



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO Y DISTRIBUCIÓN PARA EL
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL RECINTO BLANCA FLOR
DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.**

TUTOR

MSC. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

AUTORES

AGUAYO AGUAYO ANTHONY JAIR

HERAS PINCAY OSCAR MIGUEL

GUAYAQUIL

2022



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la Provincia del Guayas.

AUTOR/ES:

Aguayo Aguayo Anthony Jair
Heras Pincay Oscar Miguel

REVISORES O TUTORES:

Msc. Paredes Ramos Pablo Mario

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2022

N. DE PAGS:

96

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Redes de distribución, Nudos, Tanque de Almacenamiento, Epanet, Sistema de Bombeo, Red cerrada, Caudal.

RESUMEN:

El agua es esencial para la vida y para el desarrollo de las sociedades, así también, como para el consumo humano, higiene personal y preparación de alimentos. Se usa para fines industriales, mercantiles y públicos. Por último, se encarga también de originar energía eléctrica. Está estimado que aproximadamente dentro de 20 y 30 años, un tercio de la población total del planeta tierra no podrá dotarse de agua, motivo por el cual la repartición de agua de manera responsable está siendo estudiada anualmente para mitigar impactos desastrosos futuros, La salud poblacional día a día se ve afectada por el consumo de un líquido vital en pésimas condiciones acarreando futuros problemas de salud presentes en la niñez y adolescencia. Debido a esto, en el presente trabajo se empleó un objetivo fundamental que fue la aplicación de un diseño de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable, el método que se destinó en el presente proyecto es de análisis científico conceptual y se implementó un diseño de bombeo que brindó la distribución del agua al recinto Blanca flor, por este medio se recaudó la información necesaria y se ejecutó criterios básicos de diseños. Ante todo, en este trabajo se utilizó el programa Epanet ya que analiza el comportamiento del líquido dentro de una red, muchos autores en el sector de la construcción lo aplican y lo recomiendan para tener resultados aceptables. Mediante el análisis realizado se puede definir como un diseño de bombeo eficaz, ya que, se llegó a la conclusión que el uso del programa Epanet nos sirvió para realizar una red cerrada obteniendo su caudal y presión para que de este modo la población contenga el líquido vital.

N. DE REGISTRO (en base de datos):**N. DE CLASIFICACIÓN:****DIRECCIÓN URL (tesis en la web):****ADJUNTO PDF:**SI NO **CONTACTO CON AUTOR/ES:**

Heras Pincay Oscar Miguel

Aguayo Aguayo Anthony Jair

Teléfono:

0939844980

0989686774

E-mail:

oherasp@ulvr.edu.ec

aaguayoa@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

Mg. Ing. Milton Andrade Laborde (Decano)

Teléfono: 2596500 Ext. 241

E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec

Mg. Alexis Valle Benitez (Director de Carrera)

Teléfono: 2596500 Ext. 242

E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

| Tesis Final | | | |
|-------------------------|---|---------------|-------------------------|
| INFORME DE ORIGINALIDAD | | | |
| 7 % | 6 % | 2 % | 3 % |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |
| FUENTES PRIMARIAS | | | |
| 1 | dokumen.tips Fuente de internet | | 1 % |
| 2 | Lacerda, Rosane Freire(Sousa Júnior, José Geraldo de). ""Volveré, y Seré Millones" : Contribuições Descoloniais dos Movimentos Indígenas Latino Americanos para a Superação do Mito do Estado-Nação", RIUnB, 2014. Publicación | | 1 % |
| 3 | wedocs.unep.org | | <1 % |

Firma:



MSC, PABLO MARIO PAREDES RAMOS

C.C. 0911828150

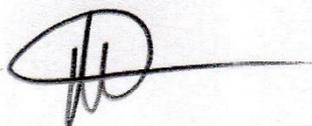
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados Heras Pincay Oscar Miguel y Aguayo Aguayo Anthony Jair, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, (Diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la Provincia del Guayas.), corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma:



OSCAR MIGUEL HERAS PINCAY

C.I 0940312838

Firma:



ANTHONY JAIR AGUAYO AGUAYO

C.I 0954285342

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación (Diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la Provincia del Guayas.), designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: (Diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la Provincia del Guayas), presentado por los estudiantes Oscar Miguel Heras Pincay y Anthony Jair Aguayo Aguayo como requisito previo, para optar al Título de (INGENIERO CIVIL), encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MSC. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

C.C. 0911828150

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios en primer lugar por ser mi guía en cada paso que pude dar dentro de mi vida universitaria, a mis padres que sin su ayuda no hubiese llegado hasta aquí, a mi familia en General por ser el apoyo que necesitaba.

Agradezco a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte por haberme abierto sus puertas para formarme como profesional. A cada uno de los docentes que con dedicación y paciencia han impartido sus conocimientos a todos nosotros.

A mi amigo Jair Aguayo que fue alguien importante para poder realizar este proyecto de titulación.

A mis compañeros y amigos que me acompañaron atreves de esta larga travesía donde no solo nos formamos como profesionales sino que aprendimos a formar una familia. A nuestro Tutor por encaminarnos en cada paso que dimos en este proyecto y por su generosidad con su conocimiento obtenido.

Heras Pincay Oscar Miguel

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi padre celestial por haberme permitido seguir una carrera universitaria llena de bendiciones, A mis padres que fueron el motor principal en mi etapa universitaria.

A mi gran amigo Óscar Heras ya que fue el de gran ayuda en la investigación de mi tesis y me ha acompañado en estos 5 años de aprendizaje en la carrera de ingeniería civil , A mis compañeros y amigos que me ayudaron en las buenas y malas en toda la carrera.

Agradecer a la universidad laica Vicente Rocafuerte por haberme permitido ingresar a sus aulas y aprender más de ellos.

Aguayo Aguayo Anthony Jair

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres por ser los motores principales en mi vida ya que sin su ayuda no sería nada.

Heras Pincay Oscar Miguel

A Dios, Padres, amigos, Docentes y a mi universidad laica Vicente Rocafuerte, A todos ellos quiero dedicarles y agradecerles Por siempre acompañarme, apoyarme y guiarme a ser mejor persona.

Aguayo Aguayo Anthony Jair

INDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| CAPÍTULO I..... | 13 |
| DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 13 |
| Tema..... | 13 |
| Planteamiento del Problema | 13 |
| Formulación del problema | 14 |
| Objetivo general | 14 |
| Objetivos específicos | 15 |
| Justificación..... | 15 |
| Delimitación o Alcance del Proyecto | 16 |
| Hipótesis o Idea a defender | 16 |
| Variable independiente..... | 16 |
| Variable dependiente | 17 |
| Línea de investigación..... | 17 |
| CAPÍTULO II | 18 |
| Antecedentes..... | 18 |
| MARCO TEÓRICO | 18 |
| Recurso Hídrico | 18 |
| Sistema de bombeo de agua Potable..... | 18 |
| Función principal del bombeo. | 19 |

| | |
|--|-----------|
| Tipos de sistema de bombeo..... | 19 |
| Sistema de bombeo centrífugo..... | 19 |
| Sistema de bombeos sumergibles..... | 20 |
| Sistema de bombeos solares..... | 21 |
| Sistema de bombeo con presión constante..... | 21 |
| Sistema de Bombeo Tankless..... | 21 |
| Sistemas de Bombeo combinados con tanque compensador..... | 22 |
| Sistema de agua por gravedad..... | 22 |
| Ventajas del sistema de agua por gravedad son:..... | 22 |
| Red de Distribución..... | 22 |
| Redes de Tipo Abierto..... | 23 |
| Redes Tipo Cerradas..... | 24 |
| Redes Mixtas..... | 24 |
| Tanque elevado..... | 25 |
| Tipos de Tanques elevados..... | 26 |
| Tanques de Almacenamiento..... | 26 |
| Tanques de Regulación..... | 27 |
| Tanques Público..... | 27 |
| Localización del tanque..... | 28 |
| Captación de aguas subterráneas..... | 29 |
| Los Pozos..... | 30 |
| Pozo excavado..... | 30 |
| Pozo impulsado..... | 31 |

| | |
|--|-----------|
| Pozos artesianos | 32 |
| Pozo Perforado | 32 |
| EPANET | 35 |
| Pérdida de carga en tuberías. | 35 |
| Perdidas Menores..... | 37 |
| Fórmula para el cálculo de pérdidas menores | 37 |
| MARCO CONCEPTUAL | 38 |
| Conexiones domiciliarias..... | 38 |
| Consumo Máximo | 38 |
| Sistemas de Abastecimientos de agua potable..... | 38 |
| Pérdidas aparentes de agua en sistemas con depósitos intradomiciliarias. | 38 |
| Acuífero..... | 39 |
| Pozo | 39 |
| Agua Subterránea | 39 |
| Agua | 39 |
| Tubo | 39 |
| Trepano..... | 40 |
| Martillo de fondo..... | 40 |
| MARCO LEGAL | 40 |
| Derechos del buen vivir | 40 |
| Sección primera: Agua y alimentación | 40 |
| Sección segunda: Ambiente sano | 41 |
| Sección sexta: Hábitat y vivienda:..... | 41 |

| | |
|--|-----------|
| Sección séptima: Salud | 41 |
| Capítulo sexto: Derechos de libertad | 41 |
| Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales | 42 |
| Sección primera Naturaleza y ambiente | 42 |
| Sección IV: Servicios Públicos | 44 |
| Período de diseño | 46 |
| Estimación de la población futura..... | 48 |
| Caudales de diseño..... | 48 |
| Volúmenes de almacenamiento..... | 49 |
| Volumen de regulación..... | 49 |
| Volumen en la planta de tratamiento..... | 49 |
| Volumen total..... | 49 |
| Equipos de bombeo..... | 50 |
| CAPÍTULO III..... | 51 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 51 |
| Métodos..... | 51 |
| Método Científico..... | 51 |
| Método Conceptual..... | 51 |
| Metodología | 51 |
| Tipos de Investigación | 52 |
| Investigación científica | 52 |
| Investigación Teórica..... | 52 |
| Enfoque de la Investigación | 52 |

| | |
|---|-----------|
| Técnicas de Investigación | 53 |
| Población..... | 53 |
| Descripción del Sitio del proyecto | 53 |
| Infraestructura Existente | 55 |
| Servicios Públicos..... | 56 |
| Actividad Económica | 56 |
| Poblacion Actual | 57 |
| POBLACIÓN FUTURA..... | 57 |
| TASA DE CRECIMIENTO..... | 58 |
| Densidad Poblacional..... | 59 |
| Caudal Medio. | 61 |
| Caudal Máximo Diario (QMD)..... | 63 |
| Consumo Máximo Horario. | 64 |
| Modelación de La Red Mediante en el programa Epanet..... | 64 |
| Tubería de Impulsión | 65 |
| Cálculo del caudal del bombeo | 65 |
| Cálculo de diámetro de la tubería de descarga | 66 |
| Altura Manométrica | 67 |
| CÁLCULO DE POTENCIA DEL SISTEMA DE BOMBEO | 70 |
| Dimensionamiento del Tanque elevado | 72 |
| Características del tanque..... | 73 |
| DIMENSIONAMIENTO | 73 |
| DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN | 74 |

