UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

MONOGRAFÍA

“DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD FLOR DE PINO, MUNICIPIO DE KUKRA HILL, REGIÓN AUTÓNOMA COSTA CARIBE SUR (RACCS)”

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Dulyssa Belén García Vargas

Tutor

M.Sc Ing. Ricardo Javier Fajardo González

Managua, Diciembre 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE

Managua, lunes 12 de julio de 2021

Dr. Ing. Oscar Isaac Gutiérrez Somarriba
DECANO F.T.C.
Su despacho

Estimado Dr. Ing. Gutiérrez Somarriba:

Por este medio hago de su conocimiento que he concluido la tutoría del Trabajo Monográfico titulado "***DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD FLOR DE PINO, MUNICIPIO DE KUKRA HILL, REGIÓN AUTÓNOMA COSTA CARIBE SUR (RACCS)***", elaborado por la Bachiller: **DULYSSA BELÉN GARCÍA VARGAS** para optar al título de Ingeniero Civil de la Facultad de Tecnología de la Construcción (FTC) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

No omito manifestarle que la Bachiller en mención desarrolló con absoluta independencia el contenido de su trabajo investigativo, lo cual le da un gran valor científico-técnico para futuros estudiantes interesados en la temática presentada, por lo tanto, recomiendo la conformación del jurado examinador que valore el esfuerzo y dedicación que el bachiller **GARCÍA VARGAS** empleó en la culminación de tan importante trabajo monográfico.

Sin más a qué referirme, me suscribo de usted reiterándole las más altas muestras de consideración y respeto.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción
MANAGUA, NICARAGUA

M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González
e-mail: Ricardo.Fajardo@ftc.uni.edu.ni
Celular: (505) 8876-4913 & (505) 7887-7723 Tigo
Tutor

CC: Br. **DULYSSA BELÉN GARCÍA VARGAS** Sustentante
Archivo cronológico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.18
Managua, 04 Febrero del 2021

Bachiller
DULYSSA BELEN GARCIA VARGAS
Estimado (a) Bachiller:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO** titulado: **"DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD FLOR DE PINO, MUNICIPIO DE KUKRA HILL, REGION AUTONOMA COSTA CARIBE SUR (RACCS)"**.Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo que el **Ing. Ricardo Javier Fajardo González.** Sea el tutor de su trabajo final.

La fecha limite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **04 Agosto del 2021**

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción
DECANO
MANAGUA, NICARAGUA

CC: Protocolo
Tutor- Ing. Ricardo Javier Fajardo González.
Archivo*Consecutivo

INDICE

CAPÍTULO I: GENERALIDADES 1

1.1 Introducción 1

1.2 Antecedentes 2

1.3 Justificación 3

1.4 Objetivos 5

1.5 Descripción del área de estudio 6

1.5.2 Información socioeconómica 6

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 9

2.1 Origen, manifestación y movimiento del agua subterránea 9

2.2 Humedad del suelo y agua subterránea 9

2.3 Distribución sub-superficial del agua 10

2.4 Fundamentos de hidrogeología 11

2.5 Condiciones de la superficie freática 12

2.5.1 Condiciones de artesianismo 12

2.5.2 Factores de infiltración 13

2.5.3 Los procesos geológicos originan acuíferos 14

2.5.3.1 Las funciones de un acuífero 14

2.5.3.2 Porosidad 15

2.5.3.3 Permeabilidad 15

2.5.3.4 Espesor del acuífero 16

2.5.3.5 Acuíferos 16

2.5.3.6 Acuíferos libres 17

2.5.3.7 Acuíferos confinados 17

2.5.3.8 Acuíferos semiconfinados 18

2.6 Definiciones y parámetros para diseños de pozos 19

2.6.1 Hidráulica de pozos 19
2.6.2 Naturaleza del flujo convergente 19
2.6.3 Definición de términos 20
2.6.4 Flujo inicial desde el acuífero hasta pozo 21
2.6.5 Ecuaciones del régimen de equilibrio 22
2.6.6 Determinación de la permeabilidad del acuífero 25
2.6.7 Relación entre el diámetro del pozo y la descarga 26
2.6.8 Relación entre el abatimiento y la descarga 26
2.6.9 Ecuación del régimen de no equilibrio 27
2.6.9.1 Ecuación del no equilibrio 27
2.6.10 Recargas provenientes de un río 28
2.7 Zona de captación 29
2.7.1 Longitud de las rejillas 30
2.7.2 Abertura de las ranuras de las rejillas 31
2.7.3 Diámetro de la rejilla 31
2.7.4 Filtro de grava 32
2.7.5 Sello sanitario 33
2.7.6 Limpieza y desarrollo 33
2.8 Prueba de bombeo 34
2.8.1 Estación de bombeo 35
2.8.2 Carga Estática 35
2.8.3 Carga Dinámica (fricción) + perdida por accesorios 36
2.8.4 Calculo del coeficiente de fricción por artefactos 36
2.8.5 Proyección de la demanda 38
2.8.6 Cálculo de población proyectada 38

2.8.7 Dotación 38
2.8.8 Variaciones de consumo 39
2.8.9 Presiones máximas y mínimas 39
2.8.10 Pérdidas de agua en el sistema 40
2.9 Estaciones de bombeo 40
2.9.1 Equipo de bombeo y motor 41
2.9.1.1 Bombas verticales 41
2.9.2 Almacenamiento 43
2.9.3 Capacidad 43
2.9.3.1 Volumen del compensador 43
2.9.3.2 Volumen de reserva 43
2.9.3.3 Localización 44
2.9.4 Clases y tipo de tanques 44
2.9.4.1 Clases de tanques 44
2.10 Normas CAPRE para la calidad del agua 49
2.11 Estudios topográficos 51
2.12 Método de desinfección 52
2.13 Costo y presupuesto 53
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO 56
3.1 Información recopilada 56
3.1.3 Trabajo de gabinete 57
3.1.4 Programas utilizados 58
3.1.5 Criterios técnicos de diseño 58
3.1.6 Período de diseño 58
3.1.7 Cobertura 58

3.1.10 Análisis de precipitaciones de la zona de estudio 59
3.2 Caracterización de la formación acuífera en la zona de estudio. 61
3.4 Diseñar y seleccionar el equipo de bombeo según demanda y rendimiento 70
3.4.6.2.1 Nivel de servicio y dotación de agua 77
3.4.6.2.2 Tipos de consumo considerado 77
3.4.7 Presiones máximas y mínimas 79
3.4.8 Coeficiente de rugosidad (C) 80
3.4.9 Velocidades permisibles en tuberías 80
3.4.10 Cobertura y localización de tubería 80
3.4.12 Red de distribución 80
3.4.13 Concentración de caudales 81
3.4.14 Análisis hidráulico de la línea de conducción y red de distribución 81
3.4.15 Tanque de almacenamiento 81
CAPÍTULO IV: CÁLCULOS Y RESULTADOS 84
4.1 Precipitación 84
4.3 Parámetros preliminares 92
4.4 Golpe de ariete 96
4.5. Transmisividad 97
4.6. Filtro de grava 98
4.7 Selección de la rejilla 98
4.8 Determinación del área abierta de ranura 99
4.9 Sello sanitario 103
4.10 Cálculo del volumen de concreto a utilizar 103
4.11 Determinación del equipo para la prueba de bombeo 104
4.11.1 Determinación de la Carga Dinámica Total del equipo para prueba de bombeo…. 104

4.12 Línea de conducción e impulsión 117
4.12 Sistema de cloración 117
4.13 Casetas de operador y paneles eléctricos. 118
4.14 Análisis hidráulico de la red de distribución 118
4.14.1 Descripción de Modelo Hidráulico 119
4.14.2 Datos de entrada 119
4.14.3 Resultados 120
4.15 Diseño tanque para almacenamiento. 125
4.16 Conexiones domiciliarias 126
4.17 Presupuesto 126
4.18 Evaluación del impacto ambiental 135
4.19 Conclusiones 147
4.20 Recomendaciones 149
4.21 Bibliografía 150
4.22. Webgrafia 151
4.23 Anexos 152

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen María, por permitirme llegar hasta este punto, por proveerme siempre lo necesario para la vida y para la realización de este trabajo monográfico.

A mi abuelita (Q.E.P.D), madre y hermana que me dieron la fuerza para seguir adelante.

Agradezco de manera especial a mi tutor M.Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González por su apoyo y amabilidad, al brindarme sus conocimientos para la realización de este trabajo.

Dulyssa Belén García Vargas.

Resumen ejecutivo

El presente trabajo monográfico, ha sido realizado principalmente para brindar una propuesta debido al desabastecimiento del servicio de agua potable en la comunidad Flor de Pino, ubicada en el municipio de Kukra Hill, perteneciente a la región autónoma de la costa caribe sur (RACCS). Al respecto y de acuerdo a los objetivos del trabajo monográfico, se desarrollaron una serie de actividades de campo y gabinete, principalmente para recopilar los criterios para el diseño de cada componente que integrara el nuevo sistema de abastecimiento de la localidad.

El primer trabajo fue a través de la realización de un levantamiento de datos de población de estudio, con el 100% de la muestra de la localidad (250 viviendas), utilizando un formato de encuestas con metodología FISE para identificar los criterios de los servicios de agua y saneamiento rural. Una vez recopilada la información socioeconómica, se procedió a realizar el levantamiento topográfico aproximadamente de 4,900 metros, donde estará instalado principalmente el tendido de tuberías de las líneas de conducción, distribución, área para el almacenamiento y ubicación de la estación de bombeo.

Obtenida y procesada la información topográfica, se realizó el análisis de la proyección de la demanda y cálculos de los principales componentes del sistema. Al respecto, a través de la demanda de población proyectada y de acuerdo al periodo de diseño del sistema para 20 años (2021 – 2041), se calculan: el volumen y forma del almacenamiento, el caudal y potencia requerida del equipo de bombeo y de acuerdo a los niveles, caudales unitarios y presiones requeridas, estimar el diámetro de tuberías requeridas tanto en la conducción como distribución del sistema.

Además, se incluye una evaluación de los probables impactos de las condiciones ambientales de la zona, principalmente para la etapa de ejecución de esta obra, tomando en cuenta que esta zona es un área meramente agrícola. Como parte integral de este trabajo, también se incluye un set de planos constructivos del sistema y el presupuesto general de las obras, con sus especificaciones técnicas.

CAPÍTULO I.

GENERALIDADES

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Introducción

El crecimiento y desarrollo natural de las ciudades generan necesidades que deben ser previstas y atendidas a tiempo, de lo contrario representan un gran riesgo a la salud y bienestar de los habitantes que podrían manifestarse de diversas formas, principalmente en problemas endémicos. Como parte del desarrollo de las sociedades está el acceso a lo que se conoce como bienes y servicios de consumo básico, entre los cuales, se destaca el acceso al servicio de agua potable.

El agua es un elemento esencial para mantener la vida. Las necesidades básicas humanas de abastecimiento seguro de alimentos e inmunidad frente a las enfermedades dependen de ella. El desarrollo social y económico de cualquier país se basa así mismo en la disponibilidad de agua apta para consumo, sin embargo, la realidad es que más de la tercera parte del mundo se ve agobiada por una severa crisis del agua y de saneamiento.

Nicaragua por su gran posición geográfica y disponibilidad del recurso, el servicio de agua potable se está extendiendo mucho más y con mayor frecuencia en zonas rurales; por lo que los gobiernos municipales en conjunto las comunidades han aunado esfuerzos y fondos para mejorar el abastecimiento de agua potable, dando así mejores condiciones de vida para sus habitantes y un mejor aprovechamiento y administración del vital líquido.

Los principales objetivos de la política de abastecimiento de agua y saneamiento contenido en el Plan Nacional de Desarrollo Humano del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN), relacionados a los proyectos de agua entre los principales son:

1) *Aumentar la cobertura efectiva, mejorar la calidad del servicio, promover el uso racional de este recurso, y asegurar el mantenimiento de los sistemas y redes existentes*.

2) *Administración eficiente de los recursos hídricos y promoción de una conducta más solidaria de la población*[1].

Los mayores obstáculos y dificultades en el acceso a los servicios de agua y saneamiento continúan marginando a aquellos grupos con mayores índices de pobreza y menores índices de salud y educación, sobre todo en zonas muy recónditas y alejadas de las cabeceras municipales y un papel preponderante de la Universidad Nacional de Ingeniería es el de aportar soluciones, comprometidos con el desarrollo social y económico de nuestro país, siendo esto parte del proceso de involucrarse e interactuar con las distintas problemáticas que enfrentan las diferentes comunidades.

Es por ello e involucrándonos en la búsqueda de soluciones, es que se elabora y presenta ante las autoridades correspondiente el siguiente trabajo monográfico nombrado **"Diseño del sistema de agua potable de la comunidad Flor de Pino, en el municipio de Kukra Hill, perteneciente a la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS)"**, en el que se pretende beneficiar a 250 familias con un total de 1025 personas entre hombres, mujeres y niños, autóctonos de la zona de estudio. El diseño incluirá principalmente las conexiones domiciliares, contribuyendo de esta manera a mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

Dentro de la propuesta desarrollada, se identificaron los distintos escenarios técnicos y económicos viables, tomando en cuenta principalmente la configuración del diseño con el esquema Fuente – Tanque - Red. Para cada uno de los componentes se aplicarán las normas y criterios técnicos correspondientes vigente, prevaleciendo la Norma Técnica Obligatoria de Acueductos y Alcantarillados Rurales de INAA (actualmente ANA).

1.2 Antecedentes

La comunidad Flor de Pino no cuenta con mayores antecedentes a este tipo de estudio dado que es de reciente data de fundada (año 2010), considerando que

1 Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH). Periodo 2018 - 2021

la zona en la actualidad tiene un auge económico impulsado por el cultivo de la palma africana, sin embargo, en sus inicios, los pobladores se han abastecido de diversas maneras de acuerdo a la disponibilidad del recurso hídrico en la zona. Actualmente en la comunidad hay dos tipos de abastecimiento de agua, una parte se abastece de un sistema de abastecimiento de agua por gravedad construido, el resto se abastece de diferentes recursos hídricos.

Por otra parte, la situación de las fuentes de agua, cada vez más escasas y de peor calidad, esto hace necesario completar la intervención con acciones de conservación si se quiere garantizar la sostenibilidad. El agua consumida no es tratada con cloración necesaria y se desconocen sus características fisicoquímicas. Esta situación es un riesgo para la salud de los pobladores y especialmente en los niños y niñas que son los más vulnerables.

La mayoría de la población de la comunidad Flor de Pino, son de escasos recursos económicos, siendo sus actividades económicas implementadas como fuentes de ingreso en las familias en su mayoría la producción de granos básicos para el autoabastecimiento. Las familias que han llegado de zonas ganaderas están realizando esta práctica y elaborando productos derivados de la leche. Otros de más escaso recurso cultivan en pequeñas parcelas los granos básicos para su subsistencia y venden su mano de obra como jornaleros.

Igual hay grupos que se dedican a la venta de servicios sociales como profesores, enfermeras, pastores evangélicos etc. Por ultimo hay un grupo de gente que se han establecidos en la comunidad provenientes de otros lugares aledaños al municipio como comerciantes, siendo los que tienen mejor nivel de vida en cuanto a condiciones de infraestructura domiciliar y acceso a servicios básicos como energía, agua y saneamiento etc.

1.3 Justificación

Actualmente en la comunidad, solo el 30% de las familias tienen acceso al servicio de agua potable de manera periódica con una frecuencia de dos veces por se-

mana, el 70% restante se abastecen de diferentes formas, principalmente de pozos artesanales excavados, ojos de agua no protegidos y de quebradas. El abastecimiento de agua potable está considerado como uno de los principales indicadores de salud preventiva para la población y como uno de los factores que contribuyen al desarrollo de las comunidades.

Las mujeres y los niños tienen que acarrear el agua para consumo humano y para las tareas domésticas. La causa principal de este problema es que el sistema de agua potable que existe no es suficiente, ya que apenas se abastecen 70 familias (325 personas aproximadamente), la forma de acceso es diferente, mayoritariamente es un puesto en el patio, un puesto público o del vecino.

Este problema afecta aproximadamente a 700 personas de la comunidad, ya que no tienen acceso al agua segura, incrementando los índices estadísticos de enfermedades de origen hídrico (gastrointestinales y dérmicas), problemática que aumenta durante la época de verano. Por otra parte, el aumento del trabajo infantil y de la mujer en el hogar para poder abastecerse de agua potable, reduce la calidad de vida de los mismos, ya que deben acarrear agua y abastecerse de otro tipo de agua muchas veces de baja calidad.

El diseño del sistema de agua potable de la comunidad Flor de Pino contribuirá a mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la comunidad beneficiada, lo cual se logrará a través del acceso al servicio de agua potable, reduciendo el índice de enfermedades de origen hídrico y la disminución del trabajo de la mujer y la niñez en el hogar para abastecerse de agua.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar el diseño del sistema de agua potable de la comunidad Flor de Pino, en el municipio de Kukra Hill, perteneciente a la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS), para atender la demanda de agua de la población para un período de diseño de 20 años (2021 – 2041).

1.4.2 Objetivos específicos

1. Realizar un estudio socioeconómico del sitio de estudio.
2. Efectuar el levantamiento topográfico.
3. Proyectar la población y consumo de agua potable de la comunidad de análisis.
4. Diseñar cada elemento del sistema aplicando las normas y criterios de diseño vigentes (NTON 09 001 - 99) para zonas rurales, para un período de 20 años.
5. Elaborar el análisis hidráulico de las redes de conducción y distribución requeridas.
6. Calcular costos y un presupuesto de obras del sistema de abastecimiento de agua potable.
7. Elaborar planos constructivos del sistema, así como redactar especificaciones técnicas y un manual de operación y mantenimiento del sistema.
8. Realizar una evaluación ambiental para el sistema de agua potable propuesto.

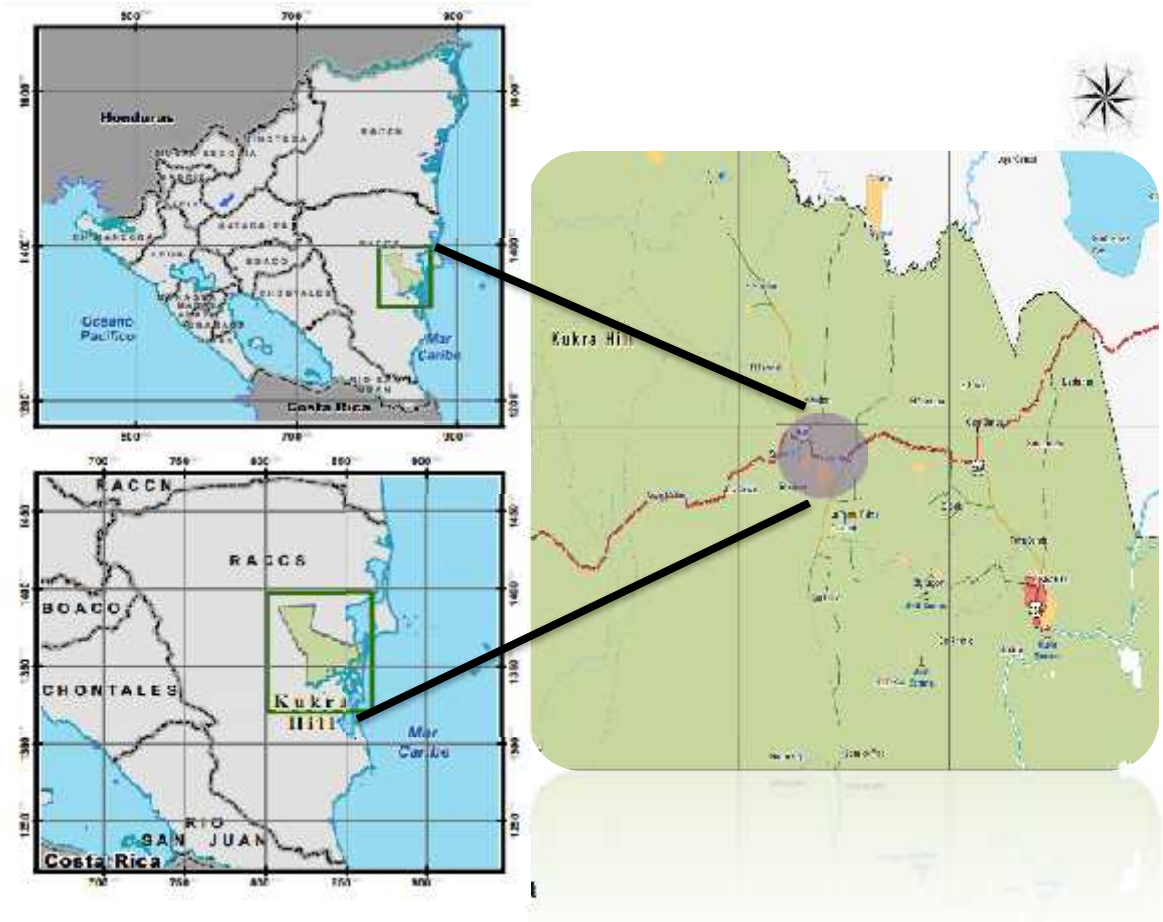
1.5 Descripción del área de estudio

1.5.1 Características del sitio

Los derroteros del municipio de Kukra Hill y de la comunidad Flor de Pino según dictamen técnico de INETER y de acuerdo a la investigación de campo en el análisis de los documentos jurídicos establecidos, se definen de la manera siguiente:

Al Norte: Con la comunidad el pachón.
Al Sur: Con la comunidad Samuel Lau.
Al Este: Con la comunidad El Zapote.
Al Oeste: Con la comunidad El borbollón.

Imagen # 1
Macro y microlocalización del sitio de estudio



Fuente: Mapas de INETER – Estudio socioeconómico de Alcaldía Municipal

1.5.2 Información socioeconómica del sitio

La comunidad Flor de Pino, se localiza a 25 kilómetros al noroeste de su cabecera municipal en Kukra Hill, en la región autónoma de la costa caribe sur (RACCS) con un área de estudio aproximada de 35 km², la cual cuenta con una población de 1025 habitantes, los cuales en su mayoría se dedican a las obras propias de la comunidad con la palma africana y otros en menor cuantía se dedican a la agricultura y ganadería, mientras que las mujeres atienden las labores del hogar, y entre una de sus actividades es la del acarrear el agua hasta la vivienda.

La problemática socioeconómica se deriva de las características y condiciones en que vive la población en cuanto a la ausencia o limitada disponibilidad de servicios básicos como el agua potable y la energía eléctrica en la mayoría de las viviendas, que ubican a la población en la categoría de población que vive en condiciones de pobreza baja. Las condiciones socioeconómicas que predominan en el territorio justifican claramente la necesidad de promover acciones para mejorar las condiciones socioeconómicas de la población, centrando la atención en la provisión de servicios básicos a la población de estas comunidades, pero también promoviendo acciones que compatibilicen la producción agropecuaria y forestal con el abastecimiento de agua potable.

Para este objetivo se tiene como fuente de información a la alcaldía municipal de Kukra Hill, debido a que este sitio se estableció recientemente, no obstante, se asume que las tasas de crecimiento se mantienen constantes y es posible aproximar los datos de manera proporcional de acuerdo a los ritmos de natalidad de la zona.

En la comunidad, el consumo de agua se realiza a través de dos maneras:

1) Un pequeño grupo de habitantes (325 personas) se abastecen de un puesto público.
2) El resto de los habitantes (aproximadamente unas 700 personas) se abastecen de pequeños cuerpos de agua existente en la zona, sin algún control sanitario.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Origen, manifestación y movimiento del agua subterránea

El ciclo hídrico de la Tierra consiste en la continua circulación de humedad y de agua sobre nuestro planeta. El ciclo no tiene principio ni fin, pero el concepto de ciclo hidrológico se origina en el agua de los océanos, los cuales cubren las tres cuartas partes de la superficie terráquea. La radiación solar lleva el agua de los océanos hasta la atmósfera por evaporación, el vapor de agua se eleva y luego se aglomera dando lugar a la formación de nubes. Bajo ciertas condiciones, la humedad contenida en las nubes se condensa y se precipita en forma de lluvias o variadas formas de precipitación, la verdadera fuente de casi todas las reservas de agua dulce la constituye la precipitación que cae sobre el área terrestre.

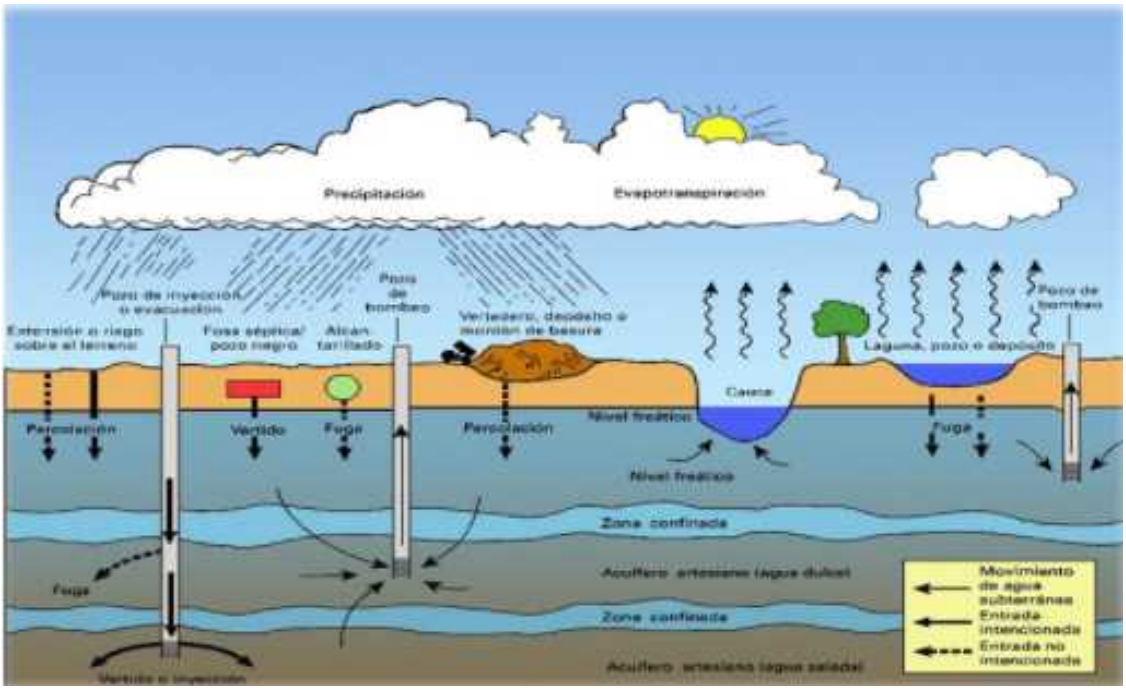
2.2 Humedad del suelo y agua subterránea

El agua que se infiltra en el suelo se denomina agua sub-superficial, pero no toda se convierte en agua subterránea. Tres son los hechos fundamentales que tienen relación con estas aguas:

Puede ser devuelta a la superficie por fuerzas capilares y evaporada hacia la atmosfera, ahorrándose así gran parte de su recorrido dentro del ciclo hidrológico. Puede ser absorbida por las raíces de las plantas que crecen en el suelo, ingresando de nuevo a la atmosfera a través del proceso de la transpiración.

La que se ha infiltrado profundamente en el suelo, puede ser obligada a descender por la fuerza de la gravedad, hasta que alcance el nivel de la zona de saturación que constituye el depósito de agua subterránea y que abastece de la misma a los pozos.

Imagen 3: Las fases sub-superficiales y del agua subterránea dentro del ciclo hidrológico



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson

2.3 Distribución sub-superficial del agua

Para comprender las manifestaciones del agua subterránea, se requiere estudiar la distribución vertical de los materiales geológicos sub-superficiales o formaciones. Los geólogos denominan rocas a todos los materiales de la corteza terrestre, ya sean no consolidados como las arenas y las arcillas, o consolidados, como el granito y la caliza.

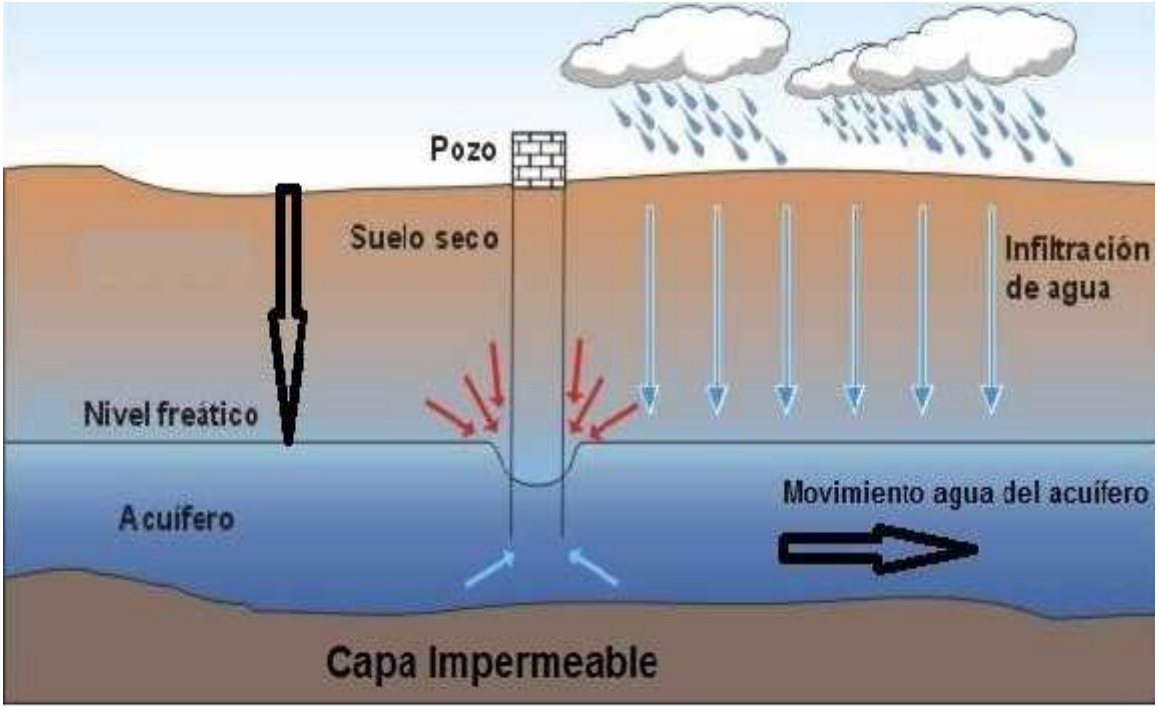
A mayor o menor profundidad, todos los materiales de la corteza terrestre son normalmente porosos, esta parte se denomina zona de fracturación. El estrato superior en donde las aberturas están solo parcialmente llenas de agua, se denomina zona de aeración, dividiéndose esta en tres franjas: la humedad del suelo, la intermedia, y la franja capilar. Inmediatamente, por debajo de esta y en donde estas aberturas están completamente llenas de agua, está la zona de saturación.

El agua contenida en la zona de saturación es la única parte de toda el agua del subsuelo de la cual se puede hablar con propiedad como agua subterránea. La

zona de saturación podría asimilarse a un gran embalse natural o sistemas de embalses cuya capacidad total es equivalente al volumen conjunto de los poros o aberturas de las rocas que se hallan llenas de agua.

El espesor de la zona de saturación varía desde pocos hasta varios cienes de metros, esto depende de la geología local, la presencia de poros o intersticios en las formaciones, la recarga y movimiento o desplazamiento del agua desde las áreas de recarga hasta las de descargas.

Imagen 4: El agua subterránea bajo zona de saturación



Fuente: Capa de aguas subterráneas. Johnson

2.4 Fundamentos de hidrogeología

Las aguas subterráneas provienen de la infiltración en el terreno de agua de lluvia, lagos y ríos, que después de pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas o fracturadas, denominadas acuíferos.

Los acuíferos desempeñan un papel fundamental, tanto como conductores de agua, desde sus zonas de recarga hasta lagos, ríos, manantiales, pantanos y captaciones construidas por el hombre, como almacenadores de estos recursos que,

posteriormente, pueden ser aprovechados para satisfacer las necesidades de abastecimiento de sus usuarios.

2.5 Condiciones de la superficie freática

En ciertos acuíferos, el agua subterránea se manifiesta bajo condiciones freáticas. Ello significa que el límite superior del acuífero queda definido por la superficie freática misma; o sea, en el plano superior de la porción saturada de la formación geológica, el agua contenida se encuentra sometida a presión atmosférica tal como si estuviese contenida en un recipiente abierto.

En estas condiciones, el acuífero mismo se denomina acuífero freático. Otros términos que también se utilizan para definir este estado del agua subterránea, son los de acuífero no confinado y agua subterránea libre.

En cualquier nivel dentro de un acuífero freático o libre, la presión hidrostática es equivalente a la profundidad media desde la superficie libre hasta el punto de cuestión y puede expresarse en metros columna de agua. Así, por ejemplo, una partícula de agua subterránea que se halle a una profundidad de 50 pies por debajo de la superficie freática, está sometida a una presión estática de 50 pies. Cuando se perfora un pozo dentro de un acuífero freático, el nivel estático dentro del pozo se halla a la misma elevación que en nivel freático.

La zona de saturación incluye tanto estratos permeables como impermeable de materiales terrestre. Los permeables constituyen acuífero. Cuando un acuífero yace entre estratos impermeable situado por encima y por debajo, se dice que tanto el acuífero como el agua contenida están confinados. Debido a la presión del estrato confinante superior, el agua del acuífero no se encuentra expuesta a la presión atmosférica. Así pues, el agua se halla dentro de los poros del acuífero a una mayor presión que la atmosférica.

2.5.1 Condiciones de artesianismo

Cuando el agua subterránea está confinada, se dice que se manifiesta en condiciones de artesianismo y el acuífero se denomina acuífero artesiano. Los términos de acuífero confinado y agua subterránea confinada se aplican para describir esta condición.

Cuando se perfora un pozo a través de un estrato confinante superior y se presenta dentro de un acuífero artesiano, el agua asciende dentro del pozo hasta alcanzar algún nivel cuya elevación se halla por encima del techo del acuífero. El nivel del agua dentro el pozo equivale a la presión artesiana del acuífero. La carga hidráulica expresada en pies de agua y para cualquier punto dentro del acuífero viene dada por la distancia vertical desde ese nivel al punto en cuestión.

La elevación a la que ascendería el agua dentro de un pozo que penetra dentro un acuífero artesiano se define por el término técnico nivel piezométrico, Kukra Hilll viene a ser una superficie que representa la presión o carga hidráulica existente. Esta superficie imaginaria es similar a la superficie líquida real que limita a un acuífero freático.

2.5.2 Factores de infiltración

En algunos lugares, los depósitos de agua subterránea son recargados rápidamente por la lluvia. En el sitio en el que el nivel de agua de lagos y ríos se halla más alto que el de la superficie freática y en donde sus lechos son permeables, el depósito es recargado por esos cuerpos líquidos. Cuando una corriente o un tramo de ésta brinda su contribución de agua a la zona de saturación, se dice que es una corriente afluente respecto al agua subterránea. Si por el contrario, el agua subterránea se halla a una elevación superior a la de un río y percola hacia este, se dice que la corriente es efluente de aquella.

La razón de recarga de un depósito de agua subterránea depende del régimen de precipitación de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos. Así mismo varía de acuerdo a la permeabilidad de los suelos.

La oportunidad de infiltrar depende en mucho de la condición del suelo, su contenido de humedad y la duración de la lluvia y del patrón de drenaje en la cuenca, asimismo de la pendiente de la superficie puesto que si es muy inclinada favorece a la escorrentía superficial y si es menos fuerte, retiene por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración.

2.5.3 Los procesos geológicos originan acuíferos

Los procesos geológicos crean rocas y acuíferos, pero a su vez, otros procesos posteriores los pueden destruir. Nuevas rocas se forman y se extienden sobre las anteriores en una sucesión de capas. Una vez que cualquier roca sedimentaria, ígnea o metamórfica queda constituida, los continuos eventos geológicos la alteran de varias maneras, lo que eventualmente mejora o daña sus propiedades acuíferas.

Las rocas que forman la corteza terrestre se han venido acumulando desde tiempos inmemorables. Su historia ha sido reunida pieza por pieza por los geólogos mediante el estudio de los fósiles que se han encontrado atrapados en su seno. Los acuíferos ostentan una variedad de formas y estructuras. Algunos depósitos marinos de arenisca se extienden sobre grandes áreas, son de textura uniforme y la variación de su espesor es muy poca.

Las disyunciones y las fracturas de ciertas rocas metamórficas tales como el granito, el gneis y la cuarcita, rinden algunas veces pequeñas cantidades de agua. Los acuíferos presentes en estos tipos de rocas no aparentan un tamaño o forma particulares, pero el agua subterránea generalmente tiene lugar cerca de la parte superior de la formación. La cantidad y el tamaño de las aberturas disminuyen rápidamente conforme aumenta la profundidad. Sería un desperdicio de tiempo, esfuerzo y dinero tratar de perforar más de unos cuantos metros en este tipo de materiales.

