

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE
PARA MEJORAR EL SISTEMA DE ACARREO DE MINERAL EN
LA MINA ANTAPACCAY -2016”**

PRESENTADO POR:

FLEMING EULER CANSAYA VARA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

PUNO – PERU

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

**"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA
MEJORAR EL SISTEMA DE ACARREO DE MINERAL EN LA MINA
ANTAPACCAY -2016"**

PRESENTADO POR:

FLEMING EULER CANSAYA VARA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO



PUNO - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA MEJORAR EL SISTEMA DE ACARREO DE MINERAL EN LA MINA ANTAPACCAYp-2016”

TESIS PRESENTADA POR:

FLEMING EULER CANSAYA VARA

PARA OBTAR EL TITULO PROFESIONAL DE: INGENIERO MECÁNICO
ELECTRICISTA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

: 
M.Sc. ING. OLGER ALEJANDRINO ORTEGA ACHATA

PRIMER MIEMBRO

: 
ING. JOSE MANUEL RAMOS CUTIPA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
ING. PLINIO EDWIN ARO CHINO

DIRECTOR DE TESIS

: 
M.Sc. ING. JUAN RENZO LLACUTIPA MAMANI

Puno-Perú

2017

ÁREA: Mecánica

TEMA: Turbomaquinas

AGRADECIMIENTO

Con mucho respeto y admiración dedico y agradezco a:

Dios: Por ser el creador de la vida, y quien me ha dotado de capacidad, aptitudes, inteligencia y perseverancia para lograr este tan importante título. Por siempre resguardarme y guiar mis pasos. Para Dios toda la Honra y Gloria.

A mi familia: A mi papá Virgilio (+) que siempre te tengo presente en todos los momentos de mi vida, a mi mamá Elsa con su incondicional apoyo como estudiante y ahora en toda mi vida, mis hermanos sin ellos no hubiera podido alcanzar nada; por el apoyo y el amor siempre incondicional. Porque no siempre estuve presente en algunos momentos por dedicarme a mis estudios. Gracias por todo, por ser las personas que más me apoyaron y apoyaron durante mis estudios.

A la Universidad Nacional del Altiplano: Por abrir sus puertas a mi formación como profesional. Por estar presente en donde se necesita de ella. Por ser parte de ella durante estos años.

A mis docentes: Ingenieros, Magister, Doctores, todos y cada uno de los que durante los años que estudié en la Universidad compartieron de su conocimiento; que tuvieron la paciencia para poder compartir su conocimiento y experiencia. Gracias totales a cada uno de ustedes.

A todos ellos, gracias totales.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	1
ÍNDICE DE CUADROS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	11
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1 OBJETIVO ESPECÍFICOS	20
CAPITULO II	21
MARCO TEÓRICO	22
2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	22
2.2 SUSTENTO TEÓRICO	22
2.2.1 MINERÍA A CIELO ABIERTO	22
2.2.1.1 PERFORACION Y VOLADURA	23
2.2.1.2 ACARREO O TRANSPORTE	23
2.2.2 BOMBA DE AGUA	24
2.2.3 PARTES DE BOMBA DE AGUA	24
2.2.3.1 IMPULSORES O RODETE	24
2.2.3.2 VOLUTA	24
2.2.4 CLASIFICACIÓN DE BOMBAS EN GENERAL	25
2.2.4.1 BOMBAS VOLUMÉTRICAS	25

ALTERNATIVAS	25
ROTOESTÁTICAS	25
2.2.4.2 BOMBAS CENTRIFUGAS	26
BOMBAS RADIALES	26
BOMBAS AXIALES.	26
BOMBAS SEMIAXIALES.....	27
BOMBAS DE FUNCIONAMIENTO EN SECO	27
BOMBAS SUMERGIBLES.....	27
BOMBAS MONOETAPA.....	27
BOMBAS MULTI ETAPA.....	27
2.2.5 FENOMENOS QUE AFECTAN EN LA OPERACIÓN DE BOMBAS	28
2.2.5.1 GOLPE DE ARIETE	28
2.2.5.2 CAVITACIÓN.....	28
2.2.5.3 VIBRACIONES.....	29
2.2.5.4 RUIDO.....	30
2.2.5.5 SUMERGENCIA.....	31
2.2.6 CÁLCULOS PRINCIPALES	31
2.2.6.1 PRESION.....	31
2.2.6.2 ALTURA DE VELOCIDAD.....	31
2.2.6.3 ALTURA MANOMETRICA.....	32
2.2.6.4 ALTURA EFECTIVA DE LA BOMBA.....	32
2.2.6.5 NPSH DISPONIBLE.....	33
2.2.6.6 NPSH REQUERIDO	33
2.2.6.7 CONDICION PARA EVITAR LA CAVITACION	33
2.2.6.8 ECUACION CONTINUIDAD.....	33
2.2.7 CALCULOS HIDRAULICOS	33
2.2.7.1 CÁLCULO DE CONDUCCIONES A PRESIÓN	33

2.2.7.2 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS LINEALES O PRIMARIAS	34
2.2.7.3 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS LOCALIZADAS O SECUNDARIAS	35
2.2.8 ACCESORIOS A INSTALAR EN UNA BOMBA	36
2.2.9. SELLOS MECÁNICOS	37
2.2.10 CURVA CARACTERÍSTICA DE LAS BOMBAS	38
2.2.11 DIMENSIONAMIENTO DEL POZO DE BOMBEO.....	39
2.2.12 BOMBAS CONECTADAS EN PARALELO	41
2.2.13 BOMBAS CONECTADAS EN SERIE	42
2.2.14 GRUPO ELECTROGENO.....	44
2.2.14.1 PARTES DE UN GRUPO ELECTRÓGENO.....	44
2.2.14.2 GENERADOR Y SUS SISTEMAS	44
2.2.14.3 GENERADOR AUTOEXCITADO	45
2.2.14.4 VENTAJAS DE AUTOEXCITACIÓN	46
2.2.14.5 DESVENTAJAS DE AUTOEXCITACIÓN.....	46
2.2.14.6 GENERADOR CON EXCITACIÓN SEPARADA.....	46
2.2.14.7 VENTAJAS DE EXCITACIÓN SEPARADA	47
2.2.14.8 DESVENTAJAS DE EXCITACIÓN SEPARADA.....	48
2.2.14.9 DIFERENCIAS EN LOS SISTEMAS DE EXCITACIÓN	48
2.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	55
2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	55
2.4 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	55
CAPITULO III.....	57
DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN	58
3.1 METODO DE INVESTIGACIÓN	58
3.1.1 DEDUCTIVO	58
3.1.2 DESCRIPTIVO	58

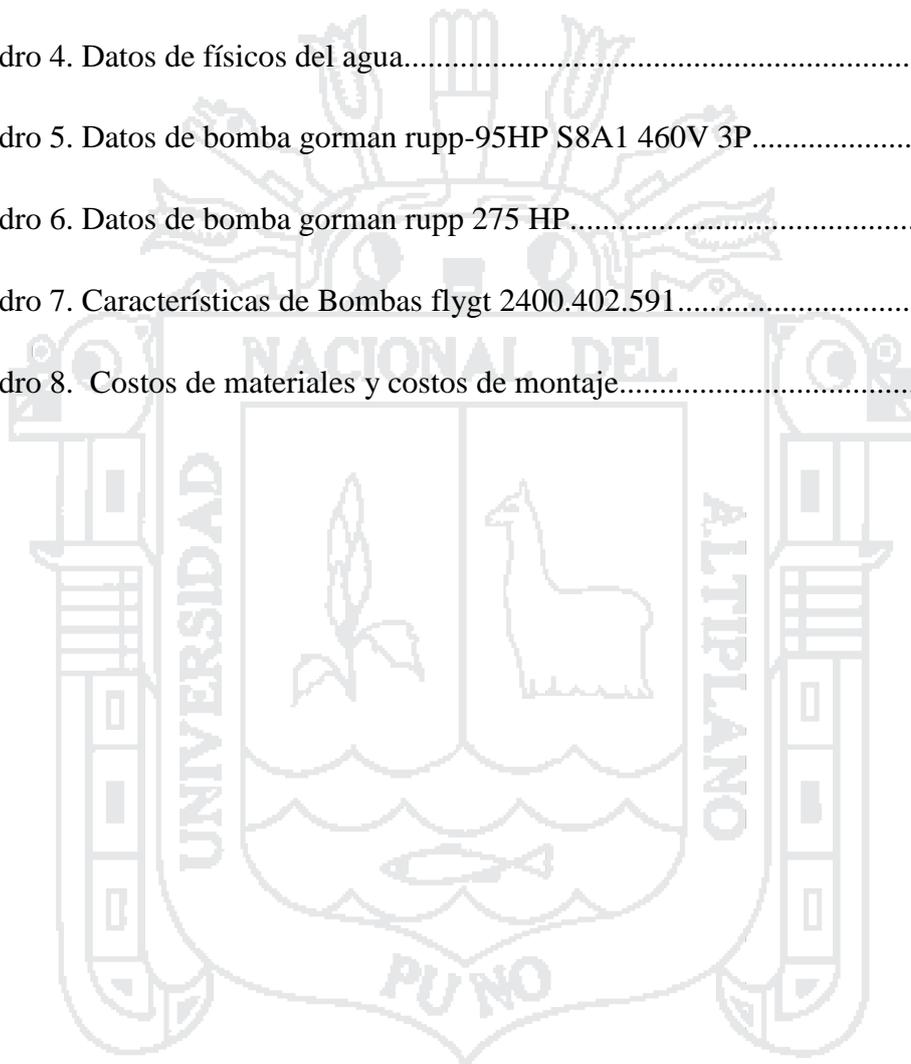
3.2 UBICACIÓN	58
3.2.1 ACCESIBILIDAD.....	59
3.3 TRABAJOS DE CAMPO.....	59
3.3.1 PREPARACION DE POZAS:.....	59
3.3.2 PREPARACION DE TUBERIAS HDPE:	60
3.3.3 PREPARACION DE BOYA PARA BOMBA:.....	61
3.3.4 PREPARACION DE BOMBA Y ACCESORIOS	61
3.3.5 ACTIVIDADES EJECUTADAS ADICIONALES	61
3.4 CALCULOS DE POTENCIA DEL MOTOR-BOMBA.....	62
3.4.1 POTENCIA EN LA POZA DEL NIVEL 3735 CON TUBERÍA DE 10”	62
3.4.2 POTENCIA EN LA POZA DEL NIVEL 3765 CON TUBERÍA DE 14”	66
3.4.3 POTENCIA EN LA POZA DEL NIVEL 3885 CON TUBERÍA DE 16”	70
3.4.4 POTENCIA EN LA POZA DEL NIVEL 4000 CON TUBERÍA DE 14”	74
CAPITULO IV	78
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .	79
4.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS	79
4.1.1 BOMBAS GORMAN RUPP-95HP S8A1 460V 3P.....	79
4.1.2 BOMBAS GORMAN RUPP-275HP S8D1–E275 460/3.....	81
4.1.3 BOMBAS FLYGT 2400.402.591 MT.....	83
4.2 DIAGRAMA UNIFILAR DE SISTEMA DE DRENAJE DE MINA	85
4.3 COTOS DE FABRICACION Y MONTAJE	86
4.4 PROBLEMAS Y RECOMENDACIONES EN EL MONTAJE Y OPERACIÓN DE BOMBAS EN DRENAJE MINA.....	87
4.5 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MONITOREO, PROTECCION Y CONTROL.....	91
CONCLUSIONES	94
SUGERENCIAS	95
BIBLIOGRAFÍA	96

ANEXOS 99



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de curva característica de bombas.....	38
Cuadro 2. Operacionalizacion de variables.....	56
Cuadro 3. Detalle de posas.....	62
Cuadro 4. Datos de físicos del agua.....	62
Cuadro 5. Datos de bomba gorman rupp-95HP S8A1 460V 3P.....	79
Cuadro 6. Datos de bomba gorman rupp 275 HP.....	81
Cuadro 7. Características de Bombas flygt 2400.402.591.....	83
Cuadro 8. Costos de materiales y costos de montaje.....	86



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mediciones de presiones.....	31
Figura 2. Instalación de accesorios de una bomba.....	36
Figura 3. Esquema de diseño de pozas.....	40
Figura 4. Curva característica y diseño de bombas en paralelo.....	42
Figura 5. Curva característica y diseño de bombas en serie.....	43
Figura 6. Curva característica de bombas en serie.....	43
Figura 7. Partes de grupo generador general.....	44
Figura 8. Generador autoexcitado.....	45
Figura 9. Generador autoexcitado separado.....	47
Figura 10. Filtro de aire.....	49
Figura 11. Vista de Caja de tarjetas PCC3201.....	55
Figura 12. Datos de nivel 3735msnm hacia 3765 msnm.....	62
Figura 13. Diagrama de Moody para posa de nivel 3735 msnm.....	63
Figura 14. Datos de nivel 3765 msnm hacia 3885 msnm.....	66
Figura 15. Diagrama de Moody para posa de nivel 3765 msnm.....	67
Figura 16. Datos de nivel 3885 msnm hacia 4000 msnm.....	70
Figura 17. Diagrama de Moody para posa de nivel 3885 msnm.....	71
Figura 18. Datos de nivel 4000 msnm hacia 4020 msnm.....	74
Figura 19. Diagrama de Moody para posa de nivel 4000 msnm.....	75
Figura 20. Especificaciones de bomba gorman rupp-95hp s8a1 460v 3p.....	80
Figura 21. Curva característica de bomba gorman rupp-95hp s8a1 460v 3p.....	80
Figura 22. Especificaciones Bomba gorman rupp-275hp s8d1-e275 460/3.....	82

Figura 23. curva característica bomba gorman rupp-275hp s8d1–e275 460/3.....	82
Figura 24. Curva característica bomba Flygt 2400.402.591 MT.....	84
Figura 25. Diagrama unifilar del sistema de drenaje de mina Antapaccay.....	85
Figura 26. Bomba inclinada.....	87
Figura 27. Balsa de bomba volteada.....	88
Figura 28. Caja de conexión con agua.....	88
Figura 29. Estator recalentado.....	89
Figura 30. La succión de la bomba está bloqueada con viruta y lodo.....	89
Figura 31. Tubería HDPE rota.....	90
Figura 32. Mala embridada.....	90
Figura 33. Corte de cable de fuerza.....	91
Figura 34. Elevado porcentaje de sólidos en el fluido bombeado.....	91
Figura 35. Efecto de cavitación en impulsores.....	91
Figura 36. Partículas abrasivas producen perdida de hermeticidad entre las caras del sello.....	92
Figura 37. Aceite contaminado con partículas Abrasivas.....	92
Figura 38. Aceite emulsionado por ingreso de agua.....	92
Figura 39. Grasa del rodamiento inferior contaminada por ingreso de agua y partículas abrasivas.....	93
Figura 40. Sobrecalentamiento de los rodamientos principales.....	93
Figura 41. Diagrama de Moody.....	99
Figura 42. Diagrama perdidas en accesorios.....	100
Figura 43. Propiedades del agua.....	101
Figura 44. Posas utilizadas para bombeo.....	102

Figura 45. Bombas gorman Rupp 275 hp con líneas de tubería HDPE.....102

Figura 46. Tableros de bombas sumergibles MT.....103



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. DIAGRAMA DE MOODY	99
ANEXO B. DIAGRAMA DE PERDIDAS EN ACCESORIOS.....	100
ANEXO C. PROPIEDADES DEL AGUA A 101kPa	101
ANEXO D. PANEL FOTOGRAFICO.....	102
ANEXO E. PLANOS.....	103



RESUMEN

La mina Antapaccay de acuerdo a su expansión, por la profundización del tajo existente se tiene la presencia de agua debido a la aparición de ríos subterráneos y precipitaciones, es necesario evacuar dicha agua fuera del tajo para garantizar una operación continua, debido a que en profundidad se encuentra nuestras mayores reservas y mejores leyes de mineral. Para poder evacuar dichas aguas se instaló un sistema de drenaje que consta de cuatro líneas de bombeo (tuberías HDPE Ø16", 14" y 10"); con un caudal de 400 l/s con bombas sumergibles superficiales. Se utilizó bombas de potencias 95HP (GR-95HP), 140HP (MT-140HP) y 275HP (GR-275HP), con tensión de trabajo de 460 voltios, 60 Hz, trifásico con caudal de 100 l/s. Distribuidos en las pozas de niveles 3735msnm, bombas instaladas MT-140HP cuatro en total; 3765msnm, bombas instaladas GR-275HP cuatro en total; 2885msnm, bombas instaladas GR-275HP cuatro en total; 4000msnm bombas instaladas GR-95HP; se necesita 2356 KW de potencia total. El sistema funciona correctamente bombeando con las características dadas de 400 l/s operando las 24 horas diarias, pero no es suficiente para el caudal del río subterráneo estimado de 500 l/s este valor es superior al inicial por la aparición de mayores afluentes para este problema se tendrá que habilitar una línea de bombeo adicional a los que ya se tiene, esto implicaría un nuevo diseño de pozas más grandes y mayor capacidad; como otra opción se está haciendo el proyecto de bombas estacionarias de mayor capacidad de flujo.

Palabras claves: Acarreo de mineral, sistema de drenaje, bombas sumergibles superficiales, curva característica de bombas.

ABSTRACT

The Antapaccay mine according to its expansion, due to the deepening of the existing pit there is the presence of water due to the appearance of underground rivers and precipitations, it is necessary to evacuate the water outside the pit to guarantee a continuous operation, because in depth is our largest reserves and better ore laws. In order to be able to evacuate these waters, a drainage system was installed, consisting of four pumping lines (HDPE pipes \varnothing 16", 14" and 10"); with a flow rate of 400 l/s with submersible surface pumps. Power pumps 95HP (GR-95HP), 140HP (MT-140HP) and 275HP (GR-275HP) were used, with a working voltage of 460 volts, 60 Hz, three-phase with a flow rate of 100 l/s. Distributed in the pools of levels 3735msnm, pumps installed MT-140HP four in total; 3765msnm, installed pumps GR-275HP four in total; 2885msnm, pumps installed GR-275HP four in total; 4000msnm pumps installed GR-95HP; 2356 KW of total power is needed. The system works correctly by pumping with given characteristics of 400 l/s operating 24 hours a day, but is not sufficient for the estimated underground flow of 500 l/s, this value is higher than the initial one due to the appearance of higher tributaries. Problem will have to enable an additional pumping line to those already has, this would imply a new design of larger pools and greater capacity; As another option is being made the project of stationary pumps with greater flow capacity.

Key words: Mineral haulage, drainage system, surface submersible pumps, pump characteristic curve.

INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se dará a conocer como el agua es un gran obstáculo dentro de la explotaciones mineras dificultando la libre operación de acarreo de mineral, para este problema se diseñó e implemento un sistema de drenaje que consta desde la preparación del terreno para las pozas, preparación de tubería en este caso tubería de material HDPE esto implica el proceso de termofusion, tendido, embridado de líneas de tubería. Selección de bomba, tablero y codo de descarga, preparación de boyas, una vez hecha toda esta preparación se ase el montaje y prueba del sistema.

En esta tesis como primer capítulo tendremos en planteamiento el estudio de los problemas de drenaje de minas a cielo abierto tiene son los aspectos siguientes: mantener condiciones adecuadas de trabajo de mina a cielo abierto, para lo que es frecuente la necesidad de bombeo de las aguas. Y la acumulación de agua de ríos subterráneos y precipitaciones fluviales; ambos aspectos dificultan las operaciones de minado, el problema sería que las palas hidráulicas y camiones mineros no tendrían las suficientes condiciones para realizar dichas operaciones de minado de material, puesto que un charco de agua de lluvias dificultaría el libre tránsito de camiones, un río subterráneo (ojo de agua) dificultaría el libre movimiento de la pala hidráulica y si se empoza alcanzaría a la conexión de energía eléctrica ocasionando corto circuito. En los meses de noviembre hasta marzo aproximadamente las lluvias son intensas. Se realizar el proyecto de DRENAJE para esta mina como objetivos tenemos: Diseñar e implementar el sistema de drenaje para mejorar el sistema de minado en el tajo sur de la mina Antapaccay.

En el segundo capítulo daremos alcance al marco teórico dando referencia bibliográfica como teorías y fórmula para el cálculo de potencia de motor bomba perdida primaria y secundaria, usando ábacos como el diagrama de Moody para determinar la fricción y

coeficiente de pérdidas secundarias, también ecuación de Colebrook para estimar la fricción.

Tercer capítulo se tomara en cuenta el diseño metodológico de investigación en este capítulo se dar a conocer el tipo de diseño que se aplicara en este proyecto así como los cálculos de las perdidas total posteriormente la altura de la bomba para el cálculo final de la potencia de motor bomba, dando a conocer especificaciones de los equipos de bombeo usados y por último se tendrá un diagrama unifilar final como resumen del sistema instalado.

También se dará la localización de la mina y su accesibilidad, se tiene como referencia o punto de partida las ciudades de Cusco y Arequipa

En el cuarto capítulo se dará a conocer el análisis del proyecto y resultados recomendación y sugerencias como puntos más importantes tendremos: Problemas y recomendaciones en el montaje y operación de bombas en drenaje mina, Importancia del mantenimiento preventivo, monitoreo, protección y control.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El estudio de los problemas de drenaje de minas a cielo abierto tiene son los aspectos siguientes: la acumulación de agua de ríos subterráneos y lluvias; para mantener condiciones adecuadas de trabajo de mina a cielo abierto, es necesario el bombeo de las aguas estancadas hacia fuera del tajo.

Estos aspectos dificultan las operaciones de minado, el problema sería que las palas hidráulicas y camiones mineros no tendrían las suficientes condiciones para realizar dichas operaciones de minado de material, puesto que un charco de agua de lluvias dificultaría el libre tránsito de camiones, un río subterráneo (ojo de agua) dificultaría el libre movimiento de la pala hidráulica y se empoza alcanzaría a la conexión de energía eléctrica ocasionando corto circuito.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La mina Antapaccay, debido a que se encuentra ubicado en una zona lluviosa, con presencia de ríos subterráneos y sus operaciones de minado se realiza bajo estas condiciones, es muy importante tener un SISTEMA DE BOMBEO que se ajuste a las necesidades operacionales para el libre minado de material, esto debido a que las precipitaciones pluviales se incrementan fuertemente en los meses de Noviembre a Marzo.

El presente trabajo se ha desarrollado bajo la metodología de Excelencia Operacional y tiene por objetivo contar con un Sistema de Bombeo ajustable a nuestros planes de minado.

De acuerdo a la expansión y profundización del tajo existente (tajo sur) y la continua presencia de agua, es necesario evacuar dicha agua fuera del tajo, garantizando una operación continua de minado, debido a que en profundidad se encuentra nuestras mayores reservas y mejores leyes de mineral.

Considero que el presente trabajo es una contribución para profesionales y estudiantes dedicados a la actividad minera, teniendo en cuenta el panorama actual de la industria minera en donde la reducción de costos y el mayor aprovechamiento de los recursos son aspectos muy importantes para mantenerse en el mercado.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Diseñar e implementar el sistema de drenaje para mejorar el sistema de minado en el tajo sur de la mina Antapaccay.

1.3.1 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- A. Diseñar el sistema de drenaje para mejorar el sistema de minado de material en el tajo sur de la mina Antapaccay.
- B. Implementar el sistema de drenaje para mejorar el sistema de minado de material en el tajo sur de la mina Antapaccay.



MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Se consideró el trabajo realizado con anterioridad un artículo de la mina Tintaya realizado por Roque Pereyra Nina (2001); Ingeniero de Planeamiento Mina. En la cual indica la utilización de bombas sumergibles de la marca Gorman Rupp S8D1- E275 y S8A1, y bomba horizontal estacionaria de carcasa partida de la marca Goulds de potencia 400 HP, este sistema utilizo sor tramos la primera con las bombas sumergibles, en el segundo tramo se utilizó las bombas estacionarias, se instaló dos líneas de 200 l/s de caudal. En esta mina las aguas de los afluentes eran controladas y sacadas con este sistema sin problemas de aumento de volumen o aparición de nuevos afluentes.

