

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA URBANIZACIÓN SOL DE HUAMPANÍ V ETAPA - CHOSICA”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

HUAMANI HUAYTALLA, LUIS ALEXANDER

Villa El Salvador
2015

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis padres Gilberto e Hilda por ser el apoyo incondicional, a mi esposa Katherine y a mi hijo Nicolás por ser el motivo de seguir adelante y a dios por darnos la oportunidad de vivir.

AGRADECIMIENTO

En el presente proyecto en primer lugar agradezco a Dios por bendecirme, por darme salud y dejar que haga realidad este sueño anhelado.

Agradezco también a la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur por darme la oportunidad de estudiar y ser profesional.

De igual manera a mis asesores Ing. Margarita Murillo e Ing. Anwar Yarin ya que con sus conocimientos hicieron posible la culminación de mi proyecto.

A mí adorado hijo Nicolás por enseñarme a superar los problemas y por ser el motivo a seguir.

A mis padres Gilberto e Hilda por el apoyo incondicional, por la paciencia que tuvieron en el desarrollo de mi educación, por los valores que me inculcaron y porque siempre me motivaron en los momentos difíciles.

Finalmente agradezco a mí amada esposa Katherine por el apoyo y ánimo que me brinda día con día y así poder alcanzar nuevas metas tanto profesionales como personales.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Justificación del proyecto	3
1.3. Delimitación del proyecto	3
1.4. Formulación del problema	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo general	5
1.5.1. Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.2. Bases teóricas.....	8
2.3. Marco conceptual.....	48
CAPITULO III	51
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES	51
3.1. Análisis para el diseño de la estación.	51
3.2. Diseño del equipo de bombeo y tubería de impulsión.....	62

3.3. Cálculo de diseño eléctrico	77
3.4. Financiamiento y análisis económico.....	79
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	88
ANEXO 01. Plano de estructuras	89
ANEXO 02. Plano de instalaciones hidráulicas	91
ANEXO 03. Plano de instalaciones eléctricas	91
ANEXO 04. Plano de diagrama unifilar y cuadro de cargas	91
ANEXO 05. Análisis de precios unitarios (A.P.U), Suministros.....	93
ANEXO 06. Analisis de precios unitarios (A.P.U) Instalaciones.	99
ANEXO 07. Costo total de mantenimiento.....	101

LISTADO DE FIGURAS

Figura 01. Ubicación geográfica de la estación de bombeo.....	4
Figura 02. Flujo laminar.	11
Figura 03. Flujo turbulento.	11
Figura 04. Flujo permanente.	12
Figura 05. Flujo uniforme y no uniforme.....	13
Figura 06. Flujo gradualmente variado y rápidamente variado	13
Figura 07. Rugosidad relativa de tubos nuevos.	20
Figura 08. Diagrama de Moody.....	21
Figura 09. Clasificación de bombas	24
Figura 10. Carcasas de bombas	25
Figura 11. Tipos de bombas centrífugas.....	26
Figura 12. Bomba centrífuga sumergible	27
Figura 13. Bomba centrífuga vertical	28
Figura 14. Bomba centrífuga horizontal	28
Figura 15. Ventajas y desventajas de las bombas utilizadas	29
Figura 16. Curva característica de la bomba.....	30
Figura 17. Curva del sistema	31
Figura 18. Esquema estación de bombeo de aguas residuales.....	35
Figura 19. Ejemplo de secuencia de encendido de bombas.....	38
Figura 20. Volumen de almacenamiento adicional en colectores.	40
Figura 21. Niveles de arranque y parada.	42
Figura 22. Tipo de válvulas de retención.	45
Figura 23. Curva del sistema TDH(ft) vs Q(GPM).....	72
Figura 24. Curva de la bomba TDH (ft) vs Q(GPM).	73

LISTADO DE TABLAS

Tabla 01. Datos de la habilitación urbana de Huampaní	55
Tabla 02. Asignación del nivel de complejidad del sistema	56
Tabla 03. Coeficiente de retorno de aguas residuales domésticas.....	58
Tabla 04. Aportes máximos por conexiones erradas	59
Tabla 05. Aportes por infiltración.....	61
Tabla 06. Coeficiente de pérdidas menores del sistema.....	64
Tabla 07. Selección del diámetro de tubería para el acero inoxidable	64
Tabla 08. Selección del diámetro de tubería para el acero A53.....	65
Tabla 09. Longitud de tubería y factor de fricción para la tubería de impulsión	66
Tabla 10. Selección de la altura dinámica total (TDH)	68
Tabla 11. Tabla de cálculo de máxima demanda.....	77
Tabla 12. Resumen de análisis de precios unitarios suministros	80
Tabla 13. Resumen de análisis de precios unitarios instalación	81
Tabla 14. Costo total de mantenimiento.....	83

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se aplican los fundamentos teóricos, prácticos y cálculos hidráulicos para el diseño e implementación de una estación de bombeo de aguas residuales para la urbanización Sol de Huampaní V etapa con la finalidad de impulsar las aguas residuales a la planta de tratamiento de aguas residuales Carapongo.

Luego se realiza un análisis y descripción de los equipos y materiales utilizados en este proyecto, incluyendo en el mismo la instalación del sistema y mantenimiento que se le debe dar para garantizar un largo periodo de vida útil.

El proyecto comprende el capítulo I en el que presenta el planteamiento del problema, descripción de la realidad problemática, la justificación, delimitación del proyecto, formulación del problema y los objetivos general y específico, también el capítulo II donde se abordan los aspectos del marco teórico relacionados a los antecedentes de la investigación, bases teóricas, bases legales y el marco conceptual que define y conceptualiza los términos representativos del proyecto asimismo en el capítulo III se aborda el diseño e implementación de la estación de bombeo de aguas residuales la cual presenta el análisis para el diseño de la estación, el diseño del equipo de bombeo y tubería de impulsión y por último presenta la revisión y consolidación de los resultados.

Finalmente se redactan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El principal problema que presentan los pobladores de la urbanización Sol de Huampaní V etapa es la contaminación ambiental que proviene de una estación de bombeo de aguas residuales que sirve únicamente como depósito debido que no se encuentra implementada por ese motivo sufre constantes desbordes, este problema afecta directamente a la salud de los pobladores ya que las aguas residuales provienen directamente del uso doméstico y pluviales.

Otro de los problemas secundarios es que quincenalmente se contrata un extractor con un camión cisterna para limpiar la estación con el propósito que no hayan desbordes ni malos olores sin embargo para los pobladores esto causa disturbios por el mal olor al momento de la extracción y a su vez el ruido a altas horas de la noche es insoportable.

Además el costo que demandaba contratar un camión cisterna quincenalmente era una inversión a corto plazo y además muy costo.

1.2. Justificación del proyecto

Con los antecedentes mencionados se realizó una inspección para conocer la realidad del problema, es ahí cuando se decidió que se debía diseñar e implementar la estación de bombeo de aguas residuales.

Con el diseño e implementación de la estación de bombeo de aguas residuales permitirá resolver el principal problema que presenta la urbanización que es la contaminación ambiental.

Los pobladores no presentarán problemas de ruido a altas horas de la noche y tendrán tranquilidad y calidad de vida.

Por último con el diseño e implementación de la estación se evitarán gastos innecesarios quincenales en contratar camiones cisterna para la limpieza de ésta ya que solo se realizaran mantenimientos programados.

1.3. Delimitación del proyecto

El presente proyecto está enmarcado en el ámbito del diseño e implementación de una estación de bombeo de aguas residuales la cual está ubicada en la urbanización. Sol de Huampaní V Etapa – Chosica – San Juan de Lurigancho provincia Lima, Perú en el año 2015.

El proyecto se desarrollará en el marco de la Ingeniería, específicamente en el diseño de ingeniería.

A continuación en la figura 1 se presenta un diagrama de emplazamiento que muestra la ubicación de la estación en un mapa geográfico.



Figura 1. Ubicación geográfica de la estación de bombeo..
Fuente: Google maps.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Formulación del problema general

¿Cómo será el Diseño e Implementación de la Estación de Bombeo de Aguas Residuales de la Urbanización Sol de Huampaní?

1.4.2. Formulación del problema específico

a) Problema específico 1

¿Cuál sería el resultado del diseño e implementación de la estación de bombeo de aguas residuales?

b) Problema específico 2

¿Cómo podría eliminar el mal olor que emite la estación de bombeo?

c) Problema específico 3

¿Cómo podría describir el funcionamiento del equipo de bombeo?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar e implementar una Estación de Bombeo de Aguas Residuales en la Urbanización Sol de Huampaní que permita impulsar las aguas a la Planta de Tratamiento Aguas Residuales Carapongo.

1.5.1. Objetivos específicos

a) Objetivo específico 1

Cumplir con el procedimiento de estabilización de la red de tratamiento de aguas residuales.

b) Objetivo específico 2

Eliminar el mal olor que emite la estación de bombeo de aguas residuales.

c) Objetivo específico 3

Describir el funcionamiento de la estación de bombeo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Chávez Aguilar Fernando Javier (2006); en su tesis de grado titulada simulación y optimización de un sistema de alcantarillado urbano, para la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), su objetivo es optimizar una red de alcantarillado pluvial, ubicada en la ciudad de Tumbes, localidad que ha elegido por estar en zona de influencia del fenómeno El Niño, tomando en cuenta: a) Las restricciones existentes, en este caso dadas por el Reglamento Nacional, b) Los parámetros hidráulicos de acuerdo al tipo de material elegido y la geometría de los conductos, c) La intensidad de la lluvia de diseño, d) Los caudales de escorrentía variables en el tiempo y con valor máximo calculado con el método Racional.

Asimismo Navarrete Rodríguez Cristian y Martínez Barzola Edison (2010); en su tesina de seminario titulada "diseño e implementación de un sistema de bombeo de aguas residuales para una urbanización", para la

Escuela Superior Politécnica Del Litoral (ESPOL) de Ecuador, el autor considera para su tesina una urbanización la cual está ubicada en el Kilómetro 14½, costado izquierdo, de la vía Guayaquil-Salinas, asentada en un terreno de topografía regular plana, pero que recibe la influencia de la cordillera Chongón-Colonche, en la cual aplica los procedimientos teóricos y prácticos de la mecánica de fluidos para diseñar e implementar un sistema de bombeo asimismo seleccionar un equipo de bombeo de aguas residuales para una urbanización, además realizó consideraciones que soporten el diseño y selección del sistema de bombeo, mediante cálculos teóricos y prácticos con la utilización de aplicativos comerciales usados para estas prácticas.

También Sotelo Cabrera Margarita del Carmen (2010); en su tesis de grado titulada "construcción y optimización del sistema condominial de alcantarillado", para la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) del Perú, su tesis consiste básicamente en tres etapas; la primera comprende la descripción general del funcionamiento, procesos constructivos del sistema condominial y convencional de alcantarillado y requisitos técnicos, la segunda etapa está basada en la comparación de los sistemas constructivos, cronogramas y presupuestos comparativos, rendimientos y cuadrillas, así como de los recursos y metrados involucrados en cada uno de ellos, con la finalidad de ver la rentabilidad de cada proyecto con diferente proceso de construcción y analizar cuál de las dos alternativas resulta más económica según las condiciones topográficas, factor

considerado en la presente tesis además del tipo de nivel socio cultural rural.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos hidráulicos

El propósito es repasar la hidráulica aplicada que se utiliza en un estudio integro de recogido, bombeo y control de aguas residuales. Dado que el tema podría ser demasiado amplio, el contenido se limita a suministrar información específica para esta aplicación y que será útil para el diseño y análisis del sistema de bombeo.

2.2.1.1. Características básicas de los fluidos

A) Densidad

La densidad, designada por la letra griega ρ (rho), se define como la masa por unidad de volumen, la densidad se usa para caracterizar la masa de un sistema fluido, en el sistema inglés, las unidades de ρ son slugs/pie³ y en el Sistema Internacional (SI), en kg-m³, para este proyecto, se usará la densidad del agua para los cálculos, obviando los sólidos presentes en esta aplicación.

B) Peso específico

El peso específico de un fluido designado por la letra griega γ (gamma), se define como su peso por unidad de volumen. Así el peso específico está relacionado con la densidad por medio de la ecuación 1:

$$\gamma = \rho g \quad (1)$$

Donde g es la aceleración local debida a la gravedad. Así como la densidad se usa para caracterizar la masa de un sistema fluido, el peso específico se usa para caracterizar el peso del sistema. En el sistema inglés, tiene unidades de lb/ft³ y en el SI N/m³.

C) Densidad relativa

La densidad relativa de un fluido, designada por DR, se define como la densidad del agua a alguna temperatura específica. Casi siempre la temperatura específica se considera como 4°C (32°F) y a esta temperatura la densidad del agua es 1.94 slugs/pie³ o 1000 kg/m³.

La densidad relativa esta expresada por la ecuación 2:

$$DR = \frac{\rho}{\rho_{H_2O 4^{\circ}C}} \quad (2)$$

D) Viscosidad de un fluido.

Las propiedades de densidad y peso específico, pero existe una propiedad adicional necesaria para describir la “fluidez”, es decir la viscosidad describe el comportamiento único de los fluidos en el sistema inglés, tiene unidades de ft²/seg y en el SI m²/seg, para viscosidad cinemática (v) y lb-seg/ft² y N-seg/m² para viscosidad dinámica (μ). Relacionándose ambas por la ecuación 3:

$$v = \mu / \rho \quad (3)$$

E) Velocidad específica.

La velocidad específica es muy útil para el diseño de la bomba, este parámetro adimensional está en el intervalo de 500 a 4000 para bombas centrífugas y su resultado es en función principal del caudal del fluido en estudio.

F) Dinámica elemental de los fluidos.

La conducción de las aguas residuales se realiza a través de canales abiertos y cerrados. Para predecir su comportamiento es útil conocer ciertos conceptos de la hidráulica básica muy usados para posteriores cálculos y aproximaciones.

G) Número de Reynolds.

Este parámetro adimensional es una medida de la razón de la fuerza de inercia sobre un elemento de fluido a la fuerza viscosa sobre un elemento. El número de Reynolds está definido por la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} \quad (4)$$

H) Flujo laminar.

En el flujo laminar las partículas de fluido solo se mezclan a escala molecular, de modo que, durante el movimiento, dichas partículas se desplazan según trayectorias paralelas bajo la acción de la

viscosidad. En la práctica, el flujo laminar se produce cuando el número de Reynolds no excede de 1.500 a 2.000.

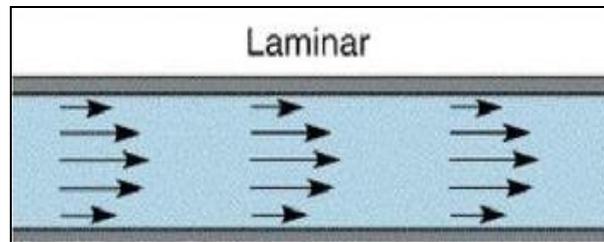


Figura 2. *Flujo laminar.*

Fuente: Mott, R. (2006) *Mecánica de Fluidos*, sexta edición, México.

I) Flujo turbulento.

En el flujo turbulento las partículas de fluido se mezclan a escala molar, de modo que durante el movimiento se produce un intercambio de cantidad de movimiento entre partículas adyacentes, ocasionando una rápida y continua agitación y mezcla en el seno del fluido. En la práctica, el flujo turbulento se produce para números de Reynolds por valores entre 6.000 y 10.000.

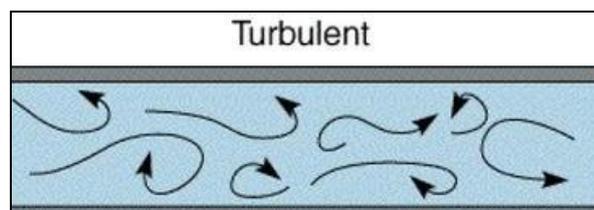


Figura 3. *Flujo turbulento.*

Fuente: Mott, R. (2006) *Mecánica de Fluidos*, sexta edición, México.

J) Flujo en canales y tuberías.

El movimiento de un líquido a lo largo de una conducción puede clasificarse como flujo en canal abierto o flujo en carga, según exista o no superficie líquida libre sometida a la presión atmosférica. Por ejemplo, cuando una alcantarilla fluye llena o a presión, el flujo se denomina en carga. Si el flujo se produce en una alcantarilla

parcialmente llena, o en un canal abierto, se denomina flujo en canal o en lámina libre.

K) Pérdida de carga

Pérdida de carga es la disminución de energía que experimentan los líquidos que fluyen en tuberías y canales abiertos. La energía necesaria para vencer los efectos del rozamiento en el flujo turbulento es la pérdida de carga. Las pérdidas de energía localizadas en las turbulencias inducidas por las piezas especiales y accesorios que se utilizan en tuberías y canales son también pérdidas de carga. La pérdida de carga se representa habitualmente por el símbolo h_L .

L) Flujo permanente

El flujo permanente se produce cuando la descarga o caudal en cualquier sección transversal permanece constante.

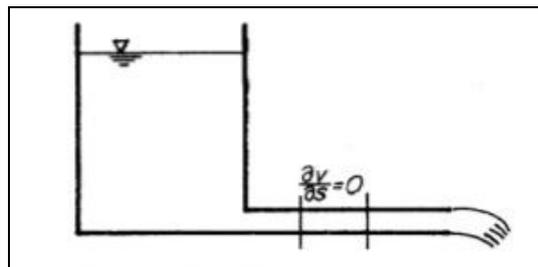


Figura 4. Flujo permanente, descarga constante.
Fuente: Mott, R. (2006) "Mecánica de Fluidos", sexta edición, México.

M) Flujo uniforme y no uniforme

Se llama flujo uniforme aquel en que el caudal, sección transversal y demás elementos del flujo se mantienen sustancialmente constantes

de una sección a otra. Si la pendiente, sección transversal y velocidad cambian de un punto a otro de la conducción, el flujo se dice es no uniforme.

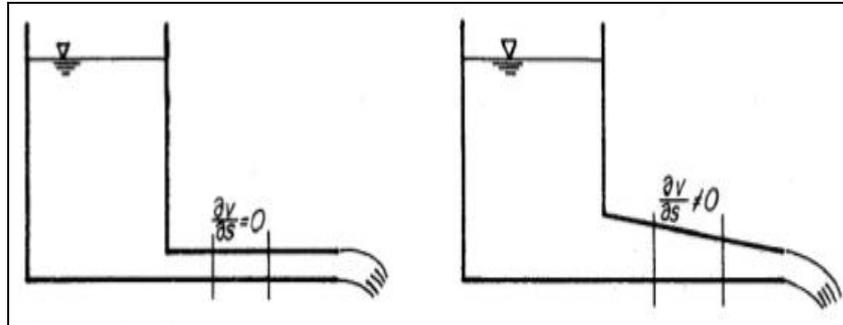


Figura 5. *Flujo uniforme y no uniforme.*
Fuente: Mott, R. (2006) "Mecánica de Fluidos", sexta edición, México.

N) Flujo Variado

El flujo en un canal se considera variado cuando el calado cambia a lo largo del canal. En general, el flujo puede ser gradualmente variado (FGV) o rápidamente variado (FRV). El flujo rápidamente variado tiene lugar cuando el calado varía bruscamente.

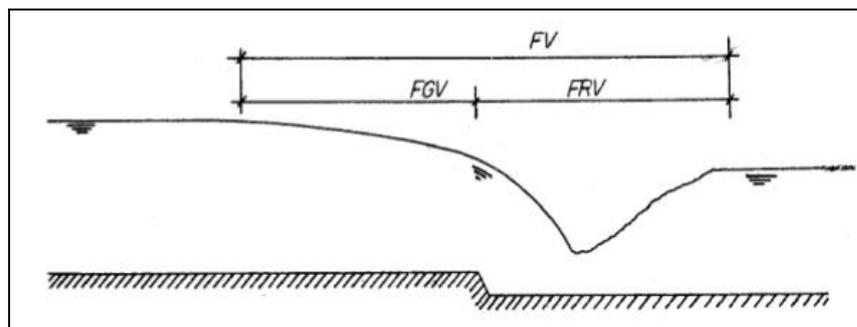


Figura 6. *Flujo gradualmente variado y rápidamente variado*
Fuente: Mott, R. (2006) "Mecánica de Fluidos", sexta edición, México.