2.5.3.1 Las funciones de un acuífero

Son dos las funciones importantes que realiza un acuífero; almacenadora y otra transmisora. Primeramente, esta almacena agua, sirviendo como depósito y posteriormente transmite agua como lo hace un conducto. Las aberturas o poros de una formación acuífera sirven tanto de espacio para almacenamiento como de red de conductos.

El agua subterránea se mueve constantemente a través de distancias extensas y desde las áreas de recarga hacia las de descarga. El desplazamiento es muy lento, con velocidades que se miden en metros por día y a veces en metros por año. Como consecuencia de ello y del gran volumen que su porosidad representa, un acuífero retiene enormes cantidades de agua en almacenamiento inestable.

La discusión previa ha expuesto que las aberturas en las formaciones geológicas sub-superficiales son de tres clases generales:

- Aberturas comprendidas entre las partículas individuales, como en las formaciones constituidas por arena y grava.
- Fisuras, disyunciones o fracturas en las rocas duras.
- Canales de disolución y cavernas en las calizas y aberturas resultantes de la contracción y de la evolución de los gases en las lavas.

Las dos propiedades de un acuífero que tienen relación con su capacidad de almacenar agua, son su porosidad y rendimiento específico.

2.5.3.2 Porosidad

La porosidad de un acuífero es aquella parte de su volumen que consiste en aberturas o poros; o sea, la proporción de su volumen no ocupado por material sólido. Es un índice que indica cuánta agua puede ser almacenada en el material saturado.

2.5.3.3 Permeabilidad

Se denomina permeabilidad a la propiedad de una formación acuífera en lo referente a su función transmisora o de conducto. La permeabilidad se define como la capacidad de un medio poroso para trasmitir agua. El movimiento de agua de un

punto del material tiene lugar cuando se establece una diferencia de presión o carga entre dos puntos.

2.5.3.4 Espesor del acuífero

Corresponde a la distancia que existe entre el estrato impermeable y el nivel freático en acuíferos libres, siendo variables, en función de los cambios del nivel freático, de pocos metros a decenas de metros de magnitud. En acuíferos confinados y semi-confinados, corresponde a la distancia que existe entre los estratos impermeables que lo encierran, en este caso el valor es constante y puede variar en órdenes de magnitud de unos pocos metros, a cientos o miles de metros.

2.5.3.5 Acuíferos

Un acuífero es aquel estrato o formación geológica que permite la circulación del agua a través de sus poros y/o grietas. Dentro de estas formaciones puede encontrarse materiales muy variables como grava de río, calizas muy agrietadas, areniscas porosas poco cementada, arena de playa, algunas formaciones volcánicas depósitos de dunas.

Imagen 5: Estructura de un acuífero

Fuente: Capa de aguas subterráneas. Johnson

El material presente en un acuífero puede estar compuesto de diversos depósitos como arenas, gravas, limos, y arcillas, o también por formaciones geológicas tales como rocas fracturadas y/o fisuras provocadas por fallas o material calcáreo (calizas) con grietas producto de disolución. Dependiendo del caudal y características

del estrato, las aguas subterráneas pueden generar por erosión auténticos canales subterráneos por donde circula libremente.

En función de la presión hidrostática del agua encerrada en estos reservorios de agua, en posible clasificar los distintos tipos de acuíferos existentes. Por otro lado, reconocer el acuífero según su presión, se traduce en una circunstancia práctica muy útil que facilita el determinar el tipo de captaciones de agua subterránea. Entonces de acuerdo a lo anterior se tiene:

2.5.3.6 Acuíferos libres

Son aquellos en los cuales existe una superficie libre de agua almacenada que se encuentra a presión atmosférica. La superficie del agua correspondiente al nivel freático, podrá estar en contacto directo con el aire o no. En estos acuíferos, al perforar pozos que los atraviesan total o parcialmente, el agua alcanza un nivel que sería el mismo que tendría dentro de la formación geológica; es decir, el nivel freático (nivel real) coincide con el nivel piezométrico (nivel ideal que alcanzaría el agua a presión atmosférica).

2.5.3.7 Acuíferos confinados

En este tipo de acuífero, el agua contenida está sometida a ciertas presiones, superiores a las atmosféricas y ocupa la totalidad de los reservorios de la formación geológica, saturándola totalmente. Están sellados por materiales impermeables que no permiten que el agua ascienda hasta igualar su presión a la atmosférica. Por este motivo, al perforar pozos que atraviesen el límite superior del material que constituye el acuífero, se observará que el nivel del agua asciende muy rápido hasta que se estabiliza en el nivel piezométrico. Podrán darse pozos surgentes si el nivel del agua queda por encima del nivel topográfico y pozos artesianos si el nivel se estabiliza por debajo de la cota del terreno. De esta manera, si imaginamos una serie de pozos atravesando un acuífero de este tipo, y unimos los niveles que alcanza el agua en cada uno, obtendríamos una superficie piezométrica que no coincide con el nivel freático que tenía el acuífero en estado natural.

2.5.3.8 Acuíferos semiconfinados

Constituyen una variedad de los confinados, y se caracterizan por tener el techo (parte superior) y/o la base (parte inferior) sellado por materiales que no son totalmente impermeables. Los cuales permiten una filtración vertical que alimenta muy lentamente al acuífero principal. En estos casos, habrá situaciones en los que la recarga podrá hacerse en ambos sentidos en función de la diferencia de potencial. Los acuíferos son explotados a través de varios tipos de captaciones, entre las cuales, las más comunes son:

Pozos profundos: Perforados a través de muchas técnicas y generalmente requieren de grandes equipos de perforación.

Aljibes: Son pozos poco profundos, generalmente excavados a mano y algunas veces revestidos en piedra, ladrillo o cemento.

Manantiales**:** Son exposiciones naturales de las aguas subterráneas en superficie y que son aprovechados directamente, sin necesidad de grandes obras.

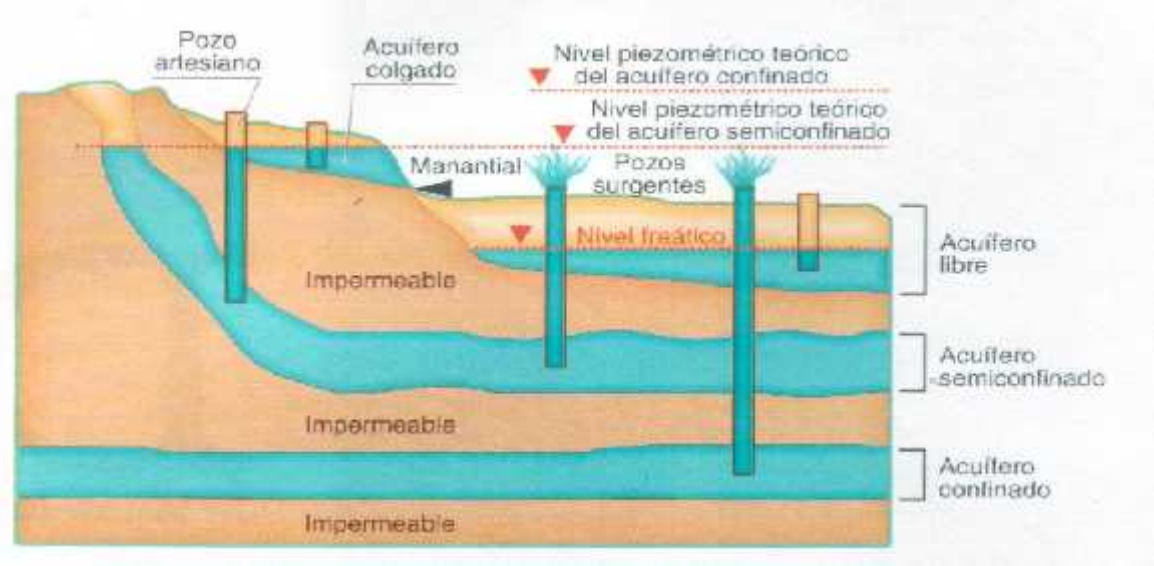
La elección de alguna de estas formas de acceder a los acuíferos dependerá tanto de las características hidrogeológicas de la zona en particular, como de las necesidades de abastecimiento del agua y de las condiciones socioeconómicas de la región.

Una de las grandes ventajas de las aguas subterráneas es que generalmente son de buena calidad para consumo humano por estar protegidas naturalmente por capas de suelos o rocas que tienen la capacidad para atenuar, retardar o retener algunos contaminantes, además de ser menos susceptibles que las aguas superficiales a cambios climáticos.

Por otro lado, una vez contaminadas las aguas subterráneas como consecuencia de alguna actividad en la superficie (agrícola, industrial, disposición de residuos o de afluentes, etc.) será casi imposible o demasiado costosa su recuperación. Por

lo anterior, cuando se accede a estos recursos hídricos, implícitamente debe haber compromiso con su protección y conservación para garantizar su aprovechamiento futuro.

Imagen 6: Tipos de acuíferos



Fuente: Capa de aguas subterráneas. Johnson

2.6 Definiciones y parámetros para diseños de pozos

2.6.1 Hidráulica de pozos

Un pozo es una estructura hidráulica que debidamente diseñada y construida permite efectuar la extracción económica de agua de una formación acuífera. Cuan adecuadamente se logra este propósito, es algo que depende de los siguientes tres aspectos:

- Una aplicación inteligente de los principios de la hidráulica en el análisis del pozo y del comportamiento del acuífero.
- La destreza al perforar y construir pozos, lo que permite tomar ventaja de las condiciones geológicas.
- Una selección tal de los materiales que asegure una larga duración a la estructura.

2.6.2 Naturaleza del flujo convergente

Cuando se inicia el bombeo, el nivel del agua en la vecindad del pozo bombeado desciende. La magnitud de este descenso del nivel del agua se denomina abatimiento. La mayor cantidad del descenso o abatimiento tiene lugar en el propio pozo. El abatimiento es menor a mayores distancias desde el pozo, y existe un punto a cierta distancia de este en el que el abatimiento es casi imperceptible. Esta distancia es variable para diferentes pozos. También es variable para el mismo pozo, ya que depende del caudal de bombeo y del tiempo de bombeo.

La ley de Darcy indica que, en el flujo a través de medios porosos, el gradiente hidráulico varía directamente con la velocidad. Con velocidad creciente, el gradiente hidráulico aumenta conforme el flujo converge hacia el pozo. Como resultado de lo anterior, la superficie líquida que ha descendido desarrolla una pendiente cada vez más pronunciada hacia el pozo. La forma de esta superficie se asemeja a una depresión cónica. Cualquier pozo que se someta a un bombeo queda rodeado por un cono de depresión.

Estos conos difieren de tamaños y formas dependiendo del caudal de extracción y extensión del tiempo de bombeo, características del acuífero, inclinación de la superficie freática y recarga que tenga lugar dentro de la zona de influencia del pozo.

2.6.3 Definición de términos

- Radio de influencia (R):

Es la distancia desde el centro del pozo, hasta el límite del cono de depresión. Este radio es mayor en los conos de depresión que rodean a pozos artesianos que en aquellos situados alrededor de pozos freáticos.

- Coeficiente de almacenamiento (S) de un acuífero:

Es el volumen de agua cedida o tomada del almacenamiento por unidad de área superficial cuando se produce un cambio unitario de carga. En los acuíferos de nivel freático, S equivale al rendimiento específico del material desecado durante el bombeo. El coeficiente de almacenamiento es un término adimensional, su valor

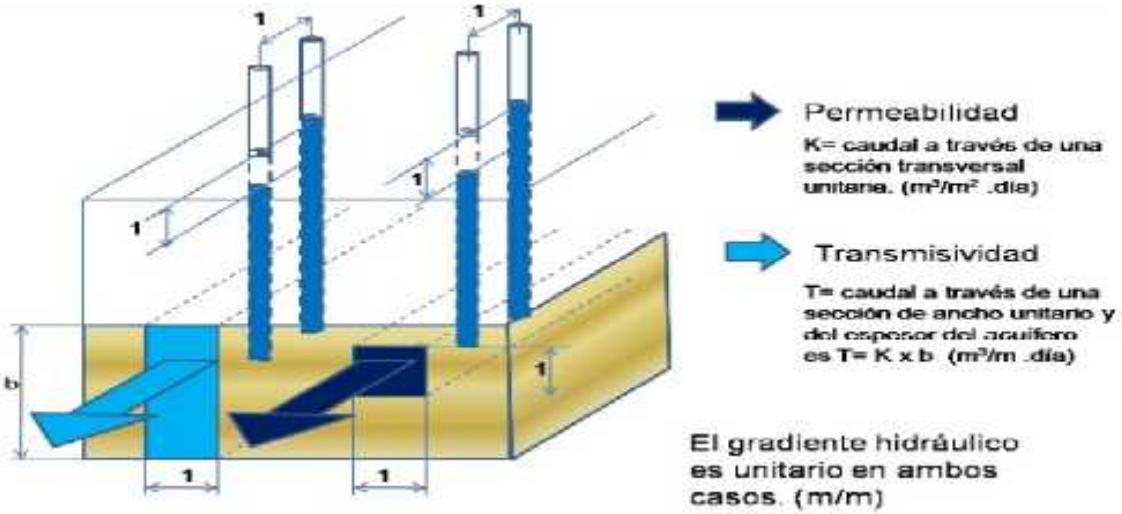
en los acuíferos libres varía desde 0.01 hasta 0.35; estos valores en un acuífero artesianos van desde 0.00001 hasta 0.001.

- Coeficiente de transmisividad (T) de un acuífero:

Es la razón a la cual fluye el agua a través de una franja vertical de acuífero de ancho unitario y de altura igual al espesor saturado del mismo, cuando el gradiente hidráulico es igual a 1, o sea 100 %. Los valores de transmisividad varían desde un poco menos de 0.50 hasta más de 500 m^3/hora/m.

Los coeficientes de transmisividad y de almacenamiento son especialmente importantes puesto que definen las características hidráulicas de la formación acuífera. El coeficiente de transmisividad indica cuánta agua se mueve a través de la formación, y el coeficiente de almacenamiento indica qué cantidad puede ser obtenida por bombeo o drenaje. El coeficiente de permeabilidad, multiplicado por el espesor del acuífero, es igual al coeficiente de transmisividad.

Imagen 7: Conceptos gráficos de los coeficientes de permeabilidad y transmisividad



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

2.6.4 Flujo inicial desde el acuífero hasta pozo

Cuando se bombea agua desde un pozo, la cantidad que se obtiene inicialmente proviene de lo almacenado en el acuífero, en la vecindad del mismo. Conforme continúa el bombeo, se va obteniendo más agua de la almacenada a distancias

cada vez mayores del pozo de bombeo. Esto significa que la forma circular del cono de depresión se debe expandir de modo que se desplace agua hacia el pozo desde distancias cada vez mayores. El radio de influencia del pozo aumenta conforme el cono continúa expandiéndose.

El abatimiento también aumenta conforme el cono se profundiza, para suministrar la carga adicional necesaria, a fin de que el agua se desplace desde una distancia mayor. Sin embargo, el cono se expande y se ahonda a una velocidad que disminuye con el tiempo puesto que con cada metro adicional de expansión horizontal se dispone de un volumen de agua almacenada mayor que en el precedente.

El hecho es que el cono continúa creciendo hasta que el acuífero recibe una recarga igual a la extracción. La recarga puede tener lugar en una o más de las formas siguientes:

- El cono se extiende hasta interceptar una recarga natural del acuífero, suficiente para igualar al caudal del bombeo.
- El cono se extenderá hasta interceptar alguna masa superficial de agua que pueda suministrar al acuífero la cantidad necesaria para igualar la descarga.
- El cono se extenderá hasta interceptar la suficiente recarga vertical de la precipitación que caiga dentro del radio de influencia que iguale a la descarga.
- El cono se extenderá hasta que exista la suficiente percolación a través de las formaciones sub o sobre yacientes que iguale a la descarga.

2.6.5 Ecuaciones del régimen de equilibrio

Varios investigadores derivaron hace varios años la ecuación de la descarga de pozos en régimen de equilibrio, existen dos ecuaciones básicas, una para condiciones libres o freáticas, y otra para artesianismo, ambas suponen que existe recarga en la periferia del cono de depresión. La ecuación para el pozo en condiciones libres es la siguiente:

$$Q = \frac{1.3 \quad (H^2 - h^2)}{\log \frac{R}{r}}$$ Ecuación 1

Donde:

Q: Rendimiento del pozo o caudal del bombeo, en m^3 por hora.

P: Permeabilidad de la formación, en m/hora.

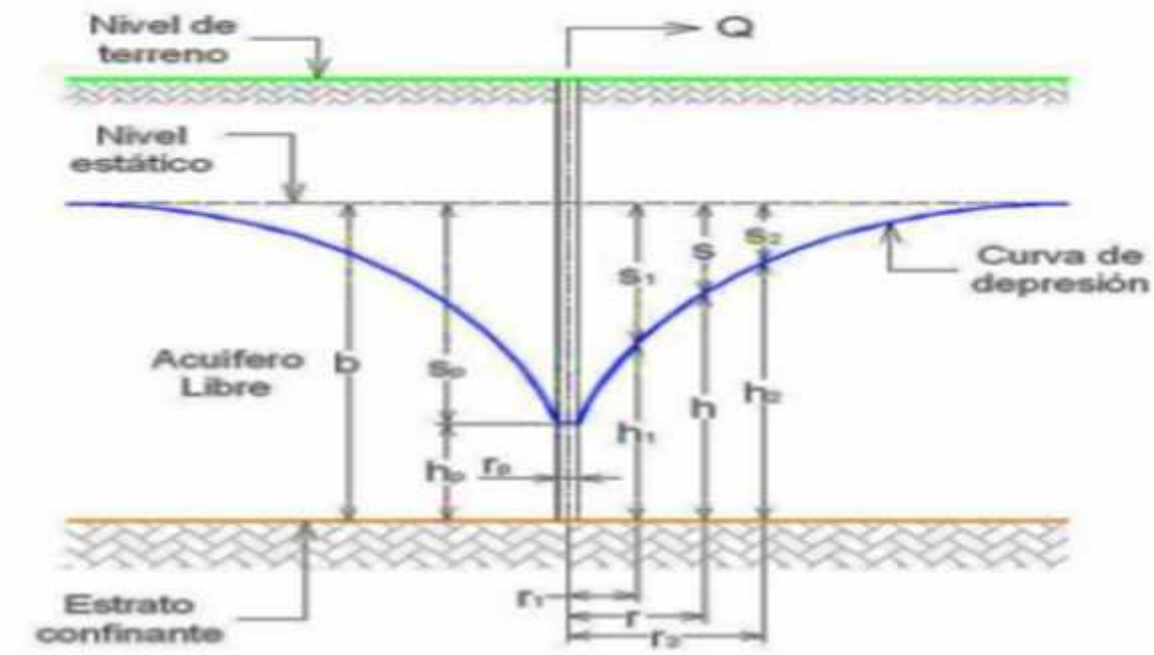
H: Espesor saturado del acuífero antes del bombeo, en m.

h: Profundidad del agua en el pozo durante el bombeo, en m.

R: Radio del cono de depresión, en m.

r: Radio del pozo, en m.

Imagen 8: Sección vertical de un pozo construido en un acuífero libre



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson

La ecuación para un pozo que opera en condiciones de artesianismo es la siguiente:

$$Q = \frac{2.7 \quad (H - h)}{\log \frac{R}{r}}$$ Ecuación 2

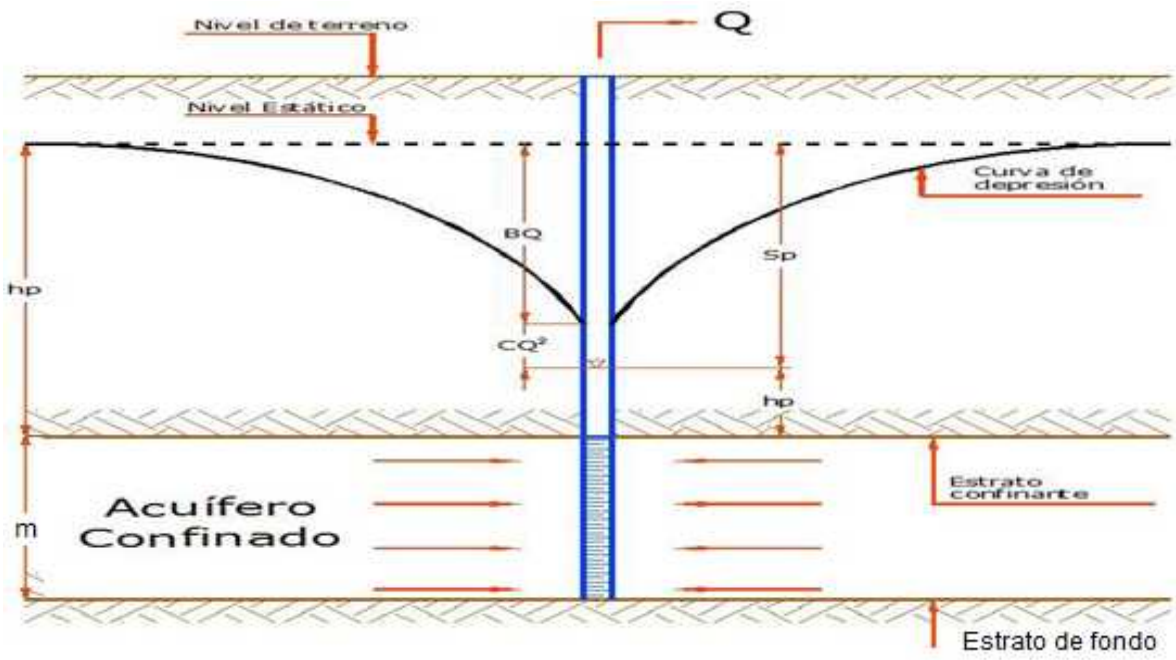
Donde:

m: Espesor del acuífero, en m.

H: Carga estática en el fondo del acuífero, en m.

Todos los otros términos son tal como quedaron definidos en la ecuación anterior para condición freática.

Imagen 9: Diagrama de un pozo emplazado en un acuífero artesiano



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

Las derivaciones de las ecuaciones anteriores se basan en las siguientes premisas de simplificación:

- Los materiales de la formación acuífera son de permeabilidad uniforme dentro del radio de influencia del pozo.
- El acuífero no se halla estratificado.
- En acuíferos freáticos y artesianos, el espesor saturado es constante antes de empezar el bombeo.
- El pozo de bombeo es 100% eficiente.
- El pozo de bombeo penetra hasta el fondo del acuífero.
- Las superficies freáticas y piezométricas no tienen pendientes, ambas constituyen planos horizontales.

- A través del acuífero y dentro del radio de influencia del pozo, existe flujo laminar.
- El cono de depresión ha alcanzado el equilibrio, de modo que tanto el abatimiento como el radio de influencia del pozo no sufren cambio a través del tiempo en el que se continúe bombeando a caudal constante.

Pareciera que estas suposiciones limitan severamente el uso de las ecuaciones; sin embargo, no es así. Una permeabilidad uniforme rara vez se encuentra en un acuífero real, pero la permeabilidad media que se determina mediante una prueba en el acuífero ha demostrado ser confiable para la predicción del comportamiento de los pozos.

2.6.6 Determinación de la permeabilidad del acuífero

El registro litológico de un pozo suministra los valores de H y m; R por lo general se estima; P puede determinarse mediante ensayos de campo o de laboratorio. La ecuación para calcular P en un acuífero freático es la siguiente:

$$P = \frac{Q \log \frac{r_2}{r_1}}{1.3 \ (h_2^2 - h_1^2)} \qquad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

P: Permeabilidad, en m/h.

Q: Caudal de bombeo, en m^3/h.

r_2: Distancia al pozo de observación más lejano, en m.

r_1: Distancia al pozo de observación más cercano, en m.

h_2: Espesor saturado en el sitio del pozo de observación más alejado, en m.

h_1: Espesor saturado en el sitio del pozo de observación más cercano, en m.

La ecuación para determinar la permeabilidad en condiciones artesianas mediante una prueba como la indicada, es la siguiente:

$$P = \frac{Q \log \frac{r_2}{r_1}}{2.7 \ m (h_2 - h_1)} \qquad \text{Ecuación 4}$$

En la cual todos los términos son los mismos a los anteriores, excepto los siguientes:

m: Espesor del acuífero, en m.
h_2: Carga en el sitio del pozo de observación más lejano, medida desde el fondo del acuífero, en m.
h_1**:** Carga en el sitio del pozo de observación más cercano, medida desde el fondo del acuífero, en m.

Además de brindar una manera precisa de calcular la permeabilidad media del acuífero, las fórmulas de equilibrio resultan muy útiles para estudiar las relaciones existentes entre los diversos factores y para determinar el rendimiento.

2.6.7 Relación entre el diámetro del pozo y la descarga

Tabla 1: Relación entre el diámetro del pozo y la descarga en porcentaje

Valor de descarga (en %)	Diámetro de perforación del pozo (en Pulgadas)						
	6"	12"	18"	24"	30"	36"	48"
	100	110	117	122	127	131	137
	--	100	106	111	116	119	125
	--	--	100	104	108	112	117
	--	--	--	100	104	107	112
	--	--	--	--	100	103	108
	--	--	--	--	--	100	105

Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson

2.6.8 Relación entre el abatimiento y la descarga

Pozos que funcionan en condiciones artesianas demuestran que la descarga es directamente proporcional al abatimiento, H=h siempre y cuando este abatimiento no sobrepase la distancia de la superficie piezométrica estática hasta el techo del acuífero. Si el abatimiento excede esta magnitud, el valor m se reducirá y esa proporcionalidad ya no se mantendrá teóricamente, ello significa que si el abatimiento se duplica el rendimiento también lo hace. Dicho de otra manera, la capacidad específica del pozo es constante para una razón constante de bombeo.

Para un pozo ubicado en un acuífero freático, aquella parte de la formación comprendida dentro del cono de depresión es realmente desecada durante el bombeo, esto influye en la relación que existe entre el abatimiento y la descarga. Cuando el abatimiento se duplica el rendimiento del pozo llega a ser menor que el doble. La capacidad específica disminuye conforme aumenta el abatimiento; de hecho, disminuye directamente en proporción al abatimiento.

2.6.9 Ecuación del régimen de no equilibrio

En 1935, Theis desarrolló la ecuación de no equilibrio, que se aplica a pozos que funcionan dentro este régimen. Mediante el uso de la ecuación se puede predecir el abatimiento en cualquier tiempo después de iniciado el bombeo.

La transmisividad y la permeabilidad promedio pueden determinarse desde las primeras etapas de una prueba de bombeo, sin tener que esperar que los niveles en los pozos de observación se hayan estabilizado virtualmente o alcanzado el equilibrio. Los coeficientes del acuífero se pueden determinar a partir de las mediciones de tiempo de abatimiento realizadas en un solo pozo de observación.

$$s = W(u)\left[\frac{Q}{4\pi T}\right] = W(u)\left[\frac{0.0}{T}\right] \qquad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

s: Abatimiento, en m.
W(u): Función del pozo que depende de la variable u, adimensional.
Q: Caudal de bombeo, en m³/día.
T: Transmisividad, en m³/día/m o m²/día.

2.6.9.1 Ecuación del no equilibrio

El método es una simplificación del método de Theis, y se usa únicamente si u es pequeña, es decir: u < 0.01

$$s = \frac{0.1}{4\pi T}\frac{Q}{}\left(\log\frac{2.2}{r^2 S}\frac{T}{}\right) \qquad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

s: Abatimiento, en m.

Q: Caudal de bombeo constante, en m^3/día.

T: Transmisividad, en m^2/día.

t: Tiempo, en días.

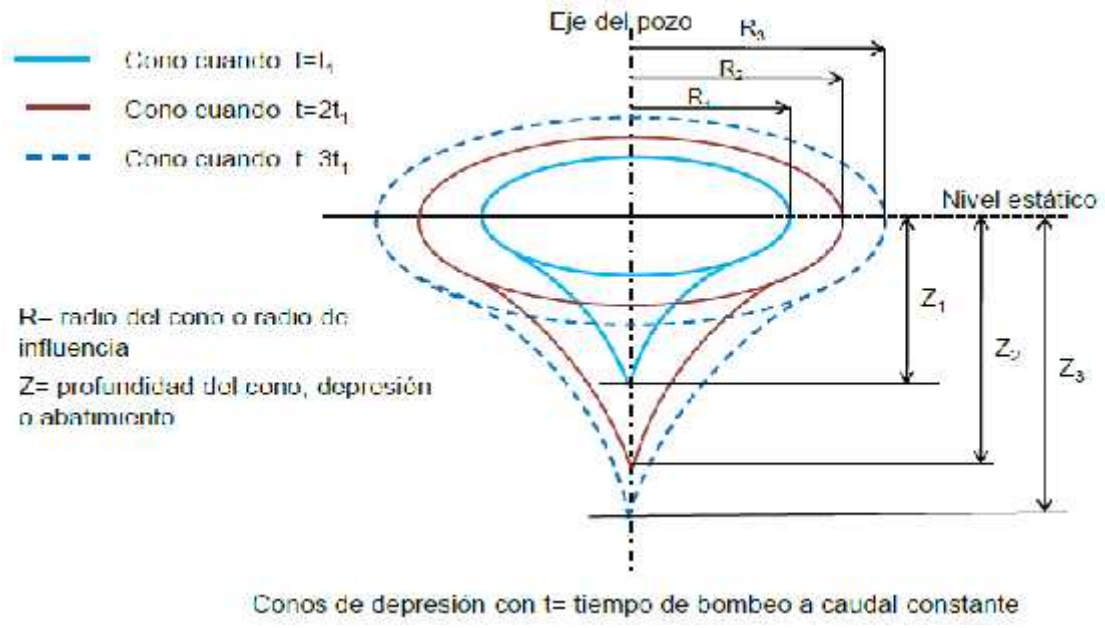
r: Distancia a la que se produce el abatimiento, en m.

S: Constante de almacenamiento, adimensional.

2.6.10 Recargas provenientes de un río

El establecimiento de las condiciones de equilibrio que estabilizan al cono de depresión en torno a un pozo que se está bombeando, puede ocurrir de diferentes maneras. Una de estas es cuando el acuífero es recargado por un rio o por un lago.

Imagen 10: Cono de depresión



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson

Durante la parte inicial del período de bombeo el cono de depresión no se extiende hasta el río y no se manifiesta ningún efecto de recarga, el nivel dinámico del pozo sigue descendiendo conforme transcurre el período de bombeo. Cuando el cono

de depresión se extiende por debajo de una parte del lecho del río, se desarrolla un gradiente hidráulico entre el agua subterránea en el acuífero y el agua del río.

De esta manera percola agua del río hacia abajo a través de un lecho permeable de este y bajo la influencia del gradiente hidráulico. De esta manera el río recarga al acuífero a una razón que aumenta conforme el cono de depresión se extiende.

2.7 Zona de captación

Se define como el sector vivo y activo de la obra, y corresponde a aquel sector de revestimiento que enfrenta la zona filtrante por donde se produce el ingreso del agua. Este sistema permite el ingreso de agua limpia al pozo, exenta de sedimentos, y debe cumplir con exigencia de orden hidráulico, de manera que el pozo sea eficiente y que su caudal especifico sea el mayor posible.

La zona de captación está conformada por dos partes: La rejilla o tubería ranurada, y el filtro de grava. Ambos elementos tienen por objeto permitir el acceso de agua libre de material fino en suspensión, impidiendo; además, derrumbes en la perforación. Los referidos elementos deben ser diseñados con el fin de generar el mínimo de pérdidas de carga hidráulica en el pozo. Existe una variedad de alternativas, tanto para tubería ranurada (orificios circulares, orificios rectangulares, ranuras verticales, y ranuras horizontales), como para rejilla de persianas o celosía, y rejilla Johnson. En cualquier caso, el fundamento hidráulico para una eficiente operación es el mismo, a mayor área abierta de la rejilla menor será la altura de succión. El tamaño de la rejilla está en función de la velocidad de entrada del flujo al interior del pozo, del espesor del acuífero, del área abierta de la rejilla, y del caudal. El área abierta de la rejilla puede llegar a reducirse hasta en un 50% como producto de la presencia de arenas, gravas, elementos, y crecimiento bacteriano.

La velocidad de entrada del flujo a través de las rejillas es un parámetro que se puede manejar para impedir el problema de reducción de su área. Los aumentos en velocidad y reducción de presión del agua que ingresa al pozo a través de la rejilla favorecen la formación de precipitados. Los valores de velocidad de entrada

del flujo recomendadas en función del conductividad hidráulica o permeabilidad del acuífero, se presentan a continuación:

Tabla 2: Valores recomendados de la velocidad de entrada según la conductividad hidráulica

K (m/día)	Velocidad de entrada (cm/s)
< 20	1,0
20	1,5
40	2,0
80	3,0
120	4,0
160	4,5
200	5,0
240	5,5
> 240	6,0

Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson

2.7.1 Longitud de las rejillas

La longitud de la rejilla debe escogerse con relación al espesor del acuífero, abatimiento disponible, y estratificación de la formación. Las reglas a utilizar se pueden aplicar a cuatro situaciones siguientes:

Acuífero artesiano homogéneo: En este acuífero deberá enrejillarse de un 70% a un 80 % del espesor del acuífero suponiendo que el nivel del agua no descienda por debajo del techo de este. Una buena práctica de diseño indica que el máximo abatimiento debe ser igual a la distancia que hay desde el nivel estático hasta el techo del acuífero.

Acuífero artesiano heterogéneo: Obviamente, en este tipo de formación acuífera lo mejor es enrejillar el estrato más permeable. Este se puede determinar mediante laboratorio, prueba de permeabilidad, análisis granulométrico, inspección visual, y una comparación de los materiales que representa cada estrato.

La confiabilidad depende de los factores económicos que gobiernan la obra y son los mismos que indican cuánto gasto está justificado hacer para determinar con mayor precisión los intervalos favorables del acuífero.

Acuífero freático homogéneo: Tanto la teoría como la experiencia han demostrado que al enrejillar el tercio inferior del acuífero se obtiene el mejor diseño para esta condición. En algunos pozos se puede enrejillar la mitad inferior del acuífero para obtener una mayor capacidad específica.

Acuífero de nivel freático heterogéneo: Los principios de diseño que se aplican a los acuíferos artesianos heterogéneos se utilizan también en los diseños de pozos perforados en acuíferos freáticos heterogéneos. La única variación en el caso de un acuífero freático es la posición de la rejilla o en los tramos de esta, que ahora deben colocarse en los intervalos inferiores permeables para disponer del máximo abatimiento.

2.7.2 Abertura de las ranuras de las rejillas

En aquellos pozos desarrollados de forma natural las aberturas de las rejillas se deben escoger mediante un análisis granulométrico, la abertura se escoge en la curva granulométrica como aquella que retendrá un 40 o 50 % de la arena.

En la naturaleza se presenta; por lo general, las formaciones heterogéneas o acuíferos estratificados. Cuando se trate de una formación de este tipo, la abertura de la ranura de los diversos tramos de una rejilla de pozo se escoge de modo que se ajuste a la gradación de los materiales de todos los estratos.

2.7.3 Diámetro de la rejilla

El diámetro de la rejilla se escoge con miras a cumplir con un principio básico que consiste en proveer suficiente área de entrada para que la velocidad del agua al pozo no exceda un cierto valor estipulado.

El diámetro de la rejilla constituye un factor que podría variarse una vez que la longitud y el tamaño de la ranura queda definido. En gran medida, son las características naturales del acuífero las que establecen estas dimensiones.

Las pruebas de laboratorio y la experiencia en el campo demuestran que, si la velocidad de entrada del agua a través de la rejilla es de un valor igual o menor de 3 cm/s, las pérdidas por fricción en las aberturas de las rejillas serán de un

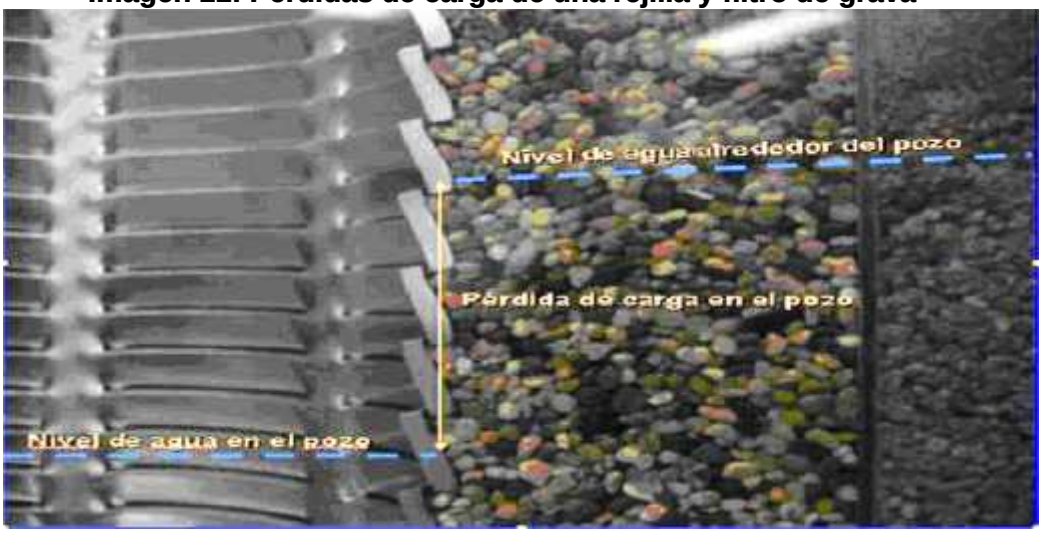
valor despreciable, por lo que las velocidades de incrustación y corrosión serán mínimas. Un valor comúnmente utilizado es el recomendado por la National Water Well Association, que indica que la velocidad máxima permitida es de 3 cm/s o 0.03 m/s.