| | |
|---|-----------|
| PRESUPUESTO | 75 |
| PRESUPUESTO DEL DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE | 75 |
| ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 76 |
| CONCLUSIONES..... | 77 |
| RECOMENDACIONES | 78 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 79 |
| ANEXOS..... | 84 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| Tabla 1: <i>Línea de Investigación</i> | 17 |
| Tabla 2 <i>Categorías de los Sistemas para el Agua potable</i> | 45 |
| Tabla 3 <i>Vida Útil Sugerida para los elementos de un sistema de agua potable</i> | 47 |
| Tabla 4 <i>Caudales de Diseño para los elementos de un sistema de agua potable</i> | 48 |
| Tabla 5 <i>CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA DEL 2010</i> | 57 |
| Tabla 6 <i>Niveles de Servicio para Sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos Líquidos</i> | 60 |
| Tabla 7 <i>Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.</i> | 61 |
| Tabla 8 <i>Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de Sistemas de abastecimiento de agua potable.</i> | 62 |
| TABLA 9 <i>Niveles de Servicio</i> | 63 |
| Tabla 10 <i>Porcentaje de funcionamiento de potencia para sistemas de bombeos</i> | 71 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Sistema de Bombeo centrífugo</i> | 19 |
| Figura 2 <i>Sistema de Bombeo sumergible</i> | 20 |
| Figura 3 <i>Sistema de Bombeo Solar</i> | 21 |
| Figura 4 <i>Red de distribución</i> | 23 |
| Figura 5 <i>Redes abiertas</i> | 23 |
| Figura 6 <i>Red de tipo cerrada</i> | 24 |
| Figura 7 <i>Red Mixta</i> | 25 |
| Figura 8 <i>Tanque elevado</i> | 25 |
| Figura 9 <i>Tanque de almacenamiento</i> | 26 |
| Figura 10 <i>Tanque de regulación</i> | 27 |
| Figura 11 <i>Tanque Público</i> | 28 |
| Figura 12 <i>Aguas Subterráneas</i> | 29 |
| Figura 13 <i>Pozo Excavado</i> | 31 |
| Figura 14 <i>Pozo impulsado</i> | 31 |
| Figura 15 <i>Método de perforación</i> | 33 |
| Figura 16 <i>Perforación por rotación</i> | 34 |
| Figura 17 <i>Perforación por retopercusion</i> | 35 |
| Figura 18 <i>Coeficiente de rugosidad</i> | 36 |
| Figura 19 <i>Coeficiente de Cargas Menores</i> | 37 |
| Figura 20 <i>Vista satelital de Recinto Blanca Flor</i> | 54 |
| Figura 21 <i>Recinto Blanca flor, Cantón El Triunfo</i> | 54 |

| | |
|---|------------------------------|
| Figura 22 <i>Pozo existente de Agua potable en el recinto Blanca Flor</i> | 55 |
| Figura 23 <i>Escuela del Recinto Blanca flor</i> | Error! Bookmark not defined. |
| Figura 24 <i>Levantamiento Planimétrico de Lotes del Recinto Blanca Flor</i> | 64 |
| Figura 25: <i>Modelo de red principal de Agua potable</i> | 74 |
| Figura 26: <i>Presupuesto Final del costo total de la obra</i> | 75 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---------------|----|
| Anexo 1 | 84 |
| Anexo 2 | 85 |

INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida y para el desarrollo de las sociedades, así también, como para el consumo humano, higiene personal y preparación de alimentos. Se usa para fines industriales, mercantiles y públicos. Por último, se encarga también de originar energía eléctrica.

Está estimado que aproximadamente dentro de 20 y 30 años, un tercio de la población total del planeta tierra no podrá dotarse de agua, motivo por el cual la repartición de agua de manera responsable está siendo estudiada anualmente para mitigar impactos desastrosos futuros.

La salud poblacional día a día se ve afectada por el consumo de un líquido vital en pésimas condiciones acarreado futuros problemas de salud presentes en la niñez y adolescencia.

En el Ecuador el suministro de agua potable es deficiente, principalmente en las comunidades alejadas de la ciudad, en la mayoría de los casos constan de un pésimo servicio de agua potable y en otros simplemente no la tienen, afectando principalmente a los sectores alejados de la ciudad como son los recintos rurales.

Este problema se presenta en el recinto Blanca Flor que posee agua potable pero en etapa de invierno dicho líquido se vuelve inaccesible para el consumo humano y en gran parte del verano su distribución es variada, cabe recalcar que en algunos puntos del recinto no disponen de agua potable, es decir que se abastecen por medio de tanqueros y recolección de aguas lluvias en temporadas invernales.

Actualmente la dotación de agua potable viene dada por la Municipalidad del Cantón EL TRIUNFO el cual brinda sus servicios a 80 viviendas aproximadamente.

Por esta razón se utilizará una red de distribución de agua potable que es el conjunto de tuberías, estructuras y otros accesorios de igual importancia que transportan el agua desde el tanque elevado de reserva dirigido por líneas a gravedad.

El diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la Provincia del Guayas, permitirá brindar el servicio a la comunidad de agua subterránea en óptimas condiciones, captada de un pozo perforado.

Este proyecto cumplirá con el trabajo de poner el agua a disposición de todas las personas que habitan en dicho recinto para que puedan captar el líquido vital en estado de calidad y cantidad aceptables en cualquier punto del diseño.

La finalidad de nuestro proyecto es establecer un diseño de bombeo y distribución de agua potable, para mejorar la calidad de vida de las familias que serán beneficiadas de este líquido vital pertenecientes al recinto Blanca flor del cantón el Triunfo de la Provincia del Guayas.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tema

Diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la Provincia del Guayas.

Planteamiento del Problema

El agua es esencial para la vida y para el desarrollo de las sociedades, así también, como para el consumo humano, higiene personal y preparación de alimentos. Se usa para fines industriales, mercantiles y públicos. Por último, se encarga de originar energía eléctrica.

En este proyecto se busca establecer un diseño de bombeo y distribución de agua potable, de esta manera mejorando la calidad de vida de las familias que serán beneficiadas de este líquido vital pertenecientes al recinto Blanca flor del cantón el Triunfo de la Provincia del Guayas.

Hoy en día en el Ecuador el suministro de agua potable es deficiente, principalmente en las comunidades alejadas de la ciudad, en la mayoría de los casos constan de un pésimo servicio de agua potable y en otros simplemente no la tienen.

La red de repartición es el conjunto de tuberías, estructuras y otros accesorios de igual importancia que transportan el agua desde el tanque elevado de reserva dirigido por líneas de presión y gravedad.

Este proyecto cumplirá con el trabajo de poner el agua a disposición de todas las personas que habitan en dicho recinto para que estas capten el líquido vital en estado de calidad y cantidad aceptables en cualquier punto del diseño.

Este problema se presenta en el recinto Blanca Flor que posee agua potable pero en etapa de invierno dicho líquido se vuelve inaccesible para el consumo humano y en gran parte del verano su distribución es variada. Actualmente la dotación de agua potable viene dada por la Municipalidad del Cantón EL TRIUNFO el cual brinda sus servicios a 80 viviendas aproximadamente.

El diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la Provincia del Guayas, permitirá brindar el servicio a la comunidad de agua subterránea en óptimas condiciones, captada de un pozo perforado existente en el sector.

Formulación del problema

¿De qué manera influye el diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor perteneciente a la provincia del Guayas en el bienestar de la población?

Objetivo general

Elaborar el diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor del Cantón el Triunfo de la Provincia del Guayas.

Objetivos específicos

- Definir los criterios básicos de diseño necesarios a implementar.
- Diseñar el sistema de bombeo y red de distribución para el abastecimiento de agua potable.
- Determinar un costo referencial del diseño de redes de distribución de agua potable y sistema de bombeo.

Justificación

Este proyecto tiene como objetivo el diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la Provincia del Guayas, Debido a que actualmente existe un pésimo suministro de agua potable en dicho recinto.

Para lo anterior se procederá con el diseño de una red de abastecimiento de agua potable del cual nos abasteceremos de un pozo existente realizado por antiguas administraciones, enviando el líquido vital hacia un reservorio elevado para después distribuir a presión por gravedad mediante las redes principales de agua potable. Para este proyecto el contratista o Ingeniero civil deberá seleccionar los materiales necesarios para el abastecimiento de agua potable que serán aplicables al recinto Blanca Flor.

Este proyecto está inmerso en lo que son las estructuras hidráulicas que pertenecen al sistema de bombeo que tendrá un valor económico y su funcionamiento eficaz.

Dicho estudio ayudará a docentes inmersos en el mundo de la ingeniería sanitaria e ingeniería hidráulica, a conocer más de estas estructuras.

Delimitación o Alcance del Proyecto

Campo: Educación Superior. Tercer nivel de grado

Área: Ingeniería civil

Aspecto: Investigación conceptual.

Tema: Diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la Provincia del Guayas.

Delimitación espacial: Recinto Blanca Flor, Cantón El Triunfo, Provincia del Guayas

Delimitación temporal: 6 meses

Línea de investigación: Territorio

Sublínea de investigación: Recursos Hídricos

Hipótesis o Idea a defender

Este diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable permitirá tener el líquido vital de buena calidad y continuidad para los moradores del recinto Blanca flor de la Provincia del Guayas con el propósito de cuidar la salud de: niños, jóvenes y adultos para así evitar enfermedades futuras, tomando en cuenta para el diseño la norma eficaz que emitió la Secretaría del agua para poblaciones menores a 1000 habitantes.

Variable independiente

Uso del programa EPANET para diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la provincia del Guayas

Variable dependiente

El diseño conceptual del Sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la provincia del Guayas

Línea de investigación

Tabla 1: *Línea de Investigación*

| LÍNEA DE INVESTIGACIÓN | | |
|---|-------------|-------------------|
| ULVR | FIIC | Sublínea |
| Urbanismo y Ordenamiento Territorial | Territorio | Recursos Hídricos |

Fuente: Aguayo & Heras (2022)

CAPÍTULO II

Antecedentes

El recinto Blanca flor se encuentra ubicado en la provincia del Guayas, sus habitantes son personas de bajos recursos y se mantienen con la mínima agua de pozo o esta misma de lluvia ya sea de manera independiente.

El diseño de sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable que se propone está compuesto por los siguientes componentes como: sistema de bombeo desde pozo, tanque de reserva elevado, línea de impulsión hacia distribución por redes, conexión a la línea principal de agua potable y válvulas de control, estos elementos se encargarán de transportar el líquido vital para los moradores del recinto Blanca Flor.

MARCO TEÓRICO

Recurso Hídrico

El agua es el líquido que se encuentra en mayor cantidad en el planeta, está contenida en los océanos y mares, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre, además se le suma las aguas subterráneas, las de los ríos y los lagos. (Alfaro, 2013)

Sistema de bombeo de agua Potable.

Este sistema de bombeo de agua potable muestra diferentes partes que inician un recorrido mediante las tuberías, así como también la recolección eventual de líquidos, dando paso a las especificaciones de cada caudal y tomando en cuenta que la presión sea la más correcta en dicho proceso. (GEOHidraulica, 2021)

Función principal del bombeo.

La función principal del bombeo se compone o están derivadas por dos partes uno de ellos es la bomba y el otro el accionador, Este accionador toma el rol de derivar la energía mecánica y cuando se aplica esto, la bomba se transforma en una energía llamada cinética el fluido lo capta en tres formas: velocidad, presión y posición. (GEOHidraulica, 2021)

Tipos de sistema de bombeo.

Sistema de bombeo centrífugo.

Este tipo de bombas están anexadas por un impulsor giratorio está en su vez está conectada a la fuente de energía, este impulsor incrementa la velocidad del agua llevándola a que se descargue a una tubería, con la finalidad de disminuir o minimizar el caudal del agua y convertir la velocidad en presión. (GEOHidraulica, 2021)



Figura 1 *Sistema de Bombeo centrífugo*

Fuente: (Fluideco, 2019)

Sistema de bombeos sumergibles

Este tipo de bombeo tiene la finalidad de bombear líquido de piscina, depósitos de agua y pozos siendo estas eléctricas ya que se filtran en el fluido de la acción del bombeo.

En el ámbito de la construcción se debe tener en cuenta los siguientes aspectos como lo es su profundidad máxima, su caudal máximo y por ultimo su longitud o distancia de la cuerda en la que se va a suspender. (GEOHidraulica, 2021)



Figura 2 *Sistema de Bombeo Sumergible*

Fuente: (AWASA, 2016)

Sistema de bombeos solares

Este sistema consiste mediante la energía que provee del sol, existen algunos tipos como los más simples que se utiliza en estanque de jardines y los más complejos funcionan con GPS estos intervienen con un riego totalmente automático. (GEOHidraulica, 2021)



Figura 3 *Sistema de Bombeo Solar*
Fuente: (ambientum, 2021)

Sistema de bombeo con presión constante

Su función principal es abastecer agua a una red de consumo mediante unidades de bombeo que funcionan directamente contra una red cerrada, estos están clasificados en dos grupos. (Wekker, 2004)

- Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad fija.
- Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad variable.

