



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE
LA COMUNIDAD EL RIEGO, MUNICIPIO DE SANTA LUCIA,
DEPARTAMENTO DE BOACO”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Francisco Ramón Berrios Salgado

Br. José René Urtecho Páramo

Br. Roberto José Guevara Ramírez

Tutor

MSc. Ing. Miguel Fonseca Chávez

Managua, Septiembre 2020

ÍNDICE

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5
1.5.4 Información socioeconómica del sitio	11
2.1 Origen, manifestación y movimiento del agua subterránea	14
2.2 Humedad del suelo y agua subterránea	14
2.3 Distribución sub-superficial del agua	15
2.4 Definiciones y parámetros para diseños de pozos	23
2.5 Criterio de diseño de pozo	33
2.8 Montaje y sistema de propulsión.....	43
2.7 Caracterización hidrogeológica de la formación acuífera en la zona de estudio.....	49
2.8 Determinar y caracterizar los parámetros para el diseño del pozo.....	51
2.9 Diseño y seleccionar el equipo de bombeo según demanda y rendimiento del pozo.....	60
3.7 Estaciones de bombeo	65
3.12 Normas CAPRE para la calidad del agua.....	73
3.12 Estudios topográficos	74
3.13 Método de desinfección	76
3.14 Costo y presupuesto.....	76

3.15 Estudio Hidrogeológico	77
4.1 Precipitación	84
4.2 Condiciones extremas	84
4.3 Parámetros preliminares	92
4.4 Golpe de ariete	96
4.5 Caracterizar la hidrogeología de la formación acuífera en la zona de estudio.....	97
4.5.1 Acuífero.....	98
4.6 Determinar y caracterizar los parámetros para el diseño del pozo....	101
4.12 Análisis Hidráulico de la Red de Distribución.....	125
4.13 Diseño tanque para almacenamiento.....	131
4.14 Conexiones domiciliarias.	131
4.15 Presupuesto	132
4.17 Evaluación del impacto ambiental.....	139
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	149
5.1. CONCLUSIONES	149
5.2. RECOMENDACIONES	151
VI. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.....	152
6.1. Webgrafia.....	152

Esta página está intencionalmente en blanco

DEDICATORIA.

Dedico esta Tesis a mis padres Francisco y Dorita que siempre me apoyaron en la parte moral y económica para llegar a ser un profesional.

Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Además, muy en especial a mis tres queridos hijos Geovanny, Mathew y Caleb que son el motor que me impulsa a ser mejor como persona en todos los ámbitos.

AGRADECIMIENTO.

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son el resultado de tu ayuda y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores.

Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

Agradezco a la familia Barbas - Fiallos por apoyarme incondicionalmente para lograr este objetivo.

Agradezco de manera general a mi familia y personas que siempre me brindaron un consejo y me motivaron a seguir adelante.

Br. Francisco Ramón Berrios Salgado

Dedicatoria

Para **Auxiliadora Paramo y Abad Urtecho**, quienes creyeron en mí, contra toda adversidad, aun antes de nacer, quienes me apoyaron en mis etapas más complicadas, devolviéndome al camino, los que forjaron en mi cada una de mis cualidades y virtudes, a ellos con todo mi amor y esmero.

A mi querido hijo **Abad**, quien es motor y combustible de todos y cada uno de mis esfuerzos.

A mi hermano **Jairo Paramo**, por siempre tenerme la mano abierta y extendida, ser ejemplo, punto de apoyo y consejo en cada una de mis batallas.

Agradecimiento

A Dios todo poderoso, por su protección y bendición, la cual me permite alcanzar esta victoria.

A los docentes de la FTC quienes nos han enseñado la técnica y moral de nuestro futuro oficio, así como también la responsabilidad y esmero para realizar siempre nuestro mejor esfuerzo en cada una de nuestros trabajos.

A nuestro Tutor, **Msc. Ing. Miguel Fonseca**, por las lecciones compartidas, orientación y apoyo durante nuestra carrera, como docente y autoridad universitaria, y también como tutor durante todo el proceso monográfico dedicándonos tiempo, esmero y acompañamiento en este modo de culminación.

A nuestra Alma Mater, quien nos dio identidad y el orgullo de ser UNI.

Br. José René Urtecho Páramo

Dedicatoria

Quiero dedicar esta monografía primeramente a Dios, quien me permitió finalizar lo que un día empecé y anhelé. A mis padres quienes han estado conmigo a lo largo de este proceso de varios años respaldándome en todos los aspectos. De igual manera a la Familia Guevara, Familia Fuente Díaz, la Familia García Centeno y amistades en general; quienes me acompañaron y me motivaron en este arduo trabajo para poder culminar satisfactoriamente esta monografía.

Quiero agregar que esta institución Universitaria me ha formado en conocimientos, valores y enseñanzas que podré poner en práctica en el ámbito profesional y personal. Esperando que esta investigación pueda contribuir de cierta manera al desarrollo profesional de otros jóvenes y de la comunidad citada en este trabajo.

Agradecimientos

Quiero expresar un profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido en la realización de este proyecto, especialmente a mi tutor Ing. Miguel Fonseca Chávez; quien me ha transmitido de su experiencia, conocimientos y trabajo para la realización de esta investigación. Así mismo quiero dar un agradecimiento especial a Dios quien me llenó de su bendición y sabiduría en todo momento.

Br. Roberto José Guevara Ramírez

Resumen ejecutivo

El presente documento, es el resultado de una investigación que, tiene como objetivo el brindar una solución factible a una problemática de índole social relacionada con el abastecimiento de agua potable. Se pretende brindar las directrices para hacer realidad el sueño, hasta ahora utópico, de disponer del recurso planteado.

El proyecto surge como respuesta a la necesidad de mejorar las condiciones de servicio del actualmente deficiente sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad de El Riego, en el municipio de Santa Lucia, en el departamento de Boaco, en Nicaragua. Cabe destacar que la población del sitio de estudio está de acuerdo con las propuestas del presente trabajo y se plantea la posibilidad de invertir en las mismas en un futuro.

El estudio logró identificar los problemas y necesidades más críticas a evaluar y presenta un análisis multidisciplinario detallado, etapa por etapa para abordar el problema global de manera integral. En el primer capítulo se describe las condiciones del sitio de estudio, así como sus características más relevantes. En el segundo capítulo se aborda los conceptos indispensables a considerar para el diseño a implementar.

En el tercer capítulo, se comienza a profundizar en los procedimientos y formas de trabajo a utilizar, así como en la determinación de los parámetros fundamentales que rigen el diseño, para utilizarlos como base para realizar los cálculos y obtener los resultados. Los cálculos y resultados se aprecian en el cuarto capítulo; y, las recomendaciones y conclusiones, en el quinto capítulo.

En los últimos capítulos se aprecia planos, imágenes y otra serie de documentos que sirve de complemento al ya en su mayoría abarcado trabajo. El objetivo del presente material, es el de brindar una respuesta efectiva y detallada a la problemática que aqueja a la población de la comunidad.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Introducción

El agua es un elemento esencial para preservar la vida de todos los seres en la tierra. Las necesidades básicas humanas de abastecimiento seguro para alimentos e inmunidad frente a las enfermedades dependen en mayor medida de este recurso. El desarrollo social y económico de cualquier país se basa así mismo en la disponibilidad de agua limpia. 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.

En Nicaragua, 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 de los recursos naturales.

Las prioridades de desarrollo del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN) están definidas en el Plan Nacional de Desarrollo Humano, el cual se caracteriza por su enfoque a grupos pobres y vulnerables de la población en todos los sectores, enfatizando a la vez la responsabilidad del Estado. Los principales objetivos de la política de abastecimiento de agua y saneamiento del Plan Nacional de Desarrollo Humano relacionados a los proyectos de agua 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 población¹.

Las inequidades 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.

¹ Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH) página N°132,

Como estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería estamos comprometidos con el desarrollo social y económico de este país, es por ello que se pretende retribuir con estudios que vallan enfocados al cumplimiento de ese compromiso.

Asumiendo ese rol se elabora el **“Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable de la comunidad el riego, municipio de Santa Lucia, departamento de Boaco”**, en el que se pretende beneficiar a 185 familias con un total de 865 personas entre hombres, mujeres y niños, habitantes de la comunidad El Riego. El diseño contemplará conexiones domiciliarias de patio, contribuyendo de esta manera a mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

La configuración del sistema Propuesto es Fuente-Tanque-Red. Para cada uno de los componentes se aplicaron las normas y criterios técnicos correspondientes, prevaleciendo la Norma Nacional de Acueductos y Alcantarillados Rurales de INAA.

1.2 Antecedentes

Actualmente en la comunidad El Riego hay dos tipos de abastecimiento de agua, una parte se abastece de un sistema de abastecimiento de agua por gravedad construido por PRASNIC en el año 2000 para 35 viviendas, el resto se abastece de diferentes recursos hídricos.

En el diseño del Mini Acueducto por bombeo eléctrico presente se tomaron en cuenta el 100% de las viviendas, para que todos los miembros de la comunidad puedan tener acceso al agua potable.

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 y no se conocen sus características físico-químicas. 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 El Riego, del municipio de Santa Lucia es de escasos recursos económicos, las actividades económicas implementadas como fuentes de ingreso en las familias son en su mayoría la producción de granos básicos.

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 saneamiento etc.

1.3 Justificación

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.

En la comunidad El Riego ubicada en el municipio de Santa Lucia, departamento de Boaco, solo el 36% de las familias tienen acceso al servicio de agua potable², el 64% restante se abastecen de diferentes formas, ojos de agua protegido con Mangueras, pozos escavados, ojos de agua no protegidos y de Quebradas.

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 y es casi obsoleto, ya que apenas se abastecen 35 familias (130 personas aproximadamente), la forma de acceso es diferente, mayoritariamente es un puesto en el patio, un puesto público o del vecino.

Este problema afecta a 130 personas de la comunidad El Riego, 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 de Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) de la comunidad El Riego, Municipio de Santa Lucia, departamento de Boaco 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.

² Dato obtenido de Alcaldía de Santa Lucia

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar el diseño del mejoramiento y aplicación del sistema de agua potable en la comunidad El Riego, Municipio de Santa Lucia, departamento de Boaco, que satisfaga la demanda de agua de la población beneficiada, para garantizar un servicio continuo de agua potable para un período de 20 años.

1.4.2 Objetivos específicos

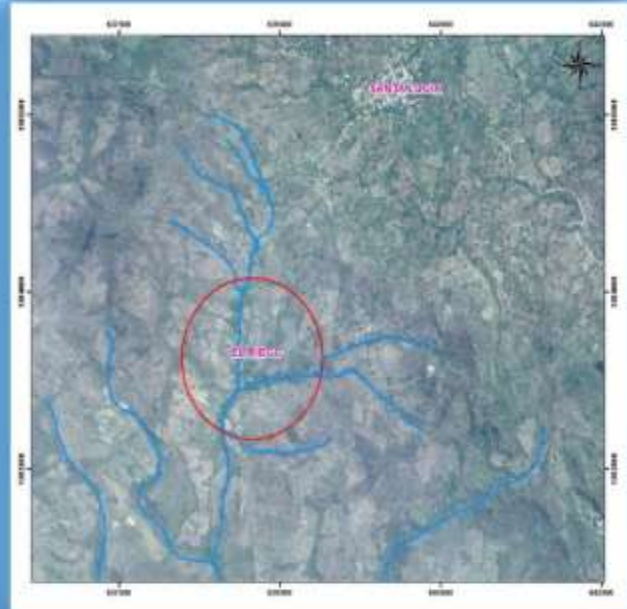
- Realizar el estudio Socioeconómico de la comunidad.
- Realizar el estudio de población y consumo de la comunidad.
- Efectuar el levantamiento topográfico
- Diseñar cada elemento del Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico aplicando las normas y criterios de diseño vigentes (NTON 09001-99) en el Medio Rural, y que satisfaga la demanda de agua de la población beneficiada, para garantizar un servicio continuo de agua potable para un período de 20 años (2020 – 2040).
- Realizar el presupuesto de lo obras del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Elaborar planos, especificaciones técnicas y manual de operación y mantenimiento del sistema. Elaboración de planos constructivos y especificaciones técnicas.
- Realizar una evaluación ambiental para el sistema de agua potable propuesto.

1.5 Características y descripción del área de estudio

1.5.1 Ubicación

La comunidad El Riego, se localiza en el Municipio de Santa Lucía, Departamento de Boaco cuya área de estudio es de 13.96 km² y la obra se encuentran frente a la escuela (PP) y tanque en sector oeste de la comunidad, la cual cuenta con una población de 865 habitantes, los cuales en su mayoría se dedican a la agricultura y ganadería, mientras que las mujeres atienden las labores del hogar, y entre una de actividades que laboran como parte del hogar esta la del acarrear el agua potable para consumo humano.

Imagen # 1
Macro y microlocalización



Fuente: Propia

Como se puede observar en imagen anterior, la comunidad de El Riego, se ubica en una zona de altas pendientes, montañosa, hidrográficamente se sitúa cerca de la naciente del río Cocaguapa (Qda La Laguna) el cual es afluente al río Malacatoya, debido a la geomorfología del terreno se presentan flujos de agua subsuperficial y de afloramientos de manantiales a través de los estratos rocosos que es característico de esta zona.

1.5.2 Suelo

Los tipos de suelos presentes en el área del proyecto son Arcillosos a Arcillo-arenosos: se encuentran predominantemente en el sector norte y suroeste del municipio (en sectores de las comarcas El Venado, El Silencio N°1 y N°2), lo mismo que en pequeños sectores de las comarcas El Riego, Chavarría, Montecristo, San Luis, Santa Juana y la cabecera municipal. Cubren 3,837 Hectáreas, son suelos medianamente profundos, bien drenados y con problemas de erosión.

Bajo este concepto se agrupan todas las tierras dedicadas a la actividad agrícola, diseminada en todo el territorio municipal. Cubre un área total de 693 hectáreas, correspondientes al 2.5% del total municipal.

Este uso de la tierra ocurre en casi todo el municipio. Los pastizales son básicamente naturales y crecen en zonas de valles y bajos, utilizándose de forma extensiva. Las especies principales son jaragua e India. Este uso del suelo ocupa el 85.8% del área total municipal.

1.5.3 Caracterización climática

Para llegar a la caracterización climática del área de estudio se requiere de un proceso como la recopilación de la información disponible en el área; selección de la información que permitirá determinar el período de estudio.

La información climatológica existente en el área de estudio, ha sido generada por la Red Hidrometeorológica Nacional del INETER, lo cual para su selección se realizó un análisis espacial con el objetivo de determinar cuáles estaciones podrían ser útiles para los objetivos del estudio, en función de su distribución espacial y su cercanía al área de interés.

De acuerdo a la Clasificación Climática de Köppen Modificado y haciendo referencia al mapa de clasificación climática, el tipo de clima que predomina en la comunidad de El Riego es el tipo Aw2, que se designa como Clima Caliente y Sub - Húmedo con Lluvia en época seca. Estos climas se caracterizan por presentar una estación seca de seis meses (noviembre a abril) y una húmeda de otros seis meses (mayo a octubre), presentando un período canicular entre los meses de julio y agosto. En la marcha anual de la temperatura, registra el mes más cálido antes del solsticio de verano (junio).

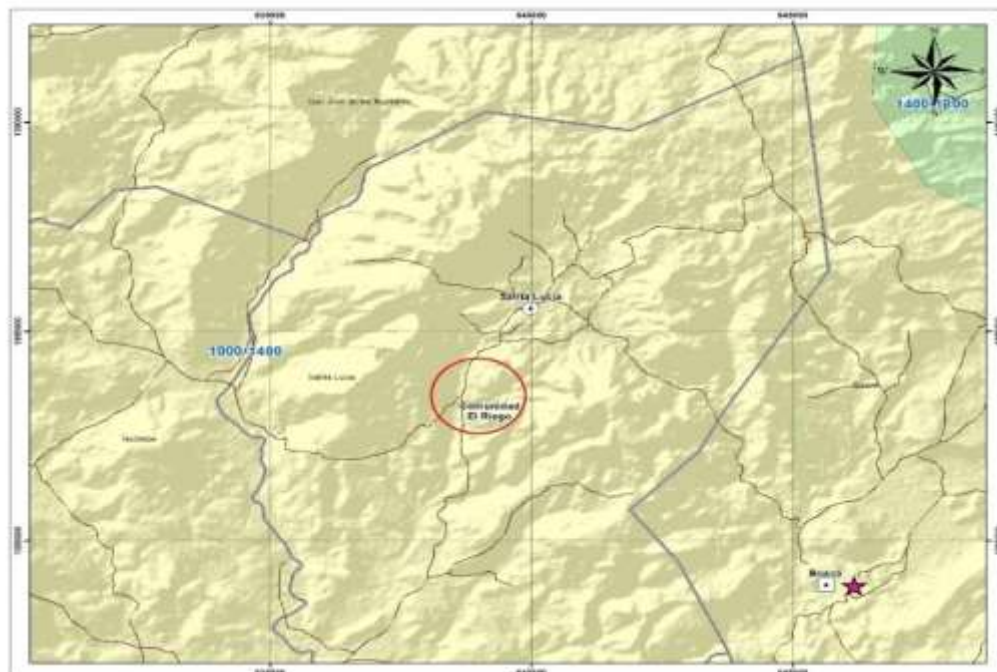
La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico y es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente se forman, y caen a la tierra por gravedad. La precipitación presenta variaciones estacionales dependiendo tanto de la circulación general de la atmósfera, la orografía, la orientación y forma de las costas. En Nicaragua existen dos estaciones claramente definidas: la estación seca (de noviembre abril) y la estación lluviosa (de mayo octubre). El 90% de las lluvias caen durante la estación lluviosa con una pequeña interrupción entre julio y agosto, llamada “canícula” o “veranillo” (Krásný & Hecht, 1998).

La precipitación en el área de estudio se tomó a partir de la estación de Boaco, tipo meteorológica ordinaria (HMO) con código (69084), localizada en la cabecera municipal de Boaco. Comprendiendo el periodo de estudio de 1971 a 2010. Los meses que la estación presenta los mayores acumulado son septiembre (208.26 mm) y octubre (189.74 mm), siendo los meses más lluviosos en el año y los meses con menor registro son febrero (15.43 mm) y marzo (10.07 mm).

Tabla # 1 Precipitación mínima (mm) de la estación Boaco. Período 1975-2015

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Σ periodo
Precipitación (valor mm)	31.45	15.43	10.07	18.85	145.95	216.12	189.55	180.25	208.26	189.74	77.89	36.45	1397.0

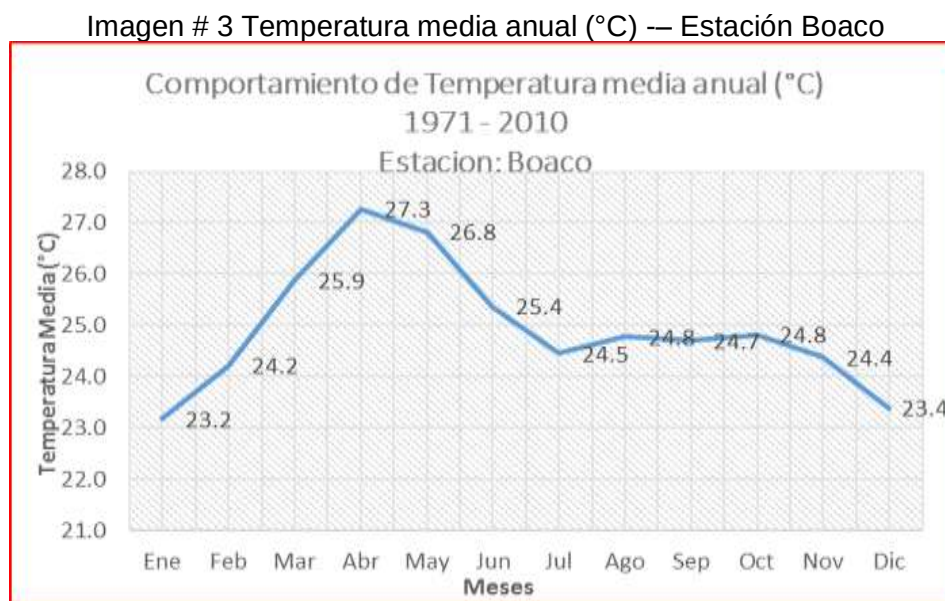
Imagen # 2
Mapa de Caracterización de precipitaciones de la zona



La temperatura en el área de estudio se tomó a partir de la estación base de Boaco, tipo PV con código (69084), se tomaron los registros de esta estación debido a que es la más cercana al área de estudio que cuenta con registro continuo de la variable de temperatura además por estar en la misma cuenca hidrológica.

La estación está ubicada en la cabecera departamental del departamento de Boaco localizada en las coordenadas Latitud 12°28'12.5" N – Longitud 85°39'17.8" O. Comprendiendo el periodo de estudio de 1971 a 2010. Dicha estación se considera representativa por ser la única estación que mide esta variable en el área de estudio.

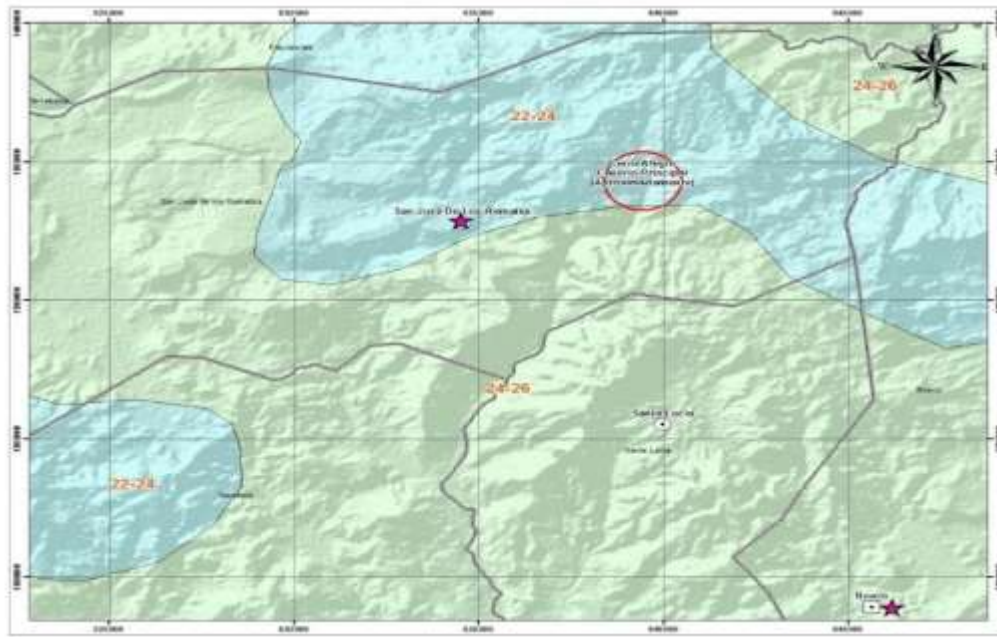
En la imagen # 3, presenta el comportamiento de la temperatura media. Los valores más bajos se registran en el mes de enero con 23.2°C y la máxima temperatura media se registra en el mes de abril con 27.3 °C, precisamente a finales del periodo seco.



Fuente: INETER

Según el mapa de temperatura promedio anual del Atlas Climático elaborado por INETER, (imagen # 4), en el área de estudio el rango temperatura oscila entre los 26 °C hasta los 28 °C. Estos valores coinciden con los registros de temperatura de la estación.

Imagen # 4 mapa de temperatura promedio anual — Estación Boaco



La caracterización hidrológica comprende los aspectos fisiográficos y geomorfológicos más relevantes de una cuenca tales como: pendiente, relieve, elongación, forma de la unidad hidrológica, compacidad, entre otros, a fin de evaluar el comportamiento espacial del régimen hidrológico de una cuenca.

El área de proyecto se encuentra hidrográficamente se sitúa cerca de la naciente del río Cacaguapa (Qda La Laguna), el cual drena sus aguas al río Malacatoya. La hidrología local está compuesta por ríos y quebradas que son alimentadas por unas series de manantiales que afloran en la parte altas de estos ríos y quebradas.

Es importante mencionar que estas quebradas son de régimen intermitente es decir su mayor caudal se presenta en el periodo lluvioso (Mayo – octubre) durante el periodo seco (Noviembre – Abril) el caudal es alimentado por la recarga subterránea ya que se encuentra una zona natural de recarga.

En la siguiente imagen se muestra los principales ríos que se encuentran en el área de proyecto, donde se identifican la delimitación a nivel de microcuencas y áreas de aportación, así como las zonas de recarga de cada río.

1.5.4 Información socioeconómica del sitio

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, así como los servicios insuficientes y la dependencia económica 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 y con miras a disminuir la migración de la población. Para la obtención de las principales características socioeconómicas de la población, se utilizó una encuesta para el censo en cada vivienda.

