



**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA AL BARRIO VISTA HERMOSA.**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor**

Víctor Antonio Jiménez Jiménez

**Tutor**

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela Msc.

**QUITO - ECUADOR**

**2022**

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA  
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Jiménez Jiménez Víctor Antonio, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA AL BARRIO VISTA HERMOSA”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 22 días del mes de septiembre del 2022, firmo conforme.

Autor: Víctor Antonio Jiménez Jiménez



Número de Cedula: 172656092-1

Dirección: Pichincha, Quito, (Calderón) y Panamericana Norte.

Correo Electrónico: antoniojimenezjimenez@hotmail.es

Teléfono: 0992833489

## APROBACION DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA AL BARRIO VISTA HERMOSA” presentado por Victor Antonio Jiménez Jiménez, para optar por el Título Ingeniero Industrial.

## CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 03 de abril del 2023

TUTOR

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela MsC.

CI: [1708520265](#)

## DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 4 de abril del 2023

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and flourishes, positioned above the printed name.

Víctor Antonio Jiménez Jiménez

CI: 1726560921

## **APROBACION DE LECTORES**

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA AL BARRIO VISTA HERMOSA”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración curricular.

Quito, 03 de abril del 2023

Ing. Fabián Sarmiento MSc.

LECTOR

Ing. Joel Segura D’Rouville MSc.

LECTOR

## **DEDICATORIA**

A mis padres Lucía y Luis por ser los pioneros en mi formación e inculcar valores que forman parte de mi diario vivir y me fortalecen como persona.

A mi esposa Maribel y a mi nena Thais que son los motivos principales para seguir adelante y por estar siempre presente brindándome su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios por ser mi guía y protector, por brindarme salud, fuerzas y la voluntad de seguir adelante todos los días.

A mi familia en especial a mis hermanos por darme la oportunidad de cursar el bachillerato, para posteriormente continuar con mi formación académica.

A mi hermano César un agradecimiento especial por la confianza depositada y su apoyo en los momentos más importantes de la carrera.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
Marco teórico.....	4
Definición del sistema de bombeo.....	4
Clasificación de tipos de bombas .....	5
Antecedentes.....	12
Justificación.....	13
Objetivo general .....	14
Objetivos específicos.....	14
CAPÍTULO II.....	15
INGENIERÍA DEL PROYECTO .....	15
Diagnóstico de la situación actual del barrio.....	15
Área de estudio .....	20
Modelo operativo.....	21
CAPÍTULO III .....	23
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS .....	23
Presentación de la propuesta.....	23
Selección de alternativas .....	24
Parámetros de selección de alternativas .....	27
Diseño del sistema de bombeo .....	28
Resultados esperados.....	66
Cronograma de actividades .....	67
Análisis de costos .....	70
CAPÍTULO IV .....	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72



Conclusiones.....	72
Recomendaciones .....	74
BIBLIOGRAFIA .....	75
ANEXOS .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Provincias que más agua consumen en Ecuador</i> .....	3
<i>Figura 2 Clasificación del tipo de bombas</i> .....	5
<i>Figura 3 Partes de una bomba centrífuga</i> .....	6
<i>Figura 4 Bomba de chorro</i> .....	7
<i>Figura 5 Bomba sumergible tipo lápiz</i> .....	8
<i>Figura 6 Esquema de ana bomba rotodinámica</i> .....	9
<i>Figura 7 Vida útil de una tubería PVC</i> .....	11
<i>Figura 8 Tanques de almacenamiento de agua</i> .....	18
<i>Figura 9 Contaminación del agua por partículas de polvo</i> .....	19
<i>Figura 10 Temperatura en la parroquia Guayllabamba</i> .....	20
<i>Figura 11 Ubicacion de la vertiente “La Delicia” y el barrio Vista Hermosa</i> .....	24
<i>Figura 12 Esquema del sistema de bombeo</i> .....	37
<i>Figura 13 Esquema del circuito hidráulico</i> .....	56
<i>Figura 14 Especificaciones de las bombas</i> .....	57
<i>Figura 15 Curvas de rendimiento de las bombas</i> .....	58
<i>Figura 16 Circuito ramal de la bomba apagada</i> .....	64
<i>Figura 17 Circuito de control y fuerza encendido</i> .....	65
<i>Figura 18 Cronograma de actividades</i> .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Tanqueros de agua potable en m3 .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2 Uso de agua por habitante en m3 .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 3 Características de bombas eléctricas.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 4 Características de una bomba golpe de ariete .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 5 Comparacion de características de las alternativas .....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 6 Criterios para la selección de las bombas .....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 7 Criterios de selección en base a los costos.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 8 Características de las tuberías .....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 9 Rugosidad de la tubería - valores de diseño .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 10 Accesorios de tuberías longitud equivalente .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 11 Características de las bombas .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 12 Anáisis de costos del sistema eléctrico y mecánico .....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 13 Anáisis de costos de la ingeniería civil .....</i>	<i>71</i>

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1 Cálculo de la población futura</i> .....	29
<i>Ecuación 2 Dimensiones de un tanque</i> .....	31
<i>Ecuación 3 Flujo volumétrico</i> .....	38
<i>Ecuación 4 Tiempo de llenado del tanque de captación</i> .....	38
<i>Ecuación 5 Ecuación general de la energía</i> .....	39
<i>Ecuación 6 Energía que se agrega al fluido</i> .....	40
<i>Ecuación 7 Pérdida de energía por unidad de peso del fluido en movimiento</i> .....	40
<i>Ecuación 8 Velocidad en la línea de succión</i> .....	41
<i>Ecuación 9 Velocidad del fluido en la línea de descarga y carga de la velocidad</i> .....	41
<i>Ecuación 10 Número de Reynolds</i> .....	41
<i>Ecuación 11 Rugosidad relativa</i> .....	42
<i>Ecuación 12 Factor de fricción en la tubería de salida</i> .....	43
<i>Ecuación 13 Cálculo de las Pérdidas</i> .....	44
<i>Ecuación 14 Pérdida en la válvula de retención tipo oscilante</i> .....	46
<i>Ecuación 15 Pérdida por fricción en la tubería de descarga</i> .....	46
<i>Ecuación 16 Potencia agregada al fluido</i> .....	47
<i>Ecuación 17 Eficiencia de la bomba</i> .....	47
<i>Ecuación 18 Carga de Succión Neta Positiva disponible</i> .....	53
<i>Ecuación 19 Presión absoluta</i> .....	53
<i>Ecuación 20 Circuito Ramal de la bomba de 10 HP</i> .....	59
<i>Ecuación 21 Intensidad del conductor <b>I<sub>c</sub></b></i> .....	59
<i>Ecuación 22 Contactor magnético</i> .....	60
<i>Ecuación 23 Guardamotor</i> .....	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1 Contrato de agua EPMAPS .....</i>	<i>79</i>
<i>Anexo 2 Registro abastecimiento de agua por tanqueros EPMAPS .....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo 3 Autorizacion de uso de agua.....</i>	<i>81</i>
<i>Anexo 4 Dimensiones de tubería plástica PVC a presión .....</i>	<i>82</i>
<i>Anexo 5 Propiedades del agua .....</i>	<i>83</i>
<i>Anexo 6 Diagrama de Moody.....</i>	<i>84</i>
<i>Anexo 7 Seccion y numero de conductores.....</i>	<i>85</i>
<i>Anexo 8 Corrientes nominales para régimen continuo de operación de contactores magnéticos.....</i>	<i>86</i>
<i>Anexo 9 Valores de corriente de operación contra cortocircuitos de circuitos eléctricos.....</i>	<i>87</i>
<i>Anexo 10 Guardamotores.....</i>	<i>88</i>

# **FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

## **CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **TEMA: DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA AL BARRIO VISTA HERMOSA.**

**AUTOR:** Victor Antonio Jiménez Jiménez

**TUTOR:** Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela Msc.

#### **RESUMEN EJECUTIVO**

En el presente trabajo de investigación se evidencia que en el barrio Vista Hermosa en la parroquia Guayllabamba, el abastecimiento de agua se lo realiza cada semana por medio de tanqueros a través de contratos mensuales con la EPMAPS donde este recurso es almacenado en recipientes plásticos que se encuentran a la intemperie expuestos a al clima cambiante y a los insectos nativos del lugar, los mismos que pueden ocasionar alteraciones en la composición de este recurso, la cantidad dotada para cada familia es de 850 litros aproximadamente. Mediante el diagnóstico per cápita realizado se determina que la cantidad recibida por cada familia en el sector no es suficiente, para un hogar promedio de 4 a 5 personas donde cada integrante tiene la posibilidad de utilizar 23 litros al día para sus necesidades de consumo e higiene. Con el estudio realizado de los parámetros y selección de alternativas se propone un sistema de bombeo para impulsar el agua de la vertiente ubicada en la quebrada “ La Delicia” implementando 4 tanques de concreto y 3 bombas sumergibles: Una de 10 HP y 2 de 7,5 HP para obtener un flujo volumétrico aproximado de 3,5 L/s y un tiempo de llenado de 7 horas del tanque principal que abarcará 80 m<sup>3</sup> de agua, cuyo propósito es garantizar el abastecimiento de 100 litros mínimos, por día a cada habitante como lo menciona la OMS, contribuyendo de forma positiva en el ahorro y obtención de beneficios económicos, mejorando su calidad de vida a largo plazo.

**PALABRAS CLAVE:** abastecimiento de agua, sistema de bombeo.

# FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

## CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

### **THEME: DESIGN OF THE PUMPING SYSTEM TO SUPPLY WATER TO THE NEIGHBORHOOD OF VISTA HERMOSA**

**AUTOR:** Victor Antonio Jiménez Jiménez

**TUTOR:** Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc.

#### **ABSTRACT**

This research is carried out in the Vista Hermosa neighborhood in Guayllabamba parish. Water is supplied weekly by tankers, through monthly contracts with EPMAAPS, since there is no hydraulic network in the area. Therefore, a water pumping system is proposed to pump water from the nearby spring to the houses. Using the standard corresponding to the WHO, a per capita diagnosis is made, indicating that each inhabitant should receive 100 liters of water per day for their consumption and hygiene needs. Several prioritization matrices are used in order to identify the nominal parameter concerning the pumping system required to comply with the aforementioned standard. With the study of the parameters and selection of alternatives, a pumping system is proposed to pump water from the spring located in the "La Delicia" stream, implementing 4 concrete tanks and 3 submersible pumps: One of 10 HP and 2 of 7.5 HP to obtain an approximate volumetric flow of 3.5 L/s and a filling time of 7 hours for the main tank that will cover 80 m<sup>3</sup> of water, whose purpose is to guarantee the supply of 100 liters minimum, per day to each inhabitant as mentioned by the WHO, contributing positively in saving and obtaining economic benefits, improving their quality of life in the long term.

**Keywords:** water supply, pumping system.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El 75 % del planeta tierra está cubierto de agua, pero solamente el 1% es apto para el consumo del ser humano, cantidad que está disminuyendo cada vez por el uso indebido de este recurso o por la contaminación que genera el hombre, la industria y la minería, este suceso se debe también al aumento excesivo de la población en todos los alrededores del planeta (Chamba-Ontaneda et al., 2019, p. 4).

De acuerdo con (Padilla, 2022) menciona que alrededor del mundo existen más de 2 mil 200 millones de seres humanos que no cuentan con agua potable, sin embargo también hace referencia a la Organización Mundial de la Salud (OMS) que cada persona debe tener disponible al día 100 litros de este recurso, para cubrir todas sus necesidades de consumo e higiene.

(Moran, s. f.) muestra datos que a nivel mundial una de cada tres personas no cuenta con disponibilidad de agua potable y que aun en la actualidad existen personas que carecen de todos los servicios básicos y más de 673 millones de personas siguen realizando sus necesidades biológicas al aire libre.

De acuerdo con (Martinez Moscoso & Salazar, 2021, p. 189) en todo el planeta existe un porcentaje significativo del 30% de habitantes que no cuentan con agua potable de forma segura, aproximadamente alrededor de 2100 millones de habitantes a nivel mundial, recalcando que el Sexto Objetivo del Desarrollo Sostenible busca garantizar la disponibilidad de agua para todos, en el cual todos los países de Sudamérica incluyendo a Ecuador está participando para garantizar que se cumpla este objetivo.

En la actualidad el recurso hídrico a nivel mundial en países con grandes cantidades de seres humanos existe muchas complicaciones para el abastecimiento. en



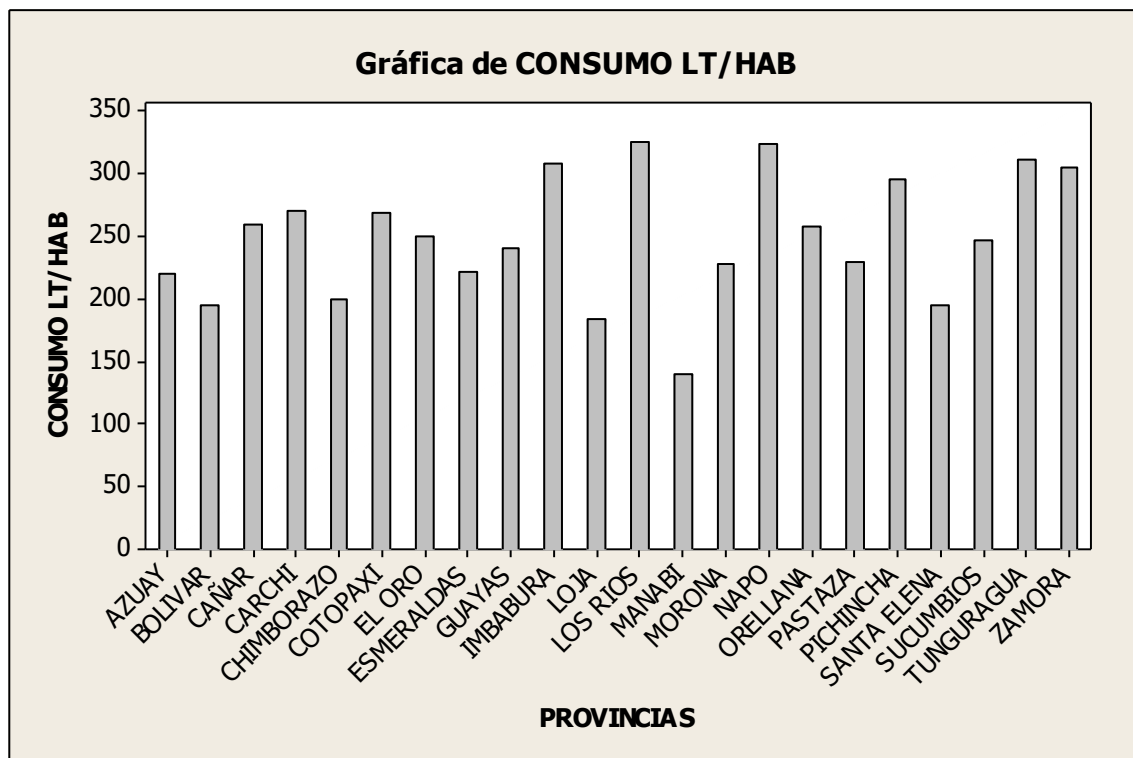
su investigación menciona que esta situación genera complicaciones llegando prácticamente a importar este preciado recurso.

De acuerdo con (Chuquín, 2020, p. 6) en Ecuador con el crecimiento de la población ha surgido un aumento exorbitante en el consumo de agua, ocasionando falta de abastecimiento de agua potable a todos los rincones del país y llegando a tomar decisiones aptas como los Pagos de Servicios Ambientales (PSA), llegando a implementar alrededor de 10 esquemas en las últimas décadas en Ecuador, una alternativa adecuada para lograr bajar los índices de consumo y preservar el recurso hídrico.

(Vidal & Mendoza, 2018, p. 2) mencionan que en Ecuador las zonas que más dificultades tienen con el abastecimiento de agua potable de buena procedencia son los sectores rurales que por su ubicación geográfica alejadas de las ciudades y las condiciones de pobreza los lleva a consumir aguas duras como de pozos profundos o de vertientes naturales sin contar con las garantías de higiene y potabilización.

**Figura 1**

**Provincias que más agua consumen en Ecuador**



**Nota:** Los datos fueron extraídos de (Sandoval, 2018)

En la **Figura 1** se evidencia un consumo promedio de agua en las diferentes provincias analizadas. De acuerdo con (Sandoval, 2018) los Ríos es la provincia que más agua consume llegando a utilizar 325 litros de agua diarios por cada habitante. Además, la Provincia de Pichincha es otra de las ciudades que también consume grandes cantidades de agua al día, con una aproximación de 300 litros.

En el barrio Vista Hermosa de la parroquia de Guayllabamba no cuentan con el abastecimiento de agua, recurso vital para el desarrollo de los habitantes de este sector, cabe señalar que aproximadamente a 1100 m de distancia se encuentra una vertiente

natural “La delicia”, la misma que puede proporcionar el caudal necesario para la distribución al barrio.

En la actualidad existen muchas inconformidades y carencias de agua en los diferentes rincones del planeta, por diferentes consecuencias o situación geográfica en Ecuador, solamente Quito cuenta con un Índice de Presión Demográfica sobre el Agua (IPDA) moderado, por ello se implementó diferentes programas para la protección de cuencas hidrográficas y el uso adecuado de este recurso (Chamba-Ontaneda et al., 2019, p. 5)

## **Marco teórico**

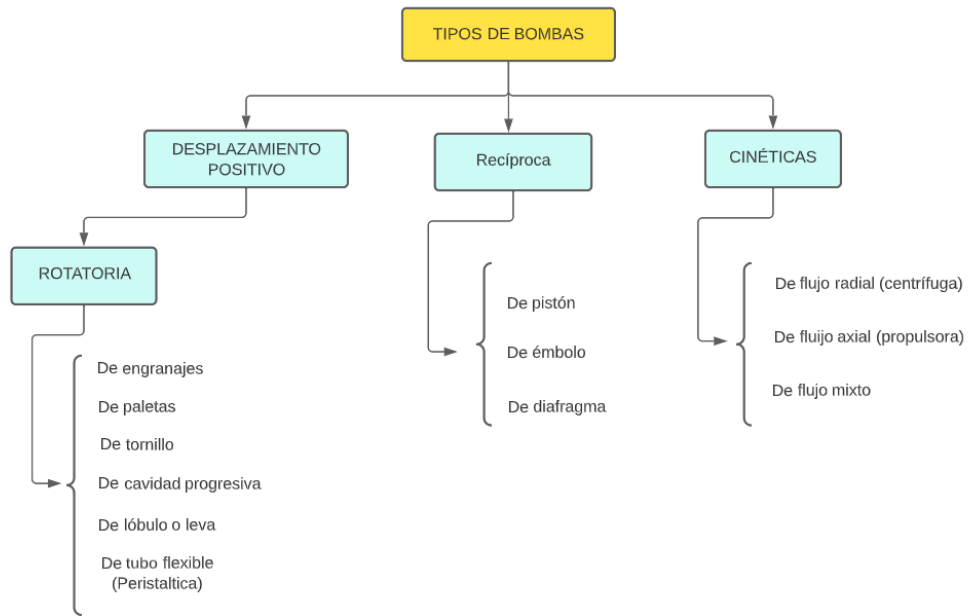
### **Definición del sistema de bombeo**

En base a (Chero, 2018, p. 3) el diseño del sistema de bombeo de agua está compuesto por diferentes elementos que son necesarios para la implementación de (válvulas, medidores, tuberías, recipientes, codos, entre otros), estos materiales son los que permitirán transportar los fluidos por medio de tuberías siempre que se cumpla con las especificaciones necesarias de caudal y la presión necesaria.

