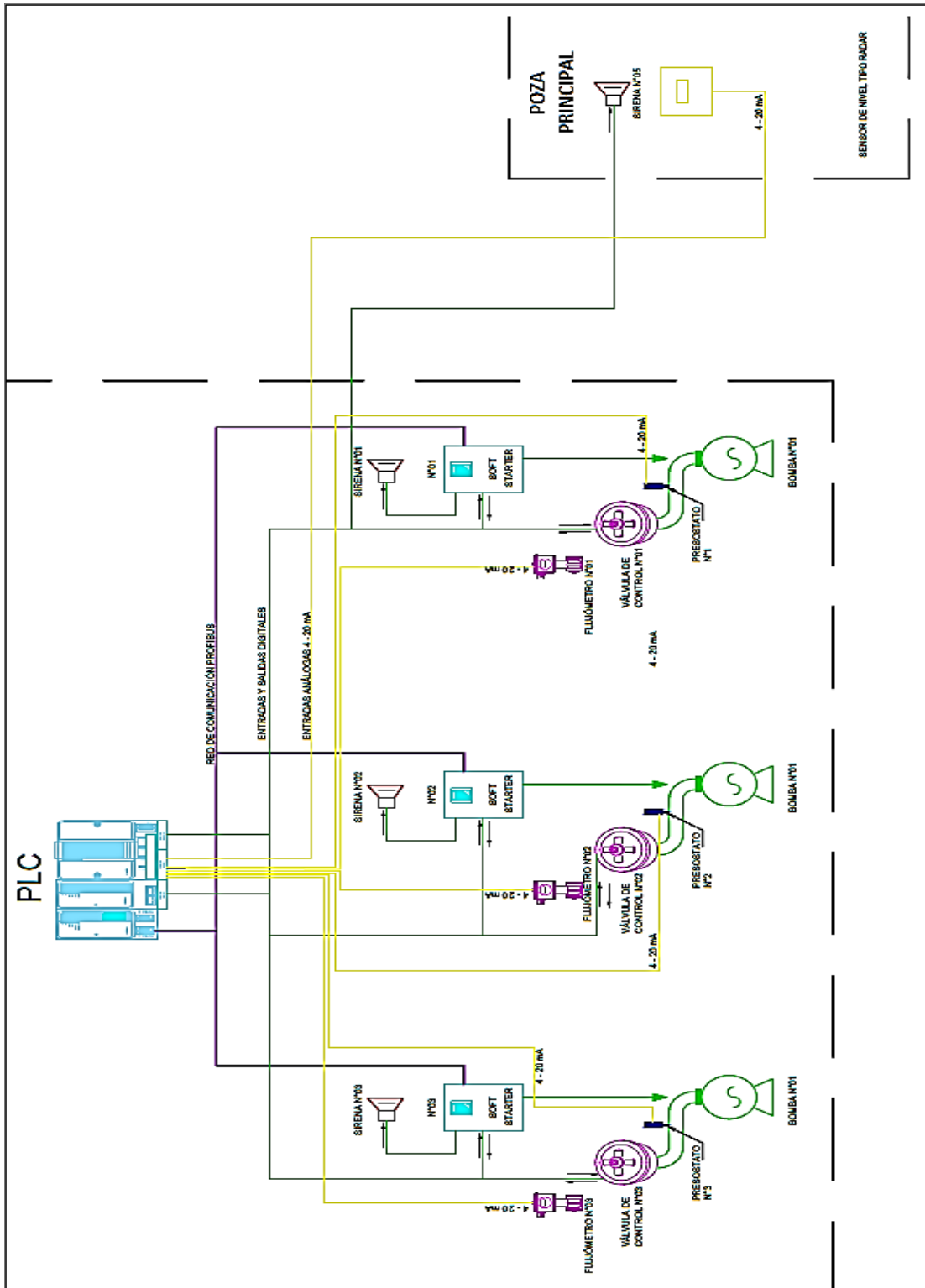


Figura 24: Diagrama de control del proceso.

Fuente: elaboración propia mediante el PLC Micro Logix.

### 3.2.4. Seleccionar equipos y componentes en el nuevo sistema de bombeo.

#### a) Seleccionar bomba estacionaria y material de fabricación

Bomba Centrífuga Multietapas C 150/5/360mm			
Marca:	KSB	Viscosidad:	1.00mm <sup>2</sup> /s
Fluido:	Agua de mina	Eficiencia:	74%
Caudal:	90 l/s	Potencia abs:	339 kw
ADT del sistema:	289 m	NPSHr:	4 m
Temperatura del agua:	20°C	Densidad:	998 kg/m <sup>3</sup>

Material de fabricación de la bomba	
Carcasa:	Hierro Fundido EN-GJL-250
Impulsores:	Acero inoxidable A743CA6NM
Difusores:	Acero inoxidable A743CA6NM
Eje:	Acero inoxidable AISI420
Bocina de eje:	Acero inoxidable AISI420
Conexión Succión:	DN200 CL300
Conexión Descarga:	DN150 CL600
Lubricación de rodamientos:	Aceite

#### b) Selección del motor eléctrico en media tensión:

Motor Eléctrico de Media Tensión NEMA PREMIUM			
Marca:	WEG	Voltaje:	4160
Modelo:	W50-TEFC	Fases:	3
Eficiencia:	95.8%	Frecuencia:	60 Hz
Potencia:	500hp	Altitud de operación:	4000m.s.n.m.
N° polos:	4	RPM:	1800
F.S.:	1.15	Aislamiento:	Clase F
Protección:	NEMA 4x	Norma Fabricación:	NEMA

**c) Selección del transformador eléctrico de potencia**

Transformador de potencia			
Potencia	650 Kva	Voltaje de cortocircuito:	3.02%
Voltaje	10/4.16 Kv	Tipo de ventilación:	ONAN/ONAF
Grupo de conexión	Yy11	Altitud de operación:	4000m.s.n.m.
Accesorios	Relé Buchholz, medidor de temperatura de aceite y bobinas, medidor de nivel de aceite, válvula de sobre presión.		

**d) Selección del conductor eléctrico en media tensión**

- Cable eléctrico tripolar tipo N2XSEY de 6/15 Kv de 50mm<sup>2</sup>, Conductores de cobre electrolítico recocido, cableado compactado, aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), Temperatura del conductor de 90 °C para operación normal, 130 °C para sobrecarga de emergencia y 250 °C para condiciones de corto circuito. Adecuada resistencia a la tracción.