Sistema de Bombeo Tankless

Este sistema es accionado por señales recibidas de sensores de presiones que son los que encienden y apagan las bombas. (Wekker, 2004)

Sistemas de Bombeo combinados con tanque compensador

Es el resultado de la combinación de un sistema hidroneumático y un sistema de bombeo de velocidad fija, este sistema no es uno de los más comunes debido a su antigüedad. (Wekker, 2004)

Sistema de agua por gravedad

La estructura del sistema abarca la gravedad en el sentido de la fuerza ya que el agua decae por el movimiento o acción desde un origen elevado, este líquido circula por las tuberías para alcanzar el consumidor final, cabe mencionar que la energía potencial es utilizada para la movilización del agua durante su elevada altura (Lossio, 2012)

Ventajas del sistema de agua por gravedad son:

- La presión del sistema que se observa con una mayor facilidad.
- No existe costo de bombeos.
- El mantenimiento o conservación es muy pequeño lo cual se cuenta con mitad de partes móviles.

Red de Distribución

Es el conjunto de tuberías y accesorios que conducen el agua desde el tanque reservorio hasta la toma de corriente doméstica para que así pueda llegar en condiciones aceptables de presiones y calidad de la misma, Tiene como propósito abastecer del líquido vital a los usuarios para consumo doméstico, público, industrial, comercial y en ocasiones extremas para la extinción de un conato de incendio. (Bravo, 2017)

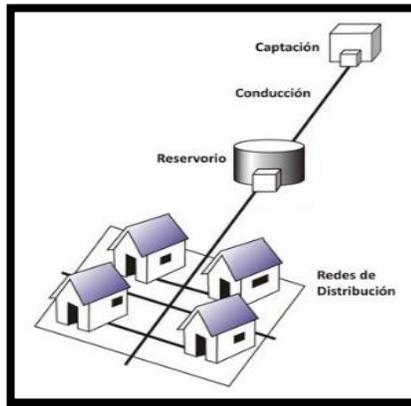


Figura 4 *Red de distribución*

Fuente: (Espinoza, 2016)

Las redes de distribución de agua pueden ser: redes abiertas o ramificadas y redes cerradas o malladas; también existen redes mixtas o combinadas.

Redes de Tipo Abierto

Es caracterizada por estar formada por una tubería madre que consta de un diámetro superior a las demás, cabe recalcar que por ser la más importante ante cualquier deficiencia de la misma se procederá a quitar el servicio de agua a todas las viviendas que estén siendo abastecidas o estén interconectada a la red tipo abierta. (Bravo, 2017)

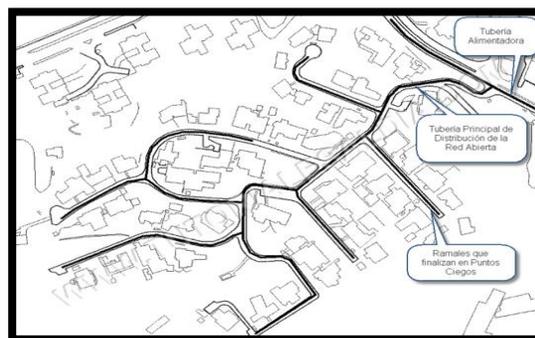


Figura 5 *Redes abiertas*

Fuente: (Ingenieriacivil, 2012)

Redes Tipo Cerradas

Las redes de tipos cerradas son aplicadas comúnmente en los proyectos de sistemas de distribución de agua potable, su funcionamiento depende de tuberías conductoras por medio progresivo de presiones utilizando bomba. También es llamada como red de malla o circuitos ya que se compone de varias interconexiones entre los ramales.

Unas de las ventajas de este sistema es que si se presenta un fallo entre las conexiones este permitirá afectar a la menor cantidad de consumidores ya que se direccionara el fluido a diferentes ramales que componen dicha red. (Bravo, 2017)

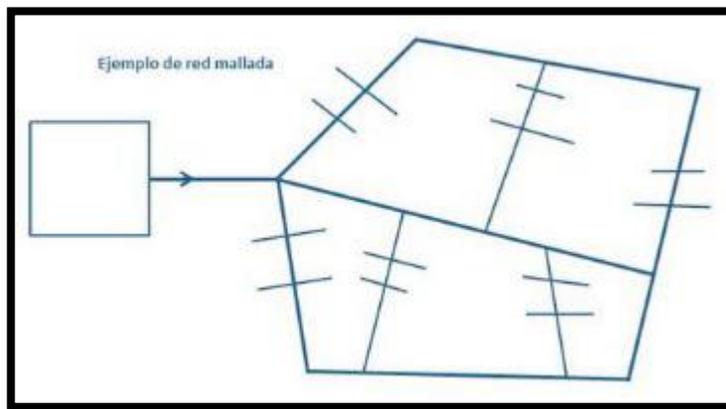


Figura 6 Red de tipo cerrada

Fuente: (eadic, 2020)

Redes Mixtas

Las redes Mixtas no son más que la unión de las redes abiertas y cerradas, están conformadas por una red principal cerrada con ramales abiertos. (Bravo, 2017)

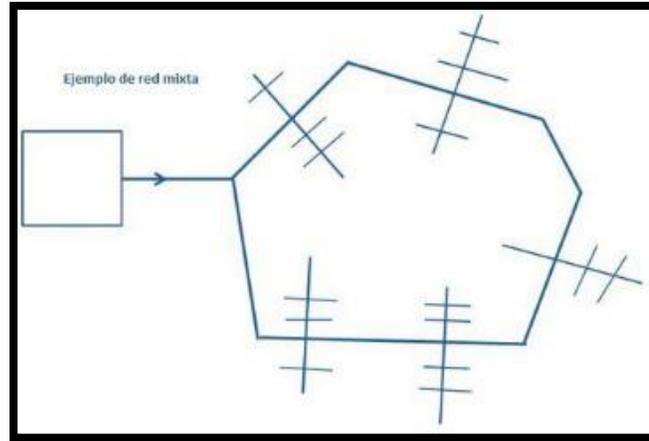


Figura 7 *Red Mixta*
Fuente: (eadic, 2020)

Tanque elevado

Son estructuras hidráulicas que cuentan con un refuerzo de fibra de vidrio para hacerlas más resistentes y seguras, la función del tanque elevado es almacenar gigantescas cantidades de agua. Estos tanques elevados también se los denominan con el nombre de depósitos de agua, cabe recalcar que su partida se da con una instalación de una torre que puede tener 10 o hasta 20 metros de altura, generalmente son ubicados en lugares cercanos de la extracción del agua para posteriormente realizar su repartición. (Plaremesa, 2019)



Figura 8 *Tanque elevado*
Fuente: (Plaremesa, 2019)

Tipos de Tanques elevados

Entre los tipos de tanques elevados más empleados están:

- Tanque de Almacenamiento
- Tanque de Regulación
- Tanque Públicos

Tanques de Almacenamiento

Estos tanques son sistemas de distribución que cumplen con ajustar el consumo en todo el periodo del proceso útil, este depósito de agua se compone de equipos de bombeo y válvulas que le dan una mayor eficiencia y eficacia a la hora de cumplir su marcha. (Plaremesa, 2019)



Figura 9 *Tanque de almacenamiento*

Fuente: (Plaremesa, 2019)

Tanques de Regulación

Es el más utilizado en las empresas industriales, el cual es llenado a partir del requerimiento necesario que dispone de agua de la misma.

Tiene como finalidad ocupar lo necesario de la demanda que exista de agua, así como el gasto máximo que se permite cada día, por lo anterior no existirá un déficit de agua para estos tanques por lo cual se aplica un sistema de coeficiente de regulación que es el cálculo por hora y por día de dicho proyecto. (Plaremesa, 2019)



Figura 10 *Tanque de regulación*

Fuente: (Valades, 2017)

Tanques Público

Son reservorios que cumplen el rol de compensar el déficit de agua de una población independientemente sea por cortes del líquido vital, mala calidad de la misma o por presiones bajas. Estas son abastecidas por estaciones de bombeo que están conectadas directamente de una fuente principal de agua.

La importancia de los tanques elevados públicos radica en que permiten asegurar el abastecimiento de agua para un dicho sector o población en captación de condiciones aceptables del líquido vital. (Plaremesa, 2019)



Figura 11 *Tanque Público*

Fuente: (Plaremesa, 2019)

Localización del tanque

Para poder delimitar la ubicación del tanque se deben conocer los siguientes puntos:

- La disposición de los materiales cerca del área.
- La condición de la geotecnia, topografía y el muestreo de la línea de tiempo.
- Poseer las líneas de conducción y redes de distribución.
- Se deben contar con terrenos adecuados para decretar una medida establecida en la cual se va a situar este sistema hidráulico.

Es fundamental tener en consideración dichos puntos para el funcionamiento operativo del mismo y conocer la inversión para su construcción. (Valades, 2017)

Captación de aguas subterráneas

Para el beneficio del agua subterránea se necesitan obras de captación, su propósito es lograr una elevada cantidad de agua con el fin de minimizar energía. (Expósito, 2019)

La manera más común de obtener el agua subterránea ha sido mediante la captación de manantiales, y en obras puesto al manejo de pico y pala para lo que son las excavaciones de pozos. (Gonzales, 2015)

Como origen del abastecimiento de las aguas subterránea es dado por la explotación mediante perforaciones de pozos mecánicos, que son una solución para la extracción de agua en los acuíferos. (Gonzales, 2015)



Figura 12 *Aguas Subterráneas*

Fuente: (Expósito, 2019)

Una de las ventajas de las aguas subterráneas es que son totalmente puras, muestran un líquido de buena característica ya sea por su olor y color.

Las pueden consumir todas las personas sin necesidad de tratamiento, ya que estas aguas se conservan debido a la profundidad de las rocas lo cual las hace más naturales. (Gonzales, 2015)

Los Pozos

Son estructuras antiguas que sirven para recolectar el agua subterránea, el agua se destila por los poros de la tierra ya que se acumula y transita al ras del suelo. (Gonzales, 2015)

Los pozos cumplen con la finalidad de ser:

- clavados
- perforados
- borroneados
- excavados

En la actualidad existen algunos tipos de pozos que son:

Pozo excavado

Estos pozos son de instrumentos simples, de un molde artesano se los encuentra nítidamente cuando se excava el nivel freático, una de las características más importante del pozo excavado es su pequeña profundidad. (Gonzales, 2015)



Figura 13 *Pozo Excavado*
Fuente: (Gonzales, 2015)

Pozo impulsado

Se introducen y atraen el agua a la capa acuífera, su aplicación se da empleando medios mecánicos a un mayor volumen de profundidad dejando atrás los pozos tradicionales, el origen del pozo se da por la extracción del agua que se realiza por recursos mecánicos eficaces que generan un mayor caudal.



Figura 14 *Pozo impulsado*
Fuente: (Gonzales, 2015)

Pozos artesianos

Se conoce como pozo artesiano por su función de originar agua a tensión, se ubican en varios metros de profundidad se lo puede identificar cuando el agua se concentra en una capa geológica de superficie rocosa cerrada, su finalidad es romper y atravesar las paredes del agua subterránea. (Gonzales, 2015)

Pozo Perforado

Es la captación de agua subterránea y entrada a uno o más acuíferos, es un elemento de operaciones que se muestran con el objetivo de socavar, excavar y profundizar mecánicamente un pozo, su aplicación es atravesar el suelo con una maquina llamada sonda perforada. Generalmente este tipo de operaciones se aplica en casos donde no existe una superficie superficial como escorrentía o fuente. (Gonzales, 2015)

Los métodos más empleados o comunes de los pozos perforados se dan a continuación:

- Método percusión
- Método de rotación
- Método de rotopercusion

Método Percusión

Es una perforación que radica en un proceso de sube y baja, se realiza mediante un leve movimiento de una gran masa llamada trepano. Este trepano tiene la función de romper el

fragmento de las rocas, el detritus es sacado o expulsado por espátulas de limpieza en un transcurso intermitente, por lo general se agrega agua. (Expósito, 2019)

Este método percusión es utilizado para perforar en terrenos solidos como:

- Areniscas cementadas
- Calizas y dolomías etc. (Gonzales, 2015)



Figura 15 Método de perforación
Fuente: (Gonzales, 2015)

Método de Rotación

Es el inicio de partículas que se efectúan mediante la acción del giro de una herramienta llamada trepano. El trepano es un material que se encuentra al final de la punta de una tubería, la acción de este método es hacer un agujero y mover los pedazos de fragmentos que se inician con un líquido que normalmente este tiende a hacerse circular. (Gonzales, 2015)

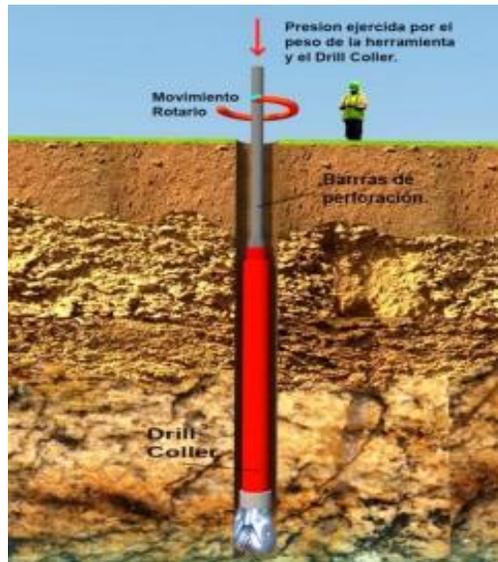


Figura 16 *Perforación por rotación*
Fuente: (Gonzales, 2015)

Método de Rotopercusion.