2.7.4 Filtro de grava

Puesto que la teoría de diseño de la gradación de los filtros de grava se basa en la retención mecánica de las partículas de la formación, lo único que se necesitará será un espesor de filtro de solamente dos o tres tamaños de granos para que el filtro retenga y controle la arena de la formación.

Los materiales para filtro deberán estar limpios y contener granos bien redondeados que sean lisos y uniformes, estas características aumentan la permeabilidad y porosidad del material del filtro. Una menor separación hidráulica de las partículas tiene lugar en un material uniforme cuando se coloca o se deja asentar a una profundidad considerable dentro del agua.

Imagen 11: Pérdidas de carga de una rejilla y filtro de grava



Fuente: http://www.aguamarket.com/sql/temas interes/138.asp

Es fundamental una prolija selección de la grava, pues la permeabilidad del filtro debe ser mayor que la del acuífero. Se requiere de un trabajo minucioso y prudente en la colocación del filtro, procurando que no se pierda la graduación de la

grava elegida. El espesor del filtro deberá de ser de 7 a 20 cm (3 a 8”), dependiendo del valor de la profundidad del pozo y de lo regular de la construcción de la perforación.

En muchas ocasiones, las características del subsuelo posibilitan la creación de la pared de grava con las propias partículas que constituyen la formación. Al respecto se sugiere la siguiente receta para un buen diseño de estos filtros: Cualquier clase de material, por fino que sea, se puede controlar con un filtro construido por grava graduada, con partículas limitadas entre ¼ y ½’’ de diámetro.

2.7.5 Sello sanitario

Finalmente, durante el funcionamiento del pozo también será necesario adoptar las medidas correspondientes para evitar la entrada de aguas contaminadas, para ello se instala una protección superior que consiste en:

- Prolongar el revestimiento hasta 50 cm por encima del nivel del suelo.
- Cubrimiento de concreto en la entrada al pozo con pendientes hacia la periferia.
- Protección a base de material arcilloso en un radio dependiente de las condiciones locales.
- Cierre sanitario de la boca del pozo a base de chapas atornilladas con juntas o estancas de goma.
- Cementación del trasdós de revestimiento, al menos en los primeros tres metros.

2.7.6 Limpieza y desarrollo

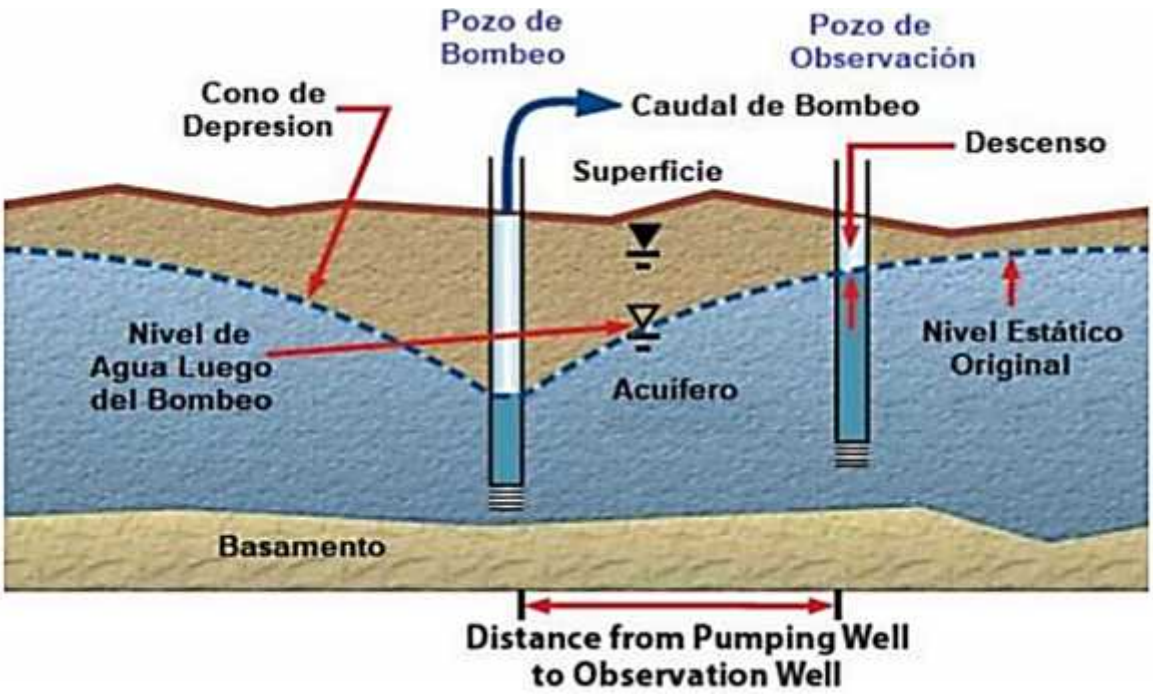
Ese proceso consiste en un conjunto de operaciones realizadas una vez colocada la rejilla, destinadas a extraer los residuos de la perforación (lodos); logrando un arreglo y mejoramiento en la granulometría; a aumentar la permeabilidad del acuífero hasta llegar al nivel que tenía previo a la perforación y que se ve reducida por la perforación misma al compactar las paredes del pozo y al extraer la presencia de lodos que recubren las paredes de este; y finalmente, a prolongar la vida útil del pozo.

Una vez terminado el pozo, debería realizarse operaciones de limpieza que tengan como objeto desalojar la bentonita, o; en forma general, los lodos de perforación utilizados durante la construcción. Los métodos de desarrollo son básicamente vaivén y pistón, chorros de agua a altas velocidades, aire comprimido, bombeo intermitente o agitación, y sobre bombeo.

2.8 Prueba de bombeo

Es de suma importancia la realización de prueba de bombeo o aforo al pozo recién construido o a los pozos ya existentes, con el propósito de saber los rendimientos de los pozos, esto es, el volumen de la descarga y el abatimiento. El objetivo de esta prueba es para conocer el caudal del pozo, es decir, el caudal óptimo de explotación donde el pozo tenga un rendimiento máximo, en cuanto a los niveles de bombeo o descenso del agua, ya sea en invierno o verano y no afecte la eficiencia de los pozos durante la operación definitiva del equipo sumergible a instalar.

Imagen 12: Esquema de prueba de bombeo



Fuente: Guide to Conducting Pumping Tests. British Columbia Government. 2015

Prueba a caudal variable o escalonada: La finalidad de esta prueba de extracción de agua es determinar el comportamiento del pozo en cuanto al descenso de los niveles de bombeo en la unidad de tiempo, esta prueba se realiza con diferentes caudales y se pasa al siguiente caudal cuando se logra mantener el nivel dinámico de bombeo con respecto al tiempo constante para un mismo caudal de explotación, puede tener hasta cuatro caudales diferentes. Prueba a caudal constante: Esta es la prueba definitiva y es de larga duración, se realiza con un solo caudal y puede durar 72 ó más horas continuas de bombeo.

2.8.1 Estación de bombeo

Antes de determinar el tamaño de un sistema de bombeo de agua, es necesario entender los conceptos básicos que describen las condiciones hidráulicas de una obra. El tamaño del sistema está en relación directa con el producto de la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen diario necesario. Este producto se conoce como ciclo hidráulico, la Carga Dinámica Total es la suma de la Carga Estática (CE) y la Carga Dinámica (CD):

$$CDT = hs + hfs + hfd + hfaccd + \Delta Top + hd \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

CDT= Carga dinámica total, en m
hs = Altura de succión, en m
hfs = Pérdidas por fricción en la tubería de succión, en m
hfd = Pérdidas por fricción en la tubería de descarga, en m
hfaccd = Pérdidas por fricción en los accesorios de la tubería de descarga, en m
Δ Top = desnivel topográfico, en m
hd = Altura de descarga, en m

2.8.2 Carga Estática

La carga estática puede obtenerse con mediciones directas, se trata de la distancia vertical que el agua recorre desde el nivel de abatimiento del pozo hasta la altura de descarga. La carga estática es entonces, la suma del abatimiento, el

Nivel Estático, y la altura de descarga. Todos los pozos experimentan el fenómeno de abatimiento cuando se bombea agua.

2.8.3 Carga Dinámica (fricción) + perdida por accesorios

La Carga Dinámica es el incremento de la presión causado por la resistencia al flujo al agua debido a la rugosidad de las tuberías y componentes como codos y válvulas. Esta rugosidad depende del material usado en la fabricación de las tuberías. Los tubos de acero producen una fricción diferente a la de los tubos de plástico (PVC) de similar tamaño. Además, el diámetro de los tubos influye en la fricción, mientras más estrechos, mayor resistencia producida.

2.8.4 Calculo del coeficiente de fricción por artefactos

Existen tablas publicadas por diferentes fabricantes que indican el porcentaje de fricción que debe añadirse en base al caudal, diámetro y material de las tuberías. En este apéndice se puede apreciar unas tablas de fricción para tuberías de PVC y acero galvanizado. Estas tablas proporcionan un valor más cercano al de la fricción real. El método de Hazen - Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 a 25 ˚C). La ecuación es sencilla, y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad “C” no está en función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga de tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero.

$$H = 10.674L\left(\frac{Q^{1.8}}{C^{1.8}\ D^{4.8}}\right) \qquad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

H: Pérdida de carga o de energía, en m.
L: Longitud de la tubería, en m.
Q: Caudal, en m^3/s.
C: Coeficiente de rugosidad, adimensional.
D: Diámetro interno de la tubería, en m.

Tabla 3: Valores del coeficiente de rugosidad de Hazen - Williams para diferentes materiales

Material	Coeficiente C	Material	Coeficiente C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Fuente: http://es.scribd.com/doc/57468533/Hazen-Williams

Una vez determinado el rendimiento del pozo, longitud de la línea de conducción donde descargará agua el pozo, niveles topográficos, y pérdidas de carga, se determinará la CTD, con estos parámetros se procederá a la selección del sistema de bombeo del pozo, para lo que se tomará en consideración los siguientes elementos:

- Equipo de bombeo.
- Válvulas de regulación y control.
- Equipo para cloración.
- Grupo generador de energía y fuerza motriz.
- Interruptores de máximo y mínimo nivel.
- Tablero de protección y control eléctrico.
- Caseta de bombeo.

2.8.5 Proyección de la demanda

Para el diseño de un sistema de agua potable en la zona rural se requiere aplicar de una serie de normas y criterios que no necesariamente deben ser las normas del sector urbano debido a que existen diferencias en ambos medios, debiendo considerar dentro de esas diferencias los factores culturales, económicos y sociales.

2.8.6 Cálculo de población proyectada

Para el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método geométrico, está expresado por la ecuación siguiente:

$$P_n = P_0(1 + r)^n \qquad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

P_n= Población proyectada, en hab.
P_o= Población al inicio del período de diseño, en hab.
r= Tasa de crecimiento en el período de diseño, en notación decimal.
n= Número de años que comprende el período de diseño, en años.

Si no se dispone de datos de población al inicio del período de diseño, deberá efectuarse un censo poblacional por medio de los representantes comunitarios o promotores sociales previamente entrenados. Conviene conocer la tasa de crecimiento histórico nacional para compararla con la obtenida en cada caso particular. Los valores anuales varían de 2.5 a 4 %. El proyectista deberá justificar la adopción de tasas de crecimiento diferentes a los valores indicados.

2.8.7 Dotación

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día, está en dependencia de:

- Nivel de servicio adoptado.
- Factores geográficos.

- Factores culturales.
- Uso del agua.

Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 lppd. Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliares de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd. Para pozos excavados a mano y perforados, se asignará una dotación de 20 a 30 lppd.

2.8.8 Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diaria y servirán de base para el dimensionamiento de la capacidad de obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc. Estos valores son los siguientes:

Consumo Máximo Diario (CMD).
Consumo Máximo Horario (CMH).

$$\mathrm{CMD} = 1.5\mathrm{CPD} + \mathrm{Qf} \qquad \text{Ecuación 10}$$

$$\mathrm{CMH} = 2.5\mathrm{CPD} + \mathrm{Qf} \qquad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

CMD: Consumo Máximo Diario en lps.
CPD: Consumo Promedio Diario, en lps.
CMH: Consumo Máximo Horario, en lps.
Qf: Pérdidas por fuga, máximo en un 20% del CPD

2.8.9 Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas durante el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda que éstas estén dentro de un rango permisible, específicamente los valores siguientes:

La carga residual mínima deberá ser de 5 m y máxima 50 m.

Se deberá asignar el coeficiente de rugosidad (C) de Hazen - Williams para los diferentes tipos de materiales de tubería a utilizar. Se recomienda fijar los valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en estos. Los valores permisibles son los siguientes:

Velocidad mínima: 0.4 m/s.
Velocidad máxima: 2 m/s.

Tabla 4: Períodos económicos de diseño para los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable

TIPOS DE COMPONENTES	PERÍODO DE DISEÑO
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro lento	20 años
Líneas de conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: Normas NTON 09001–99 INAA

2.8.10 Pérdidas de agua en el sistema

Cuando se proyectan sistemas de abastecimiento de agua potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes, la cantidad total de agua pérdida se fija como un porcentaje del Consumo Promedio Diario, cuyo valor no deberá ser mayor del 20% con respecto al CPD.

2.9 Estaciones de bombeo

En las estaciones de bombeo para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman, lo que consiste en: Caseta de protección de conexiones eléctricas o mecánicas, conexión de bomba o sarta, fundación y equipo de bombeo (bomba y motor), y tipo de energía.

2.9.1 Equipo de bombeo y motor

2.9.1.1 Bombas verticales

Los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos perforados son los de turbina de eje vertical y sumergible, para su selección deben tomarse en cuenta los factores siguientes:

- Nivel de bombeo de acuerdo a los resultados de las pruebas de bombeo efectuado al pozo.
- Variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en las estaciones secas y lluviosas.

El diámetro del ademe del pozo en Kukra Hilll debe estar relacionado al caudal a extraerse según la tabla siguiente:

Tabla 5: Relación entre el diámetro interno del pozo y el caudal de bombeo

Diámetro interno Ademe del pozo		Caudal del bombeo	
Pulg	**Mm**	**GPM**	**lps**
6	150	160	10
8	200	240	15
10	250	400	25

Fuente: Normas NTON 09001–99 INAA

El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo, acoplada a la bomba, será diseñada para una pérdida de fricción no mayor que el 5 % de su longitud, por lo cual se recomiendan los diámetros para columnas de bombeo en relación al caudal.

Tabla 6: Relación entre el diámetro de la columna de bombeo y el caudal de bombeo

Diámetro de columna de bombeo		Caudal del bombeo	
Pulg	**Mm**	**GPM**	**lps**
3	75	50	3.15
4	100	100	6.3
6	150	600	37.8

Fuente: Normas NTON 09001–99 INAA

El diámetro de la tubería de impulsión no deberá ser menor que el admitido por las bombas, en caso de que el diámetro de la tubería de succión sea mayor que el de la admisión de la bomba (bombas horizontales), se debe conectar una reducción excéntrica. En la tubería de descarga se deberá efectuar un estudio económico-comparativo de diversos diámetros para seleccionar el más apropiado.

De acuerdo al tipo de bomba a instalarse, se tienen motores eléctricos verticales que se emplean para bombas centrifugas en pozos profundos, motores eléctricos sumergibles, y motores para bombas horizontales con capacidad de uso corriente, dados por los fabricantes, que oscilan entre los 3 y 200 HP, y de mayor capacidad. Se tiene que considerar como norma, emplear un factor de 1.15 para calcular la potencia del motor en base a la potencia de la bomba debido a la pérdida mecánica.

Las velocidades de operación de los motores eléctricos varían de acuerdo a la capacidad o caudal del equipo de bombeo. De acuerdo a la capacidad de los motores eléctricos, se recomienda los tipos de energía siguientes:

Para motores de 3 a 5 HP emplear 1/60/110 energía monofásica, para motores mayores de 5 HP y menores de 50 HP se usará 3/60/220 y mayores de 50 HP se empleará 3/60/440 energía trifásica.

2.9.2 Almacenamiento

Debido a que las normas actuales de diseño de abastecimiento y potabilización de agua (NTON 09001–99 INAA) tienen como objetivo el establecimiento de las principales directrices para el propósito indicado (ver prólogo de documento de normas de diseño), y tomando en consideración que el acueducto opera bajo el esquema fuente-tanque-red, existe el riesgo de que los tanques de almacenamiento, en un buen número de casos, no logren ser llenados, debido; por lo general, a la falta de una buena micromedición en la red de distribución y a excesos de fugas en las tuberías u otros componentes del acueducto.

Cuando las condiciones de altitud del área del proyecto y sus alrededores sean llanas, y para evitar la necesidad de construir un tanque sobre torre de gran volumen excesivamente elevado, el volumen de almacenamiento total podrá dividirse en dos partes, uno sobre torre, cuyo volumen será de un 10 a 20 % del volumen total de diseño; mediante el cual se proveerá las presiones de servicio mínimas en los sectores más desfavorables de la red de distribución, el segundo volumen de almacenamiento será sobre el suelo, y podrá estar contenido en uno o dos tanques que contendrán de un 80 a 90 % del volumen total de diseño.

2.9.3 Capacidad

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá satisfacer las condiciones siguientes:

2.9.3.1 Volumen del compensador

El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo se estimará en un 15 % del Consumo Promedio Diario.

2.9.3.2 Volumen de reserva

El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará en un 20 % del Consumo Promedio Diario.

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

2.9.3.3 Localización

Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicio aceptables en los puntos de distribución.

2.9.4 Clases y tipo de tanques

2.9.4.1 Clases de tanques

Las clases de tanques, de acuerdo a los materiales de construcción, se clasifican en:

2.9.4.1.1 Mampostería

Se recomienda construir tanques de esta materia en aquellas localidades en donde se disponga de piedra bolón o piedra cantera, la altura no será mayor de 2.5 metros.

2.9.4.1.2 Concreto reforzado

En la construcción de tanques con este material, se debe considerar la permeabilidad del terreno, la altura no será mayor de 3 metros.

2.9.4.1.3 Acero

Se propone construir tanques de acero cuando en la localidad no se disponga de materiales locales como en los casos anteriores, y por razones de requerimiento de presiones de servicio.

2.9.4.2 Tipos de tanques

2.9.4.2.1 Tanques sobre el suelo

Se recomienda este tipo de tanques cuando la topografía del terreno lo permita, y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera. En el diseño de los tanques debe de considerarse lo siguiente:

a) Cuando la entrada y salida de agua es por medio de tuberías separadas, estas se ubicarán en los lados opuestos con la finalidad de permitir la circulación de esta.

b) Debe considerarse un paso directo y el tanque conectado tipo puente, de tal manera que permita mantener el servicio mientras se efectué el lavado o reparación del tanque.

c) La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.

d) Se instalará válvulas de: Compuerta, limpieza, entrada y salida (con excepción de las de rebose) en todas las tuberías, y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo brida.

e) Se debe considerar los demás accesorios como: Escaleras, respiraderos, indicador de niveles y acceso con su tapadera.

f) Se recomienda que los tanques tengan una altura máxima de 3 metros, con un borde libre de 0.5 metros, y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En casos especiales, se construirán tanques de acero sobre el suelo.

2.9.4.2.2 Tanques elevados

En el diseño de tanques elevados (que generalmente son de acero), debe considerarse lo siguiente:

a) El nivel mínimo del agua en el tanque debe ser capaz de lograr presiones adecuadas en la red de distribución.

b) Se debe emplear la misma tubería de entrada y salida del agua en caso de que el sistema fuese del tipo fuente-red-tanque.

c) La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.

d) Se instalará válvulas de compuerta en todas las tuberías (exceptuando la de rebose), y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo brida.

e) Debe considerarse los demás accesorios como: Escaleras, dispositivos de ventilación, acceso con su tapadera, indicador de niveles, y; en caso especial, una luz roja para prevenir accidentes.

f) Las escaleras exteriores deben tener protección adecuada y se diseñará dispositivos que permitan controlar el nivel máximo y mínimo del agua en el tanque.

2.9.4.2.3 Tipo cisterna

Este tipo de almacenamiento se recomienda en pequeñas granjas o comunidades rurales en donde se carece de aguas superficiales o subterráneas; por lo tanto, el agua de lluvia es la fuente disponible de abastecimiento local. El agua de lluvia que escurre en los sistemas de techos, se conduce a través de canales y ductos de bajantes a las cisternas de almacenamiento situadas sobre el piso o soterrado.

La cisterna puede ser construida de mampostería u hormigón armado, en ella se puede emplazar una bomba de mano de acción directa o de mecate para la distribución de agua.

2.9.5 Red de distribución

La red de distribución está compuesta por tuberías secundarias que transportan grandes cantidades de agua desde las artesanías principales hacia las diferentes comunidades para suplir la demanda normal para uso cotidiano, y tienen las siguientes funciones principales que cumplir:

- Suministrar el agua potable suficiente a los diferentes consumidores en forma sanitariamente segura.

- Proveer suficiente agua para combatir incendios en cualquier punto del sistema.

2.9.5.1 Sistema convencional

Es el sistema de abastecimiento que INAA ha realizado tradicionalmente y en donde se considera en el análisis de la red: La dotación domiciliar y la dotación contra incendio, incluyendo la implementación de cierto número de válvulas para la operación y mantenimiento del sistema como son las válvulas de purga y limpieza.

2.9.7 Conexiones domiciliares

Para el proyecto, la conexión domiciliaria comprende desde el empalme de la tubería matriz o red de distribución, hasta el punto de entrega al usuario, que corresponde al medidor domiciliar instalado fuera o dentro de la línea de la propiedad del beneficiario.

2.9.8 Estructuras complementarias

Las obras complementarias de un sistema de agua potable se concretizan en conectores instalados en la línea de conducción y red de distribución, con el objetivo

de una mayor eficiencia operativa del acueducto, que comprenden: Válvulas reguladoras de presión, válvulas de aire, válvulas de limpieza, válvulas de pase, etc.

2.9.8.1 Válvulas de seccionamiento

La ubicación y cantidad de válvulas de seccionamiento en una red de distribución se determina con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red en caso de reparaciones o ampliaciones, manteniendo el servicio en el resto de esta. Mientras mayor número de válvulas tenga la red, menor será la parte sin servicio en caso de una reparación, pero más costoso el proyecto. En poblaciones concentradas, debe proveerse una válvula de ingreso a la red y en los puntos en donde exista un ramal de derivación importante.

2.9.8.2 Válvulas de purga de lodos

Las válvulas de purga de lodos se ubicarán en los puntos de cotas más bajas de la red de distribución, en donde se pudieran acumular sedimentos, se deberá considerar sistemas de purga.

2.9.8.3 Válvulas reductoras de presión

Las válvulas reductoras de presión reducen automáticamente la presión aguas debajo de las mismas, hasta un valor prefijado. En los casos en los que no se pueda acceder a una válvula reductora de presión se puede optar por el uso de una cámara rompe presión.

2.9.8.4 Cámara de válvula de aire

El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto. Para evitar acumulación, es necesario instalar válvulas de aire automáticas (ventosas) o manuales.

2.9.8.5 Cámara de válvula de purga

Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.

2.9.8.6 Cámara rompe presión

Al existir fuerte desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, puede generarse presiones superiores a la máxima que puede soportar la tubería. En este caso, se sugiere la instalación de cámaras rompe presión cada 50 m de desnivel.

2.9.8.7 Combinación de tuberías

Es posible diseñar la línea de conducción mediante la combinación de tuberías, tiene la ventaja de optimizar las pérdidas de carga, conseguir presiones dentro de los rangos admisibles y disminuir los costos del proyecto.

2.10 Normas CAPRE para la calidad del agua

El agua de consumo deberá ser examinada con el objeto de determinar las características siguientes:

1) Bacteriológicas
2) Físicas
3) Químicas

La calidad del agua deberá estar de acuerdo a las normas CAPRE Y OMS. Las presentes normas de calidad del agua para el consumo humano han sido adoptadas de la “Norma Regional de Calidad del agua para el Consumo Humano”.

2.10.1 Parámetros bacteriológicos y organolépticos

El agua destinada para el consumo humano no debe contener microorganismos patógenos. Debe estar libre de bacterias indicadoras de contaminación por excretas. Para asegurarse de que una red de distribución de agua satisface las normas de calidad bacteriológicas, es importante que las muestras sean examinadas regularmente para detectar estos indicadores de contaminación fecal.

El muestreo para análisis bacteriológico se refiere exclusivamente a la toma de muestras de agua para su análisis en el laboratorio, para la determinación de microorganismos. Las muestras se toman en puntos debidamente seleccionados y representativos de todo el sistema, comprobando si los resultados cumplen con los parámetros bacteriológicos que la hacen apta para el consumo humano.

2.10.2 Parámetros físicos y químicos

Un número significativo de algunos serios problemas puede ocurrir debido a la contaminación química de la fuente de agua o de la red de distribución. Tal contaminación origina molestias y trastornos al hombre, como también al equipo y accesorios del sistema, ya sea por causas naturales (ciclo hidrológico), o causas antropogénicas (industrias, minería, mal uso agrícola, etc.).

El muestreo para análisis físico y químico se refiere exclusivamente a la toma de muestras de agua para análisis en el laboratorio, para la determinación de una gran variedad de parámetros físicos y químicos.

2.10.3 Criterios a considerar en la toma de las muestras bacteriológicas y físico-químico.

2.10.3.1 Selección de los puntos de muestreos en la red de distribución

En el pasado solo existían normas sanitarias para la fuente y captación; sin embargo, con el pasar del tiempo, la experiencia ha demostrado que, el agua debe ser segura en el punto de distribución (grifo o red de distribución), por esta razón, los valores guías y las normas de calidad del agua, enfatizan la toma de muestras en la red de distribución.

2.10.3.2 Criterios para la selección del número de tomas de muestras en la red distribución

Según las guías de calidad del agua de la organización mundial de la salud, el número de muestreos que se deben de realizar en la red de distribución.

2.11 Estudios topográficos

Son el conjunto de actividades de campo y gabinete que, tiene como finalidad proporcionar información altimétrica y/o planimétrica para representarla en planos, y en una escala adecuada. Los estudios topográficos se clasifican de acuerdo a su precisión:

2.11.1 Levantamientos topográficos de baja precisión

Son aquellos levantamientos, cuya precisión es igual o menor a 1:1000, y sirven como planos de reconocimiento para elaborar anteproyectos en zonas urbanas o proyectos en localidades rurales; el equipo empleado en esta clase de levantamiento está conformado por: Teodolito con aproximación a 0.1, brújula, nivel de mano, y nivel fijo.

2.11.2 Levantamientos topográficos definitivos

Son levantamientos con una precisión igual o mayor de 1:5000. Este tipo de levantamientos se realiza con equipo de primer orden integrado por: Distanciómetro, estación total, y nivel electrónico.

2.11.2.1 Recopilación de información

Para la elaboración de los levantamientos topográficos, se debe recabar previamente la información cartográfica, fotogramétrica y topográfica existente sobre el área en estudio. La información mínima que se debe recopilar es la cartografía, autorizada y publicada por INETER u otra fuente oficial.

De existir levantamientos topográficos anteriores de la zona en estudio, se analiza la información para determinar la posibilidad de utilizarlos, actualizarlos o complementarlos según sea el caso. Cuando exista topografía de áreas vecinas, se establecen los puntos de liga con respecto a la nueva área de estudio, los mismos que deben ser referenciados.

2.11.3. Poligonales

2.11.3.1 Trazo de apoyo

Con objeto de comprobar la alternativa de trazo del eje de un conducto (línea de conducción, colector, emisor, etc.) que, sea seleccionada previamente en gabinete con el apoyo de la información cartográfica existente, se debe llevar a cabo un reconocimiento de campo, haciendo las modificaciones pertinentes de acuerdo con los obstáculos, características del suelo, relieve, y tenencia de la tierra en la zona. En general, se procura que los trazos se ubiquen por calles, derechos de vía de carreteras, líneas de transmisión eléctricas y ferrocarriles, veredas y límites de predios.

El origen de las coordenadas “X e Y" del trazo de apoyo o poligonal auxiliar que, permite definir el eje del conducto, debe referirse a coordenadas cartesianas; en casos extraordinarios, cuando lo anterior no sea posible, se puede utilizar medios gráficos tomados sobre cartas editadas por alguna dependencia oficial, indicándolo en las notas de los planos respectivos. El levantamiento topográfico del trazo de apoyo debe estar referenciado a un plano de comparación único de bancos de nivel.

2.12 Método de desinfección

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe estar, específicamente, exenta de organismos patógenos para evitar brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físicos o químicos que, garanticen su buena calidad.

En el caso de acueductos rurales, se utiliza para la desinfección, el cloro en forma de hipocloritos, debido a su facilidad de manejo y aplicación. Se deberá tener el debido cuidado para el transporte, manipuleo del equipo requerido, disponibilidad suficiente, y seguridad en cuanto al almacenamiento. El tiempo de almacenamiento para el hipoclorito de sodio no debe ser mayor de un mes, y para el de calcio, no mayor de tres meses. La aplicación al agua de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectuará mediante el hipoclorador de carga constante.

En caso de que la fuente de abastecimiento de agua no se ajuste a las normas de calidad de agua cruda requeridas, será necesario un proceso de tratamiento de depuración, ya sea por filtración lenta que, consiste en hacerla pasar por un lecho de arena en forma descendente o ascendente, y a muy baja velocidad; o, filtración rápida que, conlleva los pasos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración; y, finalmente, un proceso de desinfección que, elimine la contaminación bacteriológica.

2.13 Costo y presupuesto

La estimación de los costos de los proyectos constituye uno de los aspectos fundamentales, en este estudio se hará el costo y presupuesto a manera de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable y servicio básico de letrina de pozo seco ventilado, con la importancia de obtener el costo real del proyecto, así como para conocer la manera en la que estarán distribuidos los costos directos, dentro de estos costos directos se tiene:

Materiales: Los precios de materiales serán tomados de los costos promedios que se manejan en el mercado.

Mano de obra directa: La mano de obra se determinará basándose en las normas de rendimiento horario para obras verticales y el catálogo de precios vigente para la construcción.

Costos indirectos de fabricación: Son todos aquellos costos que, se acumulan de los materiales y la mano de obra indirecta, más todos los incurridos en la producción, pero que, al momento de obtener el costo del producto terminado, no son fácilmente identificables de forma directa con el mismo (Gómez, 2001). Diversos presupuestos tomados en cuenta para su realización son:

Costos directos: Son aquellos que, la gerencia es capaz de asociar con los artículos o áreas específicas. Los materiales y la mano de obra directa son los ejemplos más claros.

Costos indirectos: Son aquellos comunes a muchos artículos, y; por tanto, no son directamente asociables a ningún artículo o área. Usualmente, los costos indirectos se cargan a los artículos o áreas, con base en técnicas de asignación (Gómez, 2001).

Costos administrativos: Son los costos en los que, se incurre por mantener el personal administrativo de campo el tiempo que dure el proyecto. Estos generalmente son: Salarios, prestaciones sociales, transporte, alimentación, y dormida del personal de campo, mobiliario y equipo de oficina.

CAPÍTULO III.

DISEÑO METODOLÓGICO

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Información recopilada

Para la realización del trabajo monográfico sobre el diseño de un pozo de agua potable en la comunidad de Flor de Pino, ubicado en el municipio Kukra Hill, se realizó la primera etapa que, consistió en la obtención de la información, la cual consiste en lo siguiente:

- Recopilación bibliográfica.
- Exploración en INTERNET.
- Visita a instituciones públicas con información oficial (INETER, alcaldía de Kukra Hill, MINSA, Gobierno Regional).
- Solicitud de datos, obtenidos de la alcaldía municipal de Kukra Hill para la caracterización de factores sociales, económicos y ambientales del municipio.

La información recopilada ha sido procesada y analizada, en esta se indagaron temas relacionados con la geología, litología, hidrología, hidrogeología, hidráulica, topografía, y otros factores como: Datos para el diseño, construcción del pozo, e instalaciones de equipo de bombeo. Esta primera fase de la metodología consistió en recopilar información documental que, se logró obtener en el campo para su revisión, selección e interpretación, esto se llevó a cabo en diferentes instituciones privadas y públicas, así como también consulta a especialista en la materia.

Se realizaron visitas de campo para la obtención de una base de datos actualizada, para obtener el modelo conceptual y comparar la información ya existente del área de estudio con la recopilada en campo. Se analizó la litología del suelo en el sitio de construcción del pozo, tomando en cuenta los parámetros más importantes que debe llevar un diseño de pozo para el abastecimiento de agua potable, con sus ecuaciones y pasos para un cálculo adecuado.

3.1.1 Reconocimiento de terreno y levantamiento topográfico

Primero, se realizó una visita de campo para determinar los lugares en donde posiblemente puede pasar la red, en coordinación con los pobladores. Luego se procedió a realizar el levantamiento topográfico con los conocimientos planimétricos y altimétricos, para conocer las distancias y elevaciones del terreno, utilizando instrumentos topográficos, en este caso, se utilizará estación total. El registro de datos se procesó en hojas de cálculos topográficas.

Para el trazado del sistema, se identificó que, el terreno sea favorable, evitando lugares inaccesibles y que generen mal funcionamiento; de igual forma, se obtendrá coordenadas geográficas para la ubicación de la zona.

3.1.2 Elaboración de planos

Se utilizará el software AutoCAD ® 2021 para tener una mejor comprensión del diseño de los planos de línea de conducción, red de distribución, tanque de captación y tanque almacenamiento, a partir de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico.

3.1.3 Trabajo de gabinete

Los pasos a seguir para la elaboración del estudio serán los siguientes:

- Establecer que el sistema de abastecimiento de agua potable sea de la forma fuente-tanque-red.
- Con los datos poblacionales de censos obtenidos a través del INIDE, estimando la tasa de crecimiento para calcular la población futura.
- Conociendo la población total a través de la encuesta y la dotación, se calcularon los consumos para el período de diseño.
- Diseño de los diferentes componentes del sistema propuesto.
- Cálculo del costo del proyecto.
- Estudio del impacto ambiental.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones.
- Planos del diseño propuesto.

3.1.4 Programas utilizados

Excel 2016: Gráficos socioeconómicos, hojas topográficas, presupuesto, análisis hidráulico en las redes, cálculo de caudal, costo de mantenimiento y guía, matrices de evaluación ambiental.

AutoCad 2021: Elaboración de planos.

EPANET 2.0: Diseño hidráulico de línea de conducción y red de distribución.

Word 2018: Informe final.

3.1.5 Criterios técnicos de diseño

Para la evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad, se adoptará criterios de diseño, de acuerdo con el cumplimiento de las normas técnicas: Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural NTON 09001-99 INAA.

3.1.6 Período de diseño

El período de diseño se definirá en base a la capacidad de la fuente de abastecimiento suficiente para atender la demanda de la población que, se estima se alcanzará en un período de 20 años, comprendiendo el período 2021-2041.

Tomando en cuenta los elementos del sistema, porque también, es el período de tiempo en el que estos componentes han de servir a la comunidad, antes de abandonarlos o ampliarlos, por resultar ya inadecuados.

3.1.7 Cobertura

El 100 % de la población total será servida mediante conexiones domiciliares, durante todo el período de diseño.

3.1.8 Análisis de calidad de agua de la fuente de abastecimiento

Para esto, se recolectaron muestras en recipientes adecuados; y, posteriormente, se analizaron en un laboratorio certificado del país, en donde se determinará algunos parámetros como:

- Organolépticos: Color verdadero y sabor.
- Fisicoquímicos: Turbiedad, temperatura, concentración de iones de hidrógeno, sulfato, magnesio, calcio, solidos totales disueltos.
- Bacteriológicos: Coliformes fecales.

Todos estos parámetros serán evaluados de acuerdo a las normas CAPRE 2000 y normas técnicas de abastecimiento NTON 09003-99 INAA.

3.1.9 Censo y encuesta socioeconómica

El censo y encuesta socioeconómica de la comunidad se realizó en el mes de septiembre del año 2020, casa por casa, con el propósito de obtener datos reales y actualizados de la población beneficiada, vivienda y aspectos socioeconómicos de la población.

La información recopilada en el campo mediante la encuesta procesada y los resultados obtenidos serán representados por medio de gráficos en el programa de Excel 2018.