Para realizar la presente tesis también se consideró un trabajo realizado en la universidad de Sao Paulo del departamento de ingeniería de minas, como autor está el ingeniero Luis Enrique Sánchez; Drenaje de minas a cielo Abierto, en dicho trabajo resalta la importancia de drenar aguas desde dentro del tajo hacia fuera.

2.2 SUSTENTO TEÓRICO

2.2.1 MINERÍA A CIELO ABIERTO

La minería a cielo abierto seda sobre la superficie de la tierra removiéndola con máquinas gigantes, palas, cargador frontal y camiones mineros como principales equipos de movimiento de tierra.

Mina a cielo abierto designa toda mina que no sea subterránea. (...). Designa toda excavación en la tierra, abandonada o en explotación, realizada para buscar o extraer cualquier tipo de mineral, y cualquier lugar donde se esté explotando un yacimiento; se advierte que si dos o más lugares de este tipo se están explotando en conjunto, se

considerará que constituyen una mina. Todo edificio, construcción, escombrera, represa, maquinaria y aparatos situados en la mina o cerca de ésta y utilizados con cualquier fin necesario o accidental para la explotación y tratamiento ulterior de los productos de la mina y los materiales de desecho que salgan de ésta se considerará que forman parte de dicha mina, a menos que la autoridad competente haya decidido una línea de demarcación que excluya cualquier parte del conjunto. (Oficina Internacional del Trabajo Ginebra, 1991, pág. 3)

2.2.1.1 PERFORACION Y VOLADURA

Se usan barrenos de gran tamaño se hacen perforaciones en la zonas mineralizadas, con ayuda de quipos de gran tamaño, cuyos orificios son rellenados con explosivos usualmente ANFO (Es una mezcla explosiva, adecuadamente balanceada en oxígeno. Está formulado con noventa y tres punto cinco por ciento (93.5%) a noventa y cuatro punto cinco por ciento (94.5%) de nitrato de amonio en esferas y seis punto cinco por ciento (6.5%) a cinco punto cinco por ciento (5.5%) de combustible líquido, pudiendo éste ser: Petróleo residual o la combinación de petróleo residual más aceite quemado.), (Ministerio de Energías y Minas, 2016). Los cuales remueven grandes volúmenes de material, resultando rocas de diferentes tamaños. Ya fragmentada las rocas grandes en rocas más chicas para facilitar su carguío y chancado posterior.

2.2.1.2 ACARREO O TRANSPORTE

Traslado de materiales hacia un destino señalado. EL acarreo o transporte del material que se encuentra en los bancos, hacia los diferentes destinos: el Mineral, con contenido metálico económicamente explotable, se trasladara a la chancadora primaria. Material de baja ley se almacena en botaderos especiales para más tarde, aplicando nuevas tecnologías, ser lixiviado para recuperar su contenido metálico, el desmonte que se enviara a los botaderos. El transporte se realiza a través de los siguientes medios: en

camiones mineros, desde los bancos hasta los botaderos. (Ministerio de Energías y Minas, 2016)

2.2.2 BOMBA DE AGUA

Es una maquina capaz de movilizar grandes flujos de agua a alturas y distancias con diferentes fines. Son de dos tipos volumétricas y centrifuga tienen una entrada de aspiración y una salida de descarga. (Bomba Hidraulica, 2016)

2.2.3 PARTES DE BOMBA DE AGUA

2.2.3.1 IMPULSORES O RODETE

Formado por un conjunto de álabes que pueden adoptar diversas formas, según la misión a que vaya a ser destinada la bomba, los cuales giran dentro de una carcasa circular. El rodete es accionado por un motor, y va unido solidariamente al eje, siendo la parte móvil de la bomba. El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta la entrada del rodete, experimentando un cambio de dirección más o menos brusco, pasando a radial, (en las centrífugas), o permaneciendo axial, (en las axiales), acelerándose y absorbiendo un trabajo. Los álabes del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, creando una altura dinámica de forma que abandonan el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando también su presión en el impulsor según la distancia al eje. La elevación del líquido se produce por la reacción entre éste y el rodete sometido al movimiento de rotación. (Díez, 2001, pág. 2)

2.2.3.2 VOLUTA

Es un órgano fijo que está dispuesta en forma de caracol alrededor del rodete, a su salida, de tal manera que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior, y va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de

impulsión. Su misión es la de recoger el líquido que abandona el rodete a gran velocidad, cambiar la dirección de su movimiento y encaminarle hacia la brida de impulsión de la bomba. La voluta es también un transformador de energía, ya que frena la velocidad del líquido, transformando parte de la energía dinámica creada en el rodete en energía de presión, que crece a medida que el espacio entre el rodete y la carcasa aumenta, presión que se suma a la alcanzada por el líquido en el rodete. En algunas bombas existe, a la salida del rodete, una corona directriz de álabes que guía el líquido antes de introducirlo en la voluta. (Díez, 2001, pág. 2)

2.2.4 CLASIFICACIÓN DE BOMBAS EN GENERAL

Tenemos dos tipos volumétricas y centrifugas dentro de ellas también tenemos una variedad de bombas que se clasifican del tipo de movimiento de la parte móvil. (Bomba Hidraulica, 2016)

2.2.4.1 BOMBAS VOLUMÉTRICAS

En las bombas volumétricas, la máquina le transmite la presión al fluido mediante un cambio de volumen en el reducto donde éste se hallaba situado y se clasifican depende básicamente del tipo de movimiento del elemento móvil. (Bomba Hidraulica, 2016)

ALTERNATIVAS

En las cuales el movimiento que produce el cambio de volumen que provoca el aumento de presión en el fluido es alternativo o vaivén. Estas bombas son tipo embolo o pistón.

ROTOESTÁTICAS

En las cuales dicho cambio de volumen, es consecuencia de un movimiento rotativo. Los elementos móviles, y por extensión los tipos de bomba de esta clasificación son:

Bombas de engranaje.

Bombas de paletas.

Bombas de Lóbulos.

Bombas de tornillo.

Bombas de membrana.

2.2.4.2 BOMBAS CENTRIFUGAS

La máquina le transmite la presión al fluido mediante cambios de velocidad y de dirección en las partículas del fluido; no hay cambios volumétricos de ningún tipo. Por lo tanto, la energía se transmite al fluido mediante un elemento móvil denominado rodete, impulsor o hélice, dependiendo de si se trata de una bomba radial o axial. (Bomba Hidraulica, 2016)

BOMBAS RADIALES

Estas Bombas transmiten la energía al fluido en forma de velocidad y presión, mediante la fuerza centrífuga. Para ello, someten a las partículas a un cambio de dirección de 90°, entrando a la bomba de forma paralela al eje, y saliendo de forma perpendicular a éste. Con este fin, emplean un elemento móvil, el impulsor, formado por uno o varios álabes de simple curvatura perpendiculares al eje de la bomba. Este tipo de impulsores es adecuado para presiones medio-altas, y caudales moderados.

BOMBAS AXIALES.

En este tipo de Bombas, la energía no se transmite mediante un cambio de dirección de las partículas del fluido, sino mediante un cambio de velocidad como consecuencia del empuje físico que los álabes originan sobre los mismos, es decir mediante una fuerza superficial. Por lo tanto, en estas bombas el fluido entra y sale de

forma paralela al eje. El elemento móvil que proporciona dicho empuje es el impulsor o hélice formado por más de 3 alabes de curvatura. Este tipo de impulsor es adecuado para presiones bajas y caudales muy grandes.

BOMBAS SEMIAXIALES.

En estas bombas, la energía se transmite al fluido por el cambio de velocidad y de dirección de las partículas, y por tanto mediante una combinación de fuerza superficial y centrífuga. Son bombas mezcla de las dos anteriores, y su campo de aplicación estará en ambos.

BOMBAS DE FUNCIONAMIENTO EN SECO

Son bombas en las que todas sus partes exteriores, tanto voluta como motor, se encuentran fuera del fluido.

BOMBAS SUMERGIBLES

Bombas en las que todos o parte de sus componentes principales (Voluta y Motor) se encuentran sumergidos.

BOMBAS MONOETAPA.

Bombas con un solo impulsor, estas bombas son más robustas y más baratas. Sus desventajas son: tienen limitaciones de presión y a su vez requieren mayor espacio, y se aplican en bombeos de presión moderada.

BOMBAS MULTI ETAPA.

Bombas con varios impulsores conectados en serie, estas bombas permiten alcanzar presiones mayores. Sus desventajas son: más caras y requieren mayor mantenimiento. Y son aplicados en bombeos de alta presión y en bombeos con poco espacio.

2.2.5 FENOMENOS QUE AFECTAN EN LA OPERACIÓN DE BOMBAS

2.2.5.1 GOLPE DE ARIETE

El golpe de ariete es como el choque de la columna de agua contra las paredes de una conducción, cuando esta se detiene repentinamente. Esta detención puede tener lugar distintos motivos:

- Al cerrar o abrir una válvula
- Al arrancar o parar una maquina hidráulica, o bien voluntariamente o como consecuencia de un fallo en la misma.
- Por un corte energético, en pleno funcionamiento.

Ejemplo:

Si se cierra repentinamente una válvula , en virtud del principio de conservación de energía, al disminuir la energía cinética esta se va transformando en un trabajo de compresión de fluido que llena la tubería, y en resultado a esto se produce una sobrepresión a la que llamaremos sobrepresión.

Si por el contrario abrimos la válvula rápidamente, se produce la depresión a lo que llamaremos golpe de ariete negativo.

2.2.5.2 CAVITACIÓN

Es un fenómeno que se produce cuando la presión en algún punto o zona de la corriente de un líquido desciende por debajo de la presión de vapor del mismo. La cavitación en las bombas produce problemas fundamentales como: (Disminución del rendimiento, erosión y destrucción de materiales).

Uno de los parámetros para que las bombas caviten es NPSH (Net Positive Succión Head).

El NPSH Requerido es un parámetro de la bomba y lo debe dar el fabricante. Se puede interpretar como la succión que produce la bomba para poder manejar el caudal y la cabeza para las cuales fue seleccionada.

El NPSH Disponible es un parámetro del sistema y debe calcularse.

Dónde las siguientes ecuaciones según (Mendoza & Villanueva, 1982, pág. 37) nos dan la relación entre NPSH requerido y de diseño:

$$NPSH_D \geq NPSH_R \tag{1}$$

$$NPSH_D = \frac{P_{at}}{\gamma} - \frac{P_{man II} - P_{man I}}{\gamma} - \frac{P_{vapor}}{\gamma} - \sum H_{PS} \tag{2}$$

Donde:

$\frac{P_{at}}{\gamma}$: altura de presión atmosférica

$\frac{P_{at}}{\gamma}$: altura de presión atmosférica

$\frac{P_{man II} - P_{man I}}{\gamma}$: altura manométrica

$\frac{P_{vapor}}{\gamma}$: altura de presión de vapor

$\sum H_{PS}$: altura de pérdidas en la succión

2.2.5.3 VIBRACIONES

Según el artículo (Solución de problemas de Bombas Rotativas de Lobulos, 2008, pág. 24), las vibraciones en maquinaria, puede tener serias consecuencias. El

conocimiento del fenómeno, junto con una regla de diseño de instalaciones de bombeo, puede ayudar a reducir los daños en el equipo y en las conducciones.

Cuando se diseña una máquina, el objetivo del ingeniero es mantener los niveles de vibración dentro del margen aceptable, particularmente en los puntos donde puede afectar al funcionamiento del equipo. Las consecuencias que se pueden evitar son la fatiga excesiva, el ruido y el desgaste, así como el deterioro de otras partes del sistema, sobre todo soportes y anclajes. Las principales fuentes de vibración son:

- Desequilibrio de las partes giratorias, especialmente del impulsor.
- Fuerzas hidráulicas asimétricas causadas por la voluta.
- Fuerzas hidráulicas asimétricas causados por el impulsor.
- La frecuencia y tipo de vibración dependerá sobre todo de la velocidad de giro.
- Número de alabes del impulsor, las fuerzas hidráulicas que ocurren cuando el álabe pasa por zonas en las que existe una presión irregular se ven multiplicadas por el número de estos.

2.2.5.4 RUIDO

El ruido en instalaciones depende de las propiedades hidráulicas, mecánicas y acústicas de la bomba y de la instalación. (Solucion de problemas de Bombas Rotativas de Lobulos, 2008)

El ruido emitido en una instalación de bombeo procede de vibraciones de la estructura de la estructura de la bomba y los distintos componentes conectados a ella, la emisión de ruidos depende de los siguientes factores:

- El motor y el impulsor usado.
- Punto de trabajo de bomba.
- Fluido bombeado.

- Las propiedades mecánicas y acústicas de todo el sistema.
- Conexiónamiento, de árbol de carga y descarga.

2.2.5.5 SUMERGENCIA

Se entiende por sumergencia, la profundidad mínima a la que debe encontrarse la entrada de agua para evitar fenómenos indeseables y nocivos, como la entrada de aire en las bombas. (Farras, 2005, pág. 17)

2.2.6 CÁLCULOS PRINCIPALES

2.2.6.1 PRESION

Se define la fuerza por unidad de área. En la figura siguiente se aclaran otros términos:

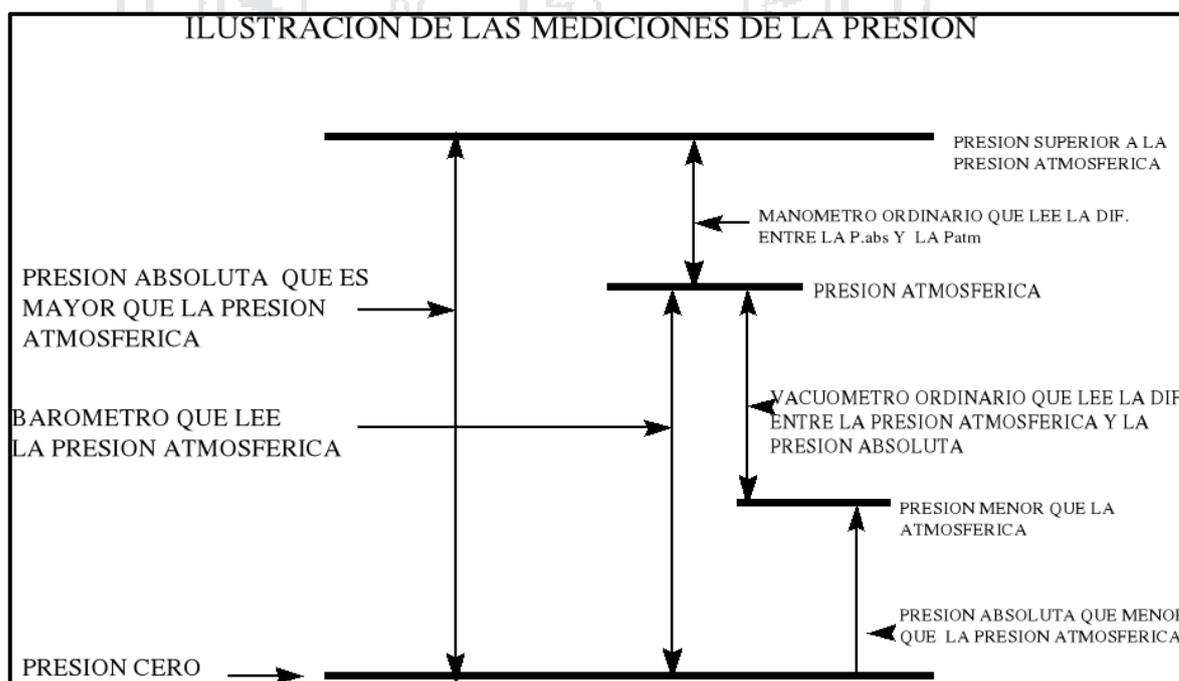


Figura 1. Mediciones de presiones
Fuente: (Mendoza & Villanueva, 1982)

2.2.6.2 ALTURA DE VELOCIDAD

Es la energía asociada a la velocidad expresada en términos de altura según (Mendoza & Villanueva, 1982, pág. 29):

$$h = \frac{V^2}{2g} \tag{3}$$

V= velocidad

h= altura de velocidad

g= aceleración de la gravedad

2.2.6.3 ALTURA MANOMETRICA

Es la diferencia entre la altura de presión de la brida de impulsión y la de aspiración de la bomba. Algunos autores llaman altura manométrica a la altura efectiva la ecuación según (Mendoza & Villanueva, 1982, pág. 30)

$$H_{manometrica} = \frac{P_{impulsion} - P_{aspiracion}}{\gamma} \tag{4}$$

2.2.6.4 ALTURA EFECTIVA DE LA BOMBA

Se define como altura efectiva: “H” en el sistema métrico afirmo (Mendoza & Villanueva, 1982, pág. 30) que:

$$H = \frac{P_{impulsion} - P_{aspiracion}}{\gamma} + \frac{V_{impulsion}^2 - V_{aspiracion}^2}{2g} + Z_{impusion} - Z_{aspiracion} \tag{5}$$

La altura efectiva o altura total de la bomba es una medida de la energía entregada al fluido por unidad de peso del fluido. En una bomba generalmente se desprecia los 2 últimos términos de la derecha de ahí que:

$$H_{manometrica} = \frac{P_{impulsion} - P_{aspiracion}}{\gamma} \tag{6}$$

La última efectiva puede ser calculada de manera indirecta por medio de la altura del sistema que es igual a la altura efectiva:

$$\begin{aligned}
 H &= H_{sis} \\
 &= \frac{P_{impulsion} - P_{aspiracion}}{\gamma} + \frac{V_{impulsion}^2 - V_{aspiracion}^2}{2g} + Z_{impusion} - Z_{aspiracion} \\
 &+ \sum H_p
 \end{aligned} \tag{7}$$

Donde: $\sum H_p$, incluye todas las perdidas tanto en la zona de aspiración como impulsión.

2.2.6.5 NPSH DISPONIBLE

$$NPSH_D = H_{at} - h_m - h_v - \sum H_{ps} \tag{8}$$

2.2.6.6 NPSH REQUERIDO

$$NPSH_R = \Delta h \tag{9}$$

2.2.6.7 CONDICION PARA EVITAR LA CAVITACION

$$NPSH_D > NPSH_R \tag{10}$$

$NPSH_D$ es calculada en base a los datos de la instalación

$NPSH_R$ es proporcionado por el fabricante en función del caudal

2.2.6.8 ECUACION CONTINUIDAD

El volumen de un líquido para que pase atreves de una sección transversal de la tubería durante un cierto tiempo debe ser igual al volumen que pasa atreves de otra sección transversal en el mismo tiempo:

$$Q_1 = Q_2 \tag{11}$$

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \tag{12}$$

2.2.7 CALCULOS HIDRAULICOS

2.2.7.1 CÁLCULO DE CONDUCCIONES A PRESIÓN

La ecuación básica utilizada en todos los cálculos hidráulicos a presión en régimen permanente es la ecuación de conservación de la energía o ecuación de Bernoulli, adaptada a las hipótesis básicas del flujo a presión según (Mott, 1996) es:

$$\frac{P_1}{\delta} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\delta} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + H_p + H_s \quad (13)$$

Siendo:

h_1 : Cota de solera en la sección transversal y respecto a una cota de referencia

P_1 : Presión relativa en la sección i.

V_1 : Velocidad media del flujo en la sección transversal.

H_2 : Pérdida de energía entre las secciones transversales debido al rozamiento a lo largo de la tubería entre ambas secciones. (Pérdidas lineales)

H_p : Pérdida de energía entre las secciones transversales debido a la presencia de fenómenos locales originados por cambios en la alineación de la tubería, por cambios en la sección de la tubería, por la presencia de emboques y desembokes y por la presencia de elementos que puedan obstaculizar o alterar las condiciones del flujo, como es el caso de válvulas o derivaciones (Pérdidas localizadas).

2.2.7.2 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS LINEALES O PRIMARIAS

Para realizar la valoración de pérdidas lineales por rozamiento se ha utilizado la expresión de Darcy-Weissbach en el libro se (Mott, 1996) indica:

$$H_p = \frac{f v^2}{D 2g} L \quad (14)$$

Donde, para tuberías lisas o rugosas y en la zona de transición ($2300 < Re < 4000$) o en la zona turbulenta ($Re > 4000$), f se deduce a partir de la fórmula de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (15)$$

y para tuberías lisas o rugosas y en la zona lamina r ($Re < 2300$), f se deduce de la fórmula de Poiseville:

$$f = \frac{64}{Re} \tag{16}$$

Donde:

f: Coeficiente de fricción

ϵ : Rugosidad, en m.

D: Diámetro interior de la conducción, en m.

L: Longitud de la tubería, en m.

Re: Número de Reynolds; $Re = v \cdot D / \nu$

v: Velocidad del agua, en m/s.

ν : Viscosidad cinemática del agua ($\nu = \mu / \rho$); m^2/s

μ : Viscosidad dinámica el agua; $kg/m.s$

ρ : Densidad del agua, en kg/m^3 ; kg/m

g: Aceleración de la gravedad, en m/s^2

2.2.7.3 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS LOCALIZADAS O SECUNDARIAS

El cálculo de las pérdidas localizadas se realiza mediante la expresión sacada del libro de (Mott, 1996) la siguiente ecuación:

$$H_s = \sum_k \lambda_k \frac{v^2}{2g} + \sum_j \lambda_j \left| \frac{\Delta v^2}{2g} \right| \tag{17}$$

donde , además de las variables ya definidas tenemos:

λ_k Coeficiente de pérdidas correspondiente al fenómeno local k (codos, derivaciones y elementos obstaculizadores del flujo).

λ_j Coeficiente de pérdidas correspondiente al fenómeno local j (fundamentalmente los cambios de sección de la tubería)

2.2.8 ACCESORIOS A INSTALAR EN UNA BOMBA

A la hora de diseñar un sistema de bombeo, existen una serie de accesorios que deberán siempre instalarse junto con una bomba:

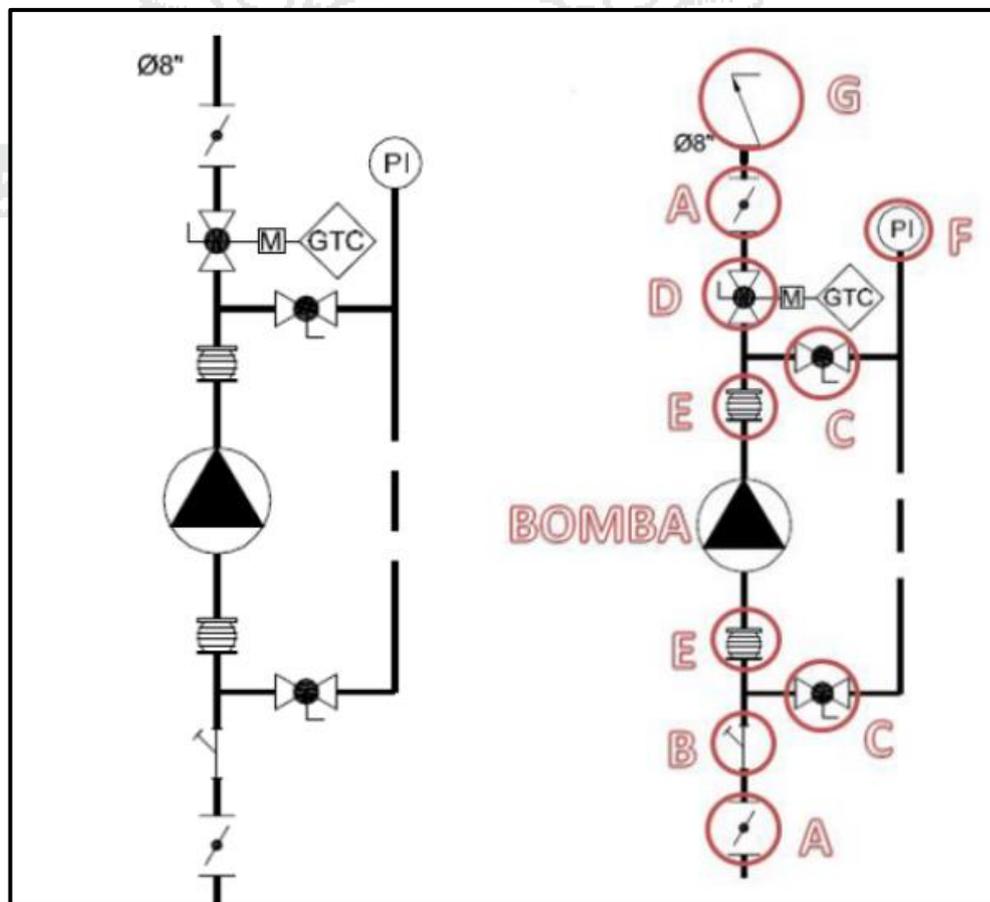


Figura 2. Instalación de accesorios de una bomba

Fuente: (Bombas Centrifugas, 2015)

A.- Válvula de mariposa – Se utiliza para poder aislar el circuito de la bomba en caso de necesidad de reparación o mantenimiento, tanto de la bomba como de cualquier otro elemento perteneciente al circuito.