Se requiere de parámetros sociológicos para tener una mejor comprensión de las características sociales del sitio en estudio, para este objetivo se tiene como fuente de información a INIDE, debido a que el último censo fue efectuado en el año 2005, se asume que las tasas de crecimiento se mantienen constantes y es posible aproximar los datos de manera proporcional. Los bajos ingresos que históricamente ha logrado obtener la administración de este sistema, no permiten realizar las actividades de mantenimiento necesarias para que el acueducto opere en óptimas condiciones.

Los protagonistas de la comunidad de El Riego del Municipio de Santa Lucía, Boaco, son en total 464 habitantes, de los cuales 249 son hombres, representando el 53.7% de la población y 215 son mujeres, equivalentes al 46.3 % de la población protagonista total.

Tabla # 2 rango de edades en la población

Total de niños entre 0-5 años:	50
Total de niños entre 6-13 años:	65
Total de 14 a 30 años:	153
Total de 31 a 65 años:	155
Total de 66 a más años:	41

Respecto a su población, está integrada en su totalidad por la etnia mestiza. El 46.34% de la población son mujeres y el 53.66% son varones, la mayor parte de la población es joven 56.76% menor de 30 años. De acuerdo con la Línea Base del proyecto existe un total de 103 viviendas e igual número de familias, de las cuales el 48% son mujeres jefas de familia, las viviendas se encuentran ubicadas a ambos lados de la carretera que va de Santa Lucía a Boaquito.

La economía y empleo de los miembros de las familias esta predominantemente basada en la agricultura, en menor medida algunos miembros de las familias se dedican a la Ganadería, los oficios referidos al comercio y otras actividades representan el 5%. Esta comunidad se caracteriza por tener un alto porcentaje de jóvenes los que realizan una doble ocupación: estudiantes y trabajos agrícolas.

El ingreso mensual de las familias de esta comunidad se estructura de la siguiente manera: corresponde el 4% a salarios de unos mil córdobas, y el 96% salarios mayores a mil córdobas incide el trabajo independiente en la agricultura, el comercio y reciben remesas de familiares que se encuentran en el país vecino Costa Rica, el ingreso promedio familiar mensual en la comunidad es de C\$3,854.64.

En la comunidad de El Riego existe una escuela que actualmente atiende a 25 niños en preescolar, 51 en primaria 51, y en la modalidad de sabatino atiende tercer año de secundaria a 10 alumnos. Aunque en la comunidad existe el servicio de energía eléctrica aún hay un 2% de las viviendas que no cuentan con el servicio, a la par de la carretera existe un tendido eléctrico trifásico.

En El Riego, no hay Puesto de Salud, los habitantes visitan el puesto de salud más cercano que está ubicado en el Municipio de Santa Lucia, únicamente en jornadas de vacunación las enfermeras visitan la comunidad, en el caso de emergencias graves son atendidos en el Municipio o en caso que sea necesario se trasladan al Hospital de la Cabecera Departamental Boaco. La población asume los costos de manera considerable para su atención a padecimientos comunes, y medicina de rutina que no hay disponible en el centro de salud.

Asi mismo, no existe sistema de agua potable, se abastecen principalmente de ojos de agua, PP, PE, manantiales naturales y la alcaldía municipal que les brinda regularmente agua mediante una cisterna a la cual le conectan una manguera y les llenan los recipientes

plásticos como bidones de 5 galones y barriles. Existen 2 Pozos excavados comunitarios de los que se abastecen 88 familias, también se abastecen del puesto público que lo usa la mayor parte de la población, para un 85.44% de cobertura, el 14.56% se abastecen de pozos propios. Siendo principalmente las mujeres quienes acarrear el agua equivalente al 51%, el 29% de los casos los hombres participan en la actividad, pero principalmente se dedican a trabajar en el campo.

Los resultados de la encuesta socioeconómica realizada para este proyecto indican que un 87.38% de familias afirman tener alguna opción de saneamiento, un 9.70% afirmaron no tener. De los beneficiarios que afirman tener saneamiento, 90 cuentan con letrinas y 3 cuentan con inodoro con descarga hidráulica. Del estado de las letrinas 40 se encuentran en buen estado, 24 en regular estado y 26 en mal estado. Sumando las viviendas que no tienen ningún tipo de saneamiento (10 viviendas) con las letrinas en regular y mal estado obtenemos un déficit de saneamiento en 60 viviendas. Sin embargo, la Alcaldía Municipal de Santa Lucía se encuentra en proceso de ejecución un proyecto de 22 letrinas semi elevadas, actualizando además la información del estado de las letrinas el cual luego de restar las 22 letrinas a construir por la Alcaldía, dio una nueva base de datos: 6 viviendas sin saneamiento, 15 con letrinas en regular estado y 20 en mal estado, por lo que el nuevo déficit de saneamiento para nuestro proyecto es de 41 unidades sanitarias.

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.

Imagen # 5: Ciclo hidrológico



Fuente: <http://www.alexgrall.byethost9.com/Ciclo.htm>

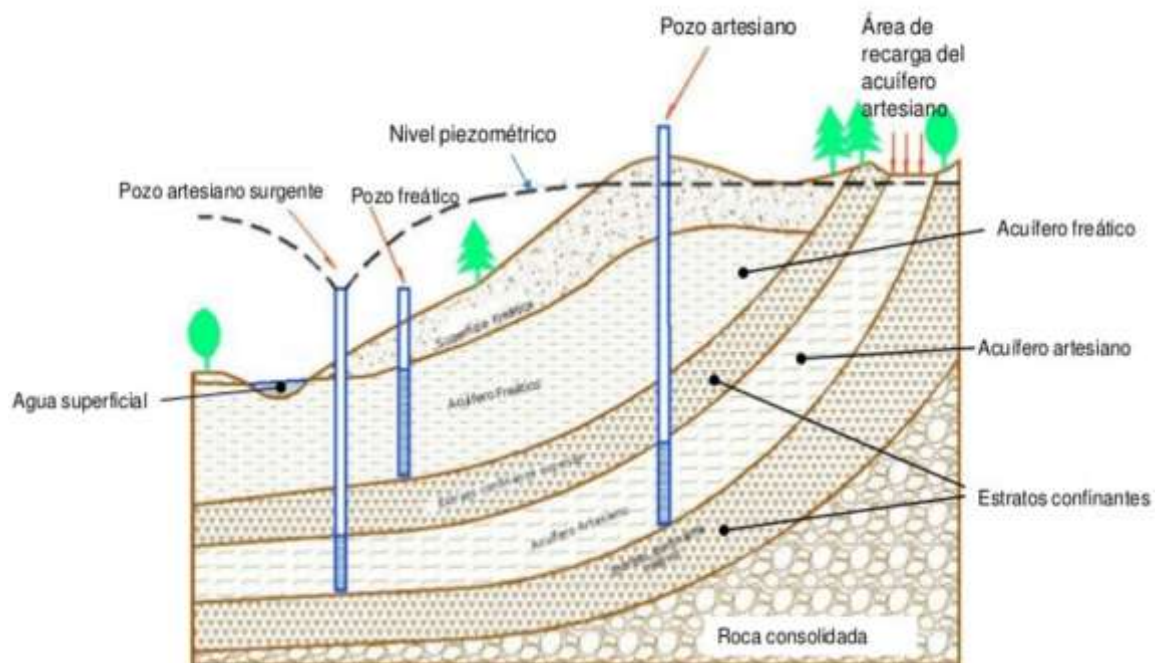
2.2 Humedad del suelo y agua subterránea

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 # 6: Las fases sub-superficiales y del agua subterránea dentro del ciclo hidrológico



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

2.3 Distribución sub-superficial del agua

Para comprender las manifestaciones del agua subterránea, se requiere estudiar la distribución vertical de esta dentro 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.

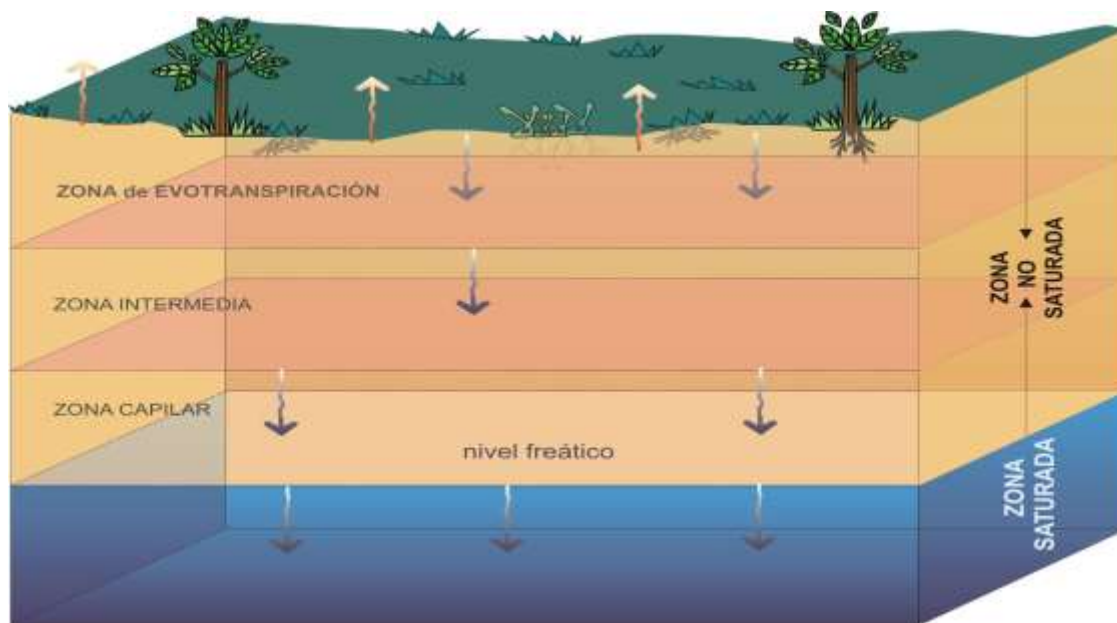
A mayor o menor profundidad, todos los materiales de la corteza terrestre son normalmente porosos, esta parte se denomina zona de fracturación. El estrato superior en donde las aberturas están solo parcialmente llenas de agua, se denomina zona de aeración, dividiéndose esta en tres franjas: la humedad 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 unos pocos metros hasta varios cien, 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 # 7: El agua subterránea bajo zona de saturación



Fuente: Capa de aguas subterráneas. Johnson SCREMS

2.3.1 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.

2.3.2 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 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 impermeables de materiales terrestres. Los permeables constituyen acuífero. Cuando un acuífero yace entre estratos impermeables 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.

2.3.3 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 del 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, el cual viene a ser una superficie imaginaria que representa la presión o carga hidráulica existente. Esta superficie imaginaria es similar a la superficie líquida real que limita a un acuífero freático.

2.3.4 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 esta brindan su contribución de agua a la zona de saturación, se dice que es una corriente afluyente 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.

2.3.5 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.

2.3.5.1 Las funciones de un acuífero

Dos son las funciones importantes que realiza un acuífero; almacenadora y otra transmisora. Esta almacena agua, sirviendo como depósito y trasmite 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 facturas en las rocas duras y que se han desarrollado al quebraste.
- 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.

2.3.5.2 Porosidad

La porosidad de un acuífero es aquella parte de su volumen que consiste de 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.

2.3.5.3 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 transmitir agua. El movimiento de agua de un punto del material tiene lugar cuando se establece una diferencia de presión o carga entre dos puntos.

2.3.5.4 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.

2.3.5.5 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.

Un acuífero es un almacén geológico a variables profundidades en el que se deposita el agua que puede ser bombeada, en la primera parte, el agua forma parte de un suelo que no está saturado, mientras que en la segunda los acuíferos se encuentran saturados o muy cerca de saturación.

Imagen # 8: Estructura de un acuífero



Fuente: Capa de aguas subterráneas. Johnson SCREMS

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, es 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:

2.3.5.6 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 y 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).

2.3.5.7 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.

2.3.5.8 Acuíferos semiconfinados

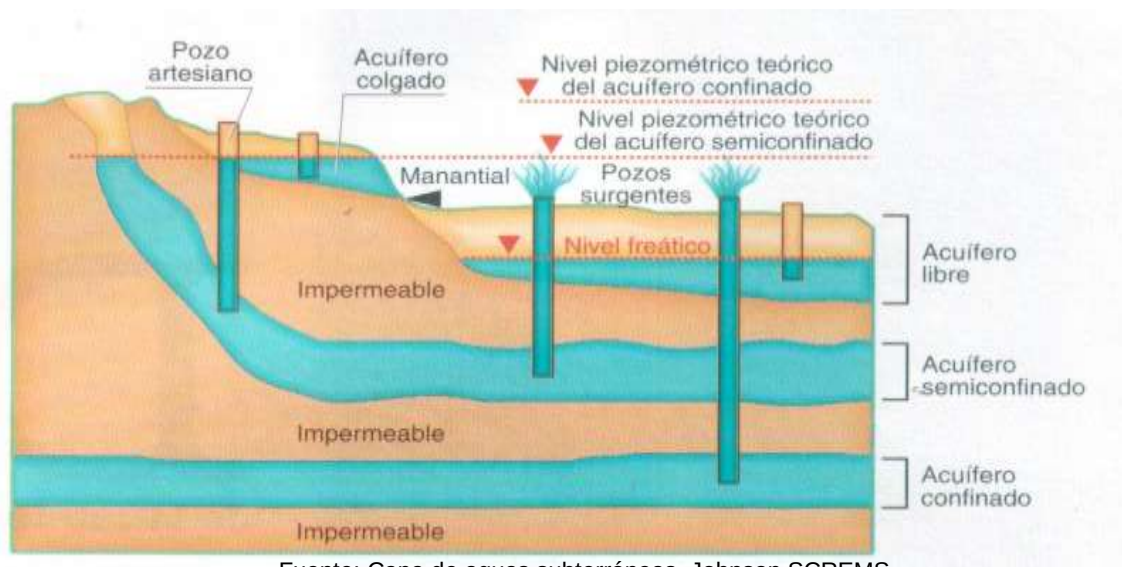
Constituyen una variedad de los confinados, y se caracterizan por tener el techo (parte superior) y/o la base (parte inferior) sellado por materiales que no son totalmente impermeables. Los cuales permiten una filtración vertical que alimenta muy lentamente al acuífero principal. En estos casos, habrá 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 # 9: Tipos de acuíferos



Fuente: Capa de aguas subterráneas. Johnson SCREMS

2.4 Definiciones y parámetros para diseños de pozos

2.4.1 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.

2.4.2 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.

El nivel de agua en el pozo de bombeo es más bajo que en cualquier otro lugar de la formación que rodea a este, de manera que el agua se desplaza desde la formación hacia el pozo, tratando de reponer el volumen extraído por la bomba. La fuerza o presión que impulsa el agua hacia el pozo, es la carga representada por la diferencia de niveles de agua dentro del pozo y en otro punto cualquiera fuera de aquel. El agua fluye a todas direcciones desde el acuífero hacia el pozo. Conforme el agua se mueve más y más cerca de este, lo hace pasando a través de sucesivas superficies cilíndricas que cada vez van siendo menores en áreas. Consecuentemente, la velocidad del agua aumenta conforme esta se acerca al pozo.

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.

2.4.3 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

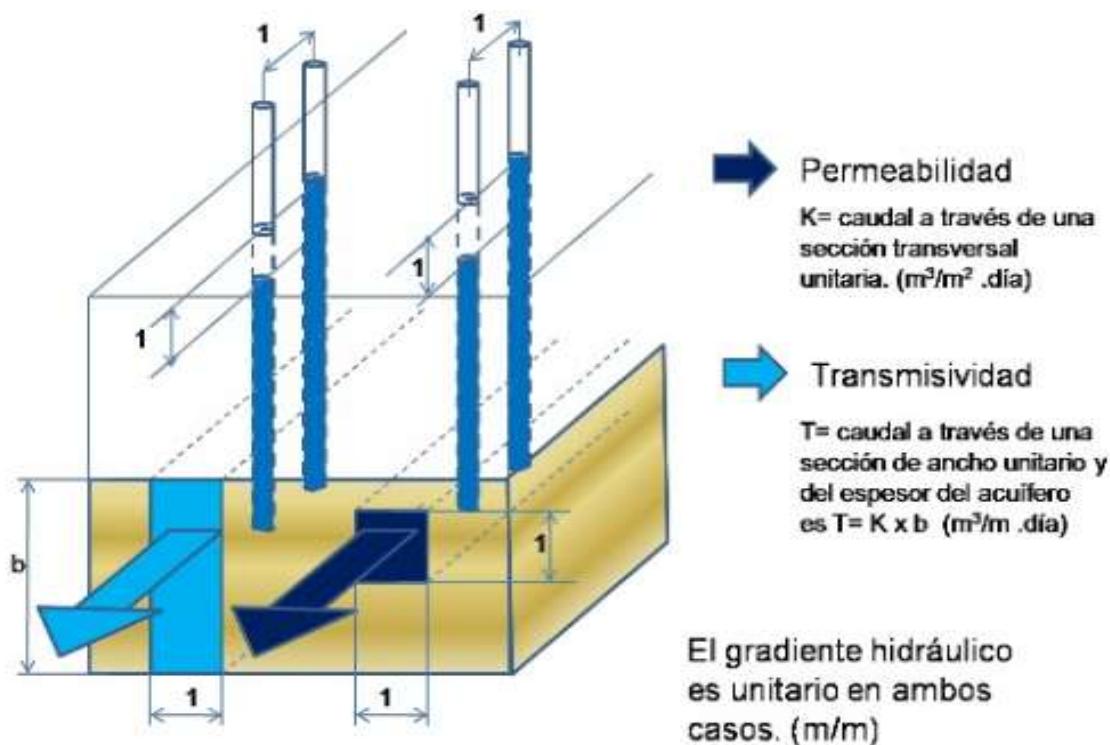
equivale al rendimiento específico del material desecado durante el bombeo. El coeficiente de almacenamiento es un término adimensional, su valor en los acuíferos libres varía desde 0.01 hasta 0.35; estos valores en un acuífero artesianos van desde 0.00001 hasta 0.001.

➤ 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 m³/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 # 10: Conceptos gráficos de los coeficientes de permeabilidad y transmisividad



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

2.4.4 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:

$$Q = \frac{1.36P(H^2 - h^2)}{\log \frac{R}{r}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q: Rendimiento del pozo o caudal del bombeo, en m³ por hora.

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

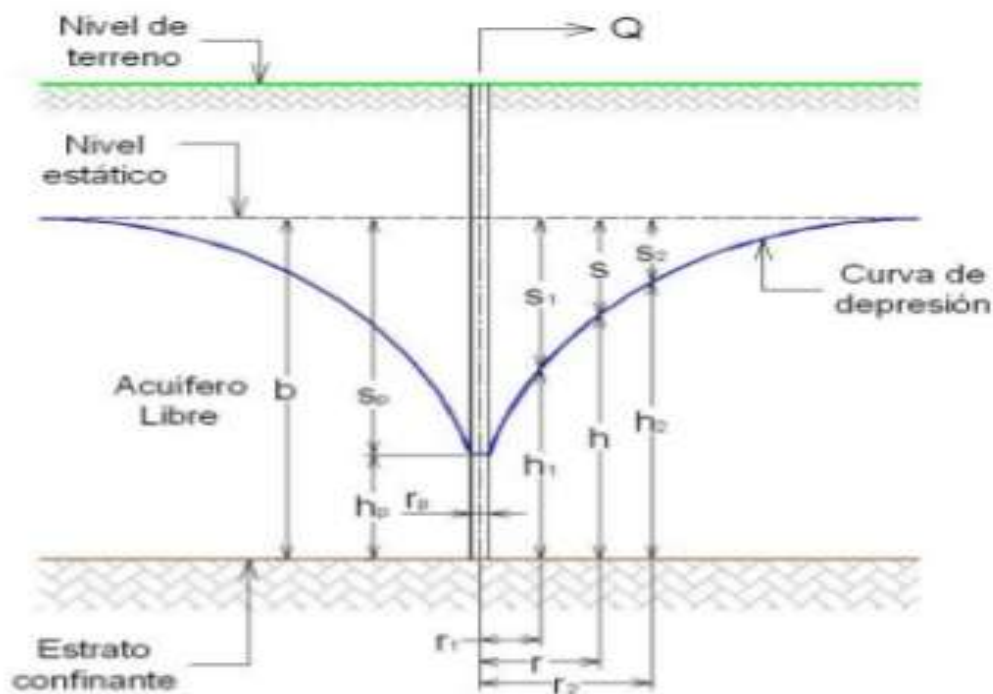
H: Espesor saturado del acuífero antes del bombeo, en m.

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 # 11: Sección vertical de un pozo construido en un acuífero libre



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

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

$$Q = \frac{2.72Pm(H-h)}{\log \frac{R}{r}} \quad \text{Ecuación \# 2}$$

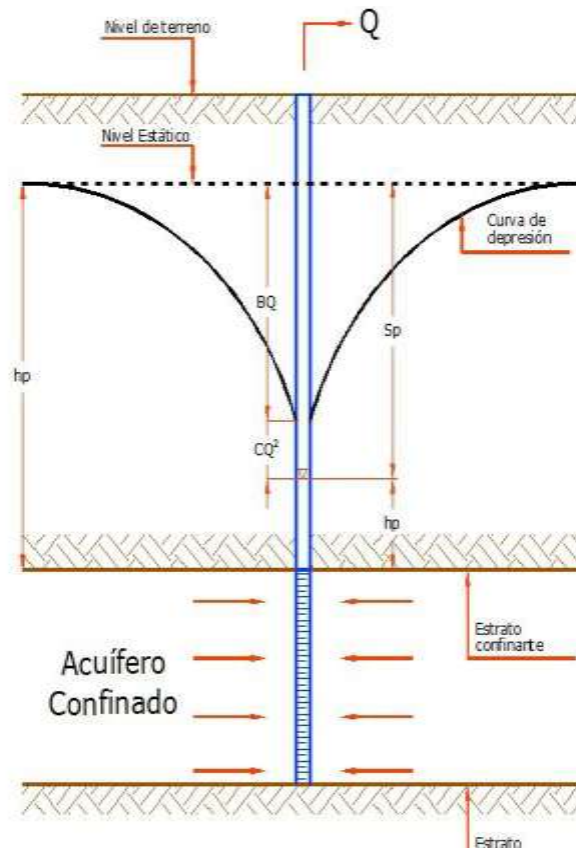
Donde:

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 # 12: 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.

2.4.6 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:

$$P = \frac{Q \log \frac{r_2}{r_1}}{1.36 (h_2^2 - h_1^2)} \quad \text{Ecuación \# 3}$$

Donde:

P: Permeabilidad, en m/h.

Q: Caudal de bombeo, en m³/h.

r₂: Distancia al pozo de observación más lejano, en m.

r₁: Distancia al pozo de observación más cercano, en m.

h₂: Espesor saturado en el sitio del pozo de observación más alejado, en m.

h₁: 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:

$$P = \frac{Q \log \frac{r_2}{r_1}}{2.72 m (h_2 - h_1)} \quad \text{Ecuación \# 4}$$

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

m: Espesor del acuífero, en m.

h₂: 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.

2.4.7 Relación entre el diámetro del pozo y la descarga

Muchas personas suponen que al duplicar el diámetro del pozo se duplica su rendimiento. Esto se halla muy lejos de la realidad. Con todos los otros factores constantes, las ecuaciones del régimen de equilibrio muestran que Q varía conforme $k \log R/r$, expresión en la cual k representa todos los factores constantes. De esta relación se puede calcular el incremento teórico de rendimiento del pozo.

Tabla # 3: Relación entre el diámetro del pozo y la descarga en porcentaje

DIÁMETRO DE POZOS						
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 SCREMS

2.4.8 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 ser menor que el doble. La capacidad específica disminuye conforme aumenta el abatimiento; de hecho, disminuye directamente en proporción al abatimiento.

2.4.9 Ecuación del régimen de no equilibrio

En el año 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.

$$s = W(u) \left[\frac{Q}{4\pi T} \right] = W(u) \left[\frac{0.0795}{T} \right] \quad \text{Ecuación \# 5}$$

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.

2.4.9.1 Ecuación del no equilibrio

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

$$s = \frac{0.183 Q}{4\pi T} \left(\log \frac{2.2459 T t}{r^2 S} \right) \quad \text{Ecuación \# 6}$$

Donde:

s: Abatimiento, en m.

Q: Caudal de bombeo constante, en $\text{m}^3/\text{día}$.

T: Transmisividad, en $\text{m}^2/\text{día}$.

t: Tiempo, en días.

