

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**DISEÑO DE UNA NUEVA LINEA DE TRANSPORTE DE
AGUA PARA CUBRIR LA DEMANDA REQUERIDA
PRODUCTO DE LA AMPLIACION DE LA
TERMOCENTRAL DE WARNES**

**TRABAJO EN OPCION A DIPLOMADO EN TRANSPORTE,
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS**

CAYHUARA MOSTACEDO FLORENTINA

**Sucre - Bolivia
2023**

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Florentina Cayhuara Mostacedo

Sucre, septiembre de 2023

Este trabajo está dedicado a:

DEDICATORIA

A Dios, a que gracias a el he logrado concluir mi carrera, a mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mi hermanita por siempre estar ahí para mí, a mis hermanos, tías y primas quienes, con su cariño y consejos, encaminan mi vida y me dan deseos de superación para ser cada día mejor.

AGRADECIMIENTO

A: Dios por darme vida, salud, fortaleza, seguridad, sabiduría y la oportunidad de salir adelante en todos los momentos difíciles durante el transcurso de mi formación.

A: Mi Familia agradezco infinitamente a mis queridos padres y hermanos por el apoyo incondicional que me brindaron moralmente.

A: Mi Facultad de Tecnología por haberme cobijado durante todo este tiempo brindándome la oportunidad, los espacios, los medios y el mejor talento humano para proporcionarme la mejor formación profesional.

A: Mis Docentes por guiarme y proyectarme al campo de la investigación permanente, por todo el conocimiento transmitido, por su asesoría en la ejecución de la monografía y el tiempo valioso que dedicaron para que este proyecto salga adelante.

A: Mis Compañeros por haber compartido momentos de amistad, tristeza y alegría conmigo durante nuestra formación superior, a todos mis amigos quienes me apoyaron moralmente para lograr mi objetivo.

RESUMEN

La planta termoeléctrica de Warnes que está ubicado en el departamento de Santa Cruz, Provincia Warnes, en el Parque Industrial Latinoamericano (PILAT), la termoeléctrica de Warnes incrementó su potencia energética de 200 a 520 megavatios (MW) gracias al proyecto ciclos combinados, de acuerdo con datos de la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), el proyecto ciclos combinados de la Planta Termoeléctrica Warnes, incrementó la generación eléctrica en 320 MW adicionales a los 200 MW implementados en 2015, para ello se instalaron cuatro turbinas a gas y cuatro a vapor para completar dos bloques de ciclos combinados que garantizan la oferta eléctrica.

En la actualidad, el actual sistema de abastecimiento de agua con la que cuenta esta planta es limitado, por otro lado, ante el incremento de la potencia proyectada en el ciclo combinado, se planifica incrementar la capacidad de extracción de agua por medio del incremento de pozos los cuales incrementarían la captación de agua hacia las piscinas de tratamiento de agua posterior al incremento en la extracción de agua, los medios para realizar el transvase de agua desde las piscinas hasta los torres de enfriamiento son limitados, ya que solo se cuenta con una sola bomba que despacha aproximadamente 380 m³/h y por ende, no se podrá abastecer el volumen adecuado de agua considerando una ampliación en la potencia de la planta de casi un 40%.

El presente trabajo tiene como propósito realizar una implementación de una nueva línea para el transporte de agua desde las piscinas de tratamiento de agua hacia la torre de enfriamiento, para cubrir la nueva demanda requerida producto de la ampliación del ciclo combinado de la termoeléctrica de Warnes se garantizara el caudal requerido para la ampliación de la planta termoeléctrica, por otro lado, sin afectar el funcionamiento del primer ramal de abastecimiento.

En conclusión, el presente trabajo desarrolló un sistema de trasvase de agua de pozo, por lo tanto, implicó la selección de bombas, tuberías de succión y descarga, equipos para la medición de flujo y el tablero de control, para finalizar se realizó una estimación de costos del proyecto envase a materiales, equipos, obras civiles y mecánicas, se calculó que el proyecto propuesto tendría un valor aproximado de 92.638,00 USD.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.3.1. Justificación Técnica	2
1.3.2. Justificación Económica.....	3
1.4. METODOLOGÍA	3
1.4.1. Métodos Teóricos	3
1.4.2. Métodos Empíricos.....	4
1.4.3. Técnicas e instrumentos de Investigación.....	4
1.5. OBJETIVOS	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
CAPITULO II: DESARROLLO	5
2.1. MARCO TEÓRICO	5
2.1.1. Plantas Termoeléctricas	5
2.1.1.1. Centrales termoeléctricas de ciclo convencional.....	5
2.1.1.2. Centrales termoeléctricas de ciclo combinado	7
2.1.1.3. Principio de Funcionamiento.....	8
2.1.2. Perdida de carga en Tuberías	9
2.1.2.1. Tipos de perdida de carga	9
2.1.2.2. Método del largo equivalente.....	10
2.1.2.3. Tablas de lectura directa.....	12
2.1.3. Bombas centrifugas.....	13
2.1.3.1. Clasificación de bombas de Fluidos	13
2.1.3.2. Principio de funcionamiento.....	15
2.1.3.3. Componentes principales de una Bombas Centrifugas	15
2.2. MARCO CONTEXTUAL	21
2.2.1. Información General de la Planta.....	21
2.2.1.1. Componentes de la planta Termoeléctrica de Warnes	21

2.2.1.2. Parámetros operativos de la Termoeléctrica de Warnes	23
2.2.2. Descripción de la conexión de aducción de agua	24
2.2.3. Descripción de la laguna de almacenamiento de agua.....	25
2.2.4. Descripción del tramo de ingreso a la torre de enfriamiento	26
2.2.5. Diagnóstico.....	27
2.3. INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	28
2.3.1. Esquema de la nueva instalación propuesta	28
2.3.2. Selección de las Unidades de Bombeo.....	28
2.3.2.1. Determinación de los diámetros de Tuberías	28
2.3.2.2. Estimación de Longitudes.....	29
2.3.2.3. Cálculo de la Pérdida de Carga	31
2.3.2.4. Selección de la Bomba	32
2.3.2.5. Potencia del Motor	34
2.3.2.6. Detalles constructivos de la Bomba.....	35
2.3.3. Provisión y Tendido de Tuberías de HDPE.....	36
2.3.4. Selección del flujómetro.....	38
2.3.5. Obras Eléctricas.....	40
2.3.6. Estimación de costos del proyecto.....	41
2.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	45
2.4.1. Análisis de resultados	45
2.4.2. Discusión de resultados.....	48
2.5. CONCLUSIONES.....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 2.1: Funcionamiento de Termoeléctrica de Ciclo Convencional.....	6
Figura 2.2: Funcionamiento de Termoeléctrica de ciclo combinado.....	8
Figura 2.3: Principio de Funcionamiento de una Termoeléctrica	8
Figura 2.4: Esquema de la Pérdida de Carga Distribuida.....	9
Figura 2.5: Esquema de la Perdida de Carga Localizada	9
Figura 2.6: Método del Largo Equivalente	10
Figura 2.7: Largo Equivalente en Pérdidas de Carga Localizadas.....	12
Figura 2.8: Clasificación de las Bombas Centrifugas.....	14
Figura 2.9: Funcionamiento de una Bomba Centrifuga.....	15
Figura 2.10: Carcasa de una Bomba Centrifuga.....	16
Figura 2.11: Bridas de Succion y Descarga	16
Figura 2.12: Impulsor Abierto	17
Figura 2.13: Impulsor Semiabierto	17
Figura 2.14: Impulsor Cerrado	18
Figura 2.15: Sello Mecánico	18
Figura 2.16: Eje de la Bomba	18
Figura 2.17: Cojinetes o Rodamientos.....	19
Figura 2.18: Motor Eléctrico	19
Figura 2.19: Acople Flexible Elastico.....	20
Figura 2.20: Tablero de Control y Accionamiento.....	20
Figura 2.21: Planta Termoeléctrica de Warnes	21
Figura 2.22: Vista Lateral de la Termoeléctrica de Warnes.....	22
Figura 2.23: Turbinas de la Termoeléctrica de Warnes	22
Figura 2.24: Vista de la Subestación.....	23
Figura 2.25: Pozo para la Extracción de Agua	24
Figura 2.26: Valvuleria en el Ramal de Explotacion de Agua	24
Figura 2.27: Esquema Superficial del Pozo Superficial.....	25
Figura 2.28: Vista de la Laguna de Almacenamiento de Agua	26
Figura 2.29: Esquema Superficial del Ingreso a la Torre de Enfriamiento	26
Figura 2.30: Vista del Tramo de Ingreso a la Torre de Enfriamiento.....	27
Figura 2.31: Esquema de la Instalacion Propuesta	28

Figura 2.32: Plano Isometrico de la Instalacion Propuesta.....	30
Figura 2.33: Familia de Curvas del Modelo Meganorm	33
Figura 2.34: Curva del Modelo 200-150-315	34
Figura 2.35: Disposición de las Bombas a Instalar	46
Figura 2.36: Esquema Final de las Bombas en la Caseta de Bombeo	46
Figura 2.37: Esquema Final de la Instalacion	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Componentes de una Termoeléctrica de Ciclo Convencional	6
Tabla 2.2: Normas de Diseño en Bombas Centrifugas	14
Tabla 2.3: Calculo de la Potencia del Motor	34
Tabla 2.4: Calidad del Agua de Pozo de la Localidad de Warnes	35
Tabla 2.5: Tipos de Tubería de HDPE	37
Tabla 2.6: Selección del Flujometro 1	38
Tabla 2.7: Selección del Modelo del Flujometro	39
Tabla 2.8: Selección del Diametro del Flujometro	40
Tabla 2.9: Selección de la Presion de OP del Flujometro	40
Tabla 2.10: Costos de Construccion del Proyecto Propuesto	42
Tabla 2.11: Costos de la Instalacion Mecanica	43
Tabla 2.12: Costos por el Prefabricado de Tuberias	44
Tabla 2.13: Costos por Equipos de Control	44
Tabla 2.14: Costos por Servicios Electricos	45

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Antecedentes Nacionales

En la actualidad hay bastante información académica básica sobre el diseño de una red de distribución de agua, lo cual implica hacer el cálculo de pérdida de carga tomando en cuenta el caudal requerido por el sistema; pero no hay trabajos específicos que se enfoquen en diseñar un ducto de transporte de agua para el abastecimiento de agua a una empresa o planta industrial, posiblemente por ser un tema muy específico y peculiar.

Toda esta situación motiva a desarrollar el presente trabajo, la cual podría ser un referente para otros investigadores que busquen solucionar problemas producto de malas instalaciones o caso contrario optimizar sistemas para una mejora operacional.

1.1.2. Antecedentes Internacionales

En el **CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS, S.C. (Chihuahua - México)**, Víctor Luis Cámara Aranda (2017), realizó un estudio sobre el **“Diseño y construcción de un sistema de ductos para la climatización zonificada de un invernadero de fresa”** cuya finalidad fue elaborar una red de distribución de agua para su posterior abastecimiento de agua a la zona industrial del invernadero para su posterior aplicación en la climatización.

En la **UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA (Bogotá – Colombia)**, Alexander Velasco Sarria (2016), realizó un estudio sobre el **“DISEÑO DE ACUEDUCTO PARA LA VEREDA LA MINA UBICADA EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE MIRANDA CAUCA”** cuya finalidad fue la de llevar agua para los sistemas de riego producto de la decadencia de las actividades del sector minero en la zona.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El actual sistema de abastecimiento de agua con la que cuenta la termoeléctrica de Warnes es limitado, por lo que de manera inicial se lo dimensionó para abastecer un volumen limitado de agua. Por otro lado, ante el incremento de la potencia proyectada en el ciclo combinado, se planifica incrementar la capacidad de extracción de agua por medio del incremento de pozos profundos adyacentes, los cuales incrementarán la captación de agua hacia las piscinas de tratamiento de agua.

Posterior al incremento en la extracción de agua, los medios para realizar el transvase de agua desde las piscinas hasta las torres de enfriamiento son limitados, ya que solo se cuenta con una sola bomba con la cual se despacha aproximadamente 380 m³/h y, por ende, no se podrá abastecer el volumen adecuado de agua considerando una ampliación en la potencia de la planta de casi un 40%. Según estudios realizados, se estima que con la ampliación se requerirá bombear aproximadamente 700 m³/h. (Ticona, 2023)

De manera inicial se planificó utilizar la bomba que se tiene como backup para trabajar con la bomba principal en configuración en paralelo, con dicha modificación se realizaron pruebas, donde se evidenció que el incremento en el caudal solo llegaría a 450 m³/h, lo cual será insuficiente para la ampliación, por otro lado, el utilizar la bomba de respaldo como equipo principal sería muy riesgoso, ya que, en caso de falla mecánica de uno de los dos equipos, se comprometería el abastecimiento normal de agua para el sistema de enfriamiento.

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación Técnica

Mediante la implementación de un nuevo sistema de transporte de agua desde las piscinas de tratamiento de aguas hacia las torres de enfriamiento, se garantizará el caudal requerido para la ampliación de la planta termoeléctrica, por otro lado, sin afectar el funcionamiento del primer ramal de abastecimiento, por lo que se garantizará los 700 m³/h requeridos. Otro factor de consideración es que en total se contarán con cuatro unidades de bombeo los cuales en situación de emergencia podrán trabajar manejando diferentes configuraciones (serie –

paralelo) con las cuales se garantizara abastecimiento continuo aun en caso de fallas y/o mantenimiento de cualquiera de las unidades de bombeo.

1.3.2. Justificación Económica

Si bien, el presente proyecto implicaría una inversión económica de consideración para la empresa ENDE ANDINA al implementar una nueva unidad de transporte, los beneficios serian evidentes al garantizar el abastamiento de agua al sistema de enfriamiento; por otro lado, el solo hecho de considerar que no se garantice la cantidad de agua requerida para el enfriamiento de los equipos, podría ocasionar sobrecalentamientos en los mismos lo cual ocasionaría daños mecánicos a su integridad, lo cual a su vez se traduce en grandes gastos económicos y riesgos de paros de planta no programados.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Métodos Teóricos

- **Método Cuantitativo**

Dentro del presente proyecto, este método tendrá su aplicación en la estimación numérica para el dimensionamiento de la nueva línea de transporte de agua que se propone implementar.

- **Método Inductivo**

Se tendrá acceso a las fichas técnicas y se realizará una inspección a la planta de ENDE WARNES, por medio de esa referencia se buscará homologar características del sistema antiguo en lo que se refiere a los puntos de operación y trazado en el tendido de las tuberías.

- **Método Analítico**

El método, será de gran ayuda puesto que facilitará la tabulación, análisis y su interpretación, así como en base a un diagnóstico, plantear una nueva solución al abastecimiento de agua en la planta termoeléctrica.

1.4.2. Métodos Empíricos

- **Método Bibliográfico**

Es aplicable en búsqueda de libros, revistas, artículos científicos publicados por diferentes investigadores, la cual será primordial en la elaboración teórica.

1.4.3. Técnicas e instrumentos de Investigación

- **Revisión bibliográfica**

Es muy importante ya que a través de ella se extrajo toda la recopilación de información tanto de libros, revistas, informes electrónicos, catálogos, artículos de internet con la finalidad de estructurar la revisión de literatura.