2.2.1.2 Flujo en tuberías y canales.

El análisis del flujo, tanto en tuberías (conductores cerrados) como en canales abiertos, se basa en la aplicación de tres ecuaciones

básicas de la mecánica de los fluidos: la de la continuidad, la de la energía y la de cantidad de movimiento.

A) Ecuación de la continuidad.

La ecuación de la continuidad expresa la conservación de la masa de fluido en movimiento a través de las distintas secciones de un tubo de corriente, teniendo en cuenta la conservación de la masa, esta no se crea ni se destruye entre dos secciones diferentes A_1 y A_2

la ecuación de la continuidad será como muestra la ecuación 5:

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \quad (5)$$

Donde:

ρ = densidad del fluido, kg/m³

A = área de la sección transversal, m²

V = velocidad, m/s

Q = caudal, m³/s

Si el fluido es incompresible $\rho_1 = \rho_2$ entonces la ecuación 6 será:

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 = Q_1 = Q_2 \quad (6)$$

B) Ecuación de la energía.

Un fluido en movimiento puede tener cuatro clases de energía: energía estática o de presión E_p , energía cinética E_v , energía potencial E_q y energía interna o térmica E_i . Si E_m representa la

energía mecánica transferida al fluido (+) o desde él (-), por ejemplo mediante una bomba, ventilador o turbina, y E_h representa la energía térmica transferida al fluido (+) o desde él (-), por ejemplo mediante un intercambiador de calor, la aplicación de la ley de conservación de energía entre un punto 1 y un punto 2, resulta la ecuación 7:

$$(E_p + E_v + E_q + E_i)_1 \pm E_m \pm E_h = (E_p + E_v + E_q + E_i)_2 + \text{pérdidas} \quad (7)$$

Las pérdidas en esta ecuación representan una energía no recuperable, por tratarse de formas de energía irreversibles causadas por rozamiento, por ejemplo: energía disipada en forma de calor o ruido.

Para este proyecto y considerando al agua como un líquido incompresible la expresión general puede escribirse como la ecuación 8:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \pm E_m \pm E_h = \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_L \quad (8)$$

Donde:

p_1, p_2 = presión, (KN/m²).

γ = peso específico, (KN/m³).

α_1, α_2 = factores de corrección de la energía cinética.

$g =$ aceleración de la gravedad (9,81 m/seg²).

$z_1, z_2 =$ altura de elevación sobre el plano de referencia, (m)

$h_L =$ pérdida de carga, (m).

Para flujo laminar en tuberías, el valor de α es 2,0. Para flujo turbulento en tuberías, el valor de α varía entre 1,01 y 1,10, el flujo turbulento es por mucho el más frecuente en la práctica, y α se suele tomar igual a la unidad.

El término pérdida de carga, h_L , representa las pérdidas y la variación de energía interna E_i .

C) Ecuación de movimiento

A diferencia de las ecuaciones de continuidad y de la energía, que son relaciones escalares, la ecuación de la cantidad de movimiento es una relación vectorial, es decir, en la que intervienen tanto magnitud como la dirección de las fuerzas y velocidades.

La ley de conservación de la cantidad de movimiento puede enunciarse del siguiente modo: la variación en el tiempo de la cantidad de movimiento a lo largo de un tubo de corriente ocasiona una fuerza llamada fuerza de impulso. La fuerza neta de impulso del fluido (F), causada por la variación de la cantidad de movimiento

entre dos secciones diferentes A_1 y A_2 puede expresarse como la ecuación 9:

$$F = \frac{(\rho_2 A_2 V_2 d_t) V_2 - (\rho_1 A_1 V_1 d_t) V_1}{d_t} \quad (9)$$

$$F = M(V_2 - V_1)$$

Donde $M = \text{caudal másico} = \rho_2 A_2 V_2 = \rho_1 A_1 V_1$

D) Ecuaciones de flujo

Para proyectar instalaciones de transporte de fluidos, tanto si el flujo es a presión como en lámina libre, es preciso conocer: la relación existente entre la pérdida de carga y el caudal, las características del fluido y la rugosidad y configuración de la tubería o canal.

Algunas ecuaciones que relacionan dichos factores se describen a continuación.

Las ecuaciones del flujo de fluidos en conductos cerrados pueden derivarse tanto de consideraciones teóricas como empíricamente. La ecuación de Poiseuille para flujo laminar y la ecuación universal de Darcy-Weisbach son ejemplos de ecuaciones deducidas teóricamente. Las fórmulas de Manning y Hazen-Williams, utilizadas para proyectar alcantarillas y conducciones forzadas, y la ecuación

de Harmon, son ejemplos de ecuaciones obtenidas experimentalmente a continuación se describe las más usadas:

D.1) Ecuación de Darcy-Weisbach

En términos de caudal, la ecuación 10 sería:

$$h_f = \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5} \quad (10)$$

Donde:

h_f = pérdida de carga.

f = coeficiente de rozamiento.

L = longitud de la tubería, (m).

V = velocidad media (m/seg).

D = diámetro de la tubería, (m).

g = aceleración de la gravedad (9,81 m/seg²).

Q = caudal, (m³/seg).

Un método alternativo para determinar los coeficientes de fricción en tuberías es el diagrama de Moody, este diagrama, que en realidad consta de dos diagramas diferentes nos permite calcular el valor de coeficiente de fricción sabiendo Re y la rugosidad relativa de la tubería.

Se ha comprobado que el valor de f coeficiente de rozamiento varía con el número de Reynolds Re , la rugosidad, tamaño de la

tubería, la relación entre estas variables que se representa en las gráficas del diagrama de Moody, la rugosidad relativa de tubos nuevos con respecto al diámetro se muestra

A continuación en la figura 7 muestra la gráfica de la rugosidad relativa vs el diámetro de tubería y en la figura 8 se tiene el diagrama de Moody.

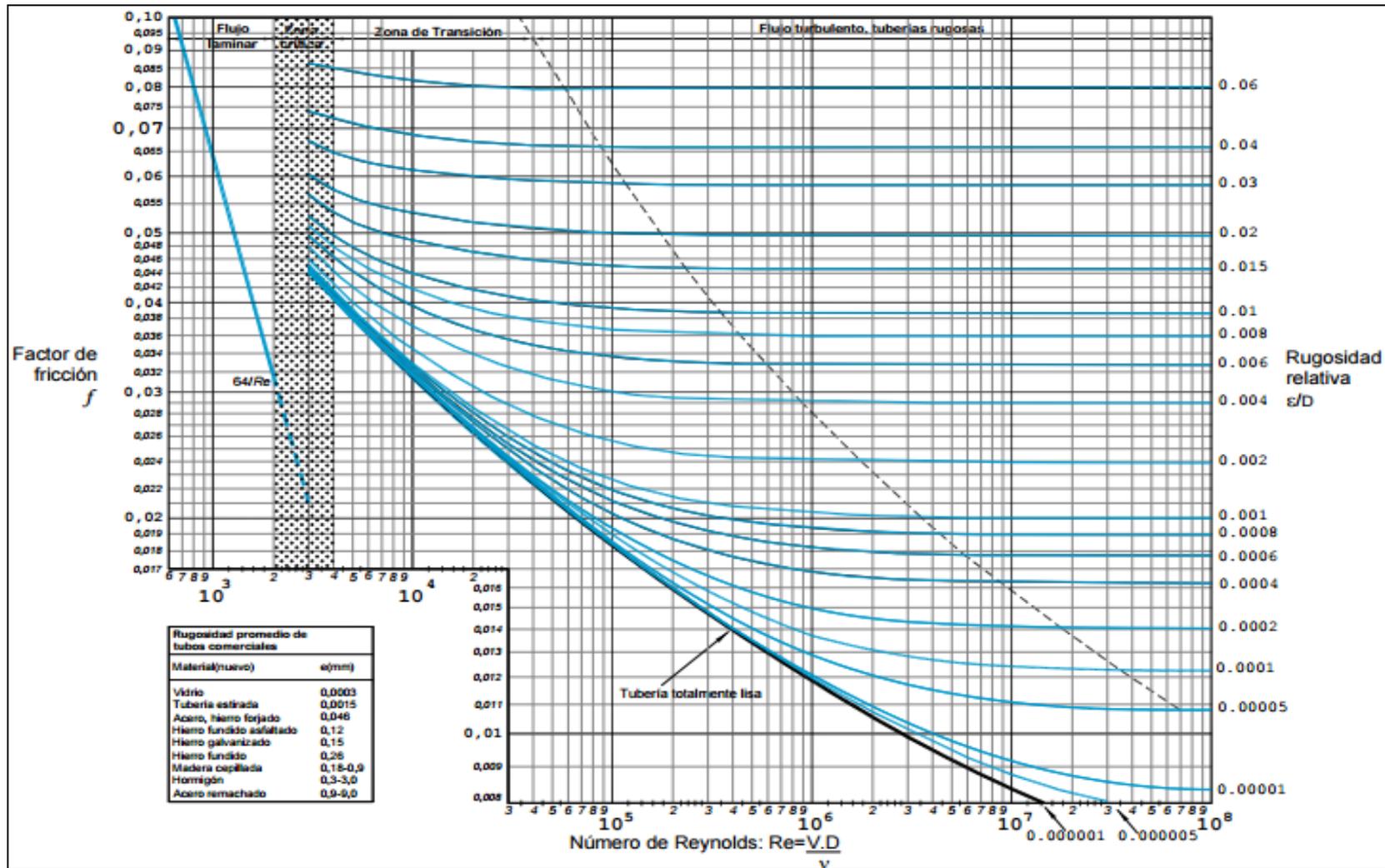


Figura 8. Diagrama de Moody
Fuente: Mott, R. (2006) "Mecánica de Fluidos", sexta edición, México

D.2) Formula de Manning

Fórmula para flujo en lámina libre. Inicialmente esta fórmula se concibió para el proyecto de canales abiertos, actualmente se utiliza también para conductos cerrados.

En función del caudal, se tiene la ecuación 11:

$$Q = \frac{0,312}{n} D^{8/3} S^{1/2} \quad (11)$$

Donde:

Q = caudal, (m³/s).

D = diámetro hidráulico, (m).

S = pendiente de la línea de carga.

D.3) Variación máxima instantánea (Coeficiente de Harmon)

Para cuantificar la variación máxima instantánea de las aportaciones, se utilizar la fórmula de Harmon la cual es representado por la ecuación 12:

$$F = 1 + \frac{14}{4 + P^{0.5}} \quad (12)$$

P = Población servida acumulada hasta el tramo de tubería considerada, en miles de habitantes.

2.2.2. Bombas y sistema de bombeo.

Una bomba es un dispositivo mecánico el cual, mediante un eje rotatorio impulsado por un motor eléctrico, añade energía a un fluido provocándole

movimiento y aumento de su presión. Las bombas se utilizan para impulsar líquidos a través de un sistema de tuberías.

2.2.2.1. Clasificación de las bombas.

Jones (2004), las bombas generalmente se clasifican de acuerdo con su configuración mecánica, por lo tanto las bombas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

A) Bombas cinéticas

La característica principal de estas bombas es que imparten velocidad al líquido cuando pasa por el impulsor y luego convierte algo de esa velocidad en presión adicional. Este tipo de bombas a su vez se dividen en dos, en bombas centrífugas (o de voluta) y en bombas verticales (o de turbina).

B) Bombas de desplazamiento positivo

Son aquellos en los que el elemento móvil de la bomba (pistón, rotor, embolo o engranaje) desplaza el líquido hacia el cilindro de la bomba y al mismo tiempo eleva la presión del líquido. Este tipo de bombas a su vez se divide en tres: Bombas de pistones, bombas neumáticas y bombas rotativas. Raramente las bombas de desplazamiento positivo se utilizan para estaciones de bombeo de aguas residuales. El diagrama de clasificación de bombas se muestra en la figura 9.

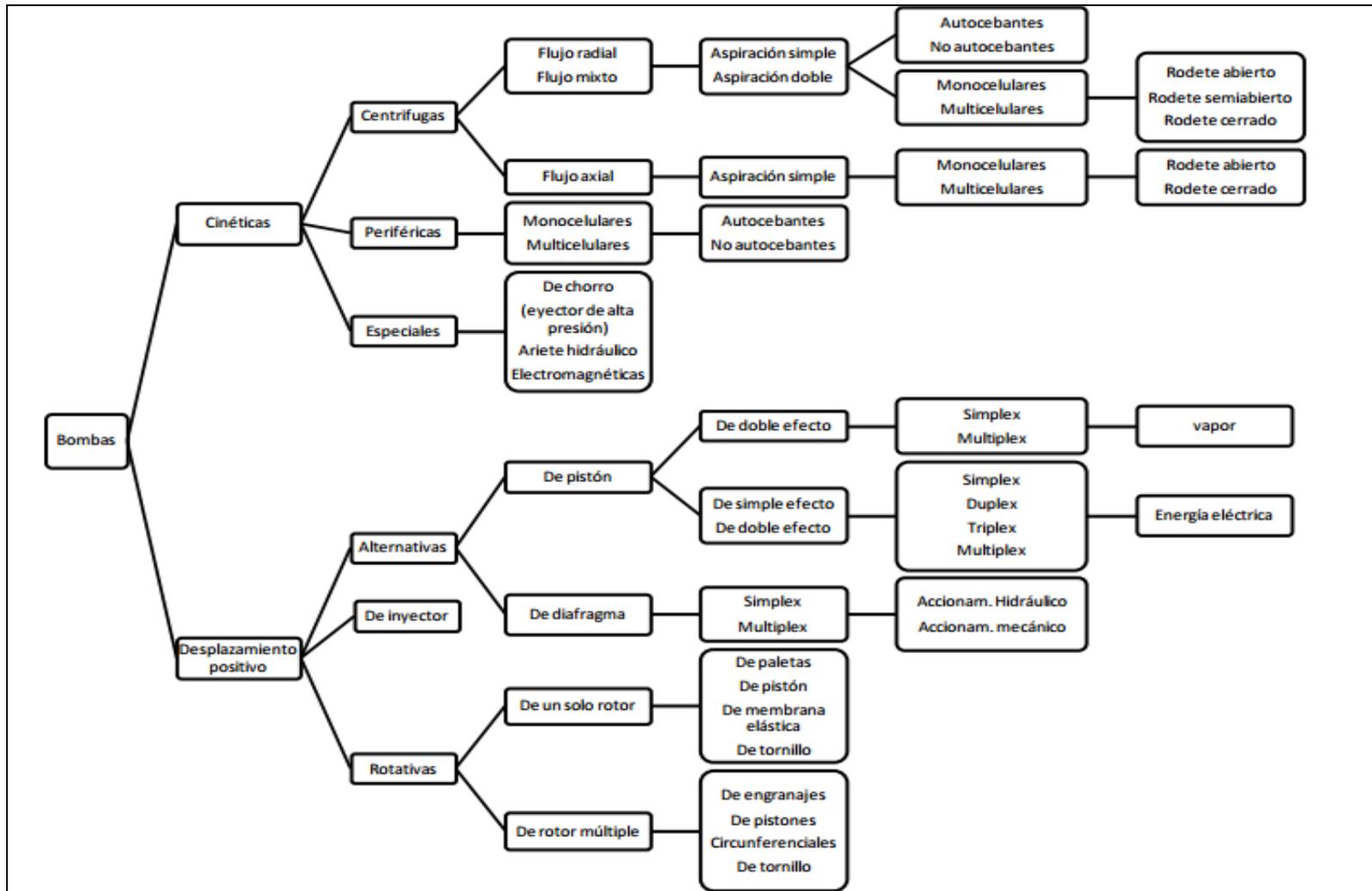


Figura 9. Clasificación de bombas
 Fuente: Adaptado de Metcalf & Eddy, INC (1995)

C) Bombas centrífugas

En una bomba centrífuga, el líquido que se encuentra dentro de la bomba adquiere una velocidad y una presión superiores a las que tenía en la entrada y, antes de que el fluido salga por la boquilla de descarga, la velocidad de salida se convierte parcialmente en presión. Las bombas centrífugas se componen principalmente de un rodete el cual fuerza al líquido a seguir un movimiento rotativo y le suministra a este la velocidad y la presión, y la carcasa la cual dirige el líquido hacia el rodete y hacia la salida y es el lugar en donde la velocidad se convierte en presión. Esta carcasa puede ser de dos tipos, de voluta o de difusor y su diferencia radica en su forma y configuración ya que las de difusor presentan unas chapas guías como se muestra en la figura 10.

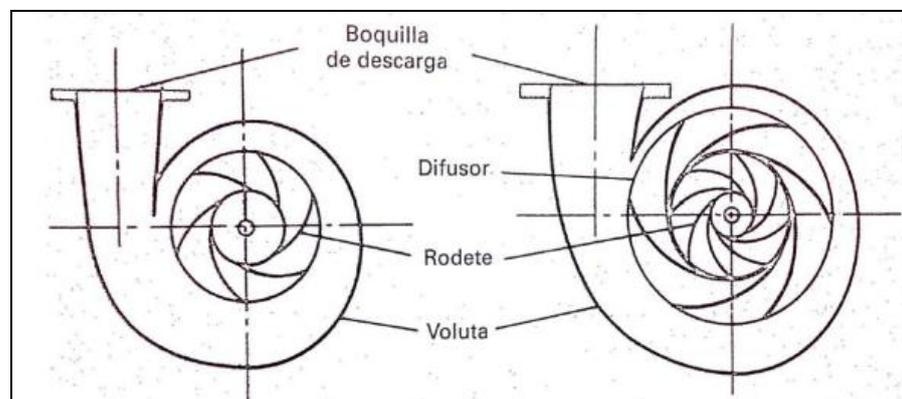


Figura 10. Carcasas de bombas
Fuente: Adaptado de Metcalf & Eddy, INC (1995)

Como se describió anteriormente, las bombas centrífugas se pueden clasificar en bombas de flujo axial, flujo radial y flujo mixto. En la figura 11 se muestra una breve descripción de cada tipo de bomba.

Tipo de bomba centrífuga	Descripción	Figura del rodete
Flujo radial	El líquido entra axialmente en el rodete a través de la boquilla de aspiración y es descargado radialmente hacia la carcasa.	
Flujo mixto	El líquido entra axialmente en el rodete y es descargado a una dirección intermedia entre la radial y la axial.	
Flujo axial	El líquido entra y sale del rodete de forma axial.	

Figura 11. *Tipos de bombas centrífugas*
Fuente: Adaptado de Metcalf & Eddy, INC (1995)

D) Bombas centrífugas usuales en una estación de bombeo

Las bombas centrífugas que son más usuales verlas en una estación de bombeo son generalmente de 3 tipos:

D.1) Bombas centrífugas sumergibles

Son bombas que trabajan como su nombre lo indica de manera sumergida y por lo tanto requieren que la carcasa de la bomba (en donde se encuentra el impulsor) esté sumergido en el fluido con el fin de bombear. Este tipo de bombas presentan un nivel de sugerencia mínimo el cual debe ser considerado en el diseño, ya que si la cubierta superior está por encima del nivel del líquido, el

aire se introduce dentro de la bomba causando problemas en su operación. Como muestra la figura 12, estas bombas cuentan con diferentes tipos de impulsores por lo cual generan una alta gama de trabajo con respecto el tipo de agua a bombear y las especificaciones de bombeo. Debido a que la bomba se instala en el pozo húmedo, no se requiere una cámara seca lo cual disminuye los costos constructivos de la estación de bombeo.

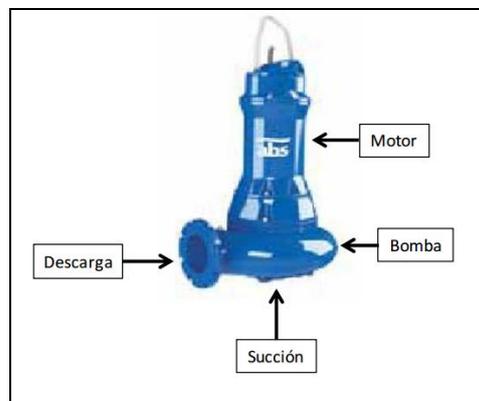


Figura 12. *Bomba centrífuga sumergible*
Fuente: Adaptado de Sulzer.

D.2) Bombas centrífugas verticales

Las bombas verticales cuentan con un difusor axial en lugar de una voluta. Este tipo de bombas también debe tener una parte sumergida por donde se realiza la succión del líquido y la descarga va conectada directamente a la bomba, al igual que las anteriores, no se requiere una cámara seca para su instalación lo cual disminuye los costos constructivos de la estación de bombeo, la figura 13 describe las partes más importantes de la bomba centrífuga vertical.