**e) Selección de tablero eléctrico con variador de frecuencia**

Variador de Frecuencia en Media Tensión	
Potencia:	500Hp
Norma de fabricación:	NEMA
Altitud de operación:	4000 m.s.n.m.
Grado de protección:	NEMA 12
Nivel de Tensión:	4160 voltios
Pulsaciones:	24 pulsos
Temperatura de trabajo:	30 °C
Frecuencia:	60Hz
Distancia con respecto al motor:	20 metros



**f) Selección de las celdas de media tensión en SF6**

Celda compacta de distribución con interruptores de potencia en SF6, de 12Kv, 600 amperios, 36 ka y altitud de operación a 4000 m.s.n.m. para trabajar con una humedad relativa de 95%, temperatura ambiente de 25°C y gran cantidad de partículas en suspensión.

**g) Selección de los equipos que serán parte de la automatización**

Descrip. material	unidad	cantidad
Cable de Fibra Óptica Mono modo 24 hilos	Mt.	1500
Válvula de Control Hidráulico 840	Pza.	03
Cable Instrumentación Apantallado 2x16 + Shield	Mt.	500
Gabinete de Comunicación con PLC Control Logix	Pza.	01
Panel View 7 pulgadas	Pza.	01
Final de Carrera (Limit Switch)	Pza.	03
Solenoides 220 V	Pza.	03
UPS 1 KVA	Pza.	01
Transmisor de Nivel Ultrasónico	Pza.	01
Switch convertidor Puerto LC Fibra a Ethernet	Pza.	01

De esta forma estamos terminando con la selección de los equipos, accesorios y materiales que serán usados en el nuevo sistema de bombeo con bombas estacionarias. Cabe mencionar que es muy importante recordar que los equipos se están realizando tomando en cuenta los cálculos obtenidos con los datos adjuntos y es importante considerar las especificaciones técnicas y de condición que se está mencionando en los cuadros anteriores como la altura con referencia al mar, las condiciones de trabajo en interior mina.

**3.2.5. Calcular factibilidad económica que implica la realización de este nuevo sistema de bombeo estacionario.**

**a). Realizar el presupuesto de los equipos sistema de bombeo.**

Una vez calculado los equipos que serán parte del sistema de bombeo estacionario, a continuación, en la tabla 05 mostramos un resumen de los equipos principales llegando a una suma de \$ 700,586.

Tabla 06: Presupuesto de equipos del sistema de bombeo.  
Fuente: Minera Aurífera Retamas

	Unid.	Cant.	Precio Unit. (US \$)	Precio Parcial (US \$)	Sub Total (US \$)
<b>ADQUISICIÓN DE EQUIPOS, MATERIALES Y ACCESORIOS</b>					<b>700,586</b>
<b>Cámara de bombas</b>					<b>318,367</b>
Electrobomba de 500HP	und	2	75,000	150,000	
Equipo completo de sistema de automatización con control (PLC)	und	1	70,000	70,000	
Tuberías, válvulas, conexiones	glb	1	100,097	100,097	
Tubería conduit, cables eléctricos, cables de control y conexiones	glb	1	20,154	20,154	
Pórtico de mantenimiento	kg	5,500	2.0	11,000	
Soporte de las tuberías succión y descarga.	kg	500	2.0	1,000	
Parrilla metálica para cuneta	kg	253	4.0	1,013	
Fierro corrugado para concreto armado diferentes medidas	kg	2,693	1.3	3,367	
Soporte para bandeja de cables	glb	1	800	800	
Portón metálico en acceso a Cámara de bombas	glb	1	1,250	1,250	
Cemento conductivo y bentonita	glb	1	685	685	
Luminarias	glb	1	5,000	5,000	
<b>Subestación Eléctrica</b>					<b>382,219</b>
Celda de llegada y distribución en 4160V	und	1	99,800	99,800	
Tablero de distribución principal 460V	und	1	15,000	15,000	
Banco de condensadores	und	2	9,443	18,886	
Transformador de distribución 650kVA - 10/4.16 kv	glb	1	10,500	10,500	
Tablero de distribución 460V	glb	1	2,300	2,300	
Tablero de distribución 220V	und	2	4,401	8,802	
Tablero variador en M.T 4160V	und	2	90,529	181,057	
Cables de fuerza, cable desnudo y conexiones	glb	1	41,874	41,874	
Portón metálico en acceso a Subestación Eléctrica	glb	1	1,500	1,500	
Luminarias	glb	1	1,500	1,500	
Materiales varios	glb	1	1,000	1,000	

**a) Presupuesto de la mano de obra por la instalación de los equipos.**

<b>MONTAJE DE LOS SISTEMAS</b>	<b>Cant · Pers.</b>	<b>Cant · Dias</b>	<b>Preci o Por dia (US \$)</b>	<b>Preci o Total (US \$)</b>
<b>MONTAJE DEL SISTEMA MECÁNICO</b>				
Fabricación y montaje de Estructura metálica de mantenimiento	4	30	40	4800
Montaje de Electrobombas de 500HP incluye nivelación conexión a tuberías.	4	30	35	4200
Fabricación de parrilla de rieles para cuneta	2	30	35	2100
Montaje de parrilla de rieles para cuneta	4	30	35	4200
Montaje de tuberías de succión, de descarga, de prueba y para purga	6	30	35	6300
Montaje de parrilla metálica para cuneta	4	30	35	4200
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>				
Instalación de tablero de control (PLC)	4	15	30	1800
Instalación de tubería conduit para los cables de control	2	15	30	900
Instalación de transductores de presión, limit switches, medidor de vibración y solenoides	2	15	30	900
Cableado y conexionado a transductores de presión, limit switches y solenoides	2	15	30	900
Instalación de medidor de nivel tipo radar	2	15	30	900
Cableado y conexionado a medidor de nivel tipo radar	2	15	30	900
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>				
Instalación de tablero con variador	4	20	35	2800
Instalación del transformador eléctrico	4	20	35	2800
instalación de las celdas de media tensión	4	20	35	2800
instalación de los cables eléctricos	4	20	35	2800
puesta en servicio	4	4	35	560
<b>TOTAL</b>				<b>43860</b>

Fuente: Minera Aurífera Retamas.

#### **b) Cálculo de ganancias por extracción de mineral:**

En la tabla 07, mostramos a detalle la producción de mineral por tajos y por zonas, al mismo tiempo demostramos que de la ganancia neta el 4% está destinado para el área de proyectos mina que es una suma de \$ 222271.9 por mes, con este dinero se estará

pagando el costo que representa realizar un nuevo sistema de bombeo de agua subterránea.

Tabla 07: cálculo de ganancia por labores y zonas por mes en miles de dólares.