3.1.10 Análisis de precipitaciones de la zona de estudio

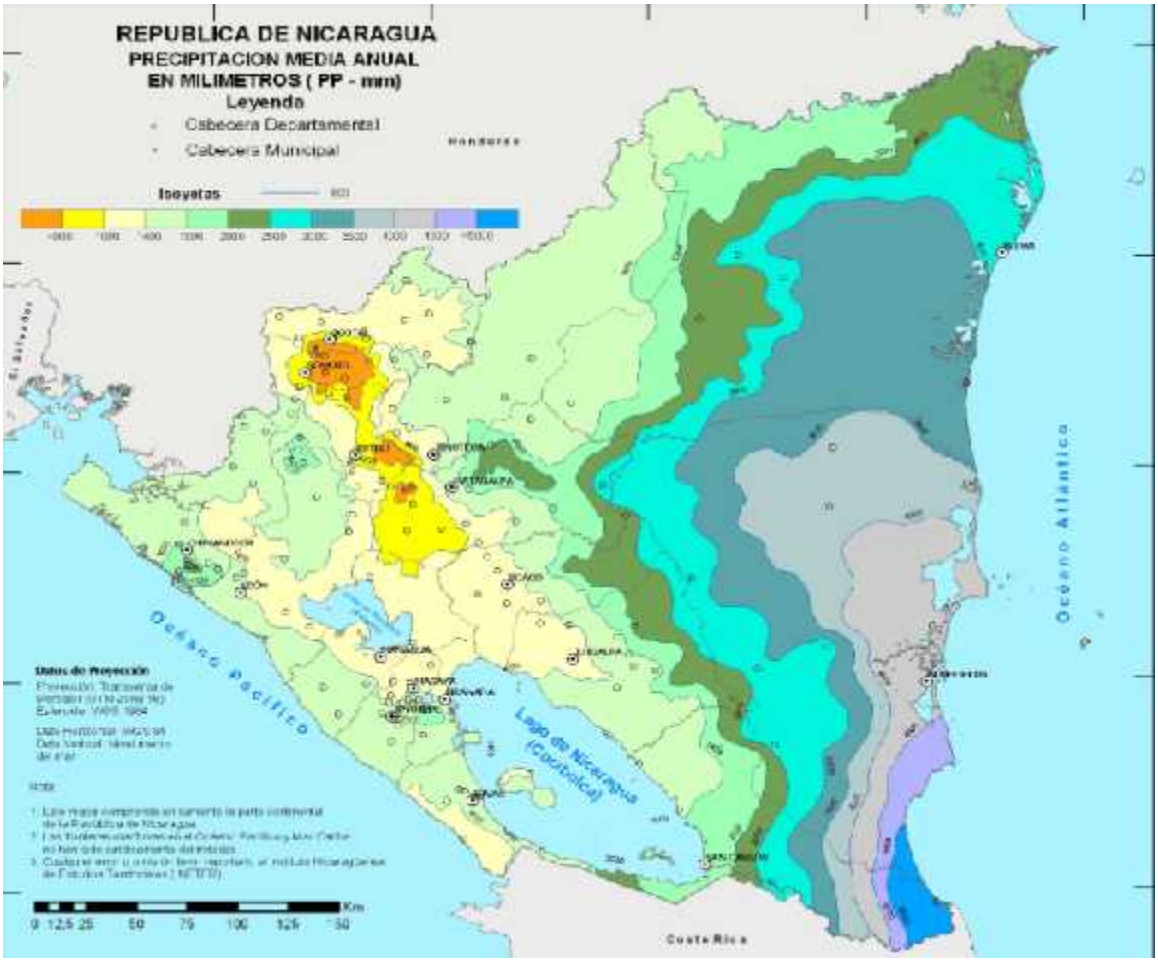
3.1.10.1 Síntesis local

Como resultado del análisis de los datos mensuales de precipitación, se puede observar en la región, dos períodos bien marcados: Uno relativamente seco que, se extiende desde diciembre hasta el mes de marzo; y, otro lluvioso que, abarca desde el mes de mayo hasta octubre, siendo noviembre y abril meses de transición entre la época lluviosa y la seca, y de la época seca a la lluviosa, respectivamente.

Durante el período seco, las precipitaciones son escasas en toda la región, manifestándose dicha sequedad en la interrupción de las corrientes, en la mayoría de los ríos. En el período lluvioso, se incrementa considerablemente la precipitación, ocurriendo los máximos en los meses de mayo, junio, septiembre y octubre, cuando el flujo del viento adquiere una componente sur/suroeste bien definida. Una característica importante, es la que se manifiesta a mitad del período lluvioso, expresada como una disminución significativa de la precipitación que, ocurre, generalmente, entre los meses de julio y agosto; fenómeno conocido como La Canícula.

En la precipitación anual para las estaciones utilizadas en el estudio; se puede observar que, los valores medios anuales oscilan entre 3,000 mm y 3,500 mm.

Imagen 13: Mapa de precipitaciones en la zona de estudio



Fuente: INETER

3.2 Caracterización de la formación acuífera en la zona de estudio.

La caracterización de la formación acuífera de la zona de estudio está basada en la recopilación de la información hidrogeológica e hidroquímica existente, y determinada mediante investigación del área. La determinación de parámetros hidrogeológicos como: Rendimiento especifico permeabilidad, transmisividad, conductividad hidráulica, entre otros, estará ligada al tipo de acuífero que se encontrará en la zona de estudio; de igual modo, a la prueba de bombeo realizada al pozo si este pertenece a condiciones de equilibrio y de no equilibrio.

3.2.1 Determinación de la litología de la zona de estudio

Para cumplir con este parámetro, se recolectó la muestra de la perforación, identificando los materiales encontrados durante la perforación del pozo, en donde esta determinará el tipo de material del acuífero que se encuentre en esta zona.

3.2.2 Determinación del acuífero encontrado en la zona

Esto se determina en campo, realizando comparaciones de las teorías del comportamiento de los acuíferos, según el material que los compone (consolidado y no consolidado).

3.2.3 Determinar el espesor del acuífero

Se determinó mediante el perfil litológico que, se irá registrando conforme aumente la perforación, posterior a encontrar el nivel estático. En cuanto al material de formación, se obtendrá mediante la recolección de muestreos de material de la formación acuífera, realizando una resta en el área de inicio del acuífero y el límite del acuífero dentro la formación.

Esta se realiza mediante una ecuación, siempre y cuando se cuente con los datos necesarios. La ecuación es la siguiente:

$$m = P_f - P_i \qquad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

m: Espesor del acuífero, en m.
P_f: Profundidad del límite o final del espesor, en m.
P_i: Profundidad en donde inicia el espesor, en m.

3.2.4 Permeabilidad

Para la determinación de la permeabilidad se usará las ecuaciones presentadas en el marco teórico, en relación al tipo de acuífero encontrado durante la perforación del pozo, en dependencia de su régimen, de si hay acuíferos confinados o no confinados, claro, esto estará en dependencia de la litología encontrada en la zona del proyecto y el espesor de saturación del acuífero. Para efectuar el cálculo directo, se despeja P de la ecuación del equilibrio.

$$Q = \frac{2.7 \ P\, m(H-h)}{\log \frac{R}{r}} \qquad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

Q: Rendimiento del pozo o caudal del bombeo, en m^3 por hora.
P: Permeabilidad de la formación, en m/hora.
m: Espesor del acuífero, en m.
H: Carga estática en el fondo del acuífero, en m.
h: Profundidad del agua en el pozo durante el bombeo, en m.
R: Radio del cono de depresión, en m.
r: Radio del pozo, en m.

3.2.5 Rendimiento específico

La determinación del rendimiento específico estará en dependencia del caudal de explotación en la prueba de bombeo y del abatimiento que se produce a la hora de determinar el caudal del pozo. Se calcula por medio de la expresión:

$$S_y = \frac{Q}{s} \qquad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

S_y: Rendimiento específico, en m^2/h.

Q: Caudal de explotación, en m^3/h.

s: Abatimiento, en m.

3.2.6 Porosidad

La porosidad estará en dependencia de la formación hidrogeológica que se encuentre durante la perforación, y de la litología del acuífero que se determine en la zona, de si el material pertenece a la familia de materiales consolidados o no consolidados.

Tabla 7: Clasificación de los materiales

Materiales no consolidados	Materiales consolidados
Grava gruesa	Arenisca
Grava media	Caliza y dolomia
Grava fina	Caliza cárstica
Arena con grava	Pizarras y lutitas
Arena gruesa	Basalto fracturado
Arena media	Roca cristalina fracturada
Arena fina	Roca cristalina densa
Arcilla arenosa	Granito alterado

Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson

3.2.7 Transitividad

Esta se determina multiplicando la permeabilidad del acuífero por el espesor saturado de la formación. Para la realización de este cálculo se utilizará la siguiente expresión.

$$T = P \cdot E \qquad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

T: Transmisividad del acuífero, en $m^3/día$ o $m^2/día$.

P: Permeabilidad del acuífero, en m/h.

E: Espesor del acuífero, en m.

3.3.7 Filtro de grava

La selección del filtro de grava estará en dependencia del tipo de material de la formación acuífera, de las ranuras de las rejillas; manteniendo una velocidad adecuada para evitar la entrada de material al pozo; y así, evitar la sedimentación del mismo. Para esto, se usará datos de valores comparativos. También se puede aplicar la siguiente regla muy utilizada: La elección de la grava se realizará de manera empírica, el ingeniero mexicano Vicente Vargas (1976) sugiere lo siguiente para los buenos diseños de estos filtros: “Cualquier clase de material, por muy fino que sea, se puede controlar con un filtro constituido por grava graduada, con partículas limitadas entre ¼ y ½” de diámetro”.

Para determinar la cantidad de grava necesaria para rellenar el vacío anular exterior del encamisado o ademe del pozo y el interior de la perforación, se procede de la siguiente manera:

$$V_g = \pi m\left(D_p - D_e\right)^2 \qquad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

V_g: Volumen de grava para rellenar el vacío anular, en m^3.
m: Espesor del acuífero, en m.
D_p: Diámetro de perforación, en m.
D_e: Diámetro de encamisado, en m.

3.3.8 Selección de la rejilla

La selección de la rejilla estará en dependencia de la litología y distancia de los acuíferos encontrados en las diferentes zonas del pozo, al igual de dos reglas, la primera es la siguiente: Si el material fino descansa sobre el grueso, debe extenderse la rejilla que tiene su abertura diseñada para el material fino, dentro del material más grueso que se halle por debajo.

La segunda regla es la siguiente: Si el material grueso reposa sobre un material fino, el tamaño de la ranura del tramo de la rejilla que va instalarse en el estrato

de glanumetría gruesa, no debería ser mayor que el doble de la abertura que se emplea para el material fino, la selección de rejilla también estará en dependencia del tipo de material de la formación acuífera, y debe mantener una velocidad máxima de entrada del flujo al pozo para evitar la entrada de material y así evitar la sedimentación del mismo. La velocidad se calcula dividiendo la descarga deseada o que se espera obtener, por el área total abierta de las ranuras de la rejilla. Esta también dependerá del tipo de material a utilizar y la diferencia de costo entre estos materiales.

3.3.9 Determinación del área abierta en las rejillas

Esta la brindará el fabricante, quien especifica el enrejillado de la tubería. En donde se calculará lo siguiente:

- Velocidad de entrada del flujo
- Caudal de entrada
- Área neta de ranura por tubos ranurada
- Porcentaje de área abierta de la rejilla

Esto se analizará en dependencia del material a utilizar para enrejillar el pozo. De las especificaciones de tubería se puede determinar la abertura de rejilla con las siguientes expresiones:

- Área neta de ranura por pie de tubo ranurado
- Caudal de entrada por pie de tubo ranurado
- Caudal de entrada por pie, a una velocidad de 0.1 pies/s

$$Q_e = 0.31A_n \qquad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

Q_e: Caudal de entrada por pie de tubo ranurado, en GPM.

A_n: Área neta de ranura por pie de tubo ranurado, en pulgadas.

- Numero de filas de ranuras presente en la rejilla
- Ancho de ranura

- Espaciamiento entre ranuras
- Longitud interna de la ranura, para efectos prácticos, se considera una longitud mínima de ranurado de 205" (52mm) en diámetros de 6 a 12" (150 a 300 mm)
- Número de ranuras por filas por pie de tubo ranurado (teórico)

$$R_{fp} = \frac{1"}{S_I + E_R} \qquad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

R_{fp}: Número de ranuras por pie de tubo ranurado (teórico), en ranuras.

S_I: Ancho de ranura (slot), en pulgadas.

$$A_n = R_{fp} F_r S_I L_I \qquad \text{Ecuación 22}$$

Donde:

A_n: Área neta de ranura por pie de tubo ranurado, en pulgadas

R_{fp}: Número de ranuras por pie de tubo ranurado (teórico), en ranuras.

F_r: Numero de filas de ranuras (slot) presente en la rejilla, en filas.

S_I: Ancho de ranura (slot), en pulgadas.

L_i: Longitud interna de la ranura, en pulgadas.

- Área Superficial Interna (ASI); por pie

$$ASI = 12\pi D_I \qquad \text{Ecuación 23}$$

Donde:

ASI: Área superficial interna por pie, en pulgadas cuadradas.
D_I: Diámetro interno, en pulgadas.

$$\%\, A_a = 100\left(\frac{A_n}{A}\right) \qquad \text{Ecuación 24}$$

Donde:

$\%\, A_a$: Porcentaje de área abierta, en %.

A_n: Área neta de ranura por pie de tubo ranurado, en pulgadas.
ASI: Área superficial interna por pie, en pulgadas cuadradas.

3.3.10 Longitud de rejilla

Para determinar la longitud de tubería con rejilla se hará uso de la siguiente ecuación:

$$L_r = 2pd\left(\frac{Q}{4.3}\right) \qquad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

L_r: Longitud de rejilla, en m.
Q: Caudal de diseño, en m^3/h.
p: Apertura de rejilla, en %.
d: Diámetro de rejilla, en pulgadas

3.3.11 Sello sanitario

El sello sanitario se seleccionará en dependencia de los primeros estratos encontrados en el terreno, los cuales estarán reflejados en el perfil litológico. El sello se debe construir de concreto, con una resistencia de 3,500 PSI (246.13 kg/cm^2).

3.3.12 Calculo del volumen de concreto a utilizar en el sello sanitario

Para esto, se determinará las dimensiones del cubo o los bordes de un sólido rectangular. La ecuación de volumen para el sólido rectangular es:

$$V = B \cdot h \qquad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

B: Base del sólido rectangular (largo por ancho), en m.

h: Altura del sólido rectangular, en m.

3.3.13 Determinación del material a utilizar

Calculando el volumen de concreto; y, determinando la resistencia a construir del sello sanitario, se procede a calcular la cantidad necesaria para cumplir con la resistencia de 246.13 kg/cm^2.

3.3.14 Determinación del equipo para la prueba de bombeo

Para realizar la prueba de bombeo, se debe realizar una selección del equipo a utilizar en dicha prueba. Esta debe vencer la Carga Dinámica y Estática del pozo, por lo que se determinará la CTD en el pozo, tubería a utilizar en la columna de bombeo, y pérdidas de carga; a continuación, ecuaciones a utilizar:

$$\mathrm{CDT} = \mathrm{CE} + \mathrm{CD} \qquad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

CDT: Carga Dinámica Total, en m.

CE: Carga Estática, en m.

CD: Carga Dinámica, en m.

En este caso, la Carga Estática estará definida por:

- Nivel instalación de la bomba.
- Nivel del terreno donde descargará la bomba.

$$\mathrm{CE} = \mathrm{NI} + \mathrm{ND} \qquad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

CE: Carga Estática, en m.

NI: Nivel de Instalación, en m.

ND: Nivel de Descarga, en m.

Para la Carga Dinámica, se determinará las pérdidas de carga de la tubería por la ecuación de Hazen - Williams.

$$\mathrm{H} = 10.674 * \mathrm{L} * \left(\frac{\mathrm{Q}^{1.8}}{\mathrm{C}^{1.8}\ \mathrm{D}^{4.8}}\right) \qquad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

H: Pérdida de carga o de energía, en m.

L: Longitud de la tubería, en m.

Q: Caudal, en m^3/s.

C: Coeficiente de rugosidad, adimensional.

D: Diámetro interno de la tubería, en m.

El coeficiente de rugosidad estará en dependencia del tipo de material para la prueba de bombeo, en este caso, se utilizará el material de hierro galvanizado para que este soporte el peso de la sarta.

Tabla 8: Coeficiente de rugosidad a utilizar

Material	C	Material	C
Hierro Galvanizado	120	Plástico (PE, PVC)	140-150

Fuente: http://es.scribd.com/doc/57468533/Hazen-Williams

Una vez determinada la Carga Dinámica, se calculará la potencia del equipo con la siguiente ecuación:

$$P_b = \frac{Q_b * C}{3 \quad * E} \qquad \text{Ecuación 29}$$

Donde:

P_b: Potencia de la bomba, en HP.

Q_b: Caudal de bombeo, en GPM.

CTD: Carga Total Dinámica, en pies.

E: Eficiencia de la bomba al 70%, en decimal.

El cálculo de la potencia del motor se realizará con la siguiente relación:

$$P_m = \frac{P_b}{0.9} \qquad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

P_m: Potencia del motor, en HP.
P_b: Potencia de la bomba, en HP.

3.3.15 Prueba de bombeo

La prueba de bombeo se ejecutó de manera escalonada, en un período de 24 horas, monitoreando los niveles de abatimiento con una sonda, a través de un tubo piezométrico. El caudal se obtendrá utilizando el método volumétrico que,

consiste en llenar un recipiente en un determinado tiempo, empleando la expresión siguiente:

$$Q = \frac{V}{t} \qquad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

Q: Caudal aforado del acuífero, en m^3/s.
V: Volumen del recipiente, en m^3.
t: Tiempo de llenado del recipiente, en s.

Obtenido el caudal del pozo, se realizará una tabla en donde se ilustre los siguientes resultados de la prueba de bombeo:

- Nivel Estático (NE)
- Nivel de instalación del equipo
- Nivel Dinámico (ND) o abatimiento del pozo
- Profundidad del pozo
- Diámetro de la tubería para la prueba de bombeo y tipo de material
- Diámetro del ademe y tipo de material
- Fecha de inicio y finalización
- Hora de inicio y finalización
- Diámetro de la perforación de pozo
- Tiempos de aforo de los caudales variables hasta que el pozo se estabilice
- Niveles de recuperación del pozo

3.4 Diseñar y seleccionar el equipo de bombeo según demanda y rendimiento

Para realizar el diseño, se deberá tomar las coordenadas del lugar en donde se bombeará el agua del pozo, determinando:

- Altura o cota
- Longitud de la tubería de bombeo
- A qué profundidad se instalará el equipo de bombeo
- Topografía de la zona

- Altura de descarga de la tubería del pozo

3.4.1 Determinación del diámetro de la tubería de impulsión

La velocidad más recomendada para las tuberías de impulsión es de 1.5 m/s, permitiéndose velocidades máximas de 2 m/s, las cuales permiten controlar el golpe de ariete que se pueda presentar en el sistema de bombeo. Debido a que, esta conducción puede ser bastante larga, se debe efectuar el estudio del diámetro más económico. El método más preciso consiste en utilizar las ecuaciones de tuberías forzadas para varios diámetros, calculando las cargas requeridas. Con este método, se contabiliza al valor presente, los costos de las tuberías y accesorios y el costo de energía, seleccionando el diámetro de la opción más económica. Para estimaciones preliminares o distancias cortas, se utiliza la ecuación de Bresse. Para instalaciones que sean operadas de manera continua, se tiene:

$$D = k_p\sqrt{Q},\ k_p = 0.7 \text{ a } 1.6 \qquad \text{Ecuación 32}$$

$$\text{Se sugiere } k_p = 1.2$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería de impulsión, en m.

Q: Caudal, en m^3/s.

k_p: Coeficiente promedio de pérdida de carga en la tubería, adimensional.

Para instalaciones no operadas en forma continua se tiene:

$$D = 1.3\left(\frac{x}{2}^{1/4}\sqrt{Q}\right) \qquad \text{Ecuación 33}$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería de impulsión, en m.

x = Número de horas de bombeo por día, en h.

3.4.2 Determinación de la CTD

Para determinar este valor, se utilizará la siguiente expresión.

$$CDT = CE + CD \qquad \text{Ecuación 34}$$

CDT: Carga Dinámica Total, en m.

CE: Carga Estática, en m.

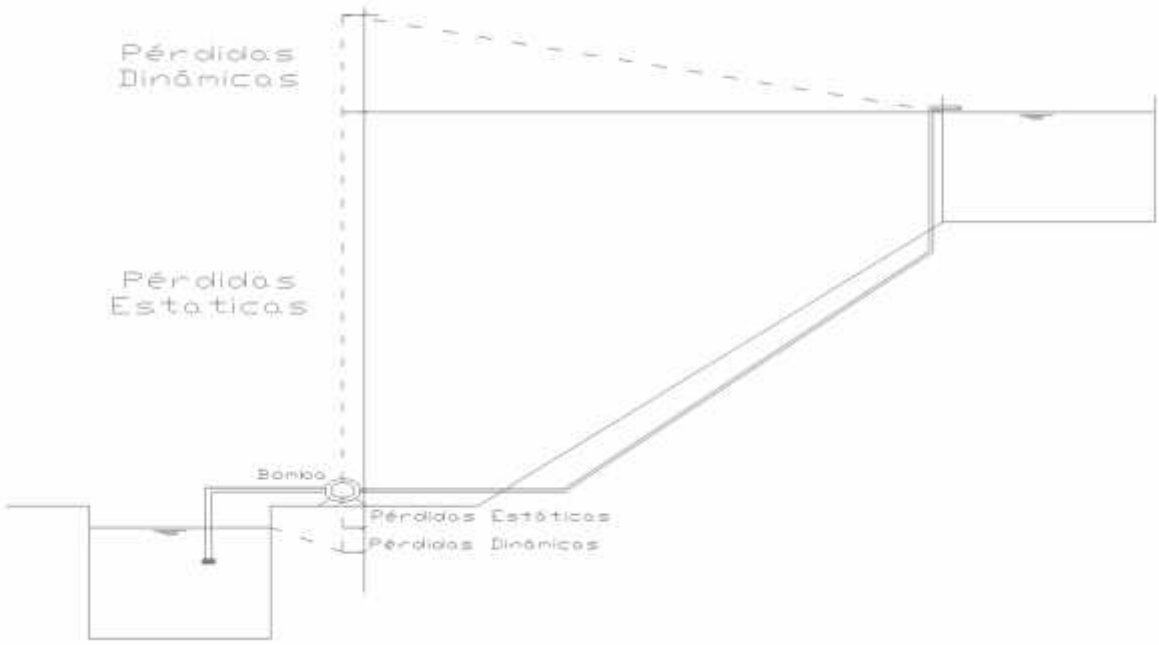
CD: Carga Dinámica, en m.

Para determinar este valor, es necesario encontrar la Carga Estática Total.

3.4.2.1 Carga Estática Total.

La Carga Estática Total (CET) es la altura total para la cual debe trabajar la bomba. Se determina mediante la topografía del lugar, sumando: Nivel Estático, abatimiento, y cota de descarga del agua del pozo.

Imagen 14: Pérdidas de carga a nivel de captación



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson

$$CE = NE + s + AD \qquad \text{Ecuación 35}$$

Donde:

CE: Carga Estática, en m.

NE: Nivel Estático, en m.

s: Abatimiento, en m.

AD: Altura de Descarga, en m.

3.4.2.2 Carga Dinámica Total

Esta se determinará mediante la ecuación de Hazen - Williams para la tubería de conducción o impulsión, también se determinará las pérdidas singulares o de accesorios.

3.4.2.2.1 Pérdidas de fricción

Se definen como la altura adicional que debe ser suministrada para vencer las pérdidas por fricción en las tuberías de impulsión. Pueden ser calculadas mediante la ecuación de Hazen - Williams.

$$H = 10.67 * L * \left(\frac{Q^{1.8}}{C^{1.8}\ D^{4.8}}\right)$$ Ecuación 28

Donde:

H: Pérdida de carga o de energía, en m.

L: Longitud de la tubería, en m.

Q: Caudal, en m^3/s.

C: Coeficiente de rugosidad, adimensional.

D: Diámetro interno de la tubería, en m.

Hablando del tipo de material, los más materiales más comunes encontrados son, el hierro galvanizado y el PVC.

Tabla 9: Coeficiente de rugosidad a utilizar

Material	C	Material	C
Hierro Galvanizado	120	Plástico (PE, PVC)	140-150

Fuente: http://es.scribd.com/doc/57468533/Hazen-Williams

3.4.2.2.2 Pérdidas de carga localizadas o en accesorios

Se definen como la altura de agua adicional requerida para vencer las pérdidas debidas a los accesorios, estas pérdidas son originadas en las entradas y salidas de las tuberías, codos, válvulas, cambios de diámetro, etc. Normalmente son pequeñas comparadas con las pérdidas por fricción. Estas pueden ser calculadas por la siguiente expresión:

$$H_f = k \cdot \frac{v^2}{2}, g = 9.81\ {}^{m}/_{s^2} \qquad \text{Ecuación 36}$$

Donde:

H_f: Pérdidas singulares, en m o pies.

k: Valor de accesorios, adimensional.

v: Velocidad del flujo en el sistema, en m/s o pies/ s.

g: Aceleración de la gravedad, en m/s^2 o $pies/s^2$.

Con la cantidad de accesorios a instalar en el pozo y la tabla de valores rápidos, se tiene una tabla con las cantidades y valores aproximados de k:

Tabla 10: Valores de los accesorios usuales en una tubería de bombeo

Piezas	Descripción	Diámetro de los accesorios en pulgadas.											
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 ½-3	4	6	8-10	12-16	18-24
	Válvula de pie con obturador	11,3	10,5	9,7	9,3	8,8	8,0	7,6	7,1	6,3	5,9	5,5	5,0
	Válvula de pie oscilante	2,0	1,9	17	1,7	1,7	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,0	0,9
	Codo de 90° radio = 2D	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25	0,23	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,14
	Codo de 45° radio = 2D	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,07
	Contracción asimétrica	$K = 0,5\left(1-\frac{d_1^2}{d_2^2}\right)\sqrt{sen\frac{\theta}{2}}$											
	Válvula de compuerta	0,22	0,20	0,18	0,18	0,15	0,15	0,14	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10
	Válvula de bola	0,08	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
	Válvula de mariposa						0,86	0,81	0,77	0,68	0,63	0,35	0,30

Fuente.http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp

Para determinar la velocidad en el sistema, se utilizará la siguiente expresión:

$$v = \frac{Q}{A} \qquad \text{Ecuación 37}$$

Donde:

Q: Caudal, en m³/h o GPM.

v: Velocidad del flujo en el sistema, en m/s.

A: Área de la tubería de impulsión, en m².

3.4.3 Determinación del equipo de bombeo

Este equipo de bombeo se calculará, extendiendo la Carga Total Dinámica hasta el punto en donde se almacenará el agua del pozo, que ha de ser bombeada.

3.4.4 Potencia del equipo de bombeo

El cálculo de la potencia de los equipos de bombeo se realizará con la siguiente expresión:

$$P_b = \frac{Q_b \cdot C}{3} \qquad \text{Ecuación 38}$$

Donde:

P_b: Potencia de la bomba, en HP.

Q_b: Caudal de bombeo, en GPM.

CTD: Carga Total Dinámica, en pies.

E: Eficiencia de la bomba al 70%, en decimal.

3.4.4.1 Potencia del motor

El cálculo de la potencia del motor se realizará con la siguiente relación.

$$P_m = \frac{P_b}{0.9} \qquad \text{Ecuación 39}$$

Donde:

P_m: Potencia del motor, en HP.

P_b: Potencia de la bomba, en HP.

3.4.5 Diseño de la estación de bombeo

El diseño hidráulico del bombeo debe tener siempre en cuenta el esquema de bombeo utilizado, el tipo de succión, la presión de descarga, y el caudal de diseño. Por lo general, se debe tener en cuenta los siguientes términos:

- Tubería de impulsión
- Equipo de bombeo
- Válvulas de regulación y control
- Equipo para cloración
- Grupo generador de energía y fuerza motriz
- Interruptores de máximo y mínimo nivel
- Tablero de protección y control eléctrico
- Caseta de bombeo

Esto se realizó los cálculos y comparaciones de tablas, entre otros métodos. En el diseño de toda estación de bombeo, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones básicas:

- Edificio
- Localización
- Capacidad y características de las estaciones
- Estaciones de pozos húmedos
- Estaciones de bombeo de pozos profundos
- Equipos de bombeo
- Tuberías y válvulas en succión y descarga de bombas
- Descarga
- Equipo eléctrico
- Motores y energía

3.4.6 Demanda de la población

Para el diseño de un sistema de agua potable en la zona rural se requiere de una serie de normas y criterios que no necesariamente deben ser las normas del sector urbano debido a que existen diferencias en ambos medios, debiendo considerar dentro de esas diferencias los factores culturales, económicos y sociales. Para

hacer el estudio de la proyección de la población, se obtendrá los datos sobre la población actual y pasada a través de los censos realizados por el Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INIDE).

3.4.6.1 Cálculo de población

Para el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método geométrico, el cual está expresado por la ecuación siguiente:

$$P_n = P_0(1 + r)^n \qquad \text{Ecuación 40}$$

Donde:

P_n: Población proyectada, en hab.
P_o: Población al inicio del período de diseño, en hab.
r: Tasa de crecimiento en el período de diseño, en notación decimal.
n: Número de años que comprende el período de diseño, en años.

3.4.6.2 Dotación

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día, está en dependencia de:

- Nivel de servicio adoptado
- Factores geográficos
- Factores culturales
- Uso del agua.

3.4.6.2.1 Nivel de servicio y dotación de agua

Se denomina nivel de servicio, a la forma final de aprovisionamiento de agua. Se pretende brindar el servicio de conexiones domiciliares de patio, de acuerdo con la norma NTON 09001-99, entonces, se le asignará una dotación de 60 lppd, durante todo el período de diseño.

3.4.6.2.2 Tipos de consumo considerado

Consumo doméstico: Establecido el nivel de servicio domiciliar, implica un abastecimiento de agua de mayor nivel de consumo; según normas de INAA, se determinará una dotación de 60 lppd.

Consumo institucional: Considerando la existencia de centros públicos como: Centro escolar y capillas, según las normas de INAA, a centros institucionales le corresponde el 7% del CPD.

Tabla 11

Dotación a utilizar según rangos de población

DOTACIONES DE AGUA		
Rango de población	Dotación	
	gl/hab/dia	lt/hab/dia
0 - 5.000	20	75
5.000 - 10.000	25	95
10.000 - 15.000	30	113
15.000 - 20.000	35	132
20.000 - 30.000	40	151
30.000 - 50.000	45	170
50.000 - 100.000 y más	50	189

Fuente: Norma NTON 09–001 INAA

3.4.6.3 Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diaria, y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: Obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc. También definen el caudal de diseño, estos valores son los siguientes:

Consumo Promedio Diario (CPD): Es el consumo promedio de los consumos diarios, durante un año de registro, y se obtiene con la ecuación:

$$\mathrm{CPD} = \mathrm{CD} + \mathrm{CP} \qquad \text{Ecuación 41}$$

Donde:

CPD: Consumo Promedio Diario, en GPM.

Q_f: Pérdidas, en m.

Consumo Máximo Diario (CMD): Se estima utilizando el factor de variación diaria de 1.5 con respecto al CPD, según lo establecido por el INAA.

$$\mathrm{CMD} = 1.5\mathrm{CPD} + \mathrm{Q_f} \qquad \text{Ecuación 42}$$

Donde:

CMD: Consumo Máximo Diario, en GPM.

CPD: Consumo Promedio Diario, en GPM.

Q_f: Pérdidas, en m.

Consumo Máximo Horario (CMH): Se estima utilizando el factor de variación horaria de 2.5 con respecto al CPD, según lo establecido por el INAA.

$$\mathrm{CMH} = 2.5\mathrm{CPD} + \mathrm{Q_f} \qquad \text{Ecuación 43}$$

Donde:

CMH: Consumo Máximo Horario, en GPM.
CPD: Consumo Promedio Diario, en GPM.
Q_f: Pérdidas, en m.
Pérdidas (Q_f): Constituyen la parte del agua que se pierde en cada uno de los componentes del sistema, se ha considerado como un 20 % del consumo promedio diario.

$$\mathrm{Q_f} = 0.2\mathrm{CPD} \qquad \text{Ecuación 44}$$

Donde:

Q_f: Pérdidas, en m.
CPD: Consumo Promedio Diario, en GPM.

3.4.7 Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema, se recomienda que estas estén dentro de los rangos permisibles, en los valores siguientes:

Presión mínima: 5 metros.

Presión máxima: 50 metros.

3.4.8 Coeficiente de rugosidad (C)

La tubería considerada es de PVC, con un coeficiente de rugosidad de 150, de clase SDR - 17. La tubería para la sarta será de hierro galvanizado, y su rugosidad de 120.

3.4.9 Velocidades permisibles en tuberías

Se recomienda dos valores en las velocidades del flujo de los conductos, en un rango promedio, para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías. Estos valores permisibles son:

Velocidad mínima: 0.4 m/s.
Velocidad máxima: 2 m/s.

3.4.10 Cobertura y localización de tubería

Para sitios que corresponden a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico, se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 m sobre las coronas del tubo, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1 metro sobre la corona del tubo.

3.4.11 Línea de conducción

La línea se diseñará con la condición del Consumo Máximo Diario, al final del período de diseño.

3.4.12 Red de distribución

La red se diseñará con la condición del Consumo Máxima Horario, a finales del período de diseño.

3.4.13 Concentración de caudales

La distribución de caudales se hará por cada nodo de la red, tomando en cuenta las viviendas.

$$q_u = \frac{C}{n} \qquad \text{Ecuación 45}$$

$$Q_u = q_u n \qquad \text{Ecuación 46}$$

Donde:

q_u: Caudal de salida para el nodo, en lps.

CMH: Caudal Máximo Horario, en lps.

n: Número de viviendas, en viviendas.

Q_u: Caudal concentrado, en lps.

3.4.14 Análisis hidráulico de la línea de conducción y red de distribución

El análisis hidráulico se realizará mediante el programa Epanet 2.0, basado en la fórmula de Hazen - Williams, para determinar las pérdidas de carga, velocidades, y presiones residuales.

3.4.15 Tanque de almacenamiento

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá satisfacer las condiciones siguientes.

- Suplir las demandas máximas horarias esperadas en la línea de distribución.
- Almacenar un volumen determinado de reserva por eventualidades.
- Regular presiones en la red de distribución.
- Volumen para compensar las variaciones horarias (se adicionará un 15 % del CPD).

- Volumen de reserva (para atender casos de emergencia, se adicionará un 20 % del CPD).
- Volumen de almacenamiento (será un total del 35 % del CPD).

CAPÍTULO IV:

CÁLCULOS Y RESULTADOS

CAPÍTULO IV: CÁLCULOS Y RESULTADOS

Para lograr caracterizar la zona de estudio, se realizó una serie de procedimientos, tanto investigativos, como datos de campo que, se describe a continuación:

4.1 Precipitación

El régimen pluviométrico del área de estudio presenta una variación estacional con dos períodos bien marcados:

- La temporada de lluvias, comprendida entre los meses de mayo y octubre, concentra más del 90 % de las lluvias ocurridas en el año, lo que equivale a 200 mm.
- La temporada seca, comprendida entre los meses de noviembre y abril, registra el 10 % de las lluvias anuales.

4.2 Escurrimiento estimado

El método utilizado para estimar la evaporación, infiltración y humedad, es a través del balance hídrico, empleando los datos meteorológicos de la estación de Blue-fields y las características fisiográficas de la zona del proyecto en donde estará ubicado el pozo. Primero se estimó la evapotranspiración potencial, en base al método Thornthwaite, considerando las temperaturas medias mensuales.