## Clasificación de tipos de bombas

Figura 2

### Clasificación del tipo de bombas



**Nota:** Esquema del tipo de bombas, adaptado de (Mott & Untener, s. f., p. 321)

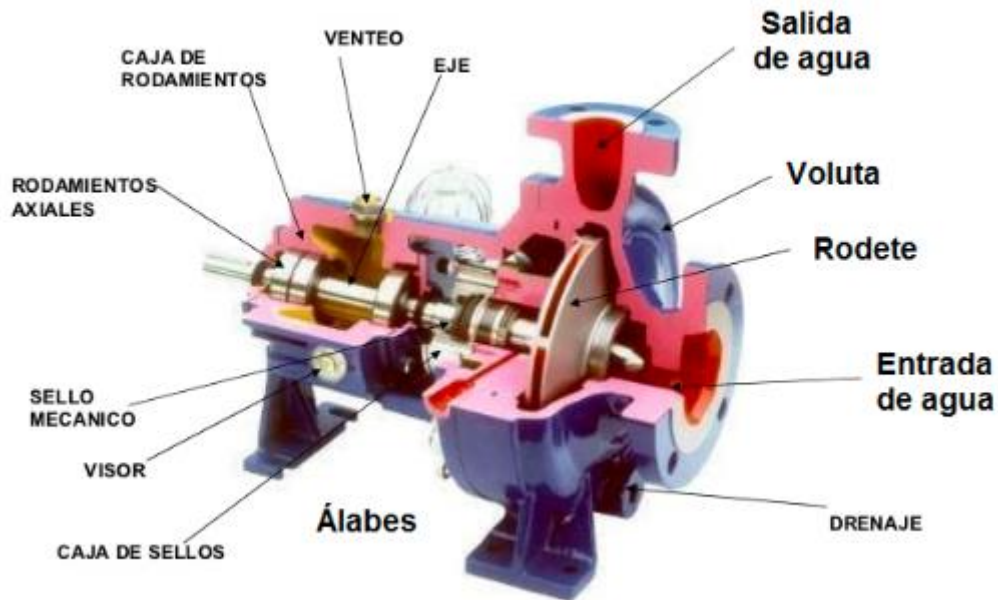
### ***Bombas centrífugas***

Conforme (Goulart & Viana, 2022, p. 1) las bombas centrífugas son maquinas que tienen como objetivo trasladar líquidos de un lugar a otro la utilización de estos equipos son de mayor relevancia a nivel mundial por su gran utilidad en distintas áreas como uso doméstico, agricultura y en las industrias.

A continuación, se muestra una de las bombas centrífuga y sus partes principales.

**Figura 3**

**Partes de una bomba centrífuga**



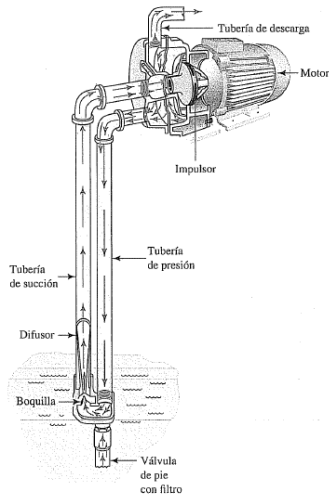
**Nota:** Esquema de una bomba centrífuga (Pérez, 2019)

***Bombas de chorro***

De acuerdo con (Mott & Untener, s. f., p. 326) este tipo de bombas son utilizadas la mayor parte en las áreas de uso doméstico para suministrar agua desde pozos poco profundos o someros con una profundidad de 1,5 metros a 30 metros máximo con una abertura de unos 15 a 25 centímetros de centro a centro en lugares que son rocosos donde no existen posibilidades de realizar más aberturas para extraer el líquido **Figura 4**.

**Figura 4**

**Bomba de chorro**



**Nota:** esquema de una bomba centrífuga de chorro, extraído de (Mott & Untener, s. f., p. 328).

***Bombas centrífugas de tres etapas***

Este tipo de bombas son consideradas de alta presión y su funcionalidad se centra en diversas áreas como doméstica, agricultura y de uso industrial, considerada multi etapa por sus varios impulsores en un eje, los mismo que trabajan de forma ordenada por donde pasa el líquido por cada escalón llegando a obtener una presión relevante para su salida al lugar de abastecimiento(*Bomba centrífuga multietapa de acero inoxidable monofásica EDH10 / LEO*, s. f., p. 219).

***Bombas sumergibles***

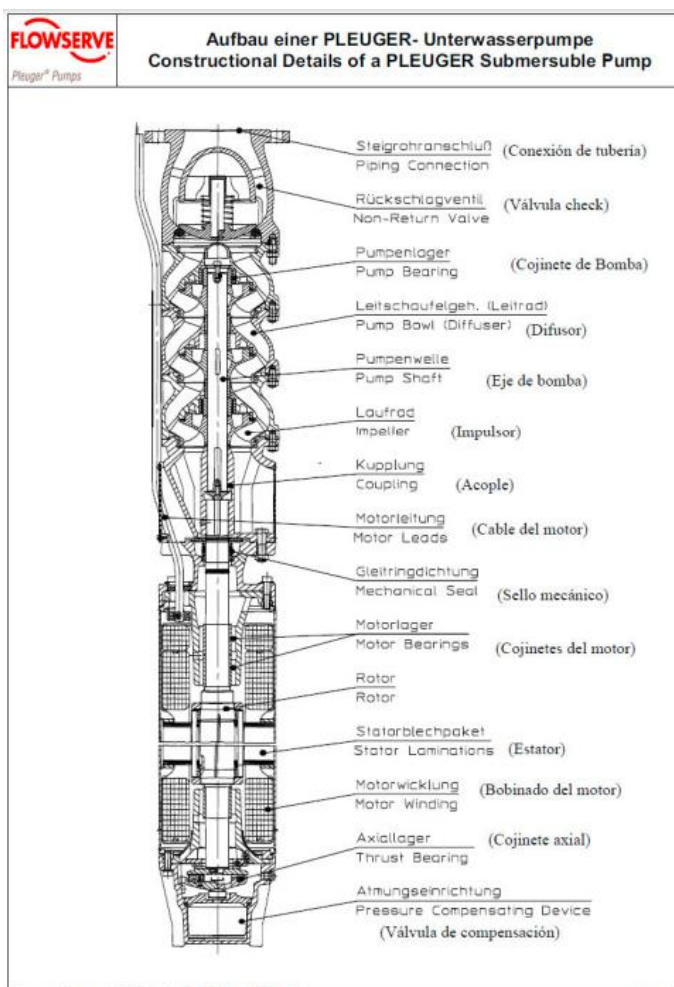
(Mott & Untener, s. f., p. 326) menciona que las bombas sumergibles son diseñadas de una forma en que todos sus componentes puedan sumergirse en el fluido que será bombeado, su conexión eléctrica a toda prueba hace de este tipo de bombas muy utilizadas dentro de la zona industrial, agrícola y doméstica. Este tipo de bombas

ofrecen algunas ventajas como su instalación, admite grandes profundidades y sobre todo cuenta con un alto rendimiento.

Por su diseño y debido a que están sumergidas directamente en el agua no requieren de cebado por ende no es necesario preparación del arranque, además de esto las bombas funcionan con mayor eficiencia para trasladar líquidos a grandes distancias.

**Figura 5**

**Bomba sumergible tipo lápiz**



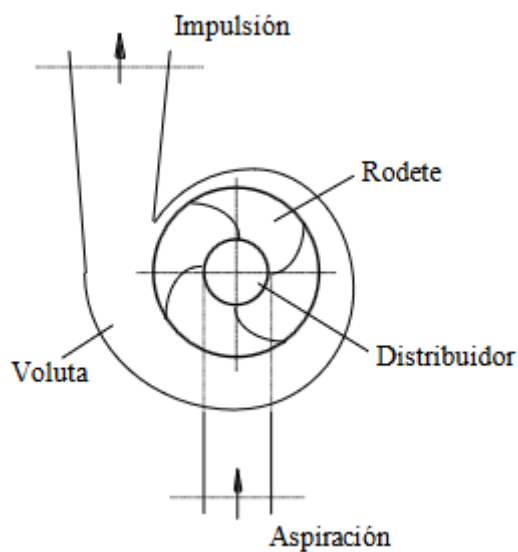
Nota: En la figura se presenta las partes principales de una bomba sumergible tipo lápiz. Extraído de (Chávez, s. f., p. 27)

### ***Turbomáquinas (rotodinámicas)***

Este tipo de bombas se caracterizan por el intercambio de movimiento que se produce entre el fluido y la maquina a treves del rotor o rodete, de tal manera que el fluido circula por medio de los canales que están formados por los alabes, su fuerza es tangencial por el cambio que existe en el momento cinético del líquido y el intercambio de energía mecánica(Zamora & Viedma, s. f., p. 25).

#### **Figura 6**

##### **Esquema de ana bomba rotodinámica**



**Nota:** Bomba centrífuga de característica denominada caracol, tomado de (Zamora & Viedma, s. f., p. 26).

##### **Elementos de una turbomáquina hidráulica**

- Distribuidor: Elemento que se encarga de conducir el líquido en cantidades adecuadas hacia el rodete.
- Difusor: Recolecta el líquido que sale del rodete para posteriormente dirigirlo de forma eficiente para recuperar la presión estática.
- Voluta: Es un elemento que cuenta con un canal que rodea al rodete recogiendo el líquido(Zamora & Viedma, s. f., p. 30).



## **Efecto del tamaño del impulsor**

De acuerdo con (Mott & Untener, s. f., p. 333) el impulsor es una de las partes principales de las bombas centrífugas encontrándose en tres tipos; abiertos que tienen sus paletas libres de ambos lados, los semiabiertos en cambio se encuentran de un lado cerrados y ofrecen una durabilidad mayor que las del primer tipo y por último se encuentran los impulsores cerrados fabricados para garantizar mayor eficiencia y rendimiento siendo uno de los diseños más costosos y complejos.

### ***Bombas alternativas***

#### ***Ariete hidráulico***

De acuerdo con (Carpio, 2018, p. 13) la bomba de ariete fue patentado en el año de 1976 y es uno de los inventos más utilizados para realizar el bombeo de agua hasta las partes superiores en diferentes áreas, esta máquina no necesita utilizar ningún combustible o energía eléctrica, el funcionamiento de esta bomba se realiza mediante la energía del agua y la pequeña presión que provoca al encontrarse ubicado a desnivel las tuberías que conducen el líquido generando de esta forma el conocido golpe de ariete.

#### ***Características del ariete hidráulico***

(Carpio, 2018, p. 16) Menciona que el ariete hidráulico no utiliza ningún tipo de combustible, su costo de mantenimiento es bajo porque no es frecuente, se puede utilizar las 24 horas del día es ideal para terrenos con pendientes pronunciadas donde se puede utilizar para riego e incluso para el abastecimiento de agua de uso doméstico, además se debe destacar que la vida útil del ariete es muy larga.

#### ***Bomba de ariete***

La bomba de ariete como da a conocer (Carpio, 2018, p. 18) es una bomba que funciona sin la necesidad de combustible o energía eléctrica, su funcionalidad se debe a la misma energía que provoca el agua al ser conducida por las tuberías, su costo de

mantenimiento es relativamente bajo debido y poco frecuente, la bomba debe ser conectada a una tubería de presión de hierro galvanizado y para que funcione correctamente el ariete a cada golpe, este debe succionar una cantidad de aire que debe ser compensado con el que fue bombeado junto con el agua.

### ***Tubería PVC***

La tubería “Policloruro de vinilo” (PVC), son parte de la solución para las instalaciones de agua, este tipo de tuberías se utilizan cada vez más frecuente por su alto nivel de resistencia a la presión. En la **Figura 7** se muestra el ciclo de vida de las tuberías PVC, este tipo de material garantiza una vida útil de 50 años aproximadamente para el transporte de agua(Martínez del Amo & Romero, 2016, p. 4).

**Figura 7**

### **Vida útil de una tubería PVC**



Nota: Extraído de (Martínez del Amo & Romero, 2016, p. 2)

### **Eficiencia en instalación y optimización en transporte**

Por la ligereza de estas tuberías se las puede transportar mayor cantidad, el diseño con la que cuenta estas tuberías hacen que el ensamble sea más eficiente y por consecuente la mano de obra sea más sencilla, obteniendo grandes beneficios como el tiempo en la implementación de las obras(Martínez del Amo & Romero, 2016, p. 5).

## **Antecedentes**

En la parroquia Guayllabamba, Cantón Quito. Se encuentra ubicado el barrio Vista Hermosa a 2280 msnm, con una extensión de 148620,99 metros cuadrados y cuenta con una población aproximada de 350 habitantes los mismos que se dedican a diferentes actividades en sus espacios de terreno como sembrío de flores y frutas.

El barrio Vista Hermosa no cuenta con el servicio de agua potable y para satisfacer sus necesidades del recurso hídrico, mencionan que realizan contratos con el GAD parroquial de Guayllabamba para que cada semana se les abastezca de 750 a 850 litros de agua a cada familia. El costo de este servicio es de 7 dólares por vivienda, los habitantes de este barrio afirman que la cantidad proporcionada cada semana no es suficiente para satisfacer sus necesidades, donde optan por comprar tanqueros adicionales para lograr cubrir sus actividades con este servicio **Anexo 1**.

El barrio antes mencionado se encuentra en zona rural donde sus vías no se encuentran pavimentadas, por lo tanto, la generación de polvo es constante, mismo que produce contaminación a los tanques en los que se encuentra el agua almacenada de cada familia que posteriormente usaran para sus necesidades domésticas, de higiene y biológicas.

## **Justificación**

El servicio de agua potable es uno de los elementos más utilizados en la vida cotidiana del ser humano, es por ello la **importancia** de realizar el diseño del sistema de bombeo de agua con el objetivo de mantener el abastecimiento del recurso hídrico a todos los habitantes que conforman este barrio y puedan utilizar esta agua en todas sus actividades cotidianas sin limitaciones.

El diseño del sistema de bombeo de agua al barrio Vista Hermosa, generará **impactos** positivos como; disponibilidad del recurso hídrico a todas horas, oportunidades laborales para los habitantes, ahorro económico en pagos por tanqueros de agua entre otros. El uso responsable de este recurso hídrico por parte de los habitantes del barrio podría ayudar a mejorar su calidad de vida.

El recurso hídrico les será de **utilidad** en las diferentes actividades que realizan los habitantes de este barrio, el uso principal sería para el consumo doméstico, para la utilización de riego y múltiples utilidades que vendría consigo la utilización de este recurso agua.

Con el diseño del sistema de bombeo de agua, la comunidad del barrio Vista Hermosa serán los principales **beneficiarios** de manera directa, así como los visitantes, animales domésticos, regadíos, ahorros económicos y disponibilidad del recurso hídrico a todas horas.

Este proyecto es **Factible** realizarlo porque existe una vertiente natural cerca del barrio conocida como quebrada “La delicia” con el volumen suficiente para realizar este estudio, además se cuenta con los conocimientos necesarios para realizar el diseño del sistema de bombeo de agua y en la actualidad existe los medios y herramientas para extraer esta agua por medio de bombas eléctricas o bombas de golpe de ariete.

## **Objetivo general**

Diseñar un sistema de bombeo de agua mediante criterios técnicos de selección de los elementos constructivos para el abastecimiento al barrio Vista Hermosa parroquia Guayllabamba.

## **Objetivos específicos**

- Diagnosticar el consumo de agua per cápita, mediante los registros de abastecimiento y almacenamiento en el sector, para verificar si el volumen proporcionado por los tanqueros de la EPMAPS responde a los datos promedio proporcionados por la OMS.
- Realizar la selección de la alternativa de solución, respecto al sistema de bombeo, mediante el empleo de matrices de priorización para el diseño del equipamiento correspondiente al mismo que permita garantizar el caudal de agua requerido para el sector.
- Realizar el diseño del circuito ramal de alimentación a las bombas seleccionadas, mediante criterios técnicos de ingeniería, para garantizar un régimen de explotación y protección adecuada.

## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **Diagnóstico de la situación actual del barrio**

El agua es indispensable para la vida y para mantener un buen estado de salud, en la actualidad la gran mayoría de las poblaciones que se encuentran alejadas de la ciudad, son pueblos que carecen o sufren por el abastecimiento de agua potable, esta situación la están viviendo los habitantes del barrio Vista Hermosa que no cuentan con la disponibilidad de este recurso. Por este motivo se ven en la necesidad de comprar tanqueros de agua, tanto al municipio como a tanqueros privados para lograr satisfacer sus necesidades de uso doméstico. Además, los habitantes también mencionan que, en ocasiones el agua que se les entrega viene de color turbio con partículas extrañas.

“En 1998, se dictó una nueva carta política y, dentro de los derechos civiles, reconoció en su art. 23, numeral 20, el derecho a la calidad de vida de los ciudadanos. Y, dentro de los elementos que permitían su consecución, se encuentran algunos derechos económicos sociales y culturales, entre ellos: la salud, el agua potable y el saneamiento ambiental”(Martinez Moscoso & Salazar, 2021, p. 195).

En el barrio Vista Hermosa. Los habitantes para utilizar el recurso agua deben proveerse semanalmente mediante la compra de tanqueros lo que obliga a almacenarse en tanques reservorios de plástico, convirtiéndose en foco de contaminación y alteración de los parámetros fisicoquímicos lo que podría desencadenar en enfermedades para los habitantes del sector.

**Tabla 1**Tanqueros de agua potable en  $m^3$ 

SEMANAS	TANQUEROS DE AGUA EN $m^3$					No FAMILIAS	No Habitantes	P. Habitante x familia
	AGO-SEP/ $m^3$	OCT-NOV/ $m^3$	NOV-DIC/ $m^3$	DIC-ENE/ $m^3$	No			
SEM 1	50	50	50	50	65	350	5	
SEM 2	50	50	50	50	65	350	5	
SEM 3	50	50	50	50	65	350	5	
SEM 4	50	50	50	50	65	350	5	
<b>T. Litros x mes</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>				

**Nota.** Los datos se extrajeron en base a los contratos realizados con la EMAP **Anexo 2**.

En la Tabla 1 se muestran datos del total de litros de agua mensuales y semanales, que realiza el barrio con el Municipio por medio de contratos, además la tabla indica que en esta comunidad se encuentran alrededor de 350 habitantes con un promedio de 5 integrantes por cada familia. Cabe mencionar que los litros de agua comprados corresponden al límite otorgado por el Municipio.

*Análisis del uso de agua por habitante según la OMS.*

**Tabla 2**Uso de agua por habitante en  $m^3$ 

SEMANAS	HABITANTES	$m^3$ ENTREGADOS	CANT. LT.SEM/HAB	CANT. DIARIA	OMS LT MINIMOS	CANT. ENTREGADA EN %
<b>SEM1</b>	350	50	142,9	20,41	100	20%
<b>SEM2</b>	350	50	142,9	20,41	100	20%
<b>SEM3</b>	350	50	142,9	20,41	100	20%
<b>SEM4</b>	350	50	142,9	20,41	100	20%

**Nota:** Identificación de uso de agua en litros. Elaborado por el autor.

A continuación, se muestra un resumen de los cálculos elaborados.