- **Entrevistas**

Se realizarán preguntas, consultas a personal técnico relacionado en el rubro y a operadores de bombas en plantas termoeléctricas.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Diseñar una nueva línea para el transporte de agua desde las piscinas de tratamiento de agua hacia la torre de enfriamiento para cubrir la nueva demanda requerida producto de la ampliación del ciclo combinado de la termoeléctrica de Warnes.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un diagnóstico del actual sistema de transporte de agua con el que cuenta la planta Termoeléctrica de Warnes.
- Elaborar un esquema inicial sobre el requerimiento del presente proyecto.
- Realizar el cálculo de la pérdida de carga en los tramos de succión y descarga
- Seleccionar las bombas para garantizar el trasvase de agua requerido.
- Estimar el costo de inversión del presente proyecto.

CAPITULO II: DESARROLLO

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Plantas Termoeléctricas

Una central termoeléctrica es una instalación empleada en la generación de energía eléctrica a partir de energía térmica, como la liberada por combustibles fósiles, uranio, un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica, en el caso de usar combustibles fósiles, liberando dióxido de carbono a la atmósfera. Este es un gas que contribuye al efecto invernadero. (CRE, 2022)

Cuando el calor se obtiene mediante la fisión controlada de núcleos de uranio, la central termoeléctrica se conoce como central nuclear. Este tipo de central no contribuye al efecto invernadero, pero tiene el problema de los residuos radioactivos que han de ser guardados durante miles de años y la posibilidad de accidentes graves.

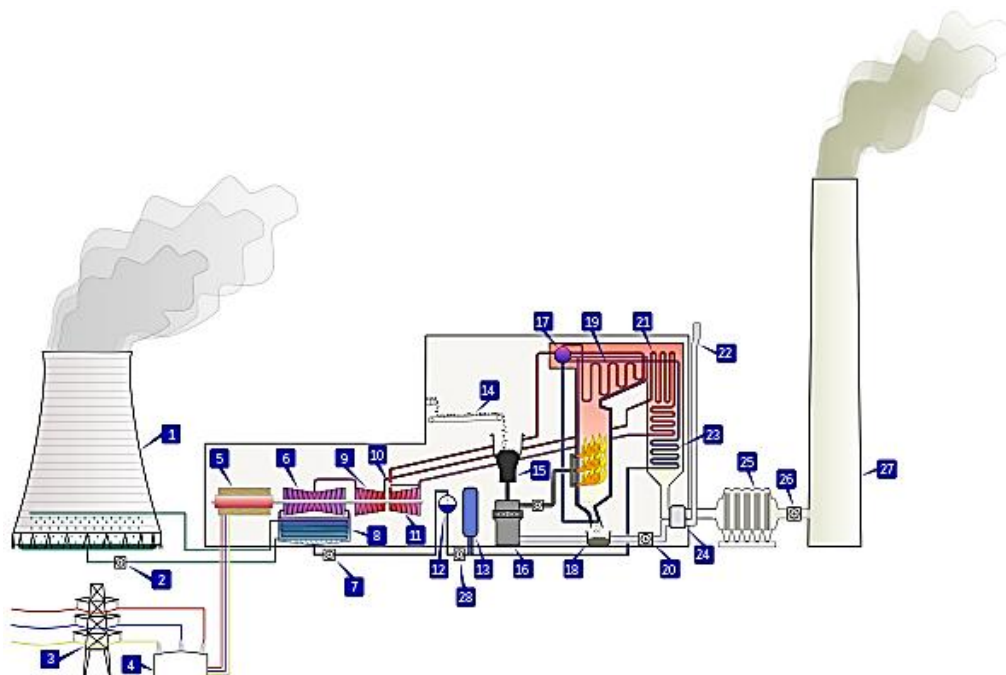
Pueden emplear fuentes de energía no renovable, como el carbón, el gasóleo, el gas o combustible nuclear, o fuentes de energía renovable, como la biomasa o la geotermia. Las centrales que utilizan combustibles fósiles generan mucha energía en un espacio grande y emiten gases muy contaminantes. En cuanto a las que emplean biomasa, si su consumo supera la capacidad de regeneración de la vegetación de la que se nutre.

2.1.1.1. Centrales termoeléctricas de ciclo convencional

Se llaman centrales clásicas o de ciclo convencional a aquellas centrales térmicas que emplean la combustión del carbón, petróleo o gas natural para generar la energía eléctrica.

Son consideradas las centrales más económicas, por lo que su utilización está muy extendida en el mundo económicamente avanzado y en el mundo en vías de desarrollo, a pesar de que estén siendo criticadas debido a su elevado impacto medioambiental. (TECNOPARADOR , 2023)

Figura 2.1: Funcionamiento de termoeléctrica de ciclo convencional



Fuente: (TECNOPARADOR , 2023)

Diagrama de una central térmica de carbón de ciclo convencional

Tabla 2.1: Componentes de una Termoeléctrica de Ciclo Convencional

1. Torre de refrigeración	10. Válvula de control de gases	19. Supercalentador
2. Bomba hidráulica	11. Turbina de vapor de alta presión	20. Ventilador de tiro forzado
3. Línea de transmisión (trifásica)	12. Desgasificador	21. Recalentador
4. Transformador (trifásico)	13. Calentador	22. Toma de aire de combustión
5. Generador eléctrico (trifásico)	14. Cinta transportadora de carbón	23. Economizador
6. Turbina de vapor de baja presión	15. Tolva de carbón	24. Precalentador de aire
7. Bomba de condensación	16. Pulverizador de carbón	25. Precipitador electrostático
8. Condensador de superficie	17. Tambor de vapor	26. Ventilador de tiro inducido
9. Turbina de media presión	18. Tolva de cenizas	27. Chimenea de emisiones
		28. Bomba de alimentación

Fuente: (TECNOPARADOR , 2023)

Básicamente, el funcionamiento de este tipo de centrales es el mismo independientemente del combustible que se consuma. Así, este se quema en la caldera, liberando calor que se usa para calentar agua. El agua calentada se transformará en vapor con una presión muy elevada, que es la que hace girar una turbina de vapor, lo que transformará la energía interna del vapor en energía mecánica (rotación de un eje).

La producción de electricidad se generará en el alternador, por la rotación del rotor (que comparte el mismo eje que la turbina de vapor) y mediante la inducción electromagnética. La electricidad generada pasa por un transformador, que aumentará su tensión para el transporte.

El vapor que sale de la turbina de vapor se envía a un condensador (termodinámica) para transformarlo en líquido y retornarlo a la caldera para empezar de nuevo un nuevo ciclo de producción de vapor. (TECNOPARADOR , 2023)

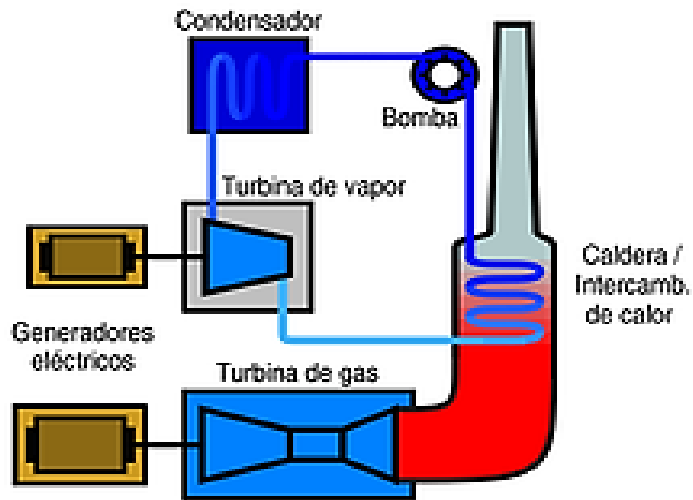
2.1.1.2. Centrales termoeléctricas de ciclo combinado

En la actualidad se están construyendo numerosas centrales termoeléctricas de las denominadas de ciclo combinado, que son un tipo de central que utiliza gas natural, gasóleo o incluso carbón preparado como combustible para alimentar una turbina de gas. Luego los gases de escape de la turbina de gas todavía tienen una elevada temperatura, se utilizan para producir vapor que mueve una segunda turbina, esta vez de vapor. Cada una de estas turbinas está acoplada a su correspondiente alternador para generar energía eléctrica.¹

Normalmente durante el proceso de partida de estas centrales solo funciona la turbina de gas; a este modo de operación se lo llama ciclo abierto.² Si bien la mayoría de las centrales de este tipo pueden intercambiar el combustible (entre gas y diésel) incluso en funcionamiento.

Como la diferencia de temperatura que se produce entre la combustión y los gases de escape es más alta que en el caso de una turbina de gas o una de vapor, se consiguen rendimientos muy superiores, del orden del 55 %.

Figura 2.2: Funcionamiento de Termoeléctrica de ciclo combinado



Fuente: (TECNOPARADOR , 2023)

2.1.1.3. Principio de Funcionamiento

El agua de la caldera se convierte en vapor a presión por el calor producido al quemar un combustible. El vapor mueve una turbina, que a su vez hace girar un alternador, que produce electricidad. El vapor que sale de la turbina se enfría en un intercambiador de calor para devolverlo a su estado líquido. Esta agua vuelve a la caldera para convertirse de nuevo en vapor.

Figura 2.3: Principio de Funcionamiento de una Termoeléctrica



Fuente: (TECNOPARADOR , 2023)

2.1.2. Pérdida de carga en Tuberías

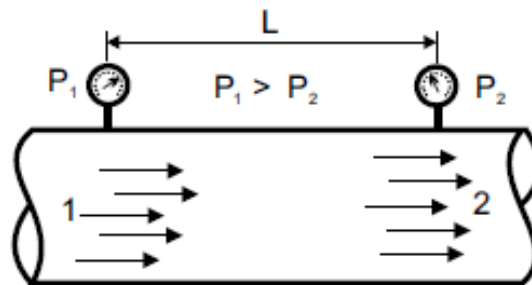
La pérdida de carga de un fluido en una tubería, ocurre debido al roce entre las partículas del mismo con las paredes de la tubería, así como al roce entre estas partículas. En otras palabras, es una pérdida de energía o de presión entre dos puntos de una tubería. (KSB , 2002)

2.1.2.1. Tipos de pérdida de carga

- **Distribuida**

Son aquellas que ocurren en tramos rectos de una tubería.

Figura 2.4: Esquema de la Pérdida de Carga Distribuida

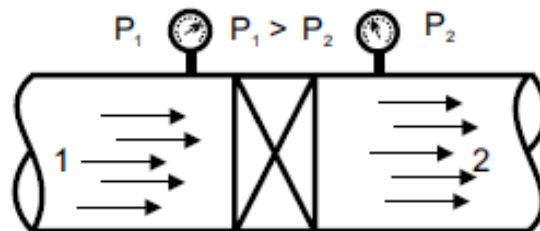


Fuente: (KSB , 2002)

- **Localizada**

Son pérdidas de presión ocasionadas por las piezas y singularidades a lo largo de la tubería, tales como curvas, válvulas, desviaciones, reducciones, expansiones, etc.,

Figura 2.5: Esquema de la Pérdida de Carga Localizada



Fuente: (KSB , 2002)

- **Total**

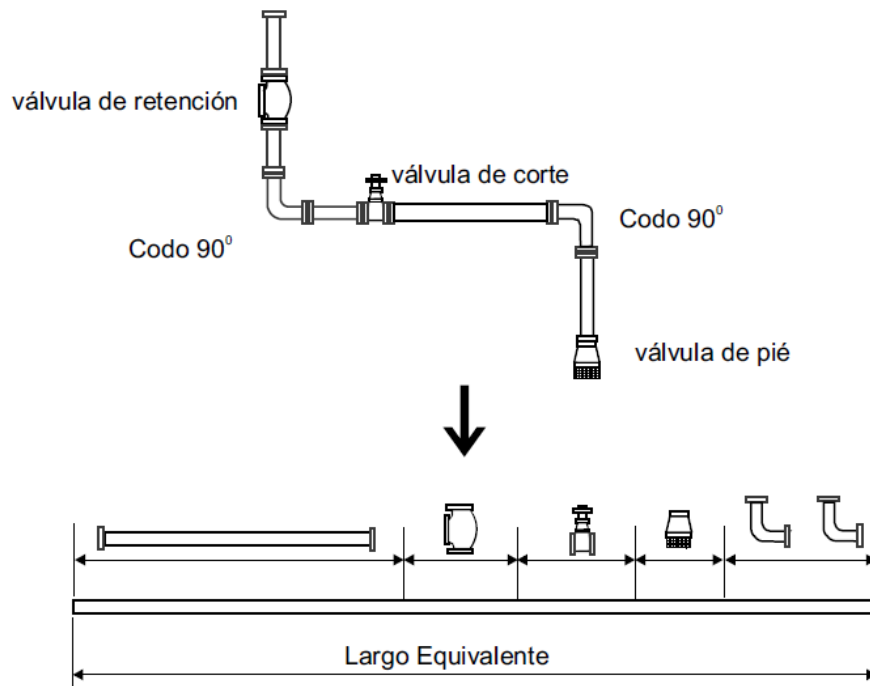
Es la suma de las pérdidas de cargas distribuidas en todos los tramos rectos de la tubería y las pérdidas de carga localizadas en todas las curvas, válvulas, uniones, etc.

2.1.2.2. Método del largo equivalente

Una tubería que posee a lo largo de su extensión diversas singularidades, equivale, bajo el punto de vista de pérdida de carga, a una tubería rectilínea de largo mayor, sin las singularidades. (KSB , 2002)

El método consiste en aumentar el largo equivalente de la tubería, para efectos de cálculo, de forma tal que estas mayores longitudes corresponden a la misma pérdida de carga que causarían por si mismas las singularidades existentes.

Figura 2.6: Método del Largo Equivalente



Fuente: (KSB , 2002)

Utilizando la fórmula de Darcy - Weisback, tenemos que:

$$H_p = f \cdot \frac{L_{eq}}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

Donde:

H_p = Pérdida de energía en, m.

f = Coeficiente de pérdidas

L_{eq} = Longitud de la tubería en, m.

D = Diámetro de la tubería en, m.