Tabla 13: Evaporación calculada, infiltracion y humedad

Meses del Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
T (ºC)	28.30	28.60	29.20	30.10	30.10	29.50	29.50	29.70	29.40	29.50	29.00	28.40	29.10
I	13.80	14.02	14.47	15.15	15.15	14.69	14.69	14.84	14.67	14.69	14.37	13.87	174.79
a	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	
Ka	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99	1.00	0.91	1.03	1.03	
ETP (mm)	93.25	89.15	86.25	79.93	75.53	79.41	76.50	75.79	78.52	70.85	83.68	88.15	1,334.00
Precipitación	145.20	273.10	304.20	255.60	224.50	211.90	139.60	105.30	86.90	48.80	25.30	31.80	976.11
Diferencia	51.95	183.95	217.95	186.37	148.97	132.49	63.10	29.51	15.38	-22.05	-58.38	-56.35	
Infiltración	130.68	245.79	273.78	239.04	202.05	190.71	125.64	94.77	84.51	45.92	22.77	28.62	
Escorrentía	25.98	91.98	108.97	93.19	74.49	66.24	31.65	14.75	7.69	0.00	0.00	0.00	
Humedad %	83.30	79.90	75.00	71.30	77.10	86.30	88.00	87.60	87.10	87.40	85.70	85.50	

Fuente: Elaboracion propia

Donde
T: Temperatura en ºC

I: Índice de calor anual (suma de los 12 valores de índice mensual)

a: Función del índice del calor anual siendo;

$a = 0{,}000000675 \times I^3 - 0{,}0000771 \times I^2 + 0{,}01792 \times I + 0{,}49239$

$$E = 16\,x\left(\frac{1}{I}\frac{T}{}\right)^{a} \qquad \text{Ecuación 47}$$

Luego se estimó el escurrimiento, el cual se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre, y que llega a una corriente, para finalmente, ser drenada hasta la salida de la cuenca, Para medir esas aportaciones en la salida de la cuenca o sitio de interés, es ideal disponer de una estación medidora de caudales; sin embargo, cuando no se dispone de un registro continuo, se hace necesario recurrir a métodos indirectos que, simulan el escurrimiento en la cuenca a partir de datos climatológicos y características fisiográficas de la misma.

Para determinar este escurrimiento, el método a utilizar es el balance hídrico, el cual puede ser usado para estimar la evapotranspiración ET, cuando puede medirse los valores de la precipitación P (flujo afluente), el flujo de escorrentía Q, la infiltración profunda QSS del área vertiente (flujo efluente), así como la variación en el almacenamiento ΔS. La ecuación que define el balance es la siguiente:

$$\mathrm{ET} = \mathrm{P} - \mathrm{Q} - \mathrm{QSS} + \Delta S \qquad \text{Ecuación 48}$$

Donde:

ET: Evapotranspiración, en mm/mes.

P: Precipitación, en mm/mes.

Q: Flujo de escorrentía, en mm/mes.

QSS: Infiltración profunda, en mm/mes.

ΔS: Variación de almacenamiento, en mm/mes

En el balance hídrico, se utilizan los siguientes criterios:

$$ETP = 16ka\left(\frac{1}{I}\right)^{a} \quad \text{Ecuación 48}$$

$$I = \sum_{1}^{1} i \quad \text{Ecuación 49}$$

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.5} \quad \text{Ecuación 50 y;}$$

$$a = I^{3}(675 \times 10^{-9}) - I^{2}(771 \times 10^{-7}) + I(1{,}792 \times 10^{-5}) + 0.492 \quad \text{Ecuación 51}$$

Donde:

EPT: Evapotranspiración potencial, en mm/mes.

ka: Factor de corrección de latitud, adimensional.

a: Función del índice de calor, adimensional.

T: Temperatura media del período, en ºC.

I: Índice de calor que, es la suma de 12 índices mensuales, adimensional

i: Índice mensual, adimensional.

4.2.1 Parámetros del balance hídrico

Almacenamiento de agua: El almacenamiento muestra la cantidad de agua almacenada en la sección del suelo, aprovechado por las raíces de las plantas que cubren a éste, al final del mes que se estudia. Como se sabe, la capacidad que el suelo tiene de almacenar agua, varía mucho según su estructura, porosidad, profundidad, inclinación, etc. Así, se ha decidido suponer como hipótesis de trabajo que, existe una capacidad de 100 mm de agua útil que, corresponde a un valor medio. Por consiguiente, las tablas del balance hídrico, y las sucesivas deducciones, han sido establecidas de acuerdo con esta hipótesis. A continuación, se define algunos parámetros importantes:

Variación de almacenamiento: Representa la evolución del almacenamiento de agua desde un mínimo de 0 mm, lo que significa que no hay agua disponible para las plantas, hasta un máximo de 100 mm. Esta variación es consecuencia del balance mensual entre las precipitaciones y la evapotranspiración real.

Evapotranspiración real (ETR): Es la cantidad, en milímetros, de agua evaporada y transpirada, por unidad de superficie de un suelo, en base a la disponibilidad hídrica proporcionada por las precipitaciones y las reservas del suelo. En este caso, se contabiliza toda el agua que ha pasado a la atmósfera, pudiendo ocurrir que, la superficie evaporante haya sido bastante superior a la del suelo, principalmente, por efecto de la vegetación.

Deficiencia de agua (DA): Expresa la diferencia entre la ETP y la P, cuando la primera es mayor que la segunda, entonces el almacenaje en el suelo es cero.

Exceso de agua (EA): Se presenta cuando la lluvia es mayor que la evapotranspiración potencial y el suelo se encuentra saturado.

4.2.2 Resultados obtenidos en el balance hídrico

A lo largo del año, las precipitaciones superaron a la evapotranspiración potencial (a excepción de los meses de marzo y abril), manteniéndose saturada la capacidad de retención de los suelos. En los meses de marzo y abril, los valores de las precipitaciones fueron mínimos, lo que obligó a que se utilizara la reserva de agua en el suelo para dar respuesta a la ETP. Durante el año, no se presenta déficit de humedad, dado el régimen pluviométrico prevaleciente en la zona. Mediante el balance hídrico, se determina también que, el flujo subterráneo de recarga equivale a una lámina de 76 mm/año.

4.2.3 Condiciones hidrogeológicas del área de estudio

4.2.3.1 Geología

En general, el área de estudio presenta mayormente materiales rocosos volcánicos, compuestos principalmente de andesitas, basaltos, tobas, aglomerados y brechas de flujo lávico. Se tiene zonas con presencia de rocas ignimbríticas. Estos son materiales rocosos pre-existentes, debido a la ocurrencia de alteración hidrotermal en las cabeceras de los cerros, lo que ha incrementado los espesores de los materiales arcillosos residuales; y, conjuntamente, con la acción meteórica, ha

dado origen a la formación de saprolitas. Los depósitos cuaternarios aluviales tienen una gran distribución y cubren el fondo de los cauces de las numerosas quebradas con claro drenaje rectangular.

4.2.3.2 Aguas subterráneas

El agua subterránea está presente en toda el área de estudio, estando condicionada y evidenciada por lo siguiente:

La presencia de abundantes lluvias que ocasionan la recarga de agua. La presencia de extensos estratos de rocas volcánicas figuradas que, facilita la infiltración y el almacenamiento del agua. La ausencia de usuarios que aprovechen el agua para otros fines.

Para reconocer las principales características físicas del medio volcánico fracturado y el comportamiento hidrogeológico de la NAPA freática que se extiende en la zona de influencia del proyecto, se ha de realizar un reconocimiento hidrogeológico preliminar y una evaluación expeditiva sobre las aguas subterráneas presentes en el medio acuífero.

El comportamiento hidrogeológico del sistema acuífero del área de estudio, se obtendrá posteriormente, sobre la base de las características del medio físico y la dinámica del agua subterránea, reconocidas a través del análisis e interpretación de los datos existentes y de las investigaciones que se vienen realizando.

Momentáneamente, se plantea un modelo único de acuífero volcánico con NAPA libre y confinado, pero pobre, que aprovecha, principalmente, las grandes estructuras geológicas como las fallas y estructuras mineralizadas para la percolación de los aportes hídricos, generados por la precipitación, y cuyas áreas de recarga se ubican, principalmente, en las zonas altas.

4.2.6.3 Características litológicas y estructurales

La hidrogeología en el área de proyecto está controlada, principalmente, por las estructuras de fractura y por la disposición errática de los tipos litológicos. Las

discontinuidades menores y superficiales fueron originadas por enfriamiento de las rocas volcánicas, y las estructuras mayores, por posteriores eventos tectónicos que ocurrieron en toda la región. Los materiales de cobertura son depósitos cuaternarios, los cuales están constituidos por suelos que van de arcillosos a limosos hasta gravas arcillosas que, se encuentran recubriendo como regolito a las saprolitas y las rocas que componen el sistema acuífero. En estos depósitos, la predominancia de unos u otros componentes, condiciona la existencia de sectores más o menos permeables e impermeables que, permiten o no, la recarga o descarga del acuífero.

El macizo rocoso volcánico presenta diversos grados de fracturación, lo cual favorece la infiltración del agua hacia la zona acuífera. La estructura geológica del acuífero queda enmarcada por los pseudoestratos de las formaciones geológicas, a los que acompañan estructuras mineralizadas y fallas de diverso orden. Los afloramientos de los estratos rocosos volcánicos correspondientes a las unidades hidrogeológicas de derrames de lavas, presentan permeabilidad y porosidad secundaria, y actúan como acuíferos que van de pobres a regulares, mientras que el conjunto errático de lavas y piroclásticos de posición intermedia es poco permeable, y actúa también como acuífero.

Los volcánicos profundos se consideran esencialmente acuífugos en toda su masa, salvo en las fallas y estructuras mineralizadas, en donde son esencialmente acuíferos pobres. En consecuencia, en el área del proyecto existen 2 tipos de acuíferos en donde la geología de superficie y del subsuelo son diferentes. Estos son:

Acuífero fisurado: Está conformado por el propio macizo rocoso volcánico que, alberga a un acuífero que va de poco profundo a profundo, es del tipo fracturado, en algunos casos confinado, y es el de mayor importancia para el proyecto debido a su extensión.

Acuífero detrítico: Está conformado por delgados depósitos cuaternarios aluviales que, generalmente, se ubican en el fondo de quebradas y alberga a un acuífero

somero, constituido por materiales granulares de poca o regular permeabilidad, es del tipo granular, libre; y, debido a su poca extensión, no es de importancia para el proyecto.

4.2.6.4 El sistema acuífero

De acuerdo a las investigaciones realizadas hasta el momento, las rocas volcánicas presentes en la mina constituyen un acuífero volcánico fracturado, conformado por derrames de lavas y depósitos piroclásticos que, se encuentra condicionado, principalmente, por factores como estructura de las rocas, la acción tectónica posterior y el emplazamiento de las estructuras mineralizadas.

La estructura general de las formaciones volcánicas consiste en un apilamiento de materiales rocosos que, pueden ser acuíferos, almacenes y conductores de agua en fallas, vetas-falla, estructuras mineralizadas, zonas de fractura específicas; es decir, se trata de un macizo rocoso con porosidad y permeabilidad secundaria.

En general, en la zona de estudio, el acuífero está dentro de un medio discreto fracturado, constituido de materiales que, presentan alta heterogeneidad y anisotropía, con un sistema de recarga alimentado por agua de precipitación pluvial y por la escorrentía superficial de las pequeñas quebradas que, se canalizan preferentemente por los escasos materiales más permeables ubicados en superficie.

Las fallas, zonas fracturadas y estructuras mineralizadas, presentan propiedades hidrogeológicas muy distintas del resto, lo que se puede considerar como acuíferos diferentes, con cierto grado de conexión en sus bordes.

El flujo de agua en superficie es mayor por los cauces de la red fluvial y más variado que en profundidad. La alta capacidad de transmisión del agua en las discontinuidades de estos materiales volcánicos fracturados provoca la existencia de manantiales de escaso a moderado caudal, originados a partir de niveles saturados, ubicados en las cotas más altas.

El sistema acuífero constituye una unidad hidrogeológica, con disposición compleja de unidades de naturaleza lávica y piroclásticas que, se extiende de forma errática en unidades pseudo-estratificadas por varios kilómetros lineales en esta parte de la región.

Este sistema se puede considerar como un acuífero volcánico fisurado, libre confinado, caracterizado por presentar unidades hidrogeológicas menores en derrames de lava andesítica y piroclásticos interdigitados, hasta brechas de flujo volcánico, de baja a moderada permeabilidad por fractura. El sistema acuífero volcánico en la región, se caracteriza por presentarse a manera de pseudo estratos que van de subhorizontales a inclinados, de escasos kilómetros de longitud.

Sus cotas en el área con respecto al proyecto oscilan entre los 500 y 600 msnm en las altas cumbres de las diversas microcuencas de menor orden presentes en la región.

4.2.6.5 Hidrodinámica subterránea

En general, los acuíferos volcánicos presentes en el área de estudio no responden a las características típicas de los acuíferos fracturados, dado que, en este modelo, las aguas circulan, preferentemente, por las grandes estructuras geológicas y fracturas mayores, siendo la masa rocosa prácticamente impermeable.

En los afloramientos del macizo volcánico, se observa en superficie, fracturas abiertas, pero a mayores profundidades el macizo tiene mejor calidad y la fracturación es menor y más cerrada, por tanto, el flujo de agua se presenta sólo en las estructuras mayores. En este contexto, la determinación de los parámetros hidráulicos en el sistema acuífero se realizará a través de pruebas hidráulicas como:

Ensayos Lugeon o de permeabilidad in situ, así como ensayos Air Lift o de aire comprimido. Los métodos de interpretación de estas pruebas son los clásicos de Theis y Jacob para acuíferos no confinados, y el método de Gringarten y Witherspoon para acuíferos fracturados con condiciones de fractura vertical. El rango de

valores de transmisividad (T) se considera variable y se estimará a partir del análisis de las pruebas hidráulicas Air Lift. La transmisividad está relacionada, no con el espesor de los acuíferos ensayados, sino con las características litológicas y estructurales de la zona atravesada en evaluación. Los valores estimados estarían entre 10 y 90 m^2/día.

4.2.6.6 Recarga y descarga del acuífero

La recarga se encuentra asociada a la infiltración de las aguas provenientes de las precipitaciones pluviales que, han sido identificadas a partir de las condiciones hidro-meteorológicas de la zona. La recarga cae sobre los depósitos cuaternarios de poca permeabilidad y se infiltra lentamente por los afloramientos volcánicos, y alcanza las formaciones inferiores recorriendo moderadas distancias, alimentando, de esta manera, a la NAPA freática que va de poco profunda a profunda.

En los escasos afloramientos, el macizo rocoso está fuertemente fracturado, superficialmente; y, este hecho favorece la infiltración. La recarga principal del sistema acuífero tiene lugar en los afloramientos de la zona de altas cumbres, particularmente, en las laderas de los cerros y sus alrededores que, conforman los márgenes de las microcuencas, de escasos kilómetros de longitud y varias decenas a centenas de metros de ancho. Con respecto a la descarga del acuífero volcánico fracturado, en la actualidad existen niveles que, drenan por el túnel 500 aproximadamente 60 L/s de agua. Pero, en toda la zona existen diversos manantiales de escaso a moderado caudal.

4.3 Parámetros preliminares

4.3.1 Población y composición familiar

En el año 2020, la población de Kukra Hill ascendía a 1025 personas, quienes habitaban en 250 viviendas, con un índice de hacinamiento promedio de 4.1 personas por vivienda, de acuerdo a la encuesta socioeconómica realizada. La proporción entre hombres y mujeres, representa el 48.4 % y 51.6 %, respectivamente. En el 55 % de los hogares, la mujer es la jefa del hogar.

Tabla 14 Datos poblacionales

Comunidad	No. de viviendas	No. de familias	Población (hab)				
			Mujer	%	Varón	%	Total
Flor de Pino	250	250	529	51.58	496	48.42	1025

Fuente: Elaboración propia

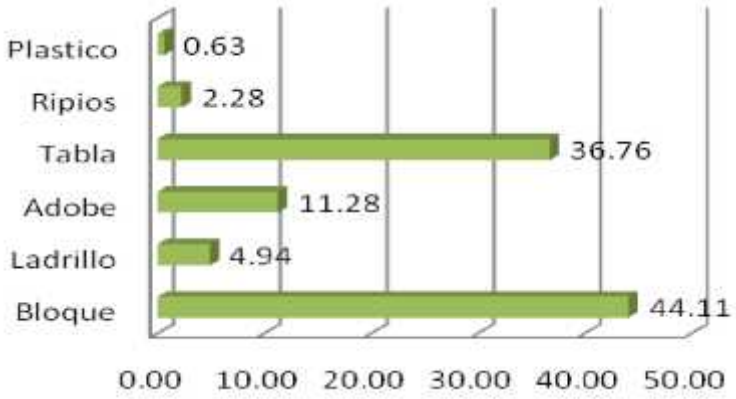
La proporción de la población se distribuye de la siguiente manera: Niños que son menores de 5 años son el 7.69 %; el 14.48 %, de las edades de 5 a 13 años; el 27.15 %, de los jóvenes de 13 años a 22 años; el 44.8 % se encuentra en un rango de 22 años a 60 años; los adultos mayores 5.68 %, de las edades de 60 a 90 años.

4.3.2 Situación y características de la vivienda

En el 60 % de los hogares, la propiedad de la vivienda está a nombre de los varones. Las viviendas se construyen en su mayoría para ser habitadas por los propietarios (87 %). Una pequeña proporción se alquila (9 %) o se presta (4 %).

Las viviendas se caracterizan por tener paredes de bloque (45 %), madera (36 %), adobe (11 %), ladrillo (5 %), ripios y plásticos (3 %). Los techos son, en su mayoría, de zinc (95 %), palma (3 %) y otros materiales (2 %). El piso es embaldosado en el 48 % de las viviendas; de tierra en el 29 %; de ladrillos en el 10 %; de madera en el 8 %; y de otros materiales en el 5 % de los casos.

Gráfico 1: Materiales de construcción utilizados en las viviendas



Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Servicios y necesidades básicas de la comunidad

La encuesta indagó sobre la disponibilidad de facilidades y servicios básicos en las viviendas, obteniéndose los siguientes resultados: Abastecimiento de agua es reportado en el 39 %; el 77 % de las viviendas dispone de energía eléctrica; en el 10 %, el baño se encuentra dentro de la vivienda; y, en solamente el 6 % tienen inodoro con conexión a un sumidero.

4.3.4 Población económicamente activa y niveles de ingreso familiar

Se indagó sobre la ocupación de la población económicamente activa, encontrándose que, en el 50 % de los hogares, solamente trabaja una persona; en el 35 % de los hogares, dos tienen empleo; finalmente, en el 15 % de los hogares, laboran 3 o más personas.

Relativo a los ingresos; en el 70% de los hogares, el ingreso familiar es menor de 3,000 C$; en el 24%, el ingreso varía entre 3,001 y 5,000 C$; y, en el 6%, el ingreso es mayor a 5,000 C$.

Las actividades económicas a las que se dedica la población empleada incluyen: Agricultura (13 %); ganadería (9 %); comercio (16 %); jornalero (9 %); pulpería (6 %); otro (47 %). Las actividades en la agricultura, se refieren al cultivo de: Frijoles (40 %); maíz (38 %); hortalizas (4 %); café y arroz (2 % cada uno); otros 14 %.

4.3.5 Necesidades básicas insatisfechas

De las 250 viviendas existentes, el 100 % asegura que requieren de un servicio de agua potable, ya que con el servicio que cuentan de un único puesto público, deben, recurrir a otras fuentes alternas, desconociendo su calidad.

La encuesta arrojó sobre el consumo de agua en las viviendas, encontrándose que; en general, la población consume poca agua, debido, fundamentalmente, a la carencia de sistemas de abastecimientos seguros. En el 63 % de los hogares, se consume menos de 5 bidones de agua por día. Si se tomara en cuenta el índice

de hacinamiento promedio de 4 personas por vivienda, representaría una dotación promedio de 20.5 litros por persona por día (lppd). En el 22 % de las viviendas, se consume de 6 a 10 bidones de agua (entre 25 y 42 lppd). De 11 a 20 bidones (46 y 82 lppd) se consume en el 8 % de las viviendas.

Finalmente, en el 7 % de hogares, el consumo es más de 20 bidones (más de 82 lppd). La forma predominante de almacenamiento del agua captada es en bidones (57 %), en barriles, una menor proporción (27 %), y en pilas (16%). Los aspectos de saneamiento levantados en la encuesta conciernen a la cobertura y tipo de letrinas para la disposición de las excretas y de las aguas servidas. La cobertura de letrinas y otros medios, representó, a finales del año 2020, el 72 % del total de viviendas.

Una buena proporción de letrinas (59 %) es del tipo tradicional, siguiéndole las aboneras (27 %), las ventiladas (7 %) y de otro tipo (7 %). El 24 % de las letrinas se llena de agua en la estación lluviosa. Las aguas servidas, usualmente, se dejan correr en los patios (69 %), con el peligro de que se estanquen y constituyan el medio para la proliferación de vectores de enfermedades. En el 14 % de los casos, se deja correr hacia los cauces. Otras formas de disposición de aguas servidas incluyen: Regado en el patio (11 %); regado de plantas (4 %); en foso de absorción (2 %).

Gráfico 2 Tipo de letrinas

Fuente: Elaboración propia

4.3.6 Disposición de pago por servicios básicos

A través de la encuesta, se investigó sobre el pago que realiza la población por el uso de los servicios básicos, tales como agua potable. En abastecimiento de agua, el 5 % expresó que, gasta más de 100 C$ por mes; el 48 % expresó que, paga entre 50 y 100 C$; el 5 % paga menos de 50 C$; finalmente, el 42 % indicó no pagar nada.

4.4 Golpe de ariete

El golpe de ariete es producido por el choque violento de un fluido contra las paredes de las tuberías, por diferentes razones: Cierre de válvulas, cambios de dirección por accesorios o reducciones. Este rebote del flujo en la dirección contraria al sentido normal por el que está siendo dirigida, crea un pulso de alta presión, cuya onda provoca sobrepresiones y depresiones en las tuberías, la cuales, eventualmente, terminan cediendo y se destruyen.

Para calcular el golpe de ariete se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1+\left(\frac{K \cdot D}{E \cdot \delta}\right)}}, K = 2.03 \times 10^{9}\ {}^{N}/_{m^2}, \rho = 1000\ {}^{kg}/_{m^3}$$ Ecuación 53

Donde:

a: Celeridad de la onda elástica del fluido en la tubería, en m/s.
K: Módulo de elasticidad del fluido (módulo de Bulk), en N/m^2.
ρ: Densidad del fluido, en kg/m^3.
D: Diámetro nominal de la tubería, en m.
E: Módulo de elasticidad de la tubería, en N/m^2.
δ: Espesor de tubería, en m.

$$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}, g = 9.81\ {}^{m}/_{s^2}$$ Ecuación 54

Donde:

ΔH: Sobrepresión por golpe de ariete, en m.

a: Celeridad de la onda elástica del fluido en la tubería, en m/s.

v: Velocidad del flujo, en m/s.

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

$$P_{máx} = DT + \Delta H \qquad \text{Ecuación 55}$$

Donde:

$P_{máx}$: Presión máxima a la que estará sometida la tubería, en m.

DT: Desnivel Topográfico o presión estática, en m.

ΔH: Sobrepresión por golpe de ariete, en m.

4.5. Transmisividad

Este parámetro hidrogeológico se determinó multiplicando la permeabilidad determinada anteriormente por el espesor del acuífero, según la litología del terreno.

$$T = P \cdot m$$

Tabla 15: Datos

DATOS DE ECUACIÓN		
TRANSMISIVIDAD		
DESCRIPCIÓN	VALOR	U/M
Transmisividad T **=**	1.89	m²/h
Permeabilidad P**=**	0.4	m/h
Espesor del acuífero **E =**	33.5	m

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo valores, se tiene:

$$T = (0.4)(33.5)$$

Calculando, se obtiene:

$$T = 13.4 \frac{m^2}{h}$$

4.6. Filtro de grava

La elección de la grava se realizó de manera empírica, siguiendo la propuesta del ingeniero mexicano Vicente Vargas (1976), quien sugiere lo siguiente para los buenos diseños de estos filtros: “Cualquier clase de material, por fino que sea, se puede controlar con un filtro constituido por grava graduada, con partículas limitadas entre ¼ y ½” de diámetro.

Para calcular la cantidad de filtro para llenar el espacio del anillo se usó la siguiente ecuación:

$$V_g = \pi m\left(D_p - D_e\right)^2$$

$$V_g = \pi[(24.4)(0.25 - 0.12)^2]$$

Calculando, se obtiene el volumen de grava para el filtro:

$$V_g = 1.72\ m^3$$

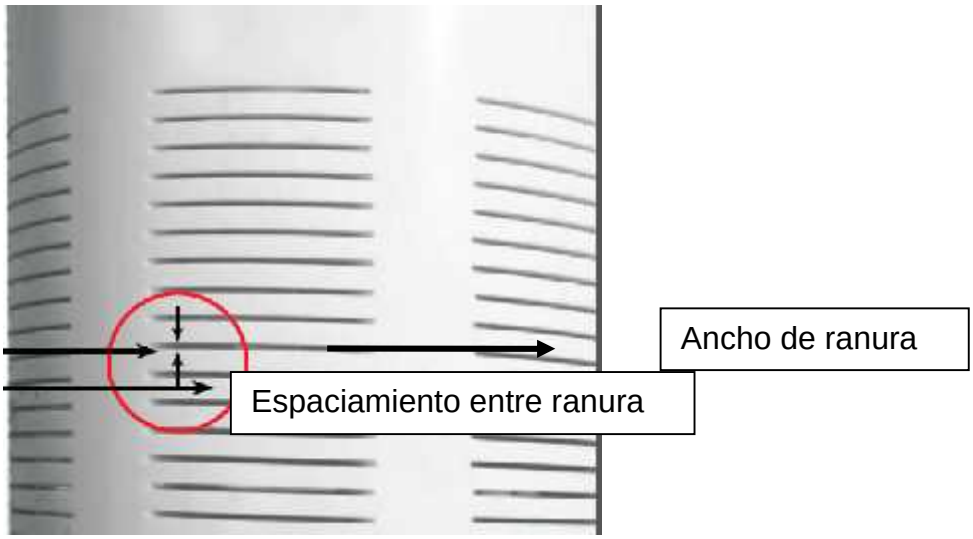
4.7 Selección de la rejilla

Se eligió tubería de PVC, esta deberá ser ranurada, conforme a su anotomía.

Imagen 15: Forma de rejilla para tuberías de PVC

Fuente: Durman Esquivel S.A.

Imagen 16: Tubería ranurada



Fuente: Durman Esquivel S.A.

4.8 Determinación del área abierta de ranura

El fabricante brinda los siguientes datos para determinar el % de ranura necesaria para la tubería a instalar en pozo:

- Área neta de ranura por pie de tubo ranurado
- Caudal de entrada por pie de tubo ranurado
- Caudal de entrada por pie, a una velocidad de 0.1 pies
- Numero de filas de ranuras presente en la rejilla
- Ancho de ranura
- Espaciamiento entre ranuras
- Longitud interna de la ranura, para efectos prácticos, se considera una longitud mínima de ranurado de 205" (52mm) en diámetros de 6 a 12" (150 a 300 mm)
- Número de ranuras por filas por pie de tubo ranurado (teórico)
- Área Superficial Interna por pie.

Tabla 16: Datos

DATOS DE ECUACIÓN		
Determinación de % de área abierta		
Descripción	**VALOR**	**U/M**
Tipo de tubería PVC SDR 26	160	PSI
Diámetro nominal:	12	”
Dímetro Interno: D_I =	7.961	”
Ancho de ranura S_I =	0.06	”
Espaciamiento de ranura E_R=	0.25	”
Longitud interna de ranura L_I=	2.05	”
Número de fila de ranura en la rejilla F_r=	8	

Fuente: Elaboración propia

Número de ranura por fila por pie de tubo ranurado se calcula con la siguiente ecuación:

$$R_{fi} = \frac{12"}{S_I + E_R}$$

Sustituyendo valores, se tiene:

$$R_{fi} = \frac{12"}{(0.06"+0.25")}$$

Calculando, se tiene el siguiente resultado:

$$R_{fi} = 38.71 \text{ filas}$$

Área neta de ranura en 2” por pie de tubo ranurado

$$A_n = R_{fi}\, F_r S_I L_I$$

Sustituyendo valores, se tiene:

$$A_n = (38.71)(8)(0.06)(2.05)$$

Calculando, se obtiene el siguiente resultado:

$A_n = 38.09"$.

Caudal de entrada

$Q_e = 0.31A_n$

Sustituyendo valores, se tiene:

$Q_e = (0.31)(38.09)$

Calculando, se obtiene el siguiente resultado:

$Q_e = 11.8\ \text{GPM}$

Área superficial interna por pies en pulgadas cuadradas

$ASI = 12\pi D_I$

Sustituyendo valores, se tiene:

$ASI = (12)(\pi)(7.961)$

Calculando, se obtiene el siguiente resultado:

$ASI = 300.12\ \text{pulgadas}^2$

Determinación del % de área de ranurado para un tubo dado

$$\%\ A_a = 100\left(\frac{A_n}{ASI}\right)$$

Sustituyendo valores, se tiene:

$$\%\ A_a = 100\left(\frac{38.09}{300.12}\right)$$

Calculando, se obtiene el siguiente resultado:

$$\% \, A_a = 12.69 \, \%$$

Teniendo este resultado, se calculó la longitud de rejillas necesaria para el acuífero.

Longitud de rejilla

$$L_r = 2pd\left(\frac{Q}{4.37}\right)$$

Tabla 17: Datos

DATOS DE ECUACIÓN		
LONGITUD DE LA REJILLAS EN EL POZO		
DATOS	VALOR	U/M
Longitud de rejilla L_r =	?	m
Caudal de diseño Q =	61.4	m³/h
Apertura de rejilla p =	12.69	%
Diámetro de rejilla d =	12	”

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo valores, se tiene:

$$L_r = (2)(0.1269)(8)\left(\frac{61.4}{4.37}\right)$$

Calculando, se obtiene el siguiente resultado:

$$L_r = 19.67 \text{ m}$$

Pasando esta longitud a pies, se tiene:

$$L_r = 64.51 \text{ pies}$$

Para determinar la cantidad de tubería a ranura, se dividió el resultado en m, entre 6 m que tiene un tubo.

Tubos a ranura para el acuífero = 3.16, redondeando a 4 tubos.

4.9 Sello sanitario

Este se construirá, según la litología, la cual indicó que, el material encontrado en los primeros 20 pies es arcilla, por lo cual, se decidió construir dicho sello a los 25 pies, la resistencia del mortero será de 3500 PSI, donde una PSI es igual a 14.22 kg/cm², convirtiendo, se tiene un concreto de 246.13 kg/cm². La proporción de este concreto será por m³ y se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 18: Dosificación de concreto a usar

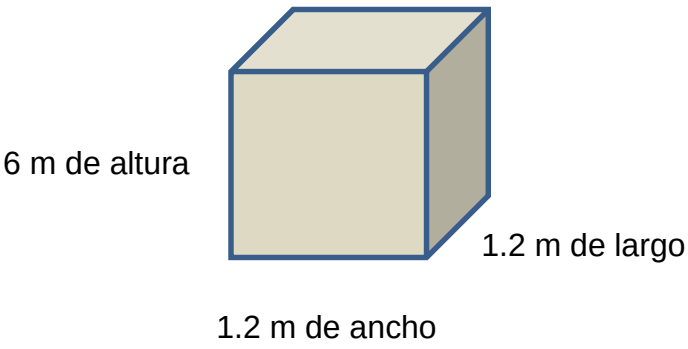
Tipo	Proporción volumétrica	Bolsas de cemento	Arena m³	Grava m³	Agua litros	Resistencia kg/cm²
3	1:1.5:2.5	10.1	0.43	0.71	216	246

Fuente: Elaboración propia

4.10 Cálculo del volumen de concreto a utilizar

Se debe cubicar el sello sanitario, en la siguiente figura se aprecia el sello sanitario del pozo:

Imagen 19: Dimensiones del rectángulo



La expresión para cubicar este rectángulo es:

$$V = B \cdot h$$

Sustituyendo valores, se tiene:

$$V = (1.44\ m^2)(6\ m)$$

Calculando, se obtiene el siguiente resultado

$$V = 8.64\ m^3$$

Aplicando el 5 % de desperdicio del material, se tiene 9 m³ de concreto para construir el sello sanitario.

4.11 Determinación del equipo para la prueba de bombeo

Para determinar la potencia del equipo de bombeo, se debe calcular la Carga Dinámica Total, determinando primero, sus componentes; en este caso, la Carga Estática y Dinámica.

4.11.1 Determinación de la Carga Dinámica Total del equipo para prueba de bombeo.

Se determinó que la bomba estará ubicada a 415 pies de profundidad:

$$CE = 121.6\ m$$

Para la Carga Dinámica, se tiene que, la tubería a utilizar es de PVC, Cédula 26, para determinar la cantidad, se dividió 415 pies entre 6 m que mide un tubo.

Para determinar la Carga Dinámica, se calcula primero, la cantidad de pérdida con la expresión:

$$H = 10.67L\left(\frac{Q^{1.8}}{C^{1.8}\ D^{4.8}}\right)$$

Como se puede observar, se realizarán conversiones de medidas de las unidades para realizar el cálculo con la formula expuesta. Lo primero es transformar el caudal de 61.4 m³/h, esto se realiza dividiendo nuestro caudal en m³/h entre 3600 segundo que tiene una hora quedando nuestro caudal de: 0.012 m3/seg.

$$\frac{61.4}{3600} = 0.017\ m^3/s$$

El coeficiente de seguridad (por ser materia en PVC), será de 150. La longitud de la tubería será de 415 pies, los cual se pasará a metros para el cálculo de pérdida esto se realiza dividiendo nuestra longitud en pies entre 3.28 pies que tiene un metro. Quedando el resultado

$$\frac{415}{3.28} = 126.52\ m$$

El diámetro de la tubería lo piden en metros, 3 plg, donde una pulgada es el equivalente de 2.54 cm, entonces convirtiendo se tiene.

$$3.00 * 2.54 = 7.62\ c$$

Se divide este resultado entre 100 cm que tiene un metro tenemos que

$$\frac{7.62}{100} = 0.0762\ m$$

Una vez convertidas las unidades de medida se puede calcular.

Cuadro # 19

DATOS DE ECUACION		
PERDIDA		
DATOS	VALOR	U/M
H: pérdida de carga dinámica	?	m
Caudal Q =	0.017	m³/s
C: coeficiente de rugosidad	150	Adimen
L: longitud de la tubería	126.52	m
D: diámetro interno de la tubería	0.0762	m

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo valores

$$H = 10{,}674 * \left\{ \frac{0.017^{1,8}}{150^{1,8} * 0.0762^{4,8}} \right\} * 685$$

Calculando

$$H = 10{,}674 * \left\{\frac{2.82 \text{ x } 10^{-4}}{7{,}089.96 * 3.5\ x\ 10^{-6}}\right\} *\ 685$$

$$H = 10{,}674 * \left\{\frac{2.82 \text{ x } 10^{-4}}{0.025}\right\} *\ 685$$

$$H = 10{,}674 * \{0.01128\} *\ 685$$

$$H = 82.5\ m$$

Esta es la pérdida carga total por fricción de los 685 metros de tubería en H.G.

Convirtiendo la pérdida de carga en metro a pies:

$$82.5 * 3.28 = 270\ p$$

Teniendo los resultados de nuestra carga estática y dinámica calculamos nuestra carga total dinámica en la succión de la bomba.

$$C \quad = C \quad E \quad + C \quad D$$

Sustituyendo Valores

$$C \quad = 161.5\ p \quad + 270\ p$$

Calculando tenemos la carga total dinámica en la succión.

$$C \quad = 432.1\ p$$

Calculo de la potencia de la Bomba y Motor para la prueba de bombeo.

La bomba se calculara con la siguiente expresión, en este caso el caudal que se espera Explotar es de 200 GPM.

$$H \quad bc \quad .= \frac{Q * C}{3960 * E}$$

Dónde: **Cuadro # 20**

DATOS DE ECUACION		
POTENCIA DE LA BOMBA		
DATOS	VALOR	U/M
Q: Caudal de Bombeo	200	GPM
CTD: Carga Total Dinámica	432.1	Pies
EF: Eficiencia del equipo (70%)	0.70	Adimen

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo valores.

$$H = \frac{200 * 432.1}{3960 * 0.70}$$

$$H = 33.5$$

Para calcular la potencia del motor se realizara con la siguiente relación.

$$H = \frac{H}{90\ \%}$$

Sustituyendo valores

$$H = \frac{33.5}{0.90}$$

Calculando potencia

$$H = 37.6$$

Esta es la potencia de nuestro equipo se debe buscar un equipo de este caballaje que cumpla con el siguiente caudal de 100 GPM contra una carga total dinámica de 464.94 pies.

Especificaciones Técnicas del Equipo para la prueba de Bombeo.

Cuadro # 21

Descripción	Valor	U/M
Caudal de bombeo	100	GPM (6.00 l/s)
Tipo de bomba	Sumergible	
Número de unidades	2.00	
Marca	BERKELEY	
Modelo	6TS90 - 230	
Nivel Estático del Pozo (abatimiento)	15.2	Pies (4.63 m)
Descarga del pozo	4 por encima del terreno	Pies (1.22 m)
Carga Total Dinámica	415	Pies (126.3 m)
Potencia	40 HP.	
Velocidad de rotación	3450 rpm	
Eficiencia	75.87%	
Energía	Trifásica	

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es calcular las pérdidas de carga en los accesorios en la sarta de bombeo.

Estos son los accesorios a instalar en la sarta en la sección.