Es una habilidad que recalca los dos métodos anteriores, se utiliza en rocas compactas o duras, una de las desventajas del método de rotopercusion es su costo elevado ya que son las más actualizadas hoy en día en el sector de la construcción, constan de perforador y martillos de fondo. (Expósito, 2019)

Su aplicación consiste en un método de hacer circular el aire a presión por una tubería obviamente perforada, el fluido se escapa por las brechas del trepano subiendo por la tubería, el aire se mueve a una gran velocidad y conmueve las partículas a la superficie y lanza los fragmentos de la roca. (Gonzales, 2015)

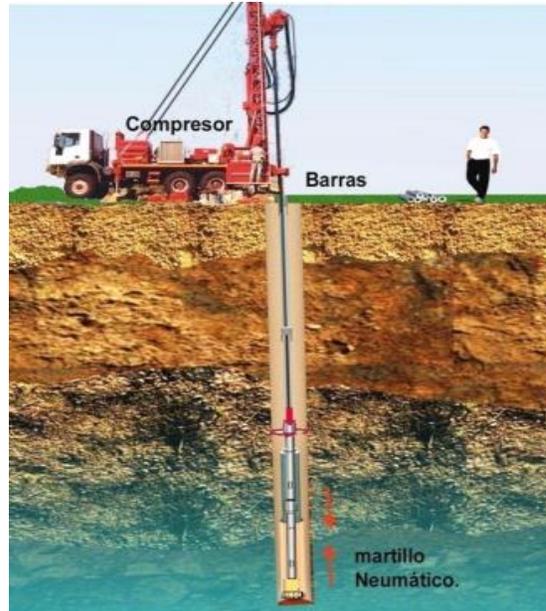


Figura 17 *Perforación por retopercusión*
Fuente: (Gonzales, 2015)

EPANET

Es un programa de computador que ejecuta simulaciones en ciclos alargados (varios días), y analiza el comportamiento del líquido dentro de la red y su presión al ser consumida. La red de distribución está compuesta por varios accesorios de importancia que son: tuberías, nudos (juntas o uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento, tanques de almacenamientos, piscinas de almacenamientos. (Epanet, 2017)

Pérdida de carga en tuberías.

Es originada por la fricción del agua que se transporta dentro de la tubería. Existen 3 fórmulas que son usadas para calcular la pérdida de energía.

- Darcy-Weisbach (para todo tipo de líquidos y regímenes)
- Hazen-Williams (sólo para agua)

- Chezy-Manning (para canales y tuberías de gran diámetro)

Hazen-Williams, Mediante esta fórmula se calcula solo el agua (es decir que no puede usarse para líquidos distintos al agua) fue creada específicamente solo para flujo permanente.

| Fórmula | Coefficiente de Resistencia (A) | Exponente de Caudal (B) |
|----------------|---|-------------------------|
| Hazen-Williams | $10,674 * C^{-1.852} * d^{-4.871} * L$ | 1,852 |
| Darcy-Weisbach | $0.0827 * f(\epsilon, d, Q) * d^{-5} * L$ | 2 |
| Chezy-Manning | $10.294 * n^2 * d^{-5.33} * L$ | 2 |

Figura 18 Coeficiente de rugosidad

Fuente: (Epanet, 2017)

Donde:

C = coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams

ϵ = coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m)

f = factor de fricción

n = coeficiente de rugosidad de Manning

d = diámetro de la tubería (m)

L = longitud de la tubería (m)

Q = caudal (m³/s)

Cabe recalcar que el factor de fricción viene representado por la rugosidad que tiene cada tubería (ϵ), es decir es adimensional.

Perdidas Menores

Son aquellas que vienen dadas por la aparición de turbulencias en la tubería, es decir cuando el flujo cambia de dirección por ausencia de algún agente externo tales como: codos, tee, reductores de tuberías, etc. (Epanet, 2017)

Fórmula para el cálculo de pérdidas menores

$$h_L = k (V^2/2g)$$

Donde:

k = coeficiente de pérdidas menores.

V = velocidad del flujo (m/s).

g = aceleración de la gravedad.

| Accesorios | Coeficiente de perdidas |
|---|-------------------------|
| Válvula de Globo, totalmente abierta | 10 |
| Válvula de Angulo, totalmente abierta | 5 |
| Válvula de Retención de Clapeta, totalmente abierta | 2.5 |
| Válvula de compuerta, totalmente abierta | 0.2 |
| Codo de radio pequeño | 0.9 |
| Codo de radio mediano | 0.8 |
| Codo de radio grande | 0.6 |
| Codo a 45° | 0.4 |
| Codo cerrado con inversión de flujo | 2.2 |
| Tee estándar – dirección de paso | 0.6 |
| Tee estándar – dirección de desvió | 1.8 |
| Salida recta | 0.5 |
| Salida brusca | 1 |

Figura 19 *Coeficiente de Cargas Menores*

Fuente: (Epanet, 2017)

MARCO CONCEPTUAL

Conexiones domiciliarias

Se denomina conexión domiciliaria a la tubería que se conecta con la red matriz local, estas por lo general son de 12.5 mm hasta 75 mm de diámetro y, cada vivienda existe una red domiciliaria.

Consumo Máximo

Es la cantidad de agua que una persona o un determinado grupo de personas consumen diariamente, se expresa por lo general en litros por habitantes y por día. (L/Hab/Día) (Yulexis Guillén-Campo, 2015)

Sistemas de Abastecimientos de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como función principal dotar del líquido vital a un determinado grupo de personas en calidad y cantidades aceptables, teniendo como punto de partida la fuente principal de agua hasta cada una de las conexiones domiciliarias.

Pérdidas aparentes de agua en sistemas con depósitos intradomiciliarias.

Existen dos tipos de pérdida del líquido en las distribuciones de agua potable. El que viene dado por fugas, roturas o desbordamientos llamado pérdidas reales, y el que se da por robo o uso ilegal del mismo llamado pérdidas aparentes. (José Antonio Cabrera-Béjar, 2012)

Acuífero

Es la formación geológica o conjuntos de formaciones geológicas que se encuentran interconectadas entre sí, en medio de las interconexiones el líquido se transporta o en gran parte de los casos se quedan almacenadas en el subsuelo y son aprovechadas para su explotación.

Pozo

Es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar lo que se busca, sea hallar agua subterránea o petróleo.

Agua Subterránea

Se filtra a través de grietas, poros de las rocas y sedimentos que se encuentran debajo de la superficie de la tierra, el agua se almacena y mueve en las formaciones geológicas que tienen poros o vacíos.

Agua

Es un elemento fundamental para los seres humanos constituye a un beneficio público, el agua es considerado como recursos sostenible para la sociedad, por lo general, el agua es utilizada para el consumo humano, higiene personal y preparación de alimentos (Tuesca Molina, 2015)

Tubo

Su forma es cilíndrica consta de un diámetro interior y está abierto por sus lados extremos, es un recipiente muy flexible y cumple con la función de transportar fluidos. (Aguilar, 2014)

Tubería

Es un material que se acopla a tubos y elementos como: válvulas, pernos y otros accesorios, aplicadas para transportar, descargar, medir, distribuir los flujos de agua (Aguilar, 2014)

Trepano

Es un instrumento aplicado para la perforación de pozos, su material es de tipo acero por lo general se encuentran al final de una tubería.

Martillo de fondo

El martillo de fondo consta en golpear la boca en el fondo o profundidad de la perforación, ayuda a que las rocas se fragmenten lo más rápido en el proceso del perforado, de esta forma minimiza la pérdida de energía (Yepez, 2014)

MARCO LEGAL

Según la constitución de la república del Ecuador en concordancia con las leyes del agua menciona los siguientes artículos.

Derechos del buen vivir

Sección primera: Agua y alimentación

Art. 12.-El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. (Constitucion de la republica del Ecuador, 2008)

Art. 13.-Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en

correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria. (Constitucion de la republica del Ecuador, 2008)

Sección segunda: Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. (Constitucion de la republica del Ecuador, 2008)

Sección sexta: Hábitat y vivienda:

Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica. (Constitucion de la republica del Ecuador, 2008)

Sección séptima: Salud

Art. 32.-La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir. (Constitucion de la republica del Ecuador, 2008)

Capítulo sexto: Derechos de libertad

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios. (Constitucion de la republica del Ecuador, 2008)

Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera Naturaleza y ambiente

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza (Constitucion de la republica del Ecuador, 2008)

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades

afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles (Constitucion de la republica del Ecuador, 2008)

Según la Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua de la constitución de la república del Ecuador establece los siguientes artículos:

Título II: Recursos Hídricos

Capítulo 1: Definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos

Art. 11.- Infraestructura hidráulica:

Se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas así como el saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto de acuíferos las recargas superficial como presas, embalses, canales, conducciones depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público. (Ley organica de recursos hidricos, 2014)

Sección IV: Servicios Públicos

Art. 37.- Servicios públicos básicos:

Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de su uso.

La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento. (Ley organica de recursos hidricos, 2014)

Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes

Quinta parte: Captación y conducción

Para proyectos de abastecimiento de agua potable.

Disposiciones generales

Bases para el diseño de un sistema de agua potable

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se dividen en las categorías indicadas en la tabla en función de la confiabilidad del abastecimiento

Tabla 2 *Categorías de los Sistemas para el Agua potable*

| Características de los Usuarios | En Función de la Confiabilidad de Abastecimiento |
|---|--|
| <p>Centros poblados con más de 5000 habitantes en dónde se permite disminuir el suministro de agua hasta en un 30% Durante máximo 3 días en el año a esta categoría también pertenece los complejos petroquímicos metalúrgicos y refinerías de petróleo</p> | I |
| <p>Ciudades de Hasta 50 mil habitantes en donde se permite disminuir el suministro de agua hasta en un 30% durante un mes y la suspensión del servicio en un tiempo máximo de 5 horas en un día por año. En esta categoría también se encuentran las industrias livianas y las agro industrias.</p> | II |

Pequeños complejos industriales agro industriales y poblaciones de hasta 5000 habitantes en donde se permite disminuir el suministro de agua hasta en un 30% Durante un mes y la suspensión del servicio en un tiempo máximo de 24 horas en el año

III

Fuente: (5, INEN PARTE, 1997)

Elaborado por: Aguayo & Heras (2022)

Período de diseño

Se debe estudiar la posibilidad de construcción por etapas de las obras de conducción, redes y estructuras; así como también prever el posible desarrollo del sistema y sus obras principales, por sobre la productividad inicialmente estimada.

En general se considera que las obras de fácil ampliación deben tener períodos de diseño más cortos, mientras que las obras de gran envergadura o aquellas que sean de difícil ampliación, deben tener períodos de diseño más largos. (Normalizacion, 2003)

- En ningún caso se proyectarán obras definitivas con períodos menores que 15 años.
- El diseño de obras definitivas podrá prever la construcción por etapas, las mismas que no serán más de tres.