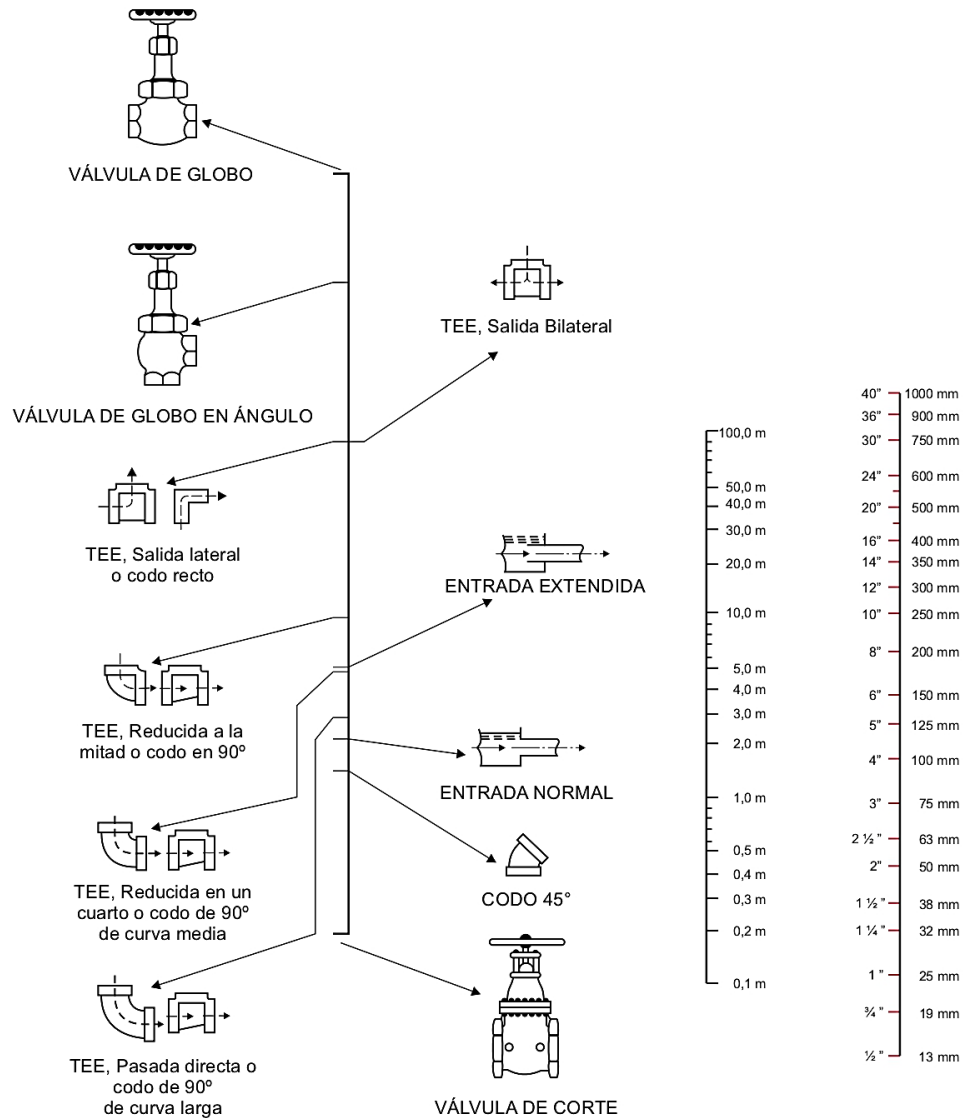
$2g$ = Aceleración gravitacional en, m/s².

V = Velocidad media del flujo en, m/s.

En el anexo A-1 se presentan los largos equivalentes de las pérdidas de carga localizadas.

Tomando en cuenta el largo equivalente para pérdidas de carga localizadas se puede considerar la siguiente tabla:

Figura 2.7: Largo Equivalente en Pérdidas de Carga Localizadas



Fuente: (KSB , 2002)

2.1.2.3. Tablas de lectura directa

Basadas en fórmulas y correlaciones sobre el cálculo de la pérdida de carga en tuberías, así como en datos experimentales, han sido elaboradas una serie de tablas de lectura directa, las que muestran las pérdidas de carga de los principales componentes de un sistema de bombeo, en función del caudal y el diámetro nominal de la tubería.

En el anexo A-2 se dispone de las TABLADE PÉRDIDAS DE CARGA de KSB Bombas Hidráulicas S.A., las cuales son de gran utilidad en la estimación de la pérdida de carga en tuberías y accesorios. (KSB , 2002)

2.1.3. Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas son equipos hidráulicos que transforman energía mecánica en energía cinética de presión a un fluido, dichos equipos aumentan la velocidad de los fluidos para que estos puedan desplazarse grandes distancias. (Viejo Zubicaray, 2001)

El funcionamiento sencillo de las bombas centrífugas las convierten en la elección perfecta para una amplia gama de aplicaciones industriales como: Gas & Oíl, construcciones civiles, Agricultura, industria química, generación de energía, tratamiento de aguas residuales, refinerías de petróleo, etc. Las bombas centrífugas se utilizan en industrias donde se requiere poca o ninguna elevación de succión. (Viejo Zubicaray, 2001)

2.1.3.1. Clasificación de bombas de Fluidos

Siendo tan variado los tipos de bombas que existen, es muy conveniente hacer una adecuada clasificación, la realizada por el “Hydraulic Institute”, en la norma ANSI/HI 9.1-9.5 (Pumps – General Guidelines) es considerada como la más completa. (Viejo Zubicaray, 2001)

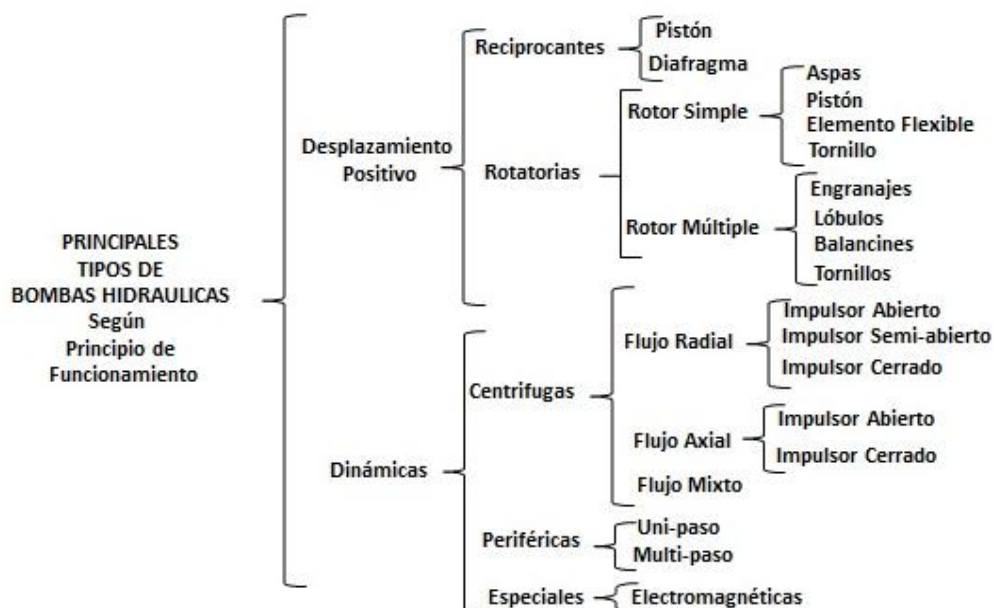
Tabla 2.2: Normas de Diseño en Bombas Centrifugas

Tipo de Bomba	Normativa de diseño
API 610	API 610 (ISO 13709) – Bombas centrifugas para la industria del petróleo, petroquímica y gas natural.
ANSI/ ASME B73.1	ANSI/ ASME B73.1 – Especificaciones de bombas centrifugas horizontales en la industria química.
ISO	ISO 2858 – Bombas centrifugas de aspiración axial (16 bar).
	ISO 5199 – Especificaciones técnicas para bombas centrifugas.
DIN EN 733	DIN EN 733 - Bombas centrifugas de aspiración axial (10 bar) con soporte de cojinetes
SISTEMAS CONTRA INCENDIOS	NFPA 20 – Estándar de diseño para bombas en instalaciones contra incendio.
ANSI/ HI	Grupo de normas dirigidas a facilitar el entendimiento entre comprador, usuario y fabricante.

Fuente: PumpsBombas, 2022

La clasificación del Hydraulic Institute permite apreciar la gran diversidad de tipos de bombas que existen y si a ello se agrega el material de construcción, tamaños diferentes para manejo de gasto y presiones diferentes sumamente variables y los diferentes líquidos a manejar.

Figura 2.8: Clasificación de las Bombas Centrifugas



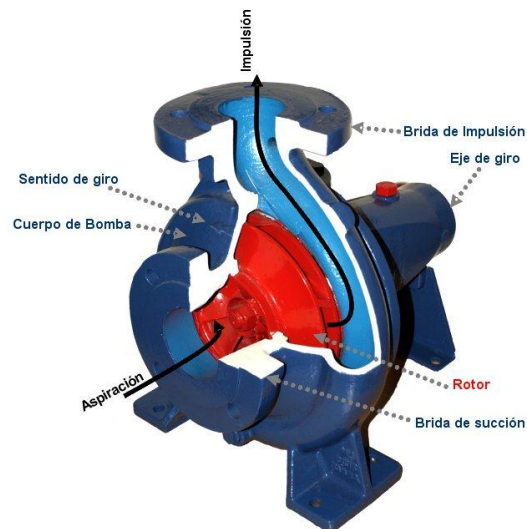
Fuente: PumpsBombas, 2022

2.1.3.2. Principio de funcionamiento

Para hacer funcionar una bomba centrífuga se cumplen los siguientes pasos:

- El fluido ingresa por la brida de succión hacia el centro del rodete o impulsor de la máquina la cual dispone de una paleta curva, denominada álabe, que sirve para conducir el fluido.
- Debido a la fuerza centrífuga que produce la bomba, el fluido es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba.
- Finalmente, gracias a la estructura de la maquinaria, el fluido es conducido por la brida de descarga hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente rodete.

Figura 2.9: Funcionamiento de una Bomba Centrífuga



Fuente: Electroted, 2022

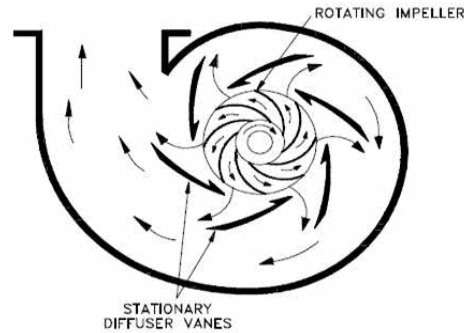
2.1.3.3. Componentes principales de una Bombas Centrifugas

Los elementos constructivos que conforman una bomba centrífuga son:

- a) Carcasa:** Parte que protege a todos los mecanismos internos que permiten el accionar de la bomba. Son elaboradas con variados materiales según su finalidad, como es en

base a hierro fundido si se usará para bombear agua potable, o de acero inoxidable o de bronce si se pretende bombear un líquido que es muy corrosivo.

Figura 2.10: Carcasa de una Bomba Centrífuga



Fuente: Electroted, 2022

- b) **Bridas de Succión y descarga:** Son conexiones que se acoplan a los conductos por donde circula el fluido.

Figura 2.11: Bridas de Succion y Descarga

Imagen de una bomba centrífuga azul. Se muestran dos conexiones principales: la 'Brida de Descarga' (Brida de Descarga) ubicada en la parte superior de la carcasa, y la 'Brida de Succión' (Brida de Succión) ubicada en la parte frontal de la carcasa. La bomba está montada sobre un soporte azul.

Fuente: Electroted, 2022

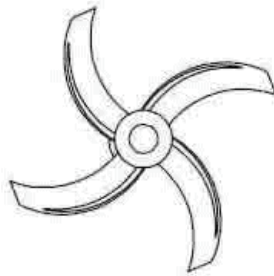
c) **Impulsor o rodete.** Es un dispositivo usado para impulsar el fluido contenida en la carcasa. Están formados por una serie de álabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba. (ELECTRORED, 2021)

El impulsor de una bomba centrífuga puede ser de tres tipos:

16

- **Impulsor abierto:** Tienen las paletas libres en ambos lados, son estructuralmente débiles y por lo general se usan en bombas de pequeño diámetro y de bajo costo y en bombas que manejan sólidos suspendidos.

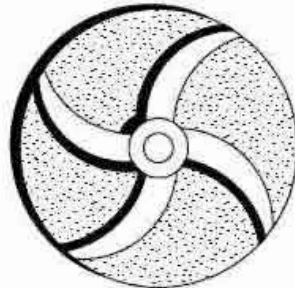
Figura 2.12: Impulsor Abierto



Fuente: Electroted, 2022

- **Impulsor semiabierto:** Los álabes son libres por un lado y cerrados por el otro, la cubierta agrega resistencia mecánica. También ofrecen mayores eficiencias que los impulsores abiertos. Se pueden usar en bombas de diámetro medio y con líquidos que contienen pequeñas cantidades de sólidos en suspensión.

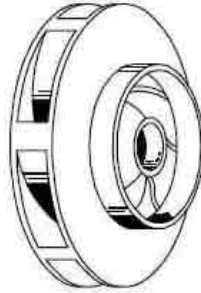
Figura 2.13: Impulsor Semiabierto



Fuente: Electroted, 2022

- **Impulsor cerrado.** Las paletas se encuentran entre los dos discos, todo en un solo bastidor. Se utilizan en bombas grandes con altas eficiencias y bajo cabezal de succión positivo neto requerido. Dependen de anillos de desgaste de espacio libre cercano en el impulsor y en la carcasa de la bomba.

Figura 2.14: Impulsor Cerrado



Fuente: Electroted, 2022

- d) **Sellos Mecánicos:** Son dispositivos diseñados para unir mecanismos con el fin de evitar una pérdida en los fluidos, mantener la presión de la instalación y la de no permitir una entrada de elementos externos a ella.

Figura 2.15: Sello Mecánico



Fuente: Electroted, 2022

- e) **Eje:** Elemento que sostiene el impulsor para que gire sobre este con la fuerza del motor. Según la posición del eje en bombas de eje horizontal y bombas de eje vertical. (ELECTRORED, 2021)

Figura 2.16: Eje de la Bomba



Fuente: Electroted, 2022

- f) **Cojinetes o rodamientos:** Piezas que sostienen adecuadamente el eje del impulsor.

Figura 2.17: Cojinetes o Rodamientos



Fuente: Electroted, 2022

- g) **Motor:** Proporciona la fuerza motriz a la bomba centrífuga, transmitiéndola a través de un eje y acople. Según su potencia, podrá movilizar más agua en menos tiempo.

Figura 2.18: Motor Eléctrico



Fuente: Electroted, 2022

- h) **Acoples:** Son los elementos mecánicos que se utilizan para transmitir la potencia entre el motor y la bomba, uniendo sus ejes, adicionalmente por su diseño absorbe la desalineación que se produce entre el equipo impulsor y la bomba centrífuga.

Figura 2.19: Acople Flexible Elastico



Fuente: Electroted, 2022

- i) **Panel de control:** Es un dispositivo que permite el accionamiento de la bomba, está conformado por elementos automatizados que controlan el funcionamiento de la bomba y lo protegen sobre descargas eléctricas.

Figura 2.20: Tablero de Control y Accionamiento



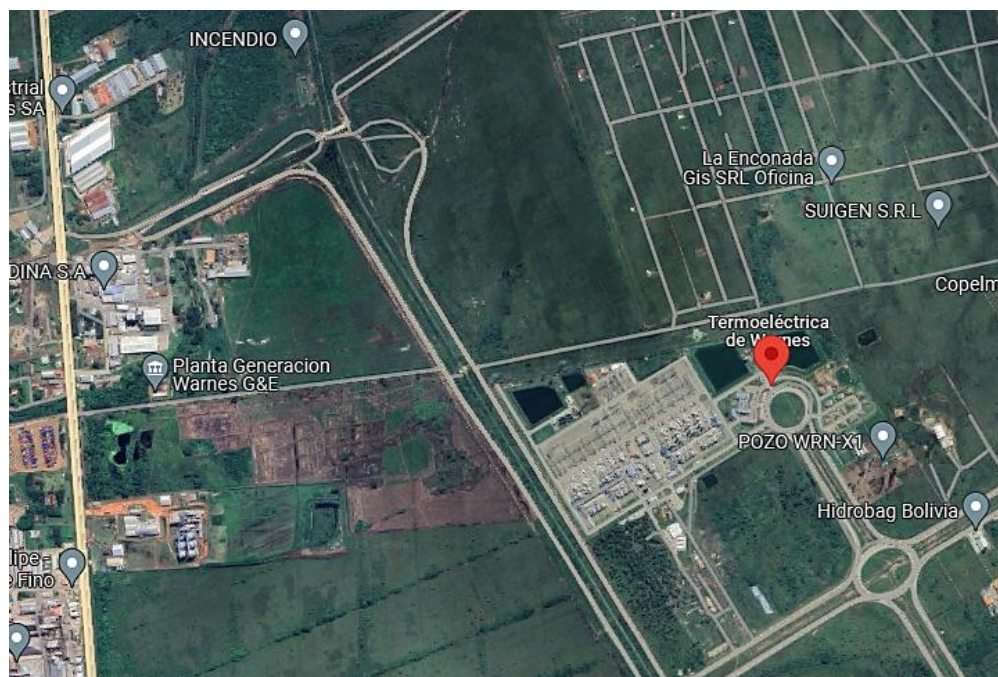
Fuente: Electroted, 2022

2.2. MARCO CONTEXTUAL.

2.2.1. Información General de la Planta

La planta termoeléctrica de Warnes se ubica en el departamento de Santa Cruz, provincia Warnes, en el Parque Industrial Latinoamericano (PILAT) a cinco minutos antes de llegar a la localidad de Warnes proveniente de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

Figura 2.21: Planta Termoeléctrica de Warnes



Fuente: Google Earth, 2023

2.2.1.1. Componentes de la planta Termoeléctrica de Warnes

La Termoeléctrica de Ciclo Combinado Warnes consta de:

- 4 bloques de generación bajo la configuración 2x1 (2 TG SGT-800 y 1 TV SST-400) marca SIEMENS cada uno con una capacidad nominal de 40 MW.
- 1 termo generador marca SIEMENS.
- Subestación eléctrica con 13 transformadores de 50 MVA de potencia cada uno.
- Gasoducto para suministro de gas a la planta.
- Área residencial.