Litros mensuales por familia

$$\frac{200000}{65} = 3076,9 \text{ litros/mes}$$

Litros semanales por familia

$$\frac{50000}{65} = 769 \text{ litros/sem}$$

Litros de agua familia por día

$$\frac{769}{7} = 110 \text{ litros.familia/dia}$$

Litro de agua habitante por día

$$\frac{110}{5} = 21 \text{ litros.habitante/dia}$$

En base a la información extraída de los contratos realizados con el municipio de Quito para el abastecimiento de agua, en la **Anexo 2** se puede evidenciar que cada habitante puede consumir de 21 litros / hab. Día, en una familia promedio de 5 personas; a comparación con los 100 litros mínimos por día que menciona la OMS que cada usuario requiere, las personas de este barrio solo cuentan con un 20% de la disponibilidad de este recurso. Es decir, con los datos mostrados anteriormente no se logra satisfacer los requerimientos y necesidades básicas de higiene y salud de cada individuo.

### ***Higiene en el consumo de agua***

En la actualidad todos los habitantes del barrio Vista Hermosa compran el agua al EPMAPS la misma que es llevada en tanqueros, para luego ser almacenada en tanques plásticos como se muestra en la **Figura 8** estos tanques son de uso familiar y



pueden almacenar desde 1000 litros hasta 2500 litros. El problema nace porque el sector es una zona rural donde las vías no se encuentran pavimentadas y en sus alrededores existen lotes baldíos que por medio del viento se genera polvo o por la circulación de los vehículos ocasionando que estas partículas extrañas ingresen a la parte interna de los tanques contaminando el agua destinada para uso doméstico, tal como se evidencia en la

**Figura 9.**

**Figura 8**

Tanques de almacenamiento de agua



Nota: Tanques de almacenamiento del agua para uso doméstico, elaborado por el investigador,2022.

## Figura 9

Contaminación del agua por partículas de polvo

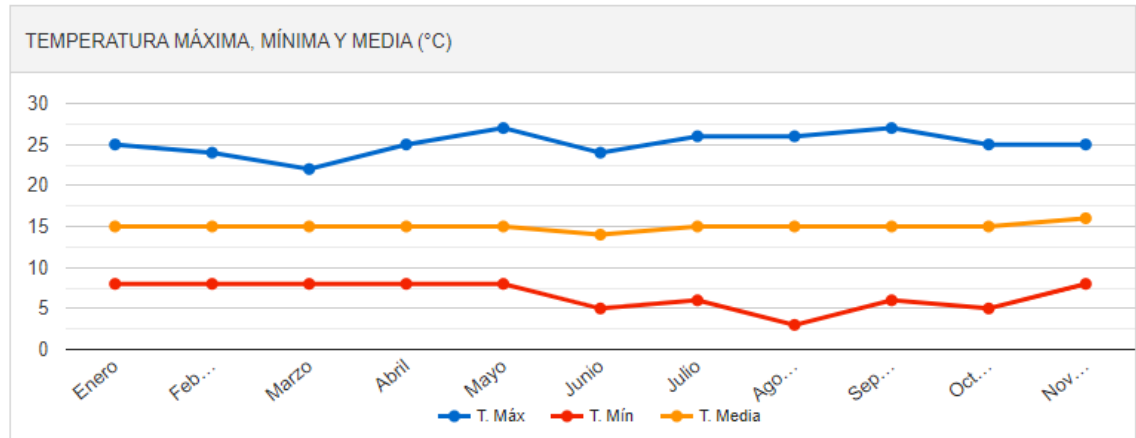


Nota: Se muestra la contaminación del agua por las partículas de polvo que ingresan a los tanques de almacenamiento, elaborado por el investigador, 2022.

En la parroquia de Guayllabamba existe temperaturas mínimas de 5°C a un máximo de 24°C (**Figura 10**) lo que incide en las propiedades fisicoquímicas del agua almacenada en los tanques que son de material plástico y los habitantes se ven en la necesidad de consumir el líquido vital en esas condiciones lo que a futuro podría generar enfermedades a las personas. El uso de agua potable de buena procedencia es una de las limitaciones que existen a nivel mundial y uno problemas con más relevancia relacionados con la salud debido a que la mayor parte de las enfermedades comunes como la diarrea están relacionadas con la calidad de agua que consume el ser humano (Vidal & Mendoza, 2018).

**Figura 10**

Temperatura en la parroquia Guayllabamba



Nota: Esquema de la temperatura máxima, media y mínima en Guayllabamba, extraído de (*Histórico del Tiempo en Guayllabamba - Meteored*, s. f.)

De acuerdo con el (Martin, 2015) el 90% de las enfermedades y las intoxicaciones se deben a la contaminación microbiológica y de los microorganismos que se hallan en el agua, además se debe tomar en cuenta que la forma más frecuente de polución es por medio del excremento de origen animal y las heces fecales de los seres humanos.

### rea de estudio

**Dominio:** Tecnología y Sociedad

**Línea de investigación:** Seguridad, salud laboral y ambiente

**Sub-Línea de investigación:** Evaluar aspectos e impactos ambientales en los diferentes procesos productivos y de servicios de las empresas, talleres y otros.

**Campo:** Ingeniería Industrial

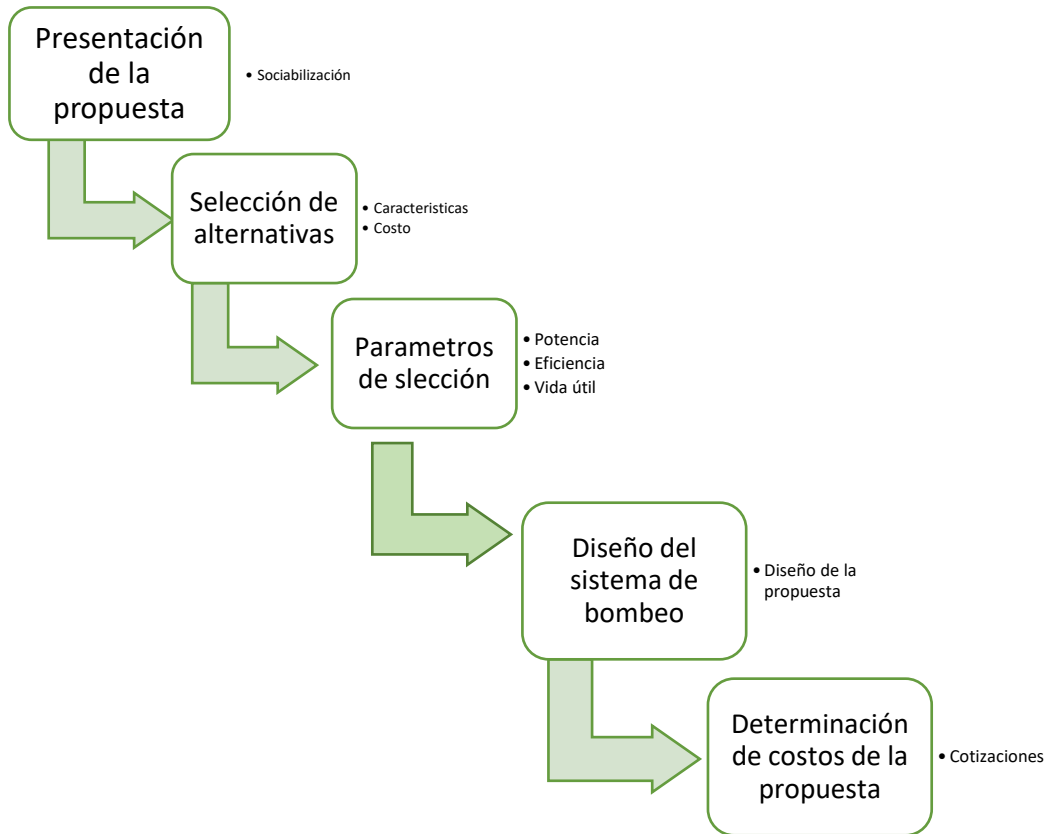
**rea:** Calidad, Seguridad, Ambiente y Mejora continua

**Aspectos:** gestión ambiental

**Objeto de estudio:** Barrio Vista Hermosa

**Periodo de análisis:** octubre – enero 2022

### **Modelo operativo**



### **Presentación de la propuesta**

Para realizar la presentación de la propuesta primero se realizará la exploración del área con la finalidad de reconocer la ubicación geográfica del barrio y de la quebrada “La Delicia” donde se podrá identificar el tipo de suelo, altura msnm y la distancia desde donde se encuentra la quebrada hasta el barrio.

### **Selección de alternativas**

En la selección de alternativas para el sistema de bombeo se planteará opciones que permitan dar solución a la problemática evidenciada en el barrio, por lo tanto, se seleccionaran los tipos de materiales y componentes a utilizar en cada opción presentada en base al caudal que ofrece la quebrada, además de tener presente el tema económico y la vida útil de todo el sistema, necesario para el diseño.

### **Parámetros de selección**

Los parámetros estarán definidos bajo las características con las que debe contar un sistema de bombeo como: cálculos de longitud del recorrido de las tuberías, diámetros, caudal de flujo, potencia de la bomba, perdida por fricción y los accesorios que son necesarios para la instalación del sistema.

### **Diseño del sistema de bombeo**

El diseño del sistema de bombeo se realizará dependiendo el caudal de consumo por parte de los habitantes del sector, área geográfica, componentes del sistema de bombeo y considerando la protección al medio ambiente, haciendo uso de vertientes subterráneas de agua existentes o aledañas al lugar.

### **Determinación de costos de la propuesta**

La determinación de la propuesta estará bajo los parámetros anteriormente mencionados juntamente con el análisis de costos en base a cotizaciones de proveedores de los elementos necesarios que componen el sistema y parámetros adicionales para una futura implementación.

## CAPÍTULO III

### PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

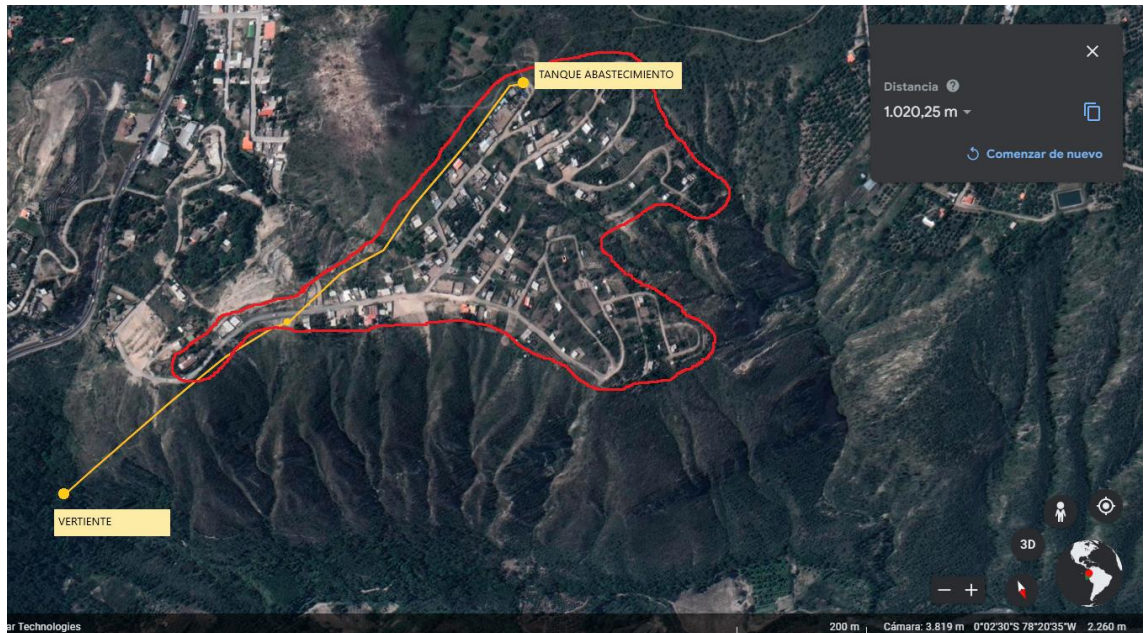
#### Presentación de la propuesta

En el barrio existen muchas falencias relacionadas con los servicios básicos y las condiciones en las que viven los habitantes de este barrio no son las más adecuadas para su desarrollo, entre estas necesidades esta la falta de servicio de agua potable, mismo que es indispensable en la vida cotidiana del ser humano por ello es necesario realizar el Diseño del Sistema de Bombeo que busca tratar de solventar las necesidades de esta población.

Para llevar a cabo la propuesta del sistema de bombeo para el barrio se realizará una exploración de la localidad para la verificación de la superficie donde se encuentra ubicada la quebrada y por medio de la ayuda de Google Earth se puede identificar la ubicación geográfica del barrio, donde se muestra de color amarillo en la **Figura 11** el inicio de la que se encuentra ubicada a 1993 msnm y el final del recorrido en la parte más alta del barrio a 2280 msnm, el recorrido del agua es de 1020,25 m de distancia entre estos puntos; se propone utilizar tubería PVC hasta el tanque almacenamiento donde se adecuaran los parámetros de potabilización y distribución de este recurso vital mismo que podrá ser distribuido por medio de gravedad a cada hogar de este barrio.

**Figura 11**

Ubicación de la vertiente “La Delicia” y el barrio Vista Hermosa



**Nota:** En la presente figura se muestra con la línea roja la extensión del barrio y la línea amarilla representa la distancia desde la quebrada hacia el tanque de almacenamiento. (Google Earth, 2022) <https://earth.google.com/web/@-0.04178201,-78.34332093,2259.45112834a,1559.93086991d,35y,203.97452667h,0t,0r>

### **Selección de alternativas**

Para dar solución a la problemática que presenta el barrio Vista Hermosa se plantea opciones que serán evaluadas en base a una matriz de priorización con el fin de analizar aspectos que viabilicen la selección de la alternativa que mejor se adecue a los requerimientos establecidos por los componentes del sistema de bombeo.

#### **Alternativa 1. Sistema accionado con bomba eléctrica**

##### **Turbobombas**

Según (Martin, 2015, p. 15) menciona que las turbobombas son las utilizadas alrededor del mundo, por sus diversas aplicaciones las más apetecidas por las industrias son las bombas centrífugas, para el transporte de todo tipo de líquidos, que por medio

del impulsor que gira a gran velocidad convierte la energía con la que se encuentra el líquido a una energía de presión en la bomba para posteriormente ser expulsada, proporcionando un excelente caudal(Martin, 2015, p. 15).

**Tabla 3**

**Características de bombas eléctricas**

<b>Bombas sumergibles</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Fácil para desarmar para mantenimiento	Costosas a diferencias de las no sumergibles
Válvula Check incluida	La construcción de bombas multietapas que brindan potencias superiores es muy costosa y compleja.
Motor hasta 3450 r.p.m.	Alto costo de reparación
Fabricada en acero inoxidable Larga vida útil	Deben estar sumergidas completamente para evitar sobrecalentamiento de sus partes.
Mejor eficiencia en operación	Complicación en detectar fallas por estar sumergidas

**Nota:** En la tabla que se muestra se detallan las características más destacadas de bombas centrífugas(Martin, 2015, p. 17).

**Funcionamiento de las bombas tipo lápiz**

La característica principal de funcionamiento de las bombas tipo lápiz es otorgar energía a los fluidos en cada una de sus etapas de esta forma incrementa su velocidad a los líquidos que serán trasladados de un lugar a otro. El líquido bombeado ingresa por la



boquilla de succión que posteriormente pasará por todas las etapas que esta bomba posea y desde ese instante su aceleración cambia y saldrá por la boquilla de expulsión a una mayor velocidad.

## **Alternativa 2. Sistema accionado por bomba con golpe de ariete hidráulico**

### **Bomba de ariete**

Esta bomba no requiere de electricidad ni de ningún tipo de combustible ya que es impulsada por la energía del agua que fluye por medio de la tubería que es suministrada, por lo tanto no requiere de mantenimiento continuo y los costos de operación son prácticamente nulos(Carpio, 2018, p. 30).

#### **Tabla 4**

Características de una bomba golpe de ariete

<b>Bomba golpe de ariete</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
No utiliza electricidad ni combustibles	Rendimiento limitado
Poca inversión	Procedimiento poco conocido
No produce contaminación	Fabricación limitada
Se puede utilizar las 24 horas al día	Costo de ciertos modelos
Larga duración	Escasa comercialización
Se utiliza con finalidad agropecuaria y para uso domestico	Proveedores limitados
Mantenimiento poco frecuente	Aprovechamiento menor al 100%

**Nota:** En la presente tabla se muestran características del golpe de ariete (Carpio, 2018, p. 17).

## Parámetros de selección de alternativas

**Tabla 5**

Comparacion de características de las alternativas

Descripción	Bomba eléctrica	Bomba golpe de ariete
Uso de lubricantes	Si	No
Uso de energía externa	Si	No
Inversión inicial	Alto	Medio
Confiabilidad	Alta	Baja
Ruido	Bajo	Alto
Eficiencia	Alto	Bajo
Rendimiento	Alto	Bajo

Nota: En base a lo investigado acerca de las alternativas propuestas se realiza una tabla de comparativa. Adaptado de (Chero, 2018)

Con la tabla de comparaciones de características y las matrices de priorización se determinará la bomba a utilizar y los criterios más importantes a tomar en cuenta en la selección de la bomba.

**Tabla 6**

Criterios para la selección de las bombas

Criterios	Costo	Potencia de la bomba	Facilidad de mantenimiento	Funcionalidad	Facilidad de montaje	Total	Porcentaje
Costo	6	6	6	6	7	25	25%
Potencia de la bomba	4	6	4	6	6	20	20%
Facilidad de mantenimiento	4	6	6	6	6	22	22%
Funcionalidad	4	4	4	6	7	19	19%
Facilidad de montaje	3	4	4	3	6	14	14%
						100	100%

Los criterios mencionados en la tabla anterior son propuestos en base al estudio realizado con los representantes del barrio, tutor y el investigador tomando en

consideración los requerimientos que se solicitan en el proyecto; a más de ello las condiciones técnicas y geográficas en las que se encuentra el lugar de la implementación, obteniendo como resultado el 25% de prioridad el costo de las bombas como punto importante a tener en cuenta por las condiciones económicas de los habitantes del barrio.

Al criterio del costo se lo evalúa con otra matriz de priorización tomando en cuenta condiciones que inciden sobre este aspecto tales como: capacidad, rendimiento, energía, eficiencia mecánica, vida útil.

**Tabla 7**

Criterios de selección en base a los costos

<b>Costos</b>	Capacidad (caudal)	Rendimiento (altura)	Energía para funcionamiento	Eficiencia mecánica	Vida útil	<b>Total</b>	<b>Porcentaje</b>
Capacidad (caudal)		6	6	4	6	22	22%
Rendimiento (altura)	4		6	7	6	23	23%
Energía para mantenimiento	4	4		6	4	18	18%
Eficiencia mecánica	6	3	4		6	19	19%
Vida útil	4	4	6	4		18	18%
						100	100%

En base a la ponderación del criterio de costos se obtiene que del 100% de los criterios propuesto el factor que más incide con el 23% pertenece al rendimiento del sistema de bombeo que se utilizara para trasladar desde el tanque de captación hasta el tanque de distribución.