1.00 ----- Válvula de Aire de Φ 1" con rosca macho de H.F.
1.00 ----- Unión Dresser de Φ 3" de H.F.
1.00 ----- Medidor Maestro de Φ 3". Extremos Bridados.
1.00 ----- Válvula Check de Φ 3" de H.F. Extremos Bridados.
1.00 ----- Cruz de Φ 3" X 3" de H.F. Extremos Bridados.
1.00 ----- Reductor de Φ 3" X 1" de H.F. Extremos Bridados.
1.00 ----- Válvula de Alivio de Φ 2" de H.F. Extremos Bridados.
1.00 ----- Válvula de Limpieza de Φ 3" de H.F. Extremos Bridados.
1.00 ----- Niple de H.G. dúctil con Flange. L = 1.50 mts.
1.00 ----- Válvula de Pase de Φ 3" de H.F. Extremos Bridados.
1.00 ---- Manómetro de Carga de 200 PSI (Lb/plg^2).
3.00 ---- Codos de 45° X 3". Extremos Bridados.
1.00 ---- Reductor de Φ 3" X 1 " de P.V.C.
Bridas de H.F. Φ 3" con sus Empaques y Pernos.
1.00 ---- Ampliación de 3"*4" Extremos Bridados

2.00 --- Válvula Check bronce extremos bridados en 3 pulgadas

Las pérdidas por accesorios pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante un coeficiente empírico (K):

$$h = K * \frac{v2}{2g}$$

Dónde:

h: pérdida de carga (m)
K: coeficiente (adimensional)
v: velocidad media del flujo (m/s).

El coeficiente "K" depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería. En la siguiente tabla se resumen los valores aproximados de "K" para cálculos. Con la cantidad de accesorios a instalar en el pozo y los valores de la tabla del cuadro con las cantidades y valor aproximado de K.

Cuadro # 21 se obtiene

PERDIDAS POR ACCESORIOS EN LA SARTA DE BOMBEO		
CANTIDAD	ACCSESORIOS	K
2	Codo de 90	0.90
3	Válvulas de compuerta y alivio	10
1	Tee	1.80
1	válvulas Check bronce	13.2
1	Manómetro	2.5
1	Cruz	6.71

Fuente: Elaboración propia

Multiplicando la cantidad de accesorios por el valor aproximado de K obtenemos el cuadro # 22

PERDIDAS POR ACCESORIO EN LA SARTA DE BOMBEO	
ACCSESORIOS	K
Codo de 90	1.80
Válvulas de compuerta y alivio	30
Tee	1.80
válvulas Check bronce	13.2
Manómetro	2.5
Cruz	6.71
TOTAL	56.01

Fuente: Elaboración propia

Procedemos a calcular las pérdidas por accesorios con la expresión

$$h = K * \frac{v2}{2g}$$

Dónde: **Cuadro # 23**

DATOS DE ECUACION		
PERDIDAS POR ACCESORIOS		
DATOS	VALOR	U/M
h: perdida de carga (Accesorios) en la co-lumna	?	m
K: coeficiente de perdida	56.01	Adimen
V^2: velocidad media del flujo	?	m/seg
G: Gravedad	9.18	m/seg2

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro # 23 tenemos dos incógnitas por lo cual procedemos al cálculo de la velocidad por medio de la ecuación de continuidad.

$$Q = V * A$$

Dónde:

Q: Caudal en m³/s
V: Velocidad del flujo en m/s
A: área de la circular de la tubería o radio hidráulico en m
Si despejamos esta ecuación para encontrar la velocidad dado que puedo determinar las otras variables.

$$V = \frac{Q}{A}$$

Para encontrar el área procedemos a calcular de la siguiente manera.

Área de un círculo

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

El diámetro lo conocemos que es el diámetro de la tubería de la columna de bombeo que es igual 3 Plg. Tres pulgadas equivalen a 0.0762 m

Sustituyendo valores en la ecuación tenemos.

$$A = 3.1416 * \frac{(0.0762)^2}{4}$$

Calculando tenemos

$$A = 3.1416 * 0.00146$$

$$A = 0.0046\ m^2$$

Determinado el área o radio hidráulico procedemos al cálculo de la velocidad.

$$V = \frac{Q}{A}$$

Sustituyendo valores

$$V = \frac{0.012\ m^3/s}{0.0046\ m^2}$$

Calculando

$$V = 2.60\ m/s$$

Completamos el cuadro # 24

DATOS DE ECUACION		
PERDIDAS POR ACCESORIOS		
DATOS	VALOR	U/M
h: pérdida de carga (Accesorios)	?	m
K: coeficiente de perdida	56.01	Adimen
V2: velocidad media del flujo	2.60	m/Seg
G: Gravedad	9.81	m/seg²

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo valores

$$h = 56.01 * \frac{2.60\text{^}2}{2 * 9.81}$$

Calculando:

$$h = 56.01 * 0.34$$

$$h = 19\ m$$

Al tener este resultado sumaremos las pérdidas de carga en la tubería y las perdidas singulares en los accesorios de la sarta de bombeo del pozo obteniendo el siguiente resultado.

Perdidas dinámicas en la sarta y columna de bombeo será:

$$H\ 1 = 15.23\ m + 19\ m$$

Perdida de carga dinámica total en la tubería del pozo: $Hf1 = 34.23\ m$

Se procede al cálculo de perdida en la descarga en la tubería de conducción que va hacia las pilas de almacenamiento ubicada en la cota 522 msnm para determinar la distancia, se acoto este tramo determinando la cantidad de accesorios de la red, esto se realizó en un plano de Auto Cad 2021, Epanet 2.0.

Cuadro # 25

DESCRIPCION	VALOR	U/M
Distancia entre el pozo y descarga del tanque de almacenamiento	590	m

Fuente: Elaboración propia

Para determinar este parámetro se comienza a calcular las pérdidas de carga en la línea de conducción, según la fórmula de Bresse será el diámetro de 3 plg.

La tubería a utilizar es PVC SDR 17

Calculo del diámetro económico de la línea de conducción

Para este análisis, se toma en cuenta los diámetros de tubería comerciales en la zona, asi como el precio de la energía que se suministra en la zona.

Cuadro # 26

AGUA POTABLE								
ANÁLISIS ECONÓMICO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN								
Costo anual de energía y valor presente para T bombeo = 16 horas								
Longitud =	590.00 m	Eff. Motor =	70%	Horas Bombeo		CHW = 150		
Costo Energía =	7.50 C$ / Kw-h	Eff. Bomba =	75%	16 h		r = 12 %		
	SDR - 17		C.Tub.+ Energía		Diám. Selec.	Q bom. 15 años	Q bom. 20 años	
	DiámetroS	Diám. Selec.	Valor Presente	→	3 pulg.	100 gpm	100 gpm	
	3 pulg.	3 pulg.	C$ 63,217.03			V = 1.39 m/s	V = 1.39 m/s	
	4 pulg.		74,505.20		CK. Otro Diám.?	OK	OK	
	6 pulg.		181,908.80		4 pulg.	V = 0.78 m/s	V = 0.78 m/s	
	8 pulg.		267,441.10			OK	OK	

Fuente: Elaboración propia

Se determina la perdida de carga por fricción con la expresión

$$H = 10{,}674 * \left\{ \frac{Q^{1,8}}{C^{1,8} * D^{4,8}} \right\} * \mathrm{L}$$

Dónde:

H: perdida de carga (m)

Q: caudal (m^3/s)

C: coeficiente de rugosidad (Adimensional)

D: diámetro interno de la tubería (m)

L: longitud de la tubería (m)

Como se puede observar se realizarán conversiones de medidas de las unidades para realizar el cálculo con la formula expuesta.

Lo primero es transformar el caudal de 61.4 m^3/h a m^3/s, esto se realiza dividiendo el caudal en m^3/h entre 3600 segundo que tiene una hora, quedando el caudal de: 0.017 m^3/seg.

$$\frac{61.4}{3600} = 0.017 \ m^3/s$$

El coeficiente de seguridad por ser materia de PVC, será de 150.

El diámetro de la tubería de descarga esta dado en metros, tenemos 4 plg, una pulgada es el equivalente de 2.54 cm, entonces convirtiendo tenemos.

$$4 * 2.54 = 10.16 \ c$$

Se dividió este resultado entre 100 cm que tiene un metro tenemos que

$$\frac{7.62}{100} = 0.1016 \ m$$

Una vez convertidas las unidades de medida se procede al cálculo.

Cuadro # 26

DATOS DE ECUACION		
PÉRDIDA DE CARGA		
DATOS	VALOR	U/M
H: perdida de carga	?	m
Caudal Q =	0.017	m^3/seg
C: coeficiente de rugosidad	150	Adimen
L: longitud de la tubería	1.383	m
D: diámetro interno de la tubería	0.1016	m

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo valores

$$H = 10{,}674 * \left\{ \frac{0.017^{\,1{,}8}}{150^{\,1{,}8} * 0.1016^{4{,}8}} \right\} * \ 1383$$

Calculando

$$H = 10{,}674 * \left\{ \frac{2.82 \text{ x } 10^{-4}}{9{,}433 * 1.45\ x\ 10^{-5}} \right\} * \ 1383$$

$$H = 10{,}674 * \left\{ \frac{2.82 \text{ x } 10^{-4}}{0.137} \right\} * \ 1383$$

$$H = 10{,}674 * \{0.0021\} * \ 1383$$

$$H = 68.5\ m$$

El siguiente paso es calcular las pérdidas de carga en los accesorios en la línea de distribución.

La cantidad de accesorio se determinó con los cambios de dirección según la ruta de la línea de conducción.

- 12.00 ------ Codos PVC de 4” x 45
- 3.00 ------ Codos PVC 4” x 90

- 1.00 -------- Válvula de compuerta de 4” bridada.
- 3.00 ------- Válvula Check de 4” bridada
- ------ Válvula de Limpieza de 4” bridada.
- 3.00 ------ Kit de Pernos y Empaques.

Las pérdidas singulares pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante un coeficiente empírico (K):

h = K * (v^2/2g)

$$h = K * \frac{v^2}{2g}$$

Dónde:

h: pérdida de carga (m)

K: coeficiente empírico (adimensional)

v: velocidad media del flujo (m/s)

El coeficiente "K" depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería. En la siguiente tabla se resumen los valores aproximados de "K".

Con la cantidad de accesorios a instalar en el pozo y la tabla de valores se tiene el cuadro con las cantidades y valor aproximado de K.

Cuadro # 27

PERDIDAS LOCALES EN LA SARTA DE BOMBEO		
CANTIDAD	ACCSESORIOS	K
3	Codo de 90	0.90
2	Válvulas de compuerta y alivio	10.00
12	Codo de 45	0.40
2	válvulas Check bronce	13.2

Fuente: Elaboración propia

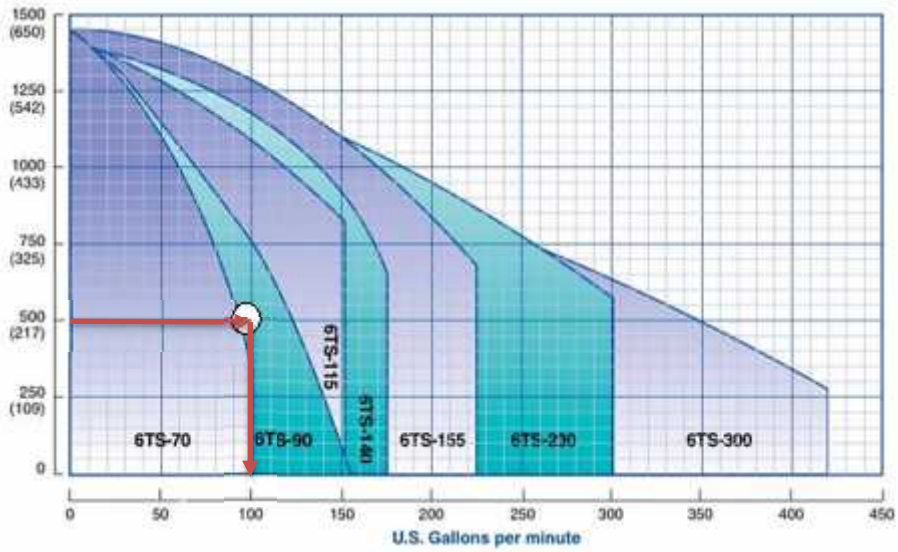
4.12 Línea de conducción e impulsión

La línea de impulsión o columna de bombeo será: Tubería de Hierro Galvanizado (HG) AC = 40 de diámetro de 3 plg.

La tubería de conducción será de PVC SDR 17 diámetro de 3 plg. con junta cementada enterrada a 1.20 m dado que puede pasar en la zona transporte pesado.

A continuación, curva de la bomba BERKELEY modelo 6TS90-230.

Imagen # 17



Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en las imágenes de la curva esta cumple perfectamente con nuestro requerimiento hidráulicos que son 95 GPM contra una carga total dinámica de 500 pies.

4.12 Sistema de cloración

El cloro es una sustancia química ampliamente usada para la desinfección del agua en plantas de potabilización de agua. Es muy eficaz y económico para el tratamiento y potabilización de aguas.

La desinfección se hará a través de un clorador automáticos en línea que utiliza el sistema de clorogas, en la línea que sale de los filtros antes de la cámara de contacto.

Este sistema utiliza una bomba inyectoras tipo Booster que no solo le ahorran tiempo, sino también reducen el contacto manual con los productos químicos, son utilizados para desinfección de piscinas satisfactoriamente, por lo que para casos de sistemas rurales pueden ser adaptados sin problemas, tienen las siguientes ventajas:

- Se requiere un consumo mínimo
- energía eléctrica para su inyección
- Sistemas totalmente cerrados, sin emisión de vapores.
- Diseños sencillos, sin problemas ni necesidad de ventilación especial
- La carga por la parte superior facilita la adición de los productos químicos.

4.13 Casetas de operador y paneles eléctricos.

En el predio del pozo se ha proyectado la construcción de una caseta de mampostería reforzada para: el operador y protección de Paneles Eléctricos, esta caseta cuenta con un área total de 9.202 m^2 y sus dimensiones son: 4.28 X 2.15 m, el área del operador es de 1.43 X 2.15 m (3.075 m^2) y el área de Paneles Eléctricos es de 2.85 X 2.15 m. (6.128 m^2).

4.14 Análisis hidráulico de la red de distribución

El análisis hidráulico del sistema de agua potable, se realizó con ayuda del programa EPANET2.0, de la US Environmental Protection Agency, en la versión traducida al español por el GMMF de la Universidad Politécnica de Valencia (España).

El análisis de la red de distribución se realizó para la condición de consumo de máxima hora en régimen permanente y régimen extendido. Además, para determinar las presiones estáticas máximas en la red se analizó la condición de demanda cero. (Ver anexos)

Para el análisis de régimen extendido, se asumió el patrón de demanda de la localidad, dado que este sistema requiere de un nivel de demanda a su máxima capacidad instalada.

4.14.1 Descripción de Modelo Hidráulico

La red se asimila a un sistema de nodos de distintos tipos y tramos de líneas que unen éstos. Los nodos tienen asignadas propiedades de cota (elevación) y pueden tratarse de nodos de consumo (a los que se les asigna un caudal de demanda), nodos intermedios (nodos sin consumo), depósitos o tanques. Los cálculos hidráulicos se realizan utilizando la fórmula de Hazen - Williams con un coeficiente de rugosidad de 150 para tuberías de PVC.

4.14.2 . Datos de entrada

Topografía

Para la elaboración del modelo resulta necesario introducir las cotas en los nudos, siendo fundamental para el análisis de las presiones en los diferentes nodos de la línea de conducción. Las elevaciones de los nodos se sacaron directamente de los planos topográficos finales.

Nodos de consumo

Para el cálculo de caudales de salida en los nodos de la red se utilizó el caudal de máxima hora al final del período de diseño, determinándose el caudal unitario por vivienda y posteriormente la distribución de caudales en los nodos a través del método de repartición media.

En vista que se desconoce la ubicación de las viviendas futuras, se ha decidido considerar como nodos de consumo futuros los existentes, distribuyendo el consumo de manera equitativa en cada nudo. La distribución de las viviendas actuales por nodos se ha realizado a partir del trabajo de campo de levantamiento topográfico que además de obtener las elevaciones identificó la situación de las dichas viviendas.

Para el análisis de régimen extendido en la configuración del modelo hidráulico, se consideró la distribución horaria de consumos de la comunidad a su máxima capacidad instalada.

4.14.3 Resultados

a) Velocidades

De acuerdo a los resultados del modelo hidráulico las velocidades máximas y mínimas en la línea de conducción son de 1.02 m/s y 0.45 m/s respectivamente, el valor de la velocidad mínima se encuentra ligeramente por debajo del valor mínimo permisible por las normas técnicas del INAA, no obstante, es un valor aceptable. Sin embargo, en los tramos con velocidades mínimas por debajo del valor recomendado por las normas, se recomienda la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, que consiste básicamente en purgar la tubería en las partes bajas del sistema con mayor frecuencia para evitar acumulación de sedimentos, que eventualmente pudiera afectar la calidad del agua, sobre todo en sus propiedades organolépticas.

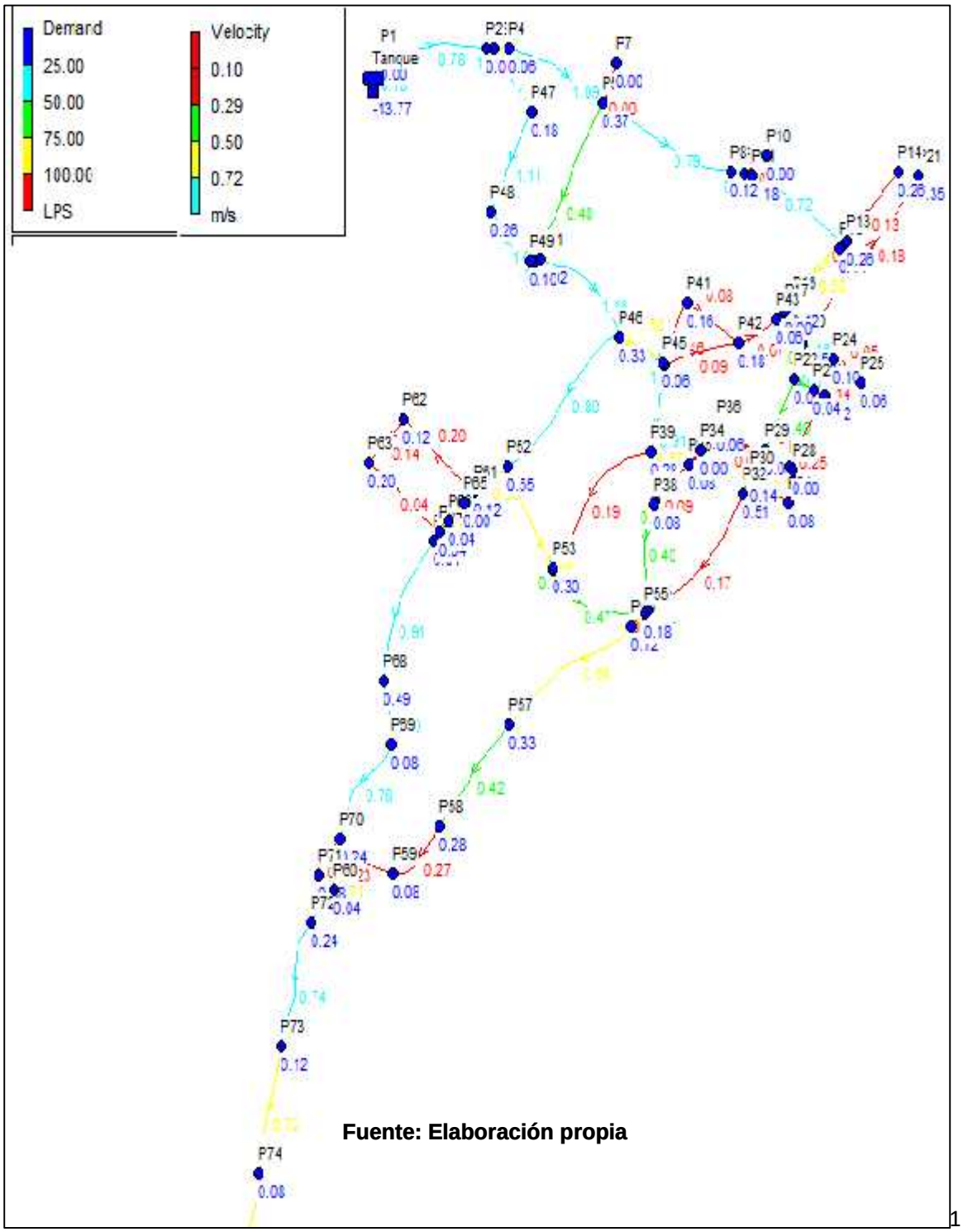
b) Presiones.

Como resultado de la corrida del modelo hidráulico en línea de conducción, se obtuvieron valores de presiones máximas y mínimas que oscilan entre 53.25 m.c.a a 5.00 m.c.a respectivamente, los cuales se corresponden con los datos de la topografía de terreno.

El valor de presión máxima se considera normal, dado que las normas técnicas permiten valores de presiones máximas hasta de 70 m.c.a en caso de zonas muy accidentadas (Ver Anexos)

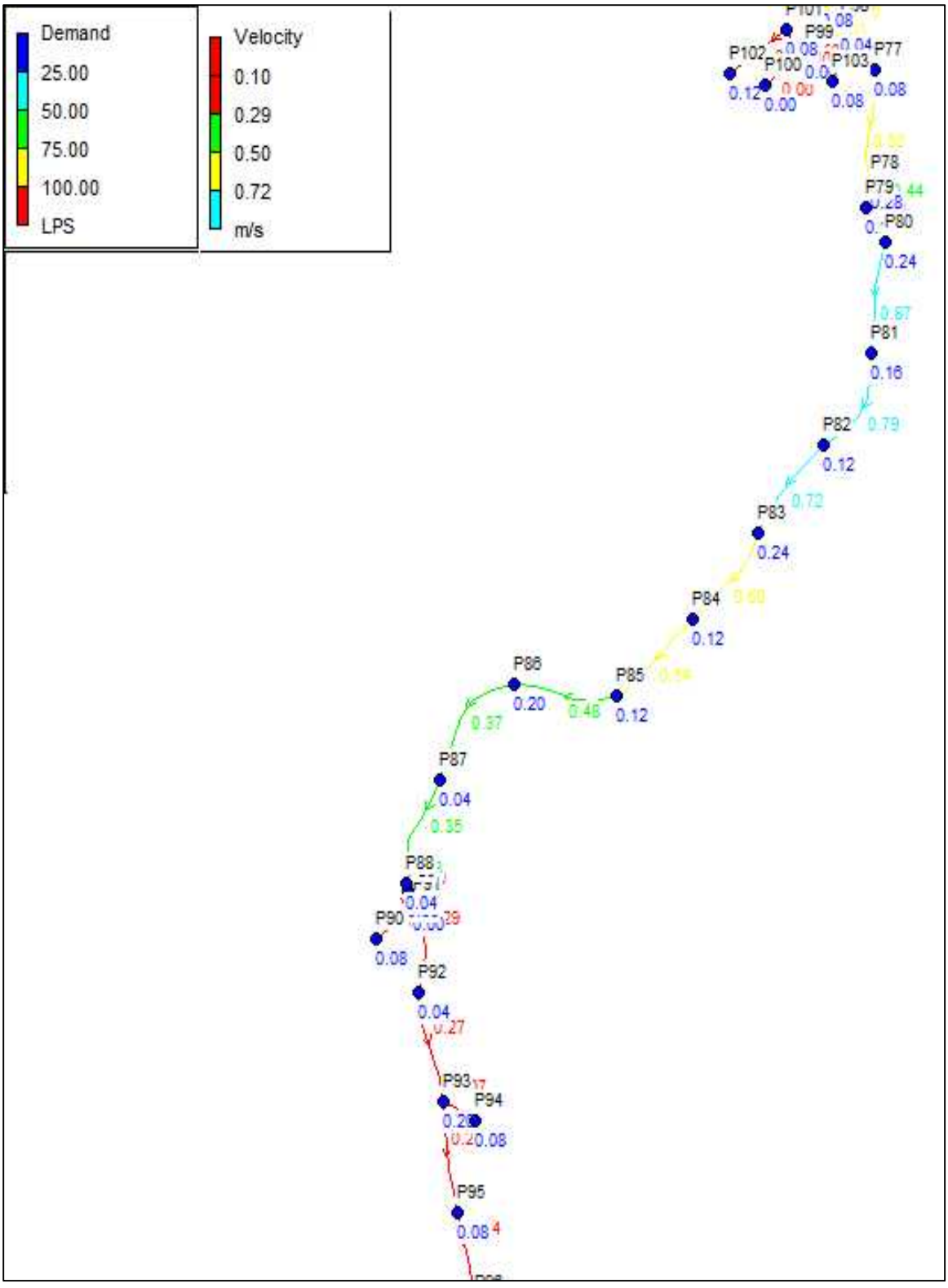
Imagen # 18

ANALISIS HIDRAULICO CONSUMO MAXIMO DIARIO – TRAMO 01



Fuente: Elaboración propia

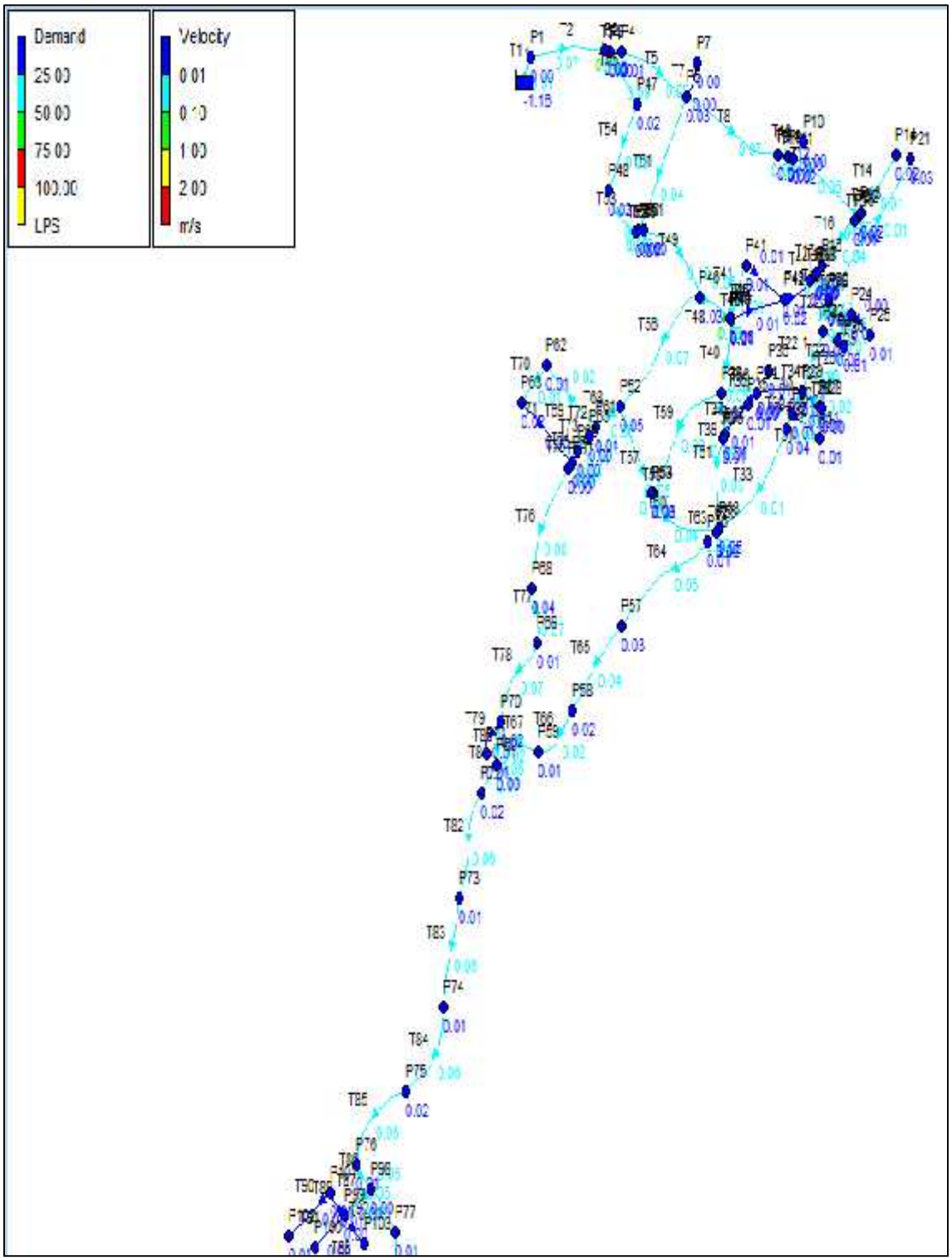
ANALISIS HIDRAULICO CONSUMO MAXIMO DIARIO – TRAMO 02



Fuente: Elaboración propia

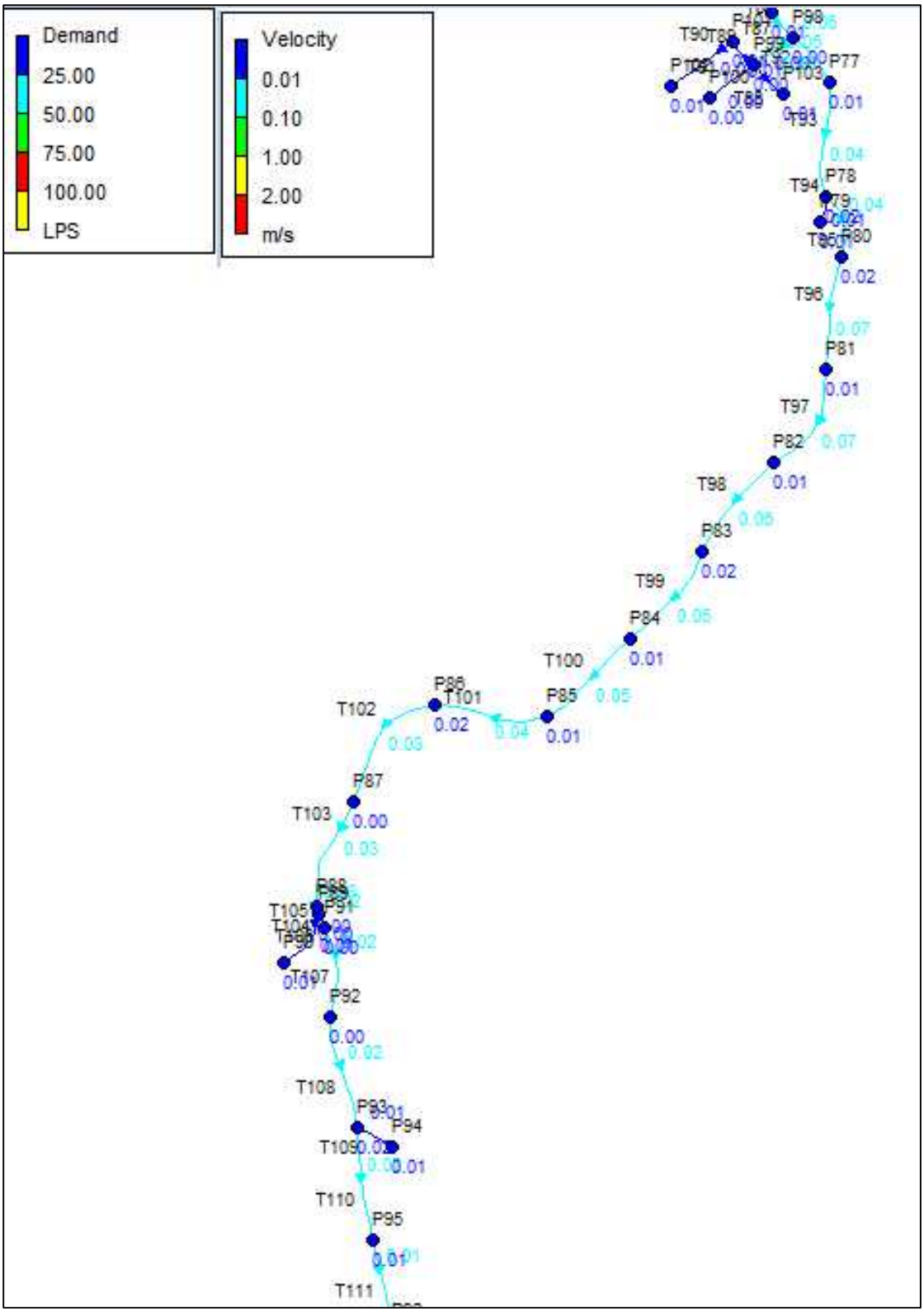
Imagen # 19

ANALISIS HIDRAULICO SIN CONSUMO – TRAMO 01



Fuente: Elaboración propia

ANALISIS HIDRAULICO SIN CONSUMO – TRAMO 02



Fuente: Elaboración propia

4.15 Diseño tanque para almacenamiento.

Se construirá un nuevo tanque de almacenamiento con una capacidad de 17,300 Galones (65.5 m³), ya que con la capacidad instalada existente no logra cubrir ni un mínimo de su primer periodo de vida útil para la obra.

Tabla # 28

PERIODO	AÑO	POBLACIÓN	CONSUMO PROMEDIO DIARIO						C. MAX. DIA		C. MAX. HORA		ALMAC.	ALMAC.
			GPD	LPD	DOT. ESPEC	PERDIDA 20%	GPM	L/S	GPM	L/S	GPM	L/S	GAL	m³
		HAB.			7 % LPD	20 % LPD								
0	2,021	1025	15,375	61,500	65,805.00	78,966.00	13.71	0.91	20.56	1.37	34.27	2.28	7,896.60	29.89
1	2,022	1066	15,990	63,960	68,437.20	82,124.64	14.26	0.95	21.39	1.43	35.64	2.38	8,212.46	31.08
2	2,023	1109	16,630	66,518	71,174.69	85,409.63	14.83	0.99	22.24	1.48	37.07	2.47	8,540.96	32.33
3	2,024	1153	17,295	69,179	74,021.68	88,826.01	15.42	1.03	23.13	1.54	38.55	2.57	8,882.60	33.62
4	2,025	1199	17,987	71,946	76,982.54	92,379.05	16.04	1.07	24.06	1.60	40.10	2.67	9,237.91	34.97
5	2,026	1247	18,706	74,824	80,061.84	96,074.21	16.68	1.11	25.02	1.67	41.70	2.78	9,607.42	36.36
6	2,027	1297	19,454	77,817	83,264.32	99,917.18	17.35	1.16	26.02	1.73	43.37	2.89	9,991.72	37.82
7	2,028	1349	20,232	80,930	86,594.89	103,913.87	18.04	1.20	27.06	1.80	45.10	3.01	10,391.39	39.33
8	2,029	1403	21,042	84,167	90,058.69	108,070.42	18.76	1.25	28.14	1.88	46.91	3.13	10,807.04	40.90
9	2,030	1459	21,883	87,534	93,661.03	112,393.24	19.51	1.30	29.27	1.95	48.78	3.25	11,239.32	42.54
10	2,031	1517	22,759	91,035	97,407.48	116,888.97	20.29	1.35	30.44	2.03	50.73	3.38	11,688.90	44.24
11	2,032	1578	23,669	94,676	101,303.77	121,564.53	21.10	1.41	31.66	2.11	52.76	3.52	12,156.45	46.01
12	2,033	1641	24,616	98,463	105,355.93	126,427.11	21.95	1.46	32.92	2.19	54.87	3.66	12,642.71	47.85
13	2,034	1707	25,601	102,402	109,570.16	131,484.19	22.83	1.52	34.24	2.28	57.07	3.80	13,148.42	49.77
14	2,035	1775	26,625	106,498	113,952.97	136,743.56	23.74	1.58	35.61	2.37	59.35	3.96	13,674.36	51.76
15	2,036	1846	27,690	110,758	118,511.09	142,213.30	24.69	1.65	37.03	2.47	61.72	4.11	14,221.33	53.83
16	2,037	1920	28,797	115,188	123,251.53	147,901.84	25.68	1.71	38.52	2.57	64.19	4.28	14,790.18	55.98
17	2,038	1997	29,949	119,796	128,181.59	153,817.91	26.70	1.78	40.06	2.67	66.76	4.45	15,381.79	58.22
18	2,039	2076	31,147	124,588	133,308.86	159,970.63	27.77	1.85	41.66	2.78	69.43	4.63	15,997.06	60.55
19	2,040	2160	32,393	129,571	138,641.21	166,369.45	28.88	1.93	43.33	2.89	72.21	4.81	16,636.95	62.97
20	2,041	2246	33,689	134,754	144,186.86	173,024.23	30.04	2.00	45.06	3.00	75.10	5.01	17,302.42	65.49

Fuente: Elaboración propia

4.16 Conexiones domiciliarias

Actualmente los usuarios carecen de medidores domiciliares, por lo cual se proveerá a toda la población proyectada con nuevos medidores, para un mejor control y regulación del servicio de agua potable.

Las conexiones domiciliarias son tuberías y accesorios que se instalan desde la red de distribución hacia cada vivienda, para que las familias puedan utilizar el agua en la preparación de sus alimentos e higiene.