Figura 2.22: Vista Lateral de la Termoeléctrica de Warnes



Fuente: (ENDE ANDINA, 2023)

Figura 2.23: Turbinas de la Termoeléctrica de Warnes



Fuente: (ENDE ANDINA, 2023)

Figura 2.24: Vista de la Subestación



Fuente: (ENDE ANDINA, 2023)

2.2.1.2. Parámetros operativos de la Termoeléctrica de Warnes

La actual Planta Termoeléctrica de Warnes suministra potencia y energía eléctrica al Sistema Interconectado Nacional (SIN) a través de cinco turbinas SGT-800, marca SIEMES, (40 MW cada una), una subestación elevadora de 230 KV y un consumo de gas estimado en 40 MMPCD. El proyecto consiste en un cierre de ciclo de estos dos módulos de 2,5GT/módulo con 2HRSG+1ST por módulo y añadiendo 2 módulos de un 2GT+1ST+2HRSG, obteniendo una potencia de 373 MWe. Tecnología de enfriamiento en seco utilizada.

2.2.2. Descripción de la conexión de aducción de agua

La planta cuenta con bombas sumergibles para la extracción de agua, los cuales se sitúan en el subsuelo.

Figura 2.25: Pozo para la Extracción de Agua



Fuente: (Ticona, 2023)

Figura 2.26: Valvulería en el Ramal de Explotación de Agua

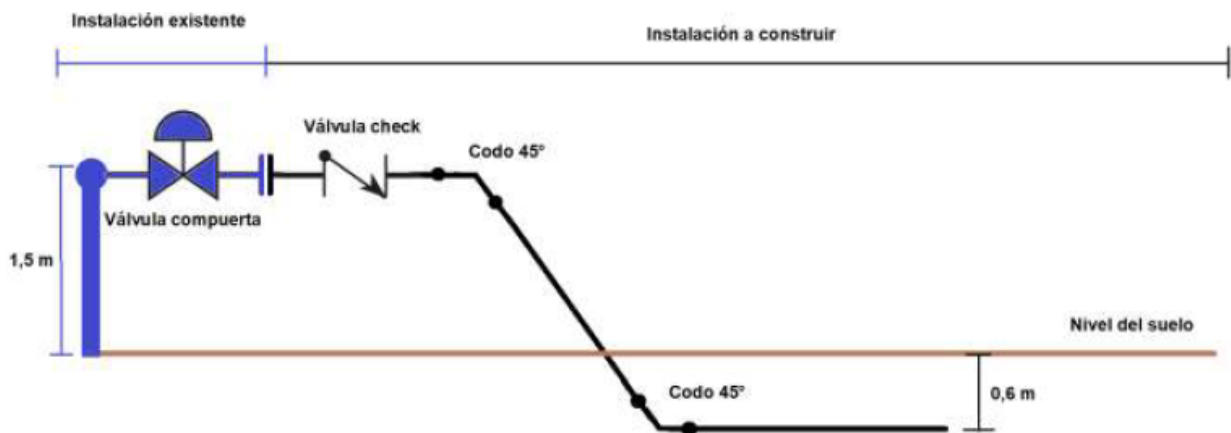


Fuente: (Ticona, 2023)

La toma de aducción cuenta con las siguientes características:

- Válvula de compuerta.
- Válvula ckeck de diámetro = 180 mm.
- Se cuenta con tubería de HDPE empalmada a tuberías de acero al carbono con bridas de 180 mm.
- Se cuenta con 2 codos de 45 grados para cambiar la dirección de la tubería, de modo que la nueva línea este enterrada.

Figura 2.27: Esquema Superficial del Pozo Superficial



Fuente: (ENDE ANDINA, 2022)

2.2.3. Descripción de la laguna de almacenamiento de agua

La laguna de almacenamiento de agua cuenta con las siguientes características:

- **Superficie:** 8.227,00 m²
- **Volumen:** 24.681,00 m³
- **Tipo:** Abierto

Figura 2.28: Vista de la Laguna de Almacenamiento de Agua



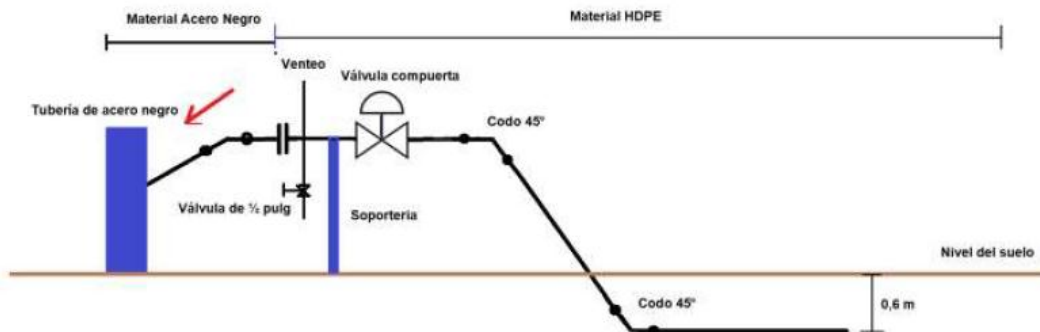
Fuente: Google Earth, 2023

2.2.4. Descripción del tramo de ingreso a la torre de enfriamiento

La toma de descarga cuenta con las siguientes características:

- Tubería con codos de 45°, sacar la tubería a 1,5 m de altura, donde se coloca una válvula check y un venteo.
- Se cuenta con un empalme de la tubería de acero al carbono con la tubería de HDPE.
- Se cuenta con una purga del mismo diámetro de la tubería (180 mm), donde también se sitúa una válvula mariposa.

Figura 2.29: Esquema Superficial del Ingreso a la Torre de Enfriamiento



Fuente: (ENDE ANDINA, 2022)

Figura 2.30: Vista del Tramo de Ingreso a la Torre de Enfriamiento



Fuente: (Ticona, 2023)

2.2.5. Diagnóstico

Con una inversión de 468 millones de dólares, la termoeléctrica de Warnes incrementó su potencia energética de 200 a 520 megavatios (MW) gracias al proyecto ciclos combinados. La inauguración de esta nueva industria, instalada en el Parque Industrial Latinoamericano de Warnes, se la desarrollo el año 2019 en presencia de autoridades nacionales, departamentales, locales, ejecutivos de la Confederación de Empresarios Privados de Bolivia.

De acuerdo con datos de la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), el proyecto ciclos combinados de la Planta Termoeléctrica Warnes, incrementó la generación eléctrica en 320 MW adicionales a los 200 MW implementados en 2015. Para ello se instalaron cuatro turbinas a gas y cuatro a vapor para completar dos bloques de ciclos combinados que garantizan la oferta eléctrica.

En la actualidad, a partir del año 2019, se adicionaron 1.131 MW de energía al Sistema Interconectado Nacional (SIN), con lo que la oferta a nivel nacional es de 3.280 MW, el doble de la demanda interna, que bordea los 1.600 MW.

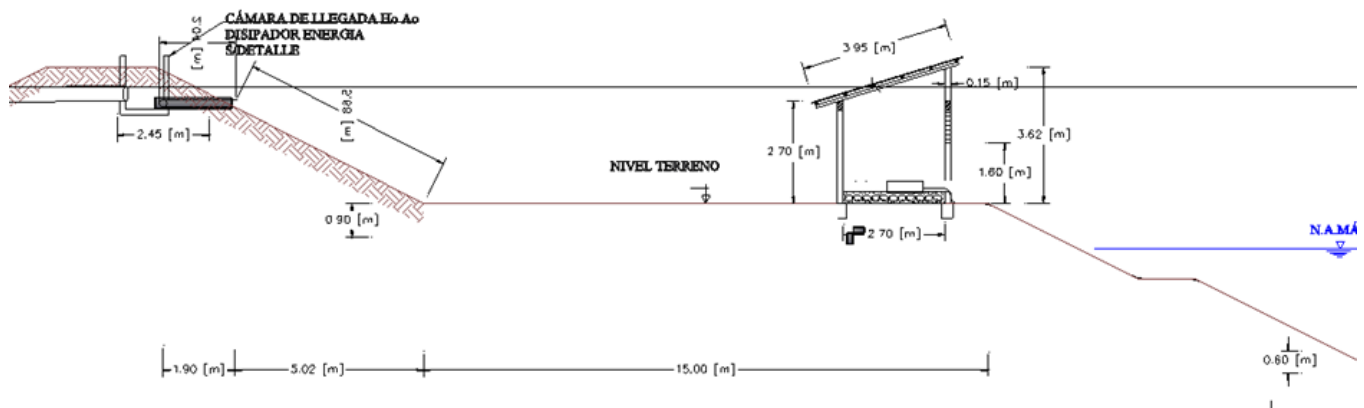
2.3. INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.3.1. Esquema de la nueva instalación propuesta

Tomando en cuenta la diferencia de cotas que existe entre la laguna de almacenamiento de agua, se propone el colocados de una caseta de bombeo, donde se situara un sistema paralelo al que se cuenta actualmente, por otro lado, la descarga de las bombas deberá coincidir en un nodo, a partir de ahí, se centralizara y dirigirá a la cámara de llegada de H°A°.

Tomando en cuenta las dimensiones del terreno, se disponen las siguientes magnitudes:

Figura 2.31: Esquema de la Instalación Propuesta



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.3.2. Selección de las Unidades de Bombeo

2.3.2.1. Determinación de los diámetros de Tuberías

- **Tubería de Succion.**

Q: 380 m³/h

Φ_d: 200 mm (Diámetro de la brida de descarga de la bomba)

A través de tablas de lectura directa de KSB (Anexo A-2), el diámetro recomendado para la línea de succión es de 12", ya que con 8" se tendrían velocidades excesivas en la misma.

Tomar en cuenta que, para esta sección, se deberá considerar una reducción de 12" x 8", que acople los diámetros característicos de tubería y cañería.

- **Tubería de Descarga**

Q: 380 m³/h

Φ_d: 150 mm (Diámetro de la brida de descarga de la bomba)

A través de tablas de lectura directa de KSB, el diámetro recomendado para la línea de descarga es de 10".

2.3.2.2. Estimación de Longitudes

Para tal efecto se elaborara una plano isometrico donde se especifique las distancias de las tuberías de succion y de descarga.

- **Tubería de Succion.**

Se considerara el tendido de tubería de un diámetro homogéneo, que se adapte a la superficie de la laguna, por otro lado, se extendera la misma hasta el NIVEL MINIMO DE AGUA, debido a que la cantidad de agua es fluctuante.

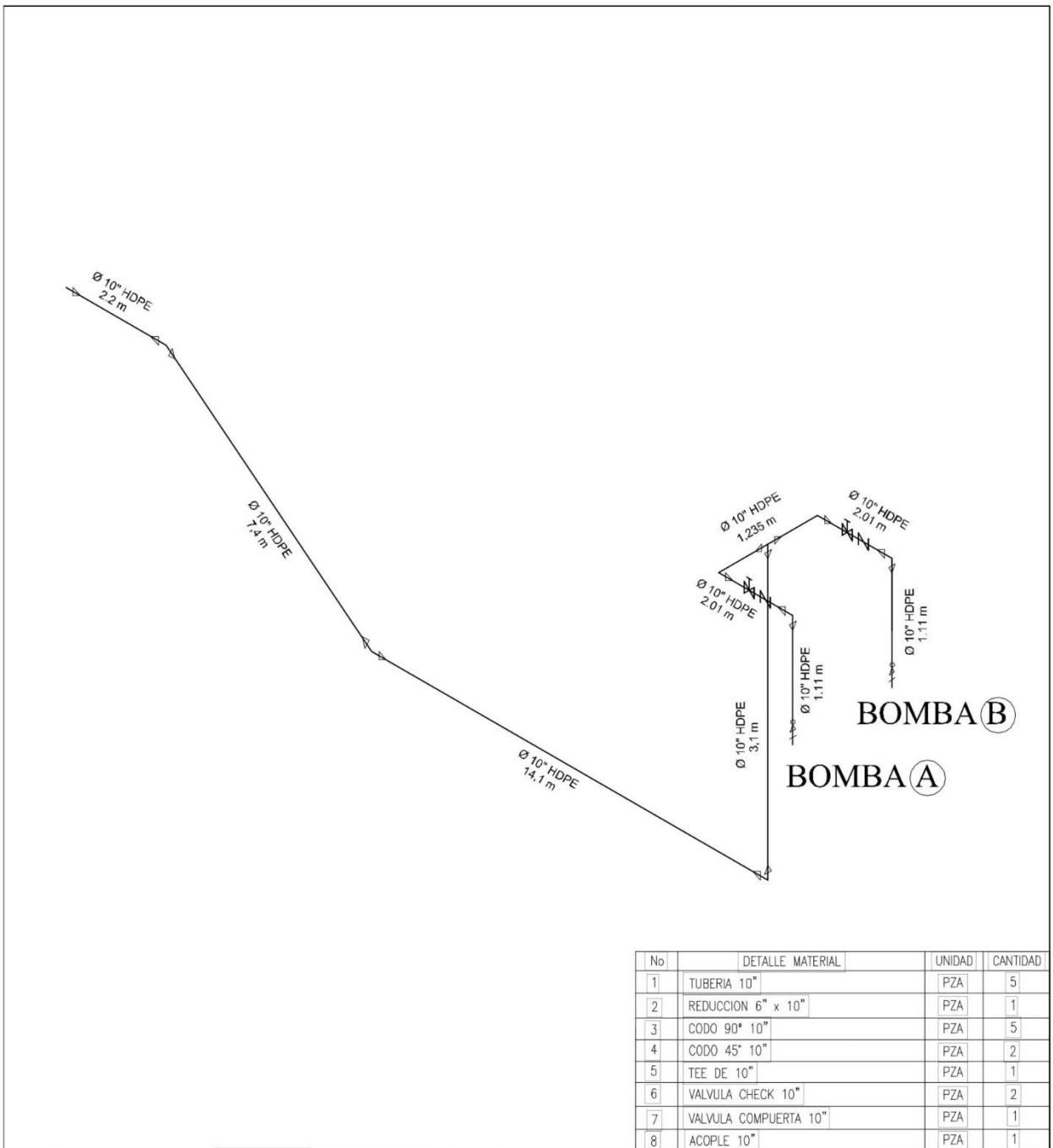
Lt = 13 m

- **Tubería de Decarga.**

Se considerara la union de tuberías de descarga proveniente de las dos bombas.