B.- Filtro- Para evitar que cualquier tipo de impureza entre a la bomba y la dañe.

C.- Válvula de bola.- Para aislar únicamente la bomba, también en caso de necesidad de reparación o mantenimiento de la misma.

D.- Válvula de bola motorizada.- Primera válvula en cerrar, por eso se encuentra accionada mediante un motor.

E.- Manguitos anti vibratorios.- Evitan que durante el funcionamiento de la bomba, las vibraciones afecten a la tubería.

F.- Manómetro.- Lleva el control de la presión de la bomba, en caso de sobrepasar ciertos límites puede provocar la parada de la bomba.

G.- Válvula de retención.- Situada siempre a la salida de la bomba, evita la inversión del flujo, situación bastante común en bombas al superarse ciertos valores de presión.

2.2.9. SELLOS MECÁNICOS

Según (Mendoza & Villanueva, 1982, pág. 64) indica en aquellos casos en que se usa el empaque convencional y prensa estopas debe dejarse un pequeño goteo, ya que de otra manera el calor y fricción generada sobre el eje es muy grande, dañando y haciendo que el motor tome más potencia.

Sin embargo, hay ocasiones en que se desea que no se produzca ninguna fuga, o bien el líquido ataca a los empaques haciendo que su cambio sea frecuente. En estos casos se usa un “sello mecánico” que consiste en dos superficies perfectamente pulidas que se encuentran en contacto una con otra; una de ellas es estacionaria y se encuentra unida a la carcasa, mientras que la otra gira con el eje. Los sellos mecánicos son dispositivos creados para evitar por completo las fugas.

Normalmente tienen el mismo sitio de ubicación de las empaquetaduras convencionales.

Los sellos mecánicos tienen las siguientes ventajas sobre las empaquetaduras:

- Evita totalmente el goteo por lo tanto no se pierde sustancia bombeada.
- Las bases de las bombas son más fáciles de limpiar.
- Los costos de empaadura se reducen.

Sin embargo tienen también sus desventajas:

- El lubricante se derrama en abundancia cuando los sellos están malos.
- Únicamente personal entrenado puede instalar sellos.
- No sirven para todos los líquidos.

2.2.10 CURVA CARACTERÍSTICA DE LAS BOMBAS

Para una bomba movida a una velocidad de giro (rpm), la altura (h), la potencia absorbida (Pab), y por tanto, el rendimiento (n), son funciones del caudal (Q). La relación entre estos diferentes valores se representa mediante las curvas características. La selección de bomba que más nos convenga entre varias, se puede llevar a cabo por dos métodos: utilizando tablas de selección. Mediante la curva de campo y curvas características individuales. (Mataix, 1993)

En el primer caso, el fabricante facilita un cuadro o tabla en donde quedan reflejados los valores, por lo general, de caudal, altura manométrica total, y algunos cuadros, más exhaustivos, que suministran datos complementarios como la siguiente tabla:

Cuadro 1. Características de curva característica de bombas

ALTURA MANOMÉTRICA	CAUDAL	VELOCIDAD	BOMBA				MOTOR
			tamaño	Diámetro de bocas de asp/imp m/m	Diámetro del rodete m/m	Potencia absorbida kW	
Metros	l/s o m3/h	rpm					Potencia nominal KW.

Elaboración Propia

Para el segundo caso de curvas de campo se realizara una preselección para averiguar modelo de la bomba. Una vez conocido el tipo de la bomba, la decisión final se hará en la curva característica de la bomba seleccionada previamente en donde se encuentra reflejados todos los datos técnicos necesarios:

- Altura H
- Caudal Q máximo y optimo
- Rendimientos en diversos puntos de la curva
- Potencia mínima
- Altura neta positiva de aspiración (NPSH) en diversos puntos de la curva
- diámetros del impulsor

en la mayoría de las curvas se representa gráficamente la altura manométrica total (h) en metros(m), el rendimiento (η) en%, y la potencia absorbida (P_{ab}) en kilovatios (kw) en las coordenadas, y el caudal (Q) en metros cúbicos por hora(m^3/h) o litros por segundo (l/s) en las abscisas. La forma general de las curvas varia con la velocidad especifica.

2.2.11 DIMENSIONAMIENTO DEL POZO DE BOMBEO

El dimensionamiento final de la estación de bombeo requiere la realización de una evaluación de la relación entre el coste de instalación y el coste de mantenimiento, para llegar a conseguir una instalación lo más óptima posible. Considerando los cálculos anteriores de caudal para los pozos tenemos lo siguiente:

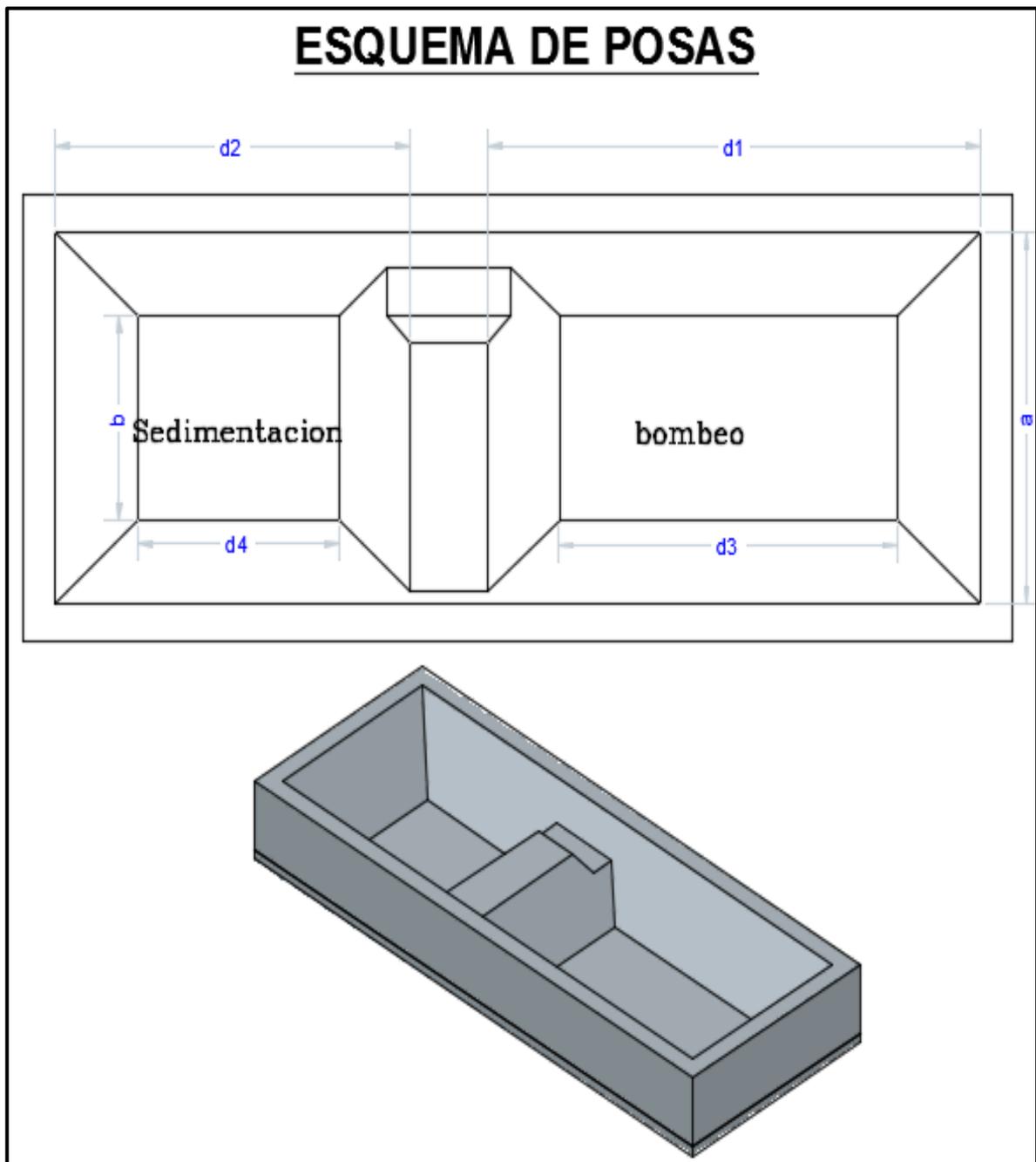


Figura 3. Esquema de diseño de pozas
Elaboración propia

DATOS REFERENCIALES PARA POZAS

	ítem	
	a	25
	b	15
	d1	35
	d2	35
	d3	25
	d4	25
	H	6
	HI	1.5
Area P. Sedimentacion	ABM	875
	ABm	375
Area P. Bombeo	ABM	875
	ABm	375
	Htotal	8.5
	Vol. P.S	5164.7
	Vol. P.B.	5164.7

Formula de volumen teórico de tronco de pirámide:

$$v = \frac{h}{3} (ABM + ABm + \sqrt{ABM * ABm}) \tag{18}$$

2.2.12 BOMBAS CONECTADAS EN PARALELO

Las bombas conectadas en paralelo se utilizan frecuentemente cuando

- El caudal requerido es superior al que puede suministrar una bomba simple
- El sistema tiene requisitos de caudal variable, y estos requisitos se consiguen encendiendo y apagando las bombas conectadas en paralelo.

Normalmente, las bombas conectadas en paralelo son del mismo tamaño y tipo.

Sin embargo, las bombas pueden ser de distinto tamaño, o una o varias bombas pueden ser de velocidad controlada y por tanto tener distintas curvas de rendimiento.

Para evitar la circulación derivada por las bombas que no están funcionando, en serie con cada una de las bombas se conecta una válvula de retención. La curva de rendimiento para un sistema que consta de varias bombas en paralelo se determina sumando el caudal que suministran las bombas para una altura específica.

En la figura se muestra un sistema con dos bombas idénticas conectadas en paralelo. La curva de rendimiento total del sistema se determina sumando Q_1 y Q_2 para cada valor de altura, que es el mismo para ambas bombas, $H_1=H_2$.

Debido a que las bombas son idénticas, la curva de la bomba resultante tiene la misma altura máxima H_{max} pero el caudal máximo Q_{max} es el doble. Para cada valor de altura, el caudal es el doble que para una bomba simple en funcionamiento = $Q_1 + Q_2 = 2 Q_1 = 2 Q_2$

Se muestra dos bombas de distintos tamaños conectadas en paralelo. Al sumar Q_1 y Q_2 para una altura dada $H_1=H_2$, se define la curva de rendimiento resultante. El área sombreada de la figura muestra que P1 es la única bomba suministradora en esa área específica, ya que tiene una altura máxima mayor que P2.

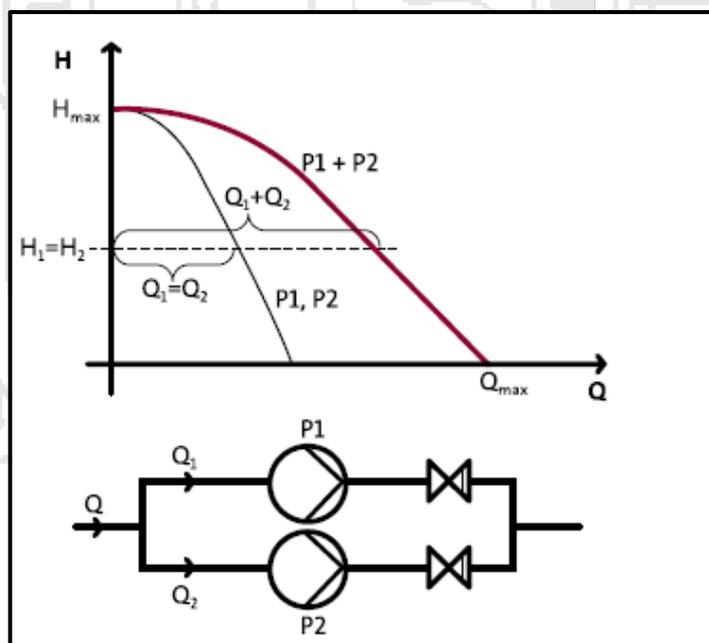


Figura 4. Curva característica y diseño de bombas en paralelo
Fuente: (Mott, 1996)

2.2.13 BOMBAS CONECTADAS EN SERIE

Normalmente, se utilizan bombas conectadas en serie en sistemas en los que se requiere alta presión. Éste es también el caso para bombas multicelulares, que se basan

en el principio en serie, es decir, una célula es igual a una bomba. La curva de rendimiento resultante se construye marcando la altura doble para cada valor de caudal en el sistema de coordenadas. Esto da como resultado una curva con altura máxima doble ($2 \cdot H_{max}$) y el mismo caudal máximo (Q_{max}) que cada una de las bombas simples.

La curva de rendimiento resultante se calcula sumando H_1 y H_2 para un caudal común dado $Q_1=Q_2$.

Sin embargo en nuestro diseño no tenemos conectada bombas en serie ya que contamos con bombas sumergibles.

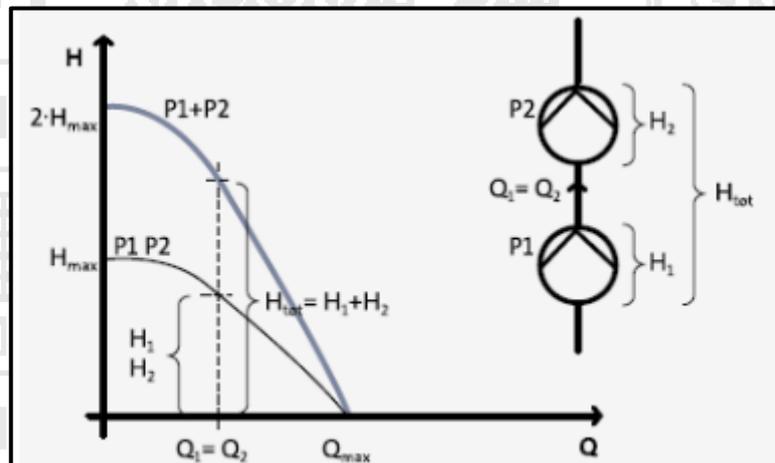


Figura 5. Curva característica y diseño de bombas en serie
Fuente: (Mott, 1996)

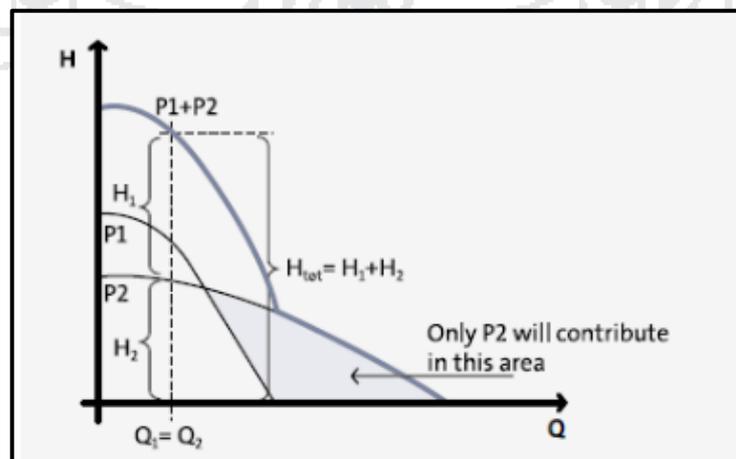


Figura 6. Curva característica de bombas en serie
Fuente: (Mott, 1996)

2.2.14 GRUPO ELECTROGENO

Un grupo electrógeno convierte la energía mecánica de rotación en energía eléctrica. Consiste esencialmente de un rotor y un estator. El rotor lleva el campo del generador el cual gira con el motor de combustión. (Cummins Generation Power Inc., 2013)

2.2.14.1 PARTES DE UN GRUPO ELECTRÓGENO

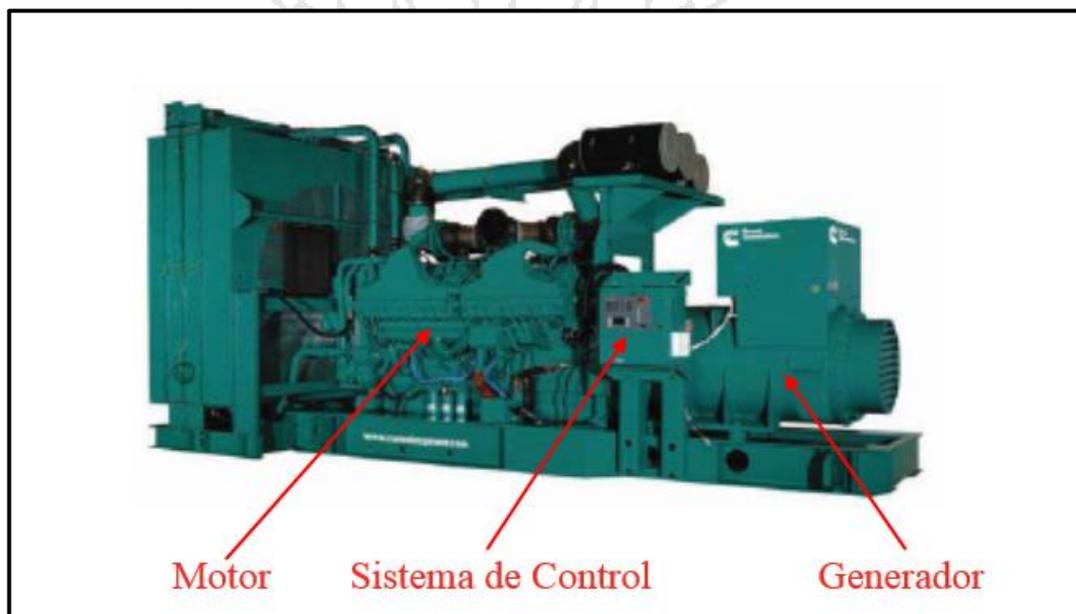


Figura 7. Partes de grupo generador general
Fuente: (Cummins Generation Power Inc., 2013)

2.2.14.2 GENERADOR Y SUS SISTEMAS

- Estator
- Rotor
- Sistema excitatriz
 - Auto excitado
- Rectificadores
- Regulador de voltaje (AVR)

- Resistencia deshumedecedora (Opcional)

2.2.14.3 GENERADOR AUTOEXCITADO

El sistema de excitación de un generador auto-excitado se energiza, vía el regulador de voltaje automático (AVR), derivando la energía de la salida del generador. El regulador de voltaje detecta el voltaje y frecuencia de salida del generador, las compara con los valores de referencia y luego suministra una salida CD regulada a los devanados de campo del excitador. El campo del excitador induce una salida CA en el rotor del excitador, la salida del excitador se rectifica con diodos giratorios para suministrar CD para el rotor principal (campo del generador).

El regulador de voltaje aumenta o disminuye la corriente del excitador al detectar cambios en el voltaje y frecuencia de salida debido a los cambios en la carga, aumentando o disminuyendo la intensidad de campo del generador. La salida del generador es directamente proporcional a la intensidad de campo.

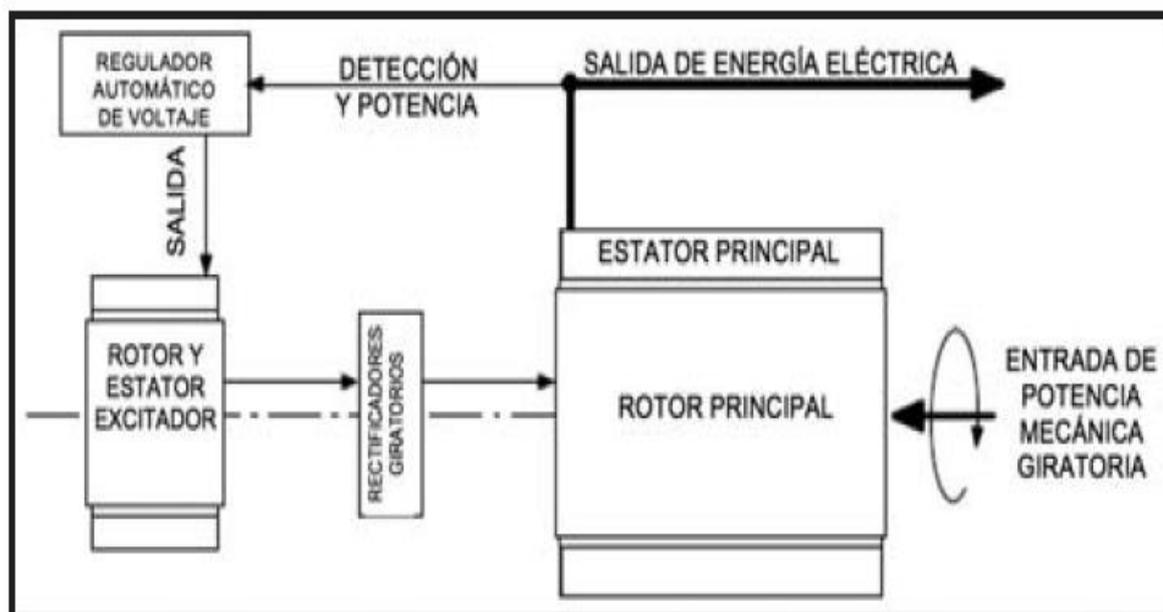


Figura 8. Generador autoexcitado

Fuente: (Cummins Generation Power Inc., 2013)

2.2.14.4 VENTAJAS DE AUTOEXCITACIÓN

- Un sistema de excitación del generador autoexcitado es el menos caro disponible por un fabricante.
- Proporciona buen servicio bajo todas las condiciones de operación cuando el conjunto generador se dimensiona apropiadamente para la aplicación.
- La ventaja de un sistema auto-excitado sobre un sistema excitado por separado es que el auto-excitado inherentemente se está auto-protegiendo bajo condiciones simétricas de corto circuito ya que el campo se “colapsa”.
- Las máquinas auto-excitas dependen del magnetismo residual para energizar el campo. Si el magnetismo residual no es suficiente, será necesario aplicar voltaje al campo con una fuente de energía CD.
- Pudiera ser necesario seleccionar un generador más grande para proporcionar un desempeño aceptable para arranque de motores.

2.2.14.5 DESVENTAJAS DE AUTOEXCITACIÓN

- Las máquinas auto-excitas dependen del magnetismo residual para energizar el campo. Si el magnetismo residual no es suficiente, será necesario aplicar voltaje al campo con una fuente de energía CD.
- Pudiera ser necesario seleccionar un generador más grande para proporcionar un desempeño aceptable para arranque de motores.

2.2.14.6 GENERADOR CON EXCITACIÓN SEPARADA

El sistema de excitación de un generador con excitación por separado es similar al de un generador auto-excitado excepto que un generador de imán permanente (PMG) por separado localizado en el extremo del rotor del generador principal energiza el regulador de voltaje.