ZONAS	LABORES	TONELADA DE MINERAL POR MES	CANTIDAD DE ONZAS	PRECIO POR ONZA (\$)	MONTO BRUTO	COSTO DE PRODUCCION POR ONZA (\$)	GANANCIA NETA (\$)	PORCENTAJE PARA PROYECTOS	PROSUPUESTO PARA PROYECTOS (\$)
VALERIA IV	TJ: 625	800	625	1800	1125	900	562.500	4%	22500.0
	TJ: 226	500	406.25	1800	731.250	900	365.625	4%	14625.0
	TJ: 173	350	295.3	1800	531.562	900	265.781	4%	10631.3
	TJ: 572	650	507.81	1800	914.062	900	457.031	4%	18281.3
	TJ: 971	900	731.25	1800	1316.25	900	658.125	4%	26325.0
	TJ: 137	520	487.5	1800	877.500	900	438.750	4%	17550.0
CHILCAS BAJO	TJ: 176	250	140.62	1800	253.125	900	126.562	4%	5062.5
	TJ: 216	692	324.37	1800	583.875	900	291.937	4%	11677.5
	TJ: 256	832	598	1800	1076.40	900	538.200	4%	21528.0
	TJ: 296	741	602.06	1800	1083.71	900	541.856	4%	21674.3
INCLINADO ESPERANZA	TJ: 456	592	333	1800	599.400	900	299.700	4%	11988.0
	TJ: 496	652	407.5	1800	733.500	900	366.750	4%	14670.0
	TJ: 536	347	271.09	1800	487.968	900	243.984	4%	9759.4
	TJ: 695	547	444.43	1800	799.987	900	399.993	4%	15999.8

Fuente: Minera Aurífera Retamas.

### c) Evaluación del TIR y el VAN

Para la evaluación de estos dos indicadores estamos tomando como dato la ganancia que se obtiene por producción en un año en las nuevas labores mineras y la suma haciende a S/. 8, 588,586.60, por otro lado, estamos trabajando con el costo que implica realizar el sistema de bombeo que asciende a S/. 2, 397,116.12. En la tabla 08 mostramos el detalle de lo mencionado y nos da una conclusión de que el TIR es mayor que la tasa de inversión y el VAN es positivo, por lo tanto, el proyecto si va.

Tabla 08: análisis del TIR y el VAN del sistema de bombeo nuevo en miles de soles.

	<b>Costo de la Inversión</b>	<b>año 1</b>	<b>año 2</b>	<b>año 3</b>	<b>año 4</b>	<b>año 5</b>
<b>INGRESOS</b>		<b>S/. 8,588.58</b>	<b>S/. 8,588.58</b>	<b>S/. 8,588.58</b>	<b>S/. 8,588.58</b>	<b>S/. 8,588.58</b>
INVERSION	<b>-S/. 2,397</b>					
<b>GASTOS o EGRESOS</b>						
Mantenimiento		S/. 30	S/. 40	S/. 60	S/. 25	S/. 30
Consumo de energía		S/. 734.4	S/. 734.4	S/. 734.4	S/. 734.4	S/. 734.4
Capacitación		S/. 10		S/. 10		S/. 10
		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
		-	-	-	-	-
		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
		-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>-S/. 2,397</b>	<b>S/. 774.400</b>	<b>S/. 774.400</b>	<b>S/. 804.400</b>	<b>S/. 759.400</b>	<b>S/. 774.400</b>
<b>Beneficio</b>		<b>S/. 7,814.186</b>	<b>S/. 7,814.186</b>	<b>S/. 7,814.186</b>	<b>S/. 7,814.186</b>	<b>S/. 7,814.186</b>
Impuestos (20%)		S/. 1,562.837	S/. 2,344.255	S/. 2,335.255	S/. 2,348.755	S/. 2,344,255
<b>Beneficio después de impuestos</b>	<b>-S/. 2,397</b>	<b>S/. 6,251.349</b>	<b>S/. 5,469,930</b>	<b>S/. 5,448.930</b>	<b>S/. 5,480.430</b>	<b>S/. 5,469,930</b>
<b>VAN del proyecto</b>		<b>S/. 16,080.518</b>	<b>S/. 16,080.518</b>	<b>S/. 16,080.518</b>	<b>S/. 16,080.518</b>	<b>S/. 16,080.518</b>
tipo de descuento		12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
<b>TIR</b>		<b>251.03%</b>				

Fuente: elaboración propia.

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se pudo lograr demostrar la hipótesis, el cual consistía en realizar el diseño de un sistema de bombeo estacionario automático para la evacuación de 72 litros por segundo de aguas de aguas subterráneas a superficie, los cálculos realizados de altura geodésica y pérdidas de energía en los accesorios del sistema de bombeo, el cálculo de altura dinámica total, la potencia del motor eléctrico, el uso de celdas de media tensión, variadores de velocidad, sistema de encendido y apagado automático, pueden asegurar que sistema evacuará el caudal deseado.

Una fortaleza de este trabajo de investigación hace referencia a la facilidad de entregar la información por parte de la empresa minera MARSÁ, como son: datos de altura geodésica de la instalación, cálculo de afluentes por zonas y las ganancias económicas proyectada por tajos y zonas, para poder realizar este proyecto y ser aplicado en el ámbito laboral.

Una debilidad detectada en este trabajo de investigación es la falta de información sobre diseños de sistemas de bombeos, se encontraron informaciones no muy específicas sobre este tipo de tesis.

Los seis objetivos propuestos para la realización de esta proyecto de tesis y es grato indicar que se ha logrado cumplir cada uno de ellos desde buscar diversas alternativas para la evacuación de aguas residuales, se realizó un levantamiento de información del incremento de afluente de las nievas labores, se calculó la altura dinámica total del sistema, se calculó y se diseñó la nueva línea de impulsión, se seleccionó los equipos e instrumentos que serán parte del nuevo sistema y finalmente se pudo comprobar la factibilidad económica del proyecto.

Antes de realizar el estudio del proyecto de investigación, se tuvo que hacer una evaluación de tres formas de evacuación de aguas subterráneas de las cuales se tomó en

consideración sus ventajas y desventajas; en este caso elegimos la mejor alternativa, logrando cumplir el objetivo de evacuar eficientemente 72 litros por segundo de aguas subterránea de interior mina.

El cálculo de la altura dinámica total de la instalación fu esencial para calcular la potencia hidráulica de la bomba, la potencia del motor eléctrico y por ende determinar las características constructivas y de capacidad de los tableros eléctricos, transformador de potencia y demás equipos que son parte del nuevo sistema de bombeo.