Lt = 13 m

Figura 2.32: Plano Isométrico de la instalación propuesta



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.3.2.3. Cálculo de la Perdida de Carga

- **Determinación de la pérdida de carga en la SUCCION:**

Longitud del tramo = 13 m

Desnivel de succión = 5,07 m

13 m de tubería de 12 pulg:	13 x (0.72/100)	= 0,1 m
1 reducción 12 x 8 pulg:	1 x 0.35	= 0,35 m
1 rejilla de entrada 12 pulg:	1 x 0,8	= 0,8
1 válvula de pie:	1 x 0.65	= 0,65

Perdida de carga succión = 5,07 + 0,1 + 0,25 + 0,8 + 0,65

Perdida de carga succión = 6,87 m

- **Determinación de la pérdida de carga en la DESCARGA:**

Longitud del tramo = 25 m

Desnivel de succión = 1,77 m

A través de tablas de lectura directa de KSB:

25 m de tubería de 10 pulg:	25 x (1,74/100)	= 1.275 m
1 reducción 10 x 6 pulg:	1 x 0.25	= 0,25 m
1 válvula de retención 10 pulg:	1 x 0,27	= 0,27
1 válvula de compuerta 10 pulg:	1 x 0,23	= 0,23
3 codos de 90°:	3 x 0,18	= 0,54
2 codos de 45°:	2 x 0,14	= 0,28
1 Te:	1 x 1	= 0,6

Perdida de carga descarga = 1,77 + 1,275 + 0,25 + 0,27 + 0,23 + 0,54 + 0,28 + 0,6

Perdida de carga descarga = 5,615 m

La pérdida de carga total en el sistema será:

$$\text{Pérdida de carga Total: } 6,87 + 5,615 = 12,5 \text{ m}$$

Por factores de seguridad se le asignará un Factor de respaldo del 40% que garantice el flujo de agua:

$$\text{Pérdida de carga Total: } 12,5 \cdot 1,4 = 18 \text{ m}$$

2.3.2.4. Selección de la Bomba

Con los datos descritos a continuación:

Q: 380 m³/h

H: 18 m

Tipo de fluido: Agua de pozo

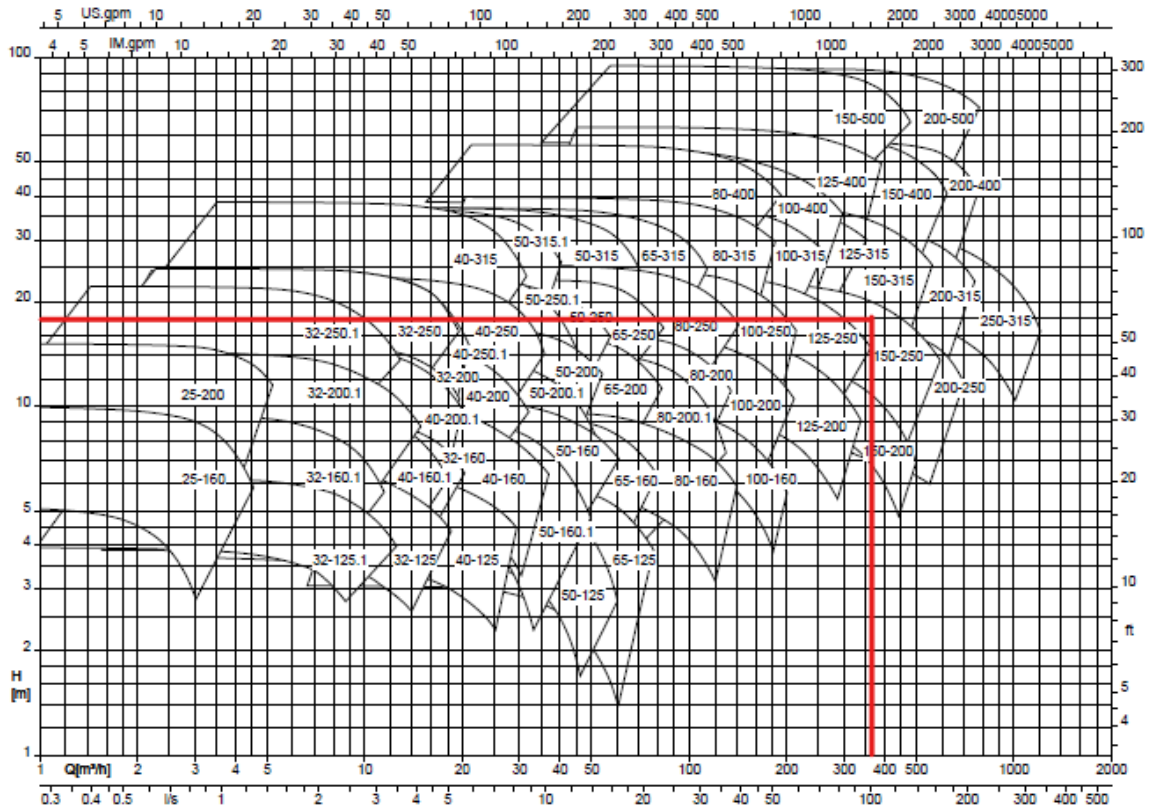
El modelo seleccionado sera:

Bomba normalizada MEGANORM

De manera inicial se seleccionara la familia de curva para 1400 rpm.

Figura 2.33: Familia de Curvas del Modelo Meganorm

MegaCPK, HPK-L, Magnochem, Magnochem-Bloc, Meganorm, Megabloc n = 1450 rpm



Fuente: (KSB , 2015)

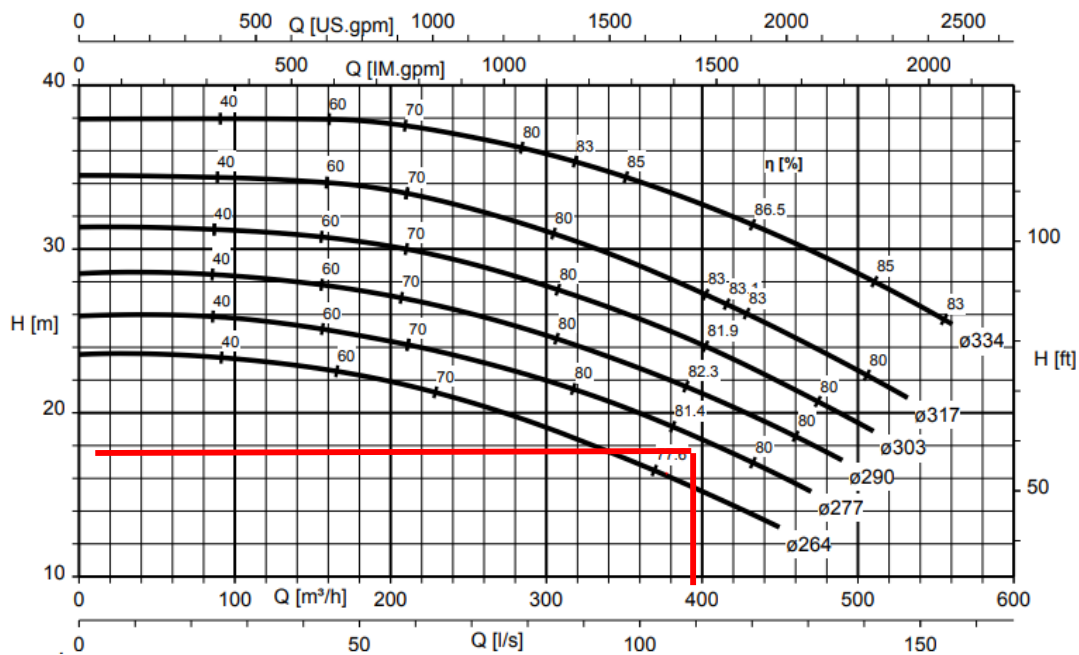
De acuerdo a familia de curvas de bombeo, el equipo que presenta mayor eficiencia es el modelo siguiente:

Modelo Meganorm 200 – 150 – 315

Figura 2.34: Curva del Modelo 200-150-315

MegaCPK 200-150-315, n = 1.450 rpm

HPK-L, Magnochem, Meganorm



Fuente: (KSB , 2015)

La eficiencia de la bomba es del 81%.

2.3.2.5. Potencia del Motor

Calculando la potencia absorbida de la bomba y con ayuda de una tabla en excel, se tiene:

Tabla 2.3: Calculo de la Potencia del Motor

POTENCIA DEL MOTOR			
Altura	H	18	Mca
Caudal	Q	380	m ³ /h
Eficiencia	n	80	%
Peso especifico	□	1	
Potencia	Pot	31,67	HP

Fuente: Elaboración propia, 2023

Por ende la potencia comercial para la bomba sera:

Pot.: 40 HP

2.3.2.6. Detalles constructivos de la Bomba

Tomando en cuenta la calidad del agua de pozo de la localidad de Warnes como referencia:

Tabla 2.4: Calidad del Agua de Pozo de la Localidad de Warnes

PARAMETRO	MAXIMO	MINIMO	MEDIANA
Ph	8,6	7,8	8,3
Conductividad especifica, μ s/cm	1189	313,1	624,5
Bicarbonatos, mg-CaCO ₃ /L	275,6	128	148,9
Cloruros, mg/L	8,4	1,1	2,8
Fluoruros, mg/L	6,4	2,1	3,1
Sulfatos, mg/L	21,2	0,1	11,7
Fosfatos, mg/L	0,6	0,13	0,13
Nitratos, mg/L	1,3	0,1	0,3
Calcio, mg/L	11	1,8	6,2
Magnesio, mg/L	3,7	0,7	1
Sodio, mg/L	150	61	75,4
Potasio, mg/L	2	0,9	1,3

Fuente: (INDUSTRIAS VENADO S.A., 2022)

Conclusion: Los parámetros medidos en campo mostraron valores de pH ligeramente alcalinos, comprendidos entre 7,8 y 8,6 con una mediana de 8,3. La conductividad eléctrica varió en un amplio rango desde los 313,1 hasta los 1189 μ S/cm y una mediana igual a 624,5 μ S/cm. La concentración de F⁻ en todas las muestras es muy elevada de 2,1 hasta los 6,4 mg/L, superando en todas las muestras el límite permisible de 1,5 mg/L establecido por las guías de la OMS y la norma boliviana NB 512 para agua potable

Por lo mencionado anteriormente:

Impulsor: Hierro Fundido.

Tipo de Cierre: Prensaestopa.

2.3.3. Provision y Tendido de Tuberías de HDPE

El propuesto contara con las siguientes características:

- **Selección de la Tubería de HDPE**

El tipo de tubería seleccionada sera la siguiente:

Tubería DUCTENO® HDPE

Debido a la disposicion de los diametros disponibles en el mercado, se hara uso de tuberías de aplicación Industrial con proteccion UV para la exposicion a la intemperie. Las tuberías HDPE se seleccionan por la presion nominal de trabajo, por ende, según la **FICHA TECNICA DE LA BOMBA**, la presion de descarga en bares es de:

P_{desc} : 1,77 bar

El PN de la tubería seleccionada sera de:

PN: 3,2 bar

La tubería seleccionada puede soportar presiones de hasta 3,2 bar

Tabla 2.5: Tipos de Tubería de HDPE

Diámetro Nominal mm DN min.	Diámetro Equiv. en Pulg.	Toleran. mm DN máx	PN 3,2 SDR 41				PN 4 SDR 33				PN 5 SDR 26				PN 6 SDR 21				PN 8 SDR 17			
			e min. mm	e máx mm	e medio mm	Peso medio kg/mt	e min. mm	e máx mm	e medio mm	Peso medio kg/mt	e min. mm	e máx mm	e medio mm	Peso medio kg/mt	e min. mm	e máx mm	e medio mm	Peso medio kg/mt	e min. mm	e máx mm	e medio mm	Peso medio kg/mt
125.0	5	126.2	3.1	3.6	3.4	1.25	3.9	4.5	4.2	1.53	4.80	5.40	5.10	1.81	6.0	6.7	6.4	2.23	7.4	8.3	7.9	2.727
140.0	5 1/2	141.3	3.5	4.1	3.8	1.56	4.3	4.9	4.6	1.90	5.40	6.10	5.75	2.29	6.7	7.5	7.1	2.80	8.3	9.3	8.8	3.424
160.0	6	161.5	4.0	4.6	4.3	2.02	4.9	5.6	5.2	2.47	6.20	7.00	6.60	3.00	7.7	8.6	8.2	3.67	9.5	10.6	10.1	4.469
180.0	7	181.7	4.4	5.0	4.7	2.51	5.5	6.3	5.9	3.12	6.90	7.70	7.30	3.74	8.6	9.6	9.1	4.61	10.7	11.9	11.3	5.653
200.0	8	201.8	4.9	5.6	5.2	3.11	6.2	7.0	6.6	3.90	7.70	8.60	8.15	4.64	9.6	10.7	10.2	5.71	11.9	13.2	12.6	6.977
225.0	9	227.1	5.5	6.3	5.9	3.93	6.9	7.8	7.3	4.89	8.60	9.60	9.10	5.83	10.8	12.0	11.4	7.22	13.4	14.9	14.2	8.848
250.0	10	252.3	6.2	7.0	6.6	4.91	7.7	8.7	8.2	6.05	9.60	10.70	10.15	7.22	11.9	13.2	12.6	8.84	14.8	16.4	15.6	10.844
280.0	11	282.6	6.9	7.8	7.3	6.12	8.6	9.7	9.1	7.55	10.70	11.90	11.30	9.00	13.4	14.9	14.2	11.16	16.6	18.4	17.5	13.624
315.0	12	317.9	7.7	8.6	8.2	7.42	9.7	10.8	10.3	9.31	12.10	13.50	12.80	11.47	15.0	16.6	15.8	14.02	18.7	20.7	19.7	17.253
355.0	13	358.2	8.7	9.7	9.2	9.43	10.9	12.1	11.5	11.72	13.60	15.10	14.35	14.50	16.9	18.7	17.8	17.80	21.1	23.4	22.3	21.957
400.0	16	403.6	9.8	10.9	10.4	11.96	12.3	13.7	13.0	14.92	15.30	17.00	16.15	18.38	19.1	21.2	20.2	22.70	23.7	26.2	25.0	27.751
450.0	18	454.1	11.0	12.2	11.6	15.08	13.8	15.3	14.6	18.79	17.20	19.10	18.15	23.25	21.5	23.8	22.7	28.71	26.7	29.5	28.1	35.159
500.0	20	504.5	12.3	13.7	13.0	18.78	15.3	17.0	16.2	23.17	19.10	21.20	20.15	28.68	23.9	26.4	25.2	35.42	29.7	32.8	31.3	43.442
560.0	22	565.0	13.7	15.2	14.5	23.38	17.2	19.1	18.2	29.17	21.40	23.70	22.55	35.94	26.7	29.5	28.1	44.33	33.2	36.7	35.0	54.422
630.0	24	635.7	15.4	17.1	16.3	29.58	19.3	21.4	20.4	36.79	24.10	26.70	25.40	45.54	30.0	33.1	31.6	56.00	37.4	41.3	39.4	68.928
710.0	28	716.4	17.4	19.3	18.4	37.64	21.8	24.1	23.0	46.76	27.20	30.10	28.65	57.89	33.9	37.4	35.7	71.30	42.1	46.5	44.3	87.459

Fuente: (PLASTITALIA, 2021)

- **Tendido de Tubería HDPE**

Para el desarrollo del presente ítem se considerarán precios globales consultados con un proveedor local, los cuales incluyen: mano de obra, equipos para la unión (termofusión), transporte, etc.