La conexión domiciliaria consta de las siguientes partes:

- Elemento de toma: Que puede constar de una tee o una abrazadera.
- Elemento de conducción: Que va desde la toma hasta la vivienda.
- Elemento de control: Constituido por una válvula de compuerta o de paso a la entrada de la vivienda.
- Conexión al interior: Es la distribución interna de la vivienda.

4.17 Presupuesto

De acuerdo con el catálogo de costos de obras primarias de El Nuevo FISE, se realizaron estimaciones del monto total de la obra, incluyendo costos directos e indirectos, que asciende en los 6.20 millones de C$. Ver tabla 29.

Tabla # 29

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

RESUMEN DE PRESUPUESTO BASE

MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELECTRICO PARA LA COMUNIDAD FLOR DE PINO DEL MUNICIPIO DE KUKRA HILL

FECHA:					35.10
ETAPA/ SUB ETAPA	DESCRIPCIÓN	U/M	CANT.	TOTAL	
				P.U.	TOTAL
01	MOVILIZACION Y DEMOVILIZACION DE PERSONAL				16,947.46
0101	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	GLB	1.00	7,147.46	7,147.46
0102	Movilizacion y Desmovilizacion de Personal	GLB	1.00	9,800.00	9,800.00
02	PRELIMINARES				149,682.09
0201	**Limpieza Inicial**	***m²***	***1,891.95***	0.00	***23,203.84***
020101	Limpieza Inicial	m²	1,891.95	12.26	23,203.84
0202	**Trazo y Nivelación**	***m²***	***1,891.95***	0.00	***45,237.16***
020201	Trazo y Nivelación de Obras Hidráulicas (Predios)	m²	114.11	9.65	1,101.54
020202	Trazo y Nivelación para Tuberías (incluye M.O. topografía)	m	1,777.84	24.83	44,135.63
0203	**Construcciones Temporales**	***m²***	***65.00***	0.00	***74,330.40***
020301	Construcción de Oficina de 5.00 m x 5.00 m	m²	25.00	933.54	23,338.62
020302	Construcción de Bodega de 5.00 m x 8.00 m	m²	40.00	933.54	37,341.79
020303	Construcción de Servicios Sanitarios de 1.00 m x 1.20 m (Ecológicos)	GLB	1.00	13,650.00	13,650.00
0204	**Rotulo**	***C/U***	***1.00***	0.00	***6,910.69***
020401	Rotulo de 1.22 m x 2.44 m Alusivo al proyecto (Est. Metálica, Zinc Liso, Base de Concreto)	C/U	1.00	6,910.69	6,910.69
03	MOVIMIENTO DE TIERRA				404,041.19
0301	**Corte y Relleno**	***m³***	***19.24***	0.00	***264.95***
030101	Corte y Relleno Compensado con Tractor (Incluye acarreo libre a 50 m) Acceso Calle - Tanque)	m³	19.24	13.77	264.95
0304	**Acarreo de Tierra, Selecto y Grava 3/4"**	***m³***		0.00	***251,197.24***
030402	Explotacion o corte en banco de Prestamo y Acarreo (con camión volquete) de mat. Selecto a 3 km. (carga con equipo)	m³	76.30	217.28	16,577.48
030403	Suministro y Transporte (con camión volquete) de mat. Granular (Grava 3/4 Para Relleno de Zanja a 1km. (carga con equipo)	m³	157.91	997.89	157,580.38
030404	Botar (con camión volquete) tierra sobrante de excavación a 3 km (carga con equipo)	m³	519.08	148.42	77,039.38
0305	**Relleno y Compactación**	***m³***	***2,484.73***	0.00	***152,578.99***
030501	Relleno y Compactación de Zanjas	m³	2,484.73	61.41	152,578.99

Fuente: Elaboración propia

04	**LÍNEA DE CONDUCCIÓN**				**616,322.25**
0401	**Excavación para Tubería**	***m³***	***863.92***	0.00	***151,491.90***
040101	Excavación manual en Terreno de Material Mixto(arcillas, limos y bolones)	m³	863.92	175.35	151,491.90
0402	**Prueba Hidrostática**	***m***	***863.92***	0.00	***16,119.72***
040201	Prueba Hidrostática con bomba manual en tubería Diám. = 3", L= hasta 300m para proyección A.P.	C/U	9.00	1,791.08	16,119.72
0403	**Tubería de 3" de diámetro**	***m***	***863.92***	0.00	***177,960.24***
040301	Tubería de PVC Diam. =3" (SDR - 26) (no incluye excavación)	m	863.92	198.85	171,787.93
040302	Suministro e Instalación de codo de PVC de 3" x 45° SCH 40	C/U	1.00	173.52	173.52
040303	Suministro e Instalación de codo de Pvc de 3" x 22.55° SCH 40	C/U	7.00	185.96	1,301.74
040304	Bloque de reacción para accesorios Diam. =3"	C/U	8.00	587.13	4,697.05
0404	**Válvulas y Accesorios**	***C/U***	***1.00***	0.00	***19,553.15***
040401	Suministro e instalación de válvula de aire y vacío Diám. = 1" Ho. Fo. + Tee de 3" x 1" + Válvula de compuerta Ho. Fo. Diám. = 1" con 0.40 m de tubo de Ho. Go. De 1" (Incluye excavación)	C/U	1.00	17,973.71	17,973.71
040402	Caja para protección de válvula de 0.40 x 0.40 m, H = 0.50 m, de ladrillo cuarterón de 2" x 6" x 12" c/tapa de concreto reforzado (Incluye repello y fino)	C/U	1.00	1,579.44	1,579.44
05	**RED DE DISTRIBUCIÓN**				**906,099.98**
0501	**Excavación para Tubería**	***m³***	***1,670.42***	0.00	***292,915.48***
050101	Excavación Con Equipo en Terreno de Material Mixto(arcillas, limos y bolones)	m³	1,670.42	175.35	292,915.48
0502	**Prueba Hidrostática**	***m***	***2,173.82***	0.00	***24,286.70***
050201	Prueba Hidrostática con bomba manual en tubería Diám. = Hasta 1 1/2", L= hasta 300m para proyección A.P.	C/U	3.00	2,428.67	7,286.01
050202	Prueba Hidrostática con bomba manual en tubería Diám. = 2", L= hasta 300m para proyección A.P.	C/U	5.00	2,428.67	12,143.35
050203	Prueba Hidrostática con bomba manual en tubería Diám. = 3 ", L= hasta 300m para proyección A.P.	C/U	2.00	2,428.67	4,857.34
0503	**Tubería de 1" de diámetro**	***m***	***120.54***	0.00	***15,040.48***
050301	Tubería de PVC Diam. =1" (SDR - 26) (no incluye excavación)	m	120.54	51.71	6,233.52
050302	Bloque de reacción para accesorios	C/U	15.00	587.13	8,806.96
0504	**Tubería de 1 1/2" de diámetro**	***m***	***705.11***	0.00	***130,291.24***
050401	Tubería de PVC Diam. =1 1/2" (SDR - 26) (no incluye excavación)	m	705.11	71.54	50,441.43
050402	Bloque de reacción para accesorios	C/U	136.00	587.13	79,849.81

Fuente: Elaboración propia

0505	**Tubería de 2" de diámetro**	***m***	***985.40***	0.00	***200,390.04***
050501	Tubería de PVC Diam. =2" (SDR - 26) (no incluye excavación)	m	985.40	105.98	104,427.91
050502	Cruce de alcantarilla con tubería de Ho. Go. Diám. = 2"	m	8.93	949.57	8,479.62
050503	Bloque de reacción para accesorios	C/U	149.00	587.13	87,482.52
0506	**Tubería de 3" de diámetro**	***m***	***483.31***	0.00	***96,104.76***
050601	Tubería de PVC Diam. =3" (SDR - 26) (no incluye excavación)	m	483.31	198.85	96,104.76
0507	**Cruce de alcantarilla con tubería de Ho. Go. Diám. = 2"**	**m**	**52.42**	949.57	**49,776.23**
0508	**Bloque de reacción para accesorios**	**C/U**	**4.00**	587.13	**2,348.52**
0509	**Válvulas y Accesorios**	***GLB***	***50.00***	0.00	***94,946.52***
050901	Suministro e instalación de válvula de compuerta Diám. = 2" Ho. Fo. Con flange de PVC (Incluye Kit para instalar flanges + 1.10 m de tubo de Ho. Go. De 4")	C/U	4.00	6,555.10	26,220.39
050902	Suministro e instalación de válvula de aire y vacío Diám. = 1" Ho. Fo. + abrazadera + Válvula de compuerta Ho. Fo. Diám. = 2" con 0.40 m de tubo de Ho. Go. De 2" (Incluye excavación)	C/U	2.00	10,891.91	21,783.83
050903	Suministro e instalación de válvula de limpieza de Ho. Fo. Diám. = 1 1/2" + abrazadera, con 3. 00 m de tubo de Ho. Fo. (Incluye excavación)	C/U	4.00	5,692.26	22,769.02
050904	Suministro e instalación de válvula de limpieza de Ho. Fo. Diám. = 1" + abrazadera, con 3. 00 m de tubo de Ho. Fo. (Incluye excavación)	C/U	1.00	6,799.44	6,799.44
050905	Caja para protección de válvula de 0.40 x 0.40 m, H = 0.50 m, de ladrillo cuarterón de 2" x 6" x 12" c/tapa de concreto reforzado (Incluye repello y fino)	C/U	11.00	1,579.44	17,373.84
06	**TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CONCRETO CICLOPEO, CAPACIDAD = 19,500 GLN.**				**371,377.70**
0601	**Fundaciones**	***m³***	***153.90***		***41,627.61***
060101	Excavación estructural y conformación	m³	51.30	184.37	9,458.41
060102	Mejoramiento de suelo para fundaciones con material selecto	m³	51.30	491.19	25,197.97
060103	Desalojo de material sobrante de excavación	m³	51.30	135.89	6,971.23
0602	**Cercas perimetrales y portones**	***m***	***37.96***	0.00	***57,142.54***
060201	Cerco de Alambre de Puas, Calibre 13	m	36.60	840.55	30,764.27
060202	Concreto 3000 PSI. (Con Mezclador y Vibrador) Para Cerco de Alambre de Puas	m³	3.33	4,441.61	14,783.88
060203	Puerta de Marco de tubo redondo de Ho. Go. Diám = 2" con forro de malla ciclón cal No. 13.5	M^2	8.00	1,449.30	11,594.38

Fuente: Elaboración propia

0603	**Tanque de almacenamiento de mampostería, Concreto Ciclopeo.**	**M^2**	**512.77**	0.00	**211,416.05**
060301	Alistar, Armar y Colocar Acero #3	Kg	512.77	23.87	12,241.55
060302	Alistar, Armar y Colocar Acero #2	Kg	45.58	35.28	1,607.93
060303	Alistar, Armas y Colocar Acero #5 Para Peladaños	Kg	6.71	24.34	163.21
060304	Concreto 3000 PSI. (Con Mezclador y Vibrador)	m^3	18.37	4,441.61	81,574.83
060305	Acarreo de Piedra Bolon a 10 km (Incluye Derecho de Explotacion)	m^3	32.63	283.67	9,257.20
060306	Mamposteria Concreto Ciclopeo (No Incluye Acarreo ni Derecho de Explotacion)	m^3	32.63	2,408.90	78,611.91
060307	Formaleta Tanque de Almacenamiento	M^2	90.27	219.23	19,790.30
060308	Impermeabilización de tanque de almacenamiento con Sika - 101	M^2	30.40	268.72	8,169.12
0604	**Válvulas y accesorios**	**C/U**	**2.00**	0.00	**40,707.07**
060401	Suministro e instalación de válvula de compuerta Diám. = 3" Ho. Fo. Con flange de PVC (Incluye Kit para instalar flanges)	C/U	2.00	5,350.31	10,700.63
060402	Tuberia de Ho. Go. Diam. 75 mm En Tanque de Almacenamiento.	m	10.29	2,677.50	27,551.45
060403	Bloques de reacción para accesorios y válvulas	C/U	2.00	1,227.50	2,455.00
0605	**Otras obras exteriores**		**191.46**	0.00	**20,484.43**
060501	Anden de concreto de 2,500 PSI, sin ref. espesor = 2" con siza a cada 1.00 m	M^2	30.44	572.97	17,441.19
060502	Canal Rect. de concreto de 2500 PSI ref. A = 0.30 m, H=0.40m, E = 0.10m (Incluye excavación) con fino corriente	m^3	5.31	572.97	3,043.24
07	**CASETA DE CONTROL**				**341,684.79**
0701	**Excavacion en cerca de Malla Ciclon**	m^3	0.52	175.35	**91.18**
0702	**Excavacion en caseta de control**	m^3	3.62	175.35	**635.22**
0703	**Cerco de Malla Ciclón Cal. 13.5 H = 8', con tubo de Ho. Go. De 2", 2 hiladas de Bloques de 6" (Repello y fino)**	m	36.00	2,543.87	**91,579.27**
0704	**Puerta de Marco de tubo redondo de Ho. Go. Diám = 2" con forro de malla ciclón cal No. 13.5**	M^2	8.00	1,449.30	**11,594.38**
0705	**Construccion de Caseta de Control**	C/U	1.00	129,892.81	**129,892.81**
0706	**Suministro e Instalacion de Puertas de Madera Solida**	**C/U**	2.00	6,150.00	**12,300.00**

Fuente: Elaboración propia

0707	**Sistema de Instalaciones Electricas de Caseta de Control**			0.00	**95,591.93**
070701	Acometida Electrica(desde el Poste Hasta Caseta)	m	13.51	2,822.35	38,129.95
070702	Concreto 2500 PSI Para Proteccion de Tuberia Soterrada	M3	1.62	3,799.92	6,160.43
070703	Varilla A Tierra de 5/8" Con Alambre, Brida, Platinas y Grilletes	C/U	1.00	2,200.50	2,200.50
070704	Mufa Calabaera de 2" Con Tuberia de Ho. Go.	C/U	1.00	3,217.12	3,217.12
070705	Canalizacion Electrica, PVC Conduit 1/2"	m	95.00	115.12	10,936.17
070706	Canalizacion Electrica, PVC Conduit 3/4"	m	45.00	73.64	3,313.86
070707	Canalizacion Electrica, PVC Conduit 1/4"	m	13.51	89.30	1,206.46
070708	Suministro e Instalacion de Alambre Electrico #6 (incluye, Blanco, Verde, Negro)	m	135.00	81.78	11,040.59
070709	Sumisnistro e Instalacion de Alambre Electrico #10 (incluye, Blanco, Verde, Negro)	m	192.00	65.17	12,512.69
070710	Suministro e Instalacion de Alambre Electrico #12 (incluye, Blanco, Verde, Negro)	m	93.00	43.54	4,049.18
070711	Suministro e Instalacion de Bombillas Fluorescentes Compactas Integradas Twister/Phillips 40Ws	C/U	4.00	185.00	740.00
070712	Suministro e Instalacion de Apagador Sencillo 120V, 15 A	C/U	1.00	50.00	50.00
070713	Suministro e Instalacion de Apagador Doble 120V, 15A	C/U	1.00	50.00	50.00
070714	Suministro e Instalacion de Lampara LED Sylvania	C/U	1.00	995.00	995.00
070715	Suminsitro e Instalacion de Tomacorriente Especial 220 V Para A/A	C/U	1.00	75.00	75.00
070716	Suministro e Instalacion de Tomacorriente Doble 120 V, 15A, Polarizado Para Empotrar, Caja de dos Modulos, Mod. AMS028TS, Bticino.	C/U	5.00	59.00	295.00
070717	Interruptor termomagnetico del tipo CH enchufable de 1*15A	C/U	4.00	60.00	240.00
070718	Interruptor termomagnetico del tipo CH enchufable de 2*15A	C/U	2.00	85.00	170.00
070719	Interruptor termomagnetico del tipo CH enchufable de 2*40A	C/U	1.00	95.00	95.00
070720	Interruptor termomagnetico del tipo CH enchufable de 2*50A	C/U	1.00	115.00	115.00

Fuente: Elaboración propia

08	OBRA DE CAPTACION DE AGUA POTABLE				1084,996.30
0801	Obra de captación	C/U	1.00		526,138.50
080101	Suministro e Instalacion de Equipo de Bombeo Completo, Incluye Bomba Sumergible Mod. AS46E23, Motor Sumergible 7.5 HP Monofasico, 110V, Tuberia de Columna de Descarga de Bomba en Hg, en 2", Panel Arrancador de 7.5 Hp, Valvulas Check Vertical Tipo Pesado, Tuberia Piezometrica en 3/4". Sarta de Descarga y Clorinador y Tanque	C/U	1.00	526,138.5	526,138.50
0802	Perforacion de Pozo	PIE	230.00		355,752.00
080201	Analisis Bacteriologico Completo (Bacterias coliformesy Escherichia Coli) Del Agua Para Potable	C/U	1.00	1,112.00	1112.00
080202	Analisis Arsenico del Agua	GBL	1.00	750.00	750.00
080203	Analisis Fisico-Quimico de Agua Para Agua Potable Amoniaco y Canuros)	C/U	1.00	950.00	950.00
080204	Sello Con Material Bentonita (Arcilla Coloidal) Y Mortero, Proporcion 1:1 Para Pozo Perforado.	PIE	20.00	20.00	400.00
080205	Tuberia Ciega de PVC Diám. =6" (SDR-26) Instalada en Pozos Con Tecle Manual	PIE	100.00	97.00	9700.00
080206	Tuberia de PVC Diám.=2" (No Incluye Excv acion)	PIE	20.00	40.00	800.00
080207	Tuberia Ranurada de PVC Diám.=6" (SDR-26) Instalada en Pozo Con Tecle	PIE	130.00	100.00	13000.00
080208	Prueba de Bombeo (Con Bomba c/Motor Sumergible y Planta Generador Electrico) Escalonada	HRS	12.00	900.00	10800.00
080209	Limpieza y desarrollo (por medio de presion de Aire) En Tubo Para Estabilizar Paredes en Pozos	HRS	2.00	450.00	900.00
080210	Grav illa de Rio (Canto Rodado de 10 a 15 mm)(Cons. Compra)	M3	6.00	450.00	2700.00
080211	Perforacion de Pozo Con Maquina Rotativ a Diám.de Perforac=8" En T. Extrema Dureza	PIE	115.00	1,368.00	157320.00
080212	Perforacion de Pozo Con Maquina Rotativ a Diám.de Perforac=8" En T. Natural.	PIE	115.00	1,368.00	157320.00

Fuente: Elaboración propia

0803	**Tranqueo De Postes de Madera en Linea desde Tendido Publico Hasta la Caseta.**				***203,105.80***
080301	Aislador de carrete clase NEMA 53-2	C/U	2.00	35.10	70.20
080302	Aislador de espiga clase NEMA 56-1	C/U	3.00	407.16	1,221.48
080303	Cruceta de madera de 3 3/4" x 4 3/4" x 5'	C/U	1.00	1,614.60	1,614.60
080304	Espiga para cruceta de 5/8", rosca 1 3/8"	C/U	3.00	580.20	1,740.61
080305	Perno de máquina 5/8 x 10"	C/U	2.00	17.55	35.10
080306	Perno de máquina 5/8 x 12"	C/U	1.00	105.30	105.30
080307	Puntal de pletina de 1- 1/4" x 1 - 1/4" x 25"	C/U	2.00	884.52	1,769.04
080308	Soporte para aislador de carrete	C/U	2.00	175.50	351.00
080309	Perno goloso 1/2 x 4"	C/U	1.00	70.20	70.20
080310	Arandela cuadrada para perno de 5/8", 2 1/4" x 2 1/4" x 3/16"	C/U	4.00	3.51	14.04
080311	Varilla protectora preformada N° 1/0 ACSR	C/U	5.00	140.40	702.00
080312	Remate Preformado 1/0	C/U	1.00	80.73	80.73
080313	Conductor TPX 1/0	m	25.00	175.50	4,387.50
080314	Poste de pino de 30'	C/U	1.00	10,530.00	10,530.00
080315	Transformador Autoprotegido 15 KVA-14.4/24.9-120/240V	C/U	1.00	52,650.00	52,650.00
080316	Poste de pino de 40'	C/U	1.00	11,934.00	11,934.00
080317	Instalacion de Tranqueo de Posteria Electrica	GLB	1.00	87,750.00	87,750.00
080318	Grua	GLB	1.00	28,080.00	28,080.00
09	**CONEXIONES INTRADOMICILIARES**				**542,598.52**
0901	**Conexiones Intradomiciliares**	C/U	250.00	0.00	**128,086.02**
090101	Conexión Domiciliar con silleta de PVC de 1 1/2" x 1/2" para agua potable (No Incluye medidor) (Incluye excav ación)	C/U	89.00	484.72	43,139.64
090102	Conexión Domiciliar con silleta de PVC de 2" x 1/2" para agua potable (No Incluye medidor) (Incluye excav ación)	C/U	96.00	515.72	49,508.64
090103	Conexión Domiciliar con silleta de PVC de 3" x 1/2" para agua potable (No Incluye medidor) (Incluye excav ación)	C/U	65.00	545.20	35,437.74
0902	**Medidores de agua potable**	C/U	250.00	0.00	**414,512.50**
090201	Medidor domiciliar Diám = 1/2" de agua potable (Con caja de concreto y tapa y aro de Ho. Fo.	C/U	250.00	1,658.05	414,512.50
010	**LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA**				**29,343.85**
01001	Pedestal de Concreto de 2,500 PSI Ref. para placa conmemorativ a	C/U	1.00	1,777.52	1,777.52
01002	Placa conmemorativ a de Aluminio de 0.65m x 0.42 m	C/U	1.00	2,725.00	2,725.00
01003	Limpieza y Entrega Final	M2	1,891.95	13.13	24,841.32

Fuente: Elaboración propia

COSTOS DIRECTOS	4463,094.13
COSTOS INDIRECTOS (8%)	357,047.53
IMPREVISTO (3%)	133,892.82
SUB - TOTAL	4954,034.48
UTILIDAD (8%)	396,322.76
SUB - TOTAL SIN IMPUESTO	5350,357.24
IVA 15%	802,553.59
IM 1 %	53,503.57
TOTAL CON IMPUESTOS (CORDOBAS)	C$6206,414.40
TOTAL CON IMPUESTOS (DOLARES)	$176,820.92

Fuente: Elaboración propia

4.18 Evaluación del impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es una forma estructurada de obtener y evaluar información ambiental antes de tomar decisiones en el proceso de un proyecto, para tomar opciones favorables que no provoquen cambios ambientales, tomando en cuenta las medidas de mitigación adecuadas que controlen estos impactos negativos.

Los proyectos de agua y saneamiento deberán ajustarse a los criterios de diseño y normativas ambientales establecidas en los documentos de MARENA, INAA, FISE:

4.18.1 Metodología en el análisis ambiental

- Análisis de la calidad ambiental del sitio sin considerar el proyecto, haciendo valoraciones de causas y efectos.
- Evaluación de los impactos ambientales que genera el proyecto, considerando para esto las acciones impactantes y efectos sobre los factores ambientales en cada sitio del proyecto.
- Identificar las actividades que puedan generar impactos negativos o positivos al medio ambiente.
- Realización de un programa de mitigación de los impactos negativos generados por el proyecto.
- Realización de un programa de monitoreo y mitigación.

Una vez definidos los componentes ambientales y actividades, se elaboraron las matrices para la identificación y valoración de los impactos ambientales.

4.18.2 Matriz de evaluación del emplazamiento

La evaluación del sitio se realizó mediante el llenado de cuatro (4) histogramas estadísticos. Cada componente se evaluó, valorando todas las variables que lo integran, para ello se contó con la información de las características ambientales del territorio donde se ejecutará el proyecto.

La columna P corresponde al peso o importancia del problema. De esta manera, las situaciones se clasifican en:

3: Mayor peso.

2: Mediano peso.

1: Poco peso.

La columna E es la escala que indica el factor de riesgo:

1: Situación no permisible porque genera grandes peligros.

2: Situación permisible, pero suele necesitar medidas de mitigación.

3: Es considerada como la situación óptima.

La columna F se refiere a la frecuencia, o sea la cantidad de veces que en el histograma se obtiene la misma evaluación o escala.

En la columna (E x P x F), se multiplican los tres valores, mientras que en la columna (P x F) se multiplican sólo los dos valores. Posteriormente se suman los valores totales de la columna ExPxF y los valores de la columna PxF y se depositan en la fila que dice SUMA.

El valor total alcanzado para cada componente se obtuvo mediante el resultado de la ecuación:

$$\text{Valor total} = \frac{\sum E*P*F}{\sum P*\sum F}$$

4.18.3 Matriz de evaluación del emplazamiento

Tabla # 30

EVALUACION GEOLOGÍA									
E	**Sismicidad**	**Deslizamiento**	**Inundaciones**	**Hundimiento**	**Calidad del suelo**	P	F	ExPxF	PxF
1						3	0	0	0
2		**X**	**X**	**X**		2	3	12	6
3	**X**				**X**	1	2	6	2
			∑					18	8
Impacto: ExPxF / PxF=			**2.25**						

Fuente: Elaboración Elaboracion propia.

Este proyecto según el componente de geológica alcanzo el valor de 2.25 lo que significa que el sitio es poco peligroso.

Tabla # 31

EVALUACIÓN HIDROLOGÍA								
E	Agua subterranea	Agua superficiales	Sistema de drenaje	Susceptibilidad al cambio climatico	*P*	*F*	*ExP xF*	PxF
1					3	0	0	0
2				X	2	1	4	2
3	X	X	X		1	3	9	3
				Σ			13	5
Impacto: ExPxF / PxF=				**2.60**				

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

Este proyecto según el componente de evaluación alcanzo el valor de 2.6, lo que significa que el sitio es poco vulnerable.

Tabla # 32

EVALUACION ECOSISTEMA							
E	**Especies en riesgo**	**Habitat fluvial**	**Rangos de pendiente**	P	*F*	*ExP xF*	PxF
1				3	0	0	0
2			X	2	1	4	2
3	X	X		1	2	6	2
			Σ			10	4
Impacto: ExPxF / PxF=			**2.50**				

Fuente: Elaboración Elaboracion propia.

Este proyecto según componente de evaluación ecosistema alcanzo el valor de 2.5 lo que significa que el sitio no es peligroso.

Tabla # 33

EVALUACION MEDIO CONSTRUCTIVO							
E	Material	Uso del suelo	Maquinarias	*P*	*F*	*Ex Px F*	PxF
1				3	0	0	0
2	X			2	1	4	2
3		X	X	1	2	6	2
			Σ			10	4
Impacto: ExPxF / PxF=			**2.50**				

Fuente: Elaboración Elaboracion propia.

Este proyecto según el componente de evaluación social, alcanzo el valor de 2.5 lo que significa que el sitio es poco peligroso.

4.18.4 Matriz causas-efectos

Es un instrumento para utilizarse en la fase de factibilidad del proyecto y permite identificar y valorar la situación ambiental del medio, con proyecto o sin proyecto.

4.18.5 Causas

En la columna CAUSAS se enumerarán cada factor ambiental acciones humanas que estén de forma negativa en la calidad ambiental.

4.18.6 Efectos

En la columna EFECTOS se relacionan las consecuencias que se observan sobre el medio ambiente. Si no existiera deterioro de la calidad ambiental de un factor, no será necesario llenar los espacios de CAUSAS y EFECTOS.

Una vez identificado los factores ambientales, con las causas del deterioro y sus correspondientes efectos, se procede a la valoración.

4.18.7 Criterios para valorar la calidad ambiental

Tabla # 34

CALIDAD AMBIENTAL			
Criterios	**Valor = 3**	**Valor = 2**	**Valor =1**
Intensidad de los problemas ambientales	**Baja o no existen problemas**	**MEDIA**	**ALTA**

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

.

Matriz causas-efectos

Tabla # 35

FACTOR AMBIENTAL	ALTERACIONES AMBIENTALES		NIVEL DE CALIDAD
	CAUSAS	EFECTOS	
Calidad del aire	Falta de revestimiento	Contaminación por polvo en suspensión	3
Calidad de las aguas superficiales	Vertido directo de aguas servidas a fuentes superficiales	Contaminación de fuente de aguas superficiles con repercusión en la salud y en el ecosistema.	2
Suelos	Uso del suelo en sitios inadecuados sin tomar en cuenta su capacidad de uso.	Erosión hídrica y eólica.	3
Geología	Modificación de la topografía sin drenajes	Inundaciones	3
Cubierta vegetal	Deforestación	Erosión y daño al hábitat de la fauna.	3
Fauna	La actividad humana ha incidido en la destrucción del hábitat de la fauna silvestre.	Exterminación de las diversas especies de animales.	3
Calidad de vida	Ausencia de agua y servicios elementales de saneamiento	Alteraciones de la salud de la población por enfermedades como: brotes de dengue, malaria, Zica y Chikungunya.	1
VALOR PROMEDIO DE IMPORTANCIAS			**2.5**

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

Los principales problemas ambientales de acuerdo con la tabla anterior, están asociados a la infraestructura; éstos son los siguientes:

- ✓ Vertido directo de aguas servidas a fuentes superficiales.
- ✓ Ausencia de agua y servicios elementales de saneamiento.

Pronóstico de la calidad ambiental del área de influencia

El pronóstico de la calidad ambiental permite establecer una diferencia entre los estados de la calidad ambiental del medio ambiente sin el proyecto, y la calidad del medio ambiente con el proyecto.

Deben destacarse cuáles son los principales problemas ambientales observados en el medio sin proyecto, y cuáles son las posibles alternativas que debería emprender la comunidad para mejorar los problemas encontrados.

Criterios del pronóstico de la calidad ambiental

Tabla # 36

CALIDAD AMBIENTAL			
Criterios	Valor = 3	Valor = 2	Valor =1
Intensidad de la calidad ambientales	Buena calidad ambiental	Daños ambientales	Severos daños ambientales

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

Tabla # 37

CALIDAD AMBIENTAL DEL AREA DE INFLUENCIA SIN PROYECTO				
FACTORES AMBIENTALES	**DESCRIPCIÓN**	**EVALUACION**		
		1	**2**	**3**
Sismicidad	Actividad sísmica nula.			X
Características de la Geomorfología	El terreno es levemente accidentado y gran parte de este esta cubierto por alta vegetacion.			X
Tipos de suelos en la zona	Tierras muy fertiles			X
Vientos	Los vientos predominantes de noreste a suroeste con velocidades medias de 2.5 m/s.			X
Temperaturas	Clima media anual 23º C a 25º C, con precipitacion anual.			X
Precipitaciones	Ocsila entre 500 mm a 1000 mm anualmente.			X
Humedad	Entre 70% y 80%.			X
Hidrología/Micro cuencas	Son afluentes de los ríos que desembocan en el litoral del Atlantico.			X
Hidrología/Calidad de las aguas	Abundante potencial de aguas superficiales y subterráneas.		X	
Ruido	No presenta problemas.			X
Datos de la vegetación	Existen uso actual del suelo, tenemos que 4,600 manzanas corresponden a cultivos anuales(17%), 11,711 manzanas de pasto (43%) 5,475 manzanas de bosques (20%) representan con cultivos perennes.		X	
Datos de la fauna	La mayoría de las especies que se Hospedan en la zona son mamiferos,aves y reptiles.			X
Descripción del Sistema de Asentamientos Humanos	La ubicacion de la población es de forma dispersa y concentrada.		X	
Vías de acceso	Carretera de concreto		X	
Actividades económicas	Producion agricola y ganadera .La principal generación de empleo está fuera de la comunidad.		X	
Electricidad	Existe red de energía eléctrica en los lugares concentrados y los lugares dispersos no existe energia electrica.			X
Comunicaciones	Estado regular.		X	
Salud	Existe puesto de salud en la comunidad.	X		
Educación	Existe un centro de educacion primaria en la comunidad.		X	
Estados global de la calidad ambiental en la comunidad.		1	7	11

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

Calidad ambiental del sitio considerando el proyecto

Tabla # 38

CALIDAD AMBIENTAL DEL AREA DE INFLUENCIA CON PROYECTO				
FACTORES AMBIENTALES	**DESCRIPCIÓN**	**EVALUACION**		
		1	**2**	**3**
Sismicidad	Actividad sísmica nula.			X
Características de la Geomorfología	El terreno es levemente accidentado y gran parte de este esta cubierto por alta vegetacion.			X
Tipos de suelos en la zona	Tierras muy fertiles			X
Vientos	Los vientos predominantes de noreste a suroeste con velocidades medias de 2.5 m/s.			X
Temperaturas	Clima media anual 23º C a 25º C, con precipitacion anual.			X
Precipitaciones	Ocsila entre 500 mm a 1000 mm anualmente.			X
Humedad	Entre 70% y 80%.			X
Hidrología/Micro cuencas	Son afluentes de los ríos que desembocan en el litoral del Atlantico.			X
Hidrología/Calidad de las aguas	Educacion ambiental que constribuya al cuido y protecion de la fuente.			X
Ruido	Presentara problemas de ruido leve.		X	
Datos de la vegetación	Se tomara plan de manejo de cuenca tomando en cuenta la reforestación.			X
Datos de la fauna	Se tomara planes de manejo tomando en cuenta la fauna.		X	
Vías de acceso	Carretera de concreto		X	
Actividades económicas	Generacion de empleo tanto en la fase constructiva como de operacion.			X
Electricidad	Existe red de energía eléctrica en los lugares concentrados y los lugares dispersos no existe energia electrica.			X
Comunicaciones	Estado regular.		X	
Salud	Disminucion de enfermadades devido a aguas de consumo sin tratamiento.			X
Educación	Infraestructura del centro de educacion en buen estado.			X
Estados globales de la calidad ambiental en la comunidad.		0	4	14

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

El medio ambiente donde se ubicará el proyecto tiene buena calidad ambiental. El proyecto genera insignificantes impactos ambientales que se pueden disminuir con medidas generales de mitigación.

Con la ejecución del proyecto se mejorará enormemente la calidad de vida de los pobladores, ya que generará empleo, mejorando la economía de las familias y se realizarán planes de manejo de reforestación de la cuenca.

4.18.8 Posibles impactos esperados con el proyecto

El impacto generado por un proyecto se mide según las alteraciones ambientales que pueden crear las diferentes acciones de la obra, tomando en consideración las diferentes etapas del proyecto. Los niveles de impacto son nivel 1: Alto, nivel 2: Medio, nivel 3: Bajo y escala 0 cuando el efecto es positivo.

Principales impactos ambientales en el proyecto

Tabla # 40

PROYECTO	FASE	ACTIVIDADES	EFECTO DIRECTO	FACTOR	NIVEL
CONSTRUCION DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE	CONSTRUCION	PRELIMINARES	Generación de polvo por partículas de madera.	Aire	2
			Generación de ruido durante las construcciones temporales.	Ruido	3
		CONTRUCCION DE OBRA Y TANQUE	Generación de polvo durante la excavación.	Aire	2
			Generación de ruido durante las excavaciones.	Ruido	3
			Contaminación de agua superficial.	Recurso Hidricos	2
			Corte de vegetación en el area de construccion.	Relieve	2
			Contaminacion del suelo de materiales sobrante.	Suelo	2
		CONEXIONES DE REDES	Generación de polvo durante la excavación de zanjas.	Aire	2
			Generación de ruido devidos a los trabajadores	Ruido	2
			Corte de vegetación en la línea de tuberías.	Relieve	2
			El suelo sufre riesgo de quedar inestable durante la excavación.	Suelo	2
			Perturbacion en la circulacion peatoanal y vehicular.	sociedad	2
			Posibles accidentes en zanjas abiertas.	Riesgo de accidentes	2
		LIMPIEZA FINAL	Generación de polvo durante la limpieza.	Aire	2
			Generación de ruido durante el transporte de material sobrante.	Ruido	2
	FUNCION	EXPLOTACION DEL PROYECTO	El funcionamiento adecuado del proyecto impacta positivamente porque contribuye a elevar la calidad de vida.	Calidad de vida	0
			El proyecto impacta positivamente en la economía local al contribuir con empleo	Economía	0

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

4.18.9 Plan de mitigación de los impactos ambientales

Las medidas de mitigación están dirigidas a los impactos ambientales negativos identificados y evaluados, con el propósito de reducir las posibles afectaciones que puedan causar al medio ambiente.