La factibilidad económica del proyecto indica claramente que es viable ejecutarlo, debido a que, el diseño de esta nueva línea de impulsión será de vital importancia para la apertura las nuevas labores mineras que se proyectan iniciar los trabajos en los próximos meses, los cuales dejaran millonarias ganancias para la empresa debido a la gran cantidad de mineral que extraerá de los tajos.

Se pudo demostrar la tesis de (Moromenacho, 2008) “diseño e implementación del sistema de control automático de la estación de bombeo de agua potable colinas alto de la emaaq-q”, donde podemos demostrar que el usos de variadores de velocidad, PLC y los diversos dispositivos electrónicos son parte de la automatización de nuestro sistema de bombeo. Este nuevo sistema de bombeo contará con un sistema automático de encendido y apagado automático, adicional a ello, será posible monitorear remotamente mediante el sistema SCADA el cual permitirá llevar toda la información a una computadora y sala de control para ser vigilado desde superficie, tomar datos de caudal, potencia eléctrica, presión.

Se pudo demostrar en la tesis de (Huaroc, 2011) “sistema de drenaje, para reducir las aguas subterráneas en el área de trabajo unidad Animon-cerro” de Pasco. El uso de las válvulas de diafragma con cierre progresivo mediante solenoides para reducir el gol de ariete y el uso de la válvula disipadora de onda, concluyendo con las utilizadas en la presente investigación.

## V. CONCLUSIONES

1. Se buscó tres alternativas de posibles formas de evacuación de aguas subterráneas, de los cuales se resaltó las ventajas y desventajas de cada una de ellas. Finalmente llegamos a elegir la evacuación mediante el diseño de un sistema de bombeo estacionario debido a las grandes ventajas que presenta como ahorro de energía, no presenta riesgo de electrocución, mayor confiabilidad y disponibilidad en la operación entre otros.
2. Se realizó el levantamiento de información en lo que respecta el incremento de afluentes de las nuevas labores mineras con una proyección de 7 años de las nuevas labores mineras como son: Valeria IV 11 litros por segundo, Chilcas 15 litros por segundo y finalmente Inclinado esperanza con 8 litros por segundo haciendo un total de caudal de 34 litros por segundo.
3. Se logró realizar el levantamiento topográfico del terreno para hallar la altura geodésica de la instalación del sistema de bombeo logrando obtener una altura de 298.28 metros y esperada como presión estática del sistema con un valor de 2770.7 Kpa o 407.28 psi.
4. Se logró realizar el diseño de un sistema de bombeo estacionario automático el cual fue calculado con un caudal de evacuación de 72 litros por segundo pero por cuestiones de selección del tipo de bomba nuestro sistema puede evacuar un caudal de 90 litros por segundo y contara con dos variadores de frecuencia en media tensión, una celda de llegada en 10kv con un interruptor y una celda de salida con tres interruptores a la salida en 4.16 kv, dos electrobombas horizontales de la marca KSB multietapas del tipo WKL 150/5 de 500hp en 4.16 kv y un sistema automático para la operación.



5. Se realizó la selección de equipos, componentes y materiales para la realización del nuevo sistema de bombeo los cuales consistían en usar manuales de proveedores que son pioneros en el mercado actual como las marcas de bombas KSB, motores eléctricos de la marca WEG, celdas de media tensión ABB, transformadores de potencia DELCROSA, entre otros.
  
6. Se realizó la factibilidad económica que implica realizar este sistema de bombeo estacionario el cual sale un costo mayor a 2'397,116 soles logrando demostrar (tabla 06) la ganancia por zonas mes a mes en donde el 4% de la ganancia neta está destinado para la ejecución de proyectos y (tabla 07) se demuestra que el TIR es de 251 % mayor que la tasa de impuesto y el VAN es positivo, con estos datos el proyecto es factible realizarlo. Además, es importante resaltar que la inversión se paga en 5 meses de producción de las nuevas labores mineras de donde se evacuaran los nuevos afluentes.
  
7. En este sistema de bombeo estacionario estamos aplicando la tecnología electrónica realizando una automatización mediante PLC, variadores de frecuencia en media tensión, panel View, final de carrera, UPS, transmisor de nivel de ultrasonido y Switch convertidor puerto LC fibra a Ethernet. La importancia de automatizar el sistema consiste en ahorro de personal para el encendido y apagado de las bombas, también ayudara a monitorear la operación desde superficie mediante el sistema SCADA logrando obtener datos como de potencia eléctrica, caudal, presión, nivel de agua en el tanque, entre otros.
  
8. Para nuestro calculo usamos un caudal de 72 litros por segundo, pero intersectando nuestra curva del sistema con una bomba KSB multietapas de diámetro 360 mm, obtenemos un caudal de 90 litros por segundo con una eficiencia de 74%, con una potencia de consumo de 460 hp con una altura dinámica de 289 metros que es igual a 2829.4 kPa o 416 Psi.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Para poder realizar el cálculo de la potencia hidráulica de la bomba, se debe de tener muy claro el dato de la altura geodésica de la instalación y sobre todo un conocimiento certero de la longitud de tubería y accesorios se va a usar en la línea de impulsión.
2. Para el desarrollo de los proyectos de tesis, se debe de tomar como referencias las tesis más actuales que se pueda encontrar y extraer lo esencial y necesario para fortalecer y enriquecer el estudio; es importante considerar las nuevas tecnologías aplicadas en la industria.
3. Es importante darle el tiempo necesario al estudio del proyecto de tesis, realizar las investigaciones de fuentes confiables y sobre todo aplicar todos los conocimientos impartidos por nuestros docentes en las aulas durante nuestra vida universitaria.
4. En la selección del tipo de las electrobombas es importante tener en cuenta las condiciones del ambiente de trabajo, el tipo de fluido a evacuar, la cantidad de sólidos en suspensión, para las bombas la altura de trabajo con respecto al mar para que el fabricante realice de derrateo del equipo y evitar una pérdida de eficiencia.
5. Para el diseño de la nueva línea de impulsión, se debe de tener en cuenta el tipo de fórmulas a seleccionar, las tablas que ayudaran a seleccionar a la rugosidad del material, la fórmula para hallar el factor de fricción, se debe de usar fuentes o libros confiables con versiones actuales.