**Diseño del sistema de bombeo**

Para el abastecimiento de agua al barrio Vista Hermosa, este sistema se basará en la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que sugiere 100 litros

mínimos de agua al día por persona para satisfacer sus necesidades básicas. Con estas especificaciones son necesarios  $35m^3$  diarios del recurso hídrico para abastecer a la población del barrio en la actualidad.

El cálculo del flujo volumétrico para el tanque de captación en el área donde se encuentra la quebrada “La Delicia” está basado de acuerdo con la información proporcionada por la secretaria nacional de Agua (SENAGUA), la entidad tiene como misión gestionar el recurso hídrico a nivel nacional de una manera eficiente, misma que emite una autorización de uso de agua para el barrio proveniente de la vertiente que se encuentra en quebrada “La Delicia” de la parroquia Guayllabamba, por gestiones de la dirigencia del barrio se autorizó el uso de 4 litros por segundo; caudal que será utilizado como parámetro de diseño para los cálculos correspondientes.

#### **Tasa de crecimiento anual en las parroquias de Quito.**

La tasa de crecimiento poblacional en las zonas rurales en el Distrito Metropolitano de Quito según establece (*Diagnóstico del Territorio del DMQ*, 2014, p. 14) la tendencia de aumento del 4% cada década se mantiene. Para la parroquia de Guayllabamba su índice se encuentra en un 2,27 % cada cinco años hasta el 2020 como lo menciona (Duperier et al., 2020, p. 60).

#### ***Cálculo de población futura método geométrico***

#### **Ecuación 1 Cálculo de la población futura**

$Pob_f = Población\ final$

$Pob_0 = Población\ inicial$

$i = índice\ de\ crecimiento\ poblacional\ \%$

$n = número\ de\ años\ en\ el\ futuro$

$$Pob_f = Pob_0(1 + i)^{25} \quad (Ec. 1)$$

$$Pob_f = 350 \left(1 + \frac{2,27}{100}\right)^{25}$$

$$Pob_f = 613 \text{ habitantes}$$

Con la aplicación del método geométrico para el cálculo de la población futura para los próximos 25 años se obtiene un dato aproximado de 613 habitantes que estarán establecidos en el barrio.

### ***Requisitos para tanques para almacenamiento de agua***

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 528:2010 como requisito general los tanques de para abastecimientos de agua deben ser construidos con materiales no corrosibles. Además, si los tanques no se encuentran en lugares que la temperatura no está controlada dentro de un rango de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  se deben instalar controles para controlar automáticamente las temperaturas. Cabe mencionar que se debe considerar que para la construcción de estructuras para reservas, la capacidad será del 30% adicional a la cantidad máxima de consumo diario de la organización o población (Norma Técnica Ecuatoria INEN, s. f., p. 4).

$$\text{Reserva diaria} = \text{Tanque de Distribución} * 30 \%$$

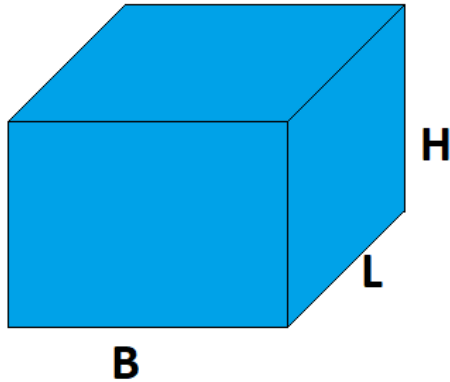
$$\text{Reserva diaria} = 61300 * 30\%$$

$$\text{Reserva diaria} = 18390 \text{ litros}$$

Para la construcción del tanque de abastecimiento según la norma INEC debe contener un 30% adicional del consumo diario con estas indicaciones el tanque aproximadamente tendrá un volumen de 79,69 m<sup>3</sup> para satisfacer las necesidades existentes en la población en la actualidad y para los próximos 25 años.

### ***Cálculo de las dimensiones de un tanque rectangular***

Conforme a los lineamientos que muestra (Faneci, s. f.) se determinan las dimensiones de los tanques rectangulares propuestos para el proyecto, esto se debe a sus condiciones geográficas que se encuentran en el lugar del estudio.



#### **Ecuación 2 Dimensiones de un tanque**

$$V = B * L * H \quad (\text{Ec. 2})$$

Asumir una relación entre la base y la longitud

$$L = 2B \text{ Relacion escogida}$$

$$L = 1,5 B$$

$$L = B$$

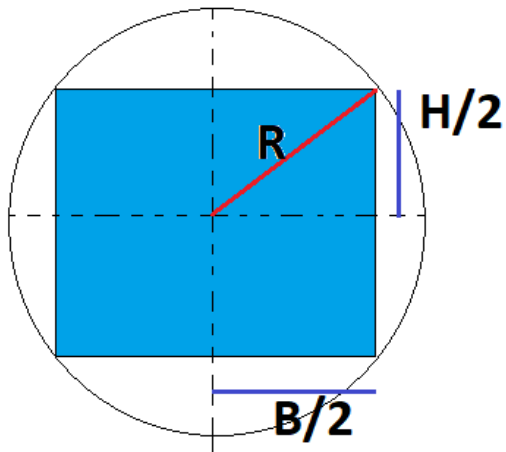
Reemplazar la relación escogida en la fórmula del volumen

$$V = B * L * H$$

$$V = 2B * (B * H)$$

$$V = 2HB^2$$

Para obtener el resto de las dimensiones se aplicará máximos y mínimos



$$\text{Ecuacion base } R^2 = \left(\frac{H}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2$$

Despejar una de las dimensiones

$$R^2 = \left(\frac{H}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2$$

$$\left(\frac{B}{2}\right)^2 = R^2 - \left(\frac{H}{2}\right)^2$$

$$B = 2 \sqrt{R^2 - \frac{H^2}{4}}$$

Sustituir la anterior relación en la ecuación del volumen del tanque

$$V = 2HB^2$$

$$V = 2H \left( 2 \sqrt{R^2 - \frac{H^2}{4}} \right)^2$$

$$V = 8H * R^2 - 8 \frac{H^3}{4}$$

Derivar la ecuación del volumen a una dimensión del tanque

$$\frac{\partial V}{\partial H} = 8R^2 - 6H^2 = 0$$

$$\frac{\partial V}{\partial H} = 8R^2 - 6H^2 = 0$$

Despejar la variable dependiente del volumen del tanque

$$R^2 = \frac{3H^2}{4}$$

Obtener la relación sustituyendo la ecuación base

$$R^2 = \left(\frac{H}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2$$

$$\frac{3H^2}{4} = \left(\frac{H}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2$$

$$\frac{B^2}{4} = \frac{H^2 - 3H^2}{4}$$

$$B = 2H^2$$

$$B = \sqrt{2} H \quad \text{Relacion altura}$$

Sustituir la relación hallada en la ecuación del volumen

$$V = 2 * H * B^2$$

$$V = 2 * H(\sqrt{2}H)^2$$

$$V = 4H^3$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{V}{4}} \quad \text{Relacion altura}$$

Relaciones encontradas

$$H = \sqrt[3]{\frac{V}{4}}$$

$$B = \sqrt{2} H$$

$$L = 2B$$

**Dimensiones del tanque de distribución**



### **Altura del tanque**

$$H = \sqrt[3]{\frac{V}{4}}$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{79,69 \text{ m}^3}{4}}$$

$$H = 2,71 \text{ m}$$

### **Base del tanque de distribución**

$$B = \sqrt{2} H$$

$$B = \sqrt{2} (2,71)$$

$$B = 3,83 \text{ m}$$

### **Longitud del tanque distribución**

$$L = 2B$$

$$L = 2 * (3,83)$$

$$L = 7,67 \text{ m}$$

En base a los requerimientos de la población se definen las dimensiones necesarias para el tanque de distribución que contará con aproximadamente 79,59 m<sup>3</sup> de agua el mismo que estará ubicado en la parte más alta de la comunidad.

### **Dimensiones del tanque de captación y del tanque T1, T2**

#### **Altura tanque**

$$H = \sqrt[3]{\frac{V}{4}}$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{40}{4}}$$

$$H = 2,15 \text{ Metros}$$

### **Base tanque**

$$B = \sqrt{2} H$$

$$B = \sqrt{2} (2,15)$$

$$B = 3 \text{ Metros}$$

### **Longitud tanque**

$$L = 2B$$

$$L = 2 * 3$$

$$L = 6 \text{ Metros}$$

Las medidas que se plantean para el tanque de captación y los tanques T1 y T2 son las mismas y están relacionados con el caudal que se propone obtener con la impulsión del fluido desde la quebrada hacia estos reservorios.

### **Espesor de los muros**

De acuerdo con (PASTILLO, 2014, p. 34), menciona que de acuerdo a la norma ACI (American Concrete Institute) Environmental Engineering Concrete Structures), el muro hecho con hormigón armado y que la altura de dicho liquido sea igual o mayor a 3 metros su espesor deberá ser de 0,30 centímetros.

### **Cálculo de la altura del tanque T1**

Distancia de recorrido del agua = 1020,25 metros

Altura vertiente = 1993 msnm

Altura tanque T1 = 2143 msnm

$$H_{T1} = \frac{\text{Altura T1}}{\text{Altura Vertiente}}$$

$$H_{T1} = \frac{2143}{1993}$$

$$H_{T1} = 150 \text{ m}$$

El tanque T1 estará ubicado a 2143 msnm de la vertiente, con una distancia de recorrido aproximado de 200 metros.

### **Cálculo de la altura del tanque T2**

$$H_{T2} = \frac{\text{Altura T2}}{\text{Altura T1}}$$

$$H_{T2} = \frac{2227}{2143}$$

$$H_{T2} = 84 \text{ m}$$

El tanque T2 estará ubicado a 2227 msnm de la vertiente, con una distancia de recorrido aproximado de 237 metros desde el tanque T1.

### **Cálculo de la altura del tanque T Distribución**

$$H_{TD} = \frac{\text{Altura TD}}{\text{Altura T2}}$$

$$H_{TD} = \frac{2290}{2227}$$

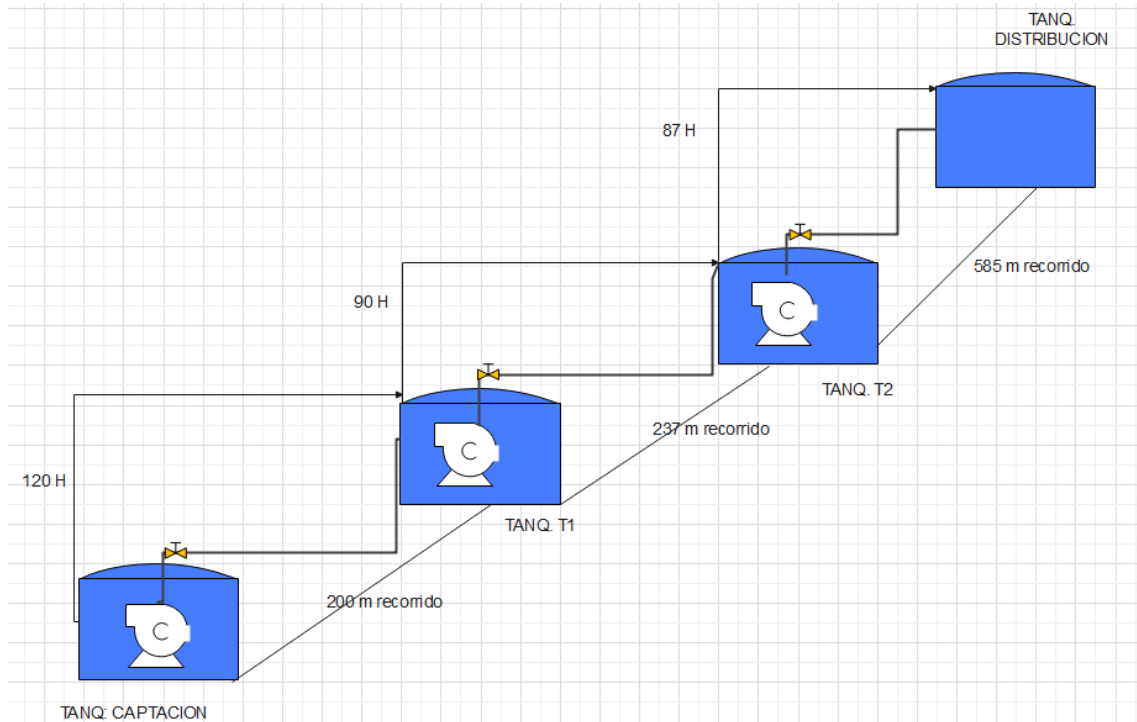
$$H_{TD} = 63 \text{ m}$$

El tanque de distribución general se encuentra a 2290 msnm con una distancia de recorrido aproximado de 583 metros desde el tanque T2.

### ***Esquema del sistema de bombeo***

**Figura 12**

**Esquema del sistema de bombeo**



Nota: En la figura mostrada se presenta las alturas aproximadas para realizar el sistema de bombeo por etapas. Elaborado por autor.

**Tanque de captación**

Para la extracción del recurso vital se deberá realizar un tanque de captación, el mismo que servirá para la filtración del agua para posteriormente ser impulsada hasta los tanques T1 y T2 respectivamente y como recorrido final donde se encontrará el tanque de abastecimiento para la distribución por medio de gravedad a toda la población.

**Tiempo de llenado (Tanque de captación)**

El tiempo de llenado para el tanque de captación (TC) contando con un flujo volumétrico de 4 L/s es de:

### Ecuación 3 Flujo volumétrico

$$Q = \frac{L}{s} \quad (Ec. 3)$$

$$Q = \frac{4L}{s} * \frac{1m^3}{1000L}$$

$$Q = 4x10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

El flujo volumétrico disponible es de  $4x10^{-3} \frac{m^3}{s}$  mismo que será concentrado en el tanque de captación ubicado en la quebrada “La Delicia” para posteriormente ser impulsado a los diferentes tanques propuestos en el diseño del sistema de bombeo.

### Ecuación 4 Tiempo de llenado del tanque de captacion

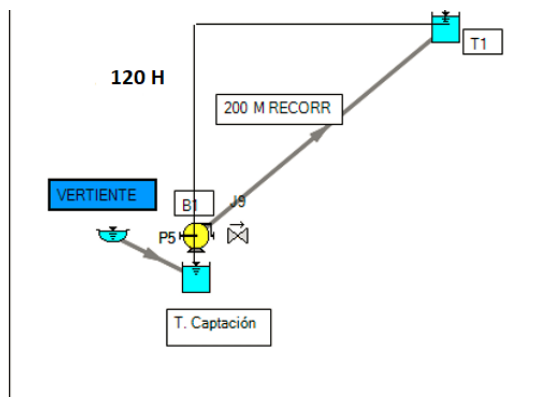
$$T_{llenado} = \frac{V}{Q} \quad (Ec. 4)$$

$$T_{llenado} = \frac{40000L}{\frac{4L}{s}}$$

$$T_{llenado} = 10000 \text{ Segundos} \cong 2,8 \text{ Horas}$$

En base a los resultados se define que el tiempo de llenado para el tanque de captación es de 2,8 horas.

### Cálculos del tanque de captación al tanque T1



Nota: Altura y distancia de recorrido del tanque de captación al tanque T1.

**Tabla 8****Características de las tuberías**

Diámetro (Pulg.)	Diámetro (mm)	Velocidad máx. (m/s)	Caudal máx. (l/s)	Caudal máx. (m <sup>3</sup> /d)
1/2	12.7	2.00	0.25	21.89
1	25.4	2.00	1.01	87.56
1 1/2	38.1	2.00	2.28	197.01
2	50.8	2.00	4.05	350.24
2 1/2	63.5	2.00	6.33	547.24
3	76.2	2.50	11.40	985.04
4	101.6	2.50	20.27	1751.18
6	152.4	2.50	45.60	3940.16
8	203.2	2.50	81.07	7004.72

Nota: En la presente tabla se muestran los datos de las posibles dimensiones de las tuberías que se puede utilizar en base al caudal proporcionado (RAMIREZ, 2015, p. 19).

**Ecuación 5 Ecuación general de la energía**

(Mott & Untener, s. f., p. 158) muestra la importancia de la ecuación general de la energía la cual ayuda a solucionar los problemas en los que se presenten y se producen pérdidas y ganancias de energía. Esta ecuación se puede utilizar en los dispositivos como bombas, motores donde se pierde energía por la fricción que se genera en las válvulas.

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (Ec. 5)$$

Donde,

$$\frac{P}{\gamma} = \text{Carga de presión}$$

$z =$  Carga de elevación

$v^2 =$  Carga de velocidad

$h_A =$  Energía añadida al fluido

$h_R =$  Energía removida del sistema

$h_L =$  Pérdida de energía por la fricción en tuberías

Mediante el análisis realizado al sistema, en los tanques T1, T2 y el tanque de Distribución no existirá presión debido a que todos contarán con rejillas para ventilación al igual que el tanque de captación (TC) que tendrá una rejilla para desfogar el agua sobrante.

#### **Análisis para el Tanque (T1)**

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$z_1 + h_A - h_R - h_L = z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

#### **Ecuación 6 Energía que se agrega al fluido**

$$h_A = z_2 - h_L + \frac{v_2^2}{2g} \quad (\text{Ec. 6})$$

#### **Ecuación 7 Pérdida de energía por unidad de peso del fluido en movimiento**

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \quad (\text{Ec. 7})$$

$h_L =$  Representa el total de las pérdidas de energía del fluido en movimiento

$h_1 =$  pérdida de energía en el codo de 45° estandar

$h_2 =$  pérdida de energía en el codo de 90° estandar

$h_3 =$  pérdida por fricción en la llave de paso

$h_4 =$  pérdida de energía en la valvula de retención

$h_5 =$  pérdida por fricción en la valvula conectada a la linea de descarga

De acuerdo con el análisis realizado se procede con el cálculo de la velocidad del fluido en la entrada.