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

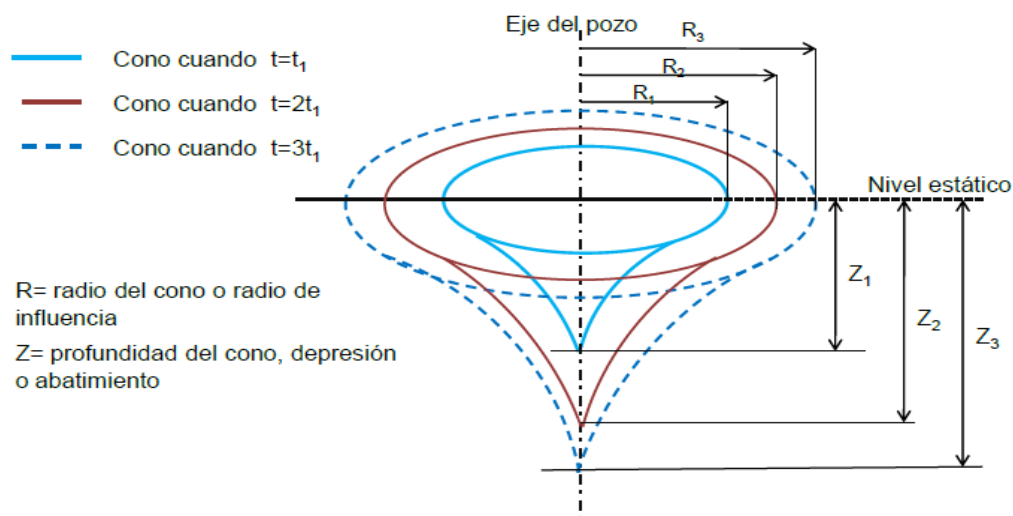
S: Constante de almacenamiento, adimensional.

2.4.10 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 río o por un lago.

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.

Imagen # 13: Cono de depresión



Conos de depresión con t = tiempo de bombeo a caudal constante

Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

2.5 Criterio de diseño de pozo

Los pozos municipales; deben, por lo general, diseñarse para obtener de ellos el mayor rendimiento disponible en el acuífero y la mayor eficiencia posible en términos de capacidad específica. Un buen diseño reduce el peligro de un bajo rendimiento en el acuífero ya que logra incorporar al pozo aquellas características que le aseguren una larga vida exenta de problemas. Un buen diseño demanda una consideración muy cuidadosa de los factores hidráulicos que influyen en el comportamiento del pozo.

Un buen diseño exige la seguridad de una combinación óptima de comportamiento, larga vida del servicio y un costo razonable. Una sana práctica de la ingeniería hidráulica demanda que estos objetos sean considerados en conjunto.

2.5.1 Diámetro del pozo

Escoger el diámetro apropiado del pozo es algo muy importante, pues éste afecta significativamente el costo de la obra. El diámetro del pozo debe escogerse de modo que se satisfagan dos requisitos:

- El ademe debe de ser lo suficientemente amplio para que permita acomodar la bomba con la tolerancia adecuada para su instalación y eficiente funcionamiento.
- El diámetro del intervalo de captación del pozo debe de ser tal que garantice una buena eficiencia hidráulica del mismo.

Al escoger el diámetro del ademe, el factor que gobierna; por lo general, es el tamaño de la bomba que va necesitarse para la descarga deseada o potencial del pozo. El ademe deberá ser dos números mayor que el diámetro nominal de la bomba.

2.5.2 Profundidad del pozo

La profundidad que se espera dar al pozo se determina; por lo general, mediante el registro del pozo de prueba, de los registros de otros pozos cercanos en el mismo acuífero o durante la perforación del pozo de profundidad. Generalmente, el pozo se termina en el fondo del acuífero. Esto es de desear, por las dos razones siguientes:

Se utiliza mayor espesor del acuífero como intervalo de captación del pozo, lo que mejora su capacidad específica. Puede obtenerse mayor abatimiento disponible, permitiendo al pozo erogar más caudal. Esto también estará sujeto al estudio hidrogeológico de la zona, al igual que la calidad del agua que se encuentra en el acuífero.

2.5.3 Entubación definitiva

La tubería del pozo debe de ser capaz de resistir la presión provocada por los empujes laterales del terreno y la presión hidrostática de los acuíferos existentes, esto por posibles diferencias de nivel de agua entre el interior y exterior del pozo. La conducción de construcción de estas tuberías está basada en criterios que condicionan su comportamiento estructural e hidráulico, de manera que cumplan con las características de sostenimiento de las paredes del pozo y de la conducción hidráulica que conecta el acuífero con la superficie y permita una adecuada instalación del equipo de bombeo.

Las tuberías que se utilizan para habilitar los pozos son de hierro o acero tipo Johnson, con extremos para soldar. Se ajustan a las normas ASTM-53, ASTM-120 y API (las normas ASTM abarcan varios sectores clave, incluido los productos de metal, tecnología medio ambiental y del agua, entre otros).

Imagen # 14: Tuberías metálicas



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

En el caso de las tuberías de PVC para pozos profundos, los estándares exigidos son superiores a los comúnmente utilizados en el sistema de riego. Se recomienda el PVC clase 11, 12 y 21, que tolera presiones entre 572 y 3,000 kPa.

Las entubaciones definitivas deberán quedar verticales y alineadas. Ninguna tubería, en cuyo interior tenga de colocarse un equipo de bombeo, deberá desviarse de la vertical más de 7.5 cm cada 30 m para los tubos de hasta 2" de diámetro nominal, más de 10 cm para diámetros entre 8" y 12"; ni más de 15 cm para diámetros mayores de 12".

2.5.4 Habilitación

El proyecto de pozo también contempla el dimensionamiento de las componentes de la zona de captación y los procesos de limpieza de la obra conocido como habilitación.

2.5.5 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 específico 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. Valores de velocidad de entrada del flujo recomendadas en función del conductividad hidráulica o permeabilidad del acuífero.

Tabla # 4: 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 SCREMS

2.5.6 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.

2.5.7 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.

2.5.8 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.

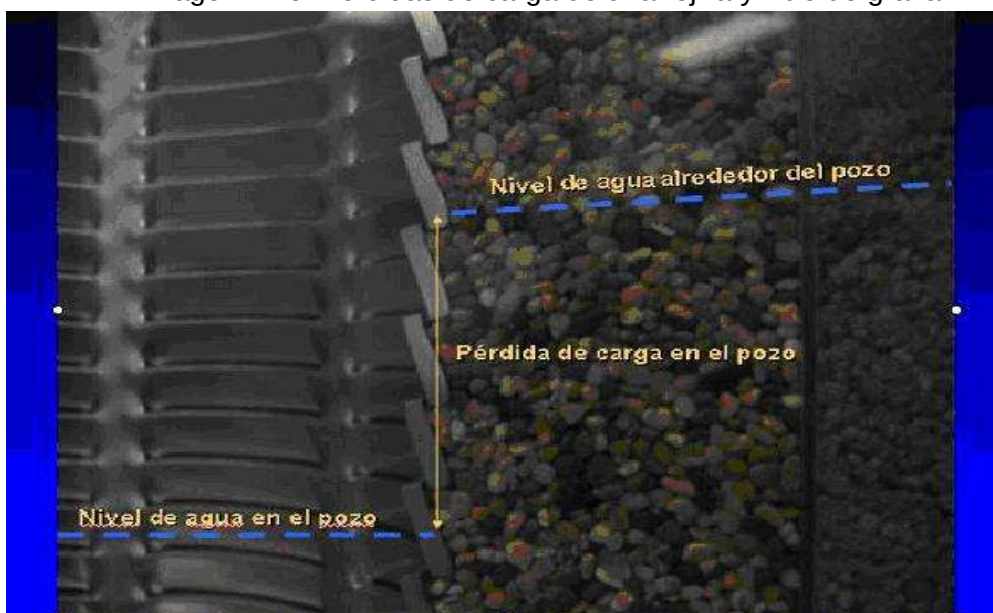
Las pruebas de laboratorio y la experiencia en el campo demuestran que, si la velocidad de entrada del agua a través de la rejilla es de un valor igual o menor de 3 cm/s, las pérdidas por fricción en las aberturas de las rejillas serán de un valor despreciable, por lo que las velocidades de incrustación 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 0.03 m/s.

2.5.9 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 # 15: 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.

2.5.10 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.

2.5.11 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 sobrebombeo.

2.5.12 Métodos de perforación del pozo

Una perforación es un hueco que se hace en la Tierra que atraviesa diferentes estratos, entre los que puede haber unos acuíferos y otros no acuíferos; unos consolidados y otros no consolidados. Cada formación requiere un sistema de perforación determinado, por lo que a veces un mismo pozo que pasa por estratos diferentes obliga a usar técnicas

diferentes en cada uno. Existen métodos mecanizados y manuales para perforar pozos, pero todos se basan en dos modalidades: Percusión y rotación.

2.5.12.1 Perforación de percusión

El método se basa en la caída libre de un peso en sucesión de golpes rítmicos dados contra el fondo del pozo en perforación, dejando caer con regularidad una pesada sarta de herramientas dentro del agujero que se va abriendo. El barreno fractura o desmorona la roca dura y la convierte en pequeños fragmentos. Cuando se está perforando en material suave o consolidado, el barreno afloja el material. En ambos casos, la acción del vaivén de las herramientas entremezcla con agua las partículas fracturadas y desprendidas, formando así un lodo.

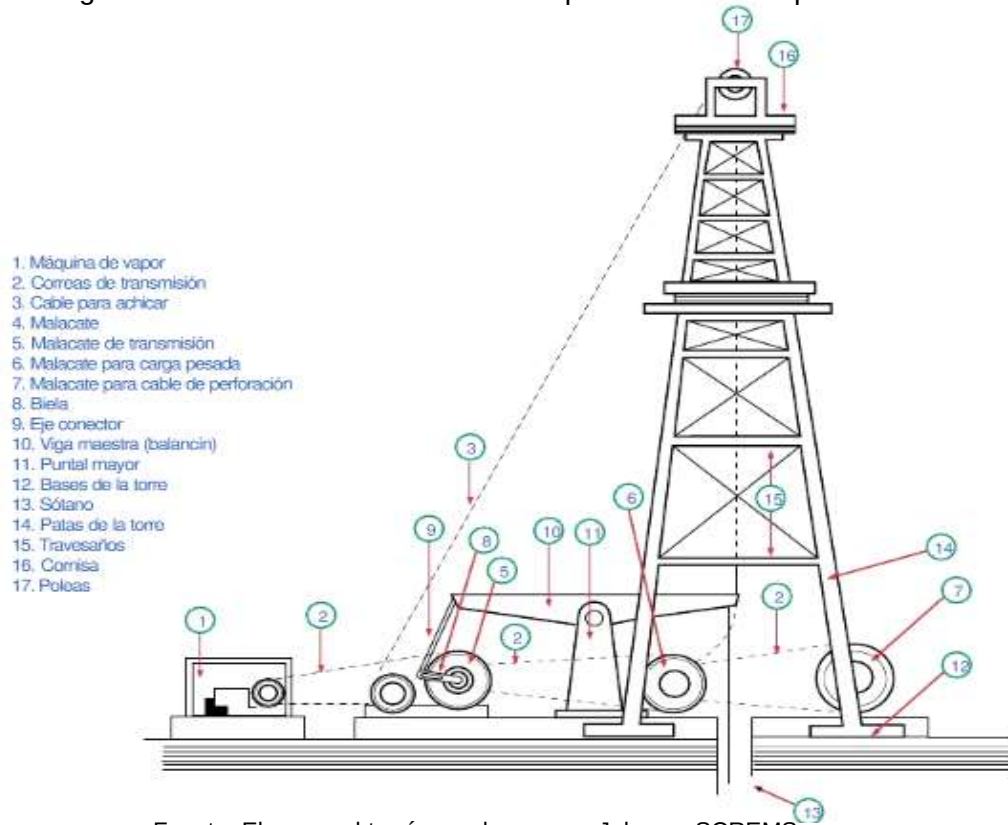
El lodo resultante debe ser retirado del agujero de tiempo en tiempo mediante una bomba de arena o una cuchara. Cuando se acumula mucha columna de lodo, esta amortigua la caída de las herramientas y retarda la velocidad de penetración. Tal circunstancia es la que determina con cuánta frecuencia debería extraerse el lodo.

Una sarta completa de herramientas de perforación se halla completa constituida por cuatro elementos, estos son: El barreno, la barra de peso adicional al barreno (el efecto de su longitud ayuda a mantener un agujero recto cuando se perfora en roca dura), las tijeras que consisten en un par de barras articuladas de acero (Cuando se perfora en aquellos materiales en los que el barreno está propenso a quedar aprisionado, se utiliza las tijeras para aflojar las herramientas, esta es la única función que desempeñan), y el portacable giratorio que establece la conexión de herramientas al cable, el peso de este suministra parte de la energía de los golpes ascendentes dados por las tijeras cuando se necesita usar estas. También permite que las herramientas giren ligeramente con respecto al cable. Los elementos de la sarta de herramientas se acoplan entre si mediante extremos roscados.

Al cable de alambre que soporta las herramientas de perforar se le denomina comúnmente como las líneas de perforar. Por lo general, varía entre 5/8 y 1" de diámetro de su torcido en su sentido izquierdo. La línea de perforar se hace pasar por una polea de coronamiento que se halla situada en la cumbre del mástil o torres, de donde desciende hasta el cabrestante, llegando al tambor principal de arrollado. La cuchara está formada por un tramo de tubo con válvula de retención en el fondo. La bomba de arena es una cuchara dotada de

un émbolo; el cual, al desplazarse hacia arriba, produce un vacío que abre la válvula y succiona la arena o el lodo que contiene los fragmentos, haciéndolo penetrar en el tubo.

Imagen # 17: Herramientas de una sarta por el método de percusión



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

2.5.12.2 Perforación de rotación

Estos equipos se caracterizan por que trabajan girando o rotando la broca, tríceno o trépano perforador. El sentido de la rotación debe ser el mismo usado para la unión o enrosque de las piezas que constituyen la sarta de perforación. Todas las brocas, trépanos o trícenos, son diseñados para cortar, triturar o voltear las distintas formaciones que pueden encontrarse a su paso. Estas herramientas son diseñadas para cada tipo de formación o terreno.

El método hidráulico de perforación por rotación consiste en perforar un agujero mediante la acción rotativa de un trépano y remover los fragmentos que se producen con un fluido que continuamente se hace circular conforme el trépano penetra en los materiales de la formación.

2.5.12.3 Perforación rotatoria con aire comprimido

El equipo rotatorio de perforación que utiliza aire comprimido como fluido de perforar en lugar de lodo, constituye un avance muy moderno en la industria de la perforación de pozos, en este sistema se hace circular aire a presión por la tubería de perforación, el cual escapa por las aberturas del trépano, subiendo luego por el espacio anular que rodea la tubería. El aire que se desplaza a gran velocidad dentro el anillo arrastra los fragmentos hasta la superficie o los expulsa de las fisuras de las rocas. Este procedimiento solo se puede aplicar a formaciones consolidadas.

Las máquinas de perforar rotatorias diseñadas para este tipo de trabajo, vienen; por lo general, equipadas con una bomba convencional de lodos, además de un compresor de aire de gran capacidad. Es posible que, para evitar derrumbes, se haga necesario instalar ademe dentro del relleno superior al pasar la circulación de aire.

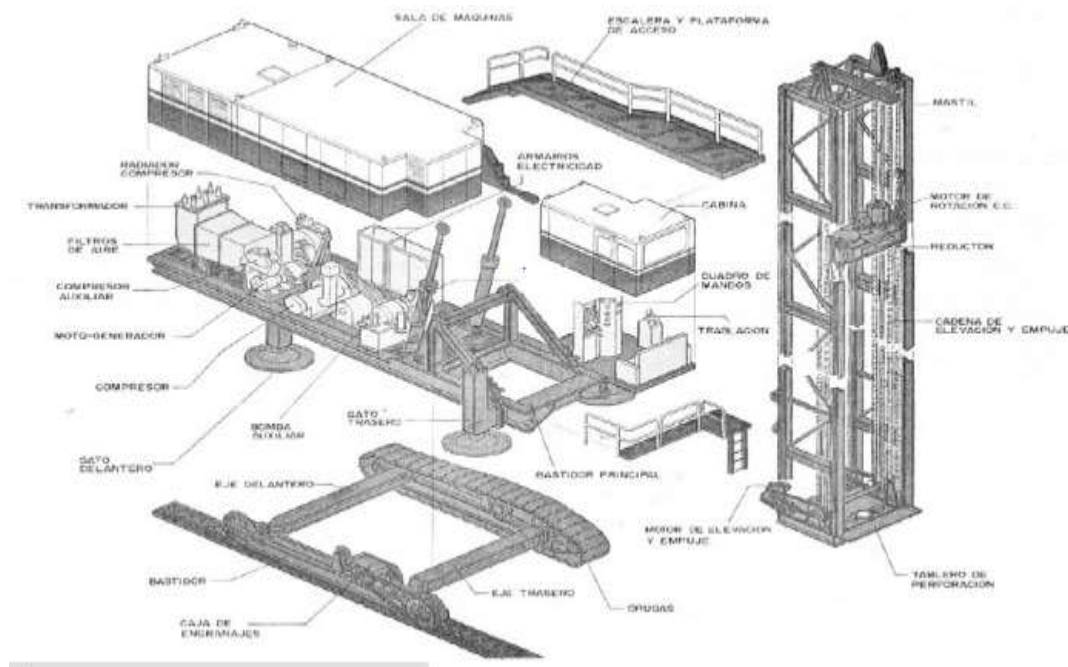
Los trépanos para rocas del tipo rodete, similares a los que se diseñan para la perforación a base de lodos, pueden también utilizarse cuando se perfora con aire. El tipo que se conoce como trépano incrustado resulta de conveniente aplicación en ciertas aéreas. Este trépano se fabrica con incrustaciones de tungsteno fijadas a la periferia de los rodetes de acero. Los trépanos trícono con un diámetro alrededor de los 30 cm también se utilizan corrientemente; asimismo, se dispone de diámetros mayores. El otro tipo de herramienta de trépano que se utiliza en el sistema rotatorio con aire comprimido, consiste; en esencia, de un martinete neumático que se halla colocado en el extremo interior de la tubería. El trépano consiste en un martinete con incrustaciones resistente de carburo de tungsteno, que son las que proveen la superficie de corte. A esta herramienta se le puede llamar martinete descendente, esta combina el efecto percusivo con la acción rotativa, este también se denomina martillo a fondo.

El carburo de tungsteno es extremadamente resistente a la abrasión, pero los trépanos siempre se desgastan por el uso continuo. El aire comprimido se deberá suministrar a una presión de 7 a 7.7 kg/cm². Algunas herramientas necesitan hasta 14 kg/cm² para extraer los fragmentos con efectividad según la velocidad ascendente del aire.

Una de las ventajas prácticas de la perforación de pozos por este método, consiste en que, al perforar, se puede observar, conforme avanza la perforación, cuánta agua es expulsada del pozo junto con los fragmentos. El análisis de la conveniencia del uso de esta forma

estará en la capacidad de juzgar si el pozo ha alcanzado la suficiente profundidad como para producir el rendimiento que se desea obtener.

Imagen # 17: Máquina perforadora rotativa con sus componentes eléctricos



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

2.8 Montaje y sistema de propulsión

Existen dos sistemas de montaje para perforadoras rotativas:

- Sobre orugas.
- Sobre neumáticos.

Los factores que influyen en la elección de un tipo sobre otro son las condiciones del terreno y el grado de movilidad requerido, de si la superficie de trabajo presenta fuertes pendientes, desniveles o baja capacidad portante. También existen perforadoras diésel eléctricas diseñadas para gran producción.

Imagen # 18: Esquema de accionamiento de una máquina perforadora diésel dotada de compresor



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

2.6.1 Verticalidad y alineamiento

Cualquier persona estará de acuerdo en que, un pozo debe hallarse tanto recto como a plomo. Al mismo tiempo, se entiende que, no es posible garantizar un agujero perforado dentro de la Tierra completamente recto y a plomo. En la práctica, deberán permitirse algunas tolerancias o desviaciones. En el mayor caso, el contratista de la perforación puede mantener el alineamiento del pozo dentro de ciertos límites prácticos que ejercen un cuidado razonable.

Algunas especificaciones exigen que la verticalidad sea verificada con plomada especial y que la rectitud sea constante, con un equilibrador cilíndrico de 12 metros de longitud y un diámetro ligeramente menor que el del ademe del pozo.

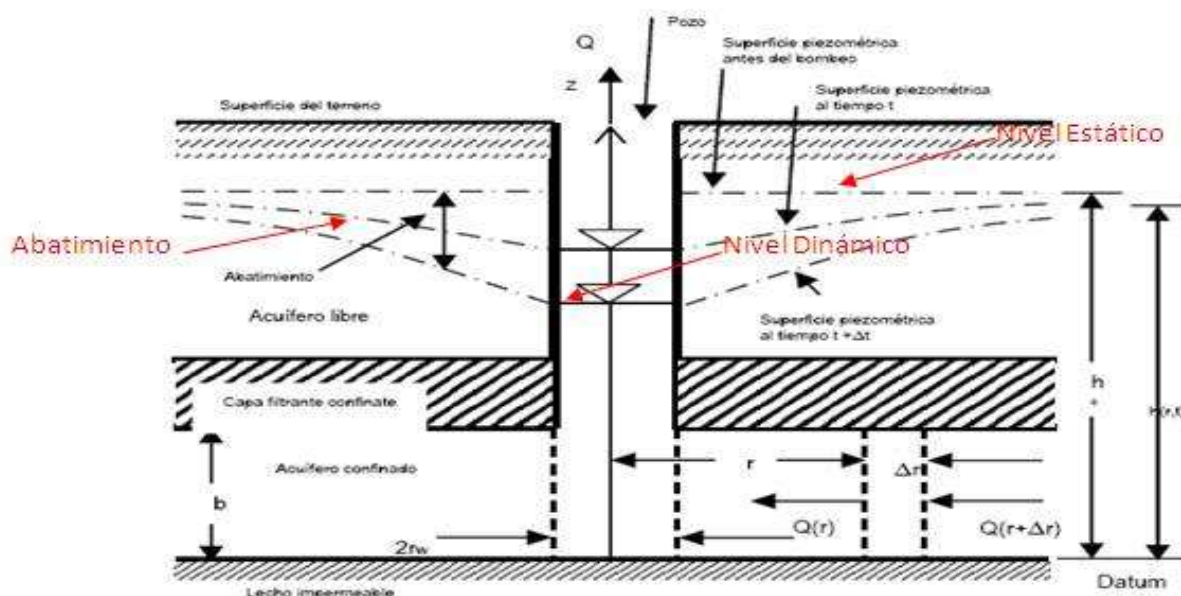
Sin embargo, es posible medir tanto la desviación de la vertical como la rectitud mediante el solo uso de una plomada. De las mediciones, la rectitud del pozo es la de mayor importancia puesto que es la que determina si una bomba puede o no instalarse en el pozo hasta la profundidad deseada. En un pozo que no sea recto, aunque se halle fuera de plomo, puede instalarse sin dificultad cualquier bomba. Cuando la desviación de la vertical es mucha, ello puede afectar la operación y acortar la duración de ciertas bombas, por lo que la verticalidad no debe de salirse de los límites razonables.

2.6.2 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 # 19: Esquema de prueba de bombeo



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos75/hidraulica-captaciones-agua-subterranea/hidraulica-captaciones-agua-subterranea2.shtml>

Con esta finalidad, existen dos tipos de prueba de bombeo para caudal extraído:

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.

2.6.3 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):

$$CDT = NE + s + AD + H_f \quad \text{Ecuación \# 7}$$

Donde:

CDT: Carga Dinámica Total, en m.

NE: Nivel Estático, en m.

s: Abatimiento, en m.

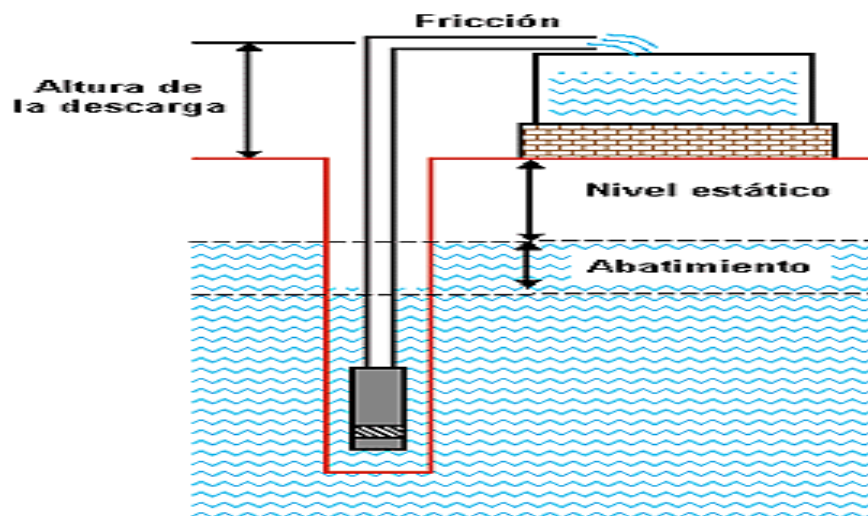
AD: Altura de Descarga, en m.