- **Cantidad de Tubería HDPE**

Según catálogo del fabricante, para diámetros superiores a 160 mm, la presentación viene en rollos de **11,18 m.** de longitud.

Tramo de Succion

Longitud de succion = 13 m → Numero de piezas = 2

Tramo de Descarga

Longitud de descarga = 25 m → Numero de piezas = 3

2.3.4. Selección del flujometro

Según la tabla descrita a continuación proporcionado por el fabricante SIEMENS, se dara inicio al tipo de flujometro:

Tabla 2.6: Selección del Flujómetro 1

Principio de medición	Electromagnético	Coriolis	Ultrasónico (en línea)	Ultrasónico (no intrusivo)	Vórtex	Rotámetros	Placa de orificio
Fluido	Líquido (conductor)	Líquido o gas	Líquido	Líquido o gas	Vapor de agua/vapor, gases, líquido	Líquido o gas	Líquido, vapor, gas
Diámetro nominal	DN 2 ... 2000 (0.08" ... 78")	1,5 ... 150 mm (0.06" ... 6")	DN 50 ... 3000 (2" ... 120")	6,4 mm ... 9,14 m (0.25" ... 360")	DN 15 ... 300 (½" ... 12")	DN 10 ... 100 (0.4" ... 4") G½" ... G3"	DN 10 ... 1000 (0.4" ... 40")
Rango de temperatura °C (°F)	-40 ... +200 (-40 ... +392)	-50 ... +180 (-58 ... 356)	-20 ... +200 (-4 ... +392)	-40 ... +120 (-40 ... +248)	-40 ... +240 (-40 ... +464)	-20 ... +300 (-4 ... +572)	-200 ... +500 (-328 ... +932)
Presión máx. bar (psi)	160 (2 320), superior a petición	Hasta 410 (hasta 5 950)	40 (580) opcionalmente 160 (2 320)	ilimitado	100 (1 450)	100 (1 450)	315 (4 569)
Precisión %	± 0,25 o ± 0,4	± 0,1 ó ± 0,15	± 0,5 ... ± 2	0,5 ... 1,0 % del caudal, para velocidades superiores a 0,3 m/s (1 ft/s)	± 0,75 ... ± 1	± 1,6 ... ± 2	± 0,5 ... ± 2
Repetibilidad %	0,1 / 0,2	0,05	0,25	0,15% del caudal, para velocidades superiores a 0,3 m/s (1 ft/s)	0,1	0,5	0,5
Rango dinámico	1:100	1:100	1:100	1:100	1:25	1:10	1:6
Valor de escala inicial m/s (ft/s)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0,4 (1.31) 2,0 (6.56)	0,2 (0.66)	Re > 500
Fondo de escala				± 36/120			Re < 10 ⁸
• En líquidos m/s (ft/s)	0,25 ... 10 (0.825 ... 32.8)	10 (32.8)	10 (32.8)	± 12/40	10 (32.8)	3,5 (11.4)	3 (9.8)
• Con vapor de agua/vapor, gases m/s (ft/s)		Aprox. 300 (1000)		± 12/40	80 (262.5)	60 (197)	50/25 (164/82)

Fuente: (SIEMENS, 2018)

Tomando en cuenta los siguientes puntos.



- ¿Cual es el Tipo de fluido? Resp. Líquido
- ¿Se usa para altas purezas? Resp. No
- ¿Se trabajaran con particulas solidas? Resp. No
- ¿Diametro mayor a 3 pulg? Resp. Si
- ¿Influye la Temperatura? Resp. No
- ¿Es fluido viscoso? Resp. No
- ¿Influye el presupuesto? Resp. No

Por ende, el tipo de flujometro seleccionado sera del Tipo **ELECTROMAGNETICO**.

Para la selección del modelo adecuado, se tomara en cuenta las siguientes consideraciones:

Tabla 2.7: Selección del Modelo del Fluómetro

Consulte nuestro selector de productos en internet, pues algunos productos pueden presentar restricciones en ciertas características:
www.pia-selector.automation.siemens.com

	MAG 1100	MAG 1100 HT	MAG 1100 F	MAG 3100	MAG 3100 HT	MAG 3100 P	MAG 5100 W	911/E	MAG 8000/ MAG 8000 CT	MAG 8000 Irrigación	
	7ME6110	7ME6120	7ME6140	7ME6310	7ME6320	7ME6340	7ME6520	7ME6580	7ME5610	7ME6810 7ME6820	7ME6880
Sector industrial											
Aguas y aguas residuales	XX			XX		X	XXX	XXX	X	XXX ¹⁾	XXX ¹⁾
Química	XXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	X	X		X	
Industria farmacéutica	XX	XX	XXX	XX	XX	XX	X	X		X	
Industria de alimentos y bebidas	XX		XXX	X	X	X	X	X		X	
Minería, áridos, cemento	XX			XXX			X	X	XXX	X	
Petroquímica	XX	X		XX	X	XX	X	X		X	
Otros	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XXX	X	
Diseño											
Compacto	•		•	•	•	•	•	•		•	•
Separado	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Campo continuo (DC)	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
Campo alterno (AC)									•		
Campo continuo, servicio por batería (DC)										•	•

Fuente: (SIEMENS, 2018)

Selección del tamaño adecuado:

Tabla 2.8: Selección del Diámetro del Flujómetro

Tamaño																				
DN 2 (1/2")	•																			
DN 3 (1/8")	•																			
DN 6 (1/4")	•																			
DN 10 (3/8")	•			•																
DN 15 (1/2")	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 25 (1")	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 32 (1 1/4")				• ²⁾																
DN 40 (1 1/2")	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 50 (2")	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 65 (2 1/2")	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 80 (3")	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 100 (4")	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 125 (5")				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 150 (6")				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 200 (8")				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 250 (10")				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 300 (12")				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 350 (14")				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 400 (16")				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 450 (18")				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
DN 500 (20")				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Fuente: (SIEMENS, 2018)

Tomando en cuenta la presión de servicio:

Tabla 2.9: Selección de la Presión de OP del Flujómetro

Presión nominal ¹⁾																				
PN 6				•																
PN 10				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
PN 16	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
PN 25				•	•															
PN 40	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
PN 63				•																
PN 100				•																

Fuente: (SIEMENS, 2018)

Flujometro seleccionado:

SIEMENS MAG 3100

2.3.5. Obras Eléctricas

- **Selección del variador de frecuencia:**

Tomando en cuenta las características de los motores:

ítem	Descripción	Cantidad	Potencia
1	Variador de frecuencia 380 vol 50 hz	1	40 hp

Variador de Frecuencia seleccionado:

PumpDrive R (Proteccion IP 20, Chasis NEMA)

Se tomara en cuenta que el variador seleccionado tiene proteccion IP 20 debido a que se situara dentro de un armario de distribucion.

- **Construccion del Armario de Control:**

La cnotruccion del armario y/o gabinete, tendra las siguientes características:

- Gabinete metálico IP66 de 60 x 200 x 40 cm (Ancho x Alto x Prof.) marca Rittal
- Proteccion con termomagnetico principal según el siguiente detalle, marca Eaton
- Motor trifasico de 40HP: 3x32A
- Protección por guardamotor para el motor eléctrico, marca Eaton
Motor trifasico de 40HP: 16-20A
- Contactor para accionamiento marca Eaton
Motor trifasico de 40HP: 25 A en AC-3
- Pulsadores de arranque y parada marca Eaton
- Lampara de señalizacion de falla marca Eaton
- Rele falta de fase marca Coel
- Relé de nivel marca Coel
- Temporizador marca Coel
- Flotadores o electrodos para relé de nivel según requerimiento

2.3.6. Estimación de costos del proyecto

El cálculo del costo del presente proyecto será desglosado de la siguiente manera:

- **Costos de las obras civiles**

Tabla 2.10: Costos de Construcción del Proyecto Propuesto

ITEM	Descripción del ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unit. USD	Precio Total Bs	Precio Total USD
1	Construcción de la caseta de Bombeo	GBL	1	4.550,70	31.672,8	4.550,70
2	Construcción de la cámara de regulación	GBL	1	218,45	1,520,39	218,45
3	Cavado de zanjas	m ³	GBL	49,1	342,00	49,1
4	Rellenado y compactado manual	m ³	GBL	24,5	171,00	24,5
				Total, dólares	4.842,75	
				Total, bolivianos	33.705,54	
				Tipo de cambio 1USD	6,96	
Son:	CUATRO MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y DOS 75/100 DÓLARES AMERICANOS					

Fuente: Elaboración propia, 2023

- **Costos de las obras mecánicas**

Tabla 2.11: Costos de la Instalación Mecánica

ITEM	Descripción del ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unit. USD	Precio Total Bs	Precio Total USD	
1	Provisión de dos Unidades de Bombeo Meganorm 200-150-315 GG PR CM + Motor 40 HP, 2P + Acople + Base estructural	GBL	2	13.757,00	191.497,44	27.514,00	
2	Válvula de Compuerta 10" #150	pza	2	2328	32.405,76	4.656,00	
3	Válvula Check 10" #150	pza	2	6980	97.161,60	13.960,00	
4	Adaptador Brida para HDPE, 10"	pza	4	650	18.096,00	2.600,00	
4	Reducción 12" x 8"	pza	2	1490	20.740,80	2.980,00	
5	Reducción 10" x 6"	pza	2	1256	17.483,52	2.512,00	
5	Provisión de Tubería de Succión de 12"	m	22	60	9.187,20	1.320,00	
6	Provisión de Tubería de Succión de 10"	m	33	50	11.484,00	1.650,00	
7	Codo de 90° HDPE, 10"	pza	5	1.301,00	45.274,80	6.505,00	
8	Codo de 45° HDPE, 10"	pza	2	1.301,00	18.109,92	2.602,00	
9	Te HDPE, 10"	pza	1	907	6.312,72	907,00	
Observaciones:					Total, dólares	67.206,00	
					Total, bolivianos	467.753,76	
					Tipo de cambio 1USD	6,96	
Son:	SESENTA Y SIETE MIL DOSCIENTOS SEIS 00/100 DÓLARES AMERICANOS						

Fuente: Elaboración propia, 2023

- **Costos del montaje mecánico**

Tabla 2.12: Costos por el Prefabricado de Tuberías

ITEM	Descripción del ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unit. USD	Precio Total Bs	Precio Total USD
1	Trabajos en taller para el prefabricado de piezas	GBL	1	195,00	1.357,2	195,00
2	Montaje del sistema de tuberías y colocado de accesorios.	GBL	1	574,00	3.990,00	574,00
Observaciones:				Total, dólares		769,00
				Total, bolivianos		3.990,00
				Tipo de cambio 1USD		6,96
Son:	SETECIENTOS SESENTA Y NUEVE 00/100 DÓLARES AMERICANOS					

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Costos del tablero de control y variador de frecuencia**

Tabla 2.13: Costos por Equipos de Control

ITEM	Descripción del ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unit. USD	Precio Total Bs	Precio Total USD
1	Provisión del Variador de Frecuencia	GBL	1	3.532,00	24.582,72	3.532,00
2	Provisión del Gabinete de control	GBL	1	3.400,00	23.664,00	4.448,00
Observaciones:				Total, dólares		7.980,00
				Total, bolivianos		55.540,8
				Tipo de cambio 1USD		6,96
Son:	SIETE MIL NOVECIENTOS OCHENTA 00/100 DÓLARES AMERICANOS					

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Costos del armado de tableros eléctricos**

Tabla 2.14: Costos por Servicios Eléctricos

ITEM	Descripción del ITEM	Unidad	Cantidad	Precio Unit. USD	Precio Total Bs	Precio Total USD
1	Puesta en marcha de las unidades de Bombeo.	GBL	1	1.023,00	7.120,08	1.023,00
2	Servicios de ingeniería para la construcción del Gabinete Eléctrico.	GBL	1	818,00	5.693,28,00	818,00
Observaciones:				Total, dólares		1.841,00
				Total, bolivianos		12.813,36
				Tipo de cambio 1USD		6,96
Son:	MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y UNO 00/100 DÓLARES AMERICANOS					

Fuente: Elaboración propia, 2023.

$$\text{Costo Total (USD)} = 4.842,75 + 67.206,00 + 769,00 + 7.980,00 + 1.841,00$$

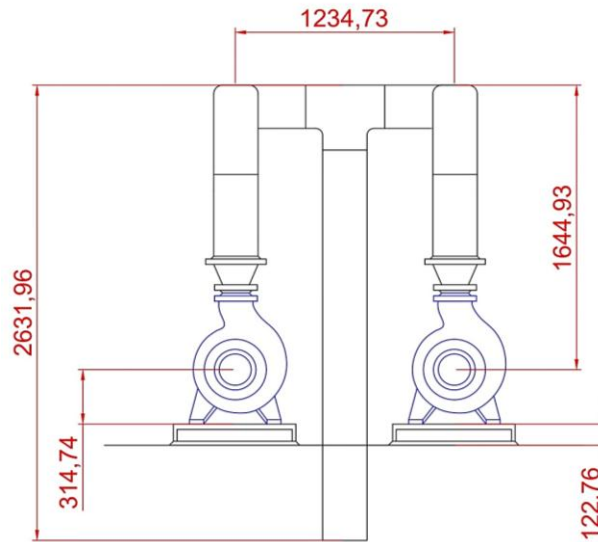
$$\text{Costo Total (USD)} = 92.638,00$$

2.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.4.1. Análisis de resultados

De acuerdo a la pérdida de carga calculada, se determinó que las unidades de bombeo seleccionadas serán del mismo fabricante con el que se cuenta en la actualidad, y la disposición en la sala de bombas, tomando en cuenta las dimensiones detalladas en el catálogo del fabricante (Anexo A-3) son las siguientes:

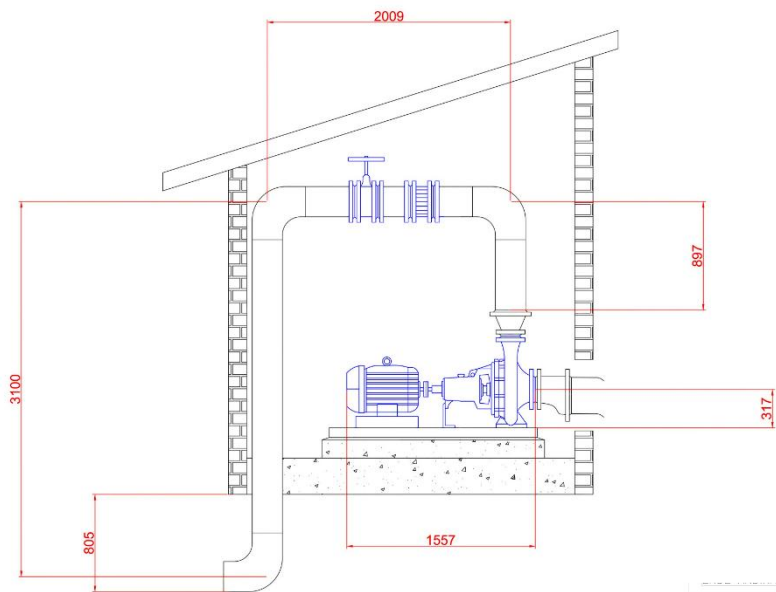
Figura 2.35: Disposición de las Bombas a Instalar



Fuente: Elaboración propia, 2023

En lo que refiere a las dimensiones del cárcamo de bombeo, estos se ajustan de manera óptima a lo desarrollado tomando en cuenta las dimensiones de las bombas descritas líneas arriba.