- El período de diseño de obras de emergencia se escogerá tomando en cuenta la duración de ésta, es decir, considerando el lapso previsto para que la obra definitiva entre en operación.
- La vida útil de las diferentes partes que constituyen un sistema, se establece en la tabla 2
- Para obras de ampliación, el período de diseño se escogerá dependiendo del caso.

Tabla 3 *Vida Útil Sugerida para los elementos de un sistema de agua potable*

| COMPONENTES | VIDA UTIL (AÑOS) |
|--|--|
| Diques grandes y túneles | 50 a 100 años |
| Obras de captación | 25 a 50 años |
| Pozos | 10 a 25 años |
| Conducción de hierro ductil | 40 a 50 años |
| Conducciones de asbesto cemento o PVC | 20 a 30 años |
| Planta de tratamiento | 30 a 40 años |
| Tuberías principales o secundarias de la red | 40 a 50 años |
| De hierro dúctil | 20 a 25 años |
| De asbesto cemento o PVC | Variables de acuerdo especificaciones del fabricante |
| Otros materiales | |

Fuente: (5, INEN PARTE, 1997)

Elaborado por: Aguayo & Heras (2022)

Estimación de la población futura

Para el cálculo de la población futura se harán las proyecciones de crecimiento utilizando por lo menos tres métodos conocidos (proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, comparativo, etc.) que permitan establecer comparaciones que orienten el criterio del proyectista. La población futura se escogerá finalmente tomando en consideración, aspectos económicos, geopolíticos y sociales que influyan en los movimientos demográficos. (Normalizacion, 2003)

Caudales de diseño

Para el diseño de las diferentes partes de un sistema de abastecimiento de agua potable, se usarán los caudales que constan en la tabla 3. (Normalizacion, 2003)

Tabla 4 *Caudales de Diseño para los elementos de un sistema de agua potable*

| ELEMENTO | CAUDAL |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Captación de aguas superficiales | Máximo diario +20% |
| Captación de aguas subterráneas | Máximo diario +5% |
| Conducción de aguas superficiales | Máximo diario +10% |
| Conducción de aguas subterráneas | Máximo diario +5% |
| Red de distribución | Máximo horario + incendio |
| Planta de tratamiento | Máximo diario + 10% |

Fuente: (5, INEN PARTE, 1997)

Elaborado por: Aguayo & Heras (2022)

Volúmenes de almacenamiento

Volumen de regulación.

En caso de haber datos sobre las variaciones horarias del consumo el proyectista deberá determinar el volumen necesario para la regulación a base del respectivo análisis. En caso contrario, se pueden usar los siguientes valores:

a) Para poblaciones menores a 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 30% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.

b) Para poblaciones mayores de 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 25% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.

Volumen en la planta de tratamiento.

El volumen de agua para atender las necesidades propias de la planta de tratamiento debe calcularse considerando el número de filtros que se lavan simultáneamente. Así mismo, se debe determinar, los volúmenes necesarios para contacto del cloro con el agua, considerando los tiempos necesarios para estas operaciones y para consumo interno en la planta.

Volumen total.

El volumen total de almacenamiento se obtendrá al sumar los volúmenes de regulación, emergencia, el volumen para incendios y el volumen de la planta de tratamiento. (Normalización, 2003)

DECIMO PRIMERA PARTE ESTACIONES DE BOMBEO

OBJETO

Estas disposiciones proporcionan al Ingeniero Sanitario un conjunto de criterios básicos para el diseño de estaciones de bombeo de agua para consumo humano y de aguas residuales (Normalizacion, 2003)

Consideraciones generales

Las estaciones de bombeo de aguas para consumo humano serán diseñadas de tal manera que la calidad del agua no sufra alteraciones desfavorables, protegiendo adecuadamente el líquido a bombear.

En estaciones de bombeo de aguas claras, desde fuentes superficiales, el diseño de las obras de toma y del pozo de succión debe prever que los materiales flotantes y los sedimentos que se produzcan sean dispuestos convenientemente

Las estructuras subterráneas de una estación de bombeo, serán del tipo impermeable

Equipos de bombeo

El número, tipo y capacidad de las bombas y de los equipos auxiliares dependerá del caudal, de sus variaciones y de la seguridad del sistema y tendrá amplia capacidad para cubrir los caudales mínimos y máximos. Se instalará una bomba la cual debe tener una capacidad para cubrir el caudal total necesario. (Normalizacion, 2003)

Para garantizar la estabilidad de la operación del sistema de bombeo, se debe evitar utilizar bombas con curvas características que produzcan más de un punto de corte con la curva del sistema. (Normalizacion, 2003)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Métodos

El método es una agrupación de un principio y un fin para alcanzar una meta determinada, relacionando lo científico con lo experimental, se lo define como un conjunto de pasos que se deben cumplir para llegar al objetivo. (Westreicher, 2020)

Método Científico

Este método inicia con un conjunto de elementos estructurados que se aplican para alcanzar nuevos conocimientos, comienza con una parte de observación que menciona la parte teórica lista para ser comprobada, luego debemos tener una hipótesis global que hace referencia a describir lo observado, el otro elemento es lo experimental que nos muestra un resultado para el conocimiento de la hipótesis, después tenemos la teoría que admite una hipótesis más realista y termina con la parte de la conclusión que es el fin de la teoría. (Blanca, 2021)

Método Conceptual

Se utiliza de forma reiterada o frecuente desde la realización del diseño investigativo, iniciado por un estudio sobre un problema científico, el investigador debe tener la mayor información en los niveles de la teoría, por lo anterior, el método conceptual nos muestra un enfoque de datos o hechos y exigencias del cual estas deben ser cumplidas durante todo el proceso investigativo como también en el aporte científico. (Ortiz, 2012)

Metodología

El método aplicado en el siguiente trabajo es de análisis: científico, conceptual, por el cual se recopilará toda la información necesaria para obtener los resultados, Dando a conocer el

programa Epanet utilizado para el diseño de bombeo y abastecimiento de agua potable con el fin de cumplir los objetivos planteados.

Tipos de Investigación

Los tipos de investigación aplicados en este proyecto son: científica y teórica

Investigación científica

La investigación científica es favorable en nuestro proyecto porque accede a un análisis de observación y estudios como: programas, libros, repositorios, tesis etc., El tipo de esta investigación nos ayudará a recopilar información y conocimientos verídicos con la finalidad de cumplir los objetivos planteados (Aria, 2020)

Investigación Teórica

En este tipo de la investigación teórica hace énfasis a la capacidad de los principios básicos en un objeto de estudio y su objetivo es aumentar las bases del saber científico. En nuestro proyecto brindara la debida información conceptual partiendo de lo científico a lo particular. (Baena, 2017)

Enfoque de la Investigación

El enfoque de nuestro proyecto es de análisis cuantitativo, ya que nos da a conocer puntos importantes como: técnicas, análisis estadístico, estudios de la población y datos proporcionados. Su objetivo se enfoca en generalizar y recopilar información numérica. Este enfoque cuantitativo favorece la realización de los valores de diseño y abastecimiento de agua potable para el recinto Blanca Flor. (Arteaga, 2020)

Técnicas de Investigación

En el siguiente proyecto se aplicaron dos programas.

- El programa que se utilizó fue el AutoCAD, para realizar el plano Planimétrico del recinto Blanca Flor con el objetivo de diseñar el sistema de bombeo de agua potable.
- El programa Epanet sirvió para realizar la red de distribución compuesta por varios accesorios de importancia que son: tuberías, nudos, bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento y tanque de almacenamiento.

Población

El universo de estudio son los habitantes del recinto Blanca Flor pertenecientes a la provincia del Guayas, que serán los beneficiados de esta dotación de agua potable.

Descripción del Sitio del proyecto

El recinto Blanca Flor se encuentra ubicado en el cantón el Triunfo a 1km hacia el norte del recinto el Piedrero, pertenecientes a la provincia del Guayas y sus coordenadas son las siguientes.

Latitud: 2°20'36.2"S

Magnitud: 79°17'45.1"W (Google Maps, s.f.)

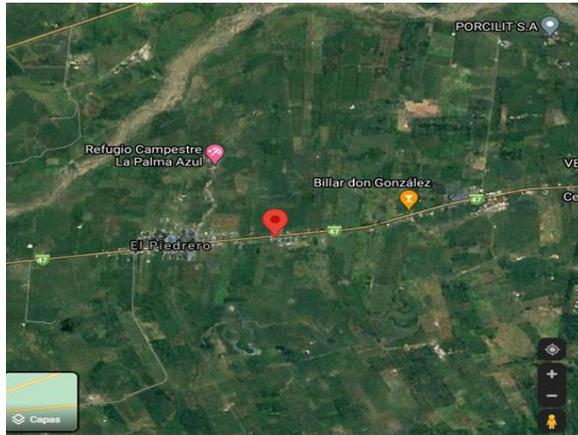


Figura 20 Vista satelital de Recinto Blanca Flor
Fuente: (Google Maps, s.f.)

El recinto Blanca Flor cuenta con una vía principal y una secundaria, la vía principal se encuentra en buenas condiciones de asfalto, mientras que la vía secundaria se encuentra dentro del recinto y es de piedra, en esta vía se puede transportar vehículos y maquinaria pesada sin ningún problema, en general esto nos ayuda a facilitar la logística del proyecto.



Figura 21 Recinto Blanca flor, Cantón El Triunfo
Autor: Aguayo, Heras (2022)

Infraestructura Existente

En la actualidad el Recinto Blanca Flor perteneciente a la Provincia del Guayas no cuenta con un sistema de bombeo y distribución de agua potable, por lo cual se ve la necesidad de surgir este diseño para que las personas del recinto tengan una dotación primordial de agua en sus vidas cotidianas.

Cabe recalcar que en el lugar ya existe un pozo perforado realizado por administraciones pasadas con sus debidos estudios de calidad y cantidad del líquido Vital, el cual los moradores se benefician por medio de una bomba de agua de potencia deficiente ya que es utilizada en etapas invernales debido a que carecen de agua potable de buena calidad.

Es importante saber que dicho recinto consta de un pozo perforado de 40 metros aproximadamente donde estaremos captando el líquido vital que ya fue estudiado previamente por administraciones pasadas.

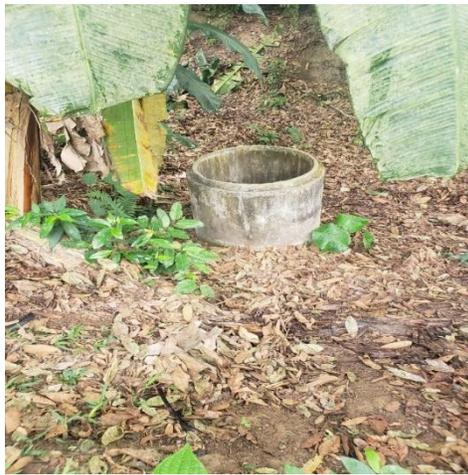


Figura 22 *Pozo existente de Agua potable en el recinto Blanca Flor*
Autor: Aguayo, Heras 2022

Servicios Públicos

El recinto Blanca Flor únicamente tiene una escuela ubicada en la comunidad y un centro de convergencia que se localiza cerca de la escuela. En cuanto al lavado de ropa y baño personal, la mayoría de las personas acostumbra a utilizar las de pozos existentes que aún se mantienen cerca del Recinto, o en algunos de los casos pozos personales por familias, las aguas servidas o aguas grises ellos las evacúan por medio de pozos de absorción.



Figura 23 *Escuela del Recinto Blanca flor*
Autor: Aguayo, Heras (2022)

Actividad Económica

Algunas de las familias del Recinto Blanca Flor se dedican a la agricultura como el cultivo de arroz, plátano y cacao, Aunque el sueldo de estas familias se estima en alrededor de \$ 200 a \$400 dólares por familia.

Población Actual

En el censo del 2010 se contabilizaron doscientos noventa y cuatro habitantes en total entre ellos niños, niñas, adolescentes, adultos y adultos mayores. Correspondientes a ciento cincuenta y ocho hombres y ciento treinta y seis mujeres tal como lo representa la siguiente tabla.