### **Ecuación 8 Velocidad en la línea de succión**

El dato del área del flujo volumétrico  $A_s$  es obtenido de la tabla de dimensiones para tuberías a presión del **Anexo 4**.

$$v_s = \frac{Q}{A_s} \quad (Ec. 8)$$

$$v_s = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{4,608 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$v_s = 0,87 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### **Ecuación 9 Velocidad del fluido en la línea de descarga y carga de la velocidad**

$$v_d = \frac{Q}{A_d} \quad (Ec. 9)$$

$$v_d = \frac{4 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{5,595 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 0,71 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\frac{v_d^2}{2g} = \frac{0,87^2}{2(9,81)}$$

$$v_d^2 = 0,03 \text{ m}$$

### **Ecuación 10 Número de Reynolds**

Con la siguiente ecuación se pueden encontrar las pérdidas por fricción que son producidas en la tubería. Los datos del diámetro interior ( $D_s$ ) se encuentra en el **Anexo 4**, la densidad y la viscosidad del agua se toman de la tabla de las propiedades del agua **Anexo 5**.

$$N_R = \frac{v_s * D_s * \rho}{n} \quad (Ec. 10)$$



$$v_d = \text{velocidad de fluido} = 0,87 \frac{m}{s}$$

$$D_d = \text{Diametro interior} = 76,6 \text{ mm}$$

$$\rho = \text{densidad} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$n = \text{viscosidad dinámica} = 1,15 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

$$N_R = \frac{v_s * D_s * \rho}{n}$$

$$N_R = \frac{0,71 * 0,0762 * 1000}{1,15 \times 10^{-3}}$$

$$N_R = 47045,21$$

$$N_R = 4,704521 \times 10^4$$

Si  $N_R = < 2000$ , es flujo laminar

Si  $N_R = > 4000$ , es flujo turbulento

## Tabla 9

### Rugosidad de la tubería - valores de diseño

Material	Rugosidad $\epsilon(m)$	Rugosidad $\epsilon(ft)$
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-6}$
Tubo estirado; cobre, latón, acero	$1.5 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$
Acero comercial o soldado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro Galvanizado	$1.5 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil - revestido	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil - sin revestir	$2.4 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-4}$
Concreto, bien hecho	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6.0 \times 10^{-3}$

Nota: En la presente tabla se muestra los datos de rugosidad de la tubería plástica que se propone utilizar. Tomado de (Mott & Untener, s. f., p. 185).

### Ecuación 11 Rugosidad relativa

Para encontrar la rugosidad relativa se utiliza los datos proporcionados de la **Tabla 9** y el valor anteriormente encontrado del diámetro de la tubería.

$D = \text{Diámetro}$

$\varepsilon = \text{Rugosidad absoluta}$

$$\text{rugosidad relativa} = \frac{D}{\varepsilon} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$\varepsilon = 3,0 \times 10^{-7}$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{0,0762 \text{ m}}{3,0 \times 10^{-7}}$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 254000$$

Una vez encontrado el dato de la rugosidad relativa, con la ayuda del Diagrama de Moody **Anexo 6** se puede hallar el factor de fricción  $f$  misma que se encuentra relacionado con la rugosidad relativa anteriormente encontrada.

#### **Ecuación 12 Factor de fricción en la tubería de salida**

$$f_d = 0,021$$

El valor del coeficiente de fricción se comprueba con la siguiente ecuación.

$$f_d = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5,74}{N_R^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$f_d = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7(254000)} + \frac{5,74}{47054,21^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f_d = \frac{0,25}{11,86}$$

$$f_d = 0,021$$

En la

**Tabla 10** se detallan las longitudes equivalentes previstas y necesarias tanto para el diseño del sistema de bombeo y para continuar con los cálculos necesarios.

**Tabla 10**

Accesorios de tuberías longitud equivalente

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería Le/D
Válvula de globo - totalmente abierta	340
Válvula de ángulo - totalmente abierta	150
Válvula de compuerta - totalmente abierta	8
abierta 3/4	35
abierta 1/2	160
abierta 1/4	900
Válvula de retención - tipo oscilante	100
Válvula de retención - tipo bola	150
Válvula de mariposa - totalmente abierta 2 - 8 in	45
10 - 14 in	35
16 - 24 in	25
Válvula de pie - tipo disco vástago	420
Válvula de pie - tipo disco de bisagras	75
Codo estándar de 90°	30
Codo de 90° y radio largo	20
Codo de 90° para calle	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de 45° para calle	26
Doble de retorno cerrado	50
T estándar - con flujo por la línea principal	20
con flujo por la ramificación	60

Nota: Longitudes equivalentes en los diámetros de tubería. Tomado de (Mott & Untener, s. f., p. 242).

### **Ecuación 13 Cálculo de las Pérdidas**

#### **Pérdida de energía en el codo de 45°**

$h_1 =$  pérdida de energía en el codo de 45° estandar

La línea de descarga del tanque de captación al tanque T1 tiene dos codos de 45°, sus longitudes equivalentes son:  $\frac{L_e}{D} = 26$ , factor de fricción  $f_{dT} = 0,008$ . Datos obtenidos del Diagrama de Moody.

$$h_1 = f_{dT} \left( \frac{L_e}{D} \right) \left( \frac{v_d^2}{2g} \right) \quad (Ec. 13)$$

$$h_1 = 2(0.008)(16)(0.03)$$

$$h_1 = 0,00768 \text{ m}$$

$h_2 = \text{pérdida de energía en el codo de } 90^\circ \text{ estandar}$

La línea de descarga del tanque de captación al tanque T1 tiene un codo de 90°, sus longitudes equivalentes son:  $\frac{L_e}{D} = 30$ , factor de fricción  $f_{dT} = 0,008$ . Datos obtenidos del Diagrama de Moody.

$$h_2 = f_{dT} \left( \frac{L_e}{D} \right) \left( \frac{v_d^2}{2g} \right)$$

$$h_2 = 1(0.008)(30)(0,03)$$

$$h_2 = 0,0072 \text{ m}$$

### **Pérdida por fricción en la llave tipo compuerta**

$h_3 = \text{pérdida por fricción en la llave de paso}$

Válvula de tipo compuerta totalmente abierta longitud equivalente  $\frac{L_e}{D} = 8$ , factor de fricción  $f_{dT} = 0,008$ .

$$h_3 = f_{dT} \left( \frac{L_e}{D} \right) \left( \frac{v_d^2}{2g} \right)$$

$$h_3 = 1(0.008)(8)(0,71)$$

$$h_3 = 0.045 \text{ m}$$

#### **Ecuación 14 Pérdida en la válvula de retención tipo oscilante**

$h_4 =$  *pérdida* de energía en la valvula de retención

La válvula estará ubicada en la salida de la bomba, longitud equivalente

$\frac{L_e}{D} = 100$  y su factor de fricción  $f_{dT} = 0,008$ .

$$h_4 = f_{dT} \left( \frac{L_e}{D} \right) \left( \frac{v_d^2}{2g} \right) \quad (\text{Ec. 14})$$

$$h_4 = 1(0,008)(100)(0,03)$$

$$h_4 = 0,024 \text{ m}$$

#### **Ecuación 15 Pérdida por fricción en la tubería de descarga**

##### **Pérdida por fricción en la tubería de descarga**

$h_5 =$  *pérdida* por fricción en la valvula conectada a la linea de descarga

La tubería de descarga tendrá un diámetro de 3 pulgadas, diámetro interior es de:

$D_d = 0,0766 \text{ m}$ , el factor de fricción es de  $f_d = 0,018$  y la longitud de recorrido es de

$L_d = 200 \text{ m}$  aproximadamente.

$$h_5 = f_d \left( \frac{L_e}{D} \right) \left( \frac{v_d^2}{2g} \right) \quad (\text{Ec. 15})$$

$$h_5 = 0,020 \left( \frac{200}{0,0762} \right) (0,03)$$

$$h_5 = 1,57 \text{ m}$$

A continuación, se suma el valor de todas las pérdidas para obtener el dato de  $h_L$ .

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$$

$$h_L = 0,00768 + 0,0072 + 0,045 + 0,024 + 1,57$$

$$h_L = 1,65 \text{ m}$$

Una vez obtenido el valor de  $h_L$ , las pérdidas por fricción en los accesorios y la tubería de descarga se procede a utilizar la ecuación (Ec.2) para encontrar la energía agregada al fluido.

$$h_A = z_2 + h_L + \frac{v^2}{2g}$$

$$h_A = 120 + 1,65 + 0,03$$

$$h_A = 121,68 \text{ m}$$

### **Ecuación 16 Potencia agregada al fluido**

$P_A =$  Indica la potencia añadida al fluido

$\gamma =$  peso específico que fluye por la bomba  $\frac{9,81 \text{KN}}{\text{m}^3}$

$Q =$  es la rapidez del flujo volumétrico  $\frac{4 \times 10^3 \text{m}^3}{\text{s}}$

$$P_A = h_A * \gamma * Q \quad (\text{Ec. 16})$$

$$P_A = 121,68 \text{ m} * \frac{9,81 \text{KN}}{\text{m}^3} * \frac{4 \times 10^3 \text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P_A = 4,77 \frac{\text{KN} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

Dado que  $1.0 \text{ W} = 1.0 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}$

$$P_A = 4,77 \text{ kw}$$

### **Ecuación 17 Eficiencia de la bomba**

$$e_M = \frac{\text{Potencia suministrada al fluido}}{\text{Potencia añadida a la bomba}} = \frac{P_A}{P_1} \quad (\text{Ec. 17})$$

$$P_1 = \frac{P_A}{e_M}$$

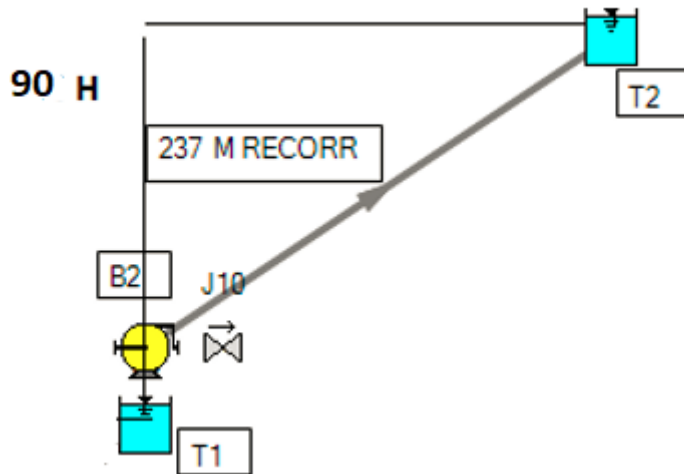
$$P_1 = \frac{4,77}{0,7}$$

$$P_1 = 6,84 \text{ KW}$$

Dado que 1 HP = 0,7457 KW

$$P_1 = 9,17 \cong 10 \text{ HP}$$

**Cálculo del tanque T1 al T2**



Nota: Altura y distancia de recorrido del tanque T1 al T2.

**Velocidad en la línea de succión**

$$v_s = 0,87 \frac{m}{s}$$

**Velocidad del fluido en la línea de descarga y carga de la velocidad**

$$v_d^2 = 0,39 \text{ m}$$

**Numero de Reynolds**

$$N_R = \frac{v_s * D_s * \rho}{n}$$

$$N_R = 57949,56$$

$$N_R = 5,794956 \times 10^4$$

**Rugosidad relativa**

$$\frac{D}{\varepsilon} = 255333,33$$

**Factor de fricción en la tubería de salida**

$$f_d = 0,020$$

**Pérdida de energía en el codo de 45°**

$$h_1 = 9,984 \times 10^{-3} \text{ m}$$

**Pérdida por fricción en la llave tipo compuerta**

$$h_2 = 0.056 \text{ m}$$

**Pérdida en la válvula de retención tipo oscilante**

$$h_3 = 0.0312 \text{ m}$$

**Pérdida por fricción en la tubería de descarga**

$$h_4 = 0,020 \left( \frac{238}{0,0766} \right) (0,039)$$

$$h_4 = 2,42 \text{ m}$$

A continuación, se suma el valor de todas las pérdidas para obtener el dato de

$h_L$ .

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$$

$$h_L = 9,984 \times 10^{-3} + 0.056 + 0.0312 + 2,42$$

$$h_L = 2,50 \text{ m}$$

**Energía agregada al fluido.**

$$h_A = z_2 + h_L + \frac{v^2}{2g}$$

$$h_A = 90 + 2,52 + 0,039$$

$$h_A = 93 \text{ m}$$

**Potencia agregada al fluido**

$P_A =$  Indica la potencia añadida al fluido

$$\gamma = \text{peso específico que fluye por la bomba} \frac{9,81 \text{ KN}}{\text{m}^3}$$



$Q = \text{es la rapidez del flujo volumétrico } \frac{4 \times 10^3 \text{ m}^3}{\text{s}}$

$$P_A = h_A * \gamma * Q$$

$$P_A = 93 \text{ m} * \frac{9,81 \text{ KN}}{\text{m}^3} * \frac{4 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{\text{s}}$$

$$P_A = 3,65 \frac{\text{KN} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

Dado que  $1.0 \text{ W} = 1.0 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}$

$$P_A = 3,65 \text{ kw}$$

### Eficiencia de la bomba

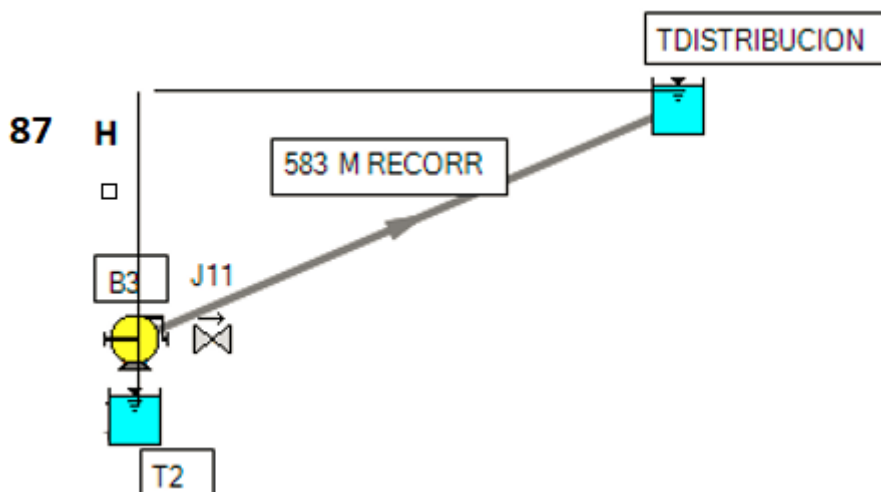
$$P_2 = \frac{3,65}{0,7}$$

$$P_2 = 5,67 \text{ KW}$$

Dado que  $1 \text{ HP} = 0,7457$

$$P_2 = 6,98 \cong 7,5 \text{ HP}$$

### Cálculo del tanque T2 a T Distribución



Nota: Altura y distancia de recorrido del tanque T2 al Tanque de Distribución.

**Velocidad en la línea de succión**

$$v_s = 0,87 \frac{m}{s}$$

**Velocidad del fluido en la línea de descarga y carga de la velocidad**

$$v_d^2 = 0,39 m$$

**Numero de Reynolds**

$$N_R = \frac{v_s * D_s * \rho}{n}$$

$$N_R = 57949,56$$

$$N_R = 5,794956 \times 10^4$$

**Rugosidad relativa**

$$\frac{D}{\varepsilon} = 255333,33$$

**Factor de fricción en la tubería de salida**

$$f_d = 0,020$$

**Pérdida de energía en 1 codo de 45°**

$$h_1 = 4,992 \times 10^{-3} m$$

**Pérdida de energía en los 5 codos de 90°**

$$h_2 = 0,0468 m$$

**Pérdida por fricción en la llave tipo compuerta**

$$h_3 = 0.056 m$$

**Pérdida en la válvula de retención tipo oscilante**

$$h_4 = 0.0312 m$$

**Pérdida por fricción en la tubería de descarga**

$$h_5 = 0,020 \left( \frac{583}{0,0766} \right) (0,039)$$

$$h_5 = 5,94 \text{ m}$$

A continuación, se suma el valor de todas las pérdidas para obtener el dato de  $h_L$ .

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$$

$$h_L = 4,992 \times 10^{-3} + 0,0468 + 0,056 + 0,0312 + 5,94$$

$$h_L = 6,07 \text{ m}$$

### **Energía agregada al fluido.**

$$h_A = z_2 + h_L + \frac{v^2}{2g}$$

$$h_A = 87 + 6,07 + 0,039$$

$$h_A = 93,11 \text{ m}$$

### **Potencia agregada al fluido**

$P_A =$  Indica la potencia añadida al fluido

$\gamma =$  peso específico que fluye por la bomba  $\frac{9,81 \text{ KN}}{\text{m}^3}$

$Q =$  es la rapidez del flujo volumétrico  $\frac{4 \times 10^3 \text{ m}^3}{\text{s}}$

$$P_A = h_A * \gamma * Q$$

$$P_A = 93,11 * \frac{9,81 \text{ KN}}{\text{m}^3} * \frac{4 \times 10^3 \text{ m}^3}{\text{s}}$$

$$P_A = 3,65 \frac{\text{KN} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

Dado que  $1.0 \text{ W} = 1.0 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}$

$$P_A = 3,65 \text{ kw}$$

### **Eficiencia de la bomba**

$$P_3 = \frac{3,65}{0,7}$$

$$P_3 = 5,21 \text{ KW}$$

Dado que 1 HP = 0,7457

$$P_3 = 6,99 \cong 7,5 \text{ HP}$$

### **Ecuación 18 Carga de Succión Neta Positiva disponible**

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp} \quad (\text{Ec. 18})$$

$h_{sp}$  = carga presión estática

$h_s$  = diferencia del fluido deposito y entrada a la bomba

$h_f$  = pérdida tubería succión

$h_{vp}$  = carga presión de vapor liquido

### **Ecuación 19 Presión absoluta**

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

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man} \quad (\text{Ec. 19})$$

La presión manométrica en el fondo del tanque es:

$$P_{man} = \gamma_{h20} * h$$

$$P_{man} = 9,81 * 2,15$$

$$P_{man} = 21 \text{ kpa}$$

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man}$$

$$P_{abs} = 0 + 21$$

$$P_{abs} = 21 \text{ Kpa}$$

### **Carga de presión estática**

$$h_{sp} = \frac{P_{abs}}{\gamma_{H2O}}$$

$$h_{sp} = \frac{21}{9,81}$$

$$h_{sp} = 2,14 \text{ m}$$

$h_{vp}$  = carga de presión de vapor de líquido

$$h_{vp} = 0,125 \text{ m}$$

$h_f$  = pérdida tubería de succión

$$h_f = 0 \text{ m}$$

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

$$NPSH_A = 2,14 \pm 0 - 0 - 0,125$$

$$NPSH_A = 2,015$$

$$NPSH_A > 1,10NPSH_R$$

$$NPSH_R < \frac{NPSH_A}{1,10}$$

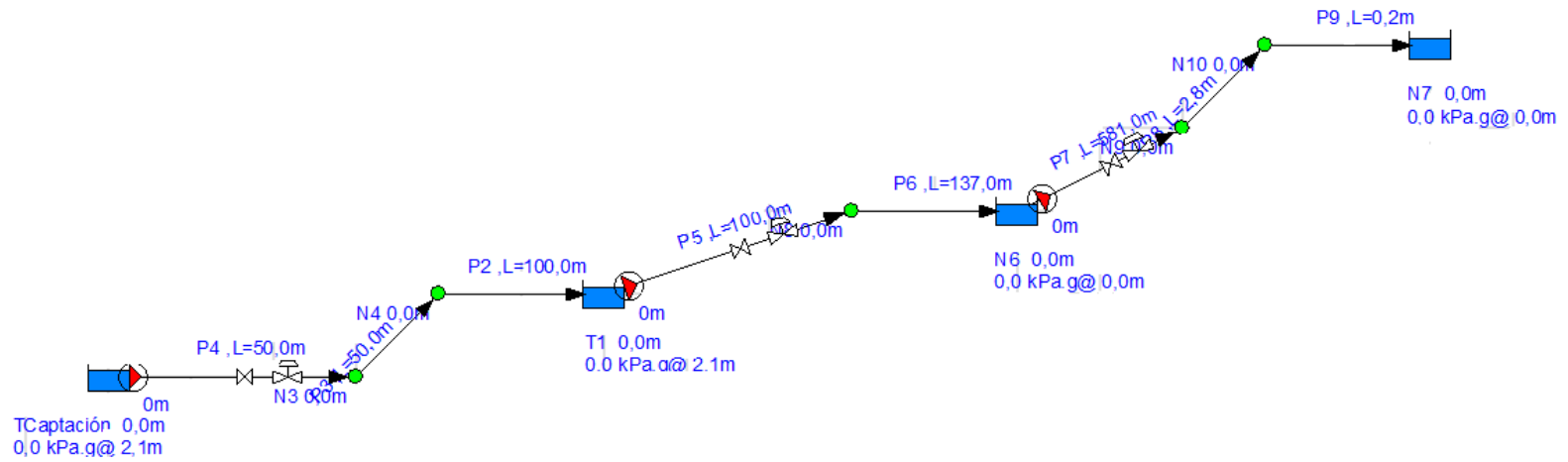
$$NPSH_R < 1,83 \text{ m}$$

El  $NPSH_R$  es la carga inicial que tendrá que asumir la bomba al momento de arrancar para realizar su trabajo. Con los datos encontrados analíticamente se procede a utilizar el software de simulación Pipe Flow para verificar los valores obtenidos, para posteriormente realizar las cotizaciones más adecuadas.