Como es una fuente de poder por separado, el circuito de excitación no se ve afectado por las cargas en el generador.

Con este sistema de excitación es necesario proteger al generador de las condiciones de falla porque el generador es capaz de operar hasta que se destruya. El Sistema de Control

Power Command® con AmpSentry™ ofrece esta protección regulando la corriente de corto circuito sostenida y apagando el conjunto generador en el caso que la corriente de falla persista pero antes de que se dañe el alternador

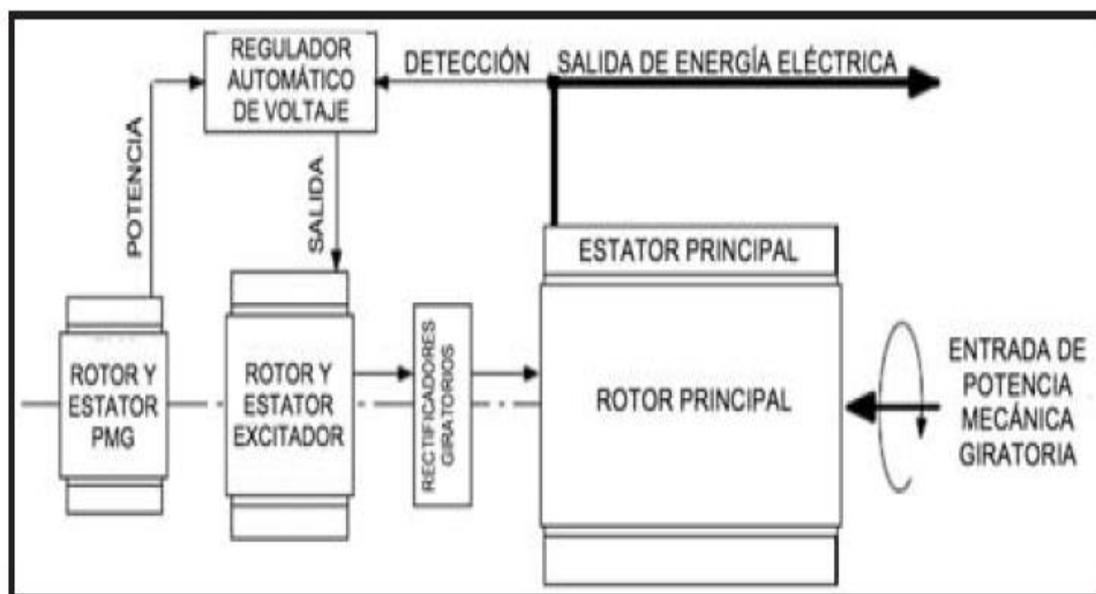


Figura 9. Generador autoexcitado separado
Fuente: (Cummins Generation Power Inc., 2013)

2.2.14.7 VENTAJAS DE EXCITACIÓN SEPARADA

- El generador es capaz de soportar dos o tres veces la corriente nominal por aproximadamente diez segundos.
- Los sistemas de excitación del generador con excitación por separado se recomiendan para aplicaciones donde son necesarios una capacidad mejorada para arranque de motores.

2.2.14.8 DESVENTAJAS DE EXCITACIÓN SEPARADA

Con este sistema de excitación es necesario proteger al generador de las condiciones de falla porque el generador es capaz de operar hasta que se destruya. El Sistema de Control Power Command® con AmpSentry™ ofrece esta protección regulando la corriente de corto circuito sostenida y apagando el conjunto generador en el caso que la corriente de falla persista pero antes de que se dañe el alternador.

2.2.14.9 DIFERENCIAS EN LOS SISTEMAS DE EXCITACIÓN

Auto-excitado

- Caídas de Voltaje Más Altas
- Menor Tolerancia a Cargas No Lineales
- Menor Capacidad de Arranque de Motor

Excitado Por Separado

- Menores Caídas de Voltaje
- Corriente de Falla sostenida
- Mejor Inmunidad a la Carga No-Lineal
- Mejor Arranque del Motor.

Operación Grupo Electrónico

Revisiones previas al arranque:

Revisar nivel de aceite, nivel de refrigerante y voltaje de baterías

Revisar nivel de combustible en el tanque de abastecimiento

Elementos que puedan bloquear o dificulten el paso de aire en la entrada y salida

Sistema de escape libre de restricciones en la salida

Revisar el ajuste de conexiones de batería

Revisar en el control, alarmas o paradas activas

Revisiones previas

- **Revisar restricción del filtro de aire**



Figura 10. Filtro de aire

Fuente: (Cummins Generation Power Inc., 2013)

Recomendaciones de Funcionamiento

Nivel de carga: Reducir al mínimo los intervalos de funcionamiento sin carga. No trabajar a menos del 30% de carga nominal en Standby. Los grupos de Standby deben ejercitarse por lo menos una vez cada dos semanas por 15 minutos, de preferencia con carga. No aplicar carga hasta tener una temperatura de motor adecuada (32°C mínimo).

Modos de encendido

Los modos de encendido/apagado del tablero de control y software operativo son: apagado, Protector de pantalla e Inactivo/Activo.

Modo Screen Saver(Protector de Pantalla):

La energía de la pantalla se corta después de 10 minutos (con grupo funcionando o apagado). El cronómetro de 10 minutos se pone a cero y comienza nuevamente después de cada acción en el tablero de control.

Cuando el PCC detecta una señal de “Aviso”, en la pantalla de control aparecerá un mensaje de aviso. El control permanecerá activado hasta que se pulse el botón Fault Acknowledge para borrar el mensaje y activar el cronómetro.

Modo Sleep/Awake:

En este modo, el software operativo está inactivo y los LED y la pantalla en el tablero de control están apagados. Se usa para reducir el consumo de batería cuando el control está en modo Automático y sin usar.

Es necesario usar la herramienta de servicio Inpower para habilitar o inhabilitar los modos de encendido.

Inspección General

Durante el funcionamiento, estar alerta a cualquier problema que podría crear una condición insegura o peligrosa.

Sistema de escape

Con el grupo electrógeno en marcha, revisar visual y audiblemente todo el sistema de escape, incluyendo el múltiple, silenciador y el tubo de escape.

Sistema de combustible

Con el grupo electrógeno en marcha, revisar las líneas de suministro y retorno de combustible, los filtros y los adaptadores en busca de fugas. Revisar las secciones flexibles en busca de cortes, grietas y abrasiones y asegurar que no están frotando contra algo que podrían causar roturas.

Sistema eléctrico de CA

Hacer las siguientes revisiones cuando el grupo electrógeno está funcionando.

Frecuencia

La frecuencia del generador debe estar estable y la indicación debe igualar el valor especificado en la placa de datos.

Voltaje AC

Cuando el grupo está sin carga, el o los voltajes interlineales deben ser iguales al valor especificado en la placa de datos.

Amperímetro de AC

Las indicaciones de corriente sin carga deben ser cero. Con una carga aplicada, cada corriente de línea debe ser casi igual a las demás.

Luces de tablero

Mantener oprimido el botón Panel Lamp/Lamp Test en el tablero de control. Todas las luces indicadoras deben iluminarse. Verificar que todas las bombillas estén iluminadas y luego soltar el botón.

Sistema eléctrico de CC

Revisar los bornes de la batería en busca de conexiones limpias y apretadas. Las conexiones flojas o corroídas crean resistencia y podrían impedir el arranque. Limpiar y volver a conectar los cables de la batería si están flojos. Siempre que se desconecten las baterías, desconectar primero los bornes negativos. Cuando se instale primero conectar los bornes positivos.

Motor

Revisar frecuentemente los niveles de fluidos, la presión de aceite y la temperatura de refrigerante.

La mayoría de los problemas del motor pueden detectarse con anticipación. Mirar y escuchar si hay cambios en el rendimiento, sonido o apariencia del motor que pueden indicar la necesidad de servicio o reparación.

Algunos cambios a buscar en el motor:

- Falla de encendido.
- Vibración.
- Ruidos raros.
- Cambios repentinos en la temperatura o presión de funcionamiento del motor.
- Exceso de humo de escape.
- Pérdida de potencia.
- Aumento de consumo de aceite.
- Aumento de consumo de combustible.

- Fugas de combustible, aceite o refrigerante.

Grupos Electrógenos con Motor QSK23

Sistema de aire

El sistema se inicia en el filtro de aire. En él se quedan todas las impurezas que se encuentran en el aire. Luego del filtro de aire, continúa su recorrido hacia el turbocargador. Sigue su recorrido, pasa por el enfriador y luego al múltiple de admisión. Luego el aire se dirige a la cámara de combustión en cada cilindro. Ya en los cilindros se produce la mezcla aire-combustible. Después en el proceso de escape se expulsan los gases hacia el turbocargador. Por último los gases de escape son expulsados a exterior a la vez que impulsan al turbocargador.

Sistema de refrigerante

El sistema comienza en la bomba de refrigerante, el refrigerante continúa su recorrido por enfriador de aceite, luego se dirige hacia los cilindros, después se dirige hacia las culatas y retorna al block, después, el refrigerante se dirige al cabezal de termostatos, si la temperatura está en $76,5^{\circ}\text{C}$ (170°F) el agua retorna al ingreso de la bomba de refrigerante, si la temperatura del refrigerante está en 90°C (194°F) el refrigerante se derivará hacia el radiador, adicionalmente el sistema tiene un filtro dosificador de aditivos al refrigerante, el motor cuenta con agujeros de purga para cuando se realice llenado de refrigerante y evitar problemas de burbujas de aire, también se cuenta con una línea de venteo hacia la parte superior del radiador para purga automática cuando se llena el refrigerante.

Sistema de combustible

Presión/Tiempo, es un sistema mecánico, el sistema de combustible comienza en los filtros separadores, después de los filtros, el combustible se dirige a la bomba, la tarjeta de combustible controla el actuador de la bomba y recibe referencia del sensor de presión, después de la bomba el combustible se dirige a la caja de válvulas, en la ECVA se encuentra la válvula de corte, el actuador de dosificación de combustible, la tarjeta de combustible controla el flujo mediante el actuador de dosificación, mediante un sensor de dosificación de combustible el control se entera qué cantidad de combustible pasa al motor, la tarjeta de combustible, mediante un actuador de timing controla el adelanto o retraso de la inyección, el control, mediante un sensor de timing recibe la condición de este, luego el combustible sale de la ECVA tanto de dosificación como de timing, luego el combustible pasa por conductos en la culata hacia los inyectores, luego se drena el combustible que no se usó durante la combustión, luego el combustible pasa por un enfriador para retornar al tanque.

Sistema de lubricación

Comienza cuando la bomba de aceite succiona el aceite del carter, luego el aceite pasa a las galerías y a los enfriadores de aceite, después pasa a los filtros de aceite, galerías internas del block, mediante las galerías del block se dirige al aceite hacia los metales del cigüeñal, mediante los metales, se dirige al aceite al cigüeñal y las bielas, aceite al eje de levas, después el aceite sube hacia las levas de las válvulas y el inyector, adicionalmente el aceite va hacia el turbocompresor, adicionalmente también se distribuye hacia la distribución.

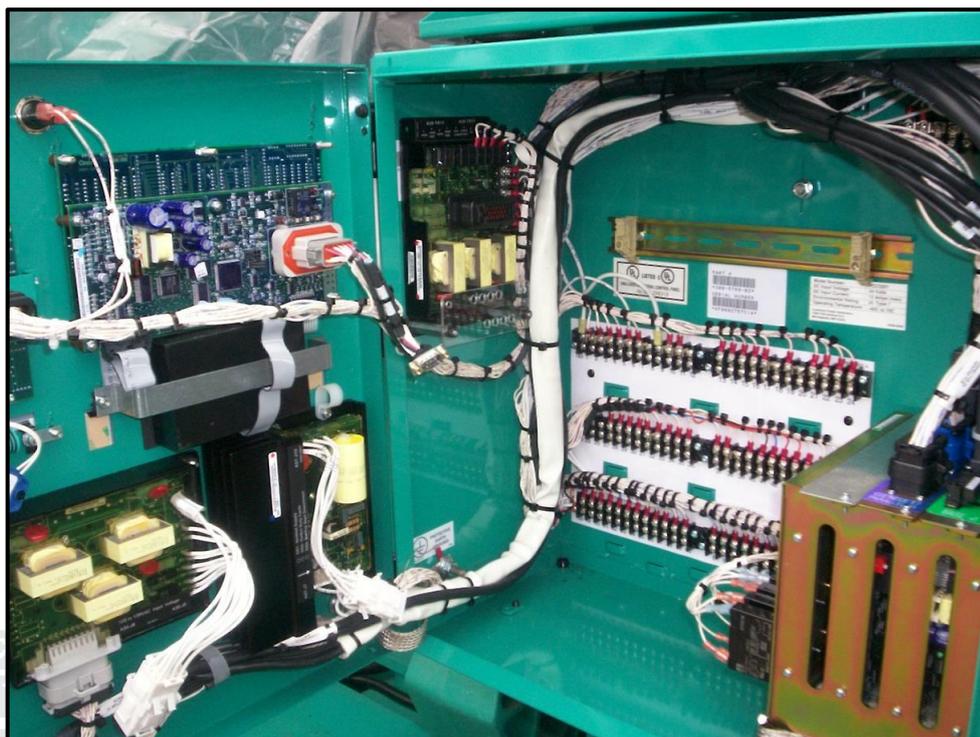


Figura 11. Vista de Caja de tarjetas PCC3201
Fuente: (Cummins Generation Power Inc., 2013)

2.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

El diseño e implementación del sistema de drenaje mejora el sistema de acarreo de mineral en la mina Antapaccay.

2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

A. El diseño del sistema de drenaje mejora el sistema de acarreo.

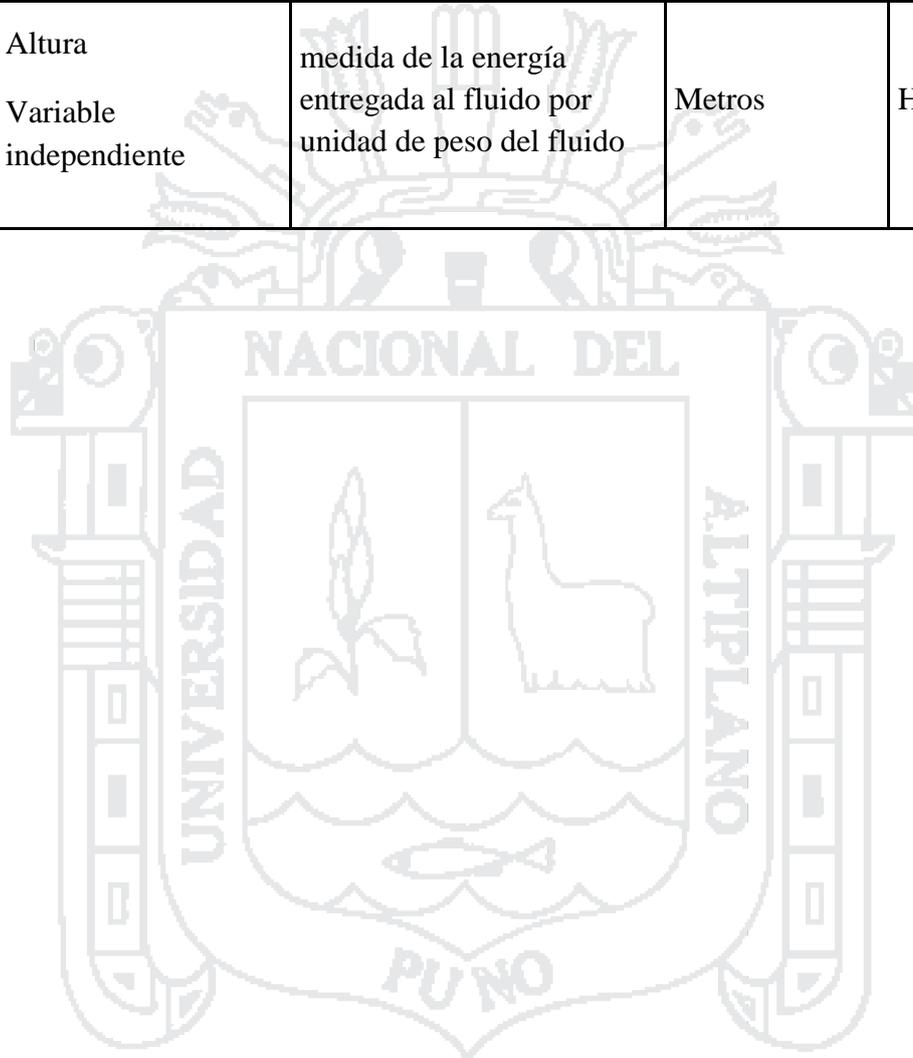
B. La implementación del sistema de drenaje mejora el sistema de acarreo.

2.4 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Dado que la función de las hipótesis es explicitar las variable objeto de investigación, es necesario conceptualizar y operacionalizar las variables de estudio ya sean independientes o dependientes.

Cuadro 2. Operacionalizacion de variables

Variable	Definición operacional	Indicadores	Índice
Caudal Variable dependiente	Volumen de fluido por unidad de tiempo, para ser bombeada	Metros cúbicos por segundo	Q
Altura Variable independiente	medida de la energía entregada al fluido por unidad de peso del fluido	Metros	H





DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN

3.1 METODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 DEDUCTIVO

Este proyecto inicia con fundamentos y principios de cálculos básicos, mecánica de fluidos y operaciones unitarias. Partiendo así el diseño de líneas de bombeo, mediante selección adecuada de los equipos y accesorios

3.1.2 DESCRIPTIVO

Se describe líneas de bombeo, del cual ya se hacen sistemas de bombeo, los cuales se instalan para el funcionamiento de la misma; dando a un sistema de drenaje para el tajo sur de la mina.

Mediante este sistema se dará una solución para las guas dentro del tajo ya sean de afluentes o de prestaciones

3.2 UBICACIÓN

La mina Antapaccay está localizado en el Distrito de Yauri, provincia de Espinar, Departamento de Cusco, al Sur Este del cinturón cuprífero de Andahuaylas-Yauri, en el Sur del Perú. Este yacimiento cuprífero está a 4,100 m.s.n.m. a 256 Km de la ciudad de Cusco al SSE, y a 255 Km. de la ciudad de Arequipa al NNE.

El Yacimiento Cuprífero de Antapaccay queda ubicada al sur del Perú en el Flanco Oriental de la Cordillera Occidental. La zona se encuentra delimitada bajo las siguientes coordenadas geográficas, 14°55' Latitud Sur 71°25' Longitud Oeste, 14°60' Latitud Sur 71°27' Longitud Oeste.

3.2.1 ACCESIBILIDAD

Vía Terrestre.-La Mina Antapaccay está a 255 Km. NNE de la ciudad de Arequipa con un acceso por carretera afirmada vía Yura-Sumbay-Condorama- Tintaya-Antapaccay y a 256 Km. al SSE de la ciudad del Cusco vía Urcos-Sicuani-Yauri-Tintaya-Antapaccay, también por un acceso de carretera afirmada.

Su puerto de embarque más próximo es Matarani en Arequipa que dista a 390 Km.

Vía Aerea. La mina cuenta con un helipuerto ubicado cerca al campamento minero, de igual forma la compañía cuenta con un aeropuerto que sólo soporta aviones ligeros que se encuentra a 2.5 KM. de Yauri.

3.3 TRABAJOS DE CAMPO

El trabajo de preparación de terrenos para posas, carretes de tubería ya soldadas por termofusion, fabricación de boyas que soportan el peso de bomba y codo de descarga, fabricación de codo de descarga junto con válvula check, spool tipo “te”. Estos trabajos se llevaron a cabo similar en todas posas.

3.3.1 PREPARACION DE POZAS:

- Preparación de terreno: con el apoyo con equipo auxiliar (excavadora o rompe rocas si fuese necesario) se realizó la excavación y perfilado de la poza de sedimentación y de bombeo, para el acabado final se perfiló con personal de piso utilizando palas y picos.
- En paralelo se traslada materiales para el forrado de pozas con el apoyo de un camión grúa, se traslada geotextil y geomembrana.
- Metrado, corte y Forrado de pozas: para mayor seguridad se tiende dos capas de geotextil esto para tapar y suavizar el terreno de piedras filosas que pueden dañar

la capa de geomembrana, luego de tiende y se suelda geomembrana en todo el área de la poza.

3.3.2 PREPARACION DE TUBERIAS HDPE:

- Se alinean con ayuda de equipo auxiliar (excavadora, cargador frontal o grúas) los tubos de HDPE 10 tubos de 12 metros teniendo carretes de 120 metros de distancia.
- Proceso de termofusión: se alinean transversalmente ambos tubos ya en la bancada de la máquina de termofusión con ayuda de pórticos y tecles para levantarlos, se le coloca las mordazas y ajustarlas para su alineación, una vez bien alineada se refrenta (cepillado de caras transversales para que estén lisas), luego el paso siguiente es de calentar la sección refrentada con plato calefactor hasta una temperatura adecuada para su termofusionado, ya calentada se le saca el plato calefactor y se le junta a presión para que se termofusione. Se deja de presionar sin separarlos para su enfriamiento
- Para cada lado de fin de tubería se termofusiona un adaptador con brida (stud end) según diámetro de tubería.
- Una vez listo los carretes se trasladan jalando con equipo pesado ya sea motoniveladora, cargador frontal o torito cablero. Posicionándola según puntos de bombeo inicio y de descarga final.
- Se posicionan las tuberías una tras otra para el embridado, después se hace el lanzamiento de tubería con ayuda de equipos auxiliares (excavadoras una arriba y otra abajo, tractores de gran capacidad para retenida)
- Este paso se realiza con ayuda o presencia de personal de rescate, respuesta de primeros auxilios, supervisión tanto de mina como de contratistas, asesore HSEC tanto de mina como contratistas (seguridad de mina).

3.3.3 PREPARACION DE BOYA PARA BOMBA:

El diseño y fabricación de la boya está a cargo de una empresa subcontratista. Cumpliendo estándares de seguridad para realizar trabajos en ella como drenar el agua de la columna de tubería, empalmar cabezales de cable de fuerza y de control de bomba a tablero. La fabricación es de fierro codo de 90° válvula check 10" un spool tipo "te" de ahí se embrida tubería HDPE

3.3.4 PREPARACION DE BOMBA Y ACCESORIOS

- Mediciones eléctricas y mecánicas del motor, protocolo de pruebas y prueba en vacío
- Empalme de cable sumergible Tripolar + Tierra hacia caja de conexión eléctrica
- se mide el aislamiento de cable líneas con tierra
- se verifica el sentido de giro de la bomba.
- En paralelo se fabrica el codo de descarga, válvula check, un niple con spish (spool) para el drenado de columna de agua y la base de soporte para sumergirla la bomba.
- Se arma el codo de descarga embridado con la válvula check y spool
- Se traslada con mucho cuidado a la poza para su montaje la bomba el tablero de control la base de soporte el codo de descarga la boya y cables para la conexión.

3.3.5 ACTIVIDADES EJECUTADAS ADICIONALES

Traslado con camión grúa de accesorios de bombeo a pozo: Se apoyó con 02 operarios y 01 camioneta para traslado; el personal se desempeñó como retenedidas para el camión grúa, en la carga en almacén de patio de bombas, taller eléctrico drenaje y pampilla y en la descarga en el Pozo en mención.