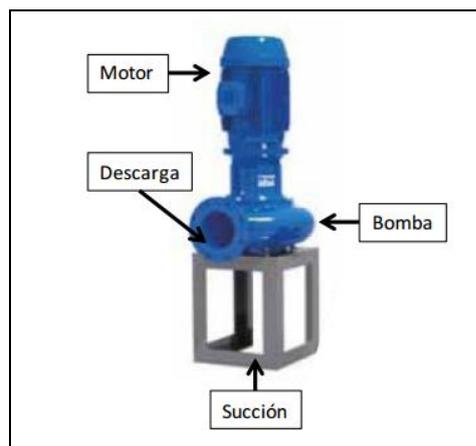


Figura 13. *Bomba centrífuga vertical*
Fuente: Adaptado de Sulzer.

D.3) Bombas centrífugas horizontales

Este tipo de bombas por lo general el impulsor está alojado en una carcasa en forma de espiral llamada una voluta. Tanto el impulsor como el motor deben estar ubicados en una cámara seca y la succión del líquido se realiza en el pozo húmedo mediante la tubería de succión que se puede evidenciar en la figura 14.

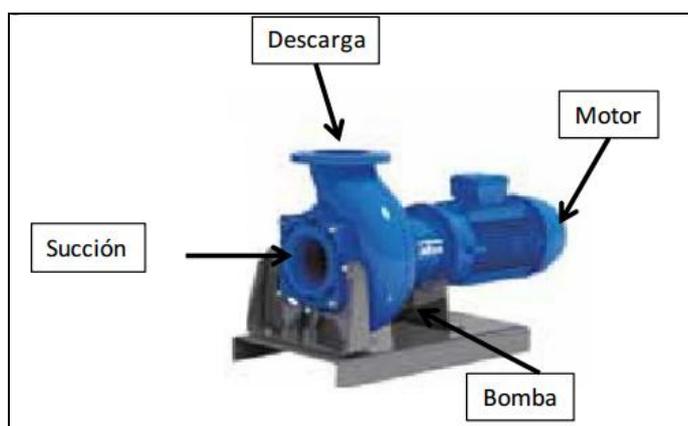


Figura 14. *Bomba centrífuga horizontal*
Fuente: Adaptado de Sulzer.

A continuación en la figura 15 se muestra las ventajas y desventajas que tiene cada tipo de bomba para la operación en estaciones de bombeo.

Tipo Bomba	Ventajas	Desventajas
Sumergible	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Existe gran disponibilidad de bombas sumergibles, por lo que es posible el diseño de grandes estaciones con varias bombas sumergibles. ✓ Amplia gama de tamaños y características de una bomba de hélice vertical. ✓ Protección contra las inundaciones en el pozo seco. ✓ Fácil extracción para reparaciones y mantenimientos. ✓ Eliminación de la necesidad de largos ejes de transmisión. ✓ Enfriamiento natural por las aguas a bombear. ✓ Tiempos de ciclo más cortos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Disponibilidad limitada de tamaños de motor. ✓ Costos de adquisición mayores. ✓ Necesidad de operar en condiciones de sugerencia para la refrigeración. ✓ Necesidad potencial de un mayor tamaño de pozo húmedo y espaciamiento de la bomba.
Verticales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bajos requisitos de mantenimiento. ✓ Fácil acceso al motor. ✓ Uso de ejes motrices de hasta 12 m. ✓ Los rodamientos se pueden lavar fácilmente con agua dulce en vez de engrasar. ✓ Se requiere una pequeña superficie que 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dudosa rentabilidad de lubricación con agua. ✓ Se requiere sugerencia de la bomba en el líquido. ✓ Requisito de dos codos adicionales para el tipo vertical, uno en la succión y uno en la descarga.

Tipo Bomba	Ventajas	Desventajas
	<ul style="list-style-type: none"> sea suficiente para acomodar la bomba axial. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Un acceso limitado a la bomba, lo que requiere retirar todo el conjunto de la bomba fuera de la estación. ✓ El nivel de ruido es generalmente mayor que el de las bombas sumergibles.
Horizontales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alta fiabilidad. ✓ Simplicidad mecánica y eléctrica en comparación con las bombas de eje vertical. ✓ Fácil acceso para el mantenimiento, ya que las bombas se colocan en una cámara seca. ✓ Vida útil más larga que las bombas verticales. ✓ Motores menos costosos que las bombas verticales. ✓ Requisitos altura libre más bajas que las bombas verticales. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los impulsores tienen típicamente una eficiencia del 70% o inferior. ✓ Se requiere un pozo seco de gran tamaño para la instalación de las bombas. ✓ Los motores están sujetas a inundaciones si la cámara seca se inunda. ✓ Se necesita ventilación para enfriar los motores.

Figura 15. *Ventajas y desventajas de las bombas utilizadas*
Fuente: Federal Highway Administration (2001).

E) Características de funcionamiento

Entre las características para el funcionamiento de las bombas intervienen: Curvas características de la bomba, campo de funcionamiento y el número de unidades a utilizar.

E.1) Curvas características de la bomba

Los fabricantes de las bombas suministran la información relativa al comportamiento de sus bombas en forma de curvas características o curvas de la bomba. En la figura 16 se muestra la curva característica de la altura manométrica total (TDH), el rendimiento en tanto por ciento, la potencia absorbida y el caudal en la abscisa.

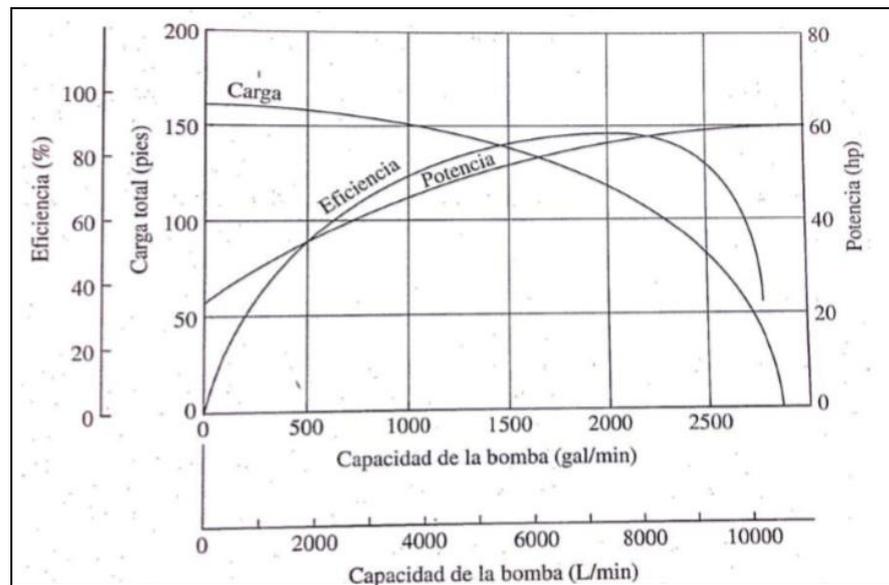


Figura 16. Curva característica de la bomba.
Fuente: Federal Highway Administration (2001).

E.2) Curva del sistema

La curva del sistema es importante para verificar el punto de funcionamiento de una bomba dentro de un sistema de tuberías dado. Como su nombre lo indica, la curva del sistema es una representación gráfica de la altura del sistema vs caudal del sistema y se obtiene con los puntos correspondientes a la altura total para una serie de caudales determinados que varían desde cero hasta el valor máximo esperado. Luego sobre esta curva se grafica también

la curva de la bomba y así se puede obtener el punto de funcionamiento de la bomba como se muestra en la figura 17.

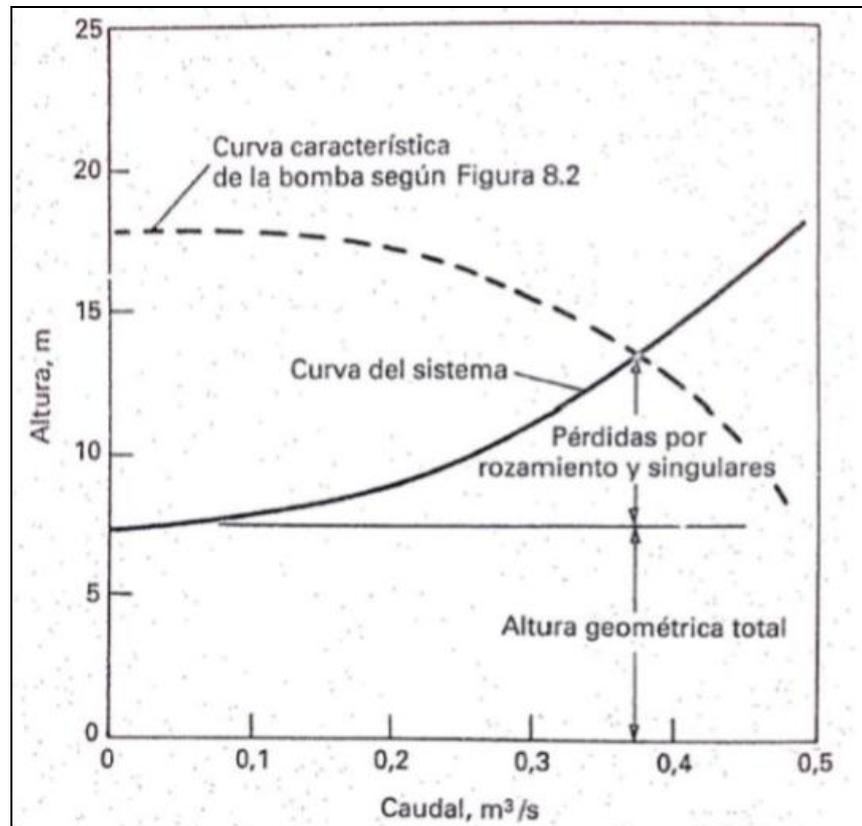


Figura 17. Curva del sistema
Fuente: Adaptado de Metcalf & Eddy, INC (1995)

E.3) Cavitación en bombas centrífugas

La cavitación se produce cuando la presión absoluta a la entrada es menor a la presión de vapor del líquido bombeado lo que conlleva a que se formen burbujas de vapor en la succión de la bomba y luego estas burbujas colapsan en la zona de mayor presión y el líquido circundante llena rápidamente este vacío causando un golpeteo dentro de la bomba perjudicando el buen funcionamiento de ésta, asimismo este tipo de problema no es perjudicial para la bomba ya que se cuenta con válvulas que reducen la cavitación.

E.4) Campo de funcionamiento

Al igual que la mayoría de los equipos mecánicos, una bomba funciona mejor en su punto de máximo rendimiento. En este punto los esfuerzos radiales sobre los cojinetes son mínimos, ya que la carga desequilibrada sobre el rodete también es mínima. Estos esfuerzos radiales se incrementan notablemente a medida que el punto de funcionamiento se separa del máximo rendimiento, sea en una u otra dirección.

Cuando el caudal de la bomba sobrepasa al correspondiente al punto de máximo rendimiento la presión absoluta necesaria para evitar la cavitación aumenta de tal manera que, además de los problemas de esfuerzos radiales, la cavitación se convierte en un problema potencial. Cuando el caudal descargado por la bomba desciende hacia el punto de válvula cerrada (altura a caudal cero) la recirculación del líquido impulsado dentro del rodete es otro problema. Esta recirculación da lugar a vibraciones y pérdidas hidráulicas en la bomba y puede producir cavitación.

E.5) Número de unidades

Este depende del caudal de bombeo y de sus variaciones y también de la necesidad de contar con una unidad de reserva para atender situaciones de emergencia. Se recomienda adoptar los siguientes criterios:

Para pequeñas estaciones (población de diseño menor a 2000 habitantes) se colocarán dos unidades, cada una con capacidad de bombear el caudal de bombeo calculado. Una de ellas será la unidad de reserva y funcionará alternadamente con la unidad principal.

En estaciones mayores (población de diseño mayor a 2000 habitantes), el número mínimo será de dos unidades. Cuando se utilicen únicamente dos bombas, cada una de ellas debe tener una capacidad igual al caudal de diseño de la estación y una trabajará de reserva. Cuando se utilicen más de dos bombas, deberá ser prevista además de las unidades necesarias para el caudal máximo, por lo menos una bomba de reserva con capacidad igual a la mayor de las bombas instaladas.

2.2.3. Estaciones de bombeo de aguas residuales

Según Metcalf & Eddy, INC, (1995) define que las estaciones de bombeo son estructuras diseñadas para la impulsión de aguas residuales domesticas crudas, aguas pluviales, aguas residuales industriales, aguas residuales de redes de alcantarillado sanitario, lodos producidos en las plantas de tratamiento, efluentes tratados o redes de agua en las plantas de tratamiento. Son necesarias, además de las instalaciones típicas en las plantas de tratamiento, cuando la cota de la zona a servir es demasiado baja para que sus aguas residuales puedan ser evacuadas por gravedad a los colectores existentes o cuando se requiere dar servicio a zonas situadas en el exterior de la cuenca vertiente, pero perteneciente al término

a sanear o cuando la omisión de bombeo supone un costo de construcción excesivo debido a la necesidad de efectuar grandes excavaciones para la construcción de la alcantarilla que dé servicio a la zona.

2.2.3.1. Composición de las estaciones de bombeo

Las características de una estación de bombeo dependen del tamaño de ésta. Para una estación de bombeo grande se requiere de una infraestructura mayor que una estación pequeña y por lo tanto debe contar, además de la infraestructura para su funcionamiento hidráulico, con una caseta de bombeo, con un cerramiento, un cuarto de máquinas, etcétera.

Es importante aclarar que las estaciones de bombeo pueden ser diseñadas para funcionar con bombas horizontales o verticales y por lo cual se requiere una cámara adicional en donde se instalan las bombas, la cual es llamada cámara seca o pozo seco.

Sin embargo, se puede generalizar que las estaciones de bombeo (para bombas sumergibles) presentan una configuración y se componen de los elementos que se describen a continuación lo cual garantizan un adecuado funcionamiento.

En la figura 18 tiene por objetivo conocer las partes de la estación así como describir su funcionamiento de cada equipo.

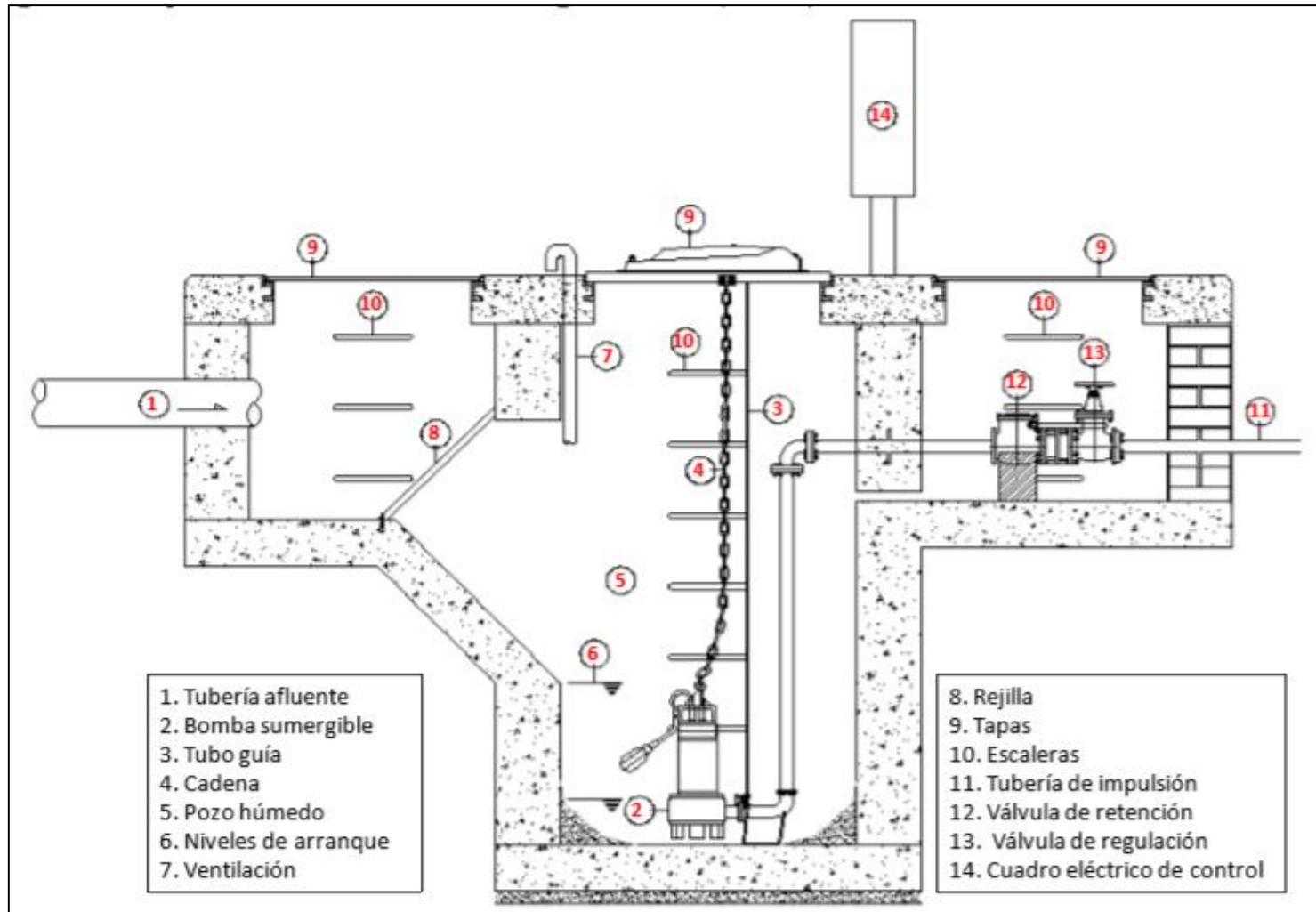


Figura 18. Esquema estación de bombeo de aguas residuales
 Fuente: Adaptado de Corredor, J (2014)

De acuerdo a esta figura se van a describir los equipos y materiales que constituyen una estación de bombeo de aguas residuales cambiando la enumeración de ésta por letras, tal como muestra a continuación.

A) Tubería afluyente

Es importante tener presente las características de la tubería afluyente a la estación de bombeo ya que muchos factores en el diseño de la estación dependen de la tubería entrante por lo cual se afirma que los problemas de funcionamiento de las bombas se deben con frecuencia a un diseño erróneo de la tubería de entrada.

Se deben identificar claramente la ubicación, diámetro y velocidad en la tubería de entrada ya que se puede presentar acumulación de aire y formación de remolinos cuando entra al pozo húmedo con una velocidad grande o una cota alta en comparación al fondo del pozo. La acumulación de aire y los remolinos pueden perjudicar el buen funcionamiento de las bombas al disminuir su rendimiento, puede aumentar las vibraciones y provocar cavitación en la bomba.

Se requiere que la altura de caída de la entrada no sea mayor a 1 m, que la velocidad de entrada no supere los 1.2 m/s y que la ubicación de la entrada no esté muy cercana al punto de aspiración de la bomba.

Los principales aspectos incluidos en esta sección hacen referencia a los tipos de estación de bombeo comúnmente utilizados y detalles importantes de su diseño.

B) Bomba sumergible

Como se explicó anteriormente, en las estaciones de bombeo se pueden encontrar diferentes tipos de bombas. Generalmente en estaciones de bombeo pequeñas y prefabricadas se utilizan bombas sumergibles verticales.

Hay que tener presente en el diseño de las estaciones de bombeo que siempre debe incluirse una bomba en reserva, generalmente se escogen bombas iguales para su operación. Por lo tanto, para estaciones de bombeo pequeñas en donde solo se necesite una bomba, siempre se deben incluir dos bombas de iguales características. Por otro lado, en estaciones en donde se requieran más de una bomba, todas ellas deben ser iguales y se debe tener una en reserva.

Es recomendable operar las bombas de manera secuencial y cambiar el modelo de operación de las bombas en cada ciclo de tal manera que se evite que la primera bomba sea la que más trabaje y por ende la que más reparaciones y mantenimiento va a necesitar. En la figura 19 describe un ejemplo de secuencia de encendido de las bombas para sistemas de 2 a 4 bombas.