H_f : Pérdidas de fricción, en m.

2.6.4 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.

Imagen # 20: Principales componentes hidráulicos de un sistema de bombeo de agua



Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/hidraulica.html

2.6.5 Carga Dinámica (fricción)

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.

Para calcular la Carga Dinámica es necesario encontrar la distancia que recorre el agua desde el punto en el que esta entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, así como el material de la línea de conducción y su diámetro. Con esta información se puede estimar la Carga Dinámica de varias maneras.

2.6.6 Tablas de fricción

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 verdadera.

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.

$$H = 10.674L \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.871}} \right) \quad \text{Ecuación \# 8}$$

Donde:

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

L: Longitud de la tubería, en m.

Q: Caudal, en m³/s.

C: Coeficiente de rugosidad, adimensional.

D: Diámetro interno de la tubería, en m.

Tabla # 5: Valores del coeficiente de rugosidad de Hazen Williams para diferentes materiales

Material	C	Material	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 Carga Total Dinámica, con estos parámetros se procederá a la selección del sistema de bombeo del pozo, para lo que se tomará en consideración los siguientes elementos:

- Tubería de succión.
- 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.

2.7 Caracterización hidrogeológica de la formación acuífera en la zona de estudio.

La caracterización hidrogeológica de la formación acuífera de la zona de estudio está basada en la recopilación de la información hidrológica, hidrogeológica e hidroquímica existente, y determinada mediante investigación del área. La determinación de parámetros hidrogeológicos como: Rendimiento específico 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. Una vez obtenidos los parámetros de campo, se puede utilizar una serie de ecuaciones de régimen de equilibrio y de no equilibrio, utilizadas en la hidráulica de pozo.

2.7.1 Determinación de la litología de la zona de estudio

Para cumplir con este parámetro, se recolectará 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.

2.7.2 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).

2.7.3 Determinar el espesor del acuífero

Se determinará 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 realizará mediante una ecuación, siempre y cuando se cuente con los datos necesarios. La ecuación es la siguiente:

$$m = P_f - P_i \quad \text{Ecuación \# 9}$$

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.

2.7.4 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.

$$Q = \frac{2.72 P m(H-h)}{\log \frac{R}{r}} \quad \text{Ecuación \# 10}$$

Donde:

Q: Rendimiento del pozo o caudal del bombeo, en m³ 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.

2.7.5 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:

$$S_y = \frac{Q}{s} \quad \text{Ecuación \# 11}$$

Donde:

S_y: Rendimiento específico, en m²/h.

Q: Caudal de explotación, en m³/h.

s: Abatimiento, en m.

2.7.6 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 # 6: 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	<u>Basalto fracturado</u>
Arena media	Roca cristalina fracturada
Arena fina	Roca cristalina densa
Arcilla arenosa	Granito alterado

Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

2.7.7 Transmisividad

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.

$$T = P \cdot E \quad \text{Ecuación \# 12}$$

Donde:

T: Transmisividad del acuífero, en m³/día o m²/día.

P: Permeabilidad del acuífero, en m/h.

E: Espesor del acuífero, en m.

2.8 Determinar y caracterizar los parámetros para el diseño del pozo

Para cumplir con este objetivo, se tomará las coordenadas de ubicación del pozo, siguiendo la siguiente metodología:

2.8.1 Método de perforación

Para la perforación del pozo, ya habiendo localizado el punto a perforar y teniendo un diseño preliminar de este mismo, según la información de la hidrogeología de la zona de estudio, se seleccionará el método de perforación, realizando un análisis para seleccionar el método de perforación, así como otros parámetros para perforar un pozo. Las ventajas del método a perforar son:

- Limpieza del terreno
- Medidas ambientales
- Nivelación de las máquinas
- Profundidad del pozo

2.8.2 Profundidad del pozo

La profundidad total de un pozo se rige fundamentalmente por:

- Espesor y niveles relativos del acuífero o acuíferos que se vaya a explotar. El pozo se perforará a una profundidad que, garantice un caudal específico alto y el mayor abatimiento disponible que, permita incrementar la producción razonablemente.
- La profundidad a la que se encuentra el nivel freático más profundo por explotar cuando existe varios niveles freáticos.
- La calidad del agua, factor que, en ocasiones, limita la profundidad, y en otras la propicia.
- El caudal a extraer.

2.8.3 El Ademe

El ademe o encamisado de protección del pozo se determina de una manera que evite los derrumbes de los estratos geológicos. La tubería de ademe suele estar forrada por una parte de tubo ciego o liso que, forma la cámara de bombeo, y por el cedazo, malla o tubo filtro que, constituye la tubería de producción. Este puede ser de PVC o hierro fundido.

2.8.4 Diámetro de la cámara de bombeo o diámetro del ademe

Este queda definido por el caudal que se va extraer, ya que de este depende el diámetro de los tazones de la bomba. Generalmente, al ademe ciego que formará la cámara de bombeo

se le asigna un diámetro mínimo de 3" (75 mm), mayor que el diámetro de los tazones de la bomba.

$$D_a = D_t + 2" \quad \text{Ecuación \# 13}$$

Donde:

D_a : Diámetro del ademe, en pulgadas.

D_t : Diámetro exterior de los tazones o cuerpo de la bomba, en pulgadas.

2.8.5 Diámetro de los tazones de la bomba

El diámetro de los tazones (pulgadas), en términos generales; es igual a la raíz cuadrada del caudal máximo (litros por segundo), más una pulgada.

$$D_t = \sqrt{Q} + 2.54 \quad \text{Ecuación \# 14}$$

Donde:

D_t : Diámetro exterior de los tazones o cuerpo de la bomba, en pulgadas.

Q : Caudal de bombeo, en GPM.

2.8.6 Diámetro de la perforación

El diámetro de la perforación corresponde al diámetro del ademe, más un espacio adicional para el filtro anular de grava, cuando se requiera.

$$D_p = D_a + 3" \quad \text{Ecuación \# 15}$$

Donde:

D_p : Diámetro de perforación, en pulgadas.

D_a : Diámetro del ademe, en pulgadas.

2.8.7 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 $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ " 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:

$$V_g = \pi m (D_p - D_e)^2 \quad \text{Ecuación \# 16}$$

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.

2.8.8 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 glauconita 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 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.

2.8.9 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 apertura 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

$$Q_e = 0.31A_n \quad \text{Ecuación \# 17}$$

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)

$$R_{fp} = \frac{12''}{S_I + E_R} \quad \text{Ecuación \# 18}$$

Donde:

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

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

$$A_n = R_{fp} F_r S_I L_I \quad \text{Ecuación \# 19}$$

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 por pie

$$ASI = 12\pi D_I \quad \text{Ecuación \# 20}$$

Donde:

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

D_i : Diámetro interno, en pulgadas.

$$\% A_a = 100 \left(\frac{A_n}{ASI} \right) \quad \text{Ecuación \# 21}$$

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.

2.8.10 Longitud de rejilla

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

$$L_r = 2pd \left(\frac{Q}{4.37} \right) \quad \text{Ecuación \# 22}$$

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.

2.8.11 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).

2.8.12 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:

$$V = B \cdot h \quad \text{Ecuación \# 23}$$

Donde:

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

h: Altura del sólido rectangular, en m.

2.8.13 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/cm².

2.8.14 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 Carga Dinámica Total en el pozo, tubería a utilizar en la columna de bombeo, y pérdidas de carga; a continuación, ecuaciones a utilizar:

$$CDT = CE + CD \quad \text{Ecuación \# 24}$$

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 descargara la bomba.

$$CE = NI + ND \quad \text{Ecuación \# 25}$$

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.

$$H = 10.674L \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.871}} \right) \quad \text{Ecuación \# 26}$$

Donde:

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

L: Longitud de la tubería, en m.

Q: Caudal, en m³/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 # 7: 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:

$$P_b = \frac{Q_b \cdot CTD}{3960E} \quad \text{Ecuación \# 27}$$

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:

$$P_m = \frac{P_b}{0.9} \quad \text{Ecuación \# 28}$$

Donde:

P_m : Potencia del motor, en HP.

P_b : Potencia de la bomba, en HP.

2.8.15 Prueba de bombeo

La prueba de bombeo se realizará 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:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ecuación \# 29}$$

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

2.8.16 Cronograma del tiempo de perforación en cada proceso

Se realizará una tabla en donde se indique cada actividad realizada por día, en esta se deberá apuntar cada movimiento que se realice en el pozo. Para esto, estará presente una tabla de guía en el punto, para tener un control del tiempo de perforación.

2.9 Diseño y seleccionar el equipo de bombeo según demanda y rendimiento del pozo

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

2.9.1 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:

$$D = k\sqrt{Q}, k = 0.7 \text{ a } 1.6, k_p = 1.2 \quad \text{Ecuación \# 30}$$

Donde:

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

k: Coeficiente de pérdida de carga en la tubería, adimensional.

Q: Caudal, en m³/s.

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

Para instalaciones no operadas en forma continua se tiene:

$$D = 1.3 \left(\frac{x}{24} \right)^{1/4} \sqrt{Q} \quad \text{Ecuación \# 31}$$

Donde:

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

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

2.9.2 Determinación de la Carga Dinámica Total

Para determinar este valor, se utilizará la siguiente expresión.

$$CDT = CE + CD \quad \text{Ecuación \# 32}$$

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.

2.9.2.1 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.

$$CET = NE + s + AD \quad \text{Ecuación 35}$$

Donde:

CET: Carga Estática Total, en m.

NE: Nivel Estático, en m.

s: Abatimiento, en m.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLOGICO

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 realizará 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 hará un estudio sobre la litología del suelo en el sitio de construcción del pozo. Serán tomados 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 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.

Se realizó un censo y encuesta socioeconómica de la comunidad en el periodo de noviembre 2019, 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, será procesada, y los resultados obtenidos serán representados por medio de gráficos en el programa de Excel 2016.

3.2 Cálculo de población

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

$$P_n = P_0(1 + r)^n \quad \text{Ecuación \# 36}$$

Donde:

P_n = Población proyectada, en hab.

P_0 = 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.

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 2020-2040.

Esto se hará, 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.

3.3 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 domiciliarias 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.

3.4 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).

$$\text{CMD} = 1.5\text{CPD} \quad \text{Ecuación \# 37}$$

$$\text{CMH} = 2.5\text{CPD} \quad \text{Ecuación \# 38}$$

Donde:

CMD: Consumo Máximo Diario en GPM.

CPD: Consumo Promedio Diario, en GPM.

CMH: Consumo Máximo Horario, en GPM.

Tabla # 8: 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

3.5 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:

Presión mínima: 5 metros.

Presión máxima: 70 metros.

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.

3.6 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 perdida se fija como un porcentaje del Consumo Promedio Diario, cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

3.7 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.

3.7.1 Equipo de bombeo y motor

3.7.1.1 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, el cual debe estar relacionado al caudal a extraerse según la tabla siguiente:

Tabla # 9: 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 # 10: 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 succión y 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 los HP del motor en base a los HP 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.

3.8 Almacenamiento

Debido a que las normas actuales de diseño de abastecimiento y potabilización de agua (NTON 09003–99 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.

Debido a las condiciones y características propias de este proyecto, y a los riesgos señalados con anterioridad, el volumen de almacenamiento será proyectado para el cumplimiento de las condiciones que a continuación se describen:

A) Garantizar un abastecimiento suficiente y continuo de agua a la población mediante un volumen equivalente al 25 % del Consumo Promedio Diario para compensación de las demandas de máximo consumo horario, más un volumen equivalente al 15 % del Consumo Promedio Diario para garantizar el abastecimiento de agua a la población durante un período de tiempo en el que se interrumpa el suministro de agua procedente de la fuente por razones que estén fuera del control del personal operativo.

B) El volumen de almacenamiento total será mayor a la sumatoria del 25 % del Consumo Promedio Diario más el volumen necesario para atender un incendio de doble duración. Esto conforme a los criterios expresados en el libro “Diseño de Acueductos y Alcantarillados”, Ricardo Alfredo López Cualla, segunda edición, editorial Alfa Omega.

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.

3.8.1 Capacidad

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

3.8.1.1 Volumen del compensador

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

3.8.1.2 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.

3.8.2 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.

3.8.3 Clases y tipo de tanques

3.8.3.1 Clases de tanques

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

3.8.3.1.1 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.

3.8.3.1.2 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.

3.8.3.1.3 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.

3.8.3.2 Tipos de tanques

Los tipos de tanques que se ha recomendado construir en el país son los siguientes:

3.8.3.2.1 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 efectúe 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.

3.8.3.2.2 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-tanque-red.
- 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 aéreos en vuelos nocturnos.
- 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.

3.8.3.2.3 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.

3.9 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.

3.9.1 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: Válvulas de purga y limpieza.

3.9.1.2 Sistema simplificado

Este sistema propone diseñar la red de distribución para el consumo domiciliar, con el objetivo de disminuir los diámetros de cada tubería, proponiendo hacer uso de los hidrantes existentes o por medio de la instalación de ellos en la periferia del barrio para satisfacer la demanda contra incendio. Para la operación del sistema, se prevé utilizar un solo acople con una válvula en la entrada con el objetivo de aislar el barrio a la hora de realizar cualquier reparación, siguiendo el criterio de micro sectores de INAA, así como dotar al sistema de válvulas de limpieza.

3.10 Conexiones domiciliarias

Para el proyecto, la conexión domiciliar 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.

3.11 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.

3.11.1 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.

3.11.2 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.

3.11.3 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.

3.11.4 Cámara de válvula de aire

El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del aire 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.

3.11.5 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.

3.11.6 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.

3.11.7 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.

3.12 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”.

3.12.1 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.

3.11.2 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.

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

3.11.3.1 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.

3.11.3.2 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.

3.12 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:

3.12.1 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.

3.12.2 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.

3.12.2.1 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.

3.12.3. Poligonales

3.12.3.1 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, 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.

3.13 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.

3.14 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.

3.15 Estudio Hidrogeológico

3.15.1 Síntesis local

La fuente seleccionada para el abastecimiento del sistema MABE, es mediante la extracción del agua de un pozo perforado a construir, el cual estará emplazado en las coordenadas E: 638651, N: 1383073.

La cuenca subterránea Norte - Centro es la más extensa del acuífero en la Republica de Nicaragua (perteneciendo a la Cuenca 69). Este acuífero es la fuente más importante de agua para las zonas densamente pobladas situadas hacia el sur y oeste. Algunos de los pozos perforados en los alrededores de las poblaciones producen caudales de hasta 150 m³/hora, con Niveles Dinámicos de, aproximadamente 300 m. Las áreas de mayor interés, por sus posibilidades de suplir agua para el riego, son la parte sur y oeste del área comprendida del estudio.

El acuífero que constituye la Cuenca está constituido por depósitos piroclásticos (lapilli, cenizas, pómez, tobas volcánicas) y aluviones recientes que, se extienden sobre una superficie de, alrededor de 1500 km².

En la parte más importante del acuífero, los depósitos piroclásticos-aluviales rellenan una fosa tectónica de unos 26 km de largo y unos 10 km de ancho, orientada NO-SE que, se extiende desde la sierra, hasta las mesetas del departamento de Boaco. La profundidad del agua subterránea en el acuífero con respecto al nivel del terreno, varía de 20 a 300 m. Se registra los valores mayores en el área de recarga, con valores máximos de hasta 500 m.

Las curvas piezométricas están en dependencia de la topografía del terreno, varían desde 600 m en el parte aguas de la zona, hasta 70 m en las zonas más bajas.

El espesor promedio del depósito acuífero se evalúa en, alrededor de unos 100 m; los espesores máximos alcanzan los 300 m, en la parte central de la cuenca, cerca de las faldas y disminuyen hacia el SO. El acuífero de Las Sierras es el más importante de esta cuenca, la subcuenca subterránea que drena al Pacífico es la parte que, se encuentra dentro de la cuenca 69. Está formada por piroclastos finos y gruesos (ceniza volcánica, piedra pómez, tobas, arenas, lapilli), y tiene un espesor superior a los 400 m. A lo largo de la costa y hacia el sur, los acuíferos son discontinuos y poco profundos, con algunos depósitos aluviales a lo largo de los ríos.

Según datos de 1968 a 1971 (Naciones Unidas), las fluctuaciones anuales de los niveles piezométricos registradas en algunas decenas de pozos de observación (pozos cavados y perforados), indican que, hay muy pequeñas diferencias entre los altos (octubre-noviembre) y los bajos (abril-mayo) niveles freáticos que, varían entre unos dos metros.

En los años 1970, se calculaba que, la cantidad de agua subterránea extraída anualmente, a través de pozos perforados y cavados, alcanzaba unos 97 m³/h, distribuidos de la siguiente manera: 9.7 m³/h para uso potable, 12.83 m³/h para uso industrial, 69 m³/h para uso de riego (todo extraído de pozos perforados), y los restantes 5.5 m³/h para uso rural (extraídos a través de pozos excavados a mano).

Los estudios de detalle hechos por las Naciones Unidas entre 1971 y 1974, reportan que, la potencialidad de este acuífero es muy elevada. En efecto, la recarga total para los años 1970 y 1971, ha sido evaluada en, alrededor de 622 m³/h (583 como percolación de lluvias, igual al 23% de las precipitaciones sobre el área de afloramiento, y 39 m³/h como flujo de retorno).

La cantidad total de agua subterránea que, por el mismo año, no estaba siendo empleada y que salía del acuífero, ha sido evaluada en 528 m³/h, distribuidos de la siguiente manera:

471 m³/h como caudal de base de los diferentes ríos, 18 m³/h como evapotranspiración, y 39 m³/h como caudal subterráneo hacia el mar. De estos, se asume un volumen directamente recuperable a través de pozos de, aproximadamente 397 m³/h; o sea, cerca del 75%.

3.15.2 Caracterización climatológica de la zona de influencia.

3.15.2.1 Régimen de precipitación

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 1,152 mm y 2,648 mm.

3.16 Normas Nicaragüenses de clasificación de los recursos hídricos de acuerdo a sus usos.

Con el objeto de determinar la capacidad y condiciones del aprovechamiento de los recursos hidráulicos y los niveles y calidad de vertimientos tolerables para cada cuerpo de agua, se establecen seis tipos de cuerpos de agua:

Tipo 1. Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que esta forme parte de un producto o sub- producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él. Las aguas de este Tipo se desagregan en dos categorías:

-Categoría 1-A Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes; y

-Categoría 1-B Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y/o cloración.

Tipo 2. Aguas destinadas a usos agropecuarios. Estas se desagregan en dos categorías: -

Categoría 2-A Aguas para riego de vegetales destinados al consumo humano;

-Categoría 2-B Aguas destinadas para riego de cualquier otro tipo de cultivo y uso pecuario.

Tipo 3. Aguas marinas o medios costeros destinados a la cría y explotación de moluscos para su consumo humano.

Tipo 4. Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia. Las aguas de este Tipo se desagregan en dos categorías:

-Categoría 4-A Aguas para el contacto humano total.

-Categoría 4-B Aguas para el contacto humano parcial.

Tipo 5. Aguas destinadas para usos industriales que no requieren agua potable.

Tipo 6. Aguas destinadas a la navegación y generación de energía.

3.16.1 Clasificación de las aguas en función de los resultados de los análisis realizados

En el análisis de los resultados, se considera contrastarlo con lo establecido en la norma nacional y tomando en cuenta los valores admisibles para el uso del Tipo 1 y categoría 1-A y 1-B, ya que estos son el objeto del proyecto a desarrollar.

Tabla # 11
COMPARACION DE (NTON 05 007-98 y Normas CAPRE)

PARÁMETRO	VALOR OBTENIDO	NORMA NTON 05 100 98	NORMA CAPRE	PARÁMETROS A TRATARSE
Turbidez	1.00 UNT	Cumple la Categoría 1A y 1B 1A = < 5 UNT 1B = < 250 UNT	Cumple con la Norma Valor Máximo Admisible 5 NTU	---
pH	7.26	Cumple la Categoría 1A y 1B 1A = mín. 6.0 y máx. 8.5 1B = mín. 6.0 y máx. 8.5	No existe en la norma	---
Conductividad	485.00 μ S/cm2	No existe en la norma	No cumple norma	Este parámetro sobrepasa en 21.25% el valor recomendado en la norma CAPRE.
Sólidos Totales Disueltos	273.14 mg/l	Cumple la Categoría 1A y 1B 1A = 1000 mg/l 1B = 1500 mg/l	Cumple con la norma	---
Color Verdadero	< 5.0 mg/l Pt Co	Cumple la Categoría 1A y 1B 1A = < 15 U Pt Co 1B = < 150 U Pt Co	Cumple con la norma Valor Máximo Admisible 15 mg/l Pt Co	---
Sodio	25.76 mg/l	Cumple la Categoría 1A y 1B 200 mg/l	Cumple con la norma Valor Máximo Admisible 200 mg/l	---
Potasio	1.93 mg/l	No existe en la norma	Cumple con la norma Valor Máximo Admisible 10 mg/l	---
Magnesio	12.15 mg/l	No existe en la norma	Cumple con la norma Valor Máximo Admisible 50 mg/l	---
Calcio	48.10 mg/l	No existe en la norma	Cumple con la norma Valor Recomendado 100 mg/l	---

Cloruros	5.79 mg/l	Cumple la Categoría 1A y 1B 1A = 250 mg/l 1B = 600 mg/l	Cumple con la norma Valor Máximo Admisible 50 mg/l	---
Nitratos	10.06 mg/l	No cumple ninguna categoría	Cumple con la norma Valor Máximo Admisible 50 mg/l	---
Sulfatos	2.95 mg/l	Cumple la Categoría 1A y 1B 1A = 250 mg/l 1B = 400 mg/l	Cumple con la norma Valor Máximo Admisible 250 mg/l	---
Carbonatos	< 2.00 mg/l	No existe en la norma	No existe en la norma	---
Bicarbonatos	280.69 mg/l	No existe en la norma	No existe en la norma	---
Dureza Total como CaCO₃	170.00 mg/l	Cumple la Categoría 1A y 1B 400 mg/l	Cumple con la norma Valor Recomendado 400 mg/l	---
Alcalinidad Total Como CaCO₃	230.05 mg/l	No existe en la norma	No existe en la norma	---
Alcalinidad a la Fenolftaleína	< 1.67.00 mg/l	No existe en la norma	No existe en la norma	---
Silice Reactivo Disuelto	55.06 mg/l	No existen la norma	No existe en la norma	---
Nitritos	0.003 mg/l	Cumple la Categoría 1A y 1B 400 mg/l	Cumple con la norma Valor Máximo Admisible 1 mg/l	---
Hierro Total	0.08 mg/l	Cumple 1A y Categoría 1B 1A = 0.3 mg/l 1B = 3 mg/l	Cumple con la norma Valor Máximo Admisible 0.3 mg/l	---

Fluoruros	0.32 mg/l	Cumple Categoría 1B 1B= < 1.7 mg/l	No cumple con la norma Valor Máximo Admisible 0.7 – 1.5 mg/l	Este parámetro deberá ser tratado en un 65.30% ya que el valor obtenido es menor al rango de valores permitidos en la norma CAPRE
Amonio	0.046 mg/l	No existe en la norma	Cumple con la norma Valor Recomendado: 0.05 mg/l Valor Máximo Admisible: 0.5 mg/l	—
Cianuro Total	< 0.010 mg/l	Cumple la Categoría 1A y 1B 0.1 mg/l	Si cumple con la norma Valor Máximo Admisible 0,05 mg/L	---
Arsénico Total	1.00 µg/l	No Existe en la norma	Si cumple con la norma Valor Máximo Admisible 0.01 mg/l	---
Mercurio Total	0.15 µg/l	No cumple ninguna categoría 1A = 0.001 mg/l 1B = 0.01 mg/l	Si cumple con la norma Valor Máximo Admisible 0.001 mg/l	---
Coliformes Totales	4.90E+02 NMP/100ml	Cumple la Categoría 1A y 1B 1A = ** 1B = ***	No cumple con la norma	N/A
Coliformes Termotolerantes	3.30E+02 NMP/100ml	No Existe en la norma	No Existe en la norma	---

* (*) También puede ser expresado como porcentaje de saturación y debe ser mayor de 50%. (**) Promedio mensual menor de 2000 NMP por cada 100 ml. (***) Promedio mensual menor de 10000 NMP por cada 100 ml.

(+) Promedio mensual menor de 100 NMP por cada 100 ml.

(++) Promedio mensual menor de 1000 NMP por cada 100 ml.

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 1585 mm.

La temporada seca, comprendida entre los meses de noviembre y abril, registra el 10 % de las lluvias anuales.