3.4 CALCULOS DE POTENCIA DEL MOTOR-BOMBA

Para este proyecto se calculó 4 pozas intermedias detalladas en el cuadro siguiente:

Cuadro 3. Detalle de pozas

	nivel (msnm)	descarga a nivel (msnm)	longitud de tubería (m)	caudal por tubería (l/s)
poza 1	3735	3765	180	100
poza 2	3765	3885	700	100
poza 3	3885	4000	2500	100
poza 4	4000	4020	800	100

Elaboración propia

Cuadro 4. Datos de físicos del agua

Datos de Fluido: Agua			
Temperatura(T °C):	20	30	40
Densidad (ρ Kg/m ³):	998	996	992
Viscosidad(μ Kg /m.s):	0.01020	0.0080	0.00650
Peso específico γ (Kn/m ³)	9.79	9.77	9.73

Fuente: (Mataix, 1993)

3.4.1 POTENCIA EN LA POZA DEL NIVEL 3735 CON TUBERÍA DE 10”

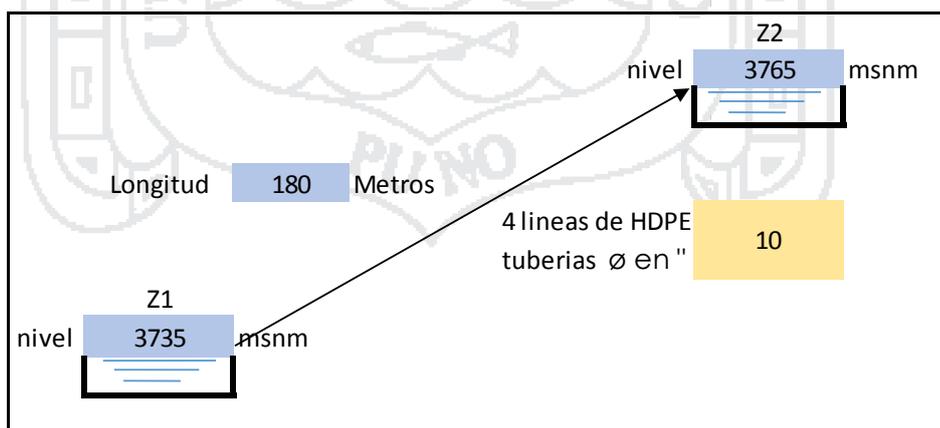


Figura 12. Datos de nivel 3735mnsnm hacia 3765 msnm
Elaboración propia

Calculo de velocidad:

$$v(m/s) = \frac{Q(m^3/s)}{A(m^2)}$$

Donde:

$$A(m^2) = \pi \frac{D^2}{4} = 3.1416 \frac{(10 \times 0.0254)^2}{4} = 0.05 m^2$$

En:

$$v(m/s) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{A(m^2)} = \frac{0.1}{0.05} = 1.97 m/s$$

Calculo de Reynolds para turbulencia

$$Re = \frac{\rho \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times v \left(\frac{m}{s} \right) \times d(m)}{\mu \left(\frac{kg}{m \cdot s} \right)} = \frac{995.7 \times 1.97 \times 10 \times 0.0254}{0.008} = 62278.$$

Mediante el ábaco de Moody tenemos factor de fricción $f=0.0192$

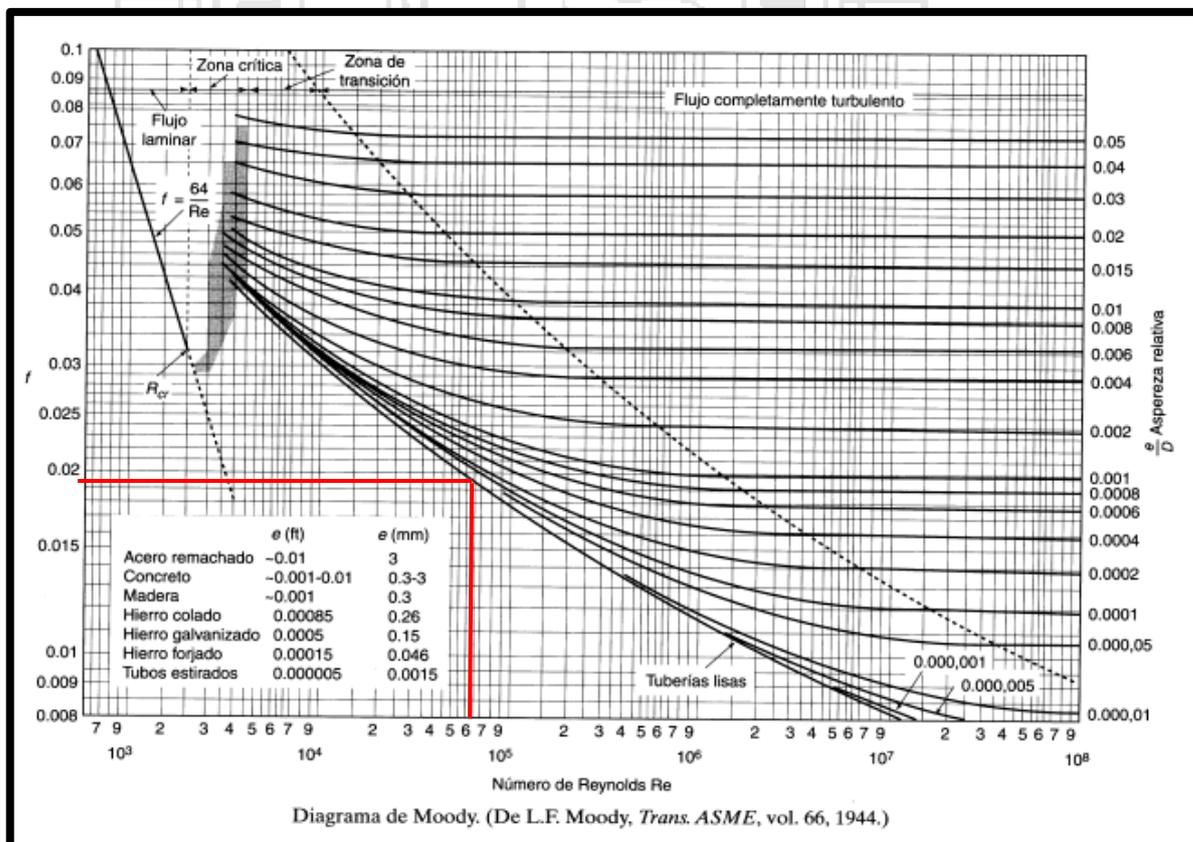


Figura 13. Diagrama de Moody para posa de nivel 3735 msnm
Fuente: (Tesis de pre grado de Anghelo Otazu, 2015)

Para hallar más preciso se utiliza la siguiente fórmula para flujo turbulento y tuberías lisas

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Para:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{1}{\sqrt{0.0195}} = 7.1611$$

Para:

Para: La rugosidad (ϵ) en tuberías de HDPE ES “0” por ser totalmente lisa

$$-2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{62278\sqrt{0.0195}} \right) = 7.0793$$

Hay un error de 0.08

Ahora probamos con $f=0.0199$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{1}{\sqrt{0.0199}} = 7.0888$$

$$-2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{62278\sqrt{0.0195}} \right) = 7.0881$$

Hay un error de 0.0009

Entonces reemplazamos en la ecuación de pérdidas primarias:

$$H_p(m) = \frac{f v^2}{D 2g} L = \frac{0.0199 \times 1.97^2}{10 \times 0.0254 \times 2 \times 9.81} \times 180 = 2.79(m)$$

Calculo de pérdidas secundarias:

$$H_s(m) = \sum k \times \frac{v^2}{2g}$$

De ábaco de pérdidas por accesorios

$$\sum k = k_{codo} + k_{check} + k_{te} + k_{pegas} = 4 + 7 + 22 + 21 \times 5 = 138$$

$$H_s(m) = 138 \times \frac{1.97^2}{2 \times 9.81} = 27.39 \text{ m}$$

Altura de carga de bomba:

$$H_b = (Z_2 - Z_1) + \left(\frac{v^2 - v^1}{2g} \right) + H_p + H_s =$$

$$H_b = (3765 - 3735) + \left(\frac{1.97^2 - 0}{2 \times 9.81} \right) + 2.97 + 27.39$$

$$H_b = 60.55 \text{ m}$$

Calculo del peso específico del agua:

$$\gamma \left(\frac{kg}{m^2 \cdot s^2} \right) = \rho \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times g \left(\frac{m}{s^2} \right) = 995.7 \times 9.81 = 9767.81$$

Calculo de potencia bruta:

$$Pot_b(w) = H_b(m) \times \gamma \left(\frac{kg}{m^2 \cdot s^2} \right) \times Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = 60.55 \times 9767.81 \times 0.1$$

$$Pot_b(w) = 59151.6$$

Calculo de potencia neta

$$Pot_n(kw) = (Pot_b(kw) / Rendimineto) / 1000$$

$$Rendimineto = \eta_{motor} \times \eta_{bomba} = 0.8 \times 0.85 = 0.68$$

En la fórmula de potencia neta:

$$Pot_n(kw) = \frac{59.1516}{0.68} = 86.98 kw$$

3.4.2 POTENCIA EN LA POZA DEL NIVEL 3765 CON TUBERÍA DE 14”

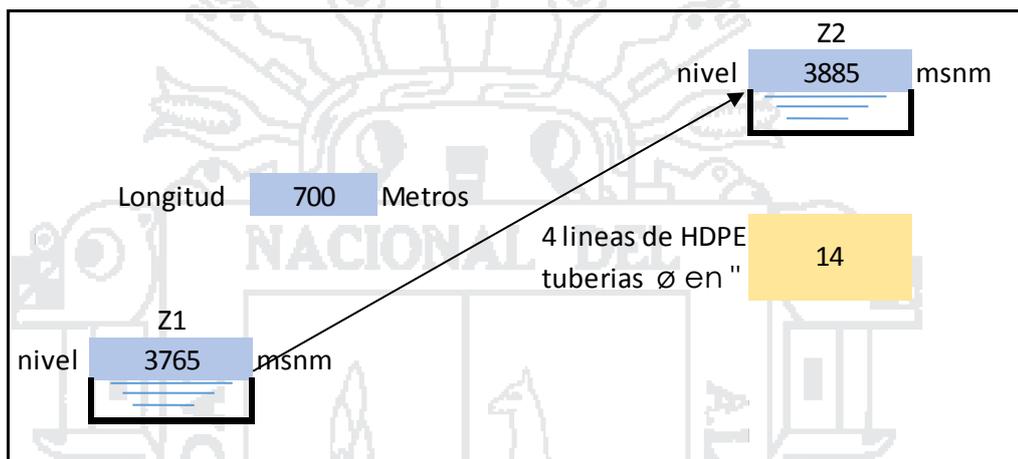


Figura 14. Datos de nivel 3765 msnm hacia 3885 msnm
Elaboración propia

Calculo de velocidad:

$$v(m/s) = \frac{Q(m^3/s)}{A(m^2)}$$

Donde:

$$A(m^2) = \pi \frac{D^2}{4} = 3.1416 \frac{(14 \times 0.0254)^2}{4} = 0.099m^2$$

En:

$$v(m/s) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{A(m^2)} = \frac{0.1}{0.099} = 1.006m/s$$

Calculo de Reynolds para turbulencia

$$Re = \frac{\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right) \times v \left(\frac{m}{s}\right) \times d(m)}{\mu \left(\frac{kg}{m.s}\right)} = \frac{995.7 \times 1.006 \times 14 \times 0.0254}{0.008} = 44564.$$

Mediante el ábaco de Moody tenemos factor de fricción $f=0.0210$

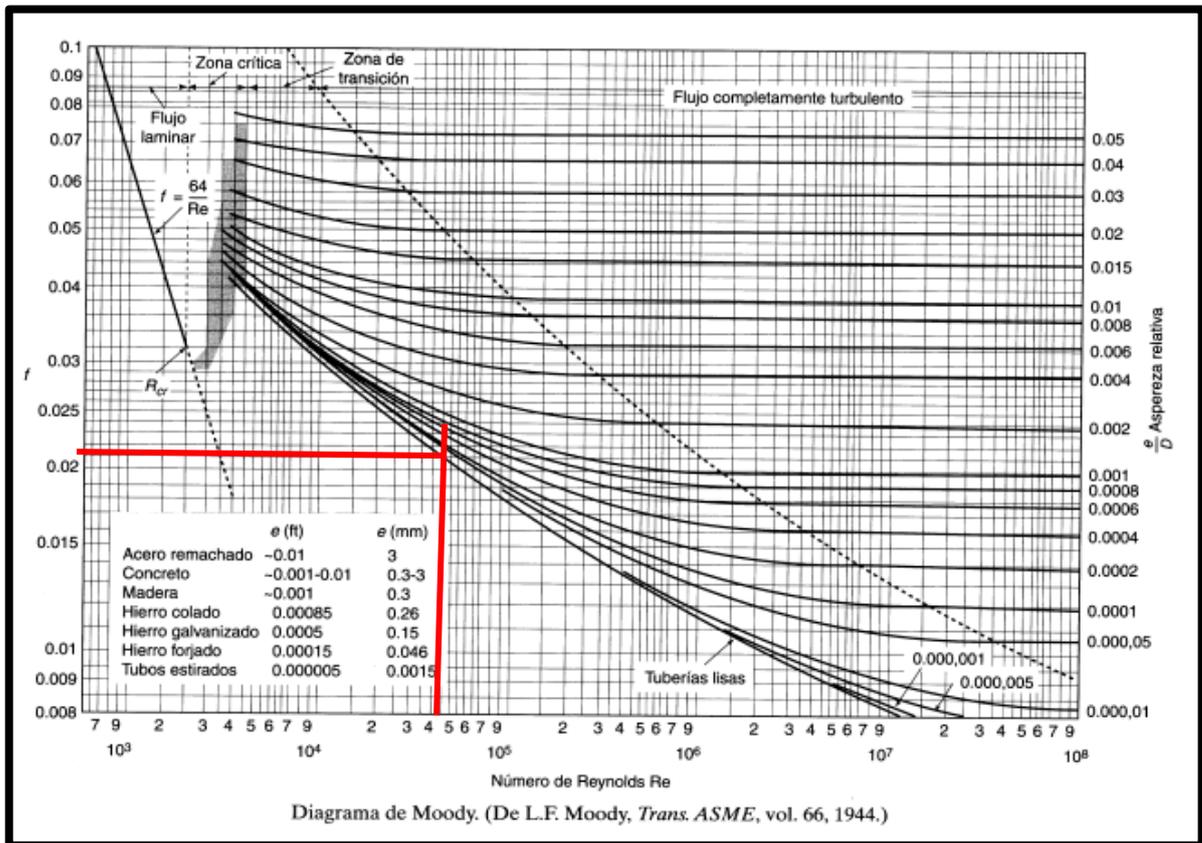


Figura 15. Diagrama de Moody para posa de nivel 3765 msnm
Fuente: (Tesis de pre grado de Anghelo Otazu, 2015)

Para hallar más preciso se utiliza la siguiente fórmula para flujo turbulento y tuberías lisas

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Para:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{1}{\sqrt{0.0210}} = 6.900$$

Para:

Para: La rugosidad (ϵ) es tuberías de HDPE ES “0” por ser totalmente lisa

$$-2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{44546\sqrt{0.0210}} \right) = 6.820$$

Hay un error de 0.07

Ahora probamos con $f=0.0214$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{1}{\sqrt{0.0214}} = 6.83$$

$$-2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{62278\sqrt{0.0195}} \right) = 6.829$$

Hay un error de 0.006

Entonces reemplazamos en la ecuación de pérdidas primarias:

$$H_p(m) = \frac{f v^2}{D 2g} L = \frac{0.0214 \times 1^2}{14 \times 0.0254 \times 2 \times 9.81} \times 700 = 2.147(m)$$

Calculo de pérdidas secundarias:

$$H_s(m) = \sum k \times \frac{v^2}{2g}$$

De ábaco de pérdidas por accesorios

$$\sum k = k_{codo} + k_{check} + k_{te} + k_{pegas} = 4 + 7 + 22 + 59 \times 5 = 328$$

$$H_s(m) = 328 \times \frac{1^2}{2 \times 9.81} = 16.71 m$$

Altura de carga de bomba:

$$H_b = (Z_2 - Z_1) + \left(\frac{v^2 - v^1}{2g} \right) + H_p + H_s =$$

$$H_b = (3885 - 3765) + \left(\frac{1^2 - 0}{2 \times 9.81} \right) + 2.147 + 16.71$$

$$H_b = 138.9 \text{ m}$$

Calculo del peso específico del agua:

$$\gamma \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2} \right) = \rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 995.7 \times 9.81 = 9767.81$$

Calculo de potencia bruta:

$$Pot_b(w) = H_b(m) \times \gamma \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2} \right) \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = 138.9 \times 9767.81 \times 0.1$$

$$Pot_b(w) = 135682 \text{ w}$$

Calculo de potencia neta

$$Pot_n(kw) = (Pot_b(kw) / \text{Rendimineto}) / 1000$$

$$\text{Rendimineto} = \eta_{\text{motor}} \times \eta_{\text{bomba}} = 0.8 \times 0.85 = 0.68$$

En la fórmula de potencia neta:

$$Pot_n(kw) = \frac{135.682}{0.68} = 199.5 \text{ kw}$$

3.4.3 POTENCIA EN LA POZA DEL NIVEL 3885 CON TUBERÍA DE 16”

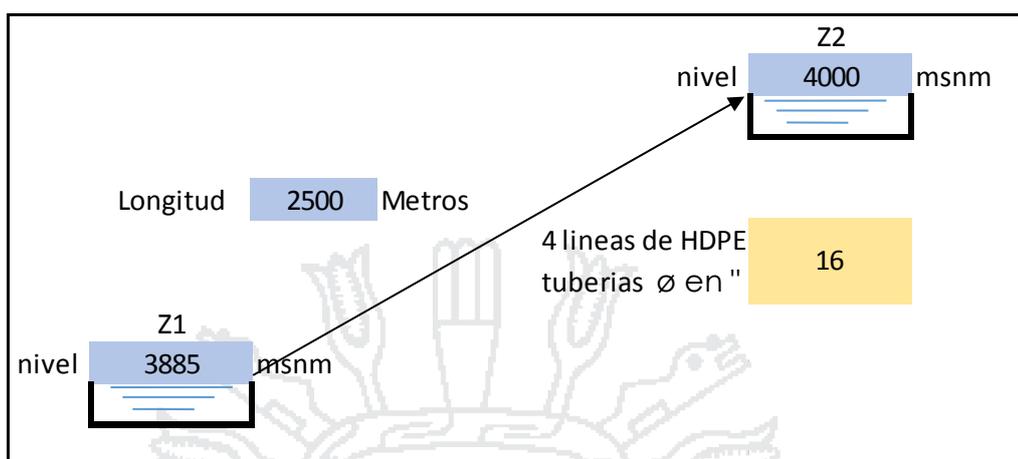


Figura 16. Datos de nivel 3885 msnm hacia 4000 msnm
Elaboración propia

Calculo de velocidad:

$$v(m/s) = \frac{Q(m^3/s)}{A(m^2)}$$

Donde:

$$A(m^2) = \pi \frac{D^2}{4} = 3.1416 \frac{(16 \times 0.0254)^2}{4} = 0.129m^2$$

En:

$$v(m/s) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{A(m^2)} = \frac{0.1}{0.129} = 0.77m/s$$

Calculo de Reynolds para turbulencia

$$Re = \frac{\rho \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times v \left(\frac{m}{s} \right) \times d(m)}{\mu \left(\frac{kg}{m.s} \right)} = \frac{995.7 \times 0.77 \times 16 \times 0.0254}{0.008} = 38996.$$

Mediante el ábaco de Moody tenemos factor de fricción f=0.0225

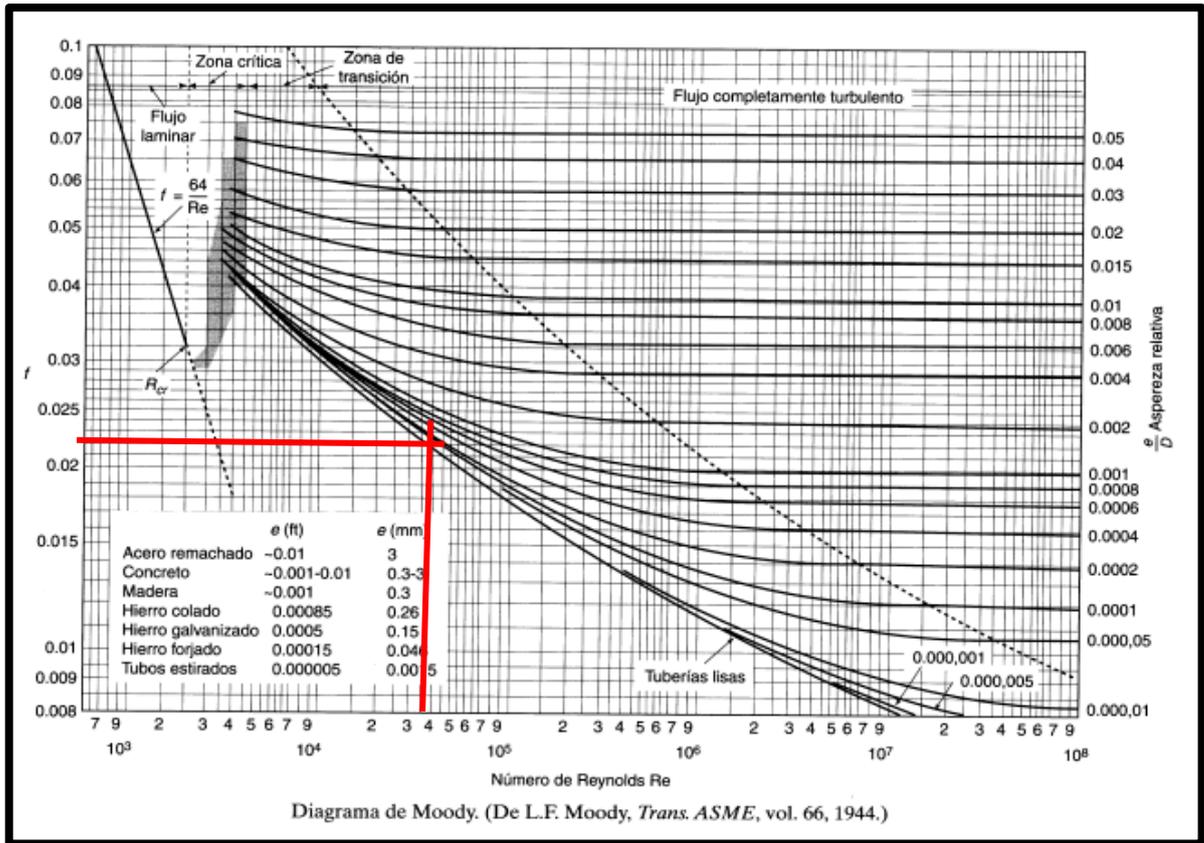


Figura 17. Diagrama de Moody para posa de nivel 3885 msnm

Fuente: (Tesis de pre grado de Anghelo Otazu, 2015)

Para hallar más preciso se utiliza la siguiente fórmula para flujo turbulento y tuberías lisas

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Para:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{1}{\sqrt{0.0210}} = 6.667$$

Para:

Para: La rugosidad (ϵ) es tuberías de HDPE ES “0” por ser totalmente lisa

$$-2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{38996\sqrt{0.0225}} \right) = 6.734$$

Hay un error de 0.06

Ahora probamos con $f=0.0221$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{1}{\sqrt{0.0221}} = 6.726$$

$$-2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{38996\sqrt{0.0221}} \right) = 6.727$$

Hay un error de 0.0001

Entonces reemplazamos en la ecuación de pérdidas primarias:

$$H_p(m) = \frac{f v^2}{D 2g} L = \frac{0.0221 \times 0.77^2}{16 \times 0.0254 \times 2 \times 9.81} \times 2500 = 4.11(m)$$