Numero de bombas	Primer secuencia	Segunda secuencia	Tercera secuencia	Cuarta secuencia	Quinta secuencia
2	1-2	2-1	1-2	2-1	1-2
3	1-2-3	3-1-2	2-3-1	1-2-3	3-1-2
4	1-2-3-4	4-1-2-3	3-4-1-2	2-3-4-1	1-2-3-4

Figura 19. *Ejemplo de secuencia de encendido de bombas.*
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration (2001).

C) Tubo guía

El tubo guía es un elemento indispensable para la instalación y mantenimiento de la bomba ya que la bomba se desliza por medio de ellas al momento de la instalación o extracción de la bomba lo cual no afecta la tubería de descarga.

D) Cadena

Las estaciones de bombeo deben disponer de elementos que ayuden al fácil mantenimiento, extracción o cambio de equipos, es por ello que se requiere que las bombas instaladas cuenten con una cadena que sirve para movilizar estos elementos con ayuda de una grúa cuando su peso así lo requiera.

E) Pozo húmedo

El pozo húmedo es necesario para la recepción de las aguas negras antes de comenzar el bombeo y para el bombeo mismo, por lo tanto es importante diseñar una adecuada cámara de tan forma que no perjudique el sistema de bombeo o la bomba misma.

En el diseño del pozo húmedo se requiere determinar el volumen de almacenamiento o volumen efectivo el cual depende del tipo de bomba y del ciclo de bombeo. Es indispensable determinar un correcto tamaño de la cámara húmeda ya que un volumen demasiado grande puede producir acumulación de lodos en el pozo, mientras que un valor pequeño puede ocasionar arranques y paradas más frecuentes en las bombas, es decir, ciclos de bombeo muy cortos lo cual puede causar daños en las bombas y mayores costos energéticos.

El volumen efectivo (volumen comprendido entre el punto de arranque y parada de una sola bomba) del pozo húmedo está dado por la siguiente ecuación 12:

$$V = \frac{\theta q}{4} \quad (12)$$

Donde:

V: Volumen necesario [m³]

θ : Tiempo mínimo de un ciclo de bombeo [min]

q: capacidad de la bomba [m³/min]

La anterior ecuación también aplica para estaciones de bombeo con más de una bomba o con variadores de velocidad en donde θ es el tiempo de arranques sucesivos o cambios de velocidad de una bomba que funciona entre límites de un intervalo de control y q es el incremento de la capacidad cuando una bomba se encuentra en

funcionamiento y arranca una segunda o cuando se aumenta la velocidad del motor. Por lo tanto el volumen necesario para el pozo húmedo será la suma de los volúmenes necesarios para cada bomba.

Uno de los factores más determinantes en el diseño del pozo húmedo es obtener un volumen de almacenamiento a un costo favorable, por tal razón cuando las estaciones de bombeo son de caudales mayores y el colector de llegada es grande, se puede utilizar la capacidad de almacenamiento del colector mismo para así disminuir el área del pozo húmedo y aumentar el volumen de almacenamiento por ende disminuir los tiempos de ciclo y los costos de energía, a continuación se muestra la figura 20 que muestra el volumen de almacenamiento adicional en colectores de gran diámetro.

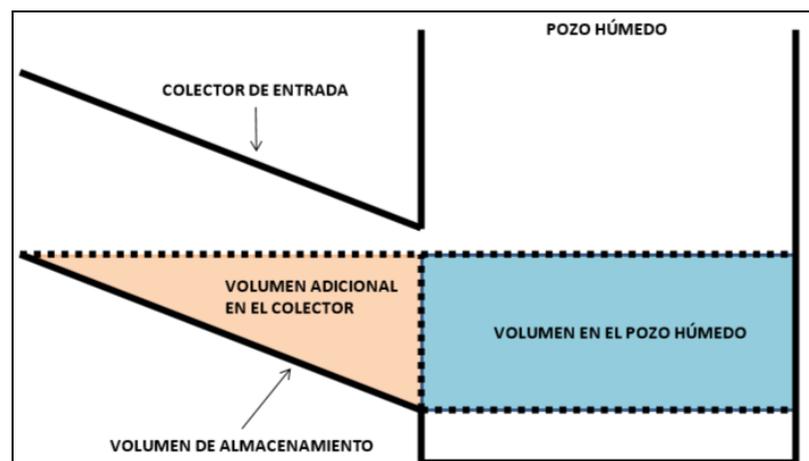


Figura 20. *Volumen de almacenamiento adicional en colectores.*
Fuente: Adaptado de Federal Highway Administration (2001).

Las secciones más comunes en los pozos húmedos son la rectangular y la cuadrada, sin embargo, las secciones circulares

también se pueden utilizar especialmente cuando son estaciones profundas o de pequeño caudal ya que minimiza el área de la superficie del líquido.

Generalmente las estaciones prefabricadas pequeñas se encuentran de sección circular ya que no se requiere de una estructura externa como se muestra en la figura 20.

Por otro lado, existen algunas recomendaciones constructivas y operativas que deben tener los pozos húmedos. Estos pozos húmedos deben ser construidos en concreto reforzado impermeable para evitar infiltraciones, las juntas de las tuberías y los pasamuros deben ser herméticos de tal manera que los gases y vapores no se salgan, el fondo del pozo debe tener una inclinación hacia la zona de aspiración de las bombas, todas las esquinas del fondo deben tener un ángulo de terminación de 45° sin embargo en estaciones pequeñas este ángulo puede llegar a ser de 60° .

F) Niveles de arranque y parada

Los niveles de arranque y de parada se presentan en el pozo húmedo para determinar el comienzo y fin del ciclo de bombeo. Estos niveles generalmente se delimitan con sensores o flotadores conectados al encendido y apagado de las bombas. En la figura 21 se muestra un esquema de los niveles de arranque y de parada de las bombas.

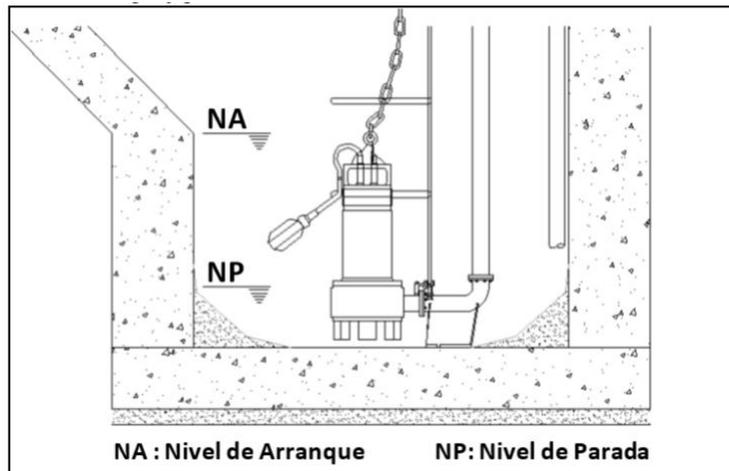


Figura 21. Niveles de arranque y parada.
Fuente: Adaptado de Corredor, J (2014)

Cada bomba dentro de la estación de bombeo debe tener los niveles de arranque y parada determinado. Algunas estaciones presentan los niveles de parada iguales para todas las bombas instaladas lo cual obliga a que los niveles de arranque de cada bomba sean diferentes. Sin embargo la diferencia entre el nivel de arranque y de parada de cada bomba se define por el tiempo del ciclo determinado y por el número de prendidas permitido de una bombas durante una hora.

Primero se debe determinar el nivel de parada de las bombas. Existen varias recomendaciones en cuanto al nivel de parada del ciclo, una de ellas es que el nivel de parada debe ser lo más bajo posible para que la velocidad del caudal aumente hacia el final del ciclo de trabajo, sin embargo no puede ser menor que el nivel de inmersión requerido por la bomba sumergible. Es importante que se

verifique el nivel de parada cuando se está poniendo en marcha la estación de bombeo ya que el nivel de parada está fijado por el nivel cuando el aire es aspirado a la aspiración de la bomba.

G) Ventilación

Se debe disponer de una buena ventilación hacia el exterior por lo tanto el pozo húmedo debe disponer sistemas de ventilación mecánica distribuidos por toda la cámara y la salida del aire se debe realizar por la parte exterior del pozo. La salida del aire de la cámara húmeda debe situarse cercana a la tubería afluente.

La ventilación debe realizarse por intervalos para estaciones de bombeo pequeñas o de manera continua para estaciones de bombeo de mayor caudal, en cualquier caso es indispensable identificar la cantidad de gases expulsados del pozo para que no afecte el olor en la zona en donde se encuentra la estación de bombeo.

H) Rejilla

La rejilla es un conjunto de barras paralelas destinadas a retener objetos de mayor tamaño que se presenten en las aguas residuales a medida que pasan al través. La separación de estas barras varía entre 25 y 150 mm según las especificaciones del lugar de ubicación de la estación o según las características de la bomba utilizada.

El mantenimiento de estas rejillas puede ser de tipo automático o tipo manual, sin embargo para las rejillas automáticas deben preverse un mecanismo de retención de sólidos de emergencia cuando la rejilla esté fuera de servicio. Los sólidos que se extraigan deben ser depositados en un sitio adecuado o triturados para recircularlos por la estación de bombeo.

I) Tapas de acceso

Las tapas de acceso deben ser lo suficientemente grandes para permitir la extracción de equipos y la entrada del personal de mantenimiento a las diferentes cámaras. Si la estación de bombeo es pequeña y no cuenta con caseta de bombeo, se requiere que las tapas cuenten con dispositivos de seguridad como rejas y candados para que no se permita el acceso a personas no autorizadas.

J) Escaleras

El acceso a las diferentes cámaras en una estación de bombeo se debe realizar directamente desde el exterior por medio de una escalera.

K) Tubería de impulsión

En estaciones de bombeo se interpreta que la tubería de impulsión es una alcantarilla que transporta a presión el líquido impulsado por una estación de bombeo la cual comienza en el punto de descarga la bomba y termina con la descarga de la tubería ya sea a un punto

de vertimiento o a un pozo de inspección de alcantarillado. Estas tuberías de impulsión generalmente cuentan con una serie de accesorios que complementan el funcionamiento hidráulico del sistema como codos, válvulas, tees, reducciones, ampliaciones, etc. Para todas las estaciones de bombeo, la tubería de impulsión debe ser lo más corta y simple posible.

L) Válvula de retención

Según Metcalf & Eddy, INC, las válvulas de retención ubicadas en una estación de bombeo se describen en la figura 22.

<i>Tipo de válvula</i>	<i>Descripción</i>	<i>Instalación</i>
Válvula de clapeta	Disponible en diámetros de hasta 0.75m. Utilizadas en todo tipo de sistemas excepto en los que requieran una válvula diferente para control de golpe de ariete o tamaño superior a 0.75m. Debe incorporar un contrapeso y manivela exterior para facilitar la maniobra de cierre.	Debe instalarse en posición horizontal. Si se coloca vertical puede producirse la sedimentación de sólidos en la parte superior de la clapeta cuando la bomba esta fuera de servicio. Los sólidos pueden penetrar la tapa de la válvula durante el arranque de la bomba impidiendo su apertura.
Válvula cónica	Utilizada en sistemas que requieren válvulas de tamaño superior a 0.75m o cuando se necesite un control temporizado de apertura y cierre para el golpe de ariete. Su funcionamiento es mediante pistón hidráulico.	Las válvulas y el sistema de control hidráulico son muy caros, por lo que solamente se emplean en caso de absoluta necesidad. En la posición abierta, la sección de paso es cilíndrica; en consecuencia y a fin de reducir el coste, la válvula cónica suele ser del mismo diámetro que la boquilla de la bomba, o incluso más pequeña si existe espacio disponible para instalar las piezas de reducción y ampliación.
Válvula de disco basculante	Disponible en diámetros de hasta 1.8m. Solamente se emplean cuando no existan válvulas de clapeta del tamaño requerido. Tiene un eje que atraviesa la sección de paso del agua.	Os trapos y otros materiales pueden engancharse en el eje e impedir su abertura. Deben instalarse únicamente cuando se precise una válvula de gran tamaño y cuando existan rejillas automáticas con separación inferior a 25mm o dilaceradores.
Válvula de mariposa	Al igual que las válvulas de disco basculante, funciona mediante un pistón hidráulico y tiene un eje que atraviesa la sección de paso del agua. Se emplea únicamente para el control del golpe de ariete en instalaciones de gran tamaño.	Solamente deben instalarse cuando haya un desbaste o dilaceraciones previos.

Figura 22. *Tipo de válvulas de retención.*
Fuente: Adaptado de Metcalf & Eddy, INC (1995)

M) Válvula de regulación

Esta válvula por lo general es una válvula de compuerta que abre mediante el levantamiento de una compuerta o cuchilla (la cuál puede ser redonda o rectangular) permitiendo así el paso del fluido.

N) Cuadro eléctrico de control

Según Metcalf & Eddy, INC (1995) menciona el cuadro eléctrico de control es una caja en donde se centraliza la instrumentación de control. En las estaciones de bombeo de gran tamaño este cuadro de control debe incluir los siguientes elementos:

- Indicador del nivel del agua en el pozo húmedo.
- Indicador del funcionamiento del medidor de caudal (si se requiere)
- Interruptores para la selección de la secuencia del bombeo que permita fijar el orden de funcionamiento de las bombas activas y la de reserva.
- Controles de funcionamiento para cada bomba incluyendo: i) interruptor de tres posiciones (manual, paro, automático), ii) señales luminosas indicadoras de funcionamiento o parada, iii) controles de la velocidad variable (cuando las bombas sean de este tipo), y iv) amperímetros para cada bomba o medidores de potencia consumida.
- Panel indicador de alarmas en que se señalen las alarmas individuales y los botones de paro de las señales acústicas.

Este cuadro eléctrico de control esta interconectado con la instrumentación que presenta la estación de bombeo para el funcionamiento y control de la misma. Los elementos que componen esta instrumentación son:

- Controles automáticos: Este nivel depende básicamente del nivel del agua en el pozo húmedo. El sistema de control automático se compone de sensores, electrodos, tubos de burbujas, medidores sónicos y tubos de capacitancia.
- Controles manuales: Durante emergencias las bombas deben ser maniobradas de forma manual en donde se debe poder controlar del funcionamiento a velocidad constante como a velocidad variable.
- Alarmas: Las alarmas son indispensables en el sistema de control de la estación de bombeo. Cuando las estaciones no cuentan con personal permanente se debe transmitir por medio telemétrico las alarmas. Las alarmas deben incluir: i) Nivel máximo del agua en el pozo húmedo, ii) Nivel mínimo del agua en el pozo húmedo, y iii) Fallo de las bombas.
- Dispositivo de paro de emergencia: se debe ubicar debajo del nivel mínimo del agua y debe para el funcionamiento de las bombas cuando se presentan problemas con los controles automáticos.

Como recomendación general, todas las instalaciones eléctricas de la cámara de aspiración deben ser a prueba de explosiones.

2.2.4. Bases Legales.

Las normas técnicas peruanas (INDECOPI) y el reglamento nacional de edificaciones, la norma OS.080 (2006), señala los requisitos mínimos que deben cumplir las estaciones de bombeo de aguas residuales y pluviales, referidos al sistema hidráulico, electromecánico y de preservación de medio ambiente.

Las especificaciones técnicas para la ejecución de obras de SEDAPAL (2012).

Además el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS-2000), sección II apartado A.11.3. sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales, Colombia (2000).

2.3. Marco conceptual.

Aguas Residuales.- Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas domésticas y urbanas, y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales).

Bomba Centrífuga.- Una bomba centrífuga físicamente consta de dos elementos principales: un elemento rotativo, el cual fuerza al líquido a seguir un movimiento rotativo, y la carcasa, la cual tiene por objeto dirigir el líquido hacia el rodete y hacia la salida.

Diseño de Bombas.- El diseño correcto de una bomba exige información sobre el líquido a elevar. La construcción, la forma de trabajo y los materiales dependen del comportamiento físico y químico del líquido. La presencia de sólidos y las mezclas fibrosas influyen directamente en la forma del impulsor.

Estación de Bombeo.- Las estaciones de bombeo son estructuras destinadas a elevar un fluido desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor.

El objetivo de una estación de bombeo es elevar agua, por lo que dentro de una estación se incluyen tanto las bombas como los equipos auxiliares de las mismas.

Motores Eléctricos.- Son los más empleados para propulsar de manera práctica y eficiente a las bombas de aguas residuales. Sus ventajas radican en su reducido tamaño y peso en comparación con el otro sistema motriz, en su limpieza, contaminación baja al ambiente, bajos niveles sonoros, facilidad de operación y menor costo en comparación con los de combustión interna.

Planta de Tratamiento para aguas residuales.- Según las Ordenanzas Municipales el tratamiento de aguas residuales es obligatorio en toda urbanización que sea construida en orden de minimizar o anular cualquier efecto negativo al medio ambiente por contaminación de desechos sólidos humanos.

Sistema de Bombeo.- Las estaciones de bombeo con bombas sumergibles inatascables están en el mercado desde hace muchos años, experimentado

notables mejoras al incorporar un sistema de fijación que permite su extracción sin afectar a la tubería de descarga, mediante unas guías a lo largo de las cuales se desliza la bomba.

Tubería de Impulsión.- Cuando las alturas manométricas son de 30 m o más, se suelen necesitar bombas con velocidades de descarga superiores a los valores indicados. Se recomienda que el diámetro de la tubería de aspiración sea una o dos veces superior al de la boquilla de aspiración de la bomba y que el conducto de descarga sea, como mínimo, el doble que el de la boquilla de descarga de la bomba.

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES

La viabilidad de este proyecto

3.1. Análisis para el diseño de la estación.

El presente proyecto tiene como base fundamental:

- Plano de estructura (anexo 01) y plano de instalaciones hidráulicas (anexo 02).
- Datos y tablas recaudados por el Reglamento Nacional de Edificaciones (OS.080), obras de saneamiento.
- Normas Técnicas Peruanas (INDECOPI).
- Fórmulas y tablas del Reglamento Técnico Normativo de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000) normas internacionales de la república de Colombia.
- Datos obtenidos por la habilitación urbana Huampaní.
- Especificaciones técnicas para la ejecución de obras de SEDAPAL (2012).

- Las válvulas, codos, conexiones en Tee, Yee, en las tuberías serán bridados y sus dimensiones serán según norma ANSI/AWWA C208 (dimensions for fabricated steel water pipe fittings) y ANSI/AWWA C207 (steel pipe flanges for waterworks service).

3.1.1. Parámetros preliminares de diseño

El presente proyecto hace uso de normas y procedimientos locales, como el Reglamento Nacional de Edificaciones (DS N° 011- 2006-Vivienda), la Norma Técnica Peruana OS.080 (INDECOPI) que define los procedimientos para la revisión y aprobación de estudios sobre infraestructura en urbanizaciones o conjuntos residenciales, además de normas internacionales como el Reglamento Técnico Normativo de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000, Normas de la República de Colombia) y los datos obtenidos por habilitación urbana Huampaní.

3.1.1.1. Descripción del sistema de alcantarillado.

Como antecedente se va a describir el sistema de alcantarillado existente que conduce las aguas residuales por gravedad hasta pozo húmedo de la estación de bombeo.

El sistema de alcantarillado de la urbanización en estudio se compone principalmente por la red de colectores, para la colección de las aguas servidas está diseñado una red de colectores con tuberías de PVC-U ISO/DIS 4435 clase S-16.7, S-20 y S-25, con

diámetro de 200mm para la red de colectores, cuya descarga se efectuará al buzón BP-44 del colector provisional de evacuación.

Estos parámetros vienen dados en las variables de alimentación de la habilitación urbana Huampaní.

3.1.1.2. Tubería de Impulsión

La velocidad del agua residual en las boquillas de aspiración y descarga varía entre 0.5 y 4,25 m/s. si la velocidad resultante quedara fuera de este intervalo, lo más probable es que deba seleccionarse otra bomba más adecuada.

Cuando las alturas manométricas son de 30 m o más, se suelen necesitar bombas con velocidades de descarga superiores a los valores indicados, se recomienda que el diámetro de la tubería de aspiración sea una o dos veces superior al de la boquilla de aspiración de la bomba y que el conducto de descarga sea, como mínimo, el doble que el de la boquilla de descarga de la bomba. En la mayoría de las bombas para aguas residuales, las boquillas de aspiración y descarga son del mismo tamaño, aunque en ocasiones, la de aspiración es mayor.