Tabla 5 CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA DEL 2010

| CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2001 | | | CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2010 | | | TASA DE CRECIMIENTO |
|------------------------------------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|---------------------|
| Hombre | Mujer | Total | Hombre | Mujer | Total | |
| 107 | 123 | 230 | 158 | 136 | 294 | 2.4% |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo INEM 2001-2010

Elaborado por: Aguayo & Heras (2022)

POBLACIÓN FUTURA

Para el estudio y diseño de una red de agua potable se debe realizar el cálculo de la población futura. Para la cual se emplea el método geométrico.

$$Pf: Pa * (1 + r)^n$$

En donde:

- Pf: Población futura (habitantes)
- Pa: Población actual (habitantes)
- r: Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal
- n: Período de diseño (años)

TASA DE CRECIMIENTO

$$r = \sqrt[n]{\frac{Pf}{Pa}} - 1$$

$$r: 0.024 \times 100$$

$$r: 2.40 \%$$

La norma rural de obras civiles estipula que para el diseño de un sistema de agua potable se debe estipular para un periodo de 25 años.

$$Pf: Pa * (1 + r)^n$$

$$Pf: 294 * (1 + 0.024)^{25}$$

$$Pf: 531 \text{ habitantes}$$

La población que el recinto blanca flor tendrá en un periodo futuro de 25 años es de 531 habitantes la cual se abastecerá de agua potable en óptimas condiciones.

Densidad Poblacional

La densidad Poblacional del diseño está relacionado directamente a la población futura y al Área de aportación.

$$Dp = PF / AD$$

Dónde:

- Dp = Densidad Poblacional
- PF = Población Futura = 531 hab.
- AD = Área Proyectada= 12.51 Ha.
- Dp = 531 hab. / 12.51 Ha.
- Dp = 42.44 Hab/ ha.
- Niveles de Servicio

Tabla 6 *Niveles de Servicio para Sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos Líquidos.*

| NIVEL | SISTEMA | DESCRIPCION |
|-------|---------|---|
| 0 | AP -DE | Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario |
| | | Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario |
| la | AP -DE | Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de agua |
| lb | AP -DE | Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas con o sin arrastre de agua. |
| lla | AP -DE | Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua |
| llb | AP-DRL | Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa. Sistema al alcantarillo sanitario. |

Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-2

Elaborado por: Aguayo & Heras (2022)

Tabla 7 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

| NIVEL DE SERVICIO | CLIMA FRÍO (L/hab*día) | CLIMA CÁLIDO (l/hab*día) |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------|
| la | 25 | 30 |
| lb | 50 | 65 |
| lla | 60 | 85 |
| llb | 75 | 100 |

Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-2

Elaborado por: Aguayo & Heras (2022)

Caudal Medio.

La siguiente formula es la representación del caudal medio.

Fórmula Consumo Medio Anual Diario

$$Q_m = f \times (P \times D) / 86400$$

En donde:

- Q_m = Caudal medio (l/s)
- f = Factor de fugas
- P =
- Población al final del período de diseño
- D = Dotación futura (l/hab x día)

Tabla 8 *Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de Sistemas de abastecimiento de agua potable.*

| Nivel de Servicio | Porcentaje de Fugas |
|-------------------|---------------------|
| Ia y Ib | 10% |
| IIa y IIb | 20% |

Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-2

Elaborado por: Aguayo & Heras (2022)

$$Q_m = f \times (P \times D) / 86400$$

$$Q_m = 1.20 \% \times (531 \times 100) / 86400$$

$$Q_m = 0.74 \text{ lts/seg}$$

TABLA 9 Niveles de Servicio

| NIVEL DE SERVICIO | CLIMA FRÍO (L/hab*día) | CLIMA CÁLIDO (l/hab*día) |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Ia | 25 | 30 |
| Ib | 50 | 65 |
| IIa | 60 | 85 |
| IIb | 75 | 100 |

Fuente: CPE INEN 5 Parte 9-2

Elaborado por: Aguayo & Heras (2022)

Caudal Máximo Diario (QMD)

Fórmula Consumo Máximo Diario

Nota: El factor de mayoración máximo diario (KMD) tiene un valor de 1.25, para todos los niveles de servicio

$$QMD = KMD \times Qm$$

$$QMD: 1.25 \times 0.123$$

$$QMD: 0.93 \text{ lt/seg}$$

En donde:

- QMD= Caudal máximo diario (l/s)
- KMD= Factor de mayoración máximo diario

Consumo Máximo Horario.

Nota: El factor de mayoración máximo horario (KMH) tiene un valor de 3 para todos los niveles de servicio.

$$QMH = KMH \times Qm$$

$$QMH = 3 \times 0.74$$

QMH= 2.22 lt/seg se define usar 2,30 lt/seg lt/seg

En donde:

- QMH= Caudal máximo horario (l/s)
- KMH= Factor de mayoración máximo horario

Modelación de La Red Mediante en el programa Epanet



Figura 24 Levantamiento Planimétrico de Lotes del Recinto Blanca Flor

Autor: Aguayo. Heras 2022

Tubería de Impulsión

Cálculo del caudal del bombeo

El caudal del bombeo se lo conoce como el gasto que tiende a considerar el consumo máximo diario tomando en cuenta la duración del bombeo, se lo calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Qb = QMD \frac{24 \text{ HORAS}}{\#}$$

Donde:

- Qb = Es el caudal bombeo.
- QMD = Hace referencia al caudal máximo diario.
- $\#$ = El numeral nos indica el número de tiempo de horas de bombeo.

En este caso vamos a otorgar un numeral de tiempo de bombeo asumiendo 6 horas diarias realizando el método discontinuo.

Entonces asumimos:

QMD = Tal valor (caudal máximo horario)

Nota: Respuesta sale L/s luego se convierte en m³/s

$$Qb: 0.93 \frac{24}{6}$$

$$Qb: 3.75 \frac{L}{s} / 1000$$

$$Qb: 0.00372 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de diámetro de la tubería de descarga

Para el cálculo daremos a conocer la fórmula de Bresse que debemos de despejar de la siguiente manera:

$$Q = A * V$$

$$Q = \frac{\pi\phi^2}{4} V$$

Se procede a despejar ϕ

$$\pi\phi^2 V = 4Q$$

$$\phi^2 = \frac{4Q}{\pi V}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Como resultado:

$$K = \sqrt{\frac{4}{\pi V}}$$

$$\phi = K\sqrt{Q}$$

Para determinar el Valor de la incógnita K en un sistema de bombeo discontinuo viene dado por la siguiente fórmula:

$$\phi = Kx^{1/4}\sqrt{Q}$$

X es el valor del número de Horas de Bombeo al día que se utilizará.

$$\phi = K\sqrt{Q}$$

Para sistema discontinuos K viene dado por el valor de V que está aproximado a un rango entre $(0,7 \leq K \leq 1,6)$. Es decir. $K=V$

Teniendo en cuenta que nos manejaremos en el rango de V: 1 m/s

$$K = \sqrt{\frac{4}{\pi V}}$$

$$K = \sqrt{\frac{4}{3,1416 * 1,0}}$$

$$K = 1,13$$

$$\phi = 1,13 \sqrt{0.00372}$$

$$\phi: 0.069m * 1000$$

$$\phi: 69 \text{ mm}$$

$$\phi: 3 \text{ pulgadas} \approx 75 \text{ milimetros}$$

Nota: Se tomó las 3 pulgadas para que las presiones no varíen hasta el último punto de la red, es decir que su presión se mantenga constante.

Altura Manométrica

Se representa mediante las siglas H_m y viene dada por la siguiente fórmula:

$$H_M = H_s + H_d + H_{hf}$$

Donde:

- H_s : Altura de succión, distancia entre la válvula chek y el eje de la bomba
- H_d : Altura de descarga, distancia desde el eje de la bomba hasta el punto más alto al que se quiere elevar el agua.

- Hhf: Altura de pérdidas de carga

La altura de succión es: 0 porque la succión está siendo realizada por una bomba sumergible

La altura de pérdida de Cargas es representada por la suma de pérdida de cargas por longitud de tuberías y por la pérdida de cargas por accesorios.

$$H_{hf} = h_{f_{longitud\ de\ tubería}} + h_{f_{accesorios}}$$

Donde:

- Q= Caudal, l/min
- C= Constante que depende de la rugosidad de la tubería, C= 140
- Ø= Diámetro, pulgadas

$$\varnothing = 2 \text{ pulgadas}$$

$$Q_b = 0.616 \text{ l/s}$$

$$Q = 223.2 \text{ l/min}$$

Formula de Hazen-Williams

$$HF = 10.648 * \left(\frac{1}{140}\right)^{1.852} * \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} * L$$

$$HF = 10.648 * \left(\frac{1}{140}\right)^{1.852} * \frac{223.2^{1.852}}{2^{4.871}} * 7.50$$

$$h_{f_{longitud\ de\ tubería}} = 6.473 \text{ m}$$

El método de pérdida de longitudes equivalentes es aquel que viene dado por pérdidas de presión correspondientes a codos, válvulas etc.

El cual usaremos para obtener la descripción de pérdidas de presiones por longitudes equivalentes.

3 Codo 90° radio corto 1/1.2" = 3 x 1.7 = 5.1m

1 Válvula de compuerta 1/ 1/2" = 1 x 0,40 = 0.40m

1 T de paso directo 1 1/2" = 1 x 1,10 = 1.10 m

$$hf_{Accesorios} = 5.1m + 0.40 m + 1.10m$$

$$hf_{Accesorios} = 6.6 m$$

Es decir que como resultado de pérdida de carga tendremos:

$$H_{hf} = 6.473m + 6.6m$$

$$H_{hf} = 13.073 m$$

La altura manométrica está representada por los siguientes valores:

$$H_M = 0m + 55m + 13.073m$$

$$H_M = 68.073m$$

CÁLCULO DE POTENCIA DEL SISTEMA DE BOMBEO

El sistema de Bombeo está representado mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q_B * H_M}{75\mu}$$

Dónde:

- Q_B : Caudal de diseño a captar en l/s
- H_M : Altura manométrica en m
- μ : Eficiencia del equipo 40 – 90%, la eficiencia a usar será del 70%

Entonces estaremos expresando la fórmula de la siguiente manera

$$P = \frac{Q_B * H_M}{75\mu}$$

$$P = \frac{3.72 * 68.073}{75 * 0,70}$$

$$P = 4.83 \text{ HP}$$

Los sistemas de Bombes deben de funcionar con la potencia instalada es decir:

$$P_i = P_c + \%$$

El porcentaje viene dado mediante la siguiente tabla

Tabla 10 *Porcentaje de funcionamiento de potencia para sistemas de bombeos*

| Pc (potencia del conjunto) | % |
|---|----------|
| < 2 HP | 50 |
| 2 - 5 HP | 30 |
| 5 -10 HP | 20 |
| 10 - 20 HP | 15 |
| <20 HP | 10 |

Fuente: (GEOHidraulica, 2021)

Elaborado por: Aguayo & Heras (2022)

La potencia instalada será:

$$P_i = 4.83 + 1.49$$

$$P_i = 6.28 \text{ HP}$$

$$P_i = 7 \text{ HP}$$

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

Calculamos el diámetro necesario con la fórmula de **Bresse**:

$$D = 1.3X^{1/4}\sqrt{Q_B}$$

$$X = \frac{\#horasbombeo}{24}$$

Se considera 6 horas de bombeo diarias

$$X: \frac{6}{24}$$

$$x: 0.25$$

$$D: 1.3 * 0.25^{\frac{1}{4}} * \sqrt{0.00372}$$

$$D: 0.056 \text{ m} * 1000 \text{ mm}$$

$$D: 56 \text{ mm}: 3 \text{ Pulgadas}$$

Nota: Con las tres pulgadas se podrá abastecer en 6 horas de bombeo el tanque elevado.

Dimensionamiento del Tanque elevado

Para este diseño se escogió un tanque de forma cilíndrica, el cual la base del mismo será plana y la tapa de cubierta será en forma de cúpula. Se determinó mediante la empresa municipal que abastece de agua al recinto que su consumo es de **25 m³/día** aproximadamente. Teniendo en cuenta las pérdidas del líquido que se sub divide en el riego de plantaciones que no disponen de un pozo de agua.