## VII. ANEXOS

- LA FUNCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO.* (s.f.). Obtenido de Renovetec general:  
<http://www.sistemahtf.com/index.php/el-sistema-de-bombeo>
- Todoexpertos.* (14 de 03 de 2008). Obtenido de ¿Qué es una bomba multietapas?:  
<https://www.todoexpertos.com/categorias/ciencias-e-ingenieria/ingenieria-industrial/respuestas/1806327/que-es-una-bomba-multietapas>
- ABB. (2018). *Qué es un variador de frecuencia: Definición, cómo funciona, características y ventajas.* Obtenido de ABB: <http://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
- Alvarez, F., & Vega, J. (2008). *ANALISIS DE FALLA EN LOS SISTEMAS DE BOMBEO MECÁNICO DEL CAMPO CANTAGALLO.* . Bucaramanga.
- Arana , M. (s.f.). *PROBLEMÁTICA Y PROPUESTA PARA EL MONITOREO DE AGUA DESDE EL ENFOQUE DE GESTION SOCIAL.* Obtenido de GRUPO DE FORMACIÓN E INTERVENCIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE:  
[http://www.labor.org.pe/webermisa/1foro\\_docs/Marco%20Arana-GRUFIDES.pdf](http://www.labor.org.pe/webermisa/1foro_docs/Marco%20Arana-GRUFIDES.pdf)
- ARQHYS ARQUITECTURA. (11 de 2017). *Tipos de transformadores.* Obtenido de ARQHYS ARQUITECTURA:  
<http://www.arqhys.com/construccion/transformadores-tipos.html>
- ATSDR. (12 de 06 de 2003). *Agua subterránea.* Obtenido de <https://web.archive.org/web/20090907030756/http://www.atsdr.cdc.gov/es/general/agua/>
- Autosolar energía del Perú. (14 de 02 de 2018). *Instalación bombeo de bombeo Casma .* Obtenido de Autosolar energía del Perú: <https://autosolar.pe/blog/instalaciones-fotovoltaicas-peru/instalacion-bombeo-de-agua-casma>
- BERMAD. (2016). *Válvula de control de bomba impulsora.* Obtenido de BERMAD abastecimiento de agua: <http://www.bermad.com/wp-content/uploads/2016/06/ww-740q-spanish.pdf>
- Camacho , D. (2016). *Evaluacion Del Sistema De Bombeo De Soluciones Cianuradas Del Pad Lq8 Para La Planta Columnas De Carbon En Minera Yanacocha.*


- Repositorio UCV*. Recuperado el 28 de 05 de 2018, de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/9446>
- Córdova, M., & Evangelista, G. (2013). *Método Eficiente para Resolver la Ecuación Implícita de Colebrook-White*. Recuperado el 12 de 06 de 2018, de <http://congreso.pucp.edu.pe/caip2013/pdf/ID342-Evangelista.pdf>
- EATON. (2014). *interruptores de potencia en media tension*. Obtenido de Serie básica 101: <file:///C:/Users/User/Downloads/Modulo%206%20Interruptores%20de%20Potencia%20en%20MT.pdf>
- Emerson. (02 de 2013). *Transmisores ultrasónicos resemount 3101,3102 y 3105 para medida de nivel de liquido*. Obtenido de Emerson: <http://www.emerson.com/documents/automation/transmisores-ultras%F3nicos-rosemount-3101-3102-y-3105-para-medida-de-nivel-de-1%EDquido-es-75626.pdf>
- Estación de bombeo*. (14 de 06 de 2006). Obtenido de WIKIPEDIA: [https://es.wikipedia.org/wiki/Estacion\\_de\\_bombeo](https://es.wikipedia.org/wiki/Estacion_de_bombeo)
- Guerrero , J. (1995). Ingeniería Hidráulica. *Ecuación modificada de Colebrook-White*, 43-48. Obtenido de <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/746/635>
- Huaroc, R. (s.f. de s.f. de 2011). ECUACUIÓN DE LA ENERGÍA PARA UN SISTEMA DE BOMBEO. *scribd*. Recuperado el 28 de 05 de 2018, de <https://es.scribd.com/document/295883219/40105915-pdf>
- Hutter, c. (14 de 03 de 2008). *¿Qué es una bomba multietapas?* Obtenido de Todoexpertos: <https://www.todoexpertos.com/categorias/ciencias-e-ingenieria/ingenieria-industrial/respuestas/1806327/que-es-una-bomba-multietapas>
- IBS. (2018). *BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES PARA SISTEMAS PESADOS MODELO CRC-BW*. Obtenido de INDUSTRIAL BARCINO Y SOVI S.A.: <https://www.barcinoysovi.com/bombas-centrifugas-crc-bw>
- ingeniería eléctrica aplicada. (2012). *¿SF6 o vacío? En busca del interruptor idóneo para Tensión Media*. *ingeniería eléctrica aplicada*. Recuperado el 05 de 06 de 2018, de [http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com/2012/07/sf6-o-vacio-en-busca-del-interruptor\\_8744.html](http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com/2012/07/sf6-o-vacio-en-busca-del-interruptor_8744.html)

- Martínez, Y. (s.f. de Jul-Sep de 2010). *Estaciones de bombeo: evolución y futuro*. Obtenido de Revistas ciencias técnicas agropecuarias : [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542010000300010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000300010)
- Mataix, C. (1986). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas* (segunda edición ed.). Madrid: Ediciones del castillo S.A.
- Matero, R., Hechavarría, J., Legrá, A., Borroto, A., & Santos, R. (2012). *Ingeniería Mecánica*. La Habana.
- Méndez Dávila, C. (2012). *Sistema de bombeo de agua de mina para un caudal de 1000 l/s altura estática de 150 Mts. En el nv. 3990 U.E.A. Uchucchacua de la CIA. De minas Buenaventura S.A.A.* Obtenido de Universidad Nacional del Centro del Perú : <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/173>
- Minera Aurífera Retamas S.A. (2011). Historia. *MARSA*. Obtenido de <http://www.marsa.com.pe/paginas/quienes-somos.aspx>
- Morales, R., & Batista Rodríguez, c. (2009). *ingeniería mecánica*.
- Moromenacho, E. (2008). Diseño e Implementación del Sistema de Control Automático de la Estación de Bombeo de Agua Potable Colinas Alto de la EMAAP-Q. *scribd*, 2017. Recuperado el 28 de 05 de 2018, de <https://es.scribd.com/document/115454891/tesis-Diseno-e-Implementacion-del-Sistema-de-Control-de-bombeo-de-Planta-de-agua-potable>
- Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos, sexta edición*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN
- MRS motors. (2016). *MOTORES DE MEDIA Y ALTA TENSIÓN*. Obtenido de MRS motors: <http://www.mrsmotors.es/motores-electricos/motores-de-media-y-alta-tension/>
- Neptuno Pumps. (2018). *Bombas Horizontales Multietapa (HR)*. Obtenido de Neptuno Pumps: [http://www.neptunopumps.com/bombas\\_horizontales\\_multietapas\\_\(hr\).html](http://www.neptunopumps.com/bombas_horizontales_multietapas_(hr).html)
- New Line. (2016). Caida de tensión. *Ingeniería Eléctrica*. Obtenido de <https://www.corpnewline.com/caida-de-tension.htm>
- Ojeda, C. (2012). DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS ACIDAS. *TESIS PUCP*, 70. Recuperado el 28 de 05 de 2018, de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4795/OJEDA\\_](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4795/OJEDA_)