3.1.1.3. Determinación de diámetro y velocidad de Tubería

En una red de alcantarillado, la tubería que debe recibir el agua residual descargada por una estación de bombeo y transportarla a

presión hasta el punto de descarga, recibe el nombre de tubería de impulsión.

La selección más económica del diámetro de la misma, viene determinado teóricamente por los costes de energía de bombeo junto con los de amortización y de los de inversión correspondiente a la tubería de impulsión y estación de bombeo.

Las tuberías de impulsión suelen tener, por lo general, diámetros superiores a 200 mm. En algunos casos pueden utilizarse tuberías de 100 mm en estaciones de bombeo de pequeño tamaño y tuberías de impulsión de poca longitud.

Los criterios relativos a las velocidades en la tubería de impulsión han sido desarrollados basándose en que los sólidos no se depositan cuando la velocidad de circulación es igual o mayor a 0,6 m/s. A velocidades inferiores, o cuando se produce el paro de las bombas, los sólidos se sedimentan, por lo que es preciso conseguir una velocidad aproximada a 2 m/s para arrastrarlos de nuevo.

En las estaciones de bombeo de tamaño medio o pequeño, que sirven únicamente a parte de una zona dotada de red de alcantarillado en donde el caudal puede ser bombeado de forma intermitente, las velocidades deseables en las tuberías de impulsión varían entre 1,1 y 1,9 m/s. Una estación pequeña suele tener dos

bombas, una de las cuales está de reserva, de manera que el caudal de bombeo es el máximo o nada.

En una estación pequeña que conste de dos bombas, debe ser posible el funcionamiento simultáneo de ambas, aun cuando sólo se precise de una de ellas para bombear el caudal del proyecto. Si los caudales son demasiado pequeños para garantizar que la velocidad de circulación para el caudal de proyecto será de 1,1 m/s, se pueden seleccionar las bombas, de manera que su funcionamiento conjunto produzca la velocidad mínima deseada de 1,1 m/s.

3.1.1.4. Determinación de la demanda de alcantarillado.

De acuerdo a la habilitación urbana en Huampaní, la elaboración del proyecto de los sistemas de agua potable y alcantarillado, se sabe que cuenta con 307 lotes, además se asumirá la densidad poblacional de 5 habitantes/lote, estos valores determina los requerimientos de agua potable y los caudales de evacuación de aguas residuales, a continuación en la tabla 1 representa los datos establecidos por la habilitación urbana.

Tabla 1.
Datos de la habilitación urbana Huampaní.

DESCRIPCIÓN	URBANIZACIÓN SOL V
Nº Lotes	307
Personas por lote	5
Población (hab.)	1535

Fuente: *Adaptado Burga, C (2008), Habilidad urbana Huampaní.*

3.1.1.5. Dotación del agua potable

Para el sistema de alcantarillado sanitario, generalmente el agua que circula por éste proviene de los usos domésticos que le dan los usuarios al agua potable, por lo tanto es necesario establecer este parámetro para luego determinar el porcentaje en que ésta pasa al sistema de recolección de las aguas servidas.

La dotación de diseño considerada para este proyecto se encuentra ya establecida por la habilitación urbana elaborada en Huampaní la cual tendrá una dotación de 200 lt./hab./día.

3.1.1.6. Parámetros iniciales para la obtención del caudal

Como primer paso se define el nivel de complejidad del sistema, el mismo que depende del número de habitantes su capacidad económica, que para este proyecto se la define como nivel medio y el grado de exigencia técnica que se requiera, de acuerdo a la tabla 2:

Tabla 2.
Asignación del nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad del sistema	Población	Capacidad económica
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Media
Medio alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente: *Reglamento RAS 2000, Título A.*

Como se puede visualizar en la tabla 2 se tienen dos ítems para seleccionar el nivel de complejidad del sistema, para nuestro caso se tiene que la población es de 1535 por lo tanto la población es menor a 2500 habitantes la capacidad económica es baja, pero el nivel de complejidad del sistema adoptado debe ser el que resulte mayor entre la clasificación obtenida por la población y la capacidad económica, por lo tanto se toma el valor mayor de ambos y se define el valor de nivel de complejidad del sistema medio.

Para estimar la razón de volumen de aguas residuales aportadas al sistema de recolección y evacuación se ha tomado las siguientes consideraciones:

A) Aporte doméstico Q_D

El aporte doméstico Q_D está definido como:

$$Q_D = \frac{C.P.R}{86400} \left[\frac{lt}{seg} \right]$$

Donde C es el consumo medio diario por habitante en lt/hab-día, este corresponde a la dotación neta, es decir a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. Su valor numérico estimado es la dotación de diseño y su valor es de 200 lt/hab-día.

P es la población, esta se ha estimado a partir del producto del número de lotes planificados en el área de drenaje y el número medio de habitantes por vivienda. En el presente proyecto el número de lotes es 307 y se ha considerado un promedio de 5 personas por vivienda, el producto de ambos resulta un total de 1535 habitantes.

El coeficiente de retorno R es la fracción del agua de uso doméstico residual (dotación neta), entregada como agua residual al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Su estimación debe provenir del análisis de información existente de la localidad y/o mediciones de campo, cuando no exista información o esta sea muy pobre, pueden utilizarse como guía los rangos de valores de R descrita en la tabla 3, justificando apropiadamente el valor finalmente adoptado.

Tabla 3.
Nivel de complejidad del proyecto y coeficiente de retorno.

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y medio	0.7-0.8
Medio alto y alto	0.8-0.85

Fuente: *Reglamento RAS 2000, Título A.*

El nivel de complejidad del proyecto a realizar es medio, por lo cual se ha estimado como 0.8 el coeficiente de retorno R, por lo tanto el valor numérico del aporte doméstico es:

$$Q_D = \frac{C.P.R}{86400} \left[\frac{lt}{seg} \right]$$

$$Q_D = \frac{200 * 1535 * 0.8}{86400}$$

$$Q_D = 2.84 \frac{lt}{seg}$$

B) Caudal de conexiones erradas Q_{CE}

Cuando existen malas conexiones de bajantes de tejados y patios se debe considerar los aportes de aguas pluviales, estos aportes son en función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas.

En la tabla 4 se dan como guía valores máximos de los aportes por conexiones erradas, en caso que exista un sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias. Pueden considerarse otros métodos de estimación de conexiones erradas, como porcentajes del caudal medio diario de aguas residuales, con justificación por parte del diseñador.

*Tabla 4.
Aportes máximos por conexiones erradas*

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente de retorno (Lt/seg-Ha)
Bajo y medio	0.2
Medio alto y alto	0.1

Fuente: *Reglamento RAS 2000, Título A.*

$$Q_{CE} = 0.2 \frac{lt}{seg_Ha} * A$$

$$Q_{CE} = 0.2 \frac{lt}{seg_Ha} * 8.8Ha$$

$$Q_{CE} = 1.76 \frac{lt}{seg}$$

C) Caudal de infiltración Q_{INF}

La infiltración de aguas subsuperficiales es una variable inevitable en las redes de alcantarillado sanitario, principalmente las freáticas, a través de fisuras en los colectores, en juntas ejecutadas deficientemente, en la unión de colectores existen malas conexiones de bajantes de tejados y patios se debe considerar los aportes de aguas lluvias.

Estos aportes son en función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas.

En ausencia de medidas directas o ante la imposibilidad de determinar el caudal por infiltración, el aporte puede establecerse con base a valores de la tabla 5, en donde el valor inferior del rango dado corresponde a condiciones constructivas más apropiadas, mayor estanqueidad de colectores y estructuras complementarias y menor amenaza sísmica. La categorización de la infiltración alta, media y baja se relaciona con las características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación.

Tabla 5.
Aportes por infiltración.

Nivel de complejidad del sistema	Infilt. Alta (lt//seg-Ha)	Infilt. Media (lt//seg-Ha)	Infilt. Baja (lt//seg-Ha)
Bajo y medio	0.15-0.4	0.1-0.3	0.05-0.2
Medio alto y alto	0.15-0.4	0.1-0.3	0.05-0.2

Fuente: Reglamento RAS 2000, Título D.

$$Q_{INF} = 0.2 \frac{lt}{seg_Ha} * A$$

$$Q_{INF} = 0.2 \frac{lt}{seg_Ha} * 8.8 Ha$$

$$Q_{INF} = 1.76 \frac{lt}{seg}$$

D) Factor de mayoración F

El factor F tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población este valor disminuye en la medida en que el número de habitantes aumenta, pues el uso del agua se hace cada vez más heterogéneo y la red de colectores puede contribuir más a amortiguar los flujos. Sin embargo, esto no es factible en muchos casos, por lo que es necesario estimarlo con base en relaciones aproximadas como la ecuación de Harmon (Fuente: RAS 2000 Título D), esta ecuación es válida para un rango de 1000 a 1000000 de habitantes, esta se estima en función del número de

habitantes del proyecto, reemplazándolo en función de miles de habitantes.

$$F = 1 + \frac{14}{4 + P^{0.5}}$$

$$F = 1 + \frac{14}{4 + 1.535^{0.5}}$$

$$F = 3.67$$

En general el valor de F debe ser mayor o igual a 1.4.

E) Caudal máximo horario Q_{MH}

El caudal máximo horario, es la base para establecer el caudal de diseño de una red de colectores de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. El caudal de máximo horario se estima a partir del caudal doméstico mediante el uso del factor de mayoración F. El caudal de máximo horario está definido por la ecuación:

$$Q_{MH} = F \cdot Q_D \quad Q_{MH} = 10.42 \frac{lt}{seg} \quad Q_{MH} = 3.67 * 2.84 \frac{lt}{seg}$$

3.2. Diseño del equipo de bombeo y tubería de impulsión

3.2.1. Determinación del caudal necesario

El caudal de diseño se obtiene sumando el caudal máximo horario, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas, los mismos que fueron definidos y calculados.

$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{INFI} + Q_{CE}$$

$$Q_{DT} = (10.42 + 1.76 + 1.76) \frac{lt}{seg}$$

$$Q_{DT} = 13.94 \frac{lt}{seg} = 220.98 \text{ GPM} = 0.014 \frac{m^3}{seg} = 50.18 \frac{m^3}{hora}$$

Este caudal es el correspondiente a las contribuciones acumuladas que llegan al tramo hasta el pozo de recolección de aguas residuales. Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1.5 lt/seg, debe adoptarse este valor como caudal de diseño.

3.2.2. Cálculo de la altura dinámica total (**TDH**).

La bomba a seleccionar debe vencer la resistencia de un sistema de bombeo para lograr que el líquido fluya totalmente en el sistema. La resistencia al flujo del líquido es conocido como altura dinámica total TDH. Esta comprende los siguientes ítems: alturas estática de succión y de descarga, las pérdidas por rozamiento, la altura de velocidad, pérdidas de carga locales y la diferencia de presión existente sobre el líquido en el lado de la succión y en el lado de la descarga.

Para el presente proyecto no existen condiciones de succión, porque las bombas están sumergidas y éstas succionan el agua residual directamente sin necesidad de accesorios y tuberías, entonces:

$$P_D - P_S = 0, V_S = 0, Z_S = 0,$$

Reemplazando estos valores en la ecuación de energía entre dos superficies libres y considerando sólo condiciones de descargas, tenemos que:

$$TDH = Z_D + \frac{V_D^2}{2g} + f \frac{l}{D} \frac{V_D^2}{2g} + \sum K_L \frac{V_D^2}{2g}$$

$$TDH = Z_D + \left[1 + f \frac{l}{D} + \sum K_L \right] \frac{V_D^2}{2g}$$

En el proyecto, se tiene dos tramos de tuberías de materiales diferentes esto es acero inoxidable y Acero A53, con sus respectivos accesorios los que se define en la tabla 6.

Tabla 6.
Coeficiente de pérdidas menores del sistema

Descripción	Tramo	No.	Coef. Pérdidas menores	Subtotal pérdidas
Codo 90° bridado	1-2	5	0.3	1.5
Válvula check	2-3	1	2	2
Válvula compuerta	2-3	1	0.14	0.14
Tee de derivación	2-3	1	0.2	0.2
Total por pérdidas menores				3.84

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 7 muestra la selección del diámetro de tubería para el acero inoxidable para el tramo 1-2:

Tabla 7.
Selección del diámetro de tubería para el acero inoxidable

MATERIAL - INOXIDABLE TRAMO 1-2				
Ø (pulg)	Ø int (mm)	Caudal [lt/seg]	Velocidad [ft/seg]	Carga Velocidad m
2	50.8	15.02	24.3	9.17
2.5	63.5	15.02	15.55	3.76
3	78	15.02	10.31	1.65

4	102	15.02	6.03	0.56	SELECCIÓN
6	152.4	15.02	2.7	0.11	
8	203.2	15.02	1.52	0.04	

Fuente: Adaptado de ANSI, tubería de acero inoxidable, 2013

3.2.2.1. Cálculo del factor de fricción para el acero inoxidable

$$D = 102 \text{ mm} = 0.33 \text{ ft}$$

$$\mu = 2.037 E^{-05}$$

$$Q = 13.94 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} = 220.98 \text{ GPM} = 0.49 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = 5.72 \text{ ft/seg}$$

$$Re = \frac{VD}{\mu} = 1.88 E^{05}$$

De los ábacos de Moody $\frac{\varepsilon}{D} = 1E^{-05}$

$$f = 0.016$$

Y en la tabla 8 muestra la selección del diámetro de tubería para el acero A53 para el tramo 2-3:

Tabla 8.
Selección del diámetro de tubería para el acero A53.

MATERIAL - ACERO A53 GRADO B ced 40					
TRAMO 2-3					
\emptyset (plg)	\emptyset (mm)	Caudal [lt/seg]	Velocidad [ft/seg]	Carga Velocidad [m]	
2	50.8	15.02	24.3	9.17	
2.5	63.5	15.02	15.55	3.76	
3	78	15.02	10.31	1.65	
4	102	15.02	6.03	0.56	SELECCIÓN
6	152.4	15.02	2.7	0.11	

8 203.2 15.02 1.52 0.04

Fuente: *Adaptado de ANSI, tubería de acero A53, 2013*

3.2.2.2. Cálculo del factor de fricción para el acero A53

$$D = 102 \text{ mm} = 0.33 \text{ ft}$$

$$\mu = 2.037 \text{ E}^{-05}$$

$$Q = 13.94 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} = 220.98 \text{ GPM} = 0.49 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = 5.72 \text{ ft/seg}$$

$$Re = \frac{VD}{\mu} = 1.88 \text{ E}^{05}$$

De los ábacos de Moody $\frac{\varepsilon}{D} = 4.5 \text{ E}^{-04}$

$$f = 0.019$$

En la tabla 9 muestra un resumen de los datos obtenidos:

Tabla 9.
Longitud de tubería y factor de fricción para la tubería de impulsión

Descripción	Tramo	Long [ft].	Factor de fricción
Acero inoxidable, Dn= 4 pulg	1-3	14.04	0.016
Acero A53, Dn= 4 pulg.	3-2	38.13	0.019

Fuente: *Elaboración propia*

De lo anterior:

$$TDH = Z_D + \left[1 + f \frac{l}{D} + \sum K_L \right] \frac{V_D^2}{2g}$$

La ecuación quedaría como:

$$TDH = 25.36 + \left[1 + 0.016 \frac{14.04}{0.33} + 0.60 \right] \frac{V_{D1}^2}{32.2} + \left[1 + 0.019 \frac{38.13}{0.33} + 3.24 \right] \frac{V_{D2}^2}{32.2}$$

Debido a que:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q \left(ft^3 / seg \right)}{\left(\pi / 4 \right) \left(D / 12 \right)^2}$$

A la ecuación de la altura dinámica total se la puede representar como:

$$TDH = Z_D + \sum h_L$$

Donde $\sum h_L$ representa todas las pérdidas menores que ocurren en los accesorios y válvulas de las mismas. Con base en el estudio de flujo en tuberías se sabe que en general h_L varía aproximadamente como el cuadrado del caudal, es decir, $h_L \propto Q^2$. Así

la ecuación del sistema se puede escribir en la forma:

$$TDH = Z_D + kQ^2$$

Donde k depende de los tamaños y longitudes de la tubería, de los factores de fricción y de los coeficientes de pérdidas menores.

Se puede cambiar la forma de la curva del sistema abriendo o cerrando válvulas, cambiando la disposición o medidas de las tuberías y variando los niveles del sistema.

Se expresa la ecuación con el caudal Q en GPM, porque es más usual encontrar curvas de los fabricantes con este valor. Entonces la ecuación sería:

$$TDH = 25.36 + 9.18 E^{-05} Q^2$$

La ecuación revela cuánta carga real debe dar la bomba al fluido a fin de mantener un cierto caudal, entre ellos el de diseño.

Con la ecuación calculada se procede a graficar a diferentes caudales incluyendo el caudal de diseño, con esto se obtiene el punto de operación con un cabezal requerido de 29.76 ft a 220.98 GPM, obteniéndose la altura dinámica total interpolando los datos como muestra en la tabla 10.

Tabla 10.
Selección de la altura dinámica total (TDH)

CAUDAL [lt/seg]	CAUDAL [GPM]	CAUDAL [m3/seg]	TDH [ft]
2	31.71	0.002	25.45
4	63.42	0.004	25.73
6	95.14	0.006	26.19
8	126.85	0.008	26.84
10	158.56	0.01	27.67
12	190.27	0.012	28.69
13.94	220.98	0.014	29.76
14	221.99	0.014	29.89
16	253.7	0.016	31.27
18	285.41	0.018	32.84
20	317.12	0.02	34.6
22	348.84	0.022	36.54
24	380.55	0.024	38.67

26	412.26	0.026	40.98
28	443.97	0.028	43.47
30	475.69	0.03	46.15
32	507.4	0.032	49.01
34	539.11	0.034	52.06

Fuente: *Elaboración propia.*

3.2.3. Diseño del sistema de tuberías y accesorios

La tubería de impulsión es la que recibe el agua residual descargada por la estación de bombeo y que la transporta a presión hasta el punto de evacuación. Los aspectos más importantes del dimensionamiento de la tubería de descarga son la velocidad de circulación y las pérdidas por fricción. Existe un conflicto entre ellos porque la velocidad debe ser lo suficientemente alta para transportar los sólidos por la tubería, aunque las velocidades elevadas crean mayores pérdidas de fricción, aumentando la altura dinámica total a las bombas.

En general, una velocidad mínima de 1.96 ft/seg (0.6 m/seg) mantiene los sólidos en suspensión y una velocidad de 6.56 ft/seg (2 m/seg) puede arrastrar aquellos sólidos que hayan podido sedimentarse en la tubería.

Aquí se muestran las diferentes velocidades para cada diámetro de tubería a un caudal constante y de acuerdo a esto se selecciona una tubería de diámetro nominal de 4 pulgadas, dimensiones bajo norma ANSI clase 125. Se selecciona este diámetro porque se encuentra en el rango de diseño, y porque además la bomba a seleccionar dispone de una descarga de 4 pulgadas, en las condiciones del punto de trabajo. En la cámara húmeda se selecciona como material de la tubería acero

Inoxidable, debido al gran medio corrosivo al que estará expuesto. En la cámara seca se selecciona tubería A53 Grado B ced 40, a este se le aplicará Galvanizado en caliente 70 micras en la parte interior y exterior, además en la parte exterior se le aplicará un epóxico bituminoso con poliamida (Coaltar epoxi) dos capas de 200 micras, con un tiempo de curado de siete días, según normas ANSI/AWWA C210 (Liquid epoxy coating systems for the interior and exterior of steel water pipelines), estos datos están en base a las condiciones del proyecto como topografía, requerimientos de construcción, normas de construcción de sistema de bombeo, etc. Los diámetros de tubería son diseñados en base a las velocidades mínimas y máximas para suspender y arrastrar los sólidos.

Los componentes adicionales de la tubería tales como válvulas, codos, conexiones en Tee, se los denomina accesorios del sistema de tubería; estos contribuyen a la pérdida de carga global del sistema. Cada uno de estos componentes está definido por un coeficiente de pérdida, el cual depende de la geometría del componente considerado. Para el presente proyecto la sumatoria de los coeficientes de pérdidas de todos los componentes necesarios para el sistema de tubería diseñado es 3.84.