Asumiremos que la altura total será de 4 metros en Donde:

- H = Altura del Tanque Elevado
- V = Volumen

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * H$$

$$D = \left(\frac{4 * V}{\pi * H} \right)^{1/2}$$

$$D = \left(\frac{4 * 25m^3}{\pi * 4} \right)^{1/2}$$

$$D: 2.820m \approx 3 m$$

Características del tanque

- Estructura de soporte: Concreto reforzado
- Material del tanque: Concreto reforzado
- Tipo de tanque: Cilíndrico
- Dimensiones: 3,00 x 3,00 (D x H)

DIMENSIONAMIENTO

- Para poblaciones menores a 3000 habitantes el diámetro mínimo de la red es de 50mm.
- Para poblaciones entre 3000 y 20000 habitantes, el diámetro mínimo de la tubería de circuito es 90mm.
- Para poblaciones mayores a 20000 habitantes el diámetro mínimo de las tuberías del circuito es de 110mm.
- Para redes malladas o cerradas la longitud del circuito debe estar entre 500 y 2000m.

DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Se diseñará una red cerrada que consta de un solo circuito, en el siguiente cuadro le estaremos detallando las áreas de cada población. Cotas y caudales que tiene cada nudo.

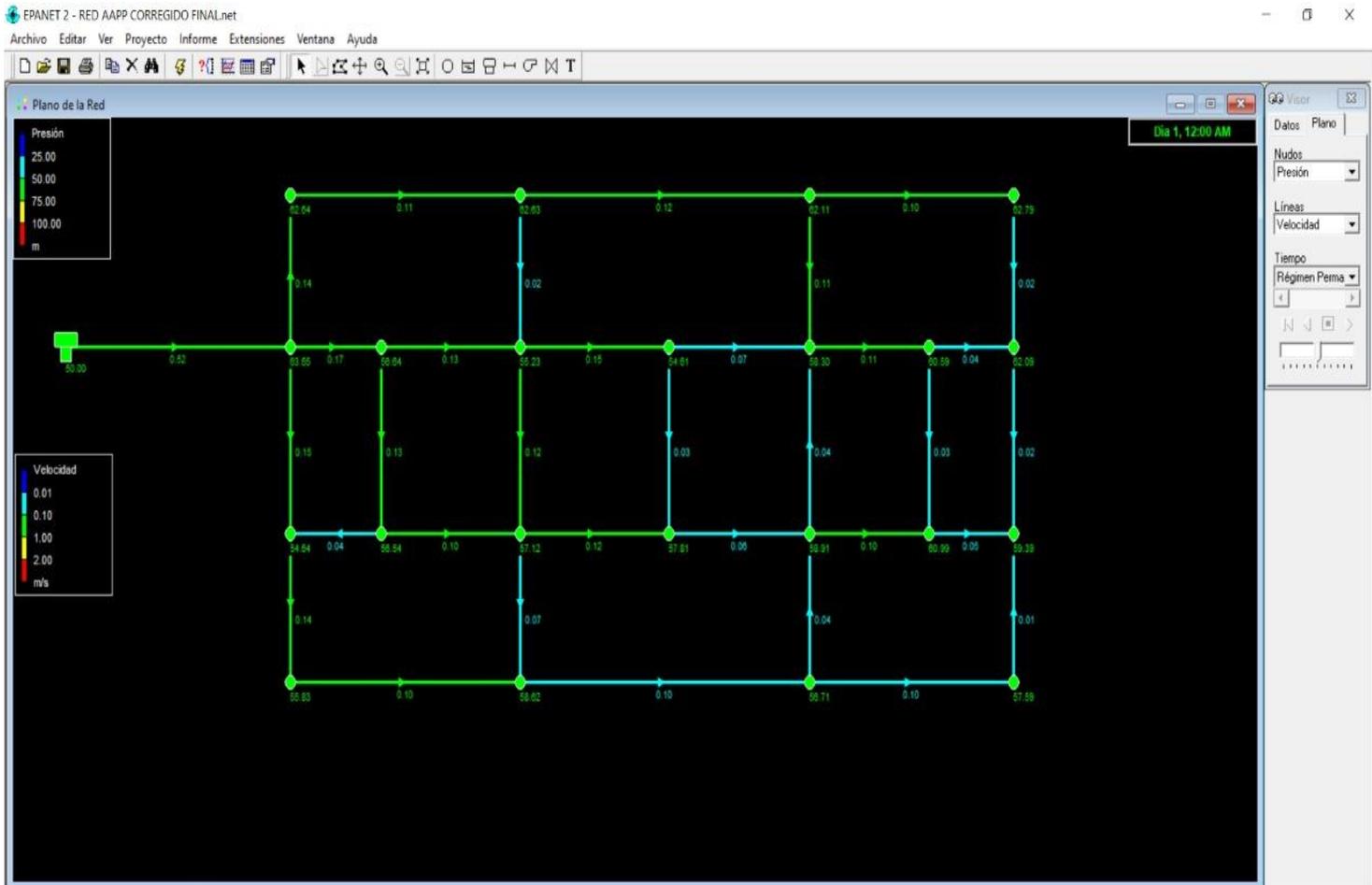


Figura 25: Modelo de red principal de Agua potable

Fuente: Aguayo, Heras (2022)

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DEL DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE

| TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS | | | | | |
|--|--|--------|----------|--------------|---------------------|
| Rubro | Descripcion | UNIDAD | CANTIDAD | P.UNITARIO | P.TOTAL |
| 1 | Limpieza y desbroce manual | m2 | 400 | 1,41 | \$ 564,00 |
| 2 | Replanteo y nivelación manual | m2 | 2800 | 1,73 | \$ 4.844,00 |
| 3 | Limpieza, Desarrollo y Prueba de Bombeo de pozo | horas | 8 | 14,08 | \$ 112,64 |
| 4 | Suministro e Inst. Bomba sumergible de alta presion de 7hp 230 v | u | 1 | 650 | \$ 650,00 |
| 5 | Sello Hidráulico | u | 1 | 59,18 | \$ 59,18 |
| 6 | Suministro e Inst. Tubería PVC Ø=3" | m | 100 | 6,07 | \$ 607,00 |
| 7 | Suministro e Inst. Tubería H. G Ø=2" para Agua Potable | m | 500 | 28,96 | \$ 14.480,00 |
| 8 | Codo 90° radio corto 1/1.2" | u | 3 | 2 | \$ 6,00 |
| 9 | Válvula de compuerta 1/ 1/2" | u | 1 | 5 | \$ 5,00 |
| 10 | T de paso directo 1 1/2" | u | 1 | 8,5 | \$ 8,50 |
| 11 | Excavación Manual | m3 | 4000 | 7,58 | \$ 30.320,00 |
| 12 | Relleno Compactado con material propio de excavación | m3 | 3200 | 1,45 | \$ 4.640,00 |
| 13 | Hormigón Simple f'c=210 Kg/cm2 | m3 | 30 | 228,3 | \$ 6.849,00 |
| 14 | Encofrado y desencofrado | m2 | 72 | 11,9 | \$ 856,80 |
| 15 | Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 | kg | 5340 | 2,99 | \$ 15.966,60 |
| 16 | Sum. e Inst. Válvula Check ø= 2 1/2" | u | 2 | 85 | \$ 170,00 |
| 17 | Suministro, Inst. y Prueba Acc.PVC 50 mm (tees, codo, cruz , tapón) | u | 11 | 15,7 | \$ 172,70 |
| 18 | Suministro, Inst. y Prueba Acc.PVC 63 mm (tees, codo, cruz , tapón) | u | 13 | 21,5 | \$ 279,50 |
| | | | | TOTAL | \$ 80.590,92 |

Figura 26: Presupuesto Final del costo total de la obra

Fuente: Aguayo, Heras (2022)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como resultado del diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable del recinto Blanca Flor de la Provincia del Guayas. Se puede definir como un diseño de bombeo y distribución de agua potable eficaz, ya que, el uso del programa Epanet sirvió para realizar una red cerrada obteniendo su caudal y presión para que de este modo la población contenga el líquido vital. (Claudia, 2020). Así mismo se identificaron otros criterios de diseño importantes como la población futura, el caudal máximo horario, y el consumo máximo horario para determinar los niveles actuales del servicio requerido de agua potable.

CONCLUSIONES

- El recinto Blanca Flor, perteneciente al Cantón el Triunfo se benefició con el diseño de un sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable, al estar finalizado el proyecto, mejorarán las condiciones de vida de los habitantes de esta población.
- Este diseño es de mucho valor para el Recinto Blanca Flor porque tendrán el suministro vital todo el día (las 24 horas del día). Por otra parte, este proyecto será de gran ayuda al desarrollo de la población y motiva al Ingeniero Civil a estar inmersos en el mundo de la ingeniería sanitaria e ingeniería hidráulica a conocer más de estas estructuras.
- Mediante el presupuesto obtenido se estimó que cada vivienda tendrá un valor aproximadamente de ochocientos dólares por instalación de suministro de agua potable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los Gobiernos Descentralizados Autónomos que inviertan más en dotar de adecuados sistemas de distribución de agua potable a los recintos marginados del país.
- Es aconsejable capacitar a los habitantes del Recinto Blanca Flor a utilizar el correcto manejo del agua y mantenimiento ajustado en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Conseguir mediante un acuerdo un personal que se haga responsable de la operación y mantenimiento de todo el sistema de distribución de agua potable del recinto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, N. (2014). Obtenido de https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/iq/tesis/tesis_aguilar_ramirez.pdf
- Alfaro, J. D. (2013). *Implicaciones del monitoreo periódico de la calidad del agua potable en el cantón de Grecia, Alajuela, Costa Rica*. Grecia Alejuela, Costa Rica: volumen 14. Obtenido de L. Chévez, “Implicaciones del monitoreo periódico de la calidad del agua ambientum. (Jueves de Junio de 2021). *Sistema de bombeo* . Obtenido de Sistema de bombeo : <https://www.ambientum.com/ambientum/energia/bombeo-solar-solucion-eficiente-la-extraccion-de-agua.asp>
- Aria, E. R. (04 de Diciembre de 2020). *Investigacion Cientifica*. Obtenido de Análisis y definiciones: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cientifica.html>
- Arteaga, G. (01 de Octubre de 2020). *Análisis y definicion del enfoque cuantitativo*. Obtenido de Métodos, Fortalezas y debilidades: <https://www.testsiteforme.com/enfoque-cuantitativo/>
- AWASA. (Lunes de Octubre de 2016). *Sistema de bombeo sumergibe*. Obtenido de Ssistema de bombeo: <https://awasa.com.mx/productos-tratamiento-de-aguas/equipo-de-bombeo/sistema-de-bombeo-sumergible/>
- Baena, B. (2017). *Análisis y Conceptos*. Obtenido de Investigacion teórica: http://www.xprtraining.com/investigacion/investigacion_teorica.html
- Blanca, E. (29 de Abril de 2021). *Conceptos de metodo descriptivo*. Obtenido de Definicion y analisis: <https://okdiario.com/curiosidades/que-metodo-descriptivo-2457888>

Bravo Quezada, Adriana Lisseth. (4 de Septiembre del 2017). *Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable de la parroquia el retiro, cantón machala, provincia el oro*. Provincia del Oro: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11582>.