- CARLOS\_DISE% D1O\_AUTOMATIZACION\_.INDUSTRIAL\_BOMBEO\_A  
GUAS\_ACIDAS.pdf?sequence=1
- pexgol. (2016). DRENAJE DE AGUA DESDE EL INTERIOR DE UNA MINA SUBTERRÁNEA. *pexgol*. Recuperado el 28 de 05 de 2018, de <http://www.pexgol.es/PexgolES/Templates/showpage.asp?DBID=1&LNGID=4&TMID=327723&FID=1572>
- Rockwell Automation. (2018). *Sistemas de control MicroLogix*. Obtenido de Allen-Bradley: <https://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers/MicroLogix-Systems>
- SISTEMA COSTARRICENSE DE INFORMACIÓN JURÍDICA. (07 de 02 de 2017). *SISTEMAS DE AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE*. Obtenido de SISTEMA COSTARRICENSE DE INFORMACIÓN JURÍDICA: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_articulo.aspx?param1](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_articulo.aspx?param1)
- Sistema HTF. (16 de 12 de 2018). Función de sistema del bombeo. *Renovetec*. Obtenido de Buenas Tareas: <http://www.sistemahtf.com/index.php/el-sistema-de-bombeo>
- Sistemas Hidroneomáticos c.a. (s.f.). *MANUAL DE PROCEDIM* *manual de procedimientos para el cálculo y selección de sistemas de bombeo*. Obtenido de Sistemas Hidroneomáticos c.a.: <http://www.sishica.com/sishica/download/Manual.pdf>
- SlideShare. (30 de 06 de 2011). *transformadores de potencia*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/conlagojose/transformadores-de-potencia>
- Sulzer. (2017). *Control de estaciones de bombeo*. Obtenido de La opción más inteligente: los sistemas de control sofisticados reducen riesgos: <https://www.sulzer.com/es-es/shared/applications/2017/04/03/12/49/pumping-station-control>
- Wikipedia, la enciclopedia libre. (08 de 12 de 2017). *Variador de frecuencia*. Obtenido de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_frecuencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia)

## VI. ANEXOS

### Anexo 01: encuesta al personal técnico

 **UCV**  
UNIVERSIDAD  
CÉSAR VALLEJO

**ENCUESTA SOBRE EL ESTADO DEL SISTEMA DE BOMBEO ACTUAL**

EDAD 50 AÑOS GÉNERO  M  F EXPERIENCIA EN EL CARGO 3 AÑOS  
NOMBRE Daniel Vasquez Flores CARGO: Tec: III

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

1. ¿Cuál es la frecuencia de fallas en la red eléctrica de media tensión?  
a) Nunca  b) A veces  c) A menudo  d) Siempre

2. ¿El tipo de tablero eléctrico que usamos presenta fallas en el arranque?  
a) Nunca  b) A veces  c) A menudo  d) Siempre

3. ¿Se presenta caída de tensión en la red de baja tensión en el arranque de las bombas?  
a) Nunca  b) A veces  c) A menudo  d) Siempre

**INSTALACIONES MECÁNICAS**

4. ¿Las bombas sumergibles fallan durante la operación?  
a) Nunca  b) A veces  c) A menudo  d) Siempre

5. ¿Siempre se cuenta con componentes para la reparación de bombas?  
a) Nunca  b) A veces  c) A menudo  d) Siempre

**INFRAESTRUCTURA**


6. ¿Qué opinas con respecto a la segregación de lama en las cámaras de bombeo?  
a) Buena  b) Regular  c) Mala

7. ¿Se realiza el tratamiento de las aguas residuales antes de ser evacuadas?  
a) Si  b) No  c) Desconozco

8. ¿Las tuberías de descarga presentan fallas por accidentes con equipos?  
a) Nunca  b) A veces  c) A menudo  d) Siempre

9. ¿Qué apreciación tienes sobre el sistema de bombeo actual?  
a) Buena  b) Regular  c) Mala

Anexo 02: encuesta realizada para la supervisión de primera línea.

 **UCV**  
UNIVERSIDAD  
CÉSAR VALLEJO

**ENCUESTA SOBRE EL ESTADO DEL SISTEMA DE BOMBEO ACTUAL**

EDAD 35 AÑOS GÉNERO M | F EXPERIENCIA EN EL CARGO 4 AÑOS  
NOMBRE Elvis Torres Medina CARGO Supervisor Mecánico

1. ¿A qué se debe los problemas constantes en el sistema eléctrico?  
 a) Mala selección de materiales y componentes.  
b) Falta de recursos económicos para comprar los insumos necesarios.  
c) Falta de personal calificado para el mantenimiento preventivo.  
d) No sabe, no opina.

2. ¿A qué se debe los problemas constantes en las bombas sumergibles?  
a) Mala selección del tipo de bomba para el tipo de fluido.  
 b) Mal diseño de las cámaras de bombeo, aculando mucha lama en la succión.  
c) Falta de personal calificado para el mantenimiento preventivo.  
d) No sabe, no opina.

3. ¿A qué factor atribuye la baja confiabilidad y disponibilidad del sistema actual?  
a) Constantes problemas eléctricos.  
b) Constantes problemas mecánicos.  
c) Falta de materiales y componentes.  
 d) Todas las anteriores.