Los accesorios serán bridados y sus dimensiones serán según norma ANSI/AWWA C208 (Dimensions for fabricated steel water pipe fittings) y ANSI/AWWA C207 (Steel Pipe Flanges for Waterworks Service). Además a estos accesorios se les aplicará el mismo recubrimiento contemplado para la tubería de acero A 53 Grado B ced 40.

El sistema de Bombeo deberá tener una válvula de regulación y otra de check (retención) en la tubería de impulsión. Además deben tener una señalización que indique si encuentran abiertos o cerrados y se deben instalar en sitios de fácil acceso para el operador, para su inspección y mantenimiento y que permitan un adecuado montaje y desmontaje.

3.2.4. Curva del sistema de bombeo.

La altura requerida por las bombas, para descargar el caudal de 13.94 lt/s a través del sistema de tubería, se la obtiene desarrollando la curva altura vs caudal del sistema, esta curva es la representación gráfica de la altura del sistema y se la obtiene dibujando los puntos correspondientes a la altura manométrica total (altura geométrica más pérdidas) para una gama de caudales que varían desde cero al valor máximo esperado.

Se expresa la ecuación con el caudal Q en GPM, porque es más usual encontrar curvas de los fabricantes con este valor, entonces la ecuación sería.

$$TDH = 25.36 + 9.18 E^{-05} Q^2$$

Se obtiene el punto de operación, con un cabezal requerido de 30.57 ft a 238.16 GPM.

A continuación en la figura 23 se tiene la curva del sistema calculada.

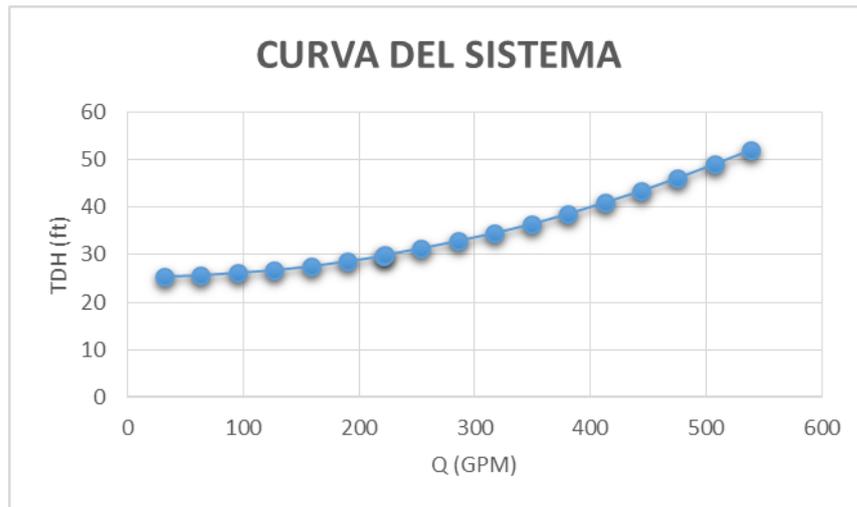


Figura 23. Curva del sistema TDH(ft) vs Q(GPM).
Fuente: *Elaboración propia*

3.2.5. Curvas características de las bombas a ser utilizadas.

Para el presente proyecto la bomba que se adapta a los requerimientos del proyecto como dimensiones, diámetro de descarga, punto de operación, la selección de la bomba es un modelo comercial Steady 1315.180 bomba sumergible marca Xylem, cabe recalcar que se ha elegido esta marca porque cumple con los requerimientos del proyecto a realizar, pero queda abierta la posibilidad del constructor que seleccione otra marca de bomba siempre y cuando cumpla con los requerimientos y con la calidades de la que se ha seleccionado, en la figura 24 muestra la curva de la bomba seleccionada:

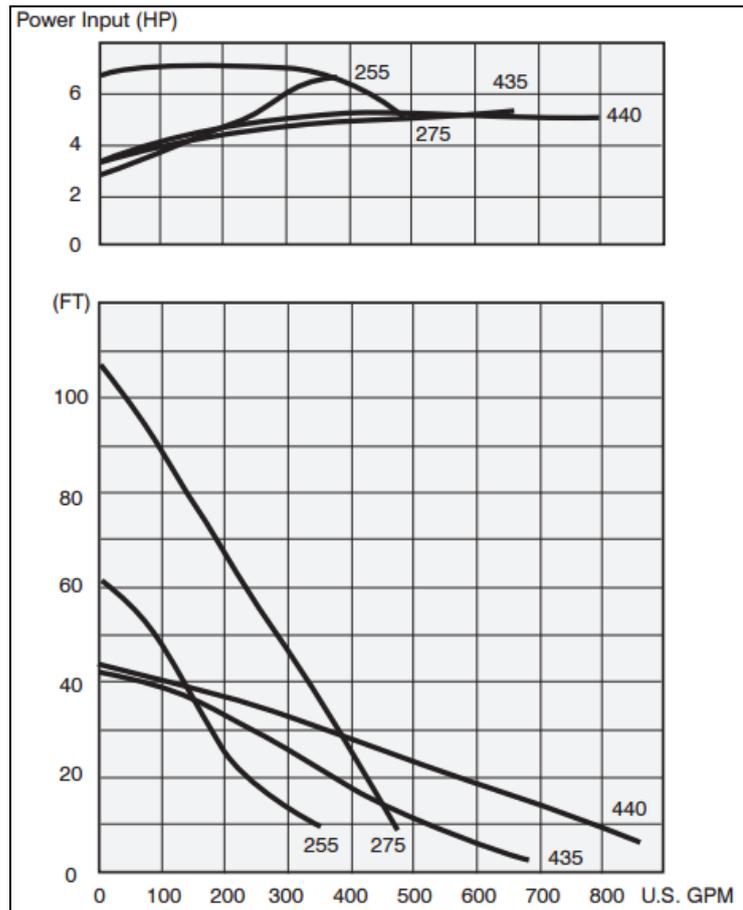


Figura 24. Curva de la bomba TDH (ft) vs Q(GPM).
Fuente: Xylem, Steady, 1315, bomba sumergible.

3.2.6. Punto de operación del sistema de bombeo.

El punto de operación de la bomba lo determina la intersección entre la curva del sistema y la curva característica de la bomba seleccionada. La intersección de estas curvas da un valor de 220.98 GPM y de 329.76 ft, con una eficiencia del 63.4 %.

3.2.7. Cálculo de la potencia de los equipos de bombeo utilizados.

Para obtener la potencia de la bomba es necesario realizar la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q\gamma H}{\eta}$$

Donde:

P: Potencia requerida de la bomba [W]

Q: Caudal de operación [m³/s]

γ: Peso específico del agua [N/m³]

H: Altura total de bombeo [m]

η: Eficiencia del bombeo

$$P = \frac{0.01394 * 9810 * 8.92}{0.634}$$

$$P = 1924.01 \text{ W} = 1,924 \text{ KW} = 2.58 \text{ HP}$$

Mediante cálculos realizados se obtiene la mínima potencia ganada por el fluido es de 2.58 HP, el motor eléctrico seleccionado trabajará a 460 voltios, frecuencia de 60 Hertz a 1750 rpm además la potencia de la bomba seleccionada por marca, será de 5 HP y devanado de 4 polos.

3.2.8. Sistema de Izaje.

Para el presente proyecto, debido a que las dimensiones y peso de las bombas y accesorios a montar o desmontar son de baja magnitud, el izaje que se diseñó consiste en dos sistemas idénticos con un carro y polipasto manual de 500 Kg, los mismos que se ajustarán a una viga I, fabricada. Se provee al carro una protección estándar contra caída e inclinación de acuerdo con la norma DIN 15018 y con las directrices sobre la maquinaria. Además el polipasto debe estar constituido con cadenas resistentes de

acero inoxidable para aumentar la resistencia a la corrosión, además las bombas a seleccionar deben tener accesorios de izaje adicionales, los mismos que se compondrán principalmente de un riel de dos tubos de 1 ½” y un codo base de descarga fijo, este codo será bridado de 4” según ANSI B16.1, entonces cuando se requiera realizar un mantenimiento a cualquiera de las bombas, sólo bastará con desensamblar los pernos y la bomba será levantada fácilmente con el polipasto manual, por último en el anexo 02 plano de instalaciones hidráulicas se encuentra diseñado el sistema de izaje para las bombas para mayor detalle.

3.2.9. Consideraciones para la de la estación de bombeo

- Se han diseñado vigas carril para suspender a las bombas para cuando necesiten mantenimiento.
- Para atender situaciones de emergencia y en base al criterio de que el número de habitantes es menor a 3000, se colocarán dos bombas, cada una con capacidad de bombear el caudal de bombeo calculado. Una de ellas será la unidad de reserva y funcionará alternamente con la unidad principal.
- A las bombas se le ha incorporado un sistema de fijación que permite su extracción sin desmontar a la tubería de descarga, mediante unas guías a lo largo de las cuales se deslizan las bombas.
- Se han diseñado tapas de inspección sobre las válvulas check y válvulas compuertas.
- El proceso de funcionamiento, tanto manuales, como automáticos de los equipos del sistema de bombeo, se los realizará desde un tablero de

control, el panel está conformado de equipos de protección (guarda motores, breakers y relés térmicos), maniobra (interruptores y relés auxiliares) y equipos de control, será fabricado con plancha de acero inoxidable con las siguientes dimensiones 0.70x0.80x 0.30 m. Los elementos de control a instalar en la estación de bombeo son:

- Tres boyas de nivel o sensores de dos posiciones, que serán instaladas en el pozo de bombeo, las mismas que indicarán los niveles de arranques y paradas de las bombas. Los tres sensores se denominarán sensor 1, sensor 2 Y sensor 3, el sensor 2 encenderá la bomba 1, el sensor 3 encenderá a la bomba 2 en caso de emergencia y sensor 1 apagará las bombas cuando se llegue al nivel -1.38 m.
- Un selector rotativo para conmutación del modo de funcionamiento de bombeo, única y exclusivamente operable manualmente, con opciones: apagado, manual y automático.
- Pulsador de arranque y paro para el modo de funcionamiento manual.
- Pulsador de paro de emergencia.
- Luminarias de señalización de estado de equipos y/o procesos.
- En modo de operación apagado, no será posible la operación de bombas, se empleará para mantenimiento e intervención de los equipos, sin riesgo para el personal que efectuará estas labores.

- En modos de operación manual, será posible o encender o apagar las bombas, mediante la simple acción sobre las teclas de la tarjetas de control de funcionamientos de las bombas.
- En modo automático será el controlador programable, el responsable de encender o apagar las bombas mediante rutinas que ejecuten el proceso de funcionamiento automático.
- Cuando el nivel del agua haya alcanzado la cota -0.88 m, es decir cuando se alcance el nivel de marcha de bombeo, el sensor 2 encenderá la bomba 1.
- Si en un supuesto caso si el nivel sigue subiendo y logra alcanzar la cota -0.28 m se encenderá una alarma y a su vez la bomba 2.
- Las bombas permanecerán en funcionamiento hasta cuando se alcance la cota -1.38 m, en cuyo caso se apagarán ambas bombas.

3.3. Cálculo de diseño eléctrico.

3.3.1. Calculo de la máxima demanda.

Tabla 11.
Tabla de cálculo de máxima demanda.

DESCRIPCION	Unidad	Potencia Instalada (KW)	Factor de demanda	Demanda máxima
LUMINARIAS C1 / F-5	5.00 u.	0,1	100%	0,5
LUMINARIAS C2 / F-5	4.00 u.	0,1	100%	0,4
TOMACORRIENTE C3 / F-5	5.00 u.	0,2	100%	1,0
TC-BA / F-4	1.00 u.	1	100%	1,0
T-CO / F-3	1.00 u.	0,5	100%	0,5
ELECTROBOMBA 2 / F-2	1.00 u.	3,7	100%	3,7
ELECTROBOMBA 1 / F-1	1.00 u.	3,7	100%	3,7

TOTAL CARGA	10,8	-----	10,8
-------------	------	-------	------

Fuente: *Elaboración propia.*

Calculo de la sección del conductor alimentador.

$$I_n = \frac{MD}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos \theta}$$

$$I_n = \frac{10,800}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.9} = 31.5 \text{ Amp}$$

De acuerdo a la tabla del C.N.E. (Código Nacional de Electricidad), tabla 2 la sección del conductor será 3-1 x 16mm² THW + 1 x 10mm² TW, ø40mm PVC-P y el módulo de transferencia será de 3x50A.

Calculo de la sección del conductor de la bomba B1 y B2

$$I_n = \frac{MD}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos \theta}$$

$$I_n = \frac{3,700}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.9} = 10.79 \text{ Amp}$$

De acuerdo a la tabla del C.N.E. (Código Nacional de Electricidad), la sección del conductor será 3-1 x 6mm² THW + 1 x 6mm² TW, ø32mm PVC-P y el interruptor termomagnético será de 3x30A.

Calculo de la sección del conductor del tablero T-CO.

$$I_n = \frac{MD}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos \theta}$$

$$I_n = \frac{0,500}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.9} = 1.45 \text{ Amp}$$

De acuerdo a la tabla del C.N.E. (Código Nacional de Electricidad), la sección del conductor será 3-1 x 4mm² THW + 1 x 4mm² TW, Ø25mm PVC-P y el interruptor termomagnético será de 3x20A.

Calculo de la sección del conductor del tablero TCA-BC.

$$I_n = \frac{\text{MD}}{\sqrt{3} \times V_n \times \text{Cos } \theta}$$
$$I_n = \frac{1,000}{220 \times 0.9} = 2,90 \text{ Amp}$$

De acuerdo a la tabla del C.N.E. (Código Nacional de Electricidad), la sección del conductor será 3-1 x 4mm² THW + 1 x 4mm² TW, Ø25mm PVC-P y el interruptor termomagnético será de 2x20A.

Calculo de la sección del conductor del tablero T-D.

$$I_n = \frac{\text{MD}}{V_n \times \text{Cos } \theta}$$
$$I_n = \frac{2,100}{220 \times 0.9} = 6,12 \text{ Amp}$$

De acuerdo a la tabla del C.N.E. (Código Nacional de Electricidad), la sección del conductor será 2-1 x 4mm² THW + 1 x 4mm² TW, Ø25mm PVC-P y el interruptor termomagnético será de 2x20A.

3.4. Financiamiento y Análisis económico

3.4.1. Financiamiento

El siguiente proyecto es financiado por un Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).

El SNIP es un sistema administrativo del Estado que a través de un conjunto de principios, métodos, procedimientos y normas técnicas certifica la calidad de los Proyectos de Inversión Pública (PIP).

3.4.2. Análisis económico

Para obtener los resultados del proyecto se va a realizar un análisis de costo de los equipos y materiales a ser utilizados así como de la instalación del sistema y del mantenimiento que se le realizará a la estación de bombeo para garantizar un largo periodo de vida útil. En el diseño de una estación de bombeo los costos se reducen a la adquisición de los equipos de bombeo y sus accesorios, ya que la mayoría de estos son importados y dependiendo del tipo de estación, estos se fabrican bajo pedido.

3.4.2.1. Costo de los equipos de bombeo y tubería de impulsión

A continuación se detalla el listado de los rubros de suministros que componen a la Estación de Bombeo. En el listado se detallan los precios unitarios de cada uno de los rubros, estos se han elaborado mediante un análisis de precio unitario (APU) véase el anexo 03, en la tabla 11 se detalla un resumen.

Tabla 12.
Resumen de análisis de precios unitarios suministros

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	SUB TOTAL (\$)
R01	Conjunto sistema de bombeo, Bomba sumergible de 4 HP, incluye	Und	2	8700.00	17400.00

accesorios					
R02	Árbol de impulsión acero inoxidable 4" (codo, pasamuro, unión, válvula check, tee, válvula compuerta)	Glb	1	5854.08	5854.08
R03	Árbol de impulsión acero A53 4" (codo, pasamuro, unión, tubo, tee)	Glb	1	5264.15	5264.15
R04	Sistema de Izaje para mantenimiento, Incluye polipasto manual 500 Kg, con cadena inoxidable, Viga I, Carro manual	Und	2	2066.00	4132.00
R05	Tablero de control, incluye cables y accesorios	Und	2	1365.00	2730.00
R06	Compuerta de acero Inoxidable, 250x250 m, incluye volante para levante	Und	2	2854.45	5708.90
R07	Canastilla de retención de sólidos de acero Inoxidable, 1x1x1 m	Und	1	720.00	720.00
R08	Tapas metálicas	Und	8	165.53	1324.30
TOTAL SUMINISTROS					\$ 43,134.33

Fuente: *Elaboración propia*

Al final se muestra el valor total de suministros por un valor de \$ 43134.33.

3.4.2.2 Costos de Instalación de los equipos de bombeo y accesorios

Se ha realizado un análisis de precios unitarios (APU) véase anexo 04, de todos los rubros de instalaciones de los componentes de la estación de bombeo, este listado y el anterior (suministros) serán la base para realizar el proyecto y serán una guía al momento de licitar el proyecto si el caso lo amerita. Al final en la tabla 12 se muestra un resumen de la instalación:

Tabla 13.
Resumen de análisis de precios unitarios instalación

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO	SUB TOTAL
I1	Instalación de Bomba sumergible, incluye accesorios	Und	2	798.65	1597.3
I2	Instalación de árbol de impulsión y accesorios de acero inoxidable de 4" (codo, pasamuro, unión, válvula	Glb	1	1380.32	1180.32

check, válvula compuerta, tee,)

I3	Instalación de árbol de impulsión y accesorios de acero A53 (codo, pasamuro, unión, tubo, tee)	Glb	1	1919.25	1033.25
I4	Instalación de tableros de control, incluye accesorios.	Glb	1	1086.00	1086.00
I5	Instalación de Compuerta de acero Inoxidable, 0.50x0.35 m, incluye volante	Und	2	351.76	703.52
I6	Instalación de Sistema de Izaje para mantenimiento, Incluye polipasto manual 500 Kg, con cadena inoxidable, Viga I, Carro manual	Und	2	187.76	375.52
I7	Instalación de Escalera tipo marinero empotrada, con tubo de 1 1/2"inoxidable	Glb	1	142.42	142.42
I8	Instalación de Canastilla de retención de sólidos de acero Inoxidable, 1x1x1 m	Glb	1	54.45	54.45
I9	Instalación de Tapa metálica	Und	8	23.34	186.72
<hr/> TOTAL INSTALACIÓN <hr/>					
				\$6,359.50	

Fuente: Elaboración propia

Resultado un valor de instalación de suministros por un valor de \$ 6359.50.

3.4.2.3 Costos de mantenimiento de los equipos de bombeo

Para el análisis de costos de mantenimiento de los equipos de bombeo (ver anexo 05), se ha considerado el costo de operación más los costos de mantenimiento diario (limpieza de canastilla de retención de sólidos), el mismo que se considera a una persona que trabaje cuatro veces a la semana, más el costo de mantenimiento periódico preventivo y/o correctivo que se le realizará a las bombas; los suministros se han calculado a partir del 5% de la mano de obra y las herramientas a partir del 2.5% de la mano de obra. De manera aproximada el tiempo de operación diario de la bomba

se ha considerado a partir del coeficiente entre el caudal doméstico Qd y el caudal de diseño Qmh multiplicado por 24 horas. La energía requerida anual del equipo, se ha calculado a partir de recomendaciones del fabricante de las bombas, a continuación en la tabla 13 se ha calculado el costo total de mantenimiento.

Tabla 14.
Costo total de mantenimiento

ITEM	Tiempo de operación anual [horas]	Costo energía [\$/Kwh]	Energía requerida de equipo [Kwh/a]	Costo Anual de Energía
Operación	1825	0.73	2510	1832.3
	Personal de mantenimiento	Suministros	Herramientas	Costo Anual Mantenimiento
Mantenimiento	2730	136.5	68.25	2934.75
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO				\$ 4767.05

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Análisis de Costos de Inversión.

El costo de inversión es uno de los aspectos más importante a analizar, puesto que esto influye directamente en los cálculos de costos indirectos al fijar un precio por la urbanización.

Para el presente proyecto se ha analizado previamente los costos de suministros y montaje de los mismos; además se analizó los costos por mantenimiento que influirán en el cálculo de las tasas mensuales que

tendrán que cancelar los habitantes a la administración por mantenimiento de la estación de bombeo.