Calculo de pérdidas secundarias:

$$H_s(m) = \sum k \times \frac{v^2}{2g}$$

De ábaco de pérdidas por accesorios

$$\sum k = k_{codo} + k_{check} + k_{te} + k_{pegas} = 4 + 7 + 22 + 104 \times 5 = 553$$

$$H_s(m) = 553 \times \frac{0.77^2}{2 \times 9.81} = 16.72 m$$

Altura de carga de bomba:

$$H_b = (Z_2 - Z_1) + \left(\frac{v^2 - v^1}{2g} \right) + H_p + H_s$$

$$H_b = (4000 - 3885) + \left(\frac{0.77^2 - 0}{2 \times 9.81} \right) + 4.11 + 16.72$$

$$H_b = 135.83 \text{ m}$$

Calculo del peso específico del agua:

$$\gamma \left(\frac{kg}{m^2 \cdot s^2} \right) = \rho \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times g \left(\frac{m}{s^2} \right) = 995.7 \times 9.81 = 9767.81$$

Calculo de potencia bruta:

$$Pot_b(w) = H_b(m) \times \gamma \left(\frac{kg}{m^2 \cdot s^2} \right) \times Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = 135.83 \times 9767.81 \times 0.1$$

$$Pot_b(w) = 132695 \text{ w}$$

Calculo de potencia neta

$$Pot_n(kw) = (Pot_b(kw) / Rendimineto) / 1000$$

$$Rendimineto = \eta_{motor} \times \eta_{bomba} = 0.8 \times 0.85 = 0.68$$

En la fórmula de potencia neta:

$$Pot_n(kw) = \frac{1132.695}{0.68} = 195.14 \text{ kw}$$

3.4.4 POTENCIA EN LA POZA DEL NIVEL 4000 CON TUBERÍA DE 14”

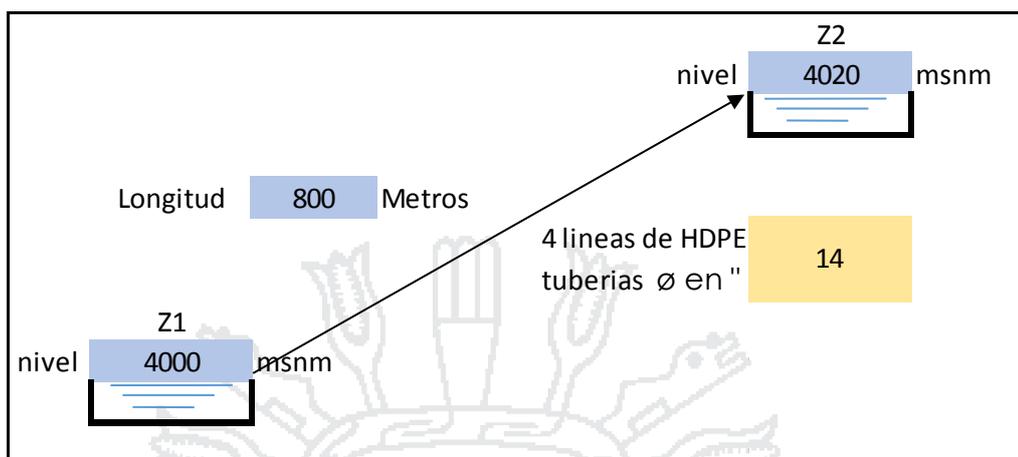


Figura 18. Datos de nivel 4000 msnm hacia 4020 msnm
Elaboración propia

Calculo de velocidad:

$$v(m/s) = \frac{Q(m^3/s)}{A(m^2)}$$

Donde:

$$A(m^2) = \pi \frac{D^2}{4} = 3.1416 \frac{(14 \times 0.0254)^2}{4} = 0.099m^2$$

En:

$$v(m/s) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{A(m^2)} = \frac{0.1}{0.099} = 1.006m/s$$

Calculo de Reynolds para turbulencia

$$Re = \frac{\rho \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times v \left(\frac{m}{s} \right) \times d(m)}{\mu \left(\frac{kg}{m.s} \right)} = \frac{995.7 \times 1.006 \times 14 \times 0.0254}{0.008} = 44564.$$

Mediante el ábaco de Moody tenemos factor de fricción f=0.0210

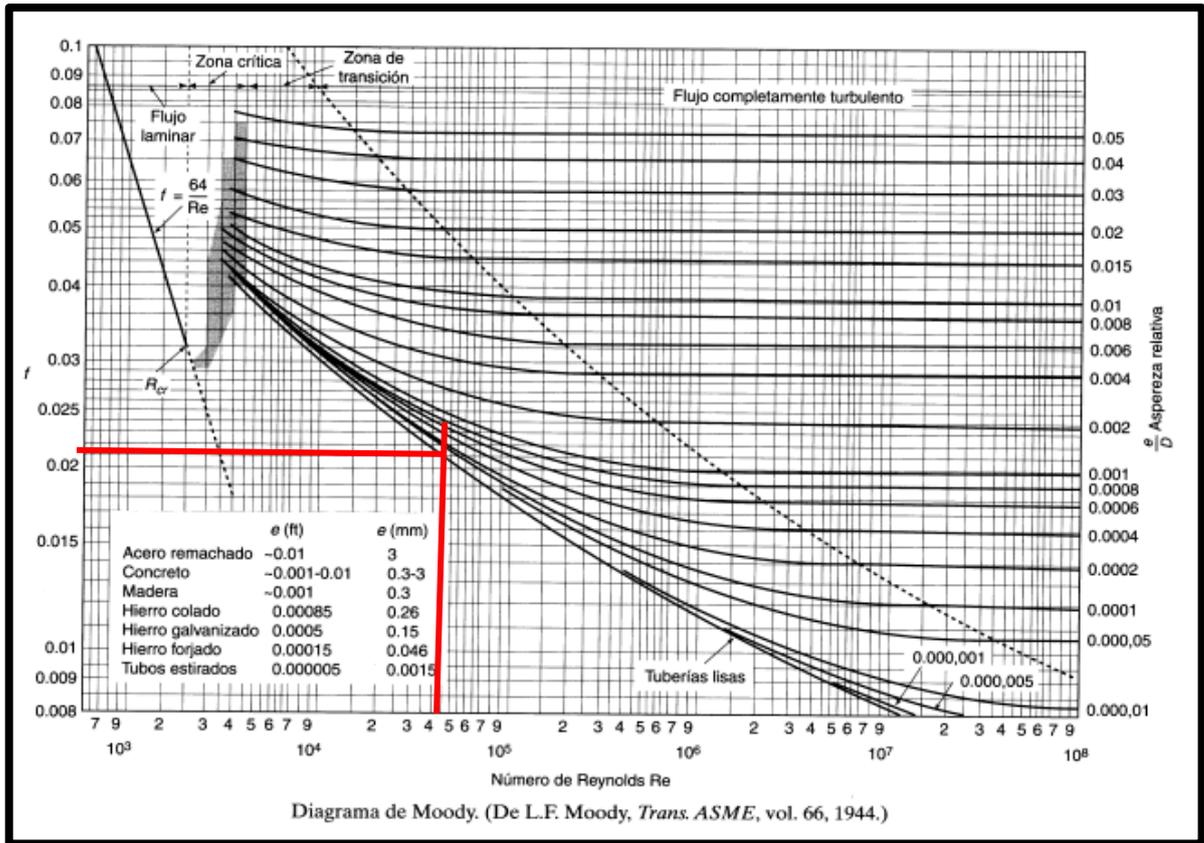


Figura 19. Diagrama de Moody para posa de nivel 4000 msnm

Fuente: (Tesis de pre grado de Anghelo Otazu, 2015)

Para hallar más preciso se utiliza la siguiente fórmula para flujo turbulento y tuberías lisas

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Para:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{1}{\sqrt{0.0210}} = 6.900$$

Para:

Para: La rugosidad (ϵ) es tuberías de HDPE ES “0” por ser totalmente lisa

$$-2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{44546\sqrt{0.0210}} \right) = 6.820$$

Hay un error de 0.07

Ahora probamos con $f=0.0214$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{1}{\sqrt{0.0214}} = 6.83$$

$$-2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.54} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{62278\sqrt{0.0195}} \right) = 6.829$$

Hay un error de 0.006

Entonces reemplazamos en la ecuación de pérdidas primarias:

$$H_p(m) = \frac{f v^2}{D 2g} L = \frac{0.0214 \times 1^2}{14 \times 0.0254 \times 2 \times 9.81} \times 800 = 2.45(m)$$

Calculo de pérdidas secundarias:

$$H_s(m) = \sum k \times \frac{v^2}{2g}$$

De ábaco de pérdidas por accesorios

$$\sum k = k_{codo} + k_{check} + k_{te} + k_{pegas} = 4 + 7 + 22 + 67 \times 5 = 368$$

$$H_s(m) = 368 \times \frac{1^2}{2 \times 9.81} = 18.76 m$$

Altura de carga de bomba:

$$H_b = (Z_2 - Z_1) + \left(\frac{v^2 - v^1}{2g} \right) + H_p + H_s =$$

$$H_b = (4020 - 4000) + \left(\frac{1^2 - 0}{2 \times 9.81} \right) + 2.45 + 18.76$$

$$H_b = 41.26 \text{ m}$$

Calculo del peso específico del agua:

$$\gamma \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2} \right) = \rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 995.7 \times 9.81 = 9767.81$$

Calculo de potencia bruta:

$$Pot_b(w) = H_b(m) \times \gamma \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2} \right) \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = 41.26 \times 9767.81 \times 0.1$$

$$Pot_b(w) = 40299 \text{ w}$$

Calculo de potencia neta

$$Pot_n(kw) = (Pot_b(kw) / \text{Rendimineto}) / 1000$$

$$\text{Rendimineto} = \eta_{motor} \times \eta_{bomba} = 0.8 \times 0.85 = 0.68$$

En la fórmula de potencia neta:

$$Pot_n(kw) = \frac{40.299}{0.68} = 59.26 \text{ kw}$$



ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS

Para esta tesis se consideró bombas de diferentes potencias, todas sumergibles superficiales de dos marcas diferentes

4.1.1 BOMBAS GORMAN RUPP-95HP S8A1 460V 3P

Cuadro 5. Datos de bomba gorman rupp-95HP S8A1 460V 3P

Tipo	SUMERGIBLE	Vn(V)	460
Marca	GORMAN RUPP	An(A)	105
Modelo	S8A1 460V 3P	RPM	1750
Serie	4165505-1	Pot.(kW)	70
Diametro succ.(in)	8	Pot.(Hp)	95
Diametro desc.(in)	8	L.bomba(m)	0.806
Peso Kg.	499	Presion maxima de op. (PSI)	103

Fuente: (The Gorman-Rupp Company, 2012)

Estas bombas se utilizaran en la posa del nivel 4000 msnm con descarga en el poza del nivel 4020 msnm, cuya posa es la final del tramo del sistema de drenaje de esta posa el flujo se direcciona hacia la planta de procesos y garzas de regadío de vías de camiones mineros.

La potencia que se necesita para poder bombear es de 59.26 kW. La bomba GORMAN RUPP-95HP S8A1 460V 3P tiene una potencia neta de 75 KW suficiente para nuestro sistema ente tramo. Tiene una succión y descarga de 8”.

Se instaló 4 bombas en independientemente teniendo un caudal de 400 l/s en total con una tensión de 460 voltios trifásico a 60 Hz de frecuencia con RPM de 1750. El diámetro de la tubería seleccionada es de 14” de material de HDPE

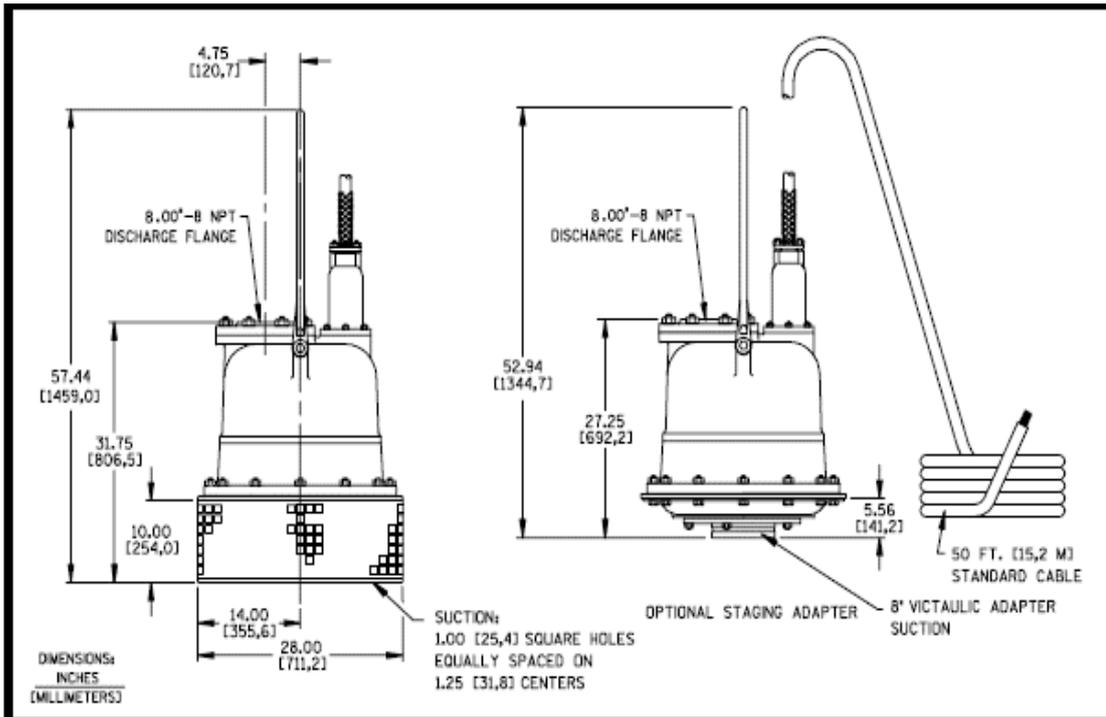


Figura 20. Especificaciones de bomba gorman rupp-95hp s8a1 460v 3p
Fuente: (The Gorman-Rupp Company, 2012)

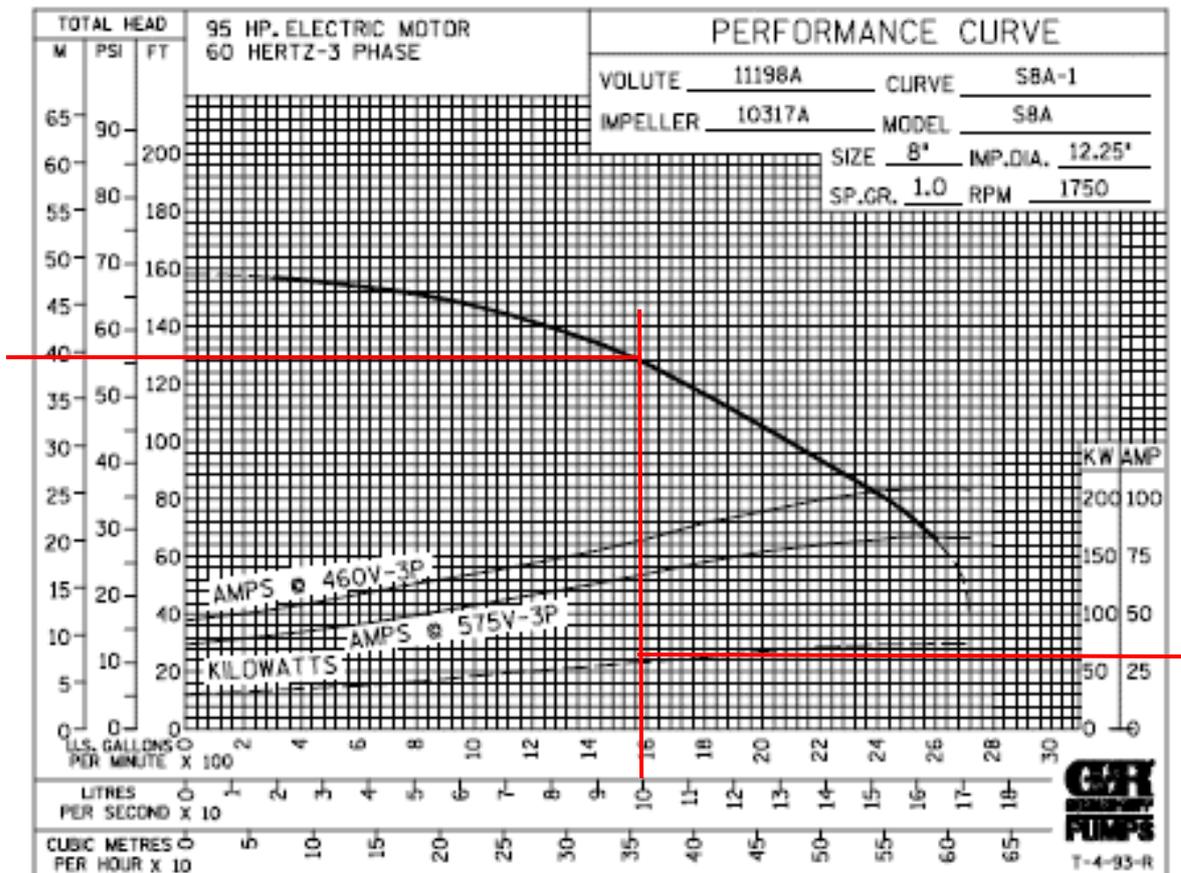


Figura 21. Curva característica de bomba gorman rupp-95hp s8a1 460v 3p
Fuente: (The Gorman Rupp Company, 2012)

4.1.2 BOMBAS GORMAN RUPP-275HP S8D1–E275 460/3

Cuadro 6. Datos de bomba gorman rupp 275 HP

Tipo	SUMERGIBLE	Vn(V)	460
Marca	GORMAN RUPP	An(A)	309
Modelo	S8D1–E275 460/3	RPM	1750
Serie	4165505-1	Pot.(kW)	205
Diametro succ.(in)	8	Pot.(Hp)	275
Diametro desc.(in)	8	L.bomba(m)	1.442
Peso Kg.	1909.6	Presion maxima de op. (PSI)	390

Fuente: (The Gorman-Rupp Company, 2016)

Estas bombas se utilizaran en las posa del nivel 3765 msnm con descarga en el poza del nivel 3885 msnm y 3885 con descarga en el nivel 4000 msnm en esta posas intermedias tiene una altura de 120 metros y 115 metros respectivamente

En el nivel 3765, la potencia que se necesita para poder bombear es de 199 kW. La bomba GORMAN RUPP-275HP S8D1–E275 460/3 tiene una potencia neta de 300 KW suficiente para nuestro sistema en este tramo. La bomba tiene una descarga de 8”.

Se instaló 4 bombas en independientemente teniendo un caudal de 400 l/s en total con una tensión de 460 voltios a 60 Hz de frecuencia con RPM de 1750. El diámetro de la tubería seleccionada es de 14” de material de HDPE

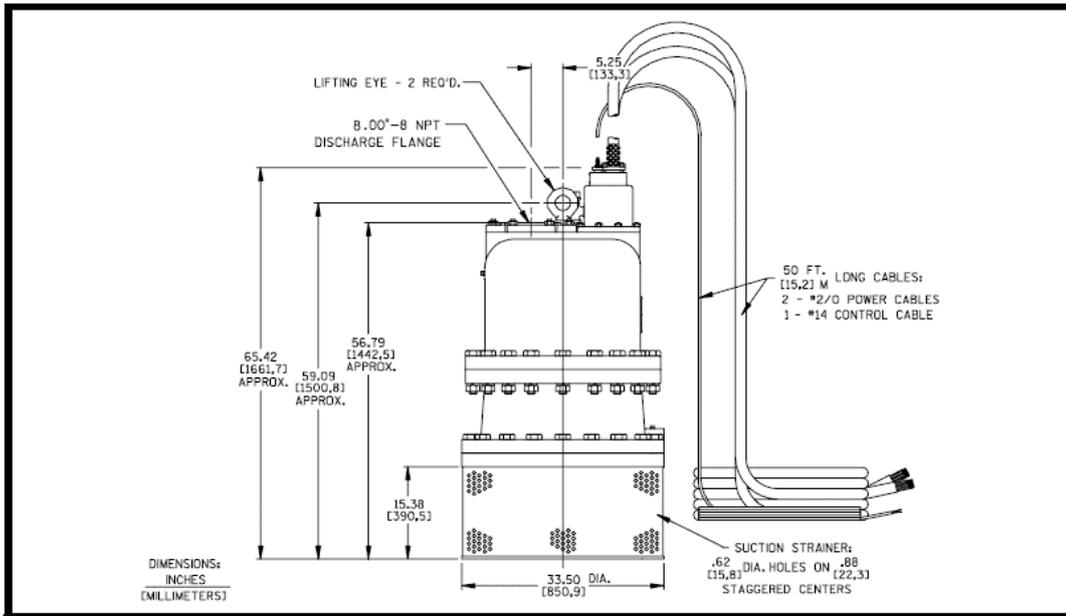


Figura 22. Especificaciones Bomba gorman rupp-275hp s8d1-e275 460/3

Fuente: (The Gorman-Rupp Company, 2016)

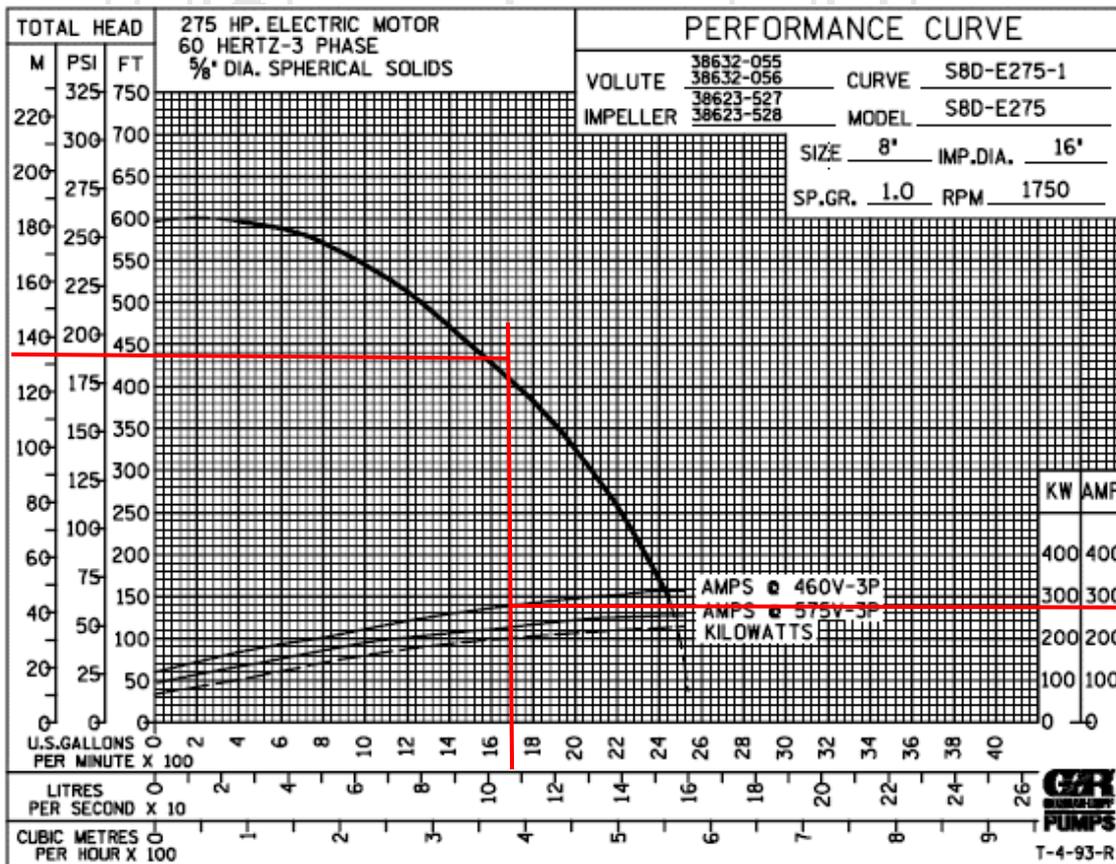


Figura 23. Curva característica bomba gorman rupp-275hp s8d1-e275 460/3

Fuente: (The Gorman-Rupp Company, 2016)

4.1.3 BOMBAS FLYGT 2400.402.591 MT

Cuadro 7. Características de Bombas Flygt 2400.402.591

Tipo	SUMERGIBLE	Vn (V)	460
Marca	FLYGT	An(A)	149
Modelo	2400.402.591	RPM	3560
Serie		Pot.(Hp)	140
Diametro succ.(in)	8	Pot.(KW)	104
Diametro desc.(in)	8	L. bomba(m)	1.250
Peso Kg.	985	Presion maxima de op. (PSI)	

Fuente: (Xylem Let's Solve Water, 2012)

Estas bombas se utilizaran en las posa del nivel 3735 msnm piso del tajo sur con descarga en el poza del nivel 3765 msnm teniendo una altura de 30 metros.