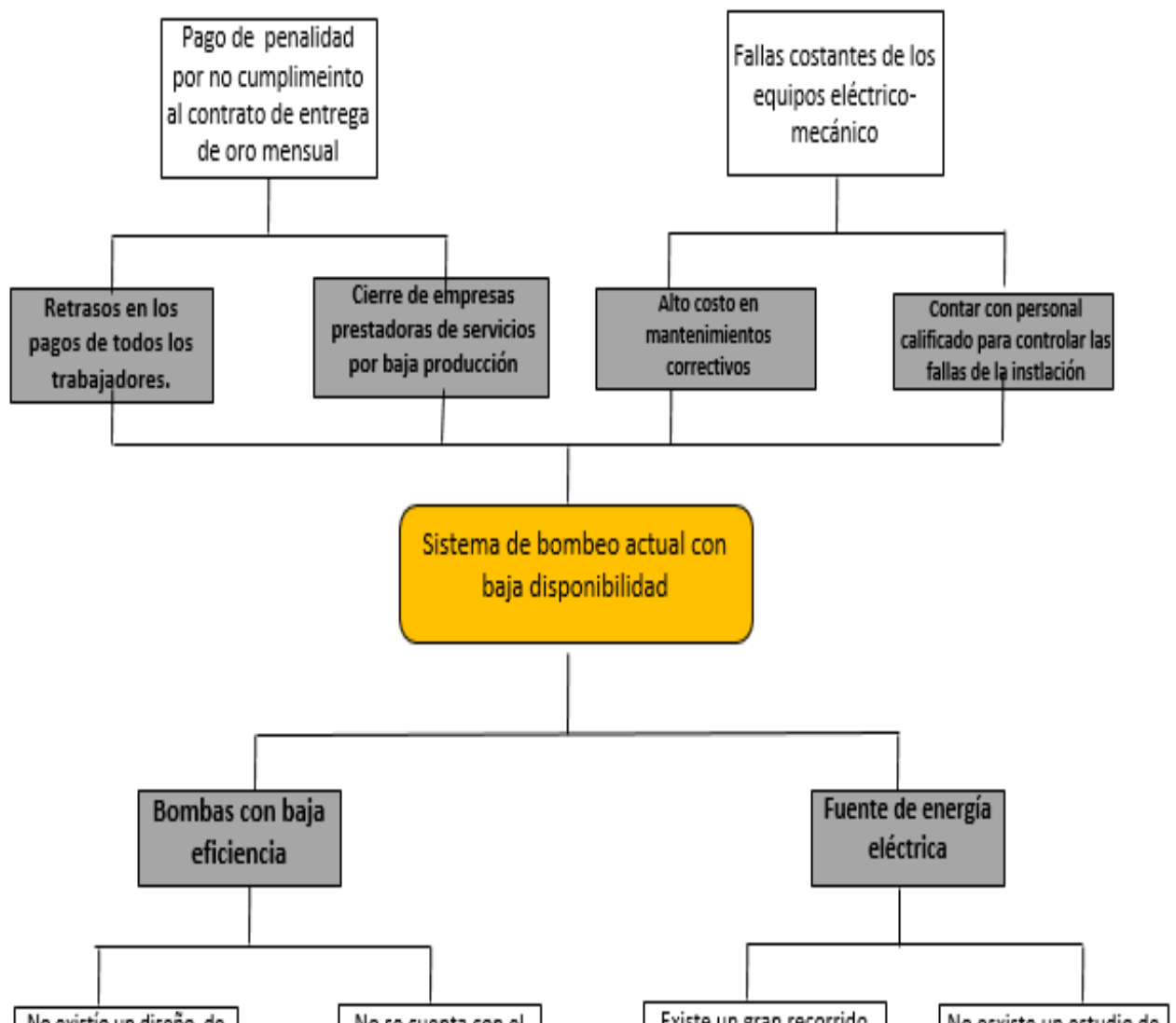
4. ¿La baja confiabilidad y disponibilidad del sistema afecta la producción de mineral?  
 a) Sí.  
b) No.  
c) No siempre.  
d) A veces.

5. ¿Por qué no se realiza el tratamiento de las aguas residuales?  
a) No existe personal calificado para realizar esta actividad.  
b) Existe un plan, pero no se le da la importancia necesaria.  
 c) La infraestructura no permite realizar un tratamiento.  
d) No sabía que se debe de tratar las aguas residuales.

6. ¿Qué trabajos recomiendas realizar para mejorar los indicadores de CMD?  
a) Cambiar todas las instalaciones eléctricas.  
b) Cambiar el tipo de bombas sumergibles.



Anexo 03: árbol de fallas del sistema de bombeo actual



Anexo 04: tabla de valores de rugosidad absoluta de tuberías.

<b>RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES</b>			
<b>Material</b>	<b><math>\epsilon</math> (mm)</b>	<b>Material</b>	<b><math>\epsilon</math> (mm)</b>
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 05: tabla de altitud para hallar la presión atmosférica

<b>Altitud</b>		<b>Presión Barométrica</b>		<b>Presión Atmosférica</b>		<b>Punto de Ebullició</b>
<b>ft</b>	<b>m</b>	<b>in Hg.</b>	<b>mm Hg.</b>	<b>Psi</b>	<b>ft Wg</b>	<b>°F</b>
0	0	29.9	760	14.7	33.9	212.0
500	152.4	29.4	747	14.4	33.3	211.1
1000	304.8	28.9	734	14.2	32.8	210.2
1500	457.2	28.3	719	13.9	32.1	209.3
2000	609.6	27.8	706	13.7	31.5	208.4
2500	762.0	27.3	694	13.4	31.0	207.4
3000	914.4	26.8	681	13.2	30.4	206.5
3500	1066.8	26.3	668	12.9	29.8	205.6

Anexo 06: tabla para hallar la presión del vapor:

Temperatura °F	Temperatura °C	Gravedad Específica a 60°F	Densidad	Presión de Vapor	
				psi	ft
32	0	1.00	62.42	0.0885	0.203
40	4.4	1.00	62.42	0.1217	0.280
45	7.2	1.00	62.40	0.1475	0.339
50	10	1.00	62.38	0.1781	0.409
55	12.8	1.00	62.36	0.2141	0.492
60	15.6	1.00	62.34	0.2563	0.589
65	18.3	1.00	62.31	0.3056	0.703
70	21.1	1.00	62.27	0.6331	1.455
75	23.9	1.00	62.24	0.4298	0.988
80	26.7	1.00	62.19	0.5069	1.165

Anexo 07: tabla de coeficientes de pérdida de accesorios.

Coeficientes de pérdida para componentes de tubería ( $h_L = K_L \frac{V^2}{2g}$ )	
Component	$K_L$
<b>a. TUBOS ACODADOS</b>	
Regular de 90°, embridado	0.3
Regular de 90°, roscado	1.5
De 90° con gran radio, embridado	0.2
De 90° con gran radio, roscado	0.7
De 45° con gran radio, embridado	0.2
Regular de 45°, roscado	0.4
<b>b. CODOS DE 180°</b>	
Codo de 180°, embridado	0.2
Codo de 180°, roscado	1.5
<b>c. CONEXIONES EN T</b>	
Bujía de línea, embridado	0.3



Anexo 08: tabla de coeficientes de perdidas singulares.