Para los suministros e instalación de la estación de bombeo, resulta un total de \$ 49493.83, al dividir para los 307 lotes, resulta un valor de \$ 161.22 que será un costo indirecto que deberá sumarse al costo total de la urbanización.

Cuando la estación de bombeo esté en operación, el costo de mantenimiento sería de \$ 4767.05 anual, que dividido para los 307 lotes de la urbanización, cada dueño tendría que cancelar aproximadamente \$1.29 mensual por mantenimiento del equipo de bombeo.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los cálculos teóricos y aplicaciones comerciales se ha podido seleccionar un equipo para un sistema de bombeo que impulse las aguas residuales hacia la planta de tratamiento de aguas residuales Carapongo y así cumpla con el proceso de estabilización del agua además se ha integrado a la red del sistema interconectado de tratamiento de aguas residuales en Huampaní.
- Uno de los principales problemas era eliminar el mal olor que emitía la estación, para solucionar este problema muy serio se han diseñado tapas metálicas con fibra de vidrio y pintadas con resina epóxica para tener un cierre hermético permitiendo que el mal olor no salga y así la población aledaña pueda vivir sin problemas ambientales.
- Finalmente se concluye que el funcionamiento de la estación será de la siguiente manera; la estación cuenta con 3 sensores de nivel, que serán instaladas en el pozo de bombeo, el sensor 2 encenderá la bomba 1, el sensor 3 encenderá a la bomba 2 en caso de emergencia ya que esta será de reserva y el sensor 1 apagará las bombas cuando se llegue al nivel -1.38 m sobre el nivel del piso terminado, cuando el nivel del agua haya alcanzado la cota -0.88 m, es decir cuando se alcance el nivel de marcha de bombeo, el sensor 2 encenderá la bomba 1, si en un supuesto caso si el nivel sigue subiendo y logra alcanzar la cota -0.28 m se encenderá una alarma y a su vez la bomba 2 asimismo las bombas permanecerán en funcionamiento hasta cuando se alcance la cota -1.38 m, en cuyo caso se apagarán ambas bombas.

RECOMENDACIONES

- El uso de la información de la marca utilizada en ningún caso pretende direccionar la selección definitiva de los equipos de bombeo a la referida marca, en efecto la aprobación definitiva de los equipos a instalarse deberá efectuarse a base de la verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.
- El mantenimiento de todo el equipo debe ser de carácter preventivo y debe llevarse un registro de las actividades de mantenimiento realizadas, que incluya el tipo de daño presentado, las posibles fallas, repuestos utilizados, tiempo de reparación y medidas preventivas tomadas para disminuir su ocurrencia.
- Para el cálculo del caudal de diseño se debe tener un extremo cuidado porque una equivocación provocaría que las bombas se seleccionaran de manera errónea, un correcto diseño, una buena selección y una adecuada calibración del equipo de bombeo permitirán que el proyecto se desarrolle óptimamente para desempeñar el trabajo requerido.
- Se debe realizar pruebas preliminares de bombeo en las condiciones normales y críticas de operación con el fin de detectar posibles errores y tomar las medidas correctivas.
- Finalmente se recomienda que al momento de seleccionar los accesorios y equipos de bombeo deben tener las normas requeridas y además de planificar con anticipación la importación de los accesorios, para que no se generen retrasos.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

Federal Highway Administration. (2001). *Highway stormwater pump station design*, USA.

Grundfos. (s.f.). *Manual de bombeo de aguas residuales*, España.

Huguet, Ramon (2009). *Estaciones de bombeo evolución y futuro*.

Jones, G. M. (2005) *Pumping Station Design*, tercera edición, USA.

Loucks, D. P. *Water Resources Systems Planning and Management* . Holanda.

Mataix, Claudio (1986), *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. 2º Edición.

Ediciones del Castillo SA.

Metcalf & Eddy, INC. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantarillado y bombeo*. Editorial McGraw-Hill. España.

Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*, editorial Pearson Education, Inc, México.

Romero, J. (2000) *Tratamiento de aguas residuales*, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.

Sulzer. (s.f.). *Afrontando los retos del futuro en el saneamiento de las aguas residuales*.

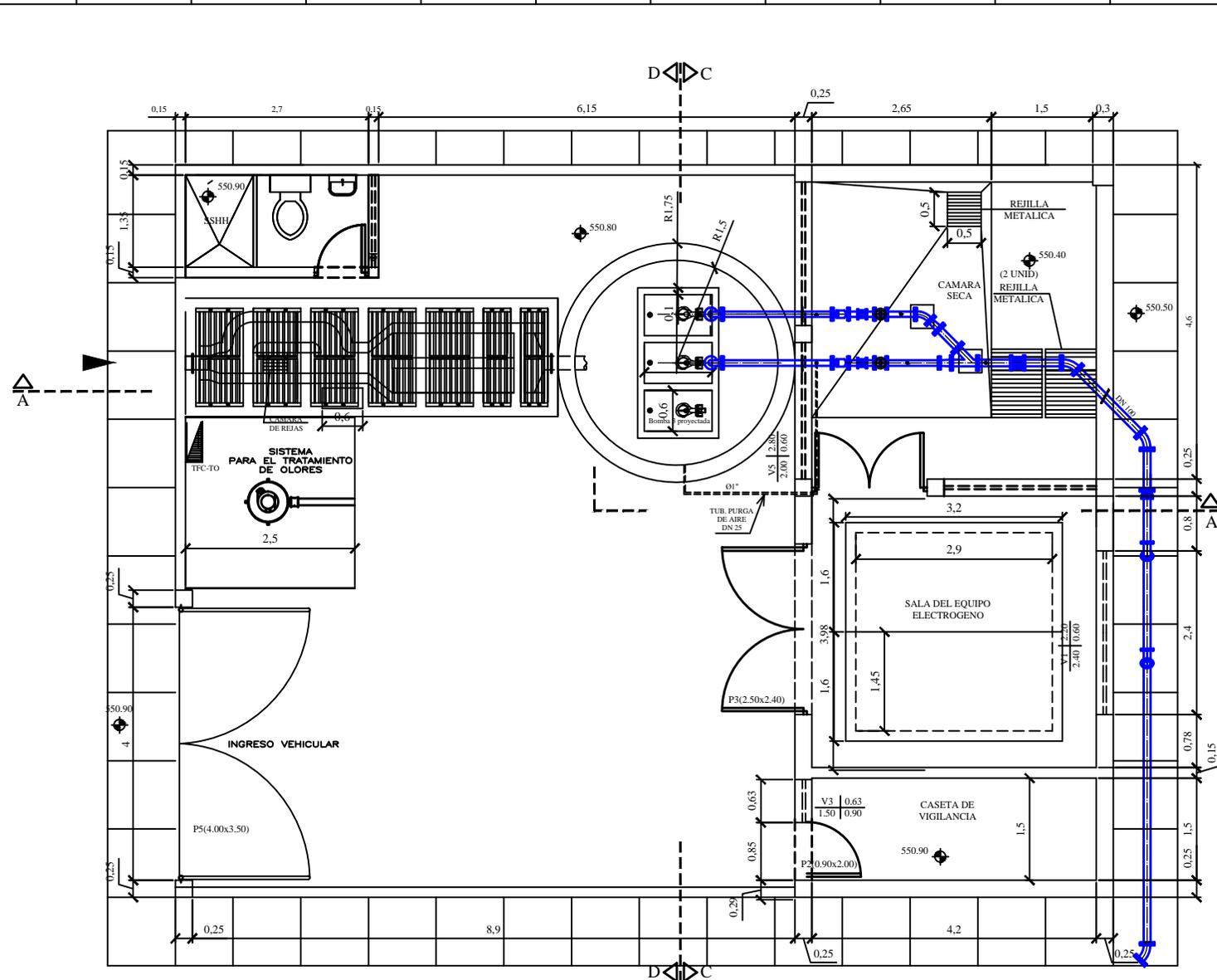
DOCUMENTO DE GOBIERNO

Ministerio de Vivienda (2006) *Reglamento Nacional de Edificaciones*, Norma OS 0.80, Perú.

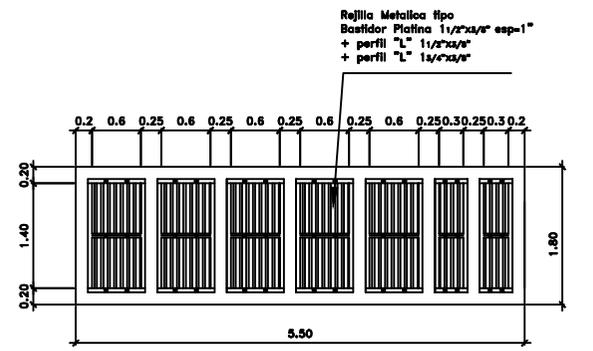
Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo económico (2003) *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico*, Colombia.

ANEXOS

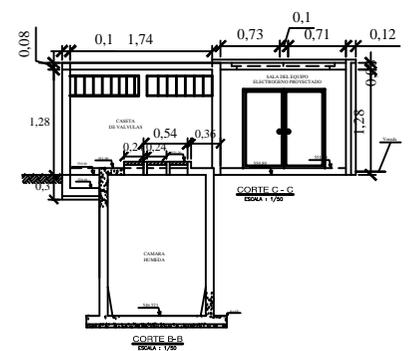
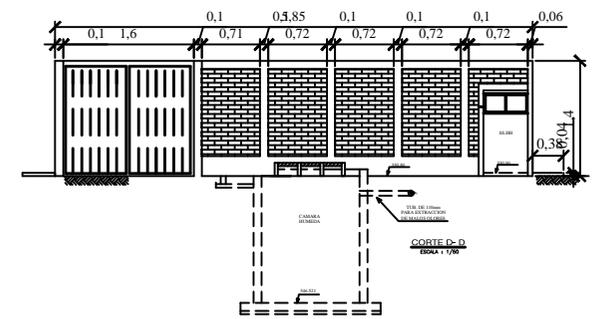
ANEXO 01. Plano de estructuras



PLANTA - ARQUITECTURA
ESCALA : 1/50

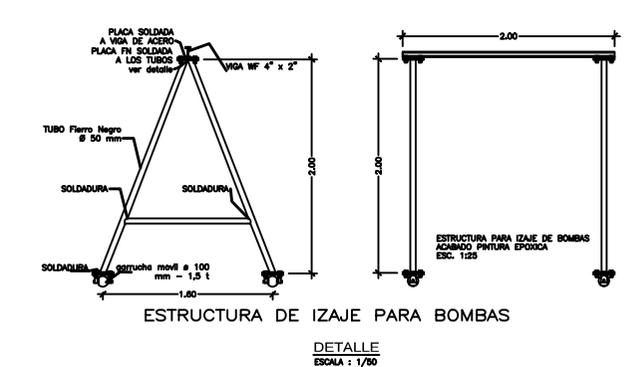
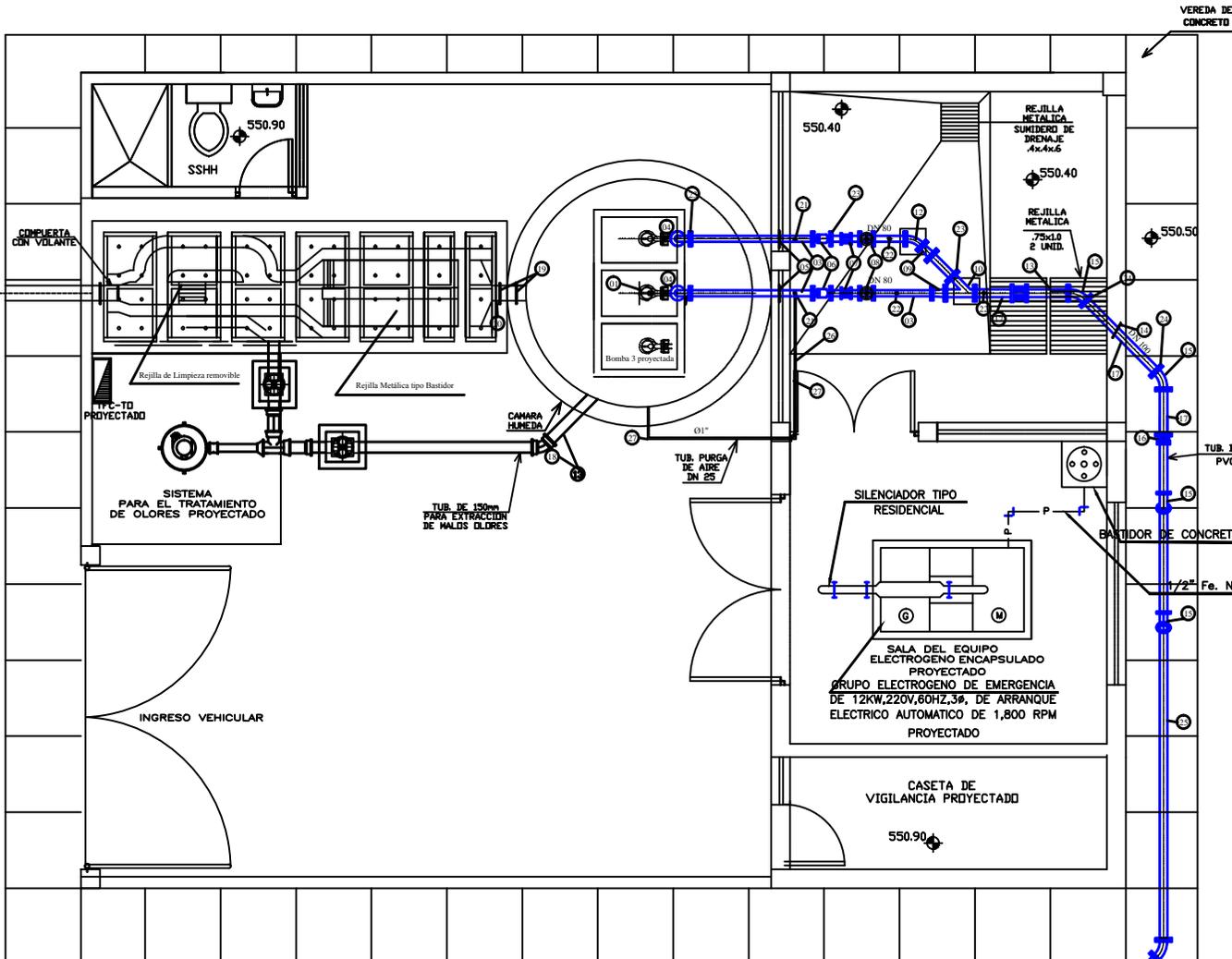


TECHO DE LA CAMARA REJAS Y DESARENADOR
ESCALA : 1/50



FECHA	Enero - 2017	ANEXO 01	CLIENTE	PROYECTO	ESQUEMA	HOJA
DISEÑO	L.H.H		"URB. SOL DE HUAMPANI - V ETAPA"	RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO HABILITACION URBANA "URB. SOL DE HUAMPANI - V ETAPA"	PLANO DE ESTRUCTURAS	1
REV.	L.H.H					DE
APRV.	L.H.H					4

ANEXO 02. Plano de instalaciones hidráulicas

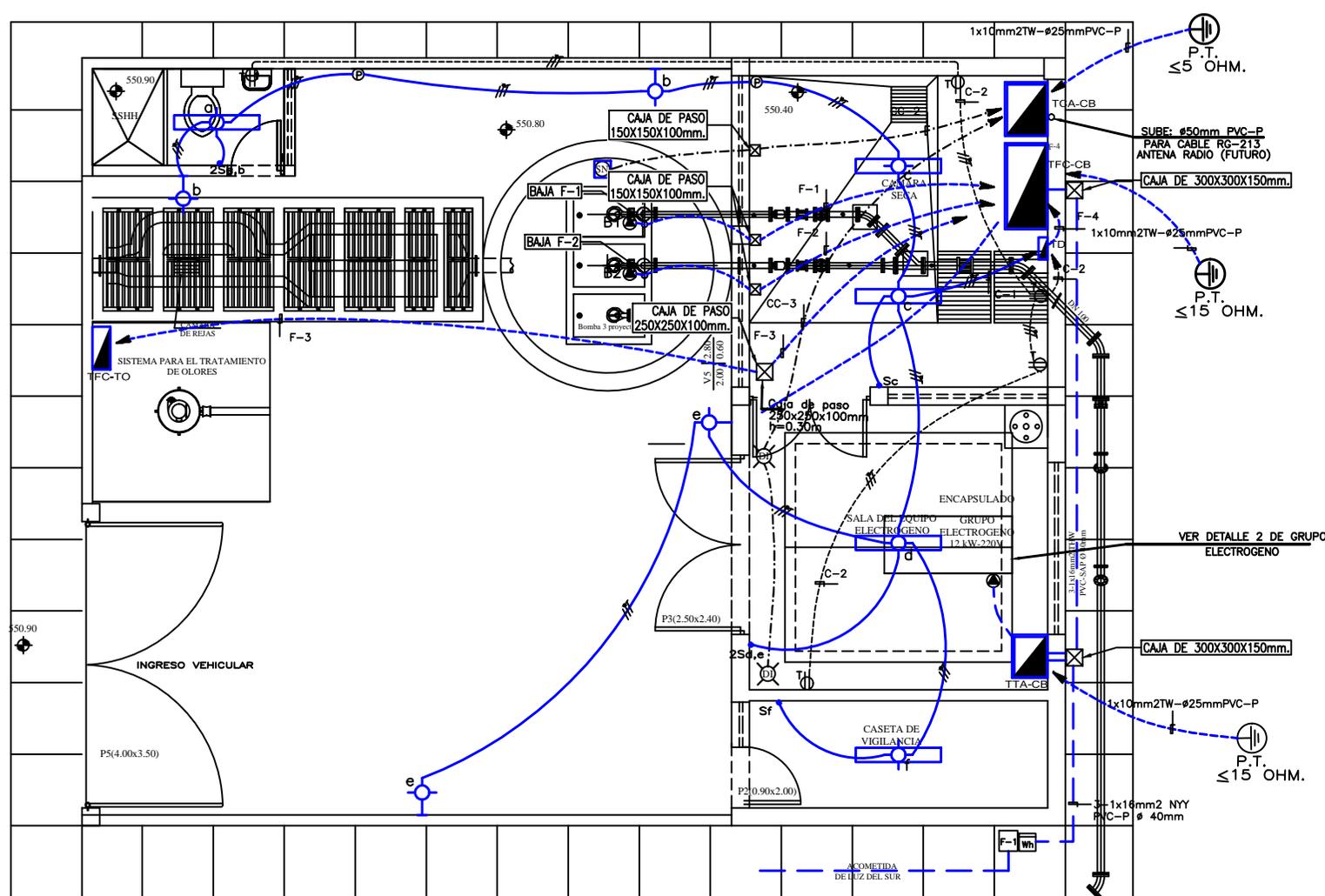


**PLANTA ESTACIÓN DE BOMBEO
DE AGUAS RESIDUALES**
ESCALA : 1/50

NOMENCLATURA							
Nº	DESCRIPCION	DN (mm)	CANT.	Nº	DESCRIPCION	DN (mm)	CANT.
01	BOMBA SUMERGIBLE 5.0 HP	100	02	16	ACOPLE MAXIFT	100	01
02	REDUCCION ACERO INOX. BB-PN10	100x50	02	17	TUBO ACERO A53	100	
03	TUBO ACERO A53 (ml)	100	11	18	BRIDA ROMPE AGUA	200	02
04	CODO ACERO INOX.	90°x100	03	19	TUBO ACERO A53	200	03
05	BRIDA ROMPEAGUA	100	03	20	VALVULA DE AIRE	25	02
06	VALVULA CHECK AC. INOX. BB PN 16	100	02	21	MANOMETRO	25	02
07	UNION FLEXIBLE TIPO DRESSER AC. INOX	100	03	22	BRIDA PARA SOLDAR Y EMPERNAR.	90	
08	VALVULA COMPUERTA AC. INOX. BB PN16	100	03	23	BRIDA PARA SOLDAR Y EMPERNAR	100	
09	REDUCCION ACERO INOX. BB PN10	100x90	02	24	TUBERIA PVC DN 110 mm. (ml)	110	
10	YEE ACERO INOX. BB PN10	100x100	01	25	TUBERIA PVC 1" (ml)	25	
12	CODO ACERO INOX.	45°x100	02	26	CODO PVC 1" X 45°	25	
13	UNION FLEXIBLE DE ACERO INOX.	100	01				
14	BRIDA ROMPEAGUA	100	01				
15	CODO ACERO INOXIDABLE	45°x100	06				