4.2 Condiciones extremas

4.2.1 Años secos

Los años secos se definen como el exceso de demanda de agua, con relación a la cantidad disponible después de la evaporación, en un área específica. En este caso, se definieron con los valores inferiores al módulo de precipitación en la estación pluviométrica del departamento de Boaco. Serie tomada desde el año 1985, hasta el año 2015.

4.2.2 Años húmedos

Las avenidas son el exceso de agua de escorrentía de lluvias y drenaje en los cursos de agua de una cuenca. En los registros de precipitación de la estación, se ha detectado años húmedos, a partir del año 2005.

Tabla # 12: Variación de precipitaciones mínimas, promedio y máximas

PROMEDIO	PRECIPITACION (mm)												
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Annual
Mínima	8	0	0	0	0	25	139	125	27	65	16	32	1,397
Media	94	49	25	32	145	273	304	266	225	212	140	105	1,869
Máxima	325	175	142	142	385	502	575	576	398	544	366	229	2,594

Fuente: INETER

4.2.3 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 Santa Teresa 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, infiltración y humedad

Meses del Año	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
T (°C)	28.30	28.60	29.20	30.10	30.10	29.50	29.50	29.70	29.40	29.50	29.00	28.40	25.10
I	13.80	14.02	14.47	15.15	15.15	14.69	14.69	14.84	14.62	14.69	14.32	13.87	174.29
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)	83.25	89.15	86.25	79.23	75.53	79.41	76.30	75.79	78.52	70.85	83.68	88.15	1,334.00
Precipitación	145.20	273.10	304.20	265.60	224.50	211.90	139.60	105.30	83.90	48.80	25.30	31.80	976.11
Diferencia	51.95	183.95	217.95	186.37	148.97	132.49	63.30	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	43.92	22.77	28.62	
Escurrimiento	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: Propia

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 escurrimiento 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:

$$ET = P - Q - QSS + \Delta S \quad \text{Ecuación \# 39}$$

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:

$$ETP = 16ka \left(\frac{10T}{I} \right)^a \quad \text{Ecuación \# 40}$$

$$I = \sum_1^{12} i \quad \text{Ecuación \# 41}$$

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514} \quad \text{Ecuación \# 42}$$

$$a = I^3(675 \times 10^{-9}) - I^2(771 \times 10^{-7}) + I(1,792 \times 10^{-5}) + 0.492 \quad \text{Ecuación \# 43}$$

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 °C.

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

i: Índice mensual, adimensional.

4.2.4 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.

4.2.5 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.

4.2.6 Condiciones hidrogeológicas del área de estudio

4.2.6.1 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-existent, 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. El marco estructural está dado, fundamentalmente, por la presencia de fallas, fracturas y alineamientos que atraviesan el área de estudio, y que constituyen los conductos potenciales de recarga y circulación del agua subterránea.

4.2.6.2 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. Es el que ocasiona la presencia de agua subterránea que aflora por el túnel Jabalí.

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 m²/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 hidrometeorológicas 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.

Durante el proceso de caracterización de la zona hidrogeológica, se debe realizar varias visitas al sitio de estudio para verificar los pozos; en este caso, solamente algunos lugares podrán ser visitados debido a los altos costos de transporte y permisos denegados, a continuación, datos a conocer de los pozos:

4.3 Parámetros preliminares

La perforación de los pozos tubulares puede ejecutarse por percusión o rotación. La selección del método dependerá de ciertos factores, tales como el diámetro y profundidad del pozo, además de los estratos geológicos a atravesar.

Debido a que las aguas subterráneas provienen del acuífero volcánico fracturado, es muy probable que la calidad sea buena y que no requerirá tratamiento alguno para ser usada como agua potable (sedimentación, filtrado, desinfección con cloro), porque, normalmente, son física, química y microbiológicamente apropiadas.

El pozo estará ubicado en la comunidad El Riego y seleccionada para el abastecimiento del sistema MABE, es mediante la extracción del agua de un pozo perforado a construir, el cual estará emplazado en las coordenadas E: 638651, N: 1383073. tendrá una profundidad aproximada de 190 m. El agua de esta perforación seleccionada se conectará a una nueva red de conducción de agua extraída del pozo mencionado, por medio de tuberías de polietileno de 6" y 335 m de longitud, y una bomba sumergible a un caudal estimado de 17 L/s desde la salida del pozo (522 msnm) hasta el tanque de almacenamiento que, abastecerá al sistema de agua potable que, es objeto de estudio de este trabajo.

Tabla # 14: Datos del pozo

POZO A PERFORAR	COORDENADAS UTM WGS84		ELEVACIÓN M.S.N.M	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD ESTIMADA (M)	CAUDAL POTENCIAL (L/S)	VOLUMEN ANUAL DISPONIBLE (M³)
	ESTE	NORTE					
1	638,651	1.383.073	410	El RIEGO	280	17	536,112.00

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Población y composición familiar

En el año 2019, la población de la comunidad El Riego ascendía a 464 personas, quienes habitaban en 103 viviendas, con un índice de hacinamiento promedio de 4.5 personas por vivienda, de acuerdo a la encuesta socioeconómica realizada. La proporción entre hombres y mujeres, representa el 51.58 % y 48.42 %, respectivamente. En el 55 % de los hogares, el hombre es el jefe del hogar.

Tabla # 15 Datos poblacionales

Comunidad	No. de viviendas	No. de familias	Población (hab)				
			Hombres	%	Mujeres	%	Total
El Riego	103	103	239	51.58	225	48.42	464

Fuente: Propia

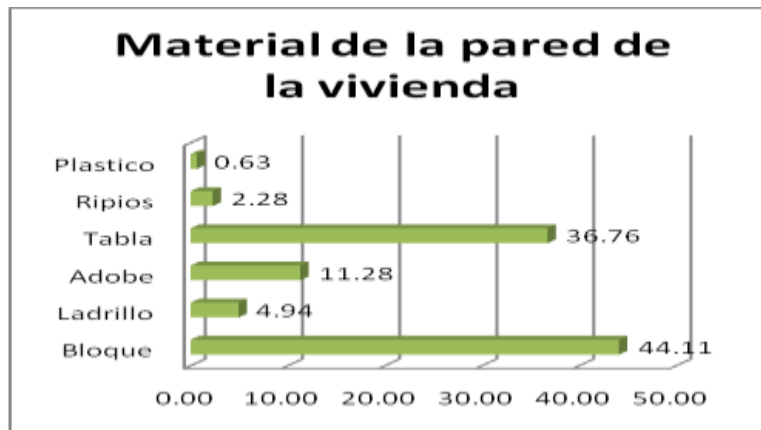
La proporción de la población se distribuye de la siguiente manera: Niños que son menores de 5 años son el 7.69 %; el 14.48 %, de las edades de 5 a 13 años; el 27.15 %, de los jóvenes de 13 años a 22 años; el 44.8 % se encuentra en un rango de 22 años a 60 años; los adultos mayores 5.68 %, de las edades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

Imagen # 21: Materiales de construcción de viviendas existentes



Fuente: 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 C\$ 3,000; en el 24%, el ingreso varía entre C\$ 3,001 y 5,000; y, en el 6%, el ingreso es mayor a C\$ 5,000.

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 103 viviendas existentes, el 100 % asegura que, el acueducto administrado por un Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) y el servicio, es racionado a menos de 5 horas por día, teniendo la población que, 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 5 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 2016, 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 %).

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:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{K \cdot D}{E \cdot \delta}\right)}}, K = 2.03 \times 10^9 \text{ N/m}^2, \rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Ecuación \# 44}$$

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/m².

ρ : Densidad del fluido, en kg/m³.

D: Diámetro nominal de la tubería, en m.

E: Módulo de elasticidad de la tubería, en N/m².

δ : Espesor de tubería, en m.

$$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}, g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad \text{Ecuación \# 45}$$

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/s².

$$P_{\text{máx}} = DT + \Delta H \quad \text{Ecuación \# 46}$$

Donde:

$P_{\text{máx}}$: 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 Caracterizar la hidrogeología de la formación acuífera en la zona de estudio

Para caracterizar la zona hidrogeológica de la formación acuífera, se realizó un análisis a la litología encontrada durante la perforación del pozo, apreciándose en la siguiente tabla:

Tabla # 16: Análisis litológico

<u>DE (pies)</u>	<u>HASTA (pies)</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>
0	10	Se encontró arcilla con arenas grises.
10	20	Se encontró arcilla con arenas grises y bolones.
20	30	Se encontró gravas finas y gruesas
30	40	Predomina gravas gruesas y finas
40	50	Se encontró basalto
50	60	Sigue predominando el basalto
60	70	Predomina el basalto
70	80	Basalto masivo, una formación madre.
80	120	Predominante basalto masivo
120	180	Basalto con presencia de dolomita
200	300	Basalto con presencia de cuarzo
350	420	Basalto fracturado (inicio del espesor del acuífero)
430	480	Basalto fracturado (Acuífero frisado)
480	530	Basalto fracturado (límite del espesor del acuífero)
530	560	Basalto con presencia de dolomita
560	600	Basalto masivo con presencia de cuarzo
600	665	Se encuentra basalto con presencia de pirita

Fuente: Alcaldía de Santa Lucía

La estructura del pozo se encuentra en una formación masiva de basalto, en donde el acuífero encontrado pertenece a los materiales no consolidados, por ser basalto fracturado.

4.5.1 Acuífero

Según los datos de la litología presente en el terreno, se encontró un acuífero presente en la formación, de orden fracturado, este pertenece a un acuífero artesiano o confinado, y contiene capas impermeables y no permeables, en las cuales, contiene agua sometida a presión.

4.5.2 Espesor del acuífero

Según los datos de litología, se encontró un acuífero fracturado a la profundidad de 420 pies, y termina el límite o espesor de este a los 530 pies. El espesor del acuífero se determinó restando las profundidades:

$$m = P_f - P_i$$

$$P_i = 420 \text{ pies}$$

$$P_f = 530 \text{ pies}$$

Donde se obtuvo un resultado para el espesor del acuífero:

$$m = \text{pies}(530 - 420)$$

$$m = 90 \text{ pies}$$

Este valor se convirtió a metros para efectos de cálculo, más adelante, en donde:

$$1\text{m}=3.28 \text{ pies.}$$

Convirtiendo, se obtuvo un valor de:

$$m = 27.5 \text{ m}$$

4.5.3 Permeabilidad

La permeabilidad se determinó mediante la ecuación del régimen de equilibrio, en la tabla 17 se aprecia los datos para el cálculo del método.

$$Q = \frac{2.72Pm(H - h)}{\log \frac{R}{r}}$$

Tabla # 17: Datos

DATOS DE ECUACIÓN		
RÉGIMEN DE EQUILIBRIO		
DESCRIPCIÓN	VALOR	U/M
Profundidad saturada del acuífero, antes del bombeo H =	128.05	m
Profundidad del agua en el pozo, durante el bombeo h =	161.6	m
Radio del cono de depresión R =	250	m
Radio del pozo r =	0.45	m
Permeabilidad de la formación P =	?	m/h
Espesor del acuífero m =	33.53	m
Rendimiento del pozo o caudal del bombeo, Q =	61.2	m³/h

Fuente: Datos de la prueba de bombeo

La variable desconocida es la permeabilidad P. Realizando el despeje, se obtiene:

$$P = \frac{Q \log \frac{R}{r}}{2.72m(H - h)}$$

Sustituyendo los valores, se tiene:

$$P = \frac{(61.2) \left(\log \frac{250}{0.45} \right)}{(2.72)(33.5)(161.6 - 128.05)}$$

Calculando, se obtiene:

$$P = 0.055 \text{ m/h}$$

Nota: El radio se midió a una distancia del pozo de observación, a los 250 m, este presentó un rebajamiento de 0.12 cm.

4.5.4 Rendimiento específico

Para determinar el rendimiento específico, se utilizó la siguiente ecuación, según la norma de ENACAL:

$$S_y = \frac{Q}{s}$$

Tabla # 18: Datos

DATOS DE ECUACIÓN		
RENDIMIENTO ESPECÍFICO EN METROS		
DESCRIPCIÓN	VALOR	U/M
Rendimiento del pozo o caudal del bombeo $Q =$	161.2	m ³ /h
Abatimiento del pozo en prueba de bombeo $s =$	33.5	m

Donde $s = 161.6 - 128.05 = 33.5$ m

Sustituyendo valores, se tiene:

$$S_y = \frac{161.2}{33.5}$$

Calculando, se obtiene:

$$S_y = 4.81 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$$

4.5.5 Porosidad

Como el acuífero encontrado en el pozo pertenece a basalto fracturado, este se encuentra en la lista de materiales consolidados, con una porosidad que, se muestra a continuación:

Tabla # 19: Porosidad de algunos materiales

Materiales no consolidados	Porosidad (%)	Materiales consolidados	Porosidad (%)
Grava gruesa	28-12	Arenisca	5-30
Grava media	32-13	Caliza y dolomia	0-40
Grava fina	34-21	Caliza cárstica	0-40
Arena con grava	39-20	Pizarras y lutitas	0-10
Arena gruesa	35-20	Basalto fracturado	5-50
Arena media	39-15	Roca cristalina fracturada	0-10
Arena fina	43-10	Roca cristalina densa	0-5
Arcilla arenosa	12-3	Granito alterado	34-57

Fuente: Alcaldía de Santa Lucía

4.5.6 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 # 20: Datos

DATOS DE ECUACIÓN		
TRANSMISIVIDAD		
DESCRIPCIÓN	VALOR	U/M
Transmisividad $T =$	1.89	m^2/h
Permeabilidad $P =$	0.4	m/h
Espesor del acuífero $E =$	33.5	m

Fuente: Propia

Sustituyendo valores, se tiene:

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

Calculando, se obtiene:

$$T = 13.4 \text{ m}^2/h$$

Nota: Con este último cálculo, se obtiene los parámetros que caracterizan la formación hidrogeológica de la zona del proyecto.

4.6 Determinar y caracterizar los parámetros para el diseño del pozo

Para determinar los parámetros de diseño, se dio inicio con las coordenadas de ubicación del pozo.

Tabla # 21: Coordenadas del pozo

Coordenadas de ubicación		
Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)	Elevación (m.s.n.m)
638.651	1.383.073	410

Fuente: Google Earth

4.6.1 Método de perforación

Para elegir el método de perforación, se analizó las ventajas de esta y el tiempo de perforación. Por lo que se eligió el método de perforación rotativa, por su rapidez en la penetración de las rocas duras.

4.6.2 Profundidad del pozo

Según los estudios realizados en los sondeos verticales, el nivel de agua se encuentra a una profundidad de 350 a 600 pies, por lo que, se determinó la profundidad requerida del pozo, de 600 pies.

4.6.3 Ademe del pozo

El ademe del pozo se determinó analizando un factor económico, ya que, las tuberías de hierro suelen ser muy costosas y con una compleja instalación, dado que, tienen que soldarse tubo por tubo, por ello, se determinó que, lo más viable, duradero y económico para el pozo, es instalar tubería PVC SDR 26 (160 PSI), que, proporciona las siguientes ventajas:

- Larga duración
- Aptas, incluso para agua potable
- Bajos costos de mantenimiento
- Sencillez de manejo para realizar aforos
- Facilidad de transporte y almacenamiento
- Facilidad, y rapidez de montaje y extracción
- Alto factor de seguridad ante golpe de ariete
- Elimina vibraciones y posibles derivaciones eléctricas.
- Soporta ampliamente el par de arranque de la Bomba.
- Menor pérdida de carga que las tuberías tradicionales.
- No le afecta la corrosión, incluso con aguas muy agresivas.
- Mayor facilidad de introducción y extracción en entubados irregulares.
- Gran resistencia a la tracción, soportando con garantía las cargas de instalación.
- Tipo único para todas las aplicaciones de operación, simplificando el proceso de diseño y selección.

4.6.4 Diámetro del ademe del pozo

Según los datos hidrogeológicos, el caudal de diseño de este pozo es de 100 GPM. A continuación, se seleccionó el diámetro del pozo:

Tabla # 22: Diámetros para diferentes valores de caudal
Relación diámetro interno del pozo y caudal de bombeo

Diámetro interno de ademe de pozo		Caudal de bombeo	
Pulgadas.	Centímetros.	GPM	LPS
6	150	36.3	10
8	200	54.5	15
10	250	90.8	25

Fuente: Propia

Como se puede observar, para un caudal de 61.4 m³/h, se puede elegir un diámetro de 8", esto está en dependencia de lo siguiente:

4.6.5 Diámetro de los tazones de la bomba

$$D_t = \sqrt{Q}$$

$$D_t = \sqrt{61.4}$$

$$D_t = 7.83$$

4.6.6 Diámetro de la cámara de bombeo o ademe

$$D_a = D_t + 2"$$

Tabla # 23: Datos

DATOS DE ECUACIÓN		
Diámetro de ademe		
DESCRIPCIÓN	VALOR	U/M
Diámetro de tazones de la bomba	8	pulgadas

Fuente: Propia

Sustituyendo valores, se tiene:

$$D_a = 6.6" + 2"$$

Calculando, se obtiene el siguiente resultado:

$$D_a = 8.6''$$

Dado que, no es posible tomar un inmediato superior, debido a los costos de la tubería, entre diámetro, se eligió un diámetro de ademe de 8", comparando este resultado con el que recomienda las normas en la tabla anterior.

4.6.7 Diámetro de la perforación

El diámetro de la perforación corresponde al diámetro del ademe, más un espacio adicional para el filtro anular de grava, cuando se requiere:

$$D_p = D_a + 3''$$

Los datos para la ecuación son:

Tabla # 24: Datos

DATOS DE ECUACIÓN		
Diámetro de la perforación		
DESCRIPCIÓN	VALOR	U/M
Diámetro del ademe del pozo	12	Pulgadas

Fuente: Propia

Sustituyendo valores, se tiene:

$$D_p = 8.6'' + 3''$$

Calculando, se obtiene el siguiente resultado:

$$D_p = 11.6''$$

En este caso, la perforación se realizó con 12". Con los criterios anteriores se satisface los siguientes requisitos:

La bomba turbina, ya sea o no, con motor sumergible, se puede alojar, holgadamente, en la cámara de bombeo. Se tiene satisfactoria eficiencia hidráulica, con pérdida por fricción razonable. Se absorbe pequeñas desviaciones o torceduras de la cámara, por lo que, la columna de la bomba, queda sensiblemente vertical.

4.6.8 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 $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ ” de diámetro.

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

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

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

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

$$V_g = 1.72 \text{ m}^3$$

4.6.9 Selección de la rejilla

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

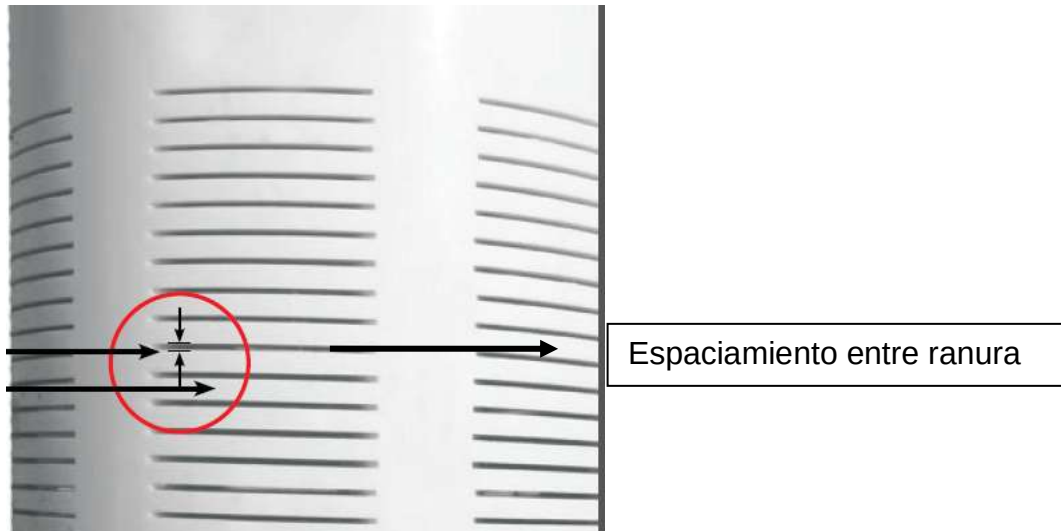
Imagen # 22: Forma de rejilla para tuberías de PVC

ANATOMÍA DE LA TUBERÍA RANURADA



Fuente: Durman Esquivel S.A.

Imagen # 23: Tubería ranurada



Fuente: Durman Esquivel S.A.

4.6.10 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 # 25: 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: Propia

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

$$R_{fp} = \frac{12''}{S_I + E_R}$$

Sustituyendo valores, se tiene:

$$R_{fp} = \frac{12''}{(0.06'' + 0.25'')}$$

Calculando, se tiene el siguiente resultado:

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

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

$$A_n = R_{fp} F_r S_I L_I$$

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 # 26: 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	m ³ /h
Apertura de rejilla $p =$	12.69	%
Diámetro de rejilla $d =$	12	"

Fuente: 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.

4.6.11 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,

convirtiéndolo, 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 # 27: Dosificación de concreto a usar

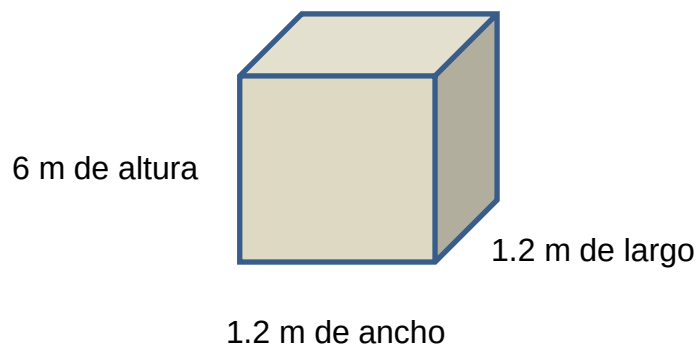
Tipo	Proporción volumétrica	Bolsas de cemento	Arena m ³	Grava m ³	Agua litros	Resistencia kg/cm ²
3	1:1.5:2.5	10.1	0.43	0.71	216	246

Fuente: Propia

4.6.12 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 # 24: Dimensiones del rectángulo



La expresión para cubicar este rectángulo es:

$$V = B \cdot h$$

Sustituyendo valores, se tiene:

$$V = (1.44 \text{ m}^2)(6 \text{ m})$$

Calculando, se obtiene el siguiente resultado

$$V = 8.64 \text{ m}^3$$

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

4.7 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.

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

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

$$CE = 121.6 \text{ m}$$

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.

$$\frac{415 \text{ pies} / 3.28 \left(\frac{\text{pies}}{\text{m}} \right)}{6 \text{ m}} = 21 \text{ tubos}$$

Entonces, se utilizará en la instalación de la prueba de bombeo, 21 tubos de PVC.

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

$$H = 10.674L \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.871}} \right)$$

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 a m³/s, esto se realiza dividiendo nuestro caudal en m³/h entre 3600 segundo que tiene una hora quedando nuestro caudal de: 0.012 m³/seg.

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

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

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

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.

$$3.00 * 2.54 = 7.62 \text{ cm}$$

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

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

Cuadro # 28. Una vez convertidas las unidades de medida se puede calcular

DATOS DE ECUACION		
PÉRDIDA		
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

$$H = 10,674 * \left\{ \frac{0.017^{1,852}}{150^{1,852} * 0.0762^{4,871}} \right\} * 685$$

Calculando

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

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

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

$$H = 82.5 \text{ m}$$

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:

$$82.5 * 3.28 = 270 \text{ pies}$$

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

$$CTD = CARGA \text{ ESTATICA} + CARGA \text{ DINAMICA}$$

Sustituyendo Valores

$$CTD = 161.5 \text{ pies} + 270 \text{ pies}$$

Calculando tenemos la carga total dinámica en la succión.

$$CTD = 432.1 \text{ pies}$$

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

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

$$HP \text{ bomba.} = \frac{Q * CTD}{3960 * EF}$$

Dónde:

Cuadro # 29

DATOS DE ECUACION		
POTENCIA DE LA BOMBA		
DATOS	VALOR	U/M
Q: Caudal de Bombeo	100	GPM
CTD: Carga Total Dinámica	432.1	Pies
EF: Eficiencia del equipo (70%)	0.70	Adimen

Fuente: Propia

Sustituyendo Valores.

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

$$HPb = 33.5$$

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

$$HP = \frac{HPb}{90 \%}$$

Sustituyendo valores

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

Calculando potencia

$$HP = 37.6$$

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.

Cuadro # 30 Especificaciones Técnicas del Equipo para la prueba de Bombeo.

Descripción	Valor	U/M
Caudal de bombeo	100	GPM (6.00 LPS)
Tipo de bomba	Sumergible	
Número de unidades	1.00	
Marca	ABS	
Modelo	SS - 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: 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 del pozo 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/plg²).

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"

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 (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 el cuadro con las cantidades y valor aproximado de K.