***Esquema del circuito hidráulico***

**Figura 13**

Esquema del circuito hidráulico



Nota: En la figura se muestran los componentes y accesorios que conforman el sistema de bombeo como tanques, bombas, tuberías,

con la aplicación del software Pipe Flow.

## Selección de la bomba

Con los datos arrojados mediante los cálculos realizados se define las potencias de las bombas en caballos de fuerza (HP), obteniendo como resultado una bomba de 10 HP y dos bombas de 7,5 HP, necesarias para realizar de la manera más adecuada y eficiente el sistema de bombeo.

Figura 14

## Especificaciones de las bombas

Goulds Water Technology

Residential Water Systems

### WATER END DATA

Series	Model	Required HP	Stages	Water End	
				Length (in)	Weight (lbs)
35GS	35GS10	1	6	14.2	8
	35GS15	1.5	8	16.6	9
	35GS20	2	10	19.1	10
	35GS30	3	14	24.0	13
	35GS50	5	23	36.4	20
	35GS75	7.5	36	53.0	28
	35GS100	10	46	65.2	34
45GS	45GS15	1.5	5	12.9	8
	45GS20	2	7	15.4	9
	45GS30	3	10	19.0	10
	45GS50	5	17	27.7	15
	45GS75	7.5	25	38.9	21
	45GS100	10	34	50.6	27
	65GS15	1.5	6	19.1	10
65GS	65GS20	2	7	21.2	11
	65GS30	3	10	27.4	12
	65GS50	5	16	41.2	18
	65GS75	7.5	26	62.3	35
	65GS100	10	33	76.8	42
	85GS	85GS30	3	8	29.4
	85GS50	5	14	42.8	18
	85GS75	7.5	21	63.8	35
	85GS100	10	27	79.9	41

### SPECIFICATIONS

Model	Flow Range GPM	Horse-Power Range	Best Efficiency GPM	Discharge Connection	Minimum Well Size	Rotation
35GS	10-50	1.0 - 10	35	2"	4"	CCW
45GS	20 - 65	1.5 - 10	45	2"	4"	CCW
65GS	30 - 80	1.5 - 10	65	2"	4"	CCW
85GS	40 - 120	3.0 - 10	85	2"	4"	CCW

### "GS" SERIES MATERIALS OF CONSTRUCTION

Part Name	Material
Discharge Head	AISI 303 SS
Check Valve Poppet	AISI 303 SS
Check Valve Seal	BUNA, FDA Compliant
Check Valve Seat	AISI 304 SS
Check Valve Retaining Ring	AISI 302 SS
Bearing Spider - Upper	Noryl
Bearing	Proprietary Engineered Polymer
Klipring	AISI 301 SS
Diffuser	Noryl
Impeller	Noryl
Bowl	AISI 304 SS
Intermediate Sleeve*	AISI 304 SS, Powder Metal
Intermediate Shaft Coupling*	AISI 304 SS, Powder Metal
Intermediate Bearing Spider*	Noryl
Intermediate Bearing Spider*	AISI 303 SS
Shim	AISI 304 SS
Screws - Cable Guard	AISI 304 SS
Motor Adapter	AISI 303 SS
Casing	AISI 304 SS
Shaft	17-4 PH Stainless Steel
Coupling	AISI 304 SS, Powder Metal
Cable Guard	AISI 304 SS
Suction Screen	AISI 304 SS

### NOMENCLATURE - SOLD AS WATER ENDS ONLY

GPM at — 35, 45, 65, 85

Best Efficiency

GS Pump Series

Horsepower Code

35 GS 20

35 GS 20

10 = 1      50 = 5

15 = 1½    75 = 7½

20 = 2      100 = 10

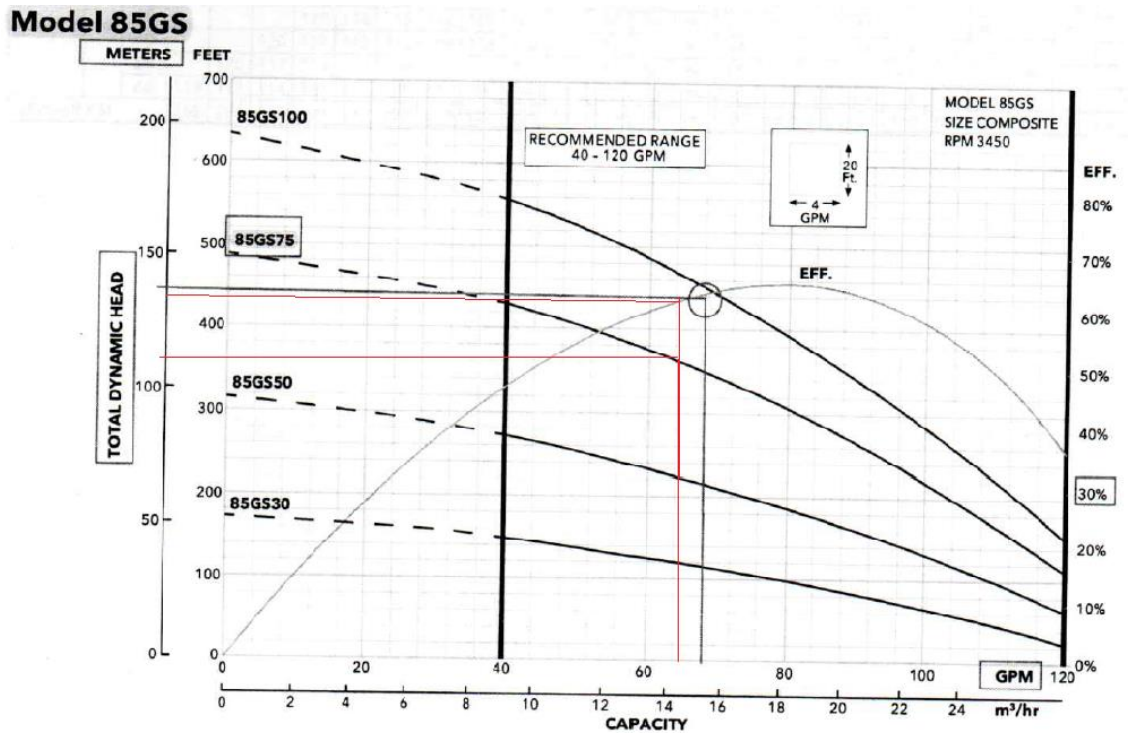
30 = 3

PAGE 2

Nota: Extraído de (Enriques, s. f.)

**Figura 15**

Curvas de rendimiento de las bombas



Nota: Extraído de (Enriques, s. f.).

### *Sistema eléctrico y accesorios*

En el barrio Vista Hermosa cuentan con energía eléctrica con una red de distribución bifásica por lo tanto es la energía suficiente para hacer funcionar el sistema de bombeo. La distancia que deberá recorrer el conductor eléctrico es de aproximadamente 600 metros desde la red de distribución hasta el sistema.



**Tabla 11**

Características de las bombas

ítem	Tipo de bomba	Potencia (HP)	Voltaje(voltios)	Cos $\varphi$	SF	Code (letra)
1	BOMBA GOULDS 85GS75-7.1/2 HP	7,5	220	0,85	1,15	E
2	BOMBA GOULDS 85GS75-7.1/2 HP	7,5	220	0,85	1,15	E
3	BOMBA GOULDS 85GS100-10 HP	10	220	0,85	1,15	E

**Circuito Ramal de las bombas****Ecuación 20 Circuito Ramal de la bomba de 10 HP**Intensidad nominal  $I_{nom}$ 

$$1HP = 746W$$

$$10HP = 7460 W$$

$$10HP = 7,5 KW$$

$$I_{nom} = \frac{P}{V * \cos\varphi} \quad (Ec. 20)$$

$$I_{nom} = \frac{7460}{220 * 0,85}$$

$$I_{nom} = 40 \text{ Amperes}$$

**Ecuación 21 Intensidad del conductor  $I_c$** 
 $F_t = 1$  factor de corrección de temperatura

Pues la temperatura ambiente del local trabajo es menor a 30 grados

Celsius

1,25 = representa un 25% de sobredimensionamiento a favor del conductor, el cual se toma en consideración para evitar que la ocurrencia de cualquier proceso transitorio (corto circuito, y oscilaciones) pueden deteriorar el conductor.

$F_c = 1$  factor de corrección de conductores a través de la misma tubería, este valor toma cuando existe como máximo tres conductores en la misma.

$$I_c = \frac{1,25 * I_{nom}}{F_t * F_c} \quad (Ec. 21)$$

$$I_c = \frac{1,25(40)}{1 * 1}$$

$$I_c = 50 \text{ Amperes}$$

En base al análisis realizado y con los datos proporcionados en el **Anexo 7** se selecciona un conductor de calibre número 6 AWG, necesario para el sistema de bombeo y cuenta con un amperaje máximo de 55 Amperes. Además, se logra determina el material de aislamiento que será TW (termoplástico), el mismo puede soportar hasta 60°C de temperatura en el local de trabajo y puede ser utilizado tanto en ambientes secos y húmedos(Martínez, s. f., p. 314).

#### **Ecuación 22 Contactor magnético**

$$I_{nom} = 40$$

$$I_{ct} = 1,37 * I_{nom}$$

$$I_{ct} = 1,37 * 40$$

$$I_{ct} = 54,8 \text{ Amperes}$$

Con los datos obtenidos se determina el tipo de contactor de numero 3 tipo encerrado con régimen continuo de operación de máximo 90 amperes, 60  $H_z$  de

frecuencia y un voltaje de 220 voltios monofásico trifilar, datos que se extraen del **Anexo 8.**

### **Diámetro de la canalización**

Se escoge una canalización plástica de diámetro de 1 pulgada o 25,4 milímetros misma que puede admitir como máximo 3 conductores de número 6 (Martínez, s. f., p. 316).

### **Ecuación 23 Guardamotor**

$$P_m = 10HP = 7460 W$$

$$V = 220v$$

$$F_p = 0,85$$

$$n = 70\%$$

$$F_s = 1,15$$

$$P_E = \frac{7460}{0,70} = 10657.14 W$$

$$I_{nom} = 40$$

$$I_s = 40 * F_s$$

$$I_s = 46 Amperes$$

Se escoge un guardamotor de 60 amperes.

El ajuste de la protección guardamotor se debe realizar entre el valor nominal de la corriente del motor y un 15% por encima de la misma, pues el factor de servicio se desconoce y por tal motivo se asume el valor de la unidad, el ajuste de esta se debe realizar en un valor de corriente lo más próximo al valor nominal, para de esta forma evitar un régimen permanente de trabajo del motor con una sobrecarga mantenida motor

### **Circuito Ramal de la bomba de 7,5 HP**

Intensidad nominal  $I_{nom}$

$$1HP = 746W$$

$$7,5 HP = 5595 W$$

$$7,5 HP = 5,6 KW$$

$$I_{nom} = \frac{P}{V * \cos\phi}$$

$$I_{nom} = \frac{5595}{220 * 0,85}$$

$$I_{nom} = 30 \text{ Amperes}$$

### **Intensidad del conductor $I_c$**

$F_t$  = factor de corrección de temperatura

$F_c$  = factor de corrección de conductores a traves de la misma tubería

$$I_c = \frac{1,25 * I_{nom}}{F_t * F_c}$$

$$I_c = \frac{1,25(30)}{1 * 1}$$

$$I_c = 37,5 \text{ Amperes}$$

En base al análisis realizado y con los datos proporcionados en el **Anexo 7** se selecciona un conductor de calibre número 8 AWG, necesario para el sistema de bombeo y cuenta con un amperaje máximo de 40 Amperes. Además, se logra determina el material de aislamiento que será TW (termoplástico), el mismo puede soportar hasta 60°C de temperatura en el local de trabajo y puede ser utilizado tanto en ambientes secos y húmedos(Martínez, s. f., p. 314).

### **Contactador magnético**

$$I_{ct} = 1,37 * I_{nom}$$

$$I_{ct} = 1,37 * 30$$

$$I_{ct} = 41,1 \text{ Amperes}$$

Con los datos obtenidos se determina el tipo de contactor de numero 2 tipo encerrado con régimen continuo de operación de máximo amperes, 60  $H_z$  de frecuencia y un voltaje de 220 voltios monofásico trifilar, datos que se extraen del **Anexo 8**.

### **Diámetro de la canalización**

Se escoge una canalización plástica de diámetro de 1 pulgada o 25,4 milímetros misma que puede admitir como máximo 3 conductores de número 6 (Martínez, s. f., p. 316).

### **Guardamotor**

$$P_m = 7,5HP = 5595 \text{ W}$$

$$V = 220v$$

$$F_p = 0,85$$

$$n = 70\%$$

$$F_s = 1,15$$

$$P_E = \frac{5595}{0,70} = 7992,86 \text{ W}$$

$$I_{nom} = 30$$

$$I_s = 30 * F_s$$

$$I_s = 34,5 \text{ Amperes}$$

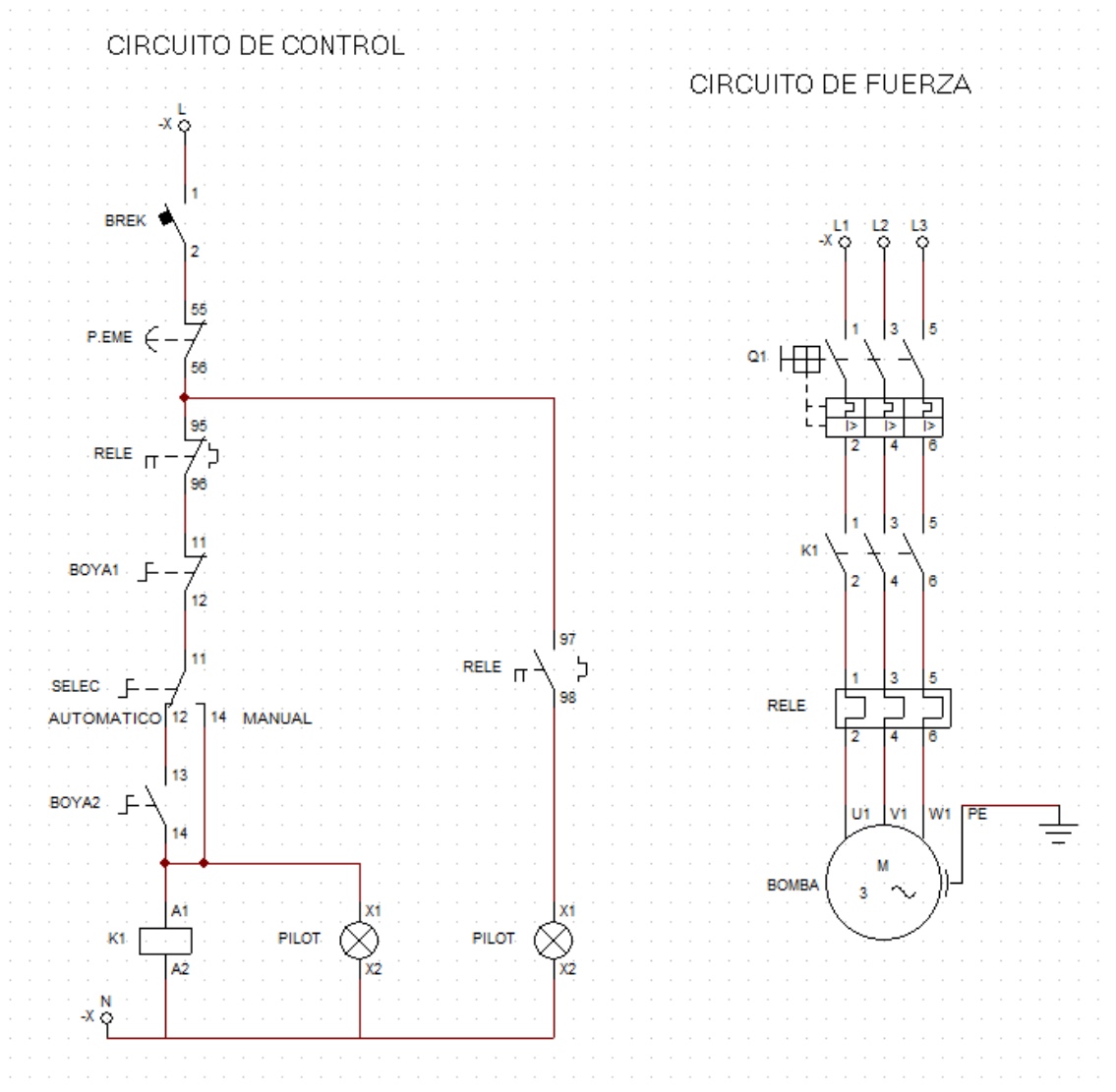
Se escoge un guardamotor de 50 amperes.

El ajuste de la protección guardamotor se debe realizar entre el valor nominal de la corriente del motor y un 15% por encima de la misma, pues el factor de servicio se desconoce y por tal motivo se asume el valor de la unidad, el ajuste de esta se debe realizar en un valor de corriente lo más próximo al valor nominal, para de esta forma

evitar un régimen permanente de trabajo del motor con una sobrecarga mantenida al motor **Anexo 10**.

**Figura 16**

Circuito ramal de la bomba apagada.