En el nivel 3735, la potencia que se necesita para poder bombear es de 86.7 kW. La bomba FLYGT 2400.402.5913 MT tiene una potencia neta de 104 KW suficiente para nuestro sistema en este tramo.

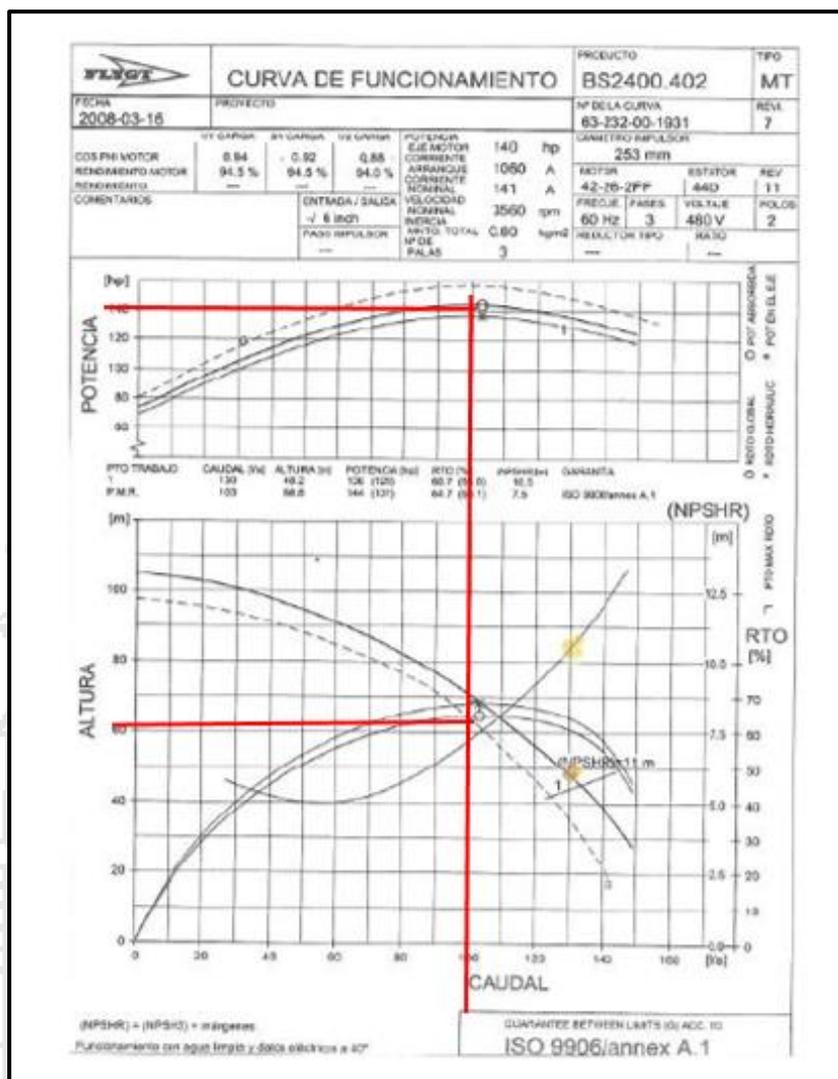


Figura 24. Curva característica bomba Flygt 2400.402.591 MT
Fuente: (Xylem Let's Solve Water, 2012)

Se instaló 4 bombas en independientemente teniendo un caudal de 400 l/s en total con una tensión de 460 voltios a 60 Hz de frecuencia con RPM de 3560. El diámetro de la tubería seleccionada es de 10” de material de HDPE.

4.2 DIAGRAMA UNIFILAR DE SISTEMA DE DRENAJE DE MINA

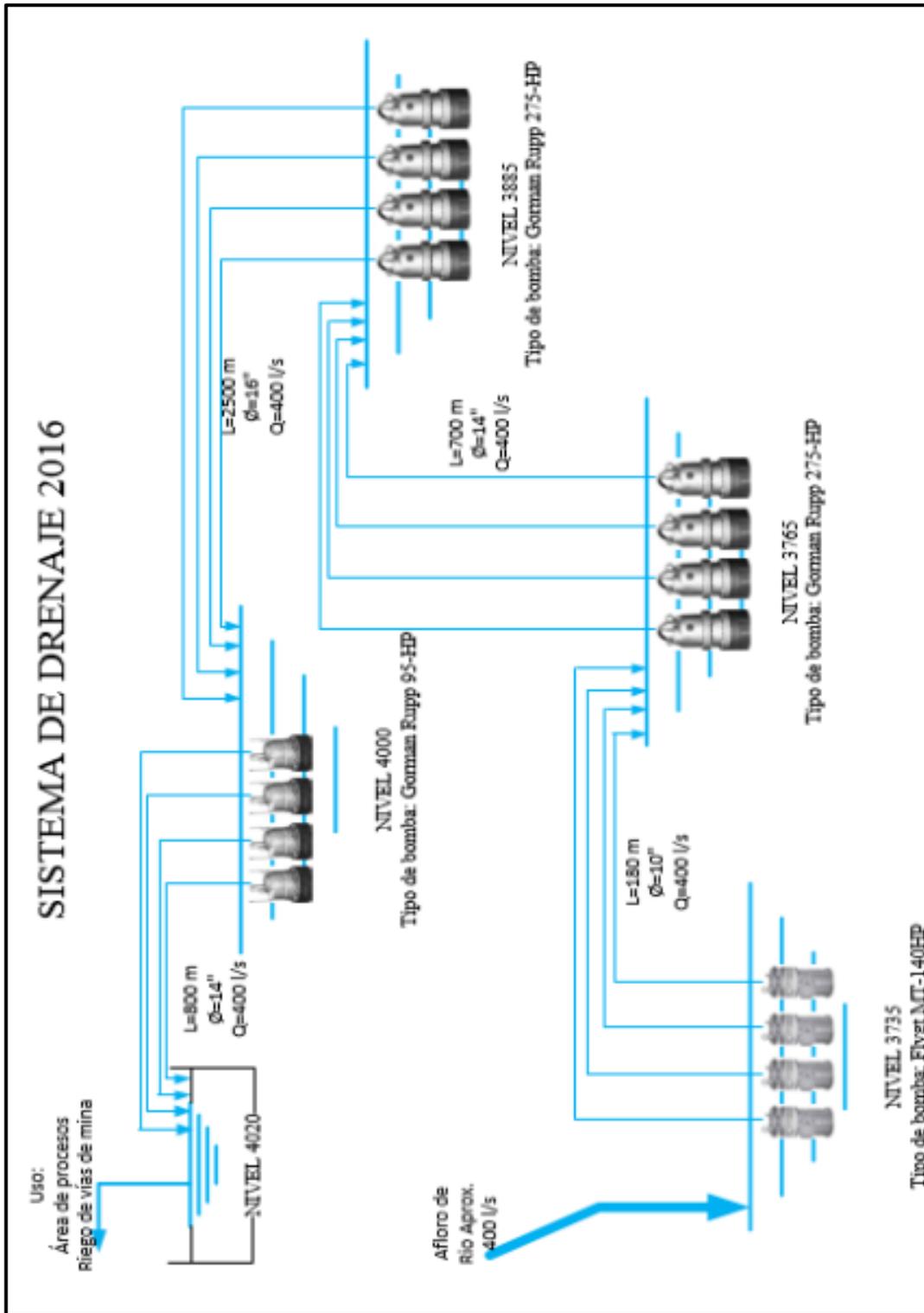


Figura 25. Diagrama unifilar del sistema de drenaje de mina Antapaccay
Elaboración propia

4.3 COTOS DE FABRICACION Y MONTAJE

Cuadro 8. Costos de materiales y costos de montaje

COSTOS DE MONTAJE					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
1	TUBERIA HDPE				
1.2	TUBO HDPE DE 10"	ml	720	66.41	47815.20
1.2	TUBO HDPE DE 14"	ml	6800	112.43	764524.00
1.3	TUBO HDPE DE 16"	ml	10000	147.39	1473900.00
1.4	STUB – END 10"	und	12	70.91	850.92
1.5	STUB – END 14"	und	113	130.45	14784.33
1.6	STUB – END 16"	und	167	189.99	31665.00
				SUB TOTAL 1	2333539.45
2	BRIDAS				
2.1	BRIDA 150LBS 8"	und	16	117.76	1884.16
2.2	BRIDA 150LBS 10"	und	12	154.91	1858.92
2.3	BRIDA 150LBS 14"	und	113	336.39	38124.20
2.4	BRIDA 150LBS 16"	und	167	430.04	71673.33
				SUB TOTAL 2	113540.61
3	BOYA				
3.1	CILINDRO 1.50m x 1.2m x 2.4 mm	und	16	148.5	2376.00
3.2	GRATING 2.5m x 1m	und	16	51.99	831.84
3.3	TUBO DE ACERO ASTM A53 2"	ml	448	10.42	4668.16
				SUB TOTAL 3	7876.00
4	CODO DE DESCARGA				
4.1	CODO 90° 10"	und	16	269.61	4313.76
4.2	TEE RECTA 10"	und	16	373.94	5983.04
4.3	VÁLVULAS DE RETENCIÓN 10"	und	16	467.25	7476.00
				SUB TOTAL 4	17772.80
5	MOTOR-BOMBA				
5.1	GORMAN RUPP S8D1 275 HP	und	8	70000	560000.00
5.2	GORMAN RUPP S8A1 95 HP	und	4	65000	260000.00
5.3	FLYGT 2400 MT 140 HP	und	4	80000	320000.00
				SUB TOTAL 5	1140000.00
6	MANO DE OBRA				
6.1	ALQUILER DE MAQUINA TERMOFUSION Y TECNICOS TERMOFUSIONISTAS				117040.00
6.2	TENDIDO Y EMBRIDADO DE TUBERIAS				5840.00
6.3	FABRICACION Y ARMADO DE BOYA				40960.00
6.3	ARMADO DE CODO DE DESCARGA CON MOTOR-BOMBA				960.00
				SUB TOTAL 6	164800.00
TOTAL: Tres millones setecientos setenta y siete mil quinientos veinte ocho con 87/100 USD					3777528.87

Elaboración propia

El financiamiento total del costo de fabricación compra de materiales (incluye transporte), equipos de bombeo, tuberías, accesorios y mano de obra que se utilizan es por parte de la mina.

4.4 PROBLEMAS Y RECOMENDACIONES EN EL MONTAJE Y OPERACIÓN DE BOMBAS EN DRENAJE MINA

Como ilustra la imagen se aprecia la Bomba Inclinada, producto de la ausencia de apoyo de la manga al momento de Ponerla en servicio, lo cual permite el ingreso de agua a la cámara de conexiones, actuando al instante la perdida de aislamiento de la bomba, quedando Inoperativa.



Figura 26. Bomba inclinada

Fuente: Propia

Recomendaciones. Verificación de tubería de descarga, estabilidad de la balsa y buena hermeticidad de cilindros flotantes para evitar las volcaduras de balsas



Figura 27. Balsa de bomba volteada
Fuente: Propia

Consecuencias de la volcadura de balsa en el momento de inspección se encontró la cámara de conexiones de la bomba totalmente húmeda dejando así inoperativo dicho equipo



Figura 28. Caja de conexión con agua
Fuente: Propia

El número elevado de arranques al día en un equipo de Bombeo, genera un recalentamiento del estator, permitiendo la pérdida de aislamiento.

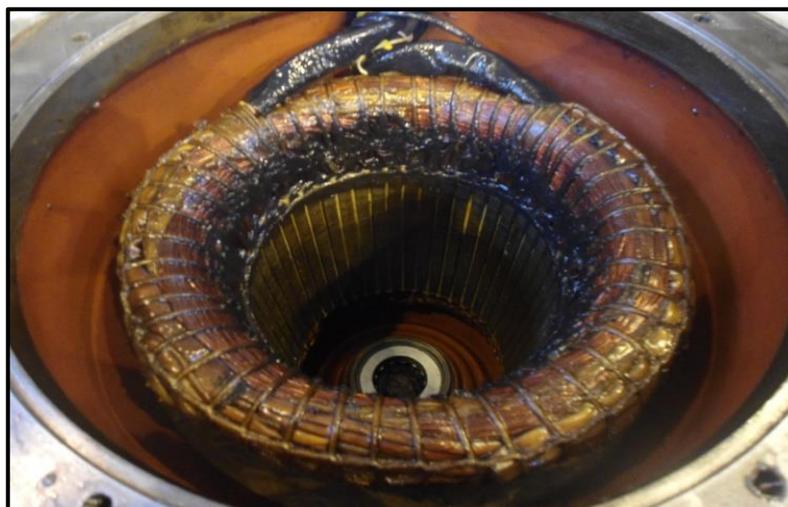


Figura 29. Estator recalentado.

Fuente: Propia

Los equipos de bombeo no están diseñados para operar en estas condiciones extremas, debido a que están sujetos a sobrecargas de corriente, y por lo tanto a reducir su vida Útil del motor-Bomba



Figura 30. La succión de la bomba está bloqueada con viruta y lodo.

Fuente: Propio

Corte en tuberías, producto de ello la corriente de trabajo de la bomba es muy baja, y a su vez no existe caudal en la descarga.



Figura 31. Tubería HDPE rota.

Fuente: Propia

Obstrucción de piedras en tubería de descarga de Bomba, falta de Pernos en los embridados.



Figura 32. Mala embridada.

Fuente: Propio

4.5 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MONITOREO, PROTECCION Y CONTROL



Figura 33. Corte de cable de fuerza
Fuente: Propio



Figura 34. Elevado porcentaje de sólidos en el fluido bombeado
Fuente: Propio



Figura 35. Efecto de cavitación en impulsores.
Fuente: Propio



Figura 36. Partículas abrasivas producen pérdida de hermeticidad entre las caras del sello
Fuente: Propio



Figura 37. Aceite contaminado con partículas Abrasivas
Fuente: Propio



Figura 38. Aceite emulsionado por ingreso de agua
Fuente: Propio



Figura 39. Grasa del rodamiento inferior contaminada por ingreso de agua y partículas abrasivas
Fuente: Propio



Figura 40. Sobrecalentamiento de los rodamientos principales
Fuente: Propio

Si desea mantener su equipo de bombeo en buen estado, recuerde siempre utilizar repuestos originales, realizar mantenimientos preventivos por personal calificado y sobre todo no olvide que Un buen sistema de monitoreo, protección y control prolonga el periodo de funcionamiento, reduce los costos de mantenimiento y consumo de energía

CONCLUSIONES

PRIMERO: Se mantuvo lo más seco posible el tajo para su minado de material, lo que no se pudo lograr por una temporada por la aparición de un río subterráneo de mayor cantidad de caudal, se montó cuatro líneas de bombeo teniendo un total de 16 bombas sumergibles operativas en el principal sistema de bombeo del fondo del tajo.

SEGUNDO: En el primer nivel 3735 se instaló bombas de la marca Flygt 140 HP de 460 voltios 60 Hz en total 4 bombas iguales características llegando a un caudal de 400 l/s con tuberías HDPE de 10" de diámetro, en el segundo nivel 3765 se instaló bomba de la marca Gorman Rupp 275 HP 460 voltios 60 Hz en total 4 bombas de igual características llegando a un caudal de 400 l/s con tuberías de HDPE 14" de diámetro, en el tercer nivel 4885 se instaló bombas de la marca Gorman Rupp 274 HP de 460 voltios 60 Hz en total 4 bombas de las mismas características llegando a un caudal de 400 l/s con tuberías de HDPE de 16" de diámetro y por último en el nivel 4000 se instaló bombas de la marca Gorman Rupp 95 HP 460 voltios 60 Hz en total 4 bombas de las mismas características llegando a un caudal de 400 l/s con tuberías de HDPE de 14" de diámetro.

TERCERO: En la temporada de lluvias aumentaron los afluentes y precipitaciones, nuestro sistema de drenaje tubo fallas de tableros de control diseñadas por el fabricante, mantenimiento de bombas sacadas fuera de operación, roturas de tubería en diferentes tramos de la mina; todo esto hizo que el volumen en la poza de piso del tajo nivel 3735 se inundara, colapsando y formando una laguna, la cual se está capacitando en la operación de bombas para buen arranque y apagado de las bombas, el correcto montaje de las bombas en las boyas y posterior a la posa, la correcta conexión de cabezales de los cables, etc.

SUGERENCIAS

PRIMERO: Se sugiere el mejor estudio de la tubería de material HDPE y compararlo con otros materiales.

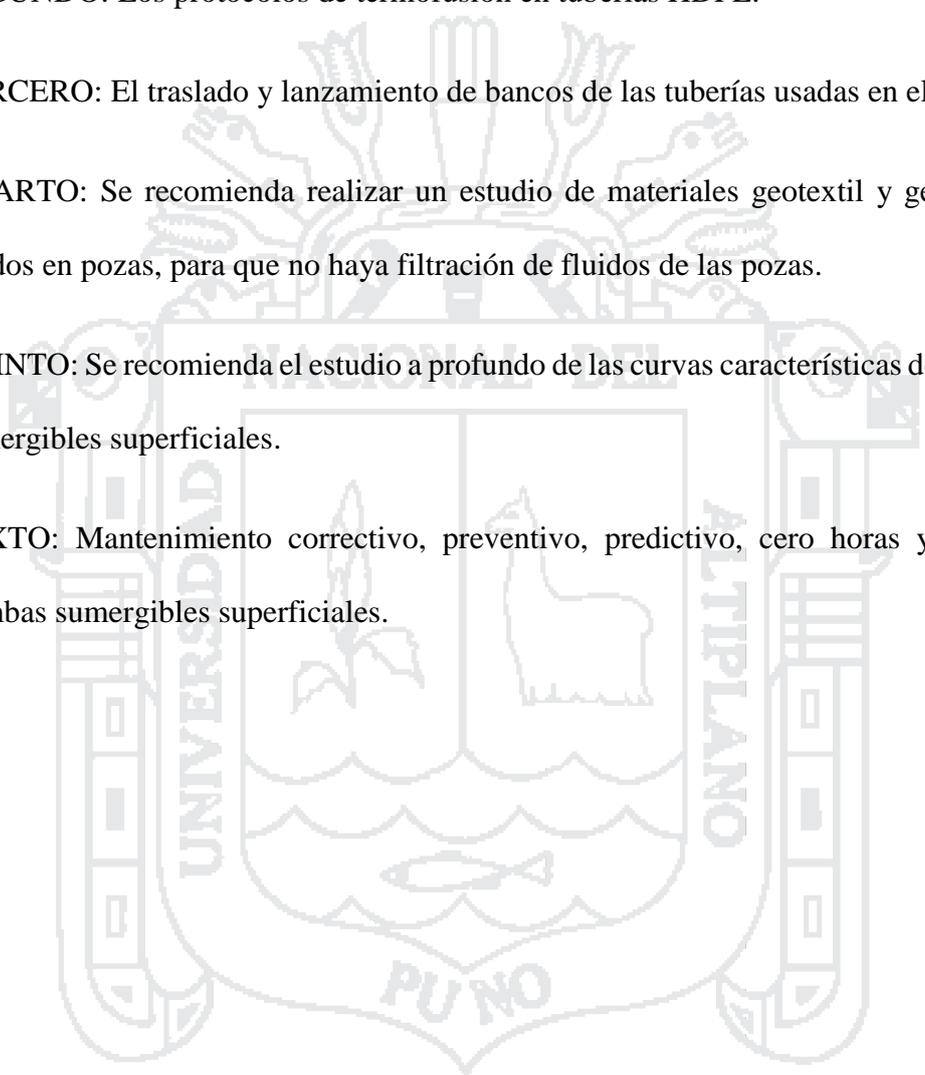
SEGUNDO: Los protocolos de termofusión en tuberías HDPE.

TERCERO: El traslado y lanzamiento de bancos de las tuberías usadas en el proyecto.

CUARTO: Se recomienda realizar un estudio de materiales geotextil y geomembrana usados en pozas, para que no haya filtración de fluidos de las pozas.

QUINTO: Se recomienda el estudio a profundo de las curvas características de las bombas sumergibles superficiales.

SEXTO: Mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, cero horas y en uso de bombas sumergibles superficiales.



BIBLIOGRAFÍA

Bomba Hidraulica. (2016). Obtenido de

https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_hidr%C3%A1ulica

Bombas Centrifugas. (2015). *Manual para el Diseño de una Red Hidraulica de Climatizacion.*

Cummins Generation Power Inc. (2013). Specification Sheet. *Diesel Generator Set QSK23 Series Engine.* Obtenido de

<http://cumminsdatapower.com/sites/cumminsdatapower.com/files/uploads/pdf/s-1551-DC60.pdf>

Díez, P. F. (2001). *BOMBAS CENTRÍFUGAS Y VOLUMÉTRICAS.* CANTABRIA, ESPAÑA: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA . Obtenido de <http://docentes.uto.edu.bo/agarnicas/wp-content/uploads/BOMBAS1.pdf>

Farras, L. P. (2005). *Selección Fina de Bombas.* Buenos Aires: Universidad Buenos Aires. Obtenido de http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_seleccion_bombas.pdf

Mataix, C. (1993). *Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidraulicas.* Madrid: Ediciones del Castillo S.A.C. Obtenido de <https://conver2.files.wordpress.com/2012/11/ingenieria-claudio-mataix-mecanica-de-fluidos-y-maquinas-hidraulicas1.pdf>

Mendoza, E., & Villanueva, L. (1982). *Bombas Hidraulicas.* Lima: Editorial e Imprenta Liberacion S.A.

- Ministerio de Energías y Minas. (2016). *Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional en Minería*. Lima: Ministerio de Energías Y Minas. Obtenido de http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-zi0z7z24pc3-Decreto_Supremo_N_024-2016-EM.pdf
- Mott, R. (1996). *Mecánica de Fluidos Aplicada* (Cuarta ed.). Mexico: Prentice Hall. Obtenido de <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/mecanica-fluidos-mott.pdf>
- Nina, R. P. (2001). *Sistema de Bombeo Tajo Tintaya*. Tintaya: bhpbilliton Tintaya S.A. Obtenido de <http://documents.tips/documents/12-sistema-de-bombeo-tajo-tintaya.html>
- Oficina Internacional del Trabajo Ginebra. (1991). *Seguridad y Salud en Minas a Cielo Abierto*. Ginebra, Suiza: Organización Internacional del Trabajo 1991. Obtenido de http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_112647.pdf
- Sanchez, L. E. (2012). Drenaje de Minas a Cielo A bierto. En U. d. Paulo, *II Curso Internacional de Aspectos Geologicos de Proteccion Ambiental*. Sao Paulo: Universidad de Sao Paulo. Obtenido de <http://biblioteca.unmsm.edu.pe/RedLieds/Recursos/archivos/MineriaDesarrolloSostenible/MedioAmbiente/cierre%20de%20minas.pdf>
- (2008). *Solucion de problemas de Bombas Rotativas de Lobulos*. Q-pump S.A. Obtenido de <http://www.q-pumps.com/docs/919115SoluciondeproblemasZL-ESP.pdf>

Tesis de pre grado de Anghelo Otazu. (2015). *Determinacion Experiemental del punto optimo de funcionamiento de un sistema hidraulico de bombeo*. Puno:
Universidad Nacional del Altiplano.