Cuadro # 31 se obtiene

PERDIDAS SINGULARES 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

Cuadro # 32

PERDIDAS SINGULARES 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 singulares con la expresión

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

Dónde:

Cuadro # 33

DATOS DE ECUACION		
PERDIDAS SINGULARES		
DATOS	VALOR	U/M
h: pérdida de carga singulares (Accesorios) en la columna	?	m
K: coeficiente de perdida	56.01	Adimen
V ² : velocidad media del flujo	?	m/seg
G: Gravedad	9.18	m/seg ²

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro # 32 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 equivale a 0.0762 m.

Sustituyendo valores en la ecuación tenemos

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

Calculando tenemos

$$A = 3.1416 * 0.00146$$

$$A = 0.0046 \text{ m}^2$$

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

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

Sustituyendo valores

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

Calculando

$$V = 2.60 \text{ m/s}$$

Completamos el cuadro # 34

DATOS DE ECUACION		
PERDIDAS SINGULARES		
DATOS	VALOR	U/M
h: pérdida de carga singulares (Accesorios)	?	m
K: coeficiente de perdida	56.01	Adimen
V2: velocidad media del flujo	2.60	m/Seg
G: Gravedad	9.81	m/seg ²

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo valores

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

Calculando

$$h = 56.01 * 0.34$$

$$h = 19 \text{ m}$$

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:

$$Hf1 = 15.23 \text{ m} + 19 \text{ m}$$

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

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 AutoCad Civil 3D 2018 y Epanet 3.0.

Cuadro # 35

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 4 plg.

La tubería a utilizar es PVC SDR 26

Se determina la perdida de carga por fricción con la expresión

$$H = 10,674 * \left\{ \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} * D^{4,871}} \right\} * L$$

Dónde:

H: perdida de carga (m)

Q: caudal (m³/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 m³/h a m³/s, esto se realiza dividiendo el caudal en m³/h entre 3600 segundo que tiene una hora, quedando el caudal de: 0.017 m³/seg.

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

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.

$$4 * 2.54 = 10.16 \text{ cm}$$

Si dividimos este resultado entre 100 cm que tiene un metro tenemos que

$$\frac{10.16}{100} = 0.1016 \text{ m}$$

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

Cuadro # 36

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

Sustituyendo valores

$$H = 10,674 * \left\{ \frac{0.017^{1,852}}{150^{1,852} * 0.1016^{4,871}} \right\} * 1383$$

Calculando

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

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

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

$$H = 68.5 \text{ m}$$

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.

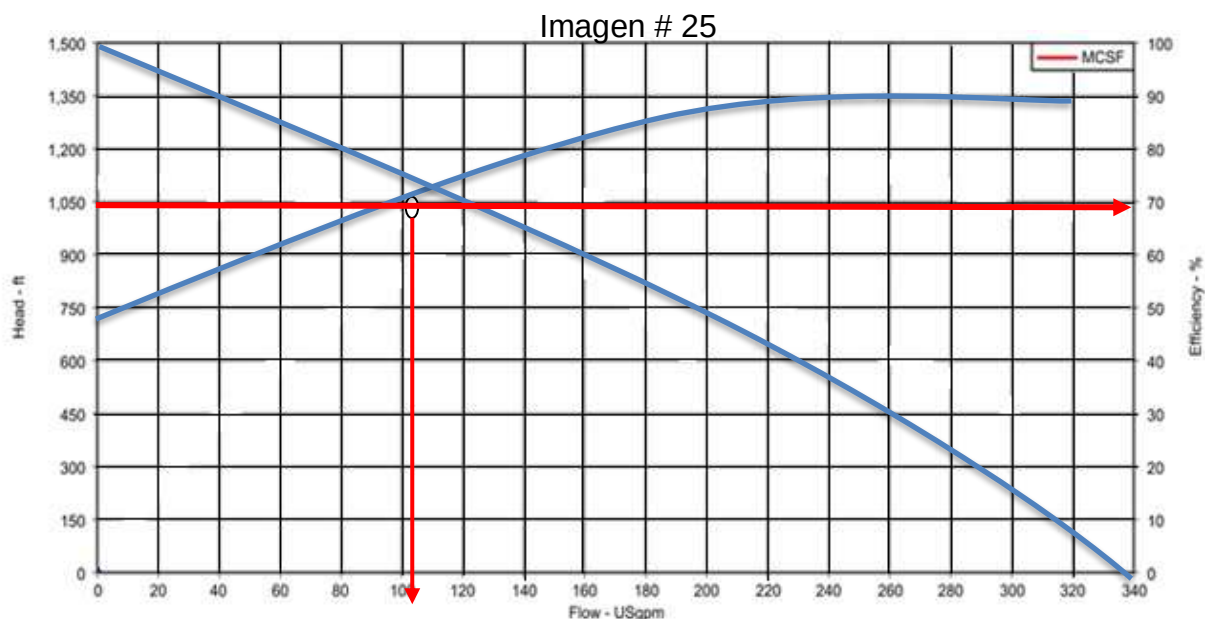
Cuadro # 37

PERDIDAS SINGULARES 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

4.8. 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 26. En diámetro de 4 plg. con junta cementada enterrada a 1 m dado que puede pasar en la zona transporte pesado.

A continuación, curva de la bomba BERKELEY modelo 6TS50-230.



Como se aprecia en las imágenes de la curva esta cumple perfectamente con nuestro requerimiento hidráulicos que son 92 GPM contra una carga total dinámica de 500 pies.

4.9 Proyección de consumo

Las normas NTON 09001-99: Normas Técnicas para el diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (Sector Rural) establecen que “Para determinar las cantidades de agua que se requieren para abastecer las condiciones inmediatas y futuras de las comunidades o poblaciones proyectadas, establecen los valores de consumo medio diario que oscilan entre 50 LPPD y 60 LPPD. Considerando la tasa de crecimiento poblacional, las costumbres y el nivel de vida que caracteriza a la comunidad de El Riego se utilizó una dotación de 60 LPPD, correspondiente con el servicio de conexión domiciliar de patio

Tomando como base los resultados de la proyección de población, se estimó la demanda de agua para proveer en el diseño, las exigencias de la fuente de abastecimiento, de almacenamiento, línea de conducción, redes de distribución y futuras extensiones del servicio, a como se aprecia en la tabla a continuación:

Como se observa en la tabla anterior el número de personas a ser abastecidas por el sistema (MABE) al final del período de diseño de 20 años, será de 760 habitantes, que al asignar una dotación de 60 LPPD, demandarán un consumo promedio total diario (CPDT) de 0.79 LPS, un consumo máximo diario (CMD) de 1.19 LPS y un consumo máximo horario (CMH) de 1.98 LPS. Posterior a este período habrá que mejorar y ampliar el sistema.

Para el diseño de abastecimiento a la comunidad El Riego se consideró un caudal de bombeo de 1.19 LPS con un régimen de bombeo de 16 horas del consumo promedio diario total utilizando suministro de energía comercial.

Cuadro # 38

DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN Y PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DEL PROYECTO COMUNIDAD EL RIEGO

Año	Población Total [Hab.]	Dotación Doméstica [LPPD]	Otros Consumos EMERGENCIA (LPS)	ESCUELAS (LPS)	Pérdidas		Consumo Promedio Día (CPD) [Pob.xDot.]		Consumo Promedio Día + Pérdidas (CPDT)		Consumo Máximo Día (CMD) [1.5 x CPD]		Consumo Máxima Hora (CMH) [2.5 x CPD]	
					(%)	(LPS)								
							GPM	LPS	GPM	LPS	GPM	LPS	GPM	LPS
2020	464	60	0.08	0.03	20.00%	0.06	5	0.32	7.85	0.50	12	0.74	20	1.24
2021	476	60	0.08	0.03	20.00%	0.07	5	0.33	8.04	0.51	12	0.76	20	1.27
2022	487	60	0.08	0.03	20.00%	0.07	5	0.34	8.23	0.52	12	0.78	21	1.30
2023	500	60	0.09	0.03	20.00%	0.07	6	0.35	8.42	0.53	13	0.80	21	1.33
2024	512	60	0.09	0.03	20.00%	0.07	6	0.36	8.62	0.54	13	0.82	22	1.36
2025	525	60	0.09	0.03	20.00%	0.07	6	0.36	8.83	0.56	13	0.84	22	1.39
2026	538	60	0.09	0.03	20.00%	0.07	6	0.37	9.04	0.57	14	0.85	23	1.42
2027	552	60	0.10	0.03	20.00%	0.08	6	0.38	9.25	0.58	14	0.88	23	1.46
2028	565	60	0.10	0.03	20.00%	0.08	6	0.39	9.47	0.60	14	0.90	24	1.49
2029	579	60	0.10	0.03	20.00%	0.08	6	0.40	9.70	0.61	15	0.92	24	1.53
2030	594	60	0.10	0.03	20.00%	0.08	7	0.41	9.93	0.63	15	0.94	25	1.57
2031	609	60	0.11	0.03	20.00%	0.08	7	0.42	10.16	0.64	15	0.96	25	1.60
2032	624	60	0.11	0.03	20.00%	0.09	7	0.43	10.41	0.66	16	0.98	26	1.64
2033	640	60	0.11	0.03	20.00%	0.09	7	0.44	10.66	0.67	16	1.01	27	1.68
2034	656	60	0.11	0.03	20.00%	0.09	7	0.46	10.91	0.69	16	1.03	27	1.72
2035	672	60	0.12	0.03	20.00%	0.09	7	0.47	11.17	0.70	17	1.06	28	1.76
2036	689	60	0.12	0.03	20.00%	0.10	8	0.48	11.44	0.72	17	1.08	29	1.80
2037	706	60	0.12	0.03	20.00%	0.10	8	0.49	11.72	0.74	18	1.11	29	1.85
2038	724	60	0.13	0.03	20.00%	0.10	8	0.50	12.00	0.76	18	1.14	30	1.89
2039	742	60	0.13	0.03	20.00%	0.10	8	0.52	12.29	0.78	18	1.16	31	1.94
2040	760	60	0.13	0.03	20.00%	0.11	8	0.53	12.58	0.79	19	1.19	31	1.98

4.10 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 dos cloradores automáticos en línea que utiliza pastillas de cloro, en la línea que sale de los filtros antes de la cámara de contacto.

Los modelos 300 y 320 de cloradores automáticos de cloro de Rainbow™ 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:

- No se requiere 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.

4.11 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 m² y sus dimensiones son: 4.28 X 2.15 m, el área del operador es de 1.43 X 2.15 m (3.075 m²) y el área de Paneles Eléctricos es de 2.85 X 2.15 m. (6.128 m²).

4.12 Análisis Hidráulico de la Red de Distribución

El análisis del sistema se realizó asignando los caudales respectivos a cada componente del sistema, el tramo desde la obra de captación hasta el tanque de almacenamiento pasando por el tratamiento se diseñó con el Consumo de Máximo Día, la red de distribución se diseñó con el Consumo de Máxima Hora. La modelación de la red en EPANET, se realizó inicialmente con el trazado de la línea apoyado en el software de AutoCad para el reconocimiento de las longitudes, posteriormente se asignaron valores tanto a las tuberías como a los nodos.

A los nodos se les asignaron valores de elevación y demanda, para este último valor se realizó una distribución espacial de la demanda, en la que a los nodos distribuidos en el sistema se le asignó un caudal unitario por vivienda (0.0077 lps), la asignación de los

caudales en los nodos se hizo en función del número de viviendas próximas al nodo analizado. Los valores asignados a la tubería fueron el diámetro y la rugosidad (150 para PVC y 130 para HFD). Una vez fijados los valores en los nodos y tubería se procedieron a iterar variando los diámetros en la línea de conducción y la red hasta ajustar a los criterios hidráulicos establecidos en la Norma.

El sistema de bombeo será una bomba sumergible que impulsará un caudal de 1.19 LPS, resultante de bombear 16 horas el CPDT, mediante una línea de conducción que tendrá una longitud de 406.02 metros, en diámetro de 75 mm, debido a las presiones necesarias para impulsar el agua hasta el tanque de almacenamiento se está proponiendo tubería HFD de acuerdo al análisis de golpe de ariete.

Del tanque se entregará el caudal de CMH a la red de distribución mediante una línea de aducción de 1,299.85 m en diámetro de 75 mm, en los tramos donde la línea de aducción alcanza presiones de hasta 125 m.c.a. se está proponiendo tubería SDR-17 ya que esta soporta una presión de trabajo de hasta 175 m.c.a., sin embargo estas presiones son necesarias mantenerlas para alcanzar presiones aceptables en los puntos más desfavorables (con mayor altura) dichos puntos se ubican al norte de la comunidad en los puntos más altos de la red.

Para controlar la Red de distribución se utilizarán 4 válvulas que dividirán la red en igual número de zonas. Se ha propuesto la construcción de una caja rompe presión reducir las presiones. Tanto las presiones como el comportamiento de las tuberías se han revisado en los escenarios de CMD en la fuente y línea de conducción, CMH en la red y sin consumo para revisar las presiones máximas generadas en la red, con el escenario de mayor consumo CMH sirvió para evaluar las pérdidas en las tuberías. A continuación, se presenta un esquema de la red donde se aprecian los diámetros y la etiqueta de los nodos. Posteriormente se están presentando los resultados de la modelación con Epanet en los tres escenarios CMD + CMH y sin consumo, con una gráfica del comportamiento de las presiones en cada caso.

El análisis hidráulico del sistema de agua potable, se realizó con ayuda del programa EPANET 3.0, 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.

4.12.1 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.

4.12.2. 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.

4.12.3 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 65.84 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 (Ver Anexos).

Imagen # 26

Análisis Hidráulico Consumo Máximo Horario

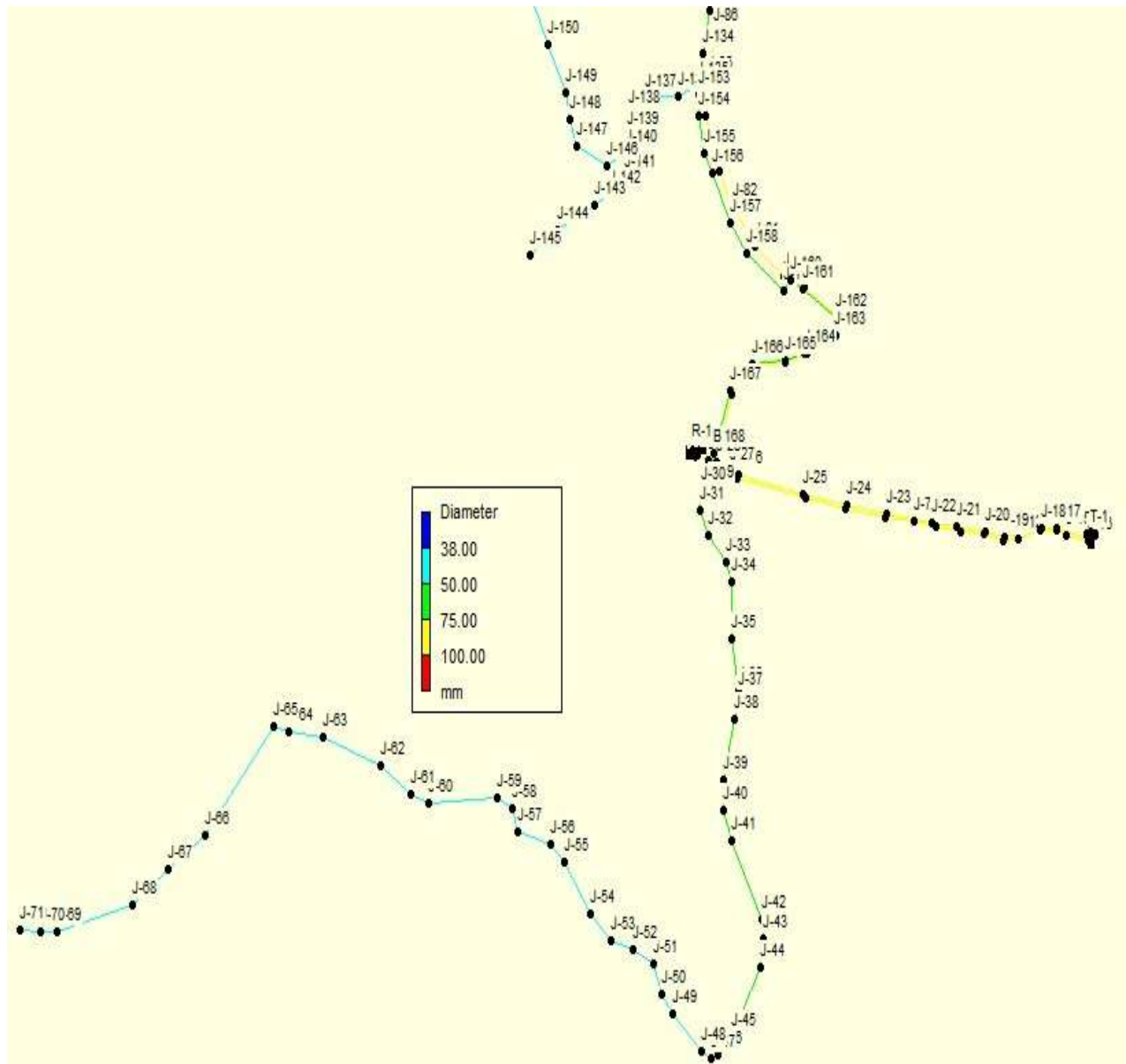


Tabla # 27

Resultados de análisis Consumo promedio

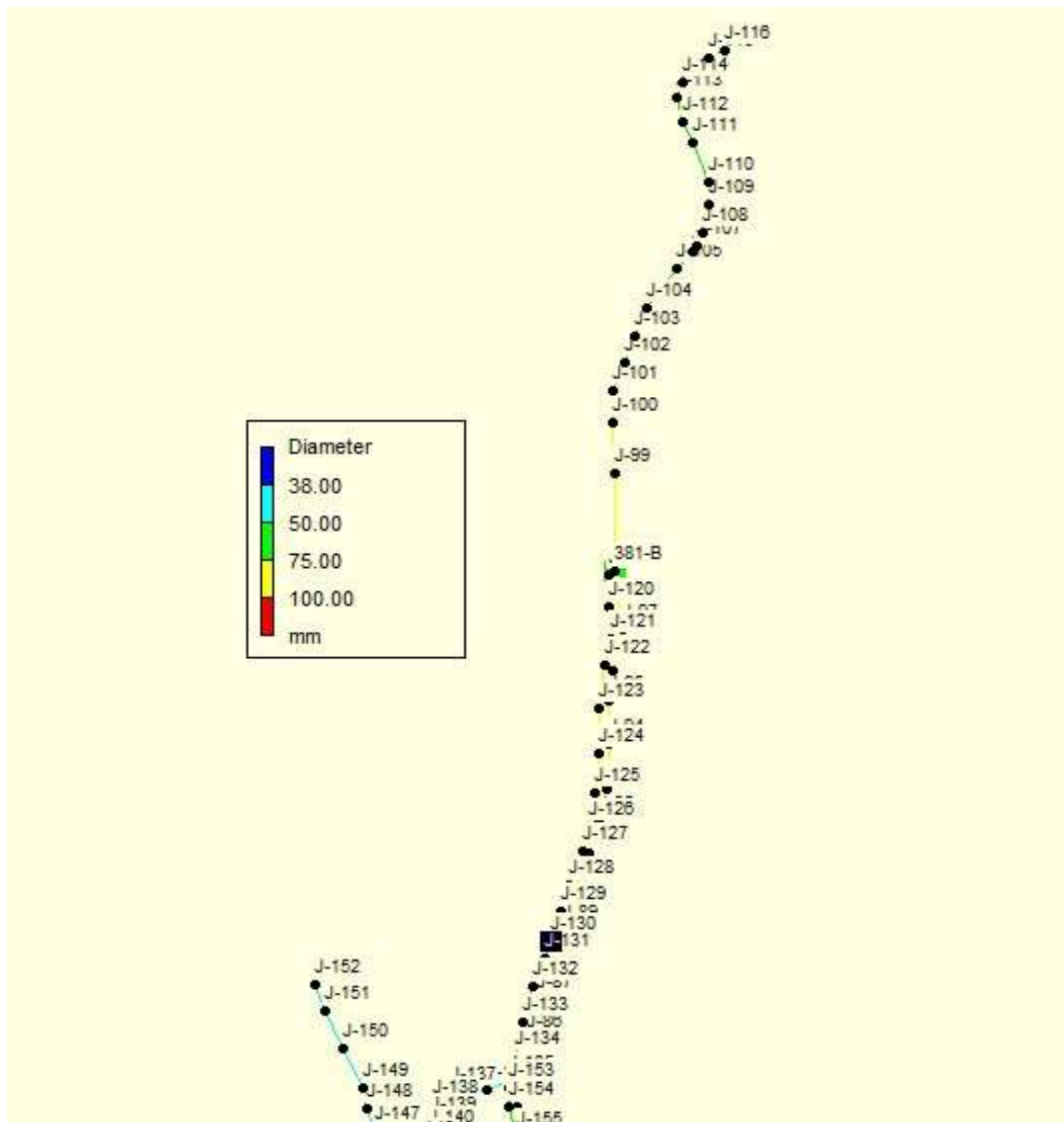
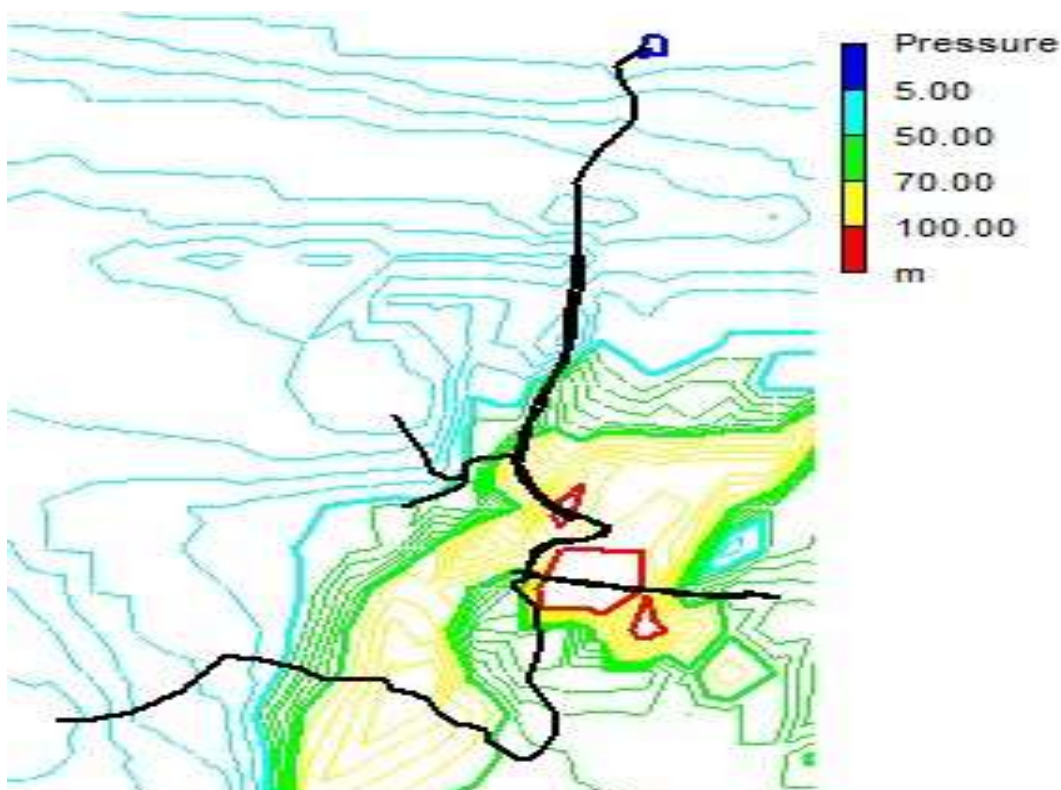


Tabla # 28
Análisis de Redes y Nodos (Sin Consumo)



4.13 Diseño tanque para almacenamiento.

Se construirá un nuevo tanque de almacenamiento metálico con una capacidad de 32,000 Galones, ya que con la capacidad instalada existente no logra cubrir ni un mínimo de su primer periodo de vida útil para la obra. Además, se hace necesario su total reemplazo por las condiciones de deterioro y desuso.

4.14 Conexiones domiciliarias.

Actualmente los usuarios carecen de medidores domiciliarios, 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:

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

4.15 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. Ver tabla 39.