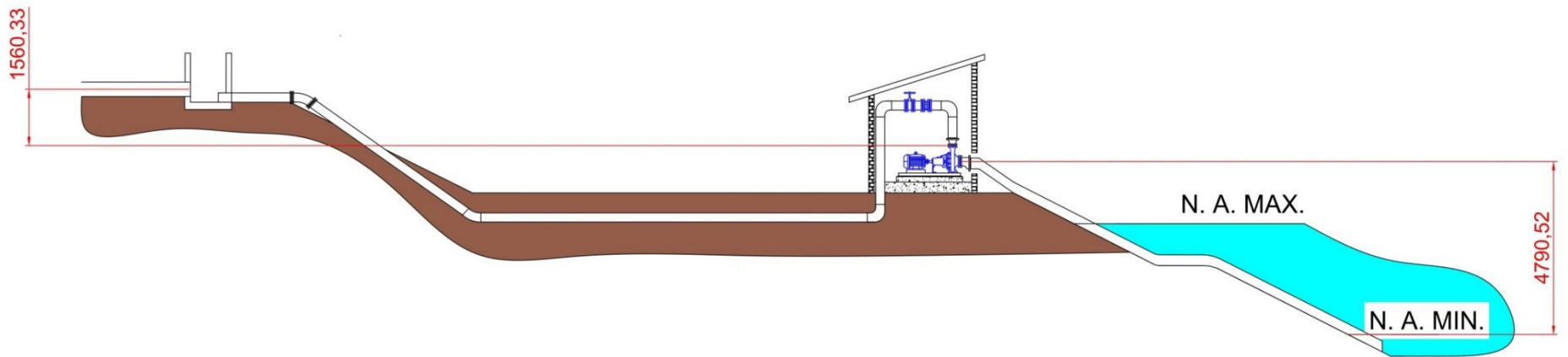
Figura 2.36: Esquema Final de las Bombas en la Caseta de bombeo



Fuente: Elaboración propia, 2023

Finalmente, el esquema final de la instalación se lo detalla en la siguiente figura:

Figura 2.37: Esquema Final de la Instalación



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.4.2. Discusión de resultados

La presente investigación se destaca debido a la aplicación importante que se desarrolla en un contexto donde la planta termoeléctrica requiere incrementar los caudales de agua para el sistema de enfriamiento. En lo que respecta al trabajo descrito sobre el diseño de ductos para la climatización en un invernadero, solo se limitaron a diseñar dicha red cuando ya existía una fuente de suministro de energía, es decir, ya se contaba con bombas centrifugas de capacidad media. Por otro lado, en lo que respecta al segundo trabajo, sobre el diseño de ducto de transporte de agua para la zona minera del cauca, en este caso se usó como fuente motriz del agua la fuerza de gravedad, producto de tanques de almacenamiento con los que ya se contaba anteriormente.

En conclusión, el presente trabajo desarrolló un sistema de trasvase de agua de pozo, por lo tanto, implicó la selección de bombas, tuberías de succión y descarga, equipos para la medición de flujo y el tablero de control.

2.5. CONCLUSIONES

<p>Elaborar un diagnóstico del actual sistema de transporte de agua con el que cuenta la planta Termoeléctrica de Warnes.</p>	<ul style="list-style-type: none">• La termoeléctrica de Warnes en la actualidad presentó un incremento en la capacidad de generación de energía, en la cual la potencia generada se expandió de 200 a 520 megavatios (MW)• En lo que respecta al sistema actual de abastecimiento de agua, inicialmente se diseñó el sistema de trasvase para despachar 380 m³/h, realizando configuraciones en paralelo de las bombas, solamente se logró incrementar a 500 m³/h, siendo el caudal requerido 700 m³/h.
<p>Elaborar un esquema inicial sobre el requerimiento del presente proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Se elaboró un esquema para la nueva distribución de agua, el cual consiste en uno similar al que actualmente cuentan en la planta termoeléctrica de Warnes.
<p>Realizar el cálculo de la pérdida de carga en los tramos de succión y descarga</p>	<ul style="list-style-type: none">• Mediante la trayectoria realizada en los tramos de succión y descarga del sistema de transporte propuesto, se calculó que la bomba deberá vencer una contrapresión de 18 mca, lo cual se considera de bajo valor, por ende, se tomó en cuenta una velocidad de rotación de 1450 rpm en las bombas seleccionadas.

<p>Seleccionar las bombas para garantizar el trasvase de agua requerido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tomando en cuenta la pérdida de carga a vencer y el caudal requerido, se seleccionó un par de bombas de la marca KSB, modelo Meganorm 200 – 150 – 315, con este modelo se garantiza que se cumpliría los 700 m³/h venciendo los 18 mca de pérdida de presión requerida.
<p>Estimar el costo de inversión del presente proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se calculó que el proyecto propuesto tendría un valor aproximado de 92.638,00 USD, donde se toma en cuenta la provisión de materiales y equipos con su respectiva instalación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CRE. (2022). *SISTEMAS DE GENERACION DE ENERGÍA*. SANTA CRUZ DE LA SIERRA: CRE.
- E. Luna, M. (3 de Julio de 2006). Guia para la Seleccin de Válvulas de Retención.
- ELECTRORED. (2021). *AUTOMATIZACION DE BOMBAS CENTRIFUGAS*. BOGOTA: ELECTRORED.
- ENDE ANDINA. (2022). *INFORME DE PARO DE PLANTA*. SANTA CRUZ: ENDE CORPORACION.
- ENDE ANDINA. (2023). *INFORME DE OPERACIONES* . Santa Cruz - Bolivia: ENDE CORPORACION.
- INDUSTRIAS VENADO S.A. (2022). *INFORME DE LA CALIDAD DEL AGUA DE POZO*. WARNES.
- KSB . (2002). *SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE BOMBAS CENTRIFUGAS*. Buenos Aires - Argentina: KSB GROUP.
- KSB . (2015). *CURVAS CARACTERISTICAS MEGA*. SANTIAGO - CHILE: KSB.
- KSB . (2022). *BOMBAS RPH*. FRANKENTHAL: KSB.
- MULTISTEEL. (2022). *CATALOGO BOMBAS RSA*. SAU PAULO: MULTISTEEL.
- Pefow Equipamientos S.A. (2005). *Manuel de Equipos Pefow*. Buenos Aires.
- PLASTITALIA. (2021). *CATALOGO DE TUBERIAS HDPE*. VENECIA - ITALIA: PLASTITALIA.
- SIEMENS. (2018). *EQUIPOS DE MEDICION DE FLUJO*. USA.
- TECNOPARADOR . (2023). *PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA*. Obtenido de <https://www.tecnoparador.es/actividades/index.html>
- Ticoná, I. J. (2023). Visita Termoelectrica de Warnes. (C. M. Florentina, Entrevistador)
- Viejo Zubicaray, M. (2001). *Bombas: Teoría, diseño y aplicaciones*. a: b.
- WEG. (2021). *MOTORES ELECTRICOS*. RIO DE JANEIRO: WEG.

ANEXOS

ANEXO A - 1

LARGO EQUIVALENTE PARA LAS PERDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS

DIAMETRO D			CODO 90° CURVA LARGA	CODO 90° CURVA MÉDIA	CODO 90° CURVA CORTA	CODO 45°	CURVA 90° R / D - 1 1/2	CURVA 90° R / D - 1	CURVA 45°	ENTRADA NORMAL	ENTRADA EXTENDIDA	VÁLVULA DE CORTE ABIERTA	VÁLVULA DE GLOBO ABIERTA	VÁLVULA DE GLOBO EN ÁNGULO ABIERTA	TEE CON PASAJE DIRECTO	TEE CON SALIDA LATERAL	TEE CON SALIDA BILATERAL	VÁLVULA DE PIE Y FILTRO	SALIDA CANALIZACIÓN	VÁLVULA DE RETENCIÓN TIPO BOLA	VÁLVULA DE RETENCIÓN TIPO CHAPALETA
	mm	pulg																			
13	½	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.1	4.9	2.6	0.3	1.0	1.0	3.6	0.4	1.1	1.6
19	¾	0.4	0.6	0.7	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.5	0.1	6.7	3.6	0.4	1.4	1.4	5.6	0.5	1.6	2.4
25	1	0.5	0.7	0.8	0.4	0.3	0.3	0.5	0.2	0.3	0.7	0.2	8.2	4.6	0.5	1.7	1.7	7.3	0.7	2.1	3.2
32	1¼	0.7	0.9	1.1	0.5	0.4	0.4	0.6	0.3	0.4	0.9	0.2	11.3	5.6	0.7	2.3	2.3	10.0	0.9	2.7	4.0
38	1½	0.9	1.1	1.3	0.6	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5	1.0	0.3	13.4	6.7	0.9	2.8	2.8	11.6	1.0	3.2	4.8
50	2	1.1	1.4	1.7	0.8	0.6	0.6	0.9	0.4	0.7	1.5	0.4	17.4	8.5	1.1	3.5	3.5	14.0	1.5	4.2	6.4
63	2½	1.3	1.7	2.0	0.9	0.8	0.8	1.0	0.5	0.9	1.9	0.4	21.0	10.0	1.3	4.3	4.3	17.0	1.9	5.2	8.1
75	3	1.6	2.1	2.5	1.2	1.0	1.0	1.3	0.6	1.1	2.2	0.5	26.0	13.0	1.6	5.2	5.2	20.0	2.2	6.3	9.7
100	4	2.1	2.8	3.4	1.3	1.3	1.3	1.6	0.7	1.6	3.2	0.7	34.0	17.0	2.1	6.7	6.7	23.0	3.2	6.4	12.9
125	5	2.7	3.7	4.2	1.9	1.6	1.6	2.1	0.9	2.0	4.0	0.9	43.0	21.0	2.7	8.4	8.4	30.0	4.0	10.4	16.1
150	6	3.4	4.3	4.9	2.3	1.9	1.9	2.5	1.1	2.5	5.0	1.1	51.0	26.0	3.4	10.0	10.0	39.0	5.0	12.5	19.3
200	8	4.3	5.5	6.4	3.0	2.4	2.4	3.3	1.5	3.5	6.0	1.4	67.0	34.0	4.3	13.0	13.0	52.0	6.0	16.0	25.0
250	10	5.5	6.7	7.9	3.8	3.0	3.0	4.1	1.8	4.5	7.5	1.7	85.0	43.0	5.5	16.0	16.0	65.0	7.5	20.0	32.0
300	12	6.1	7.9	9.5	4.6	3.6	3.6	4.8	2.2	5.5	9.0	2.1	102.0	51.0	6.1	19.0	19.0	78.0	9.0	24.0	38.0
350	14	7.3	9.5	10.5	5.3	4.4	4.4	5.4	2.5	6.2	11.0	2.4	120.0	60.0	7.3	22.0	22.0	90.0	11.0	28.0	45.0

Fuente: KSB pump, 2023

ANEXO A - 2
TABLA DE PERDIDA DE CARGA

Diámetro Nominal Vazão (m³/h)	1"					1.¼"					1.½"					2"				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	2.70	0.01	--	0.02	0.01	0.75	--	--	--	--	0.22	--	--	--	--	0.08	--	--	--	--
1.5	6.00	0.02	--	0.06	0.04	1.60	0.01	--	0.02	0.01	0.50	--	--	--	--	0.17	--	--	--	--
2	10.0	0.06	--	0.15	0.09	2.70	0.02	--	0.05	0.03	0.80	--	0.10	--	--	0.28	--	--	--	--
3	21.5	0.12	--	0.30	0.18	6.00	0.04	--	0.10	0.06	1.80	0.02	0.15	0.04	0.02	0.60	--	0.10	--	--
4	27.0	0.25	--	0.60	0.36	10.0	0.08	--	0.20	0.12	3.00	0.03	0.20	0.07	0.04	1.05	--	0.15	--	--
5	55.0	0.32	--	0.80	0.48	15.5	0.12	--	0.30	0.18	4.70	0.04	0.25	0.11	0.06	1.60	--	0.15	--	--
6	80.0	0.40	--	1.00	0.60	22.0	0.16	--	0.40	0.30	6.60	0.06	0.35	0.15	0.09	2.20	0.03	0.20	0.07	0.04
8						37.0	0.28	--	0.70	0.40	11.5	0.12	0.65	0.30	0.18	3.90	0.04	0.25	0.11	0.06
10						56.0	0.45	--	1.10	0.65	17.0	0.20	--	0.50	0.30	5.70	0.08	0.40	0.20	0.12
12											24.0	0.23	--	0.72	0.33	8.00	0.12	0.58	0.29	0.17
14											32.0	0.31	--	0.98	0.45	11.0	0.15	0.75	0.38	0.23
15											37.0	0.40	--	1.00	--	12.5	0.16	--	0.40	0.24
16											42.0	0.46	--	1.14	0.68	14.0	0.18	--	0.46	0.27
18											51.0	0.64	--	1.59	0.95	17.0	0.25	--	0.63	0.38
20											63.0	0.80	--	2.00	1.20	21.5	0.30	--	0.70	0.40
22																26.0	0.36	--	0.85	0.48
24																30.0	0.40	--	1.01	0.58
25																33.0	0.40	--	1.10	0.65
26																35.0	0.43	--	1.19	0.70
28																40.0	0.50	--	1.38	0.82
30																45.0	0.60	--	1.50	0.90
35																61.0	0.80	--	2.00	1.20
40																				
45																				
50																				
55																				
60																				
65																				
70																				
75																				
80																				
85																				
90																				
95																				
100																				
110																				
120																				
130																				
140																				
150																				
160																				
170																				
180																				
190																				
200																				
210																				
220																				
240																				
260																				
280																				
300																				
320																				
340																				
360																				
380																				
400																				
450																				
500																				
Vazão (m³/h)	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Diámetro Nominal	25 mm					32 mm					40 mm					50 mm				

Fuente: KSB pump, 2023

ANEXO A - 2

TABLA DE PERDIDA DE CARGA (continuación)