Constitucion de la republica del Ecuador. (2008). *constitucion*. Obtenido de <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Constitucion.pdf>

eadic. (24 de Noviembre de 2020). *Diseño*. Obtenido de Diseño de redes de agua potable: <https://www.eadic.com/disenode-redes-de-agua-potable/>

Epanet. (Viernes 30 de Mayo de 2017). *Iiama*. Obtenido de Manual de epanet y elementos : https://www.iiama.upv.es/iiama/src/elementos/Software/2/epanet/EN2Manual_esp_v20012_ext.pdf

Espinoza, J. (2016). *Repositorio*. Obtenido de Redes de distribucion: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4456/1/REP_ING.CIVIL_MANUEL.ALAYO_JAIME.ESPINOZA_SIMULACION.HIDRULICA.LINEA.CONDUCCION.RED.DISTRIBUCION.AGUA.POTABLE.APLICANDO.SOFTWARE.WATERCAD.LAREDO.pdf

Expósito, J. (2019). *Hidrodinamica*. Obtenido de Tipos de captacion de agua subterranea: http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108803/secme-23836_1.pdf?sequence=1

Fluideco. (Lunes de Diciembre de 2019). *Bomba centrifuga*. Obtenido de Bomba centrifuga: <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-centrifuga/>

GEOHidraulica. (Viernes de Abril de 2021). *Sistema de bombeo*. Obtenido de Sistema tipos y funciones : <https://geohidraulica.com/sistema-de-bombeo-tipos-y-sus-funciones/>

Gonzales, O. (Martes 01 de octubre de 2015). *Repositorio*. Obtenido de Definicion de pozos y tipos:
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/7339/1/OSCAR%20RENE%20GONZALEZ%20HERNANDEZ.pdf>

Google Maps. (s.f.). *Ubicacion del recinto Blanca flor*. Obtenido de Latitud y magnitud:
<https://www.google.com.ec/maps/place/2%C2%B020'15.4%22S+79%C2%B015'55.5%22W/@-2.3373203,-79.2674759,795m/data=!3m1!1e3!4m14!1m7!3m6!1s0x91d2abf6cfca536d:0x4e93e464833e883c!2sEl+Piedrero!3b1!8m2!3d-2.344428!4d-79.3050839!3m5!1s0x0:0x56ae06bfe7d8464!7e2!8m2>

Ingenieriacivil. (lunes 26 de Marzo de 2012). *Tutoriales*. Obtenido de Redes de distribucion cerrada: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>

José Antonio Cabrera-Béjar, V. G. (2012). *Modelación de redes de distribución de agua con suministro intermitente*. MEXICO: Tecnol. cienc. agua vol.3. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000200001

Ley organica de recursos hidricos. (Agosto de 2014). *Transferencia y usos del agua*. Obtenido de hidricas: <https://www.etapa.net.ec/Portals/0/TRANSPARENCIA/Literal-a2/LEY->

ORGANICA-DE-RECURSOS-HIDRICOS_-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-
AGUA.pdf

Lossio, M. (jueves 26 de abril de 2012). *Definicion y ventajas*. Obtenido de estructura del sistema de agua:

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ICI_192.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Normalizacion, I. E. (2003). *Normas para estudio de diseño de sistema de agua potable*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf

Ortiz, E. (23 de Marzo de 2012). *Niveles teoricos y metodologicos*. Obtenido de Definicion: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-554X2012000100002

Plaremesa. (jueves de Septiembre de 2019). *Tanque elevados o depositos de agua*. Obtenido de Tanque elevados o depositos de agua: <https://www.plaremesa.net/tanques-elevados/>

Tuesca Molina, R. d. (2015). *Fuentes de abastecimientos de agua*. Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10584/5592>

Valades, L. (jueves 16 de febrero de 2017). *iagua*. Obtenido de Regulacion, reservacion y distribucion de tanques: <https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/almacenamiento-y-regulacion-agua-sistema-distribucion>

Wekker. (JUNIO de 2004). *Universidad Católica Andrés Bello*. Obtenido de https://aducarte.weebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/sistema_hidroneumatico.pdf

Westreicher, G. (Agosto de 2020). *Definicion de metodo*. Obtenido de Tipos de metodo: <https://economipedia.com/definiciones/metodo.html>

Yepez, V. (Lunes 27 de Enero de 2014). *BLOG*. Obtenido de Perforacion de martillos de fondo:
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/18/perforacion-con-martillo-en-fondo/>

Yulexis Guillén-Campo, B. L.-d. (2015). *Caracterización de redes hidráulicas en un circuito hidrométrico en una zona urbana*. Obtenido de Y. Guillén-Campo and B. Leyva-de la Cruz, “Caracterización de redes

ANEXOS

Anexo 1 En el proyecto se realizó 22 nudos en la red de agua potable con sus valores específicos de cada caudal como son: La demanda base, Altura y su presión como se muestra en la siguiente tabla.

EPANET 2 - RED AAPP CORREGIDO FINAL.net - [Tabla de Red - Nudos]

Archivo Editar Ver Proyecto Informe Extensiones Ventana Ayuda

| ID Nudo | Demanda Base LPS | Demanda LPS | Altura m | Presión m | Calidad |
|--------------|------------------|-------------|----------|-----------|---------|
| Conexión P1 | 0.12 | 0.12 | 84.65 | 63.65 | 0.00 |
| Conexión P2 | 0.12 | 0.12 | 84.64 | 62.64 | 0.00 |
| Conexión P22 | 0.12 | 0.12 | 84.64 | 54.64 | 0.00 |
| Conexión P21 | 0.12 | 0.12 | 84.63 | 55.83 | 0.00 |
| Conexión P11 | 0.11 | 0.11 | 84.64 | 56.64 | 0.00 |
| Conexión P12 | 0.11 | 0.11 | 84.64 | 56.54 | 0.00 |
| Conexión P3 | 0.10 | 0.10 | 84.63 | 62.63 | 0.00 |
| Conexión P10 | 0.10 | 0.10 | 84.63 | 55.23 | 0.00 |
| Conexión P13 | 0.10 | 0.10 | 84.62 | 57.12 | 0.00 |
| Conexión P20 | 0.10 | 0.10 | 84.62 | 58.62 | 0.00 |
| Conexión P4 | 0.10 | 0.10 | 84.61 | 62.11 | 0.00 |
| Conexión P5 | 0.10 | 0.10 | 84.59 | 62.79 | 0.00 |
| Conexión P8 | 0.10 | 0.10 | 84.60 | 58.30 | 0.00 |
| Conexión P6 | 0.10 | 0.10 | 84.59 | 62.09 | 0.00 |
| Conexión P7 | 0.10 | 0.10 | 84.59 | 60.59 | 0.00 |
| Conexión P9 | 0.10 | 0.10 | 84.61 | 54.61 | 0.00 |
| Conexión P14 | 0.10 | 0.10 | 84.61 | 57.81 | 0.00 |
| Conexión P19 | 0.10 | 0.10 | 84.61 | 56.71 | 0.00 |
| Conexión P15 | 0.10 | 0.10 | 84.61 | 58.91 | 0.00 |
| Conexión P16 | 0.10 | 0.10 | 84.59 | 60.99 | 0.00 |
| Conexión P17 | 0.10 | 0.10 | 84.59 | 59.39 | 0.00 |
| Conexión P18 | 0.10 | 0.10 | 84.59 | 57.59 | 0.00 |
| Depósito 23 | No Disponible | -2.30 | 85.00 | 50.00 | 0.00 |

Elaborado por : Aguayo & Heras (2022)

Anexo 2 En el diseño de la red de agua potable se obtuvo 43 tuberías obteniendo sus valores específicos como: La longitud, diámetro, rugosidad, caudal entre otros. Dando a conocer valores correctos para tener una dotación primordial en el recinto Blanca Flor

EPANET 2 - RED AAPP CORREGIDO FINAL.net - [Tabla de Red - Líneas]

Archivo Editar Ver Proyecto Informe Extensiones Ventana Ayuda

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Rugosidad | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd. Unit. m/km | Factor de Fricción | Veloc. de Reacción m/s/d | Calidad | Estado |
|------------|---------------|----------------|-----------|---------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------|---------|---------|
| Tubería 1 | 10 | 75 | 140 | 0.62 | 0.14 | 0.39 | 0.029 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 2 | 45 | 75 | 140 | 0.50 | 0.11 | 0.27 | 0.030 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 3 | 60 | 63 | 140 | 0.37 | 0.12 | 0.35 | 0.031 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 4 | 45 | 40 | 140 | 0.13 | 0.10 | 0.47 | 0.034 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 5 | 10 | 50 | 140 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.043 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 6 | 15 | 25 | 140 | 0.01 | 0.02 | 0.06 | 0.045 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 7 | 10 | 50 | 140 | -0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.045 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 8 | 45 | 40 | 140 | -0.12 | 0.10 | 0.43 | 0.034 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 9 | 60 | 63 | 140 | -0.30 | 0.10 | 0.24 | 0.032 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 10 | 45 | 63 | 140 | -0.31 | 0.10 | 0.26 | 0.032 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 11 | 10 | 63 | 140 | -0.43 | 0.14 | 0.47 | 0.030 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 12 | 15 | 63 | 140 | -0.48 | 0.15 | 0.56 | 0.030 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 13 | 5 | 90 | 140 | 1.08 | 0.17 | 0.45 | 0.028 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 14 | 40 | 75 | 140 | 0.58 | 0.13 | 0.34 | 0.030 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 15 | 30 | 50 | 140 | 0.29 | 0.15 | 0.68 | 0.031 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 16 | 30 | 50 | 140 | 0.14 | 0.07 | 0.19 | 0.034 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 17 | 40 | 50 | 140 | 0.22 | 0.11 | 0.40 | 0.032 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 18 | 5 | 50 | 140 | 0.08 | 0.04 | 0.07 | 0.037 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 26 | 15 | 50 | 140 | -0.23 | 0.12 | 0.44 | 0.032 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 29 | 15 | 32 | 140 | -0.03 | 0.04 | 0.12 | 0.040 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 31 | 15 | 40 | 140 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.041 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 32 | 15 | 63 | 140 | 0.39 | 0.13 | 0.39 | 0.031 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 33 | 15 | 40 | 140 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.040 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 23 | 40 | 40 | 140 | 0.13 | 0.10 | 0.46 | 0.034 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 24 | 5 | 50 | 140 | -0.08 | 0.04 | 0.06 | 0.037 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 35 | 40 | 50 | 140 | 0.20 | 0.10 | 0.36 | 0.033 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 36 | 30 | 50 | 140 | 0.24 | 0.12 | 0.49 | 0.032 | 0.00 | 0.00 | Abierto |

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Rugosidad | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd. Unit. m/km | Factor de Fricción | Veloc. de Reacción m/d | Calidad | Estado |
|------------|---------------|----------------|-----------|---------------|------------------|---------------------|-----------------------|------------------------------|---------|---------|
| Tubería 8 | 45 | 40 | 140 | -0.12 | 0.10 | 0.43 | 0.034 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 9 | 60 | 63 | 140 | -0.30 | 0.10 | 0.24 | 0.032 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 10 | 45 | 63 | 140 | -0.31 | 0.10 | 0.26 | 0.032 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 11 | 10 | 63 | 140 | -0.43 | 0.14 | 0.47 | 0.030 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 12 | 15 | 63 | 140 | -0.48 | 0.15 | 0.56 | 0.030 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 13 | 5 | 90 | 140 | 1.08 | 0.17 | 0.45 | 0.028 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 14 | 40 | 75 | 140 | 0.58 | 0.13 | 0.34 | 0.030 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 15 | 30 | 50 | 140 | 0.29 | 0.15 | 0.68 | 0.031 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 16 | 30 | 50 | 140 | 0.14 | 0.07 | 0.19 | 0.034 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 17 | 40 | 50 | 140 | 0.22 | 0.11 | 0.40 | 0.032 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 18 | 5 | 50 | 140 | 0.08 | 0.04 | 0.07 | 0.037 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 26 | 15 | 50 | 140 | -0.23 | 0.12 | 0.44 | 0.032 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 29 | 15 | 32 | 140 | -0.03 | 0.04 | 0.12 | 0.040 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 31 | 15 | 40 | 140 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.041 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 32 | 15 | 63 | 140 | 0.39 | 0.13 | 0.39 | 0.031 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 33 | 15 | 40 | 140 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.040 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 23 | 40 | 40 | 140 | 0.13 | 0.10 | 0.46 | 0.034 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 24 | 5 | 50 | 140 | -0.08 | 0.04 | 0.06 | 0.037 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 35 | 40 | 50 | 140 | 0.20 | 0.10 | 0.36 | 0.033 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 36 | 30 | 50 | 140 | 0.24 | 0.12 | 0.49 | 0.032 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 37 | 30 | 63 | 140 | 0.18 | 0.06 | 0.10 | 0.034 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 38 | 5 | 40 | 140 | 0.06 | 0.05 | 0.12 | 0.038 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 39 | 10 | 40 | 140 | 0.09 | 0.07 | 0.23 | 0.036 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 40 | 10 | 50 | 140 | -0.08 | 0.04 | 0.06 | 0.037 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 41 | 80 | 75 | 140 | -2.30 | 0.52 | 4.44 | 0.024 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 42 | 10 | 50 | 140 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.042 | 0.00 | 0.00 | Abierto |
| Tubería 43 | 10 | 40 | 140 | 0.14 | 0.11 | 0.51 | 0.034 | 0.00 | 0.00 | Abierto |

Elaborado por : Aguayo & Heras (2022)