Tabla # 39

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA					
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD EL RIEGO MUNICIPIO DE SANTA LUCIA					
PRESUPUESTO BASE					
FECHA: MAYO 2020					34.75
ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCIÓN	U/M	CANTIDAD	TOTAL
010		MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN			332,541.49
020		PRELIMINARES			570,103.16
030		MOVIMIENTOS DE TIERRA			380,343.95
040		LÍNEA DE CONDUCCIÓN			2076,411.32
050		RED DE DISTRIBUCIÓN			1718,368.86
060		TANQUE DE ALMACENAMIENTO METALICO, CAPACIDAD = 32,000 GLN.			2259,992.26
090		FUENTE Y OBRA DE TOMA			3403,178.50
110		CONEXIONES			490,978.00
120		OBRAS DE REPARACIÓN			323,819.41
130		LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA			96,673.85
COSTOS DIRECTOS					11652,410.80
COSTOS INDIRECTOS (8%)					932,192.86
IMPREVISTO (3%)					349,572.32
SUB - TOTAL					12934,175.98
UTILIDAD (8%)					1034,734.08
SUB - TOTAL SIN IMPUESTO					13968,910.06
IVA 15%					2095,336.51
IM 1 %					139,689.10
TOTAL CON IMPUESTOS					16203,935.67

4.16 CALIDAD DE AGUA

4.16.1 Análisis físico-químico

El análisis físico-químico realizado en el laboratorio de PIENSA - UNI, consideró color verdadero, turbiedad, concentraciones de iones de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, dureza, Cloruros, calcio, magnesio, nitratos, nitritos, bicarbonato, carbonatos, cloruros, hierro total, sulfatos, dureza cálcica, alcalinidad total, sílice, sodio, potasio, fluoruros, cianuro y amonio. Encontrándose todos los parámetros dentro del rango de la Categoría 1A de acuerdo a la Norma NTON 05 007 - 98 y CAPRE, respecto al valor obtenido con el Nitrato de 10,06 mg/l al pasarlo a Nitrógeno de Nitrato (N) da como resultado un valor de 2,27 mg/l y siendo que en la Norma de Clasificación del recurso hídrico este parámetro debe estar como máximo a 10 mg/l, por lo tanto, también este parámetro está dentro del rango para la clasificación de Categoría 1A. El factor de conversión de concentración de Nitrato mg/l (NO_3) a Nitrógeno de Nitrato NO_3 (N) es de 0,225903.

4.16.2 Análisis bacteriológico.

El análisis bacteriológico fue realizado en el laboratorio del CIRA-UNAN, considerando los parámetros que miden las características bacteriológicas del agua: Coliformes totales, Coliformes termo tolerantes y *Escherichia coli*.

El análisis Bacteriológico realizado en el laboratorio del CIRA-UNAN, encontró que en la muestra del pozo analizado hay presencia baja de coliformes totales ($\text{NMP}/100\text{ml} = 4,9 \times 10^2$), termotolerantes ($\text{NMP}/100\text{ml} = 3,3 \times 10^2$) y *Escherichia coli*. ($\text{NMP}/100\text{ml} = 3,3 \times 10^2$)

El pozo perforado está equipado con una bomba de mecate y los pobladores aledaños hacen uso del pozo del mismo, por lo tanto, se deduce que esta contaminación obedece al manejo del pozo por parte de los usuarios.

4.16.3 Análisis de arsénico total y mercurio total.

El análisis de metales pesados es uno de los parámetros para certificar que la fuente a seleccionar presenta las condiciones aptas para el consumo humano, dado que la presencia de alguno de los metales a identificar provoca a largo plazo efectos negativos en la salud de la población que consuma el vital líquido.

En el análisis se encontró que en la muestra las trazas de arsénico y mercurio están por debajo de los valores conforme lo establecido en la Normas INAA y de calidad para consumo humano (1,0 y 0,15 µg/l respectivamente).

Los resultados del análisis físico químico, metales pesados y análisis bacteriológicos, obtenidos en la muestra existente utilizado como referencia de las fuentes de agua disponibles en la zona, indican que el recurso hídrico propuesto corresponde a la categoría 1ª de acuerdo a la Norma (NTON 05 007-98, CAPRE) Aguas que pueden ser acondicionadas con solo la adición de desinfectantes.

4.16.4 Los parámetros a tratar son (Coliformes fecales y Coliformes Totales)

Se recomienda tratar las aguas crudas con desinfección a base de hipoclorito de calcio al 65% para su potabilización. El hipoclorito debe ser inyectado al sistema mediante una bomba eléctrica dosificadora de cloro de 12 gpd y 150 psi, en la sarta.

4.16.5 Balance Iónico

El balance iónico realizado según nuestros parámetros de calidad del agua es el siguiente:

Tabla # 40

Nombre del Elemento Químico-ación	Simbolo gía	Concentración (mg/l)	Peso Molecular (mg/mmol)	No. De Oxidación	Peso Equivalente	Concentración mg/L
Hierro	Fe3+	0,080	55,840	3,000	18,613	0,004
Magnesio	Mg2+	12,150	24,30	2	12,150	1,000
Calcio	Ca2+	48,100	40,07	2	20,035	2,401
Sodio	Na1+	25,780	22,980	1,000	22,980	1,122
Potasio	K1+	1,830	39,09	1	39,090	0,047
Amonio	NH4+	0,046	18,00	1	18,000	0,003
Arsénico	As3+	0,001	74,92	3	24,973	0,000
Mercurio	Hg2+	15,000	200,59	2	100,295	0,150
Σ =						4,73

Nombre del Elemento Químico - Anión	Símbolo	Concentración (mg/l)	Peso Molecular (mg/l)	No. De Oxidación	Peso Equivalente	Concentración mg/L
Nitritos	NO ₂ ⁻	0,003	46,00	1	46	0,00
Nombre del Elemento Químico - Catión	Símbolo	Concentración (mg/l)	Peso Molecular (mg/mmol)	No. De Oxidación	Peso Equivalente	Concentración mg/L
Nitratos	NO ₃ ⁻	10,05	62,00	1	62	0,16
Sulfato	SO ₄ ²⁻	2,95	96,05	2	48,025	0,06
Cianuro	CN ⁻	0,01	26,01	1	26,01	0,00
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	280,59	62,00	1	62	4,53
Cloruro	Cl ⁻	5,79	35,45	1	35,45	0,16
Carbonato	CO ₃ ²⁻	2,00	60,00	2	30	0,07
Flúor	F ⁻	0,32	18,99	1	18,99	0,02
Σ=						5,00
Error						2,78 %

Al hacer el análisis de los resultados del laboratorio, se obtuvo un error de 2,78% lo que indica que el análisis se hizo de manera correcta y que los resultados son confiables.

4.16.6 Tratamiento de agua:

Los parámetros comparados a las normas CAPRE arrojaron que hay ciertos parámetros fuera de los límites permisibles: conductividad, flúor, y coliformes. El flúor y las coliformes están por encima de los límites permisibles mientras que el flúor está por debajo del rango recomendado. Esto implica que se necesita realizar tratamiento remoción de coliformes, y adición de flúor para el agua.

Con respecto a la conductividad, está por encima del valor recomendado. Sin embargo, al revisar los resultados del análisis físico-químico el valor del sílice se hace notar por su alta magnitud. El sílice no está delimitado por las normas CAPRE, y por su alto valor es posible que sea el causante de la conductividad; y no tiene efectos notables en la salud humana.

Con todo lo descrito, se ha llegado a la siguiente alternativa: Fluoración y desinfección (cloración).

Tabla # 41

Parámetro	Unidad	Valor inicial	Fluoración	Cloración	Normas CAPRE
pH	-	7,26	7,26	7,26	6,5-8,5
Bicarbonatos	mg/L	280	280	279,376	No Existe
Flúor	mg/L	<0,32	1 - 1,32	1 - 1,32	0,7-1,5
Cloro	mg/L	5,79	5,79	8,29	50
Coliformes	NMP/100 mL	490	490	Negativo	Negativo
Amonio	mg/L	0,046	0,046	0	0,05

La base de cálculo es la siguiente:

Fluoración:

La concentración de flúor resultante del análisis de calidad de agua que se le hizo al pozo perforado está por debajo del rango detectable (0,32 mg/L). Por lo tanto, la concentración de flúor puede estar entre 0 y 0,32 mg/L. De igual forma, esa concentración es menor del rango permisible que establecen las Normas CAPRE (0,7 - 1,5 mg/L).

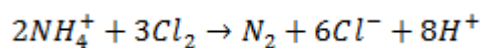
En consecuencia, se va fluorar para que el agua potable que se distribuya tenga una concentración de 1 mg/L; valor el cual está dentro de los límites permisibles establecidos en las normas CAPRE aunque la concentración inicial sea 0 (cuyo caso la final sería de 1 mg/L) o 0,32 (cuyo caso la final sería de 1,32). Es decir, aplicando una dosis de 1 mg/L de flúor se podrá asegurar la concentración ideal para la salud de las personas.

Esta dosis de 1 mg/L que se va a añadir al agua total (1,19 L/s) equivale a 1,03 kg de flúor al día.

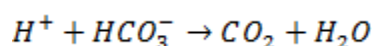
$$m = [F^-]Q = [1g/m^3][1030m^3/d] = 1030g/d = 1,03kg/d$$

Desinfección:

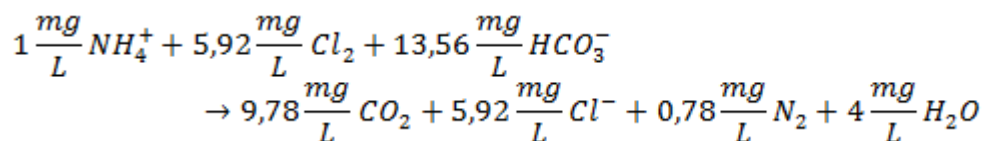
Reacción de reducción de Amonio



Reacción de reducción de alcalinidad



Combinación de ambas reacciones



Por cada mg/L de amonio, se consumen 5,92 mg/L de cloro y 13,56 mg/L de bicarbonato. El valor de amonio resultante de los análisis de laboratorio es de 0,046 mg/L y reacciona con 0,272 mg/L de cloro y 0,624 mg/L de bicarbonato para producir 0,45 mg/L de dióxido de carbono y 0,272 mg/L de cloruro.

Dada la reacción, es necesaria al menos 0,272 mg/L de cloro gaseoso para remover el amonio. Tomando en cuenta las normas de ENACAL, la dosis mínima es 2,5 mg/L de cloro gaseoso.

De tal forma, se añadirán 2,5 mg/L de cloro que anularán todas las coliformes y reducirán el amonio a 0 mg/L. Esta dosis de cloro hará que al final, la concentración de iones cloruro sea de 8,29 mg/L, que está por debajo del límite de las normas CAPRE. Los iones bicarbonato se reducirán a 279,376 mg/L; valor muy cercano al inicial.

Cálculo de pH después de cloración

A continuación, se va a calcular el descenso del pH en al agua. Se utilizará la siguiente ecuación:

$$pH = 6,42 + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

Se sabe que la concentración inicial de iones bicarbonato es de 280 mg/L y que se reducen en 0,624 mg/L. Como no se midió concentración inicial de dióxido de carbono en el agua (pero sí se conoce la reducción de concentración en la cloración) entonces se va a proceder a calcular un valor teórico utilizando la fórmula descrita anteriormente, quedando de la siguiente forma:

$$[CO_2] = 44 \frac{[HCO_3^-]}{10^{pH-6,42}}$$

$$[CO_2] = 44 \frac{\frac{280mg/L}{[61mg/mmol]}}{10^{7,26-6,42}}$$

$$[CO_2] = 29,19mg/L$$

De esta manera, se encontró que la concentración inicial de dióxido de carbono en el agua es de alrededor de 29,19 mg/L. Ahora, se le sumará la concentración de dióxido de carbono producido en la reacción de cloración (0,45 mg/L); obteniendo un total de 29,64 mg/L de dióxido de carbono y 279,376 mg/L de iones bicarbonato. A continuación, se calculará el pH que el agua tendrá después del proceso de cloración, tomando en cuenta la reducción de iones bicarbonato y producción de dióxido de carbono:

$$pH = 6,42 + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

$$pH = 6,42 + \log \frac{\frac{279,376mg/L}{[61mg/mmol]}}{\frac{29,64mg/L}{[44mg/mmol]}}$$

$$pH = 7,25$$

Como se puede observar, el pH prácticamente se mantiene constante después de la cloración (cambio de 7,26 a 7,25).

4.17 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:

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.

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 ExPx F y los valores de la columna Px F y se depositan en la fila que dice SUMA.

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

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

Matriz de evaluación del emplazamiento

Tabla # 42

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

Matriz de evaluación geológica

FUENTE: Elaboración propia.

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

Tabla # 43

EVALUACIÓN HIDROLOGÍA								
E	Agua subterránea	Agua superficiales	Sistema de drenaje	Susceptibilidad al cambio climático	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			

Matriz de evaluación hidrológica.

FUENTE: Elaboración propia.

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

Tabla # 44

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			

Matriz de evaluación ecosistema.

FUENTE: Elaboración propia.

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

Tabla # 45

EVALUACION MEDIO CONSTRUCTIVO							
E	Material	Uso del suelo	Maquinarias	P	F	Ex P x 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			

Matriz de evaluación medio constructiva.

FUENTE: Elaboración propia.

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

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.

Causas

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

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.

Criterios para valorar la calidad ambiental

Tabla # 46

CALIDAD AMBIENTAL			
Criterios	Valor = 3	Valor = 2	Valor =1
Intensidad de los problemas ambientales	BAJA O no existen problemas	MEDIA	ALTA

Criterios para valorar la calidad ambiental.

Matriz causas-efectos

Tabla # 47

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 superficiales 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, Zika y Chikungunya.	1
VALOR PROMEDIO DE IMPORTANCIAS			2.5

Matriz causa-efecto.

FUENTE: 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 # 48

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

Criterios del pronóstico de la calidad ambiental.

Calidad ambiental del sitio sin considerar el proyecto

Tabla # 49

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 accidentado y gran parte de este esta cubierto por montañas, su relieve va de ondulado a quebrado.			X
Tipos de suelos en la zona	Tierras áridas y de poca fertilidad.			X
Vientos	Los vientos predominantes de noreste a suroeste con velocidades medias de 2.5 m/s.			X
Temperaturas	Clima media anual 23° C a 25° C, con precipitación anual.			X
Precipitaciones	Oscila 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 pacífico, entre los ríos más caudalosos se encuentran: río Los Pérez, Palo Blanco, La Palmita, Los Limones y Jocomico			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 mamíferos, aves y reptiles.			X
Descripción del Sistema de Asentamientos Humanos	La ubicación de la población es de forma dispersa y concentrada.		X	
Vías de acceso	Carretera de macadán .		X	
Actividades económicas	Producción agrícola 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 energía eléctrica.			X
Comunicaciones	Estado regular.		X	
Salud	Existe puesto de salud en la comunidad.	X		
Educación	Existe un centro de educación primaria en la comunidad.		X	
Estados global de la calidad ambiental en la comunidad.		1	7	11

Calidad ambiental del sitio considerando el proyecto

Tabla # 50

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 accidentado y gran parte de este esta cubierto por montañas, su relieve va de ondulado a quebrado.			X
Tipos de suelos en la zona	Tierras áridas y de poca fertilidad.			X
Vientos	Los vientos predominantes de noreste a suroeste con velocidades medias de 2.5 m/s.			X
Temperaturas	Clima media anual 23° C a 25° 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 pacífico, entre los ríos más caudalosos se encuentran: río Los Pérez, Palo Blanco, La Palmita, Los Limones y Jocomico			X
Hidrología/Calidad de las aguas	Educacion ambiental que contribuya al cuidado y proteccion 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 macadán.		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 enfermedades debido 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

Calidad ambiental del sitio con considerar el proyecto.

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.

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 # 51

PROYECTO	FASE	ACTIVIDADES	EFFECTO DIRECTO	FACTOR	NIVEL
CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE	CONSTRUCCION	PRELIMINARES	Generación de polvo por partículas de madera.	Aire	2
			Generación de ruido durante las construcciones temporales.	Ruido	3
		CONSTRUCCION 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

Identificación de impactos ambientales del proyecto

FUENTE: Elaboración propia.

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.

Plan de mitigación de los impactos generados por el proyecto

Tabla # 52

IMPACTO A MITIGAR	EFFECTO 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 excavaciones.	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 construccion.	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.

Medidas de mitigación.

FUENTE: Elaboración propia.

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 Boaco.

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:

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.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

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

1 - La fuente de abastecimiento del sistema de agua potable de la comunidad El Riego son las aguas subterráneas existentes en el subsuelo de la zona del departamento de Boaco dispuesta al costado sureste de la cordillera Los Maribios y sobre el cual está proyectada la cuenca 69 de la cartografía de INETER.

2 - Los estudios hidrogeológicos de la llanura referida, confirman la existencia, a lo largo y ancho de la misma de un reservorio (acuífero o depósitos) regional de gran potencial (567 MMC). La recarga del acuífero es abundante debido a la alta precipitación en la zona y a la alta permeabilidad que caracteriza a los materiales rocosos presentes en la superficie y en el subsuelo del área.

3 - El agua subterránea, a grandes profundidades debajo de la superficie del terreno (50 - 100 m), más las características del material acuífero y la alta eficiencia (capacidad específica o caudal específico) de los pozos, hacen posible la explotación muy cara de las aguas subterráneas. La superficie freática del área está descendiendo regionalmente, a causa de la explotación intensiva a que está siendo sometido el acuífero.

4 - Desde el punto de vista del contenido mineral, en general, las aguas subterráneas de la Llanura son idóneas para el consumo humano; sin embargo, dado que la llanura es una zona de agricultura extensiva e intensiva, donde se hace uso en gran escala de agroquímicos, existe el peligro potencial que las se contaminen.

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 m³/h) con pozos perforados de 350 pies (107 m) de profundidad, 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 – No existe un pozo perforado cerca de esta zona, por lo que no habrá ninguna interferencia entre el pozo a rehabilitar y pozos cercanos.

7 - La alternativa propuesta de este mejoramiento que se llevará a cabo en la comunidad estará conformado por: Rehabilitación del Pozo Perforado, construcción de la línea conducción, Un nuevo tanque de almacenamiento de 32.000 Galones y 1820 metros de red de distribución de PVC, la que funcionará por medio de ramales abiertos, Válvulas principales y conexiones domiciliarias.

8 - La población actual según el estudio socioeconómico corresponde a una población de 464 habitantes; al culminar el período de diseño de 20 años la población servida será de 720 habitantes.

9 - El diseño hidráulico se analizó por el programa de EPANET 2.0 y comparado por la hoja de cálculo de EXCEL, dando como resultados presiones y velocidades similares en ambos programas, están dentro de los rangos establecidos por las normas de INAA.

10 - 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.

11 - El costo total de inversión, el cual asciende a C\$ 16.2 millones equivalentes a US\$ 528,7219.69.

12 - La evaluación del impacto ambiental se realizó en base a la Ley General del Medio Ambiente (Ley 217) aplicando el SISGA del FISE.

13 - Se determinaron los siguientes impactos:

- Impactos negativos en la etapa de construcción.
- Impactos positivo en la etapa de construcción.

5.2. RECOMENDACIONES

Para la ejecución del mejoramiento del sistema de agua potable en la comunidad El Riego es muy importante que la alcaldía de Santa Lucia y los miembros del CAPS, 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.

VI. BIBLIOGRAFÍA

ENACAL. Normas y Procedimientos Técnicos para la Implementación de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento en el Sector Rural.

Alcaldía Municipal de Santa Lucia Plan Estratégico de Desarrollo.

Normas Técnicas INAA: Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural y Saneamiento Básico Rural.

Manual de HIDRÁULICA J. M: Acevedo Netto-Guillermo Acosta Álvarez 1975, Editorial HARLA S.A.

Apuntes de ingeniería sanitaria hidráulica 2 -Diseño de abastecimiento de agua potable.

Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE 2014). Catálogo de Etapas y Sub- Etapas. Managua, Nicaragua: Nuevo – FISE. División de desarrollo institucional.

6.1. Webgrafia

<http://www.inaa.gob.ni/Documentos/Ambiental/Normas%Alc.pdf>

<http://www.enacal.gob.ni>

<http://www.inide.gob.ni>

VII ANEXOS

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA												
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD EL RIEGO MUNICIPIO DE SANTA LUCIA												
PRESUPUESTO BASE												
FECHA: MAYO 2020										TIPO DE CAMBIO:		34.75
ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCIÓN	U/M	CANTIDAD	MATERIALES		MANO DE OBRA / EQUIPOS/ HERRAM.		TRANSPORTE		TOTAL	
					P.U.	TOTAL	P.U.	TOTAL	P.U.	TOTAL	P.U.	TOTAL
010		MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN										332,541.49
	01001	Movilización y Desmovilización de Personal	GLB	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44,600.00	44,600.00	44,600.00	44,600.00
	01002	Movilización y Desmovilización de Equipos	GLB	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	287,941.49	287,941.49	287,941.49	287,941.49
020		PRELIMINARES										570,103.16
	02001	Limpieza Inicial	M ²	6,956.51							0.37	2,595.23
	0200101	Limpieza Inicial	M ²	6,956.51	0.00	0.00	0.37	2,595.23	0.00	0.00	0.37	2,595.23
	02002	Trazo y Nivelación	M ²	6,390.36							8.94	57,143.60
	0200201	Trazo y Nivelación de Obras Hidráulicas (Predios)	M ²	3,122.36	1.46	4,557.82	5.18	16,176.98	3.43	10,721.96	10.07	31,456.76
	0200202	Trazo y Nivelación para Tuberías (inc. M.O. topografía)	ML	3,268.00	0.00	0.00	5.18	16,931.54	2.68	8,755.30	7.86	25,686.84
	02003	Construcciones Temporales	M ²	65.00							2,579.71	167,680.95
	0200301	Construcción de Oficina de 5.00 m x 5.00 m	M ²	25.00	885.73	22,143.14	128.69	3,217.19	458.01	11,450.22	1,472.42	36,810.55
	0200302	Construcción de Bodega de 5.00 m x 8.00 m	M ²	40.00	885.73	35,429.02	128.69	5,147.51	458.01	18,320.35	1,472.42	58,896.88
	0200303	Construcción de Servicios Sanitarios de 1.00 m x 1.20 m (Ecológicos)	GLB	1.00	57,337.50	57,337.50	14,178.00	14,178.00	458.01	458.01	71,973.51	71,973.51
	02004	Demoliciones	GLB	1.00							334,651.42	334,651.42
	0200401	Desinstalación de cerco de alambre de púas	ML	60.00	0.00	0.00	6.04	362.62	0.00	0.00	6.04	362.62
	0200402	Demoler manualmente casetas de madera con cubierta de techo de zinc corrugado	M ²	2.88	0.00	0.00	61.91	178.30	0.00	0.00	61.91	178.30
	0200403	Desinstalación de antena	C/U	1.00	0.00	0.00	2,500.00	2,500.00	0.00	0.00	2,500.00	2,500.00
	0200404	Demoler carpeta de Concreto Esp. hasta 0.10 m	M ²	680.00	27.68	18,819.19	182.55	124,130.69	14.31	9,731.40	224.53	152,681.28
	0200405	Despegar manualmente Adoquines (inc. Remoción capa arena)	M ²	1,399.82	0.00	0.00	6.96	9,742.19	0.00	0.00	6.96	9,742.19
	0200406	Demoler manualmente concreto ciclópeo (Obra de captación)	M ³	39.20	0.00	0.00	395.74	15,512.92	0.00	0.00	395.74	15,512.92
	0200407	Demoler manualmente mampostería confinada	M ³	86.18	0.00	0.00	234.06	20,171.56	0.00	0.00	234.06	20,171.56
	0200408	Desinstalación de rejilla tipo Johnson	GLB	1.00	0.00	0.00	1,255.00	1,255.00	126.50	126.50	1,381.50	1,381.50
	0200409	Suministro e instalación de Tapón hembra Diam. 8" (para sellar línea de aducción)	C/U	1.00	850.00	850.00	65.00	65.00	467.50	467.50	1,382.50	1,382.50
	0200410	Botar (Con camión plataforma) Escombros de demolición a 7 Km de distancia	M ³	1,213.42	0.00	0.00	107.74	130,738.54	0.00	0.00	107.74	130,738.54
	02005	Rotulo	C/U	1.00							8,031.97	8,031.97
	0200501	Rotulo de 1.22 m x 2.44 m Alusiv o al proyecto (Est. Metálica, Zinc Liso, Base de Concreto)	C/U	1.00	5,264.78	5,264.78	44.77	44.77	2,722.42	2,722.42	8,031.97	8,031.97