FECHA	Enero - 2017	ANEXO 02	CLIENTE	PROYECTO	ESQUEMA	HOJA
DISEÑO	L.H.H		"URB. SOL DE HUAMPANI - V ETAPA"	RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO HABILITACION URBANA "URB. SOL DE HUAMPANI - V ETAPA"	PLANO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS	2
REV.	L.H.H					DE
APRV.	L.H.H					4

ANEXO 03. Plano de instalaciones eléctricas



LEYENDA			
SIMBOLO	DESCRIPCION	MEDIDAS (mm)	ALTURA (mm)
[Symbol]	TABLERO DE CONTROL, ARRANQUE Y PARADA DE ELECTROBOMBAS	ESPECIAL	1.80
[Symbol]	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA	ESPECIAL	1.80
[Symbol]	MEJORADOR ELECTRICIDAD	ESPECIAL	1.20
[Symbol]	ALIMENTACION ELECTRICA EMPOTRADO EN PISO	-	-
[Symbol]	CIRCUITO EMPOTRADO EN PISO, MARCAJE TRANSVERSALMENTE, REPRESENTA EL NUMERO DE CONDUCCIONES	-	-
[Symbol]	CIRCUITO PARA EMPOTRADO EN TECHO, PARED	-	-
[Symbol]	CABLE APANTALLADO EN 28mm Ø PVC-P	-	-
[Symbol]	CENTRO DE LUZ	100x40 OCTOG.	TECHO
[Symbol]	SALIDA EN PARED, LUMINARIA RSP-70W VS.	100x40 OCTOG.	2.30
[Symbol]	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO PARA SER EMPOTRADO EN PARED	100x25x40 RECTANG.	TECHO
[Symbol]	INTERRUPTOR UNIPOLAR SIMPLE Y DOBLE	100x25x40	1.20
[Symbol]	TOMACORRIENTE A BIPOLAR DOBLE CON PUESTA A TIERRA	100x25x40 RECTANG.	0.30
[Symbol]	CAJA DE PASE DE MEDIDAS INDICADAS EN PLANOS	-	INDICADA
[Symbol]	POZO A TIERRA	VER DETALLE	-
[Symbol]	SALIDA DE PARED CON TUBO A TIERRA CON CAJA DE PASO EMPOTRADO PARA TUBO ELECTRICO	250x250x150	0.50
[Symbol]	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO CON INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE 30 mA	-	-
[Symbol]	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	-	-
[Symbol]	ARRANCADOR DIRECTO CON VARIADOR DE FRECUENCIA	-	-
[Symbol]	TABLERO DE CONTROL PARA LA AUTOMATIZACION INTERCONECTADA	-	-
[Symbol]	ANALIZADOR DE RED ELECTRICA DIGITAL QUE MUESTRA LA INFORMACION VOLTAJE, FRECUENCIA, POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA	-	-

INSTALACIONES ELECTRICAS ALUMBRADO Y TOMACORRIENTES
INSTALACIONES ELECTRICAS FUERZA Y CONTROL

ESC. 1/50

FECHA	Enero - 2017	ANEXO 03	CLIENTE	PROYECTO	ESQUEMA	HOJA
DISEÑO	L.H.H		"URB. SOL DE HUAMPANI - V ETAPA"	RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO HABILITACION URBANA "URB. SOL DE HUAMPANI - V ETAPA"	PLANO DE INSTALACIONES ELECTRICAS	3
REV.	L.H.H					DE
APRV.	L.H.H					4

ANEXO 04. Diagrama unifilar y cuadro de cargas

DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO FUERZA Y CONTROL (TFC-CB) - 220V

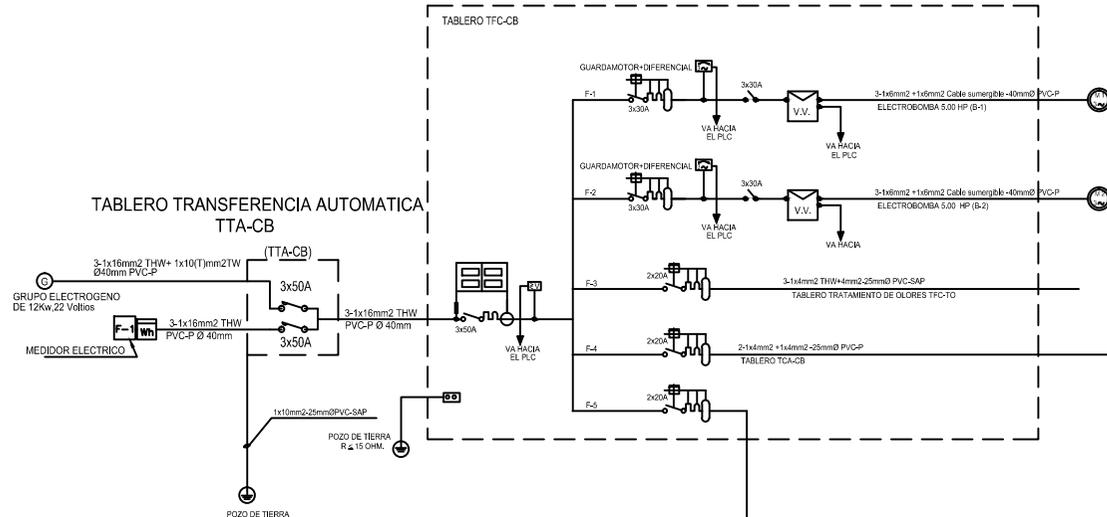


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE CONTROL Y AUTOMATIZACION (TCA-CB) - 220V

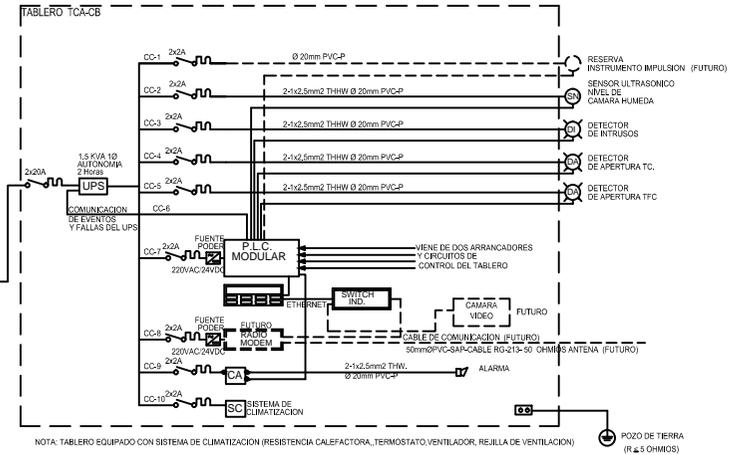
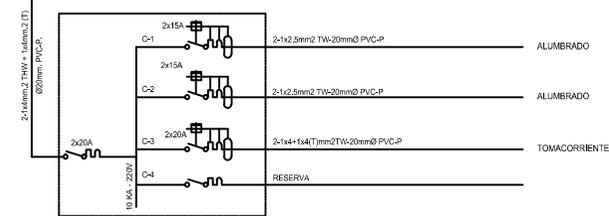


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO TD



NOTAS:
LOS ARRANCADORES Y ANALIZADORES DE REDES, TRANSMISORES DE CAUDAL PRESION Y NIVEL DEBERAN UNIRSE MEDIANTE TOPOLOGIA LINEAL PROTOCOLO MODBUS

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- LOS CONDUCTORES** SERAN DE COBRE ELECTROLITICO DE TEMPLE BLANCO DE 99.9% DE CONDUCTIVIDAD CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO TIPO THW, SALVO INDICACION RESISTENTE A LA HUMEDAD CAPAZ DE OPERAR SIN PELIGRO A 80°C.
- TUBOS** SERAN DE PVC (COLORADO DE POLIMILNO) Y DESEN DE CUMPLIR CON NORMAS CORRESPONDIENTES DE FINES, TANTO PARA LOS TUBOS PESADOS (P) AMERICANO PESADO Y LIGADO (S) STANDARD EUROPEO, SALVO INDICACION TODOS LOS ACCESORIOS TALES COMO UNIDERS, ETC. SERAN DEL MISMO MATERIAL.
- CAJAS** SERAN DE TIPO STANDARD LIGADO DE FIERRO GALVANIZADO DE 1.5mm DE ESPESOR COMO MINIMO EXCEPTO LAS CAJAS DE PASO Y MAYORES QUE SERAN PESADAS FABRICADAS DE FIERRO GALVANIZADO DE 1.5mm DE ESPESOR.
- ACCESORIOS** PARA SALIDA TALES COMO INTERRUPTORES, TOMACORRIENTES SERAN SIMILARES A LOS DE LA SERIE MAIOR DE TIPO, PARA UNA TENSION DE TRABAJO DE 220V, Y UNA CAPACIDAD DE 16 AMPERIOS.
- LAS CAJAS** RECTANGULARES DONDE CONOCNERAN 2 O 3 TUBOS DE 15 mmφ DE REDIMPLAZARAN POR UNA CADA CUNADADA DE 100x80mm CON REDUCCION 50%.
- TABLEROS** SERAN PARA ACOSAR EN PARED DE PLANCHAS DE P GALV. DE 1/16" DE ESPESOR, TIPO PESADO CON PUERTA Y CHAPA, LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS INTERCAMBIABLES DE 25 KA DE RUPTURA.

DESCRIPCION	P.L. (KW)	FACTOR DEMANDA	M.D. (KW)
- 2 ELECTROBOMBAS DE 5.00HP (3.70KW)	7.40	0.5	3.70
- 1 EQUIPO DE TRATAMIENTO DE 3.00HP	2.24	1.0	2.24
- UN UPS. DE 1.5KVA, 220V, 16	1.20	1.0	1.20
- ALUMBRADO Y TOMACORRIENTES	1.20	1.0	1.20
TOTAL	12.34		6.64

MOTOR : 5.00 HP/220V/3Ø/60HZ
N. 1 : 1750 R.P.M.
R : 63.4 R
F.P. : 0.882

SIMBOLO	DESCRIPCION	MEDIDAS (mm)	ALTURA (mm)
[Symbol]	TABLERO DE CONTROL - ARRANQUE Y PARADA DE ELECTROBOMBAS	ESPECIAL	1.80
[Symbol]	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA	ESPECIAL	1.80
[Symbol]	MEDIDOR ELECTRICO	ESPECIAL	1.80
[Symbol]	ALIMENTACION ELECTRICA EMPOTRADO EN PISO	-	-
[Symbol]	CIRCUITO EMPOTRADO EN PISO, MARCADA TRANSVERSALMENTE, REPRESENTA EL TIPO DE CONDUCCION	-	-
[Symbol]	CIRCUITO PARA EMPOTRADO EN TECHO, PARED	-	-
[Symbol]	CABLE APANTALLADO EN 25mm φ PVC-P	-	-
[Symbol]	CENTRO DE LUZ	100x40 OCTOG.	TECHO
[Symbol]	SALIDA EN PARED, LUMINARIA RSP-70W VS.	100x40 OCTOG.	2.30
[Symbol]	SALIDA EN PARED, LUMINARIA RSP-70W VS. (CON INTERRUPTOR)	100x40 OCTOG.	TECHO
[Symbol]	INTERRUPTOR UNIPOLAR SIMPLE Y DOBLE	100x85x40	1.50
[Symbol]	TOMACORRIENTE A BIPOLAR DOBLE CON PUERTA A TIERRA	100x85x40 RECTANG.	0.30
[Symbol]	CAJA DE PASE DE MEDIDAS INDICADAS EN PLANOS	-	INDICADA
[Symbol]	POZO A TIERRA	VER DETALLE	-
[Symbol]	SALIDA DE FUERZA CON TOMA A TIERRA CON CAJA DE PASO PROTEGIDA PARA ELECTRICIDAD DE BAJA TENSION	250x250x150	0.50
[Symbol]	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO CON INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE 30 mA		
[Symbol]	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO		
[Symbol]	ARRANCADOR DIRECTO CON VARIADOR DE FRECUENCIA		
[Symbol]	TABLERO DE CONTROL PARA LA AUTOMATIZACION INTERCONECTADA		
[Symbol]	ANALIZADOR DE RED ELECTRICA DIGITAL QUE MUESTRA LA INFORMACION LOCAL, RESPONDE CON A, POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA		

ANEXO 04

FECHA	Enero - 2017	CLIENTE	PROYECTO	ESQUEMA	HOJA	
DISEÑO	L.H.H		"URB. SOL DE HUAMPANI - V ETAPA"	RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO HABILITACION URBANA "URB. SOL DE HUAMPANI - V ETAPA"	DIAGRAMA UNIFILAR Y CUADRO DE CARGAS	4
REV.	L.H.H					DE
APRV.	L.H.H					4

ANEXO 05. Análisis de precios unitarios (A.P.U), Suministros.

Item	Descripción	Unidad de medida	Cant	Precio unitario	Precio total
S1	Bomba sumergible de 4 HP, incluye accesorios	und	2	8700.00	17400.00
S2	Tramo de tubo de Acero Inoxidable 3" CED 40 PN 10 Brida- Brida de 4.28 metros	und	2	450.91	901.83
S3	Codo de 90 grados, Acero Inoxidable 4" PN10, Bridado	und	2	780.50	1561.00
S4	Pasamuro de Acero A 36, galvanizado y con protección epóxica exterior, con anillo de estanqueidad, de 4" Brida- Liso, PN 10 de 0.29 m	und	2	150.00	300.00
S5	Unión mecánica de 4", PN 10	und	4	470.00	1880.00
S6	Tramo de tubo de Acero A36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4 ", Brida -liso, PN 10 de 0.11 m	und	2	75.00	150.00
S7	Válvula Check de 4", Bridada PN10	und	2	385.30	770.60
S8	Tramo de tubo de Acero A36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4 ", Brida -Brida, PN 10 de 0.31 m	und	2	155.32	310.64
S9	Válvula Compuerta de 4", Bridada PN10	und	2	580.43	1160.86
S10	Tramo de tubo de Acero A36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4 ", Brida -liso, PN 10 de 0.09 m	und	2	73,54	147.08
S11	Tramo de tubo de Acero A36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4 ", Brida -liso, PN 10 de 0.14 m	und	2	78.00	156.00
S12	Codo de 90 grados, Acero A36, Galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4" PN10	und	4	225.34	901.36
S13	Tee, Acero A36, Galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4" PN10, Bridada	und	1	379.43	379.43

S14	Pasamuro de Acero A 36, galvanizado y con protección epóxica exterior, con anillo de estanqueidad, de 4" Brida- Brida, PN 10 de 0.44 m	und	1	210.00	210.00
S15	Tramo de tubo de Acero A 36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4" Brida- Brida, PN 10 de 7.30 m	und	1	930.76	930.76
S16	Tramo de tubo de Acero A 36, galvanizado y con protección epóxica exterior, con anillo de estanqueidad, de 4" Brida- Brida, PN 10 de 2.75m	und	1	425.45	425.45
S17	Tramo de tubo de Acero A36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4 ", Brida -liso, PN 10 de 0.315 m	und	1	153.43	153.43
S18	Tablero de control, incluye cables y accesorios	und	2	1365.00	2730.00
S19	Compuerta de acero Inoxidable, 250x250 m, incluye volante para levante	und	2	2854.45	5708.90
S20	Sistema de Izaje para mantenimiento, Incluye polipasto manual 500 Kg, con cadena inoxidable, Viga I, Carro manual	und	2	1750.54	3501.08
S21	Escalera tipo marinero empotrada, con tubo de 1 1/2"inoxidable	metro	4.03	156.78	631.82
S22	Canastilla de retención de sólidos de acero Inoxidable, 1x1x1 m	und	1	720.00	720.00
S23	Tapa metálica de 1.22x0.43x0.004 m	und	3	90.59	271.76
S24	Tapa metálica de 0.92x1.80x0.004 m	und	2	285.95	571.89
S25	Tapa metálica de 0.58x1.60x0.004 m	und	3	160.22	480.65
S26	Pernos galvanizados bridas	und	184	0.95	174.80
S27	Empaque	m2	2	56.50	113.00
S28	Aislante bridas aisladora	und	4	123.00	492.00
TOTAL SUMINISTROS					\$43,134.33

ANEXO 06. Análisis de precios unitarios (A.P.U) Instalaciones.

Item	Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio unitario	Precio total
I1	Instalación de Bomba sumergible, incluye accesorios	und	2	798.65	1597.30
I2	Instalación de Tramo de tubo de Acero Inoxidable CED 40 PN 10 Brida- Brida de 4.28 metros	und	2	307.89	615.78
I3	Instalación de Codo de 90 grados, Acero Inoxidable 4" PN10, Bridado.	und	2	75.78	151.56
I4	Instalación de Pasamuro de Acero A 36, galvanizado y con protección epóxica exterior, con anillo de estanqueidad, de 4" Brida- Liso, PN 10 de 0.29 m	und	2	89.76	179.52
I5	Instalación de Unión mecánica de 4", PN 10	und	4	15.47	61.88
I6	Instalación de Tramo de tubo de Acero A36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4 ", Brida -liso, PN 10 de 0.11 m	und	2	67.65	135.30
I7	Instalación de Válvula Check de 4", Bridada PN10	und	2	76.45	152.90
I8	Instalación de Tramo de tubo de Acero A36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4 ", Brida -Brida, PN 10 de 0.31 m	und	2	27.50	55.00
I9	Instalación de Válvula Compuerta de 4", Bridada PN10	und	2	72.52	145.04
I10	Instalación de Tramo de tubo de Acero A36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4 ", Brida -liso, PN 10 de 0.09 m	und	2	15.47	30.94
I11	Instalación de Tramo de tubo de Acero A36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4 ", Brida -liso, PN 10 de 0.14 m	und	2	15.47	30.94
I12	Instalación de Codo de 90 grados, Acero A36, Galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4" PN10	und	4	29.67	118.68

I13	Instalación de Tee, Acero A36, Galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4" PN10	und	1	55.89	55.89
I14	Instalación de Pasamuro de Acero A 36, galvanizado y con protección epóxica exterior, con anillo de estanqueidad, de 4" Brida- Brida, PN 10 de 0.44 m	und	1	98.45	98.45
I15	Instalación de Tramo de tubo de Acero A 36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4" Brida- Brida, PN 10 de 7.30 m	und	1	67.43	67.43
I16	Tramo de tubo de Acero A 36, galvanizado y con protección epóxica exterior, con anillo de estanqueidad, de 4" Brida- Brida, PN 10 de 2.75m	und	1	45.65	45.65
I17	Instalación de Tramo de tubo de Acero A36, galvanizado y con protección epóxica exterior, de 4 ", Brida -liso, PN 10 de 0.315 m	und	1	15.45	15.45
I18	Instalación de Tableros de control, incluye accesorios.	und	1	1086.00	1086.00
I19	Instalación de Compuerta de acero Inoxidable, 0.50x0.35 m, incluye volante para levante	und	2	351.76	703.52
I20	Instalación de Sistema de Izaje para mantenimiento, Incluye polipasto manual 500 Kg, con cadena inoxidable, Viga I, Carro manual	und	2	187.76	375.52
I21	Instalación de Escalera tipo marinero empotrada, con tubo de 1 1/2"inoxidable	metro	4.03	35.34	142.42
I22	Instalación de Canastilla de retención de sólidos de acero Inoxidable, 1x1x1 m	und	1	54.45	54.45
I23	Instalación de Tapa metálica de 1.22x0.43x0.004 m	und	3	22.34	67.02
I25	Instalación de Tapa metálica de 0.58x1.60x0.004 m	und	3	24.34	73.02
I26	Instalación de Pernos	und	184	0.25	46.00
I27	Instalación de Empaque	m2	2	78.50	157.00
I28	Instalación de Aislante	und	4	12.54	50.16
TOTAL INSTALACIÓN					\$6,359.50

ANEXO 07. Costo total de mantenimiento

ITEM	Tiempo de operación anual [horas]	Costo energía [\$/Kwh]	Energía requerida de equipo [Kwh/a]	Costo Anual de Energía
Operación	1825	0.73	2510	1832.3
	Personal de mantenimiento	Suministros	Herramientas	Costo Anual Mantenimiento
Mantenimiento	2730	136.5	68.25	2934.75
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO				\$ 4767.05