The Gorman Rupp Company. (ENERO de 2012). *Performance Curve S8A1-E95*. The
Gorman Rupp Company. Obtenido de <http://www.grpumps.com/curves/s8ae95-1.pdf>: <http://www.grpumps.com/curves/s8ae95-1.pdf>

The Gorman-Rupp Company. (2012). Submersible Pump Model S8A1- E95. (T. G.-R.
Company, Ed.) *Specification Data, 2*. Obtenido de
<http://grdnet.gormanrupp.com/dnetdev/IMAGES/SPECSHEETS/1301510.pdf>

The Gorman-Rupp Company. (2016). *Performance Curve S8D1-E275*. Ohio: The
Gorman-Rupp Company. Obtenido de <http://www.grpumps.com/curves/s8dm-1.pdf>

The Gorman-Rupp Company. (2016). Submersible Pump S8D1-E275. (T. G.-R.
Company, Ed.) *Specification Data, 2*. Obtenido de
<http://grdnet.gormanrupp.com/dnetdev/IMAGES/SPECSHEETS/1301620.pdf>

Xylem Let's Solve Water. (2012). *Flygt 2400.402 Dewatering Pump*. Xylem Let's
Solve Water. Obtenido de <http://www.xylem.com/Assets/Resources/Xylem-Flygt-2400-402-Datasheet-60Hz.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. DIAGRAMA DE MOODY

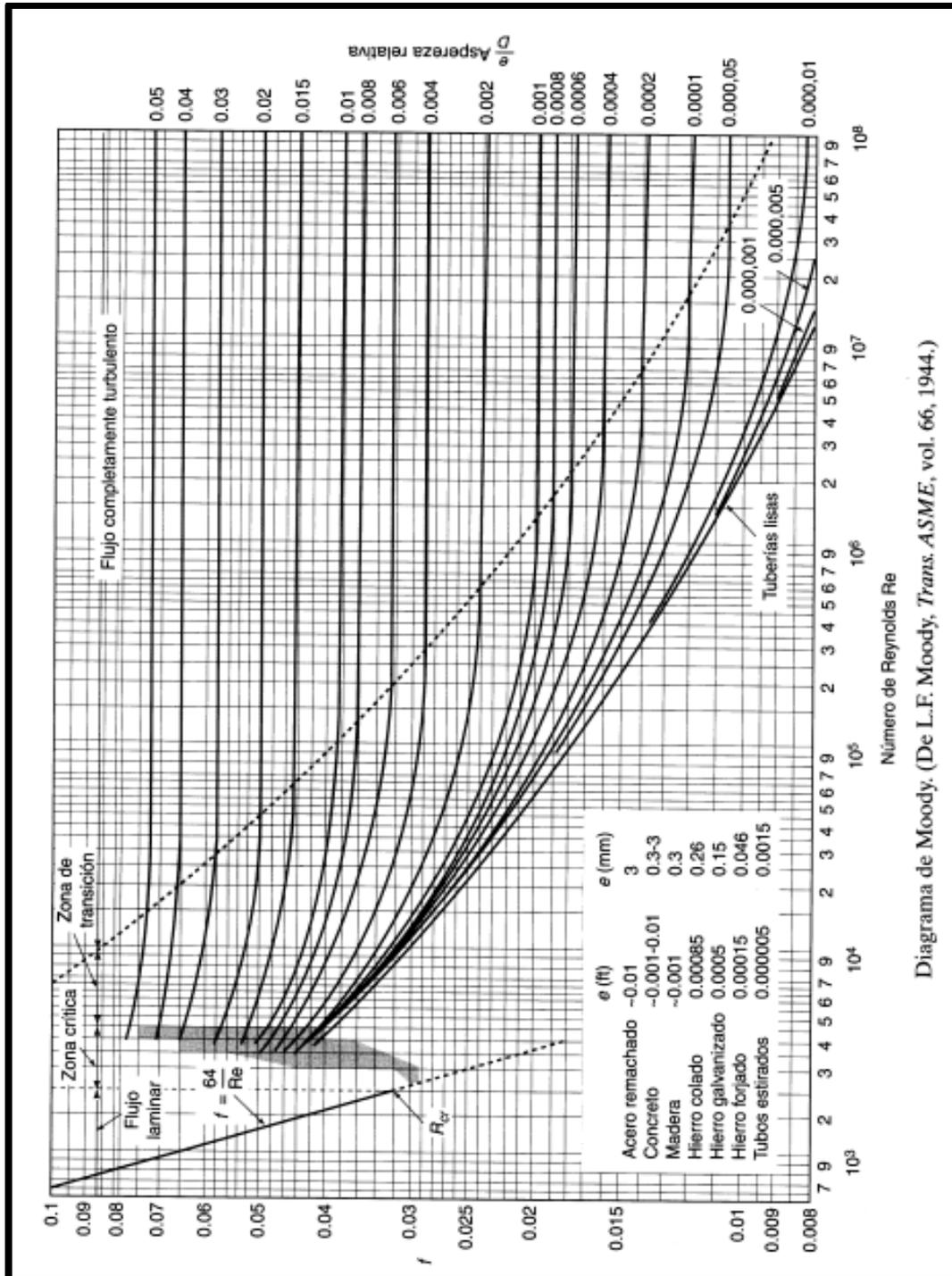


Figura 41. Diagrama de Moody
Fuente: (Tesis de pre grado de Anghelo Otazu, 2015)

ANEXO B. DIAGRAMA DE PERDIDAS EN ACCESORIOS

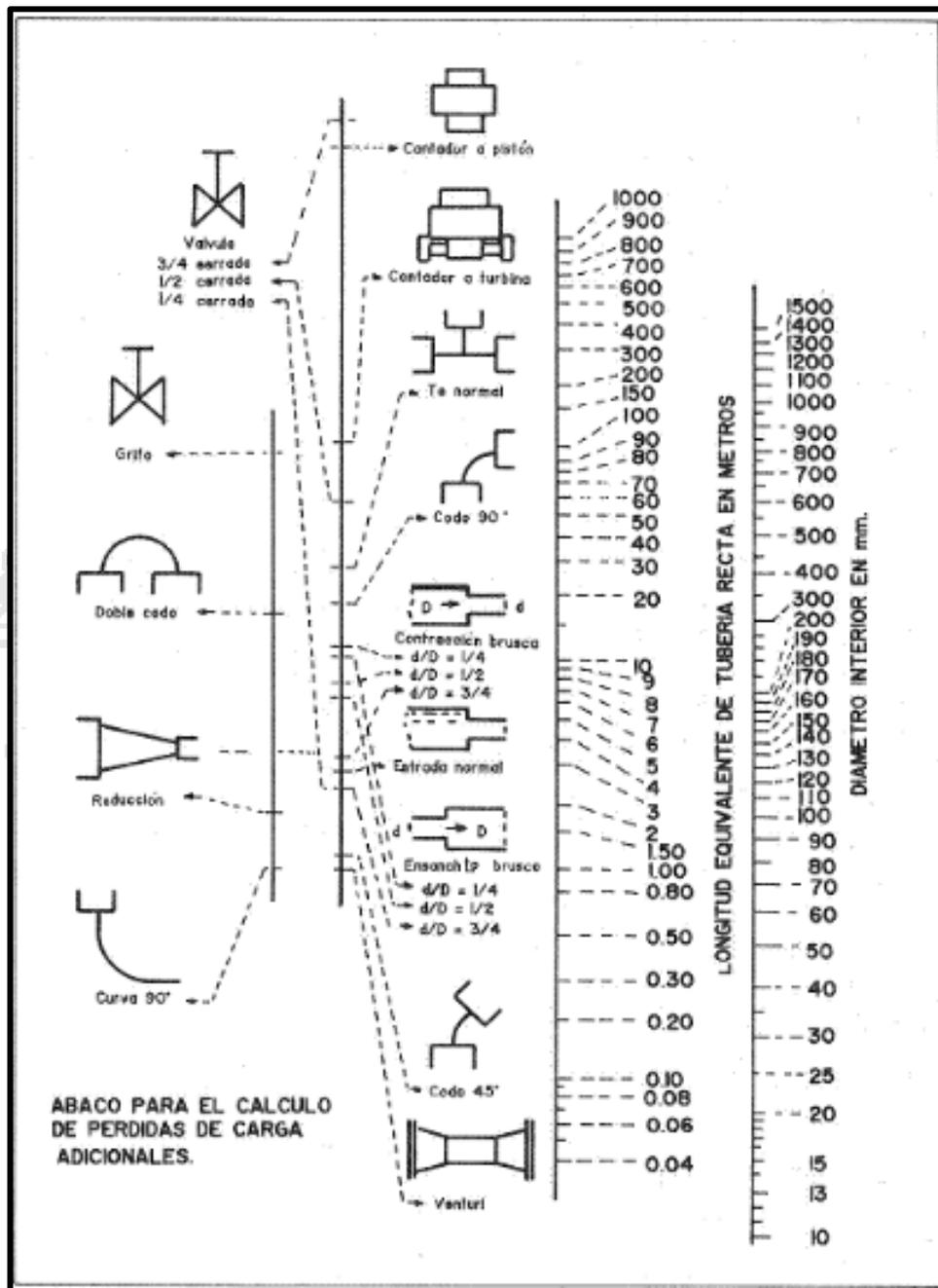


Figura 42. Diagrama perdidas en accesorios
Fuente: (Tesis de pre grado de Anghelo Otazu, 2015)

ANEXO C. PROPIEDADES DEL AGUA A 101kPa

PROPIEDADES DEL AGUA (101 kPa)				
Temperatura (°C)	Peso Específico γ (Kn/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad Dinámica μ (N.s/m ²) $\times 10^{-3}$	Viscosidad Cinemática ν (m ² /s) $\times 10^{-6}$
0	9.81	1000	1.75	1.75
5	9.81	1000	1.52	1.52
10	9.81	1000	1.30	1.30
15	9.81	1000	1.15	1.15
20	9.79	998	1.02	1.02
25	9.78	997	0.91	0.89
30	9.77	996	0.80	0.80
35	9.75	994	0.72	0.72
40	9.73	992	0.65	0.66
45	9.71	990	0.59	0.60
50	9.69	988	0.54	0.55
55	9.67	986	0.50	0.51
60	9.65	984	0.46	0.47
65	9.62	981	0.43	0.44
70	9.59	978	0.40	0.41
75	9.56	975	0.37	0.38
80	9.53	971	0.35	0.36
85	9.50	968	0.33	0.34
90	9.47	965	0.31	0.32
95	9.44	962	0.29	0.30
100	9.40	958	0.28	0.29

Figura 43. Propiedades del agua**Fuente:** (Tesis de pre grado de Anghelo Otazu, 2015, pág. 112)

ANEXO D. PANEL FOTOGRAFICO



Figura 44. Posas utilizadas para bombeo
Fuente: Propio



Figura 45. Bombas gorman rupp 275 hp con líneas de tubería HDPE
Fuente: Propio

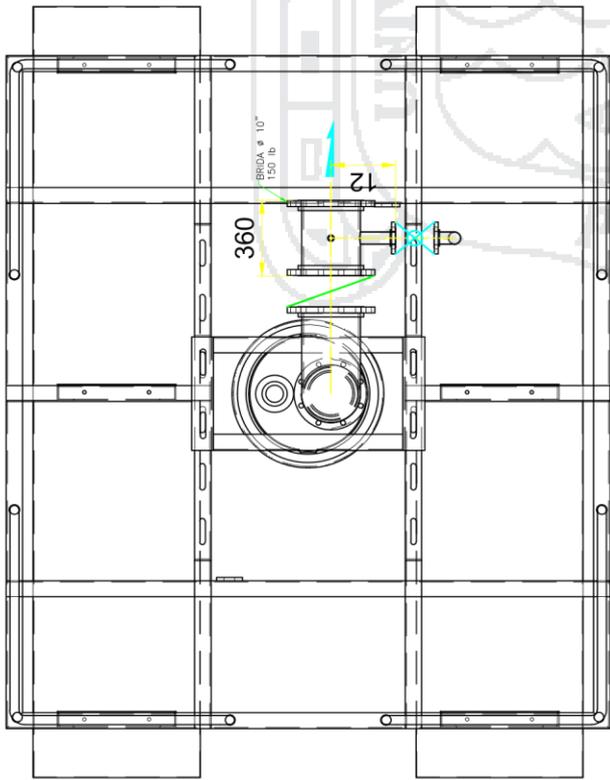


Figura 46. Tableros de bombas sumergibles MT

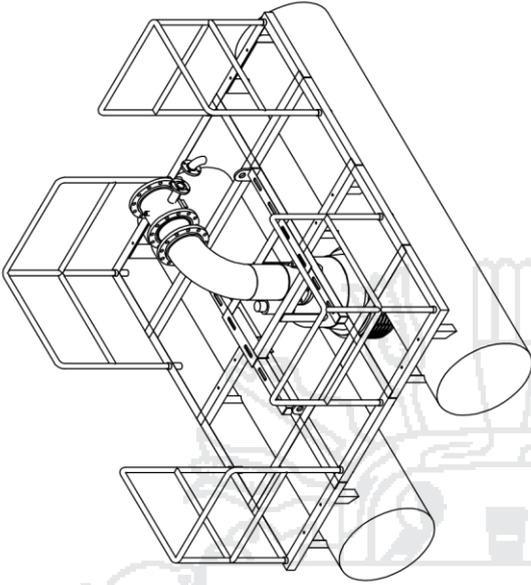
Fuente: Propio

ANEXO E. PLANOS

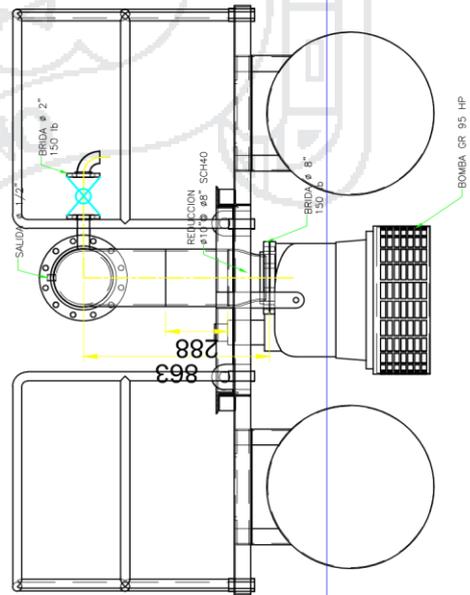




VISTA PLANTA
ESC:1/25



VISTA ISOMETRICO
ESC:1/40



VISTA FRONTAL
ESC:1/25

ESPECIFICACIONES TECNICAS ESTRUCTURAS METALICAS

PLANCHAS DELGADAS
NORMA ASTM A36
P_y = 250 MPa / A36
FRACCION = 40% - 90% 90%
(ESPESES DESDE 0.1 MM - 4.0 MM Y 4.5 MM)

PLANCHAS GRUESAS:
NORMA ASTM A36
P_y = 250 MPa / A36
(ESPESES DESDE 6.0 MM Y 8.0 MM)

SOLDADURA:
DEL TIPO "V" - CLASE AWS E7011
E7011
MATERIALES RECOMENDADOS
(MATERIALES RECOMENDADOS)
APARATOS RECOMENDADOS
= 3/8" 150 - 170 AMP
= 1/2" 175 - 200 AMP
= 3/4" 200 - 250 AMP
SUPERFOTOLÉPTICO (COMO RESALTE SOBRE LA SOLDADURA DEL TIPO "V")
- PASE SOLDADURA UNIFORME Y P.

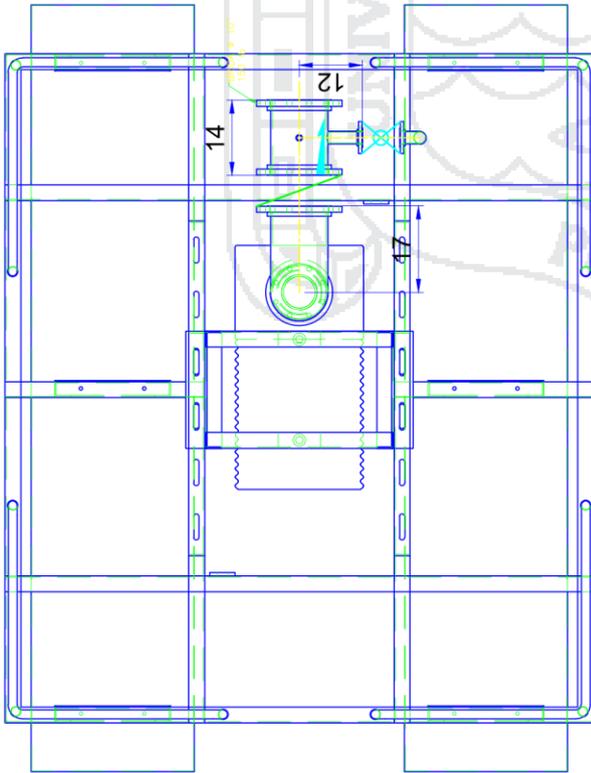
PROYECTO:	SISTEMA DE DRENAJE	
FECHA:	ENE 2016	ENE 2016
ELABORADO POR:	F.C.V.	FECHA:
REVISADO POR:	J.O.S.	ENE 2016
PROYECTADO POR:	J.M.P.	
JEFE DE DEPARTAMENTO:	J.M.P.	
DEPARTAMENTO:		

MONTE DE BOMBA GORMAN RUPP
95HP

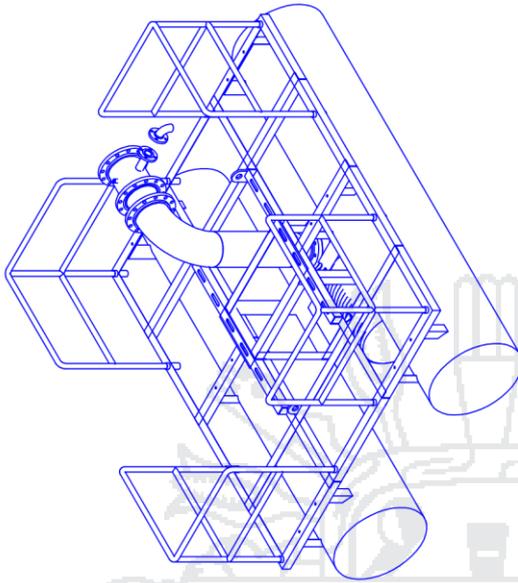


ENE 2016

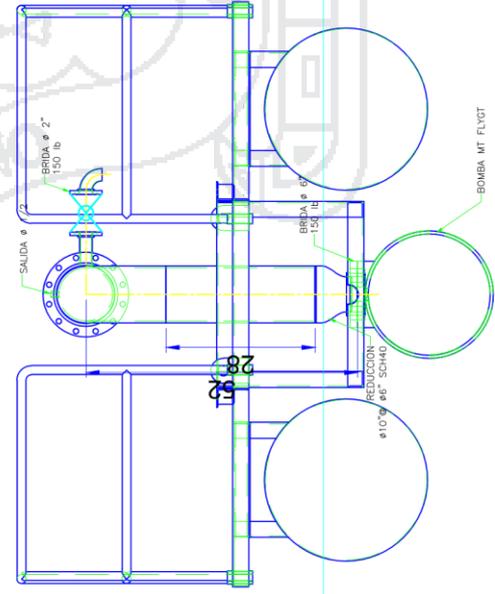
01



VISTA PLANTA
ESC:1/25



VISTA ISOMETRICO
ESC:1/40



VISTA FRONTAL
ESC:1/25

ESPECIFICACIONES TECNICAS ESTRUCTURAS METALICAS

PLANCHAS DELGADAS:
 NORMA ASTM A 573
 PAQUETA 2000 MARCH / ANILLO - 2400 kg/m²
 TUBERIAS - 4000 - 800 kg/m²
 (ESPESES DEBE 2.0 MM - 4.0 MM / ± 5 MM)

PLANCHAS GROSAS:
 NORMA ASTM A 573
 PAQUETA 2000 MARCH / ANILLO - 2400 kg/m²
 (ESPESES DEBE 6.0 MM A 8.0 MM)

SOLDADURA:
 CELECCION "A" - CLASE AWS E6011 - 45.1 kg/m²
 LENTE DE FULCRON - SELF - 45.7 kg/m²
 RECOMENDACIONES RECOMENDACIONES:
 # = 3/8" - 150 - 170 AMP
 # = 1/2" - 170 - 200 AMP
 # = 3/4" - 170 - 250 AMP
 # = 1" - 170 - 250 AMP
 PARA SOLDADURA HORIZONTAL 1/2" - 170 - 250 AMP

PROYECTA:

FECHA:	ENE 2016
REVISOR:	ENE 2016
APROBADO:	ENE 2016
ELABORADO POR:	F.C.V.
REVISADO POR:	J.O.S.
APROBADO POR:	J.M.P.
FECHA DE PROYECTO:	
FECHA DE REVISIÓN:	
FECHA DE APROBACIÓN:	
FECHA DE EJECUCIÓN:	

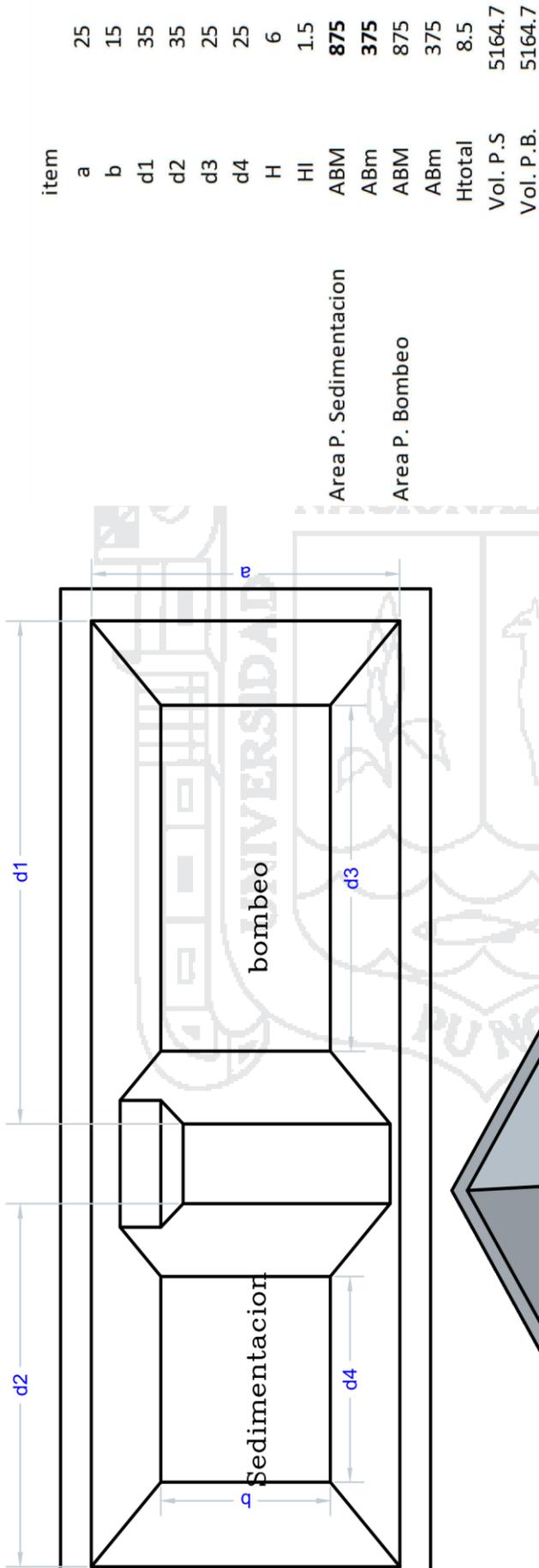


SISTEMA DE DRENAJE

MONTAJE DE BOMBA FLYGT MT 140 HP

03

ESQUEMA DE POSAS



		PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE	
ENE 2016 ENE 2016 ENE 2016		ENE 2016 ENE 2016 ENE 2016	
DISEÑO REFERENCIAL DE POSAS		DISEÑO REFERENCIAL DE POSAS	