4.18.10 Plan de mitigación de los impactos generados por el proyecto

Tabla # 41

IMPACTO A MITIGAR	EFECTO A CORREGIR	DESCRIPCION DE LAS MEDIDAS
PRELIMINARES	Generación de polvo.	Humedad en el sitio de construccion.
	Generación de ruido durante las construcciones temporales.	Realizar los trabajos en horas hábiles para evitar el ruido .
CONSTRUCCION DE OBRA Y TANQUE	Generación de polvo durante excavaciónes.	Humedad en el sitio de construccion
	Generación de ruido durante las excavaciones.	Evitar el trabajo nocturno para evitar ruido con las maquinarias.
	Contaminación de agua superficial.	Se deberá prohibir a los trabajadores lavar maquinaria sobre el lecho de rios para evitar derrames de aceite entre otros contaminantes.
	Corte de vegetación en el area de construcion.	Implementación de un plan de reforestación en el área de la fuente .
	Contaminacion del suelo de materiales sobrante.	Transportar los desechos solidos al basurero para evitar la contaminacion.
CONEXIONES DOMICILIARES	Generación de polvo durante la excavación de zanjas.	Durante las excavaciones de zanja se regara agua para evitar polvo.
	Generación de ruido.	Realizar los trabajos en horas hábiles para evitar el ruido .
	Corte de vegetación en la línea de tuberías.	Evitar los cortes de árboles innecesarios y reforestar la zona.
	El suelo sufre de riesgo de quedar inestable .	Las áreas donde se excavaran las zanjas es necesario la compactación del suelo.
	Perturbacion en la circulacion peatonal y vehicular.	Abrir las zanjas colocando la tubería y cerrando para no interrumpir el trafico.
	Posibles accidentes en zanjas abiertas.	Colocar señales de prevención en zanjas y en fuera de horario taparlas .
LIMPIEZA FINAL	Generación de polvo durante la limpieza.	Humedad en el sitio de construccion.
	Generación de ruido durante el transporte de material sobrante .	Reducir los efectos del ruido utilizando maquinarias en perfecto estado.

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

4.18.11 Programa de gestión ambiental

El programa de gestión ambiental se elaboró considerando todas las acciones que serán necesarias para controlar y supervisar el proyecto durante sus etapas, para evitar los impactos ambientales negativos.

La ejecución de este programa está bajo la responsabilidad de entidades competentes como ENACAL, Alcaldía y el MINSA de Kukra Hill.

Este programa se llevará a cabo en la etapa de construcción como en la de operación del proyecto. Para lo tanto, se efectuará monitoreo y seguimiento del proyecto, de la siguiente manera:

4.18.12 Plan de monitoreo del proyecto

Este plan de monitoreo se realizará para evitar los impactos negativos sobre los diferentes componentes ambientales y conocer las diferentes medidas de mitigación implementadas para disminuir dichos impactos.

El plan de monitoreo pretende verificar cambios en los parámetros ambientales y socioeconómicos, detectar si los cambios en los componentes ambientales se deben a la ejecución del proyecto y evaluar la efectividad de las medidas de mitigación.

4.18.13 Medidas de protección principal en la fuente subterráneas

a) En periodos de sequía y problemas de abastecimiento por la reducción del volumen de producción del acuífero. La deforestación y el deterioro de los recursos naturales, principalmente el suelo, han causado la reducción en la infiltración del agua, disminuyendo la cantidad y calidad del agua superficial y subterránea;

b) La alta vulnerabilidad de los recursos hídricos y de la agricultura ante eventos naturales como sequías o inundaciones por eventos extremos;

c) La limitación del uso del agua por contaminación con plaguicidas y desechos sólidos y líquidos.

d) Realizar un manejo integral de la cuenca que incluya un programa de reforestación en la parte alta, el involucramiento de los grandes productores principalmente la planificación y construcción de obras de conservación de suelos, establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles y el pago por servicios ambientales;

e) Cosecha de agua mediante la construcción de sistemas de almacenamiento, aumentar la cobertura vegetal y mejorar la infiltración del agua de lluvia.

f) Uso eficiente de agua en riego.

g) Control y regulación de aguas servidas provenientes de las industrias y del sector doméstico, incluyendo el manejo adecuado de desechos sólidos.

4.19 Conclusiones

Durante el desarrollo del presente estudio monográfico, se lograron identificar las siguientes conclusiones:

1 – En la comunidad de Flor de Pino, la tasa de crecimiento que ha experimentado desde su creación, ha sido muy alta siendo entre 5.2 al 6.0% anual, por lo que se utilizó lo indicado por la NTON 09 001 – 99 de un máximo del 4.0%. La población actual (año 2021) es de 1,025 habitantes, y de acuerdo a la proyección de la demanda (año 2041), la población se estima sea de 2,246 habitantes.

2 – En el levantamiento topográfico, se cubrió el 100% del área de población actual. De acuerdo a las proyecciones de la alcaldía, la zona tiene un crecimiento población hacia el sureste de la comunidad, por lo que en el levantamiento incluyó dicha trayectoria para futuras conexiones.

3 – La proyección de la demanda al año 2041 considera que los sistemas están diseñados para un consumo promedio diario (CPD) de 2.00 lps, un consumo máximo diario (CMD) de 3.00 lps y un consumo máximo horario (CMH) de 5.01 lps. En el caso del CMD se utilizaron para diseñar la línea de conducción y los elementos de la estación de bombeo. En el caso particular del CMH se utilizó para el diseño de la red de distribución, modelado en tres escenarios de régimen extendido en el programa EPANET: Un análisis del CMH, otro análisis de aplicación del cloro residual y un último análisis de comportamiento sin consumo en red, dando como resultados presiones y velocidades dentro de los rangos establecidos por las normas de INAA.

4 – El diámetro económico de línea de conducción que ha resultado del análisis de los componentes hidráulicos del sistema es de 3”. En tanto, en las redes de distribución, los diámetros son variables desde 1 ½” hasta 3”, con un tramo de descarga del tanque de almacenamiento de concreto (tipo cisterna) de 3” por gravedad hasta las viviendas.

5- La revisión de los antecedentes geológicos, hidrogeológicos y constructivos de los pozos perforados hasta ahora, indican que existe la posibilidad de conseguir rendimientos o caudales de 1,500 GPM (340.5 m^3/h) con pozos perforados de 350 pies (107 m) de profundidad en la zona, revestidos con tuberías ciegas y rejillas metálicas de 14 pulgadas de diámetro. Las rejillas serán de acero inoxidable y de ranuras continuas con abertura (Slot 60).

6 – El costo total de inversión, Kukra Hilll asciende a C$ 6938,066.80 equivalentes a US $197,665.72. El mayor componente de inversión será en la construcción del pozo perforado asi como las redes de distribución y acometidas domiciliares.

7 - La alternativa propuesta de este mejoramiento que se llevará a cabo en la comunidad estará conformado por: Perforación de un Pozo para abastecimiento, construcción de una línea conducción, Un nuevo tanque de almacenamiento de 19.500 Galones y 1820 metros de red de distribución de PVC, la que funcionará por medio de ramales abiertos, válvulas principales y conexiones domiciliares.

La fuente tiene la capacidad de abastecer los requerimientos de la población proyectada y una calidad que no presenta grado de contaminación, según los análisis realizados. El tratamiento de desinfección que se le dará al agua será por medio del proceso de cloración automatizada con bomba inyectora.

8 - La evaluación del impacto ambiental se realizó en base a la Ley General del Medio Ambiente (Ley 217) aplicado por el SISGA de El Nuevo FISE, destacando principalmente los siguientes impactos:

- Impactos negativos en la etapa de construcción: dada la trascendencia de la obra, las actividades de mayor impacto en estos componentes serán debido a los movimientos de tierra y afectaciones una gran área de la vegetación (flora y fauna) ubicada en la zona.

4.20 Recomendaciones

Para la ejecución del proyecto del sistema de agua potable es muy importante que la alcaldía de Kukra Hill y la comunidad, tomen en cuenta las siguientes recomendaciones:

1 - Se deberá reconfirmar la calidad del agua de la fuente mediante el análisis físico-químico y bacteriológico para evitar alguna contaminación durante su construcción.

2 - Una vez construido el sistema de agua potable se brindará capacitación técnica sobre hábitos higiénicos a través de la educación ambiental, lo que contribuirá a mantener el cuido y protección de la fuente.

3 - No permitir el consumo de agua sin cloración para evitar que se presenten enfermedades en la comunidad.

4 - Para que el sistema preste un buen servicio, es importante que se cumpla la guía de mantenimiento y operación, para mantener el buen funcionamiento del sistema de Agua Potable.

5 - Garantizar personal de mano de obra calificado para la construcción del sistema y contratar ingeniero de supervisión para que se apliquen las especificaciones técnicas contenidas en los planos.

6 - Garantizar el pago de la tarifa del servicio, lo cual servirá para sostener y mantener los costos de operación y mantenimiento del sistema durante su período de diseño.

7 - Para disminuir los posibles impactos negativos ocasionados al medio ambiente, debido a la ejecución del proyecto, se debe cumplir con lo establecido en la unidad de evaluación ambiental.

4.21 Bibliografía

CAPRE. (1994). Norma de calidad de agua para consumo humano. San José: COMITÉ COORDINADOR REGIONAL DE INSTITUCIONES DE AGUA POTABLE Y Republica Dominicana

INAA (1999). Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (NTON 09003-99). Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua. Managua.

INEC (2006). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Informe del VIII Censo de Población y IV de Vivienda, Censo 2005. Managua.

INEC (2005). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Encuesta de Hogares para la Medición de Empleo. Informe General.

ININDE (2015). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Informe de VIII Censo Poblacional y IV de Viviendas, 2005-2006.

INEC (2003). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Compendio Estadístico 2000 - 2002.

INETER (2016). Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Boletín Hidrogeológico.

INETER (2013). Estudios hidrológicos e hidrogeológicos en la región de Chinandega – León – Nagarote (Acuífero de Occidente). Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.

Ministerio Agropecuario y Forestal (MAG-FOR). INETER, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Datos sobre la Hidrología de Nicaragua. http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/Recursos%20Hidricos/index.html.

INETER (2007). Dirección General de Meteorología. Perspectivas de las precipitaciones en Nicaragua ante un evento ENOS, Documento Técnico. Gutiérrez, M., INETER.

ICC. (2017). Manual de Medición de Caudales. Guatemala: (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático.

INAA. (1999a). Diseño de Abastecimiento de agua y saneamiento basico rural. Managua: INAA.

INAA. (2005). guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales. Managua: INAA.

Martinez Mejia , J. R. (2009). San Salvador: Universidad de El Salvador.

MIFIC. (2019). Diseño de abastecimiento de agua potable NTON 09 007-19. Managua : MIFIC.

4.22. Webgrafia

http://www.ANA.gob.ni/Documentos/Ambiental/Normas%Alc.pdf
http://www.enacal.gob.ni
http://www.inide.gob.ni

4.23 Anexos

MODELO DE ENCUESTA SOCIOECONÓMICA

Proyecto:_____Departamento: _____Municipio: _____

Comunidad: _____

Fecha: _____

Responsable del Hogar: Padre_____Madre_____

Nombres y Apellidos	Parentesco	Sexo		Edad					Nivel de Escolaridad	Ocupación
		M	F	1 -5	6 - 15	16-25	26-35	+ 36		

Nombre del Encuestado/a: _____

1. Datos personales (Iniciar con el jefe(a) de familia)

2. Condiciones de la vivienda (Observar, anotar)

1. La vivienda es: a) Propia_____ b) Prestada____ c) Alquilada_____

2. Paredes: a) Bloque__b) Ladrillo__c) Madera___d) e) Adobe___ e) Otros_____

3. El piso es: a) Ladrillo_____ b) Concreto_____ c) Tierra_____ d) Otros_____

4. El techo es: a) Zinc_____b) Nicalit____ c) Teja ____d) Madera____e) Otros____

5. Cuantas divisiones tiene: a) No tiene___ b) Dos ____ c) Tres____ d) Mas de tres___

6. Resumen del estado de la vivienda: a) Buena ____ b) Regular_____c) Mala___

3. <u>SITUACIÓN ECONOMICA DE LA FAMILIA</u>

7. Cuantas Personas del hogar trabajan? _____

¿Cuál es el Ingreso Económico promedio mensual del Hogar? C$ _____

8. En que trabajan? a) Ganadería_____b) Agricultura_____c) Jornaleros_____ d) Comerciante____ e) Otros_____

9. Que cultivos realizan? a) Arroz____b) Frijoles____c) Maíz____d) otros_____

10. Tienen Ganado? Si_____ No ____a) Vacas____b) Caballos____c) Otros____

11.- Cuentan con energía eléctrica Sí ___ No____ Cuánto pagan? C$ _____

4. <u>SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (Observar, verificar)</u>

12. Tienen Letrina? Sí_____ No_____

Estado? : a) Buena___b) Regular___ c) Mala___

13. Que hacen con las aguas servidas de la casa? a) La riegan___b) La dejan correr_____

14. Existen charcas en el patio producto de aguas grises? a) Si_____b) No_____

15. Se observa basura: En el interior Sí ___ No _____ Exterior Sí ___ No _____

16. Que hacen con la basura: la queman ____ la entierran____ Otros:_____

5. RECURSOS Y SERVICIOS DE AGUA

17. Cuenta con servicio de agua? a) Si____ Que tipo: a) Llave____ b) Pozo _____

c) Otro_____

Si No tiene, Como se abastece: Río ____ b) Quebrada____ c) Otro_____

18. Quién acarrea el agua? a) La mujer____b) El hombre___c) Los niños/as___d) Otros_____

19. A que distancia acarrea el agua a) Menos de 100 m___ b) Menos de 500 m___ c) Memos de 1 km ____ d) Más de 1 Km_____

20. Cuantos viajes realizan para buscar el agua que utilizan diario?_____

21. Cuantos Gln de agua acarrean al día a) 30____ b) 40_____ c) 50_____ d) 60 o más____

22. En qué almacena el agua? a) Barriles_____b) Bidones_____c) Pilas_____

23. Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen:

a) Tapados____ b) Destapados___

24. La calidad del agua que consume, la considera: a) Buena____ b) Regular___ c) Mala

25. Usted considera que la comunidad necesita un proyecto de agua a) Si ___ b) No ____

26. Usted quiere participar en el proyecto de agua. a) Si _____ b) No _____

27. Esta dispuesto a aportar Mano de obra para la construcción? a) Si ___ b) No ___

28. Esta dispuesto a aportar en efectivo para la construcción del proyecto a) Si _ b) No ___

Cuanto a) C$50____ C$100 ___ C$500 ____ Más de C$500____

29 Cuanto estaría dispuesto/a en pagar por el servicio de agua mensual? Si___ No___

Cuánto. a) C$ 20 a 30____b) C$ 31 a 40 c) C$ 41 a 50_____ d) C$51 a más____

6. Organización y Participación Comunitaria:

30. Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización comunitaria?

Sí_____ ¿Qué tipo? a) Productiva ____b) Social_____c) Religiosa_____d)Otra_____

No_____ Por qué?

_____

31. Cuantos miembros del hogar participan en la organización comunitaria?

a) Hombres____b) Mujeres_____c) Total_____

32. Estaría la Familia dispuesta a participar en el proyecto

a) Si_____b) No_____c) Porque_____

7. SITUACION DE SALUD DE LA FAMILIA

Enfermedades padecidas por los miembros el hogar en el año 2021 (cuantos).

Enfermedades	- 5	6-15	16-25	+ 26	Observaciones
Diarrea					
Tos					
Resfriados					
Malaria					
Dengue					
Parasitosis					
Infección renal					
Tifoidea					
Hepatitis					
Infecciones dérmicas(piel)					
Otras					

LABORATORIOS BENGOECHEA, S.A.
Km. 6 ½ Carretera a Masaya, Managua, Nicaragua.
Teléfono: 2277-2145, 2270-0460-62 FAX: 2277-2144
Web: www.labbengoechea.com.ni

LABORATORIO REGISTRADO BAJO EL # 715

ANALISIS INDUSTRIAL #: 30,088	**FECHA DE EMISION DE RESULTADOS:** 13/11/2020
MUESTRA/DESCRIPICIÓN: Agua de Pozo Perforado	**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 09/11/2020
FECHA DE RECEPCIÓN: 09/11/2020	**HORA DE TOMA DE MUESTRA:** 12:10pm.
n/Ref. LB: 54.855	**MUESTRA TOMADA POR:** Técnico Evenor Martínez

ANALISIS BACTERIOLOGICO-SANITARIO

Descripción de muestra	COLIFORMES NMP/100mL	
	Confirmatoria Coliformes Totales	Confirmado Fecal E.Coli
Agua de Pozo Perforado El Crucero	<1.1	<1.1

NOTA : Desde el punto de vista bacteriológico sanitario a esta fecha, esta muestra **ES: APTA PARA CONSUMO HUMANO**, según normas de la O.M.S. en vigencia.

Un NMP x 100mL de Coliformes Confirmado, menor que 1.1 es satisfactoria para consumo humano. NMP x 100 mL. significa : Número más probable de bacterias en referencia contenidas en 100 mL. de la muestra.

Método SMWW XX. Edi. 9221 B, 9221C. (5 x 20ml)
Normas O.M.S. III ed. Vigente.

Muestra tomada el 09/11/2020 a las 12:10pm. por personal calificado de Laboratorios Bengoechea, Técnico Evenor Martínez.

Ing. Jorge Bengoechea C.
Gerente General
cc;archivo

LABORATORIOS BENGOECHEA, S.A.

Km. 5 ½ Carretera a Masaya, Managua, Nicaragua.
Teléfono: 2277-2145, 2270-0450-52 FAX: 2277-2144
Web: www.labbengoechea.com.ni

LABORATORIO REGISTRADO BAJO EL # 718

ANALISIS INDUSTRIAL #: 30,187	**FECHA DE EMISION DE RESULTADOS:** 27/11/2020
MUESTRA/DESCRIPICIÓN: Agua de Pozo Perforado.	**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 09/11/2020
FECHA DE RECEPCIÓN: 09/11/2020	**HORA DE TOMA DE MUESTRA:** 12:10pm.
n/Ref. LB: 54,854	**MUESTRA TOMADA POR:** Técnico Evenor Martinez

ANALISIS DE METALES PESADOS

METALES PESADOS	RESULTADOS µg/L	Limite de Detección µg/L	**Valores Guía OMS µg/L
Arsénico	*N.D.	2,81	10
Cadmio	N.D.	0,22	3
Cobre	N.D.	0,25	2×10^3
Mercurio	N.D.	0,53	1
Plomo	N.D.	1,26	10
Selenio	N.D.	2,74	10

* N.D. = No Detectado.
** Valores guías para Agua Potable, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.

Métodos: SMWW XXI Edi. 3113 B, 3112B
Absorción Atómica, Técnica de Horno de Grafito y Vapor Frio.

Muestra tomada el dia 9/11/2020 a las 12:10pm. por Personal Calificado de Laboratorios Bengoechea, Técnico Evenor Martinez.

Ing. Jorge Bengoechea C.
Gerente General

Dr. Eudoro Trejos
Gerente de Lab. Fisico Quimico

Ing. Rose Maria Torrez
Resp.Técnico Lab. Fisico Quimico

LABORATORIOS BENGOECHEA, S.A.
Km. 5 ½ Carretera a Masaya, Managua, Nicaragua.
Teléfono: 2277-2148 FAX: 2277-2144
Web: www.labbengoechea.com.ni

TITULO: INFORME DE RESULTADOS FISICO QUIMICO

LABORATORIO REGISTRADO BAJO EL # 719

ANALISIS INDUSTRIAL #: 30,187	**FECHA DE EMISION DE RESULTADOS: 27/11/2020**
MUESTRA/DESCRIPICION: Agua de Pozo Perforado.	**FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 09/11/2020**
FECHA DE RECEPCION: 09/11/2020	**HORA DE TOMA DE MUESTRA: 12:10pm.**

ANALISIS FISICO-QUIMICO PARA POTABILIDAD

	RESULTADOS		Valores Guías De Potabilidad – (O.M.S.)		METODO SMWW XX Edición
			Máxima Aceptable	Máxima Tolerable	
*pH	7,26	Unidades	7.0–8.5 Unidades	6.5-9.2 Unidades	4500 H+ B
*Conductividad 25 °C	295,0	µS/cm	No aplicable		2510 B
*Sólidos Disueltos	216,0	mg/L	500 mg/L	1,500 mg/L	2540 C
*Dureza Total	129,6	mg $CaCO_3$/L	300 mg/L	1,000 mg/L	2340 C
Color	N.D LD=0.79	Unidades Pt/Co	---	---	2120 C
Turbidez	< 5	Unidades UTJ	---	---	2130 A
CATIONES					
*Calcio	1,49 meq/L	29,84 mg/L	75 mg/L	200 mg/L	3500-Ca B
*Magnesio	1,09 meq/L	13,24 mg/L	50 mg/L	150 mg/L	3500-Mg B
Sodio	0,54 meq/L	12,53 mg/L	Hasta 200 mg/L	Hasta 200 mg/L	3500-Na B
Potasio	0,12 meq/L	4,65 mg/L	No Definido	No Definido	3500-K B
	3,24 meq/L				
ANIONES					
*Carbonatos	0,0 meq/L	0,0 mg CO_3/L	No Definido	No Definido	2320 B
*Bicarbonatos	2,55 meq/L	155,59 mgHCO_3/L	No Definido	No Definido	2320 B
*Cloruros	0,44 meq/L	15,42 mg/L	200 mg/ L	200– 300 mg/L	4500-Cl B
*Sulfatos	0,11 meq/L	5,28 mg/L	200 mg/L	400 mg/L	4500-SO_4^{2-} E
*Nitratos	0,12 meq/L	7,44 mg/L	Hasta 45 mg/L	Hasta 45 mg/L	SMWWXIV Edic. 419 N-(NO_3) D
	3,22 meq/L				
OTROS		L.D.			
*Flúor	0,90 mg/L	0,04 mg/L	Hasta 1.5 mg/L	Hasta 1.5 mg/L	SMWWXIV Edic. 414 -F^- D
*Hierro Total	0,72 mg/L	0,04 mg/L	0.3 mg/L	1 – 3 mg/L	3500-Fe B
*Manganeso	N.D.	0,18 mg/L	0.1 mg/L	0.5 mg/L	3500 Mn B
Nitritos	N.D.	0,012 mg/L	---	---	4500 NO_2B

- Los rangos señalados son extraídos de las Guías internacionales para Aguas Potables, según la O.M.S. IV edición. Según su dureza esta agua se clasifica como: AGUA MODERADAMENTE DURA
- L.D.: Límite de Detección.
- N.D.: No Detectado.
- Los parámetros que llevan asterisco corresponde a los que se encuentran dentro del alcance de Acreditación con la Norma ISO 17025-2005

Se da fe únicamente de la muestra presentada.

Jorge Bengoechea C.
Gerente General

Dr. Eudolo Trejos
Gerente de Lab. Físico Químico

Ing. Rosa María Torrez
Resp. Técnico Lab. Físico Químico

TABLA DE RESULTADOS DE SIMULACIONES EPANET – SIN CONSUMO

Network Table - Nodes at 0:00 Hrs					
	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	LPS	m	m
Junc P35	311.20	0.0325	0.01	364.99	53.79
Junc P36	310.86	0.0244	0.01	364.99	54.13
Junc P29	298.75	0.0325	0.01	364.99	66.25
Junc P27	298.08	0.0649	0.01	364.99	66.91
Junc P78	326.53	0.1137	0.02	364.93	38.40
Junc P79	326.58	0.0487	0.01	364.93	38.35
Junc P19	300.83	0.0000	0.00	365.00	64.16
Junc P18	304.93	0.0000	0.00	365.01	60.07
Junc P70	311.46	0.0974	0.02	364.97	53.52
Junc P71	309.13	0.0325	0.01	364.97	55.84
Junc P30	298.53	0.0568	0.01	364.99	66.46
Junc P31	297.37	0.0325	0.01	364.99	67.62
Junc P54	315.75	0.1218	0.03	364.99	49.25
Junc P39	310.83	0.1137	0.02	365.00	54.16
Junc P5	316.40	0.1461	0.03	365.03	48.63
Junc P50	315.30	0.0731	0.02	365.02	49.72
Junc P21	298.75	0.1380	0.03	365.00	66.25
Junc P20	301.07	0.1380	0.03	365.00	63.93
Junc P96	304.54	0.0325	0.01	364.86	60.31
Junc P97	305.26	0.0325	0.01	364.85	59.60
Junc P95	304.32	0.0325	0.01	364.86	60.54
Junc P93	302.77	0.0812	0.02	364.86	62.08
Junc P94	302.61	0.0325	0.01	364.86	62.25
Junc P92	306.97	0.0162	0.00	364.86	57.89
Junc P91	314.94	0.0000	0.00	364.86	49.92
Junc P89	314.98	0.0000	0.00	364.86	49.89
Junc P90	322.56	0.0325	0.01	364.86	42.31
Junc P87	319.21	0.0162	0.00	364.86	45.65
Junc P88	315.29	0.0162	0.00	364.86	49.57
Junc P86	315.15	0.0812	0.02	364.87	49.72

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

Junc P85	307.98	0.0487	0.01	364.87	56.89
Junc P84	305.37	0.0487	0.01	364.88	59.51
Junc P83	301.86	0.0974	0.02	364.89	63.03
Junc P82	302.22	0.0487	0.01	364.90	62.68
Junc P81	310.55	0.0649	0.01	364.91	54.36
Junc P80	323.37	0.0974	0.02	364.93	41.56
Junc P77	321.70	0.0325	0.01	364.94	43.24
Junc P98	321.35	0.0162	0.00	364.94	43.59
Junc P75	315.44	0.0974	0.02	364.95	49.51
Junc P76	320.26	0.0325	0.01	364.94	44.68
Junc P74	307.92	0.0325	0.01	364.95	57.03
Junc P73	303.22	0.0487	0.01	364.96	61.74
Junc P72	305.30	0.0974	0.02	364.97	59.67
Junc P60	305.88	0.0162	0.00	364.97	59.10
Junc P59	306.54	0.0325	0.01	364.97	58.44
Junc P58	301.39	0.1137	0.02	364.97	63.59
Junc P57	298.00	0.1299	0.03	364.98	66.97
Junc P56	298.78	0.0487	0.01	364.99	66.21
Junc P69	324.02	0.0325	0.01	364.98	40.96
Junc P68	324.61	0.1948	0.04	364.99	40.37
Junc P67	309.76	0.0162	0.00	365.00	55.24
Junc P64	309.22	0.0162	0.00	365.00	55.78
Junc P63	317.69	0.0812	0.02	365.00	47.30
Junc P62	315.03	0.0487	0.01	365.00	49.97
Junc P61	307.79	0.0487	0.01	365.00	57.21
Junc P52	310.78	0.2192	0.05	365.00	54.22
Junc P46	307.59	0.1299	0.03	365.01	57.42
Junc P37	311.71	0.0325	0.01	364.99	53.28
Junc P38	311.72	0.0325	0.01	364.99	53.27
Junc P33	299.59	0.2273	0.05	364.99	65.40
Junc P47	335.88	0.0731	0.02	365.04	29.16
Junc P3	333.98	0.0081	0.00	365.05	31.07
Junc P48	324.06	0.1055	0.02	365.03	40.97
Junc P44	305.36	0.0162	0.00	365.01	59.65
Junc P41	312.36	0.0649	0.01	365.01	52.64
Junc P55	299.33	0.0731	0.02	364.99	65.66

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

Junc P53	315.66	0.1218	0.03	364.99	49.33
Junc P32	298.52	0.2030	0.04	364.99	66.47
Junc P34	309.74	0.0000	0.00	364.99	55.25
Junc P40	305.35	0.0406	0.01	365.01	59.66
Junc P42	306.37	0.0731	0.02	365.01	58.64
Junc P45	305.36	0.0244	0.01	365.01	59.65
Junc P22	299.26	0.0000	0.00	365.00	65.74
Junc P26	298.15	0.0487	0.01	364.99	66.85
Junc P23	298.36	0.0162	0.00	364.99	66.64
Junc P24	297.87	0.0406	0.01	364.99	67.12
Junc P12	302.36	0.0812	0.02	365.01	62.65
Junc P15	303.04	0.0568	0.01	365.01	61.97
Junc P16	303.99	0.0487	0.01	365.01	61.02
Junc P17	304.82	0.0000	0.00	365.01	60.19
Junc P13	301.50	0.1055	0.02	365.01	63.51
Junc P14	297.25	0.1055	0.02	365.01	67.76
Junc P9	307.21	0.0000	0.00	365.02	57.81
Junc P11	306.53	0.0731	0.02	365.02	58.49
Junc P8	310.18	0.0487	0.01	365.02	54.84
Junc P7	308.23	0.0000	0.00	365.03	56.80
Junc P51	314.29	0.0081	0.00	365.02	50.73
Junc P49	316.24	0.0406	0.01	365.02	48.78
Junc P2	334.76	0.0000	0.00	365.05	30.29
Junc P4	332.44	0.0244	0.01	365.05	32.61
Junc P1	355.96	0.0000	0.00	365.05	9.09
Junc P43	305.96	0.0244	0.01	365.01	59.05
Junc P28	297.87	0.0000	0.00	364.99	67.13
Junc P66	308.61	0.0162	0.00	365.00	56.39
Junc P65	308.11	0.0000	0.00	365.00	56.89
Junc P10	302.32	0.0000	0.00	365.02	62.70
Junc P25	297.80	0.0244	0.01	364.99	67.19
Junc P99	334.03	0.0000	0.00	364.94	30.90
Junc P103	334.81	0.0325	0.01	364.94	30.13
Junc P101	327.81	0.0325	0.01	364.94	37.13
Junc P102	342.80	0.0487	0.01	364.94	22.14
Junc P100	344.12	0.0000	0.00	364.94	20.82
Resvr 1	365.05	#N/A	-1.16	365.05	0.00

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

TABLA DE RESULTADOS DE SIMULACIONES EPANET – CMD

Network Table - Nodes					
	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
Node ID	m	LPS	LPS	m	m
Junc P35	311.200	0.081	0.080	360.12	48.92
Junc P36	310.859	0.061	0.060	360.12	49.26
Junc P29	298.745	0.081	0.080	360.12	61.37
Junc P27	298.081	0.163	0.160	360.14	62.06
Junc P78	326.533	0.284	0.280	354.20	27.66
Junc P79	326.582	0.122	0.120	354.19	27.60
Junc P19	300.834	0.000	0.000	360.74	59.91
Junc P18	304.934	0.000	0.000	361.57	56.64
Junc P70	311.457	0.244	0.240	358.22	46.77
Junc P71	309.132	0.081	0.080	358.21	49.08
Junc P30	298.534	0.142	0.140	359.96	61.42
Junc P31	297.368	0.081	0.080	359.95	62.58
Junc P54	315.746	0.305	0.300	360.28	44.53
Junc P39	310.834	0.284	0.280	360.41	49.58
Junc P5	316.402	0.366	0.370	363.89	47.49
Junc P50	315.303	0.183	0.180	363.15	47.85
Junc P21	298.745	0.345	0.350	360.59	61.85
Junc P20	301.066	0.345	0.350	360.73	59.67
Junc P96	304.543	0.081	0.080	346.58	42.04
Junc P97	305.259	0.081	0.080	346.57	41.31
Junc P95	304.320	0.081	0.080	346.65	42.33
Junc P93	302.774	0.203	0.200	346.81	44.04
Junc P94	302.608	0.081	0.080	346.81	44.20
Junc P92	306.968	0.041	0.040	347.00	40.03
Junc P91	314.942	0.000	0.000	347.17	32.22
Junc P89	314.975	0.000	0.000	347.19	32.22

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

Junc P89	314.975	0.000	0.000	347.19	32.22
Junc P90	322.556	0.081	0.080	347.18	24.63
Junc P87	319.212	0.041	0.040	347.51	28.30
Junc P88	315.291	0.041	0.040	347.21	31.92
Junc P86	315.152	0.203	0.200	347.92	32.76
Junc P85	307.982	0.122	0.120	348.45	40.46
Junc P84	305.374	0.122	0.120	349.11	43.74
Junc P83	301.858	0.244	0.240	349.93	48.07
Junc P82	302.216	0.122	0.120	351.08	48.86
Junc P81	310.550	0.163	0.160	352.42	41.87
Junc P80	323.373	0.244	0.240	354.02	30.65
Junc P77	321.695	0.081	0.080	354.60	32.91
Junc P98	321.353	0.041	0.040	354.82	33.47
Junc P75	315.441	0.244	0.240	355.56	40.12
Junc P76	320.258	0.081	0.080	354.98	34.73
Junc P74	307.919	0.081	0.080	356.21	48.29
Junc P73	303.221	0.122	0.120	356.91	53.69
Junc P72	305.295	0.244	0.240	357.67	52.37
Junc P60	305.875	0.041	0.040	357.95	52.08
Junc P59	306.535	0.081	0.080	358.05	51.51
Junc P58	301.385	0.284	0.280	358.16	56.78
Junc P57	298.003	0.325	0.330	358.58	60.58
Junc P56	298.779	0.122	0.120	359.64	60.86
Junc P69	324.024	0.081	0.080	358.95	34.93
Junc P68	324.614	0.488	0.490	359.38	34.77
Junc P67	309.755	0.041	0.040	360.69	50.93
Junc P64	309.216	0.041	0.040	360.71	51.49
Junc P63	317.694	0.203	0.200	360.71	43.02
Junc P62	315.031	0.122	0.120	360.74	45.71
Junc P61	307.786	0.122	0.120	360.83	53.04
Junc P52	310.776	0.548	0.550	360.96	50.18
Junc P46	307.593	0.325	0.330	361.85	54.26
Junc P37	311.713	0.081	0.080	360.13	48.42
Junc P38	311.721	0.081	0.080	360.11	48.39

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

Junc P33	299.587	0.569	0.570	359.80	60.21
Junc P47	335.877	0.183	0.180	364.73	28.85
Junc P3	333.981	0.020	0.020	365.42	31.44
Junc P48	324.056	0.264	0.260	363.76	39.71
Junc P44	305.357	0.041	0.040	361.63	56.27
Junc P41	312.364	0.163	0.160	361.59	49.23
Junc P55	299.329	0.183	0.180	359.79	60.46
Junc P53	315.662	0.305	0.300	360.28	44.62
Junc P32	298.522	0.508	0.510	359.90	61.37
Junc P34	309.740	0.000	0.000	360.12	50.38
Junc P40	305.350	0.102	0.100	361.60	56.25
Junc P42	306.372	0.183	0.180	361.58	55.21
Junc P45	305.362	0.061	0.060	361.66	56.30
Junc P22	299.259	0.000	0.000	360.35	61.09
Junc P26	298.146	0.122	0.120	360.24	62.10
Junc P23	298.359	0.041	0.040	360.27	61.91
Junc P24	297.873	0.102	0.100	360.24	62.37
Junc P12	302.360	0.203	0.200	361.90	59.54
Junc P15	303.043	0.142	0.140	361.88	58.84
Junc P16	303.993	0.122	0.120	361.64	57.65
Junc P17	304.817	0.000	0.000	361.60	56.79
Junc P13	301.502	0.264	0.260	361.89	60.39
Junc P14	297.247	0.264	0.260	361.86	64.61
Junc P9	307.212	0.000	0.000	362.67	55.46
Junc P11	306.529	0.183	0.180	362.63	56.10
Junc P8	310.183	0.122	0.120	362.78	52.60
Junc P7	308.232	0.000	0.000	363.89	55.66
Junc P51	314.294	0.020	0.020	363.07	48.78
Junc P49	316.241	0.102	0.100	363.19	46.95
Junc P2	334.758	0.000	0.000	365.61	30.85
Junc P4	332.438	0.061	0.060	365.37	32.93
Junc P1	355.962	0.000	0.000	365.97	10.01
Junc P43	305.962	0.061	0.060	361.57	55.61
Junc P28	297.867	0.000	0.000	360.14	62.27
Junc P66	308.607	0.041	0.040	360.74	52.13
Junc P65	308.110	0.000	0.000	360.80	52.69
Junc P10	302.316	0.000	0.000	362.67	60.36
Junc P25	297.803	0.061	0.060	360.24	62.43
Junc P99	334.034	0.000	0.000	354.80	20.76
Junc P103	334.808	0.081	0.080	354.80	19.99
Junc P101	327.808	0.081	0.080	354.79	26.98
Junc P102	342.800	0.122	0.120	354.78	11.98
Junc P100	344.121	0.000	0.000	354.80	10.68
Tank Tanque	365.053	#N/A	-13.770	366.05	1.00

Fuente: Elaboración Elaboración propia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8:CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION** hace constar que:

GARCÍA VARGAS DULYSSA BELÉN

Carne: **2014-0483I** Turno **Diurno** Plan de Estudios **97** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL.**

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los tres días del mes de agosto del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 03-ago.-2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA

AÑO ACADEMICO 2021

NOMBRE Y APELLIDOS: DULYSSA BELEN GARCIA VARGAS

CARRERA: INGENIERIA CIVIL | CARNET 2014-0483I | TURNO: DIURNO

PLAN DE ESTUDIO: 97 | SEMESTRE: II SEMESTRE 2021 | FECHA: 03/08/2021

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
	ULTIMA LINEA					

F: Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

Cmperez
GRABADOR

FIRMA DEL ESTUDIANTE

FIRMA Y SELLO DEL FUNCIONARIO

cc: ORIGINAL: ESTUDIANTE - COPIA: EXPEDIENTE

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 03-AGO-2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SOLVENCIA ECONÓMICA

Fecha: 07/01/20

Nombre del estudiante: Dulyssa Belen Garcia Vargas.

Numero de carnet: 2014-0483I

Carrera: Ing. Civil

Taller Monográfico: Servicios monograficos UNI-IEG 2020