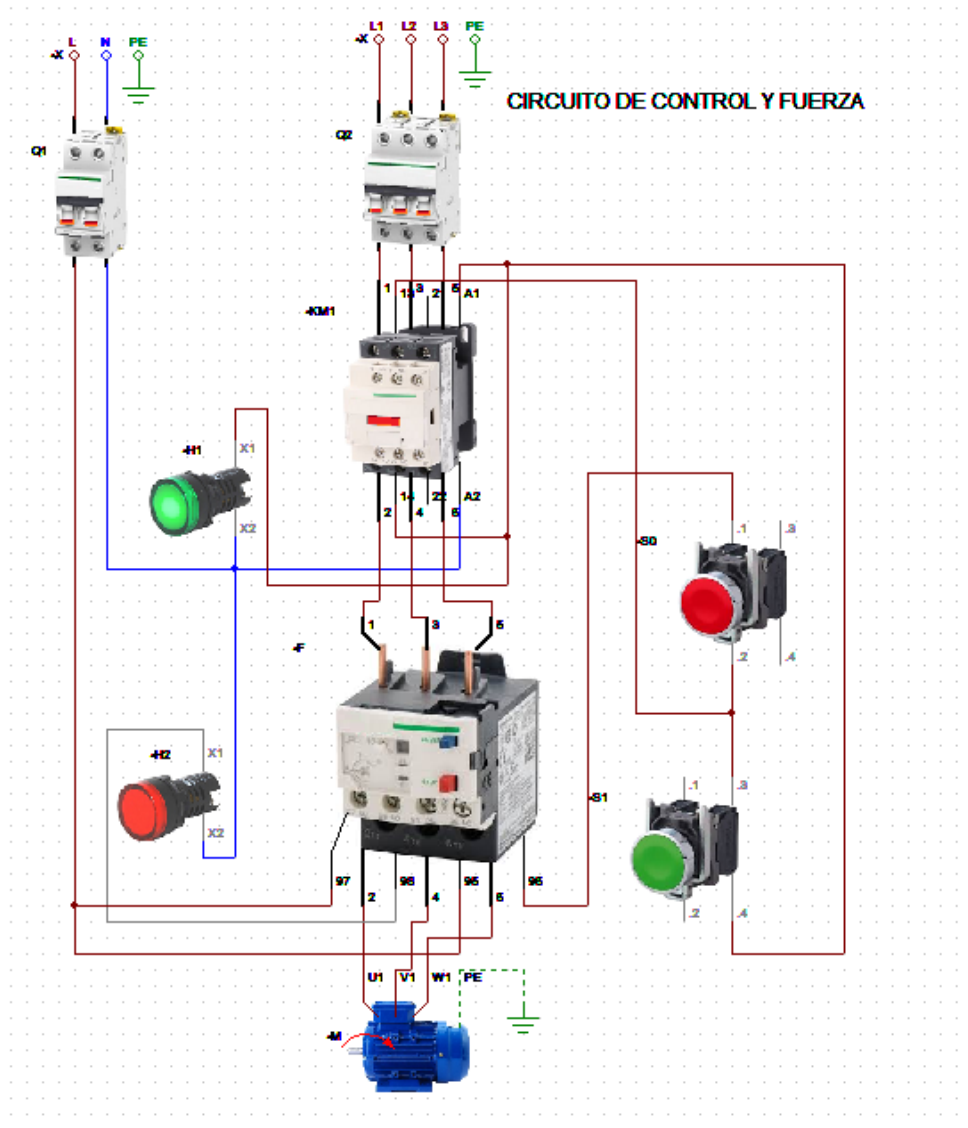
Nota: En la figura se muestra el circuito ramal de control y fuerza. Elaborado por autor.

En el circuito ramal encendido, que se muestra en la **Figura 17** explica principio de funcionamiento de todos sus accesorios, donde el disyuntor Q1 energiza el circuito posteriormente se presiona el pulsador S1 que se encuentra abierto y a

continuación se enclava con el auxiliar K1 y el contactor K1 del circuito de fuerza, con la ayuda de la señalización se identifica que la bomba ya se encuentra en funcionamiento y con el pulsador que se encuentra cerrado se puede accionar para apagar el equipo.

**Figura 17**

Circuito de control y fuerza encendido



Nota: Elaborado por el autor.

## **Resultados esperados**

Como se menciona anteriormente, la OMS estima que cada usuario debe contar con 100 litros mínimos de agua al día, por lo tanto, en base a la investigación realizada, la población de este barrio cuenta actualmente con 23 litros de agua al día, con la implementación del proyecto se busca garantizar la cantidad propuesta por la OMS de este recurso, para afianzar esta cantidad diariamente se definen las dimensiones necesarias del tanque que se debe construir en la parte más alta del barrio para la distribución y almacenamiento de  $80m^3$  aproximadamente, que serán necesarios para satisfacer las necesidades actuales de todos los habitantes de este barrio.

Con el flujo volumétrico que cuenta el barrio con la vertiente ubicada en la quebrada “La Delicia” otorgado por SENAGUA, se determina la potencia necesaria de las bombas para impulsar el agua desde la quebrada hasta la parte más alta, siendo precisa la utilización de una bomba de 10 HP y 2 bombas de 7,5 HP para cumplir con todo el recorrido de 1020 metros hacia el lugar donde será almacenada y posteriormente distribuida.

Una vez implementado el sistema de bombeo la provisión de agua para los habitantes del barrio ya no será limitada como en la actualidad, contarán con el recurso vital las 24 horas del día.

Para garantizar el proyecto del sistema de bombeo se contempló la ingeniería civil, hidráulica, intervención eléctrica y demás aspectos que intervienen en el diseño y operación de cada uno de los elementos que intervienen en la solución de la problemática evidenciada en el capítulo de la ingeniería del proyecto.

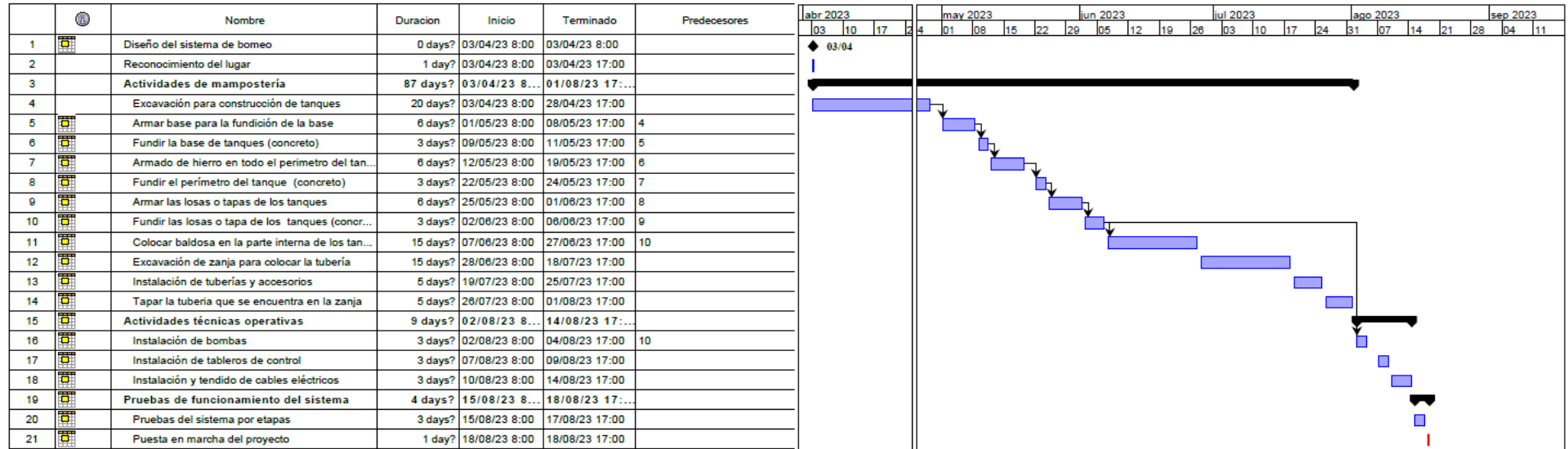


### **Cronograma de actividades**

El cronograma de actividades se define en base a los tiempos de duración de cada actividad que comprende el sistema a implementarse, la obra civil es la actividad que más tiempo abarca para su realización por la complejidad de sus procesos.

**Figura 18**

**Cronograma de actividades**



Nota: Se muestran las actividades a realizarse en la implementación del proyecto. Elaborado por el autor.

En la **Figura 18** se puede apreciar las actividades para la implementación del proyecto detallándose adecuadamente los pasos a seguir y los recursos a utilizar en cada proceso, la ingeniería civil es una de las primeras labores que se deben llevar a cabo iniciando con la excavación de los huecos para la construcción de los tanques, el cavado de la zanja para la tubería, posteriormente finalizado la mampostería se recomienda realizar la instalación de los equipos electrónicos como; las bombas, el cableado eléctrico, conexión del sistema de protección para las máquinas entre otros. Como actividad final se debe llevar a cabo las pruebas necesarias hasta definir correctamente la operatividad de todos los accesorios utilizados en la implementación del sistema de bombeo. Con la finalidad de garantizar la operación del sistema y correcto funcionamiento se debe contratar los servicios de profesionales especializados con los conocimientos y experiencia necesaria para la manipulación e instalación de los accesorios de la obra civil, eléctrica y mecánica.

## Análisis de costos

**Tabla 12**

Análisis de costos del sistema eléctrico y mecánico

Ítem	Descripción	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	BOMBA GOULDS 85GS75-7.1/2 HP	2	3866,22	7732,44
2	MEFEU020 MOT. SUMERG FRANKLIN ELECTRIC- 71/2 HP (CAJA CONTROL)	2	1866,97	3733,94
3	BOMBA GOULDS 85GS100-10 HP	1	5389,36	5389,36
4	MEFEU020 MOT. SUMERG FRANKLIN ELECTRIC- 10 HP (CAJA CONTROL)	1	4293,83	4293,83
5	Tablero de control	3	2000	6000
7	Contactador	3	120	360
8	Conductor	1000	3	3000
9	Breaker	6	80	480
10	Relé térmico	3	30	90
11	Pulsadores	6	10	60
12	Selector (conmutador)	1	25	25
13	Mano de obra	1	500	500
<b>Total</b>				<b>31664,57</b>

Nota: En la tabla se detallan los costos aproximados del sistema eléctrico y mecánico necesarios para la implementación del sistema de bombeo. Elaborado por el autor.

**Tabla 13**

Análisis de costos de la ingeniería civil

Ítem	Descripción	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Mixer de hormigón	90	85	7650
4	Tubos PVC 3 pulgadas	172	16	2752
5	Codos de 45° 3 pulgadas	6	4,5	27
6	Codos de 90° pulgadas	4	5,5	22
8	Rollo de alambre	1	20	20
9	Llaves tipo compuerta	3	25	75
10	Válvula Check	3	20	60
11	Reducción de 3" a 2"	3	7	21
12	Varilla en Quintal # 16 mm, # 12 mm	40	70	2800
14	Disco de corte de hierro	10	3	30
15	Disco de corte de madera	2	9,5	19
16	Tableros para fundición de paredes y techo	30	2,5	75
17	Gastos varios	1	1805	1805
18	Mano de obra	10	450	4500
<b>Total</b>				<b>19856</b>

Nota: En la tabla se detallan los costos aproximados referentes al trabajo de la ingeniería civil. Elaborado por el autor.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- Con el diagnóstico realizado al abastecimiento per cápita y consumo diario de agua de los habitantes del barrio, por medio de los registros semanales de la cantidad proporcionada por la EPMAPS para esta población **Anexo 2**, se determina que cada persona ubicada en este barrio cuenta aproximadamente con 21 litros de agua al día para satisfacer sus necesidades de higiene y consumo **Tabla 2**; cantidad que no responde a los 100 litros promedio por día y habitante declarado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). De igual manera para verificar el almacenamiento de agua en los recipientes de plástico se observa la presencia de partículas de polvo, sobrecalentamiento de los tanques e insectos en el interior, alterando las condiciones ideales del agua para el consumo.
- Se realiza el planteamiento de la alternativa por medio de tablas de priorización **Tabla 6**, con los criterios más adecuados para la selección de las bombas, tomando en cuenta la situación y condición geográfica del lugar donde se pretende realizar la implementación, de esta forma se define correctamente los accesorios necesarios para sistema de bombeo. Mediante los cálculos realizados se define los componentes y accesorios necesarios para el diseño del sistema como son: 2 bombas de 7,5 HP, 1 bomba de 10 HP **Ecuación 17**, longitud de la tubería 1050 m, y las dimensiones de los tanques propuestos, buscando garantizar el abastecimiento de agua por medio de tubería con el flujo necesario para toda la población del barrio las 24 horas del día.

- Se determina el circuito ramal de alimentación y protección para las bombas seleccionadas y los accesorios necesarios para su instalación como: guardamotor, conductor, contactor y su canalización. Este circuito es de esencial importancia para garantizar la protección de los equipos y cuidar la vida útil de los mismos.

## **Recomendaciones**

- Los tanques propuestos a implementarse en el sistema de bombeo deben construirse bajo la Norma ecuatoriana de la construcción (NEC), y la norma INEN donde mencionan las normativas que se deben tomar en cuenta para la construcción de tanques concreto armado para el almacenamiento de agua.
- Contratar los servicios de un técnico especializado con conocimientos y experiencia en el uso correcto de los equipos, manipulación, limpieza, funcionamiento y mantenimiento de las bombas, tanques y accesorios a implementarse en el sistema de bombeo, con la finalidad de garantizar la vida útil de los mismos, la dotación de este servicio y sobre todo salvaguardar la salud de los habitantes.
- La instalación de los equipos y la conexión eléctrica debe realizarse por personal capacitado y calificado con todas las medidas de protección, garantizando el funcionamiento correcto del sistema de protección y alimentación de los equipos implementados.



## BIBLIOGRAFIA

- Bomba centrífuga multietapa de acero inoxidable monofásica EDH10 | LEO.* (s. f.). Recuperado 14 de noviembre de 2022, de <http://pump-leo.com/1-3-6-8-horizontal-centrifugal-pump>
- Carpio, T. (2018). *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO MECANICO.* [https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/9027/Tesis\\_dise%C3%B1o\\_implementaci%C3%B3n\\_de\\_sistemas\\_suministro\\_de\\_agua\\_m%C3%A9todo\\_ariete\\_hidráulico\\_Arequipa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/9027/Tesis_dise%C3%B1o_implementaci%C3%B3n_de_sistemas_suministro_de_agua_m%C3%A9todo_ariete_hidráulico_Arequipa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chamba-Ontaneda, M., Massa-Sánchez, P., & Fries, A. (2019). *Un análisis regional para Ecuador.* 19.
- Chávez, J. (s. f.). *Selección de electrobomba sumergible para pozo profundo aplicado al proyecto de riego de áreas verdes, distrito de Pachacámac.* [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/12766/Chavez\\_Mendoza\\_Cesar\\_Jorge\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/12766/Chavez_Mendoza_Cesar_Jorge_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chero, A. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE ARIETE HIDRÁULICO* [Universidad de Piura]. [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3903/ICI\\_265.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3903/ICI_265.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chuquín, L. (2020). *AUTORIZACIÓN POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.* 102.
- Diagnóstico del Territorio del DMQ.* (2014). Distrito Metropolitano de Quito. <https://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticoterritorio.pdf>
- Duperier, E., Vallejo, R., & Yáñez, G. (2020). *Quito: Población y Urbanización Metropolitana* (p. 68). [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers17-08/010006838.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-08/010006838.pdf)

Enriques. (s. f.). Bombas y sistemas hidráulicos. *MAQUINARIAS HENRIQUES C.A.*  
<https://www.maquinarias-henriques.com/tienda/productos/bombas-y-sistemas-hidraulicos/>

Faneci (director). (s. f.). *Cálculo de las dimensiones de un tanque rectangular.*  
<https://www.youtube.com/watch?v=rNbPCwjstyM>

Google Earth. (2022). [Map]. <https://earth.google.com/web/@-0.04178201,-78.34332093,2259.45112834a,1559.93086991d,35y,203.97452667h,0t,0r>

Goulart, H., & Viana, G. (2022). *ANALISIS OPERACIONAL DE BOMBAS CENTRIFUAS PARA AGUA.* [https://www.researchgate.net/profile/Helio-Diniz/publication/358793746\\_ANALISE\\_OPERACIONAL\\_DE\\_BOMBAS\\_CENTRIFUGAS\\_PARA\\_AGUA/links/6287883a8ecbaa07fcc570e5/ANALISE-OPERACIONAL-DE-BOMBAS-CENTRIFUGAS-PARA-AGUA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Helio-Diniz/publication/358793746_ANALISE_OPERACIONAL_DE_BOMBAS_CENTRIFUGAS_PARA_AGUA/links/6287883a8ecbaa07fcc570e5/ANALISE-OPERACIONAL-DE-BOMBAS-CENTRIFUGAS-PARA-AGUA.pdf)

*Histórico del Tiempo en Guayllabamba—Meteored.* (s. f.). Meteored.com.ec | Meteored. Recuperado 14 de noviembre de 2022, de [https://www.meteored.com.ec/tiempo-en\\_Guayllabamba-America+Sur-Ecuador-Pichincha--1-20032.html](https://www.meteored.com.ec/tiempo-en_Guayllabamba-America+Sur-Ecuador-Pichincha--1-20032.html)

Martin, S. (2015). *MECÁNICA DE FLUIDOS Tema2. Impulsión de fluidos* (Vol. 2). [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/4/tema2\\_impulsion.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/4/tema2_impulsion.pdf)

Martínez del Amo, & Romero, M. (2016). *TUBERIAS de PVC ORIENTADO: EFICIENCIA, AHORRO ENERGÉTICO y SOSTENIBILIDAD.* 7.

Martínez, E. (s. f.). *Problemas resueltos y propuestos de Electrotecnia Básica.*  
<https://dokumen.tips/engineering/problemas-resueltos-y-propuestos-de-redes-basica.html?page=1>

Martinez Moscoso, A., & Salazar, D. (2021). *El agua como un derecho humano y fundamental en el Ecuador, a la luz de los derechos de la naturaleza.* 11, 188-207.