<b>Tabla 2.2 Coeficientes de pérdidas singulares</b>										
<b>Elementos</b>		<b>Coefficientes de pérdidas <math>\xi</math></b>								
<b>Entrada tubería</b>										
	Borde abrupto	0.5								
	Borde redondeado	0.2								
	Boca acampanada	0.04								
<b>Expansiones</b>		$(1-A_1/A_2)^2$								
<b>Contracciones</b>		$(1/C_c-1)^2$								
$A_2/A_1$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
$C_c$	0.624	0.632	0.643	0.659	0.681	0.712	0.755	0.813	0.892	
<b>Codos</b>										
Radio pequeño, $r/D=1$										
	90°	0.24								
	45°	0.1								
	30°	0.06								
Radio grande, $r/D=1.5$										
	90°	0.19								
	45°	0.09								
	30°	0.06								
Codos bruscos										
	90°	1.1								
	60°	0.55								
	45°	0.4								
	30°	0.15								
<b>Válvulas abiertas</b>										
	Esféricas	0.05 a 0.2								
	Compuerta	0.1 a 0.3								
	Maniposa	0.2 a 0.6								
	Globo	3 a 10								

Anexo 09: parámetros eléctricos del cable eléctrico de media tensión INDECO

### PARAMETROS ELECTRICOS

SECCION NOMINAL	RESISTENCIA		REACTANCIA INDUCTIVA	AMPACIDAD	
	DC a	AC a		ENTERRADO	AIRE
	20°C	90°	A		
mm <sup>2</sup>	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	A	A
25	0.727	0.927	0.1566	150	145
35	0.524	0.668	0.1488	180	175
50	0.387	0.493	0.1382	210	210
70	0.268	0.342	0.1305	260	260
95	0.193	0.247	0.1242	310	315
120	0.153	0.196	0.1188	350	365
150	0.124	0.159	0.1154	395	415
240	0.0754	0.099	0.1072	515	555

### Anexo 10: tamaños nominales de tuberías en unidades métricas

#### Tamaños nominales de tuberías en unidades métricas

Debido a la larga experiencia en la fabricación de tuberías estándar de acuerdo con los números de cédula estándar, es frecuente que se sigan usando aun cuando las especificaciones del sistema de tuberías estén en unidades métricas. Para tales casos, la International Standards Organization (ISO) estableció el siguiente conjunto de equivalencias. El símbolo DN denota el diámetro nominal (*diametre nominal*) en mm.

Tamaño estándar tradicional (pulg)	Tamaño métrico DN (mm)	Tamaño estándar tradicional (pulg)	Tamaño métrico DN (mm)	Tamaño estándar tradicional (pulg)	Tamaño métrico DN (mm)
1/8	6	6	150	30	750
1/4	8	8	200	32	800
3/8	10	10	250	36	900
1/2	15	12	300	40	1000
3/4	20	14	350	42	1100
1	25	16	400	48	1200
1 1/4	32	18	450	54	1400
1 1/2	40	20	500	60	1500
2	50	22	550	64	1600
2 1/2	65	24	600	72	1800
3	80	26	650	80	2000
4	100	28	700	88	2200

Anexo 11: tabla de la eficiencia para motores cerrados a 1800 rpm, según NEMA.

hp	3,600	1,800	1,200	900	3,600	1,800	1,200	900
1	77.0	85.5	82.5	74.0	77.0	85.5	82.5	74.0
1.5	84.0	86.5	86.5	75.5	84.0	86.5	87.5	77.0
2	85.5	86.5	87.5	85.5	85.5	86.5	88.5	82.5
3	85.5	89.5	88.5	86.5	86.5	89.5	89.5	84.0
5	86.5	89.5	89.5	87.5	88.5	89.5	89.5	85.5
7.5	88.5	91.0	90.2	88.5	89.5	91.7	91.0	85.5
10	89.5	91.7	91.7	89.5	90.2	91.7	91.0	88.5
15	90.2	93.0	91.7	89.5	91.0	92.4	91.7	88.5
20	91.0	93.0	92.4	90.2	91.0	93.0	91.7	89.5
25	91.7	93.6	93.0	90.2	91.7	93.6	93.0	89.5
30	91.7	94.1	93.6	91.0	91.7	93.6	93.0	91.0
40	92.4	94.1	94.1	91.0	92.4	94.1	94.1	91.0
50	93.0	94.5	94.1	91.7	93.0	94.5	94.1	91.7
60	93.6	95.0	94.5	92.4	93.6	95.0	94.5	91.7
75	93.6	95.0	94.5	93.6	93.6	95.4	94.5	93.0
100	93.6	95.4	95.0	93.6	94.1	95.4	95.0	93.0
125	94.1	95.4	95.0	93.6	95.0	95.4	95.0	93.6
150	94.1	95.8	95.4	93.6	95.0	95.8	95.8	93.6
200	95.0	95.8	95.4	93.6	95.4	96.2	95.8	94.1
250	94.5	95.4	95.4		95.4	95.4	95.0	
300	95.0	95.4	95.4		95.4	95.4	95.0	
350	95.0	95.4	---		95.4	95.4	---	
400	95.4	95.4	---		95.4	95.4	---	
450	95.8	95.8	---		95.4	95.4	---	
500	95.8	95.8	---		95.4	95.8	---	

Yo, Angel Alvarado Quiliche, identificado con DNI N° 44893474, egresado de la Escuela de **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad Cesar Vallejo autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado, "DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO ESTACIONARIO AUTOMÁTICO PARA EVACUACIÓN DE 72 LITROS POR SEGUNDO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA MINERA AURÍFERA RETAMAS". En el repositorio institucional de la UCV ( <http://dspace.ucv.edu.pe/> ), según lo estipulado en el decreto legislativo 822. Ley sobre sobre derecho de autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



\_\_\_\_\_

FIRMA

DNI: 44893474

FECHA: 19 de febrero del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



Yo, Jorge Aranda Gonzales, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica - Eléctrica de la Universidad César Vallejo Trujillo, revisor (a) de la tesis titulada:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO ESTACIONARIO AUTOMÁTICO PARA EVACUACIÓN DE 72 LITROS POR SEGUNDO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA MINERA AURÍFERA RETAMAS”, del (de la) estudiante Angel Gabriel Alvarado Quiliche, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha Trujillo 19 de febrero 2019.



Firma  
Jorge Aranda Gonzales  
Nombres y apellidos del (de la) docente  
DNI: .....18072194

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------