Diámetro Nominal Vazão (m³/h)	6"					8"					10"					12"				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	0.05	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	0.06	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20	0.09	--	0.10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22	0.12	--	0.12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24	0.14	--	0.14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25	0.13	--	0.15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26	0.16	--	0.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28	0.18	--	0.18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
30	0.20	--	0.20	--	--	0.05	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
35	0.24	--	0.25	--	--	0.06	--	0.10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
40	0.30	--	0.25	--	--	0.08	--	0.10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
45	0.40	--	0.30	--	--	0.10	--	0.15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
50	0.50	0.02	0.30	0.06	0.04	0.12	--	0.15	--	--	--	--	0.10	--	--	--	--	--	--	--
55	0.60	0.03	0.34	0.07	0.05	0.07	--	0.18	--	--	--	0.10	--	--	--	--	--	--	--	--
60	0.70	0.03	0.35	0.08	0.05	0.16	--	0.20	--	--	0.05	--	0.10	--	--	--	--	--	--	--
65	0.80	0.04	0.38	0.10	0.06	0.19	--	0.23	--	--	0.06	--	0.10	--	--	--	--	--	--	--
70	0.90	0.05	0.40	0.12	0.07	0.21	--	0.25	--	--	0.07	--	0.10	--	--	--	--	--	--	--
75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
80	1.20	0.06	0.45	0.15	0.09	0.27	0.02	0.30	0.06	0.03	0.09	--	0.15	--	--	--	0.10	--	--	--
85	1.30	0.07	0.48	0.17	0.10	0.32	0.02	0.33	0.07	0.04	0.11	--	0.15	--	--	--	0.10	--	--	--
90	1.40	0.07	0.50	0.19	0.11	0.35	0.03	0.35	0.07	0.04	0.12	--	0.15	--	--	--	0.10	--	--	--
95	1.60	0.08	0.53	0.20	0.12	0.39	0.03	0.38	0.08	0.05	0.13	--	0.18	--	--	--	0.13	--	--	--
100	1.80	0.09	0.55	0.21	0.12	0.42	0.03	0.40	0.08	0.05	0.14	--	0.20	--	--	--	0.15	--	--	--
110	2.30	0.11	0.60	0.26	0.15	0.48	0.04	0.43	0.09	0.06	0.18	--	0.23	--	--	--	0.15	--	--	--
120	2.50	0.12	0.65	0.30	0.18	0.60	0.04	0.45	0.10	0.06	0.20	--	0.25	--	--	0.08	--	0.15	--	--
130	2.90	0.14	--	0.38	0.22	0.70	0.05	0.48	0.13	0.08	0.24	--	0.28	--	--	0.09	--	0.18	--	--
140	3.30	0.16	--	0.40	0.25	0.80	0.06	0.50	0.1	0.09	0.26	0.02	0.30	0.06	0.04	0.10	--	0.20	--	--
150	3.70	0.20	--	0.50	0.31	0.85	0.07	0.53	0.18	0.11	0.31	0.02	0.33	0.07	0.05	0.12	--	0.23	--	--
160	4.25	0.24	--	0.60	0.36	0.95	0.08	0.55	0.20	0.12	0.34	0.03	0.35	0.08	0.05	0.13	--	0.25	--	--
170	4.90	0.26	--	0.65	0.38	1.00	0.08	0.58	0.21	0.13	0.39	0.03	0.38	0.09	0.05	0.15	--	0.28	--	--
180	5.30	0.28	--	0.70	0.40	1.25	0.09	0.60	0.22	0.13	0.42	0.04	0.40	0.10	0.06	0.17	--	0.30	--	--
190	5.90	0.30	--	0.75	0.45	1.30	0.11	0.63	0.26	0.16	0.46	0.05	0.43	0.12	0.07	0.19	--	0.33	--	--
200	6.50	0.32	--	0.80	0.50	1.50	0.12	0.65	0.30	0.18	0.50	0.05	0.45	0.13	0.08	0.20	0.02	0.35	0.06	0.04
210	7.00	0.35	--	0.86	0.56	1.60	0.13	--	0.34	0.20	0.56	0.05	0.46	0.13	0.08	0.22	0.02	0.36	0.07	0.04
220	7.50	0.40	--	0.93	0.64	1.80	0.13	--	0.36	0.22	0.60	0.06	0.48	0.13	0.09	0.24	0.03	0.37	0.08	0.05
240	8.50	0.50	--	1.10	0.78	2.30	0.14	--	0.42	0.25	0.72	0.07	0.51	0.13	0.11	0.29	0.03	0.39	0.09	0.06
260	10.0	0.62	--	1.40	0.93	2.70	0.15	--	0.46	0.27	0.84	0.08	0.55	0.14	0.12	0.34	0.04	0.41	0.11	0.07
280	12.0	0.71	--	1.70	1.10	3.20	0.19	--	0.50	0.30	0.97	0.09	0.57	0.14	0.14	0.39	0.05	0.43	0.13	0.08
300	14.0	0.80	--	2.00	1.20	3.30	0.22	--	0.55	0.33	1.10	0.10	0.60	0.15	0.15	0.45	0.06	0.45	0.15	0.09
320	15.4	--	--	--	--	3.70	0.24	--	0.65	0.39	1.22	0.12	--	0.16	0.18	0.51	0.07	0.47	0.16	0.10
340	19.5	--	--	--	--	4.40	0.27	--	0.75	0.45	1.40	0.14	--	0.18	0.21	0.58	0.07	0.50	0.18	0.11
360	--	--	--	--	--	4.60	0.32	--	0.85	0.50	1.50	0.16	--	0.20	0.24	0.65	0.08	0.65	0.20	0.13
380	--	--	--	--	--	5.10	0.37	--	0.92	0.55	1.74	0.18	--	0.23	0.27	0.72	0.09	0.67	0.22	0.14
400	--	--	--	--	--	5.80	0.40	--	1.00	0.60	1.90	0.20	--	0.25	0.30	0.80	0.10	0.70	0.25	0.15
450	--	--	--	--	--	7.00	0.60	--	1.50	0.90	2.40	0.25	--	0.30	0.36	1.00	0.12	0.80	0.30	0.18
500	--	--	--	--	--	--	0.80	--	2.00	1.20	2.90	0.30	--	0.38	0.40	1.20	0.15	0.85	0.38	0.22
Vazão (m³/h)	150 mm					200 mm					250 mm					300 mm				
Diámetro Nominal	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E

Fuente: KSB pump, 2023

ANEXO A - 3

HOJA DE DATOS BOMBA MEGANORM

Hojas de datos



Nº de posición del cliente:
 Pedido fechado:
 Doc. no.: Quick quote
 Cantidad: 1

Número: ES 8001702229
 Nº de artículo: 100
 Desede: 18/02/2022
 Página: 1 / 5

METN200-150-315 GG NP1 03004A

Versión nº.: 1

Bomba de proceso estándar Meganorm para bombeo de agua de acuerdo con EN/22858/ISO 5199.

Datos de trabajo

Caudal bombeado requerido	380,00 m³/h	Corriente volumétrica	380,41 m³/h
Altura de bombeo requerida	18,00 m	Altura de bombeo	18,04 m
Medio bombeado	agua	Eficiencia	79,5 %
	Agua limpia	Absorción de potencia	23,48 kW
Pumped medium details	No contiene sustancias químicas o mecánicas que afecten a los materiales	Velocidad de rotación de la bomba	1477 rpm
Temperatura ambiente máxima	20,0 °C	NPSH requerido	2,93 m
Temperatura ambiente mínima	20,0 °C	Presión permitida de trabajo	13,80 bar.r
Temperatura del medio a bombear	20,0 °C	Pres. descarga	1,77 bar.r
Densidad del fluido	998 kg/m³	Altura de bombeo en el punto de caudal cero	25,68 m
Viscosidad del medio a bombear	1,00 mm²/s	Índice de mínimo flujo térmico	56,50 m³/h
Máx presión de aspiración	0,00 bar.r	Mín.caudal permitido para funcionamiento estable continuo	113,00 m³/h
Rata de caudal de masa	105,46 kg/s	Mín gasto másico permitido para funcionamiento estable continuo	31,33 kg/s
Potencia máxima de curva	24,35 kW	Caudal de masa máximo admisible	128,87 kg/s
Índice de mínimo flujo de masa térmica	15,66 kg/s	Diseño	Bomba individual 1 x 100%

Ejecución

Bomba estándar	ISO 2858	Plan de estanqueidad	P1 Empaquetadura, líquido interno de cierre (Na)
Diseño	Para montaje sobre la placa de base	A liquid free of solids is assumed	
Orientación	Horizontal	Cámara de montaje de la junta	Cámara estándar de juntas con
Diam. Nominal de aspiración	NPS 8	Protección contra contactos involuntarios	
Presión nominal de aspiración	CL 125	Anillo rozante	Anillo partido
Posición de aspiración	axial	Diámetro del rodete	269,0 mm
Brida de aspiración taladrada de acuerdo con norma	ASME B 16.1	Tamaño paso libre	26,9 mm
Diám.nominal descarga	NPS 6	Dirección de rotación del arrastre	Sentido agujas del reloj
Presión nominal de descarga	CL 125	Construcción de la abrazadera de sujeción	Estándar químico económico
Posición de la tubuladura de presión	arriba (0° / 360°)	Tamaño del soporte del cojinete	CS80
Brida de descarga taladrada de acuerdo con la norma.	ASME B 16.1	Junta de cojinete	Junta de labios
Cierre del eje	Empaquetadura	Tipo de cojinete	Rodamiento
Fabricante cierre del eje	KSB	Tipo de lubricación	Aceite
Tipo cierre del eje	BU5426	Vigilancia de lubricación	Varilla de nivel de aceite
Código de material	BU5426	Color	Azul ultramarino (RAL 5002) Azul KSB

ANEXO A - 3

HOJA DE DATOS BOMBA MEGANORM (continuación)

Hoja de curvas



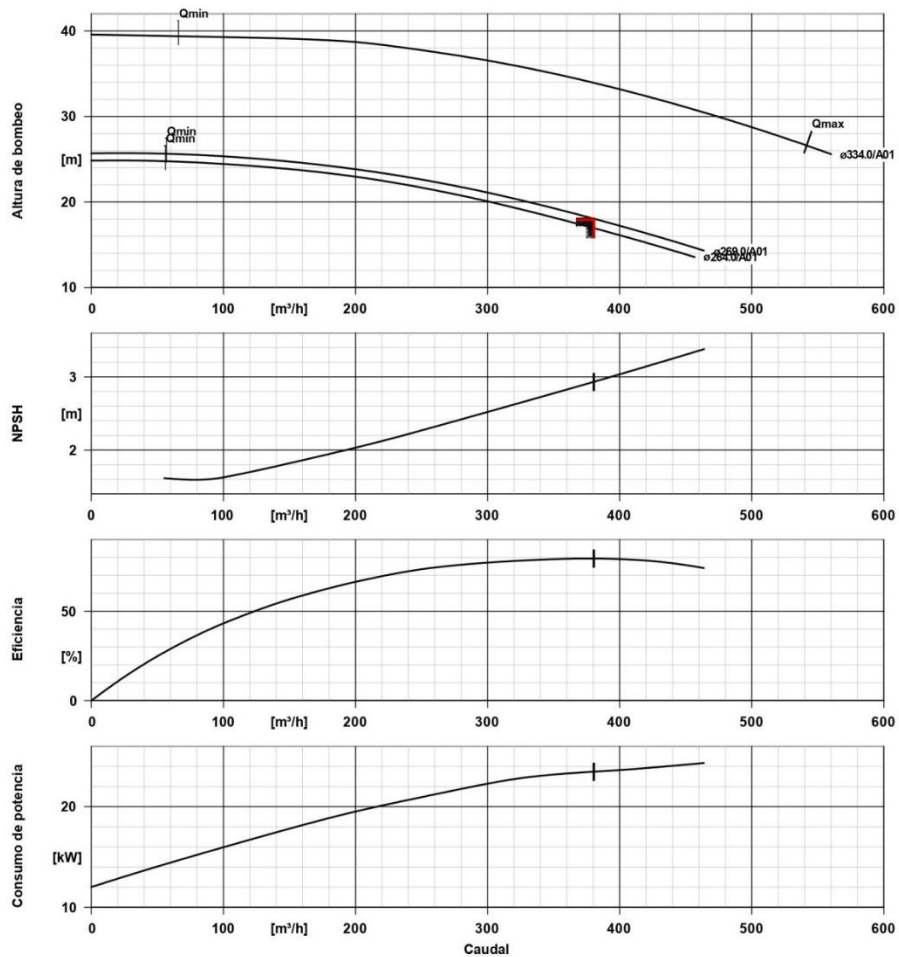
Nº de posición del cliente:
 Pedido fechado:
 Doc. no.: Quick quote
 Cantidad: 1

Número: ES 8001702229
 Nº de artículo: 100
 Desde: 18/02/2022
 Página: 3 / 5

METN200-150-315 GG NP1 03004A

Versión nº.: 1

Bomba de proceso estándar Meganorm para bombeo de agua de acuerdo con EN/22858/ISO 5199.



Datos de curvas

Velocidad de giro	1477 rpm	Altura de bombeo requerida	18,00 m
Densidad del fluido	998 kg/m ³	Eficiencia	79,5 %
Viscosidad	1,00 mm ² /s	Absorción de potencia	23,48 kW
Corriente volumétrica	380,41 m ³ /h	NPSH requerido	2,93 m
Caudal bombeado requerido	380,00 m ³ /h	Número de curva	KGP.454/57
Altura de bombeo	18,04 m	Diámetro efectivo del rodete	269,0 mm

ANEXO A - 3

HOJA DE DATOS BOMBA MEGANORM (continuación)

Plano de instalación



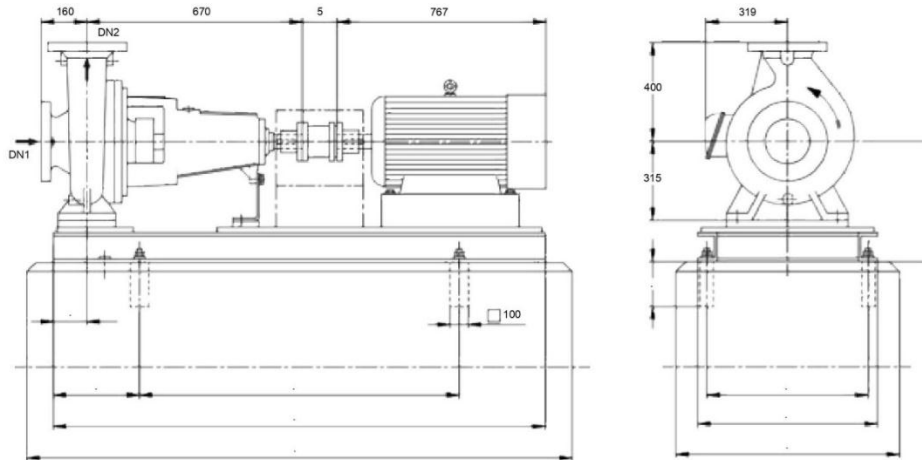
Nº de posición del cliente:
 Pedido fechado:
 Doc. no.: Quick quote
 Cantidad: 1

Número: ES 8001702229
 Nº de artículo: 100
 Desede: 18/02/2022
 Página: 4 / 5

METN200-150-315 GG NP1 03004A

Versión nº.: 1

Bomba de proceso estándar Meganorm para bombeo de agua de acuerdo con EN/22858/ISO 5199.



El plano no es para medir

Dimensiones en mm

Motor

Fabricante del motor WEG
 Tamaño del motor 200L
 Potencia del motor 30,00 kW
 Nº de polos 4
 Velocidad de giro 1477 rpm
 Posición de la caja de bornes 270° (izquierda)

visto desde el accionamiento

Placa de base

Ejecución
 Tamaño
 Placa base drenaje fugas Rp1, Sin
 (8B)
 Pernos de anclaje (necesario, no incluido en el volumen de suministro)

Conexiones

Diámetro nominal aspiración NPS 8 / ASME B 16.1
 DN1
 Tamaño descarga nominal DN2 NPS 6 / ASME B 16.1
 Presión nominal de aspiración CL 125
 Régimen presión de descarga CL 125

Acoplamiento

Fabricante de acoplamiento
 Tipo de acoplamiento
 Tamaño de acoplamiento
 Pieza de separación

Peso neto

Bomba	241 kg
Acoplamiento	
Proteccion del acoplamiento	
Motor	212 kg
Total	453 kg

Conectar tuberías sin tensión o resistencia

Ver plano extra para las conexiones auxiliares