Moran, M. (s. f.). Agua y saneamiento. *Desarrollo Sostenible.* Recuperado 1 de noviembre de 2022, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Mott, R., & Untener, J. (s. f.). *Mecánica de Fluidos Séptima edición*. Recuperado 13 de noviembre de 2022, de [https://indoamerica-my.sharepoint.com/personal/andresmoran\\_uti\\_edu\\_ec/\\_layouts/15/onedrive.aspx?ga=1&id=%2Fpersonal%2Fandresmoran%5Futi%5Fedu%5Fec%2FDocuments%2FTextos%2FFluidos%2FMECANI%20CA%20DE%20FLUIDOS%207%20C%20B%20EDICION%20ROBERT%20MOTT%20Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fandresmoran%5Futi%5Fedu%5Fec%2FDocuments%2FTextos%2FFluidos](https://indoamerica-my.sharepoint.com/personal/andresmoran_uti_edu_ec/_layouts/15/onedrive.aspx?ga=1&id=%2Fpersonal%2Fandresmoran%5Futi%5Fedu%5Fec%2FDocuments%2FTextos%2FFluidos%2FMECANI%20CA%20DE%20FLUIDOS%207%20C%20B%20EDICION%20ROBERT%20MOTT%20Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fandresmoran%5Futi%5Fedu%5Fec%2FDocuments%2FTextos%2FFluidos)

Norma Técnica Ecuatoria INEN, Pub. L. No. NTE INEN 2 528:2010, 2528:2010 9. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2528.pdf>

Padilla, R. (2022). *Una persona necesita 100 litros de agua al día: OMS* [Academica]. <http://www.gaceta.udg.mx/una-persona-necesita-100-litros-de-agua-al-dia-oms/>

PASTILLO, J. (2014). *CÁLCULO Y DISEÑO DE TANQUES RECTANGULARES DE HORMIGÓN ARMADO CON SISTEMA DE RECIRCULACIÓN Y BOMBEO*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4340>

Pérez, J. (2019). *CURSO DE MÁQUINAS MECÁNICAS Bombas Hidráulicas*. [http://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/BombasHidraulicas/partes\\_de\\_una\\_bomba\\_centrifuga.html](http://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/BombasHidraulicas/partes_de_una_bomba_centrifuga.html)

RAMIREZ, W. (2015). *DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE TRES PISOS, DESTINADO A DEPARTAMENTOS HABITACIONALES*. [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5617/1/TTUAIC\\_2015\\_IC\\_CD0084.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5617/1/TTUAIC_2015_IC_CD0084.pdf)

Sandoval, C. (2018). En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/ecuador-gasto-agua-cifras-latinoamerica.html>

Vidal, L. R. L., & Mendoza, Á. L. C. (2018). Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 21(42), Art. 42. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v21i42.15785>

Zamora, B., & Viedma, A. (s. f.). *Maquinas Hidráulicas (Teoría y problemas)*.  
<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5476/isbn9788416325191.pdf>

# ANEXOS


## Anexo 1

### Contrato de agua EPMAPS




Anexo 2

Registro abastecimiento de agua por tanqueros EPMAPS



**BICENTENARIO**  
SANTILLA 100 AÑOS

**GERENCIA DE OPERACIONES**  
**SUBGERENCIA DE AGUA POTABLE**  
**DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION**



**EPMAPS**  
**AGUA DE QUITO**


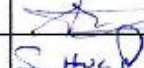
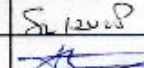
**REGISTRO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR TANQUEROS EPMAPS.**

SERVICIO DE AGUA POTABLE POR TANQUEROS DE LA EPMAPS No 0113

Volumen autorizado: **300 M3**      Fecha pago: **2022-09-21**  
 fecha de emisión: **2022-09-21**  
 Registro de pago: 202241150722



Sitio de abastecimiento: **Guayllabamba- Vista Hermosa**

Representante: **Sra. Ana Criollo**      999970002104      Teléfono: **989840249**

Fecha	Tanquero No	M3. entregado	M3-saldo	Recibi conforme
2022-07-26	P410-3059	50m <sup>3</sup>	250m <sup>3</sup>	
2022/10/05	P41A-3062	50m <sup>3</sup>	200m <sup>3</sup>	
22-10-12	P41E697	50m <sup>3</sup>	150m <sup>3</sup>	Sr. Huera
22-10-20	P41E692	50m <sup>3</sup>	100m <sup>3</sup>	Sr. Huera
2022/10/20	P41A-3062	50m <sup>3</sup>	50m <sup>3</sup>	
22-11-01	P41E692	50m <sup>3</sup>	0m <sup>3</sup>	Sr. Huera

## Anexo 3

### Autorización de uso de agua

 **SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA**  
**DEMARCAACION HIDROGRAFICA DE ESMERALDAS**  
**ZONAL QUITO** 

**R del E**

Quito, 14 de Diciembre del 2012.

**Señores:** Ec. Ivan Fernando Moreno A., Presidente de la Asociación Participación Social "Vista Hermosa".

**Numero telefónico** N° 022-369-595.

Dentro del Trámite N° 1970-10-Tr. (PCÑ) se ha dictado la siguiente resolución:

**SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA.- DEMARCAACION HIDROGRAFICA DE ESMERALDAS.-** Trámite N° 1970-10-Tr. (PCÑ).- Quito 14 de Diciembre del 2012.- Las 15h00.- **VISTOS.-** Avoco conocimiento del presente trámite en virtud de haber sido nombrado Coordinador de la Demarcación Hidrográfica de Esmeraldas, mediante acción de personal N° 0311025, de fecha 04 de Mayo de 2012.- Que mediante Acuerdo Ministerial N° 2009-46 expedido el 13 de Noviembre de 2009, se crea la Demarcación Hidrográfica de Esmeraldas.- Que mediante Acuerdo Ministerial N° 2009-48 de 04 de Diciembre del 2009, se expide el Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos de la Secretaría Nacional del Agua-SENAGUA. **En lo Principal:** Comparece a esta Demarcación Hidrográfica de Esmeraldas el señor: Ec. Ivan Fernando Moreno A., Presidente de la Asociación Participación Social "Vista Hermosa", manifestando que mediante Escritura Publica de compraventa, de fecha 08 de Agosto del 2008, celebrada ante el Dr. Lider Moreta Gavilanes, Notario Cuarto suplente del cantón Quito, la Asociación Participación Social "Vista Hermosa", es legítima propietaria de un inmueble de 13.13 Has, ubicadas en la parroquia de Guayllabamba, cantón Quito, provincia de Pichincha, propiedad que fue adquirida a los cónyuges señores Gerardo Ramirez Moran y señora Olga Moreno Martínez, los mismos que tienen a su favor la concesión del derecho de aprovechamiento de aguas, con fecha 06 de febrero del 2008, en la misma que se dispone la Transferencia, Renovación y Concesión de las aguas provenientes de la quebrada "La Delicia", en el caudal de 4 l/s, para riego de los predios que en la actualidad es de propiedad de la Asociación Participación Social "Vista Hermosa"; Con tales antecedentes y de conformidad con los Arts. 2, 3, 5, 14, 82, 85, 86, 87, 89 y más pertinentes de la Ley de Aguas Codificada y su Reglamento, solicita que en Resolución se Transfiera el derecho de aprovechamiento de las aguas que provienen de la quebrada denominada como "La Delicia", para continuar destinándolas al servicio de riego de su propiedad. De fojas 16 del proceso, con fecha 15 de Septiembre del 2011, esta Autoridad conoce

---

Ramírez Dávalos Ce 1-14 y Av. 10 de Agosto, 4to. Piso, Telf.: (593-2) 2 554-628 , Fax: (593-2) 2 554-572  
Web: [www.senagua.gov.ec](http://www.senagua.gov.ec) e-mail: [secretariacnacional@senagua.gov.ec](mailto:secretariacnacional@senagua.gov.ec) [aguho@senagua.gov.ec](mailto:aguho@senagua.gov.ec)  
Quito - Ecuador

Nota: En la presente se muestra los datos oficiales otorgados por SENAGUA para el uso del agua al barrio.

## Anexo 4

### Dimensiones de tubería plástica PVC a presión

**TABLA G.3** Dimensiones de tubería plástica de PVC a presión — tamaños métricos

Unidades del SI

Tubería plástica de PVC a presión — tamaños seleccionados					
Díámetro exterior <i>OD</i> (mm)	Espesor de pared <i>t</i> (mm)	Díámetro interior <i>ID</i> (mm)	Área de flujo <i>A</i> (m <sup>2</sup> )	Clasificación de presión <i>p</i> (bar)	
16	1.5	13.0	$1.327 \times 10^{-4}$	16	
20	1.5	17.0	$2.270 \times 10^{-4}$	16	
25	1.9	21.2	$3.530 \times 10^{-4}$	16	
32	2.4	27.2	$5.811 \times 10^{-4}$	16	
40	3.0	34.0	$9.079 \times 10^{-4}$	16	
50	2.4	45.2	$1.605 \times 10^{-3}$	10	
50	3.7	42.6	$1.425 \times 10^{-3}$	16	
63	3.0	57.0	$2.552 \times 10^{-3}$	10	
63	4.7	53.6	$2.256 \times 10^{-3}$	16	
75	3.6	67.8	$3.610 \times 10^{-3}$	10	
75	5.6	63.8	$3.197 \times 10^{-3}$	16	
90	2.8	84.4	$5.595 \times 10^{-3}$	6	
90	4.3	81.4	$5.204 \times 10^{-3}$	10	
90	6.7	76.6	$4.608 \times 10^{-3}$	16	
125	3.1	118.8	$1.108 \times 10^{-2}$	6	
125	4.8	115.4	$1.046 \times 10^{-2}$	10	
125	7.4	110.2	$9.538 \times 10^{-3}$	16	
160	4.0	152.0	$1.815 \times 10^{-2}$	6	
160	6.2	147.6	$1.711 \times 10^{-2}$	10	
160	9.5	141.0	$1.561 \times 10^{-2}$	16	

Nota: En la presente grafico se muestran los datos de la tubería PVC a presión necesarios para el sistema de bombeo. Tomado de (Mott & Untener, s. f., p. 504)



## Anexo 5

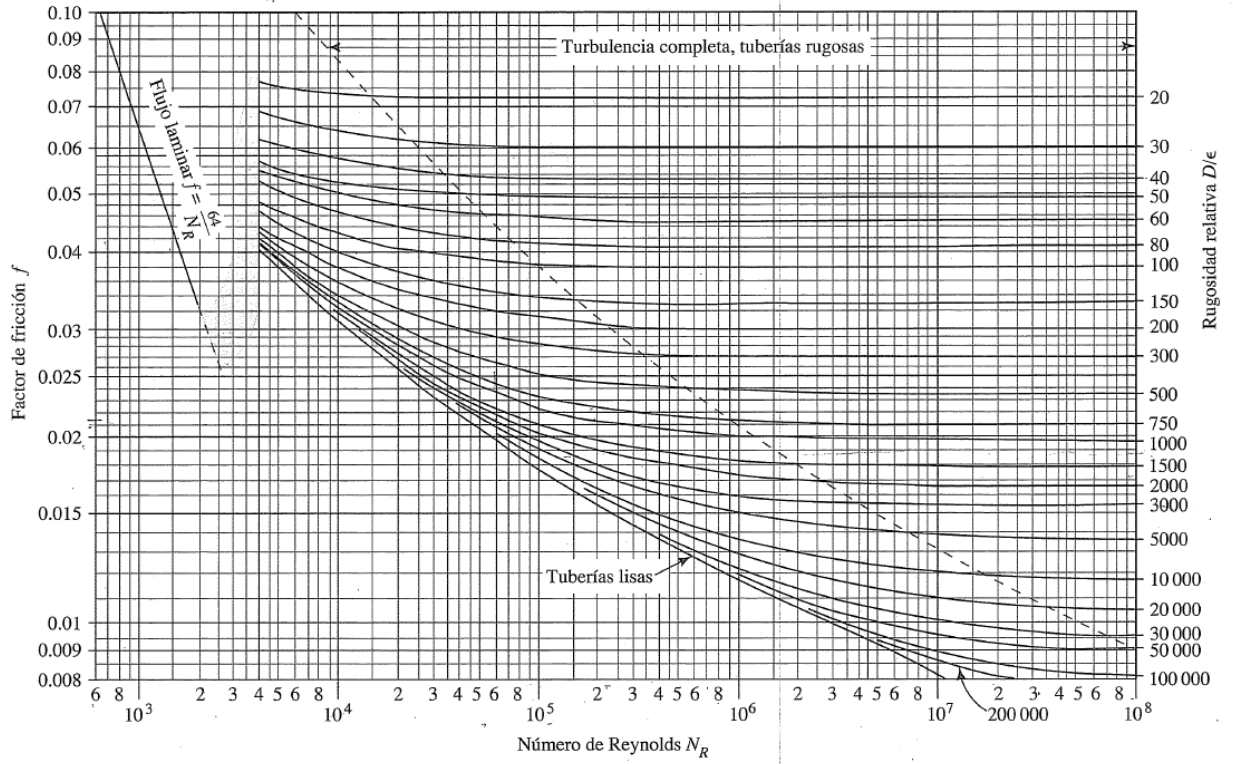
### Propiedades del agua

Temperatura (°C)	Peso específico $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica $\eta$ (Pa·s)	Viscosidad cinemática $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)
0	9.81	1000	$1.75 \times 10^{-3}$	$1.75 \times 10^{-6}$
5	9.81	1000	$1.52 \times 10^{-3}$	$1.52 \times 10^{-6}$
10	9.81	1000	$1.30 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-6}$
15	9.81	1000	$1.15 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^{-6}$
20	9.79	998	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-6}$
25	9.78	997	$8.91 \times 10^{-4}$	$8.94 \times 10^{-7}$
30	9.77	996	$8.00 \times 10^{-4}$	$8.03 \times 10^{-7}$
35	9.75	994	$7.18 \times 10^{-4}$	$7.22 \times 10^{-7}$
40	9.73	992	$6.51 \times 10^{-4}$	$6.56 \times 10^{-7}$
45	9.71	990	$5.94 \times 10^{-4}$	$6.00 \times 10^{-7}$
50	9.69	988	$5.41 \times 10^{-4}$	$5.48 \times 10^{-7}$
55	9.67	986	$4.98 \times 10^{-4}$	$5.05 \times 10^{-7}$
60	9.65	984	$4.60 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-7}$
65	9.62	981	$4.31 \times 10^{-4}$	$4.39 \times 10^{-7}$
70	9.59	978	$4.02 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-7}$
75	9.56	975	$3.73 \times 10^{-4}$	$3.83 \times 10^{-7}$
80	9.53	971	$3.50 \times 10^{-4}$	$3.60 \times 10^{-7}$
85	9.50	968	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.41 \times 10^{-7}$
90	9.47	965	$3.11 \times 10^{-4}$	$3.22 \times 10^{-7}$
95	9.44	962	$2.92 \times 10^{-4}$	$3.04 \times 10^{-7}$
100	9.40	958	$2.82 \times 10^{-4}$	$2.94 \times 10^{-7}$

Nota: En el presente grafico se detallan las propiedades del agua dependiendo su temperatura. Tomado de (Mott & Untener, s. f., p. 488).

## Anexo 6

### Diagrama de Moody



Nota: Extraído de (Mott & Untener, s. f., p. 206).

## Anexo 7

### Sección y número de conductores

**TABLA 10.5**  
*Capacidades de corriente permisibles a través de conductores de cobre recubiertos con los tipos de aislamientos más utilizados, en ampere*

<i>Sección transversal de conductor</i>		<i>Tipos de aislamientos:</i>
<i>mm<sup>2</sup></i>	<i>no. en norma AWG<sup>a</sup></i>	<i>Goma tipo R; tipo RW; tipo RU; tipo RUW; tipo RH-RW; termoplástico tipo T; tipo TW</i>
		<b>ampere</b>
2.1	14	15
3.3	12	20
5.2	10	30
8.4	8	40
13.3	6	55
21.2	4	70
26.6	3	80
33.6	2	95
42.4	1	110
53.1	0	125
67.7	00	145
85.2	000	165
107.5	0000	195
126.7	250 000 mil circulares	215
152.0	300 000 mil circulares	240
177.3	350 000 mil circulares	260
202.7	400 000 mil circulares	280
253.4	500 000 mil circulares	320
304.0	600 000 mil circulares	355
354.7	700 000 mil circulares	385
380.0	750 000 mil circulares	400
405.4	800 000 mil circulares	410
456.0	900 000 mil circulares	435
506.7	1 000 000 mil circulares	455
633.4	1 250 000 mil circulares	495
760.1	1 500 000 mil circulares	520
886.7	1 750 000 mil circulares	545
1 013.4	2 000 000 mil circulares	560

Nota: Extraído de (Martínez, s. f., p. 312)

## Anexo 8

Corrientes nominales para régimen continuo de operación de contactores magnéticos

<i>Número del contactor</i>	<i>Tipo encerrado Régimen continuo de operación (ampere nominales )</i>	<i>Tipo descubierto Régimen continuo de operación (ampere nominales)</i>
00	9	10
0	18	20
1	27	30
2	45	50
3	90	100
4	135	150
5	270	300
6	540	600
7	810	900
8	1 215	1 350
9	2 250	2 500

**Nota:** En la tabla se muestran las corrientes nominales para régimen continuo de operación de contactores magnéticos encerrados fabricados convencionalmente.

Extraído de (Martínez, s. f., p. 304).

## Anexo 9

Valores de corriente de operación contra cortocircuitos de circuitos eléctricos

<i>Fusibles</i>	<i>Disyuntores o breakers</i>
15	15
20	20
25	30
30	40
35	50
40	70
45	100
50	125
60	150
70	175
80	200
90	225
100	250
110	300
125	350
150	400
175	500
200	600
225	700
250	800
300	
350	
400	
450	
500	
600	
800	
1 000	
1 200	
1 600	

Nota: En la tabla se muestran los datos de los disyuntores o breakers. Extraído de (Martínez, s. f., p. 310)

## Anexo 10

### Guardamotores

## Interruptores guardamotores magnetotérmicos



### Interruptores guardamotores SM2A... y SM3A... hasta 100A



11 SM2A...



11 SM3A...

Código de pedido	Rango de regulación disparo térmico	Poder de corte en cortocircuito a 400V		Uds. de env.	Peso
	[A]	Icu [kA]	Ics [kA]		
Poder de corte Icu a 400V = 50kA.					
11 SM2A 68	28÷40	50	25	1	0,960
11 SM2A 72	36÷45	50	25	1	0,960
11 SM2A 76	40÷50	50	25	1	0,960
Poder de corte Icu a 400V = 50kA.					
11 SM3A 84	45÷63	50	25	1	2,100
11 SM3A 88	57÷75	50	25	1	2,100
11 SM3A 92	70÷90	50	25	1	2,100
11 SM3A 96	80÷100	50	25	1	2,100

#### Características generales

Las series SM2A y SM3A son interruptores guardamotores magnetotérmicos con una amplia gama de rangos, de 28 a 100A. En sólo dos tamaños permiten el mando y la protección de motores de hasta 45kW (400V).

Los interruptores guardamotores SM2A y SM3A incluyen de serie el indicador de disparo magnético y el mando enclavable.

Son aptos para el seccionamiento según la norma IEC/EN 60947. Los elevados valores del poder de corte permiten, en la mayor parte de las instalaciones, evitar el uso de fusibles.

#### Características de empleo

- Tensión nominal de aislamiento Ui: 690V
- Tensión nominal de prueba de impulso: 6kV
- Frecuencia nominal: 50/60Hz
- Corriente nominal max: 50A (SM2A) y 100A (SM3A)
- Rangos de regulación:  
SM2A: 3 (28 a 50A)  
SM3A: 4 (45 a 100A)
- Poder de corte: Ver tabla abajo
- Potencia disipada por fase  
SM2A: 7,1÷20W  
SM3A: 10÷38W
- Disparo magnético: 13In max
- Clase de disparo térmico: 10
- Sensibilidad al fallo de fase
- Duración (ciclos) Mecánica Eléctrica (Ie AC3)  
SM2A 50.000 25.000  
SM3A 50.000 25.000
- Montaje: SM2A por tornillo o en guía DIN 35mm (IEC/EN 60715); SM3A por tornillo o en guía DIN 35mm (IEC/EN 60715) o 75mm (IEC/EN 60715)
- Posición de montaje: cualquiera
- Categoría de empleo: A
- Grado de protección: IP00.

#### Homologaciones y conformidad

Homologaciones obtenidas: cULus, GOST, CSA.  
Conforme a normas: IEC/EN 60947-1, IEC/EN 60947-2, IEC/EN 60947-4-1, UL508, CSA C22.2 n° 14.

Nota: Al montar varios interruptores guardamotores adosados (sin el espacio necesario entre los mismos para la circulación del aire) con funcionamiento simultáneo, el rango de regulación debe aumentarse del 15% respecto de la corriente nominal del motor.