030		MOVIMIENTOS DE TIERRA										380,343.95
	03001	Desbroce y Limpieza	M³	180.00							31.74	5,712.66
	0300101	Desbroce y Limpieza del terreno con Esp. = 20 cm	M³	180.00	0.00	0.00	31.74	5,712.66	0.00	0.00	31.74	5,712.66
	03002	Corte y Relleno	M³	2,200.00							56.11	123,447.06
	0300201	Corte y Relleno Compensado con Tractor (Incluye acarreo libre a 50 m)	M³	2,200.00	30.32	66,701.34	25.79	56,745.72	0.00	0.00	56.11	123,447.06
	03003	Conformación y Compactación	M³	740.00							201.46	149,078.33
	0300301	Conformación y Compactación (Cada 0.20 m)	M³	740.00	0.00	0.00	201.46	149,078.33	0.00	0.00	201.46	149,078.33
	03004	Desalojo de material sobrante de excavación	M³	600.00							170.18	102,105.90
	0300401	Desalojo de material sobrante de excavación	M³	600.00	0.00	0.00	170.18	102,105.90	0.00	0.00	170.18	102,105.90
040		LÍNEA DE CONDUCCIÓN										2076,411.32
	04001	Excavación para Tubería	M³	700.00							137.23	96,064.24
	0400101	Excavación manual en Terreno de Material Mixto(arcillas, limos y bolones)	M³	700.00	0.00	0.00	137.23	96,064.24	0.00	0.00	137.23	96,064.24
	04002	Prueba Hidrostática	ML	585.00							19.44	11,370.35
	0400201	Prueba Hidrostática con bomba manual en tubería Diám. = 4", L= hasta 580m para proyección A.P.	C/U	2.00	1,937.78	3,875.56	2,745.37	5,490.75	1,002.03	2,004.05	5,685.18	11,370.35
	04003	Tubería de 4" de diámetro	ML	585.00							2,226.70	1302,619.15
	0400301	Tubería de PVC Diam. =4" (SDR - 17) (no incluye excavación)	ML	585.00	1,270.64	743,326.86	32.30	18,894.67	657.05	384,374.32	1,959.99	1146,595.85
	0400302	Suministro e Instalación de codo de Pvc de 4" x 90° SCH 40	C/U	5.00	4,870.47	24,352.35	63.42	317.09	2,518.52	12,592.60	7,452.41	37,262.04
	0400303	Suministro e Instalación de codo de Pvc de 4" x 45° SCH 40	C/U	18.00	4,121.10	74,179.80	63.42	1,141.51	2,131.02	38,358.37	6,315.54	113,679.69
	0400305	Bloque de reacción para accesorios Diam. =4"	C/U	11.00	192.23	2,114.52	32.50	357.53	237.23	2,609.52	461.96	5,081.58
	04004	Válvulas y Accesorios	C/U	3.00							25,483.50	76,450.51
	0400401	Suministro e instalación de válvula de aire y vacío Diám. = 2" Ho. Fo. + Tee de 4" x 2" + Válvula de compuerta Ho. Fo. Diám. = 2" con 0.40 m de tubo de Ho. Go. De 2" (Incluye excavación)	C/U	3.00	15,483.91	46,451.74	413.42	1,240.25	8,006.73	24,020.20	23,904.06	71,712.19
	0400403	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	3.00	786.92	2,360.76	385.60	1,156.80	406.92	1,220.76	1,579.44	4,738.32
	04005	Acarreo de Tierra	M³	635.01							706.33	448,526.10
	0400501	Explotación o corte en banco de préstamo	M³	635.01	17.02	10,810.23	56.75	36,034.10	0.00	0.00	73.77	46,844.33
	0400502	Acarreo (con camión volquete) de mat. Selecto a 3 km. (carga con	M³	825.52	0.00	0.00	226.90	187,312.14	0.00	0.00	226.90	187,312.14
	0400503	Botar (con camión volquete) tierra sobrante de excavación a 1 km (carga con equipo)	M³	1,259.69	0.00	0.00	170.18	214,369.64	0.00	0.00	170.18	214,369.64
	04006	Relleno y Compactación	M³	2,773.53							50.98	141,380.96
	0400601	Relleno y Compactación de Zanjas	M³	2,773.53	0.00	0.00	50.98	141,380.96	0.00	0.00	50.98	141,380.96

050		RED DE DISTRIBUCIÓN										1718,368.86
	05001	Excavación para Tubería	M³	4,500.00							137.23	617,555.81
	0500101	Excavación manual en Terreno de Material Mixto(arcillas, limos y bolones)	M³	4,500.00	0.00	0.00	137.23	617,555.81	0.00	0.00	137.23	617,555.81
	05002	Prueba Hidrostática	ML	1,960.00							26.66	52,256.85
	0500201	Prueba Hidrostática con bomba manual en tubería Diám. = Hasta 4", L= hasta 300m para proyección A.P.	C/U	5.00	184.49	922.47	2,191.40	10,956.99	95.40	477.01	2,471.29	12,356.47
	0500202	Prueba Hidrostática con bomba manual en tubería Diám. = 3" - 2", L= hasta 300m para proyección A.P.	C/U	8.00	764.47	6,115.75	3,299.35	26,394.78	395.31	3,162.45	4,459.12	35,672.98
	0500203	Prueba Hidrostática con bomba manual en tubería Diám. = 1" ", L= hasta 300m para proyección A.P.	C/U	1.00	480.00	480.00	2,745.37	2,745.37	1,002.03	1,002.03	4,227.40	4,227.40
	05003	Tubería de 1 1/2" de diámetro	ML	380.00							72.45	27,532.32
	0500301	Tubería de PVC Diam. =1 1/2" (SDR - 26) (no incluye excavación)	ML	380.00	23.52	8,937.74	12.46	4,733.64	12.16	4,621.71	48.14	18,293.09
	0500302	Bloque de reacción para accesorios	C/U	20.00	192.23	3,844.58	32.50	650.06	237.23	4,744.58	461.96	9,239.23
	05004	Tubería de 2" de diámetro	ML	750.00							92.80	69,597.13
	0500401	Tubería de PVC Diam. =2" (SDR - 26) (no incluye excavación)	ML	750.00	41.81	31,358.07	17.05	12,784.57	21.62	16,215.26	80.48	60,357.90
	0500403	Bloque de reacción para accesorios	C/U	20.00	192.23	3,844.58	32.50	650.06	237.23	4,744.58	461.96	9,239.23
	05005	Tubería de 3" de diámetro	ML	380.00							158.62	60,275.85
	0500501	Tubería de PVC Diam. =3" (SDR - 26) (no incluye excavación)	ML	380.00	82.47	31,338.46	21.35	8,112.66	42.65	16,205.12	146.46	55,656.23
	0500503	Bloque de reacción para accesorios	C/U	10.00	192.23	1,922.29	32.50	325.03	237.23	2,372.29	461.96	4,619.62
	05006	Tubería de 4" de diámetro	ML	450.00							236.45	106,402.37
	0500601	Tubería de PVC Diám. =4" (SDR - 26) (no incluye excavación)	ML	450.00	132.70	59,712.76	25.90	11,654.48	68.62	30,877.47	227.21	102,244.72
	0500603	Bloque de reacción para accesorios	C/U	9.00	192.23	1,730.06	32.50	292.53	237.23	2,135.06	461.96	4,157.65
	05010	Válvulas y Accesorios	GLB	12.00							42,485.16	509,821.91
	0501001	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	9.00	2,850.00	25,650.00	385.50	3,469.50	1,567.50	14,107.50	4,803.00	43,227.00
	0501002	Suministro e instalación de válvula de compuerta Diám. = 3" 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	6,088.49	24,353.97	408.10	1,632.42	3,148.36	12,593.44	9,644.96	38,579.83
	0501003	Suministro e instalación de válvula de compuerta Diám. = 4" Ho. Fo. Con flange de PVC (Incluye Kit para instalar flanges + 1.10 m de tubo de Ho. Go. De 4")	C/U	5.00	8,079.67	40,398.34	483.03	2,415.14	4,178.00	20,889.98	12,740.69	63,703.46
	0501008	Suministro e instalación de válvula reductora de presión de Ho. Fo. Diám. = 10" (Incluye excavación)	C/U	1.00	121,211.14	121,211.14	8,530.00	8,530.00	62,678.28	62,678.28	192,419.42	192,419.42
	0501009	Caja para protección de válvula reguladora de presión de 1.20 x 1.90 m, H = 1.20 m, de concreto reforzado Esp. = 0.10 m, refuerzo = 3/8, 0.10 m a/d, c/tapa de concreto reforzado (Incluye repello y fino)	C/U	1.00	10,450.00	10,450.00	2,625.00	2,625.00	5,403.70	5,403.70	18,478.70	18,478.70
	0501010	Suministro e instalación de Hidrante barril seco - AWWA C502 - Tres vías - UL-FM Ø 4" (Incluye excavación y caja para válvula)	C/U	2.00	46,585.00	93,170.00	4,500.00	9,000.00	25,621.75	51,243.50	76,706.75	153,413.50
	05011	Acarreo de Tierra	M³	860.00							242.63	208,658.99
	0501101	Explotación o corte en banco de préstamo	M³	860.00	17.02	14,640.40	56.75	48,801.32	0.00	0.00	73.77	63,441.71
	0501102	Acarreo (con camión volquete) de mat. Selecto a 3 km. (carga con	M³	340.00	0.00	0.00	226.90	77,146.68	0.00	0.00	226.90	77,146.68
	0501103	Botar (con camión volquete) tierra sobrante de excavación a 1 km (carga con equipo)	M³	400.00	0.00	0.00	170.18	68,070.60	0.00	0.00	170.18	68,070.60
	05012	Relleno y Compactación	M³	1,300.00							50.98	66,267.63
	0501201	Relleno y Compactación de Zanjas	M³	1,300.00	0.00	0.00	50.98	66,267.63	0.00	0.00	50.98	66,267.63

060		TANQUE DE ALMACENAMIENTO METALICO, CAPACIDAD = 32,000 GLN.										2259,992.26
	06001	Fundaciones	M³	20.61							19,157.56	394,837.34
	0600101	Excavación estructural y conformación	M³	75.00	0.00	0.00	181.81	13,636.05	0.00	0.00	181.81	13,636.05
	0600102	Mejoramiento de suelo para fundaciones con capa de grava triturada de 1"	M³	12.00	638.54	7,662.43	54.94	659.34	1,417.68	17,012.16	2,111.16	25,333.92
	0600103	Mejoramiento de suelo para fundaciones con material selecto	M³	18.00	53.24	958.24	54.94	989.00	175.00	3,150.00	283.18	5,097.24
	0600104	Alistar, armar y colocar acero de refuerzo No. 3 (3/8") (Grado 60)	KG.	219.48	13.20	2,897.14	6.70	1,470.95	6.83	1,498.11	26.73	5,866.19
	0600105	Alistar, armar y colocar acero de refuerzo No. 4 (1/2") (Grado 60)	KG.	273.15	13.26	3,621.97	6.70	1,830.64	6.86	1,872.92	26.82	7,325.53
	0600106	Alistar, armar y colocar acero de refuerzo No. 5 (5/8") (Grado 60)	KG.	852.98	13.96	11,907.60	6.18	5,273.42	7.22	6,157.42	27.36	23,338.44
	0600107	Formaleta (Encofrado y Desencofrado)	M²	106.31	64.75	6,883.57	134.82	14,332.27	33.48	3,559.50	233.05	24,775.33
	0600108	Suministro e Instalación de Perno de fijación tipo F1554, grado 55 de 1" x 26" (Incluye arandelas y tuercas)	C/U	32.00	309.17	9,893.30	1,745.24	55,847.67	159.87	5,115.82	2,214.27	70,856.79
	0600109	Concreto de 3500 PSI en Fundaciones (Con Mezcladora y Vibrador)	M³	20.61	2,908.62	59,946.62	278.45	5,738.83	5,235.51	107,903.91	8,422.58	173,589.36
	0600110	Desalojo de material sobrante de excavación	M³	264.54	0.00	0.00	170.18	45,018.49	0.00	0.00	170.18	45,018.49
	06002	Construcción del fondo y erección del cilindro tanque	KG.	2,400.00							251.87	604,487.76
	0600201	Suministro e instalación de acero A- 36, T = 1/4" en fondo del tanque	KG.	1,300.00	33.27	43,251.48	42.52	55,276.01	17.20	22,365.34	92.99	120,892.83
	0600202	Suministro e instalación de acero A- 36, T = 5/16" en cuerpo del tanque	KG.	1,100.00	21.68	23,852.03	37.13	40,846.80	11.21	12,333.88	70.03	77,032.71
	0600203	Suministro e instalación de angular corrido de 4" x 4" x 1/4"	ML	64.40	376.68	24,258.10	24.93	1,605.32	194.78	12,543.86	596.39	38,407.28
	0600204	Suministro e instalación de Angular corrido de 3" x 3" x 1/4"	ML	64.40	331.31	21,336.49	24.93	1,605.32	171.32	11,033.10	527.56	33,974.90
	0600205	Suministro e instalación de Angular de 4" x 4" x 4" x 3/16"	C/U	160.00	329.32	52,691.51	24.93	3,988.37	170.29	27,246.78	524.54	83,926.65
	0600206	Suministro e instalación de perlin de 2" x 4" x 3/32", Tipo P - 1	ML	320.00	121.91	39,010.31	36.96	11,825.61	63.04	20,172.23	221.90	71,008.15
	0600207	Suministro e instalación de caja de 4" x 6" x 1/8", Tipo VMT - 1	ML	150.55	371.28	55,896.11	41.94	6,314.44	191.99	28,903.88	605.21	91,114.43
	0600208	Suministro e instalación de caja de 4" x 4" x 1/8", Tipo VMT - 2 (incluye, soldadura y pintura anticorrosiva)	ML	76.40	294.28	22,483.29	40.40	3,086.76	152.17	11,626.11	486.86	37,196.16
	0600209	Suministro e instalación de anillo de compresión de tubo de 3" x 6" x 1/4" (incluye, soldadura y pintura anticorrosiva)	ML	3.12	626.44	1,954.48	47.05	146.78	323.93	1,010.66	997.41	3,111.93
	0600210	Suministro e instalación de acero A- 36, T = 3/16" en cubierta del tanque	KG.	450.00	36.79	16,556.40	27.11	12,200.08	19.03	8,561.31	82.93	37,317.79
	0600211	Suministro e instalación de corta gota de platina de 1" x 3/16"	ML	64.40	91.09	5,866.19	24.93	1,605.32	47.10	3,033.41	163.12	10,504.91
	06003	Construcción de Manhole para tanque	C/U	2.00							9,751.02	19,502.04
	0600301	Suministro e instalación de platina de 8" x 6" T=1/4"	C/U	2.00	99.99	199.98	24.93	49.85	51.70	103.41	176.62	353.24
	0600302	Suministro e instalación de platina de 4" x 4" T=1/4"	C/U	1.00	83.66	83.66	24.93	24.93	43.26	43.26	151.84	151.84
	0600303	Suministro e instalación de Angular 1"x1"x1/8"	C/U	1.00	67.87	67.87	24.93	24.93	35.10	35.10	127.89	127.89
	0600304	Suministro e Instalación de Pernos Ø 3/4"x1" (Incluye arandelas y tuercas)	C/U	42.00	152.30	6,396.60	34.30	1,440.73	78.75	3,307.68	265.36	11,145.01
	0600305	Suministro e Instalación de lámina de T=3/8"	KG.	69.00	32.50	2,242.50	37.13	2,562.21	16.81	1,159.60	86.44	5,964.30
	0600306	Suministro e Instalación de lámina de T=3/16"	KG.	21.22	36.79	780.73	27.11	575.30	19.03	403.71	82.93	1,759.74
	06004	Construcción de Respiradero para tanque	C/U	1.00							1,802.36	1,802.36
	0600401	Suministro e instalación de tubo de Torsión de t=1/4" x 20" Ø	ML	0.51	53.53	27.30	24.93	12.71	27.68	14.12	106.14	54.13
	0600402	Suministro e instalación de cedazo metálico	ML	0.51	35.50	18.11	25.00	12.75	18.36	9.36	78.86	40.22
	0600403	Suministro e instalación de lámina de T=1/8" para cubierta cónica	KG.	7.28	18.50	134.68	27.11	197.37	19.03	138.50	64.64	470.55
	0600404	Suministro e instalación de platina circular de 1" x 1/8"	ML	0.61	133.59	81.49	24.93	15.21	69.08	42.14	227.60	138.84
	0600405	Suministro e instalación de platina vertical de 1" x 1/8"	ML	0.61	133.59	81.49	24.93	15.21	69.08	42.14	227.60	138.84
	0600406	Suministro e instalación de angular 4"x4"x 6" x 1/4"	C/U	8.00	62.65	501.20	24.93	199.42	32.40	259.17	119.97	959.78
	06005	Construcción de Escalera para tanque	ML	14.58							1,082.08	15,776.73
	0600501	Suministro e instalación de tubo redondo de Ø 1"	ML	14.58	85.45	1,245.89	24.93	363.44	44.19	644.25	154.57	2,253.58
	0600502	Suministro e instalación de Platina vertical de 2" x 8" x 1/8"	ML	22.00	271.97	5,983.34	24.93	548.40	140.64	3,093.98	437.53	9,625.72
	0600503	Suministro e instalación de Platina horizontal de 2" x 8" x 1/8"	C/U	24.00	74.62	1,790.88	24.93	598.25	38.59	926.06	138.13	3,315.19
	0600504	Alistar, armar y colocar acero de refuerzo No. 4 (1/2") (Grado 60)	KG.	21.71	13.26	287.87	6.70	145.50	6.86	148.86	26.82	582.23
	06006	Preparación de superficie y revestimiento	M²	405.00							487.69	197,512.84
	0600601	Segundo tratamiento epoxico.(3manos T=9mil) p/interior	M²	285.00	139.64	39,796.26	107.04	30,506.59	72.21	20,578.65	318.88	90,881.50
	0600602	Segundo tratam. pint. poliuretano (2manos T=6mil.)p/interior	M²	120.00	195.94	23,512.32	107.04	12,844.88	101.32	12,158.22	404.30	48,515.42
	0600603	Primer tratam. epoxico.(2manos T=6mil) p/interior	M²	120.00	93.09	11,170.88	74.71	8,965.25	48.14	5,776.46	215.94	25,912.60
	0600604	Primer tratam. Epoxico (1mano T=3mil.) p/interior	M²	285.00	46.55	13,265.42	42.38	12,078.36	24.07	6,859.55	112.99	32,203.33

06007	Pruebas y desinfección	GLN	32,000.00							0.28	8,960.00
0600701	Prueba y desinfección del tanque de almacenamiento	GLN	32,000.00	0.25	8,000.00	0.01	320.00	0.02	640.00	0.28	8,960.00
06008	Acoples e instalación de tuberías y válvulas	GLB	1.00							282,087.50	282,087.50
0600801	Suministro e instalación de medidor de nivel de agua del tanque de almacenamiento	C/U	1.00	12,500.00	12,500.00	6,500.00	6,500.00	6,875.00	6,875.00	25,875.00	25,875.00
0600802	Suministro e Instalación de swith de flotador para apagado automático	C/U	1.00	25,500.00	25,500.00	6,250.00	6,250.00	14,025.00	14,025.00	45,775.00	45,775.00
0600803	Tubería de rebose de Ho. Go. De 4" de diámetro (Incluye bridas y accesorios)	ML	7.20	4,500.00	32,400.00	425.00	3,060.00	2,475.00	17,820.00	7,400.00	53,280.00
0600804	Válvula de limpieza de Ho. Fo. De 4"	C/U	1.00	8,400.00	8,400.00	1,250.00	1,250.00	4,620.00	4,620.00	14,270.00	14,270.00
0600805	Válvula de compuerta de 4" Ho. Fo.	C/U	1.00	16,500.00	16,500.00	2,500.00	2,500.00	9,075.00	9,075.00	28,075.00	28,075.00
0600807	Válvula check horizontal 4" Ho. Fo.	C/U	2.00	18,600.00	37,200.00	2,500.00	5,000.00	10,230.00	20,460.00	31,330.00	62,660.00
0600808	Suministro e instalación de Tubería de Ho. Go. De 4" (Incluye accesorios)	ML	4.50	4,500.00	20,250.00	250.00	1,125.00	2,475.00	11,137.50	7,225.00	32,512.50
0600809	Bloques de reacción para accesorios y válvulas	C/U	16.00	650.00	10,400.00	220.00	3,520.00	357.50	5,720.00	1,227.50	19,640.00
06009	Cercas perimetrales y portones	ML	304.67							228.91	69,742.08
0600901	Cerco de Malla Ciclón Cal. 13.5 H = 8', con tubo de Ho. Go. De 2", 2 hiladas de piedra cantera (Repello y fino)	ML	300.67	180.00	54,120.60	32.00	9,621.44	12.00	3,608.04	224.00	67,350.08
0600902	Puerta de Marco de tubo redondo de Ho. Go. Diám = 2" con forro de malla ciclón cal No. 13.5	M ²	9.20	225.00	2,070.00	25.00	230.00	10.00	92.00	260.00	2,392.00
06010	Muros de protección / Contención	M ³	55.00							9,526.32	523,947.64
0601001	Excavación estructural y conformación	M ³	327.98	0.00	0.00	181.81	59,631.36	0.00	0.00	181.81	59,631.36
0601002	Acarreo con camión volquete de Piedra bolón a 10 Km (Incluye Derecho de explotación de piedra bolón, clasificación y carga con equipo)	M ³	45.00	22.00	990.00	297.81	13,401.58	0.00	0.00	319.81	14,391.58
0601003	Concreto simple de 2,000 PSI	M ³	35.00	2,317.67	81,118.38	278.45	9,745.71	3,708.27	129,789.41	6,304.39	220,653.49
0601004	Construcción de mampostería de concreto ciclópeo (No incluye acarreo, ni derecho de explotación)	M ³	55.00	1,504.70	82,758.62	428.38	23,560.79	778.08	42,794.48	2,711.16	149,113.90
0601005	Construcción de gavión de 2 x 1 x 1 m. c/piedra bolón (No incluye acarreo, ni derecho de explotación)	M ³	85.00	243.27	20,677.74	573.97	48,787.12	125.79	10,692.46	943.03	80,157.32
06011	Otras obras exteriores		191.46							738.20	141,335.95
0601101	Anden de concreto de 2,500 PSI, sin ref. espesor = 2" con siza a cada 1.00 m	M ²	80.66	365.67	29,494.55	97.50	7,864.22	189.09	15,251.63	652.25	52,610.40
0601102	Canal Rect. de concreto de 2500 PSI ref. A = 0.30 m, H=0.40m, E = 0.10m (Incluye excavación) con fino corriente	ML	85.00	650.31	55,276.35	35.85	3,047.25	357.67	30,401.95	1,043.83	88,725.55

090		FUENTE Y OBRA DE TOMA										3403,178.50
	09002	Estación de Bombeo	C/U	1.00							1215,316.73	1215,316.73
	0900201	Bomba c/motor sumergible de 40 hp 3/60/460 v , Q = 100 gpm, CTD = 550 pies	C/U	1.00	302,325.00	302,325.00	111,200.00	111,200.00	15,116.25	15,116.25	428,641.25	428,641.25
	0900202	Arrancador magnético p/motor de 50 HP, 3/60/260 v	C/U	1.00	1,100.00	1,100.00	30,091.76	30,091.76	198.00	198.00	31,389.76	31,389.76
	0900203	Tubería de Ho. Fo. Diam = 4" (No incluye excavación)	ML	43.95	5,236.00	230,122.20	526.30	23,130.89	942.48	41,422.00	6,704.78	294,675.08
	0900204	Suministro e instalación de válvula Check Diám. = 4" Ho. Fo. (Incluye Kit para instalar)	C/U	1.00	8,755.32	8,755.32	455.82	455.82	4,815.43	4,815.43	14,026.57	14,026.57
	0900205	Sarta de equipo de bombeo de tubo de hierro Fundido diám = 4" (Incluye 9 válvulas de Ho. Fo. De 4", 2 manómetro de 0 a 250 PSI y medidor maestro	C/U	1.00	195,000.00	195,000.00	185,692.70	185,692.70	65,891.37	65,891.37	446,584.07	446,584.07
	09003	Instalaciones Eléctricas	C/U	1.00							1024,632.87	1024,632.87
	0900301	Interruptor de doble tiro manual para 200 a 3 fases 600v	C/U	1.00	5,230.00	5,230.00	652.50	652.50	2,876.50	2,876.50	8,759.00	8,759.00
	0900302	Acometida con tubo EMT 4" y calavera 4"	C/U	1.00	1,465.80	1,465.80	265.85	265.85	806.19	806.19	2,537.84	2,537.84
	0900303	Alambre eléctrico de cobre # 4 AWG	ML	12.11	32.50	393.58	5.25	63.58	17.88	216.47	55.63	673.62
	0900304	Alambre eléctrico de cobre # 2 AWG	ML	12.11	51.34	621.73	5.25	63.58	28.24	341.95	84.83	1,027.25
	0900305	Cable de cobre 1/0 AWG THHN	ML	12.11	74.67	904.25	5.25	63.58	41.07	497.34	120.99	1,465.17
	0900306	Breaker de 1 x 15 Amperios	C/U	2.00	65.00	130.00	15.50	31.00	35.75	71.50	116.25	232.50
	0900307	Breaker de 1 x 20 Amperios	C/U	1.00	75.60	75.60	15.50	15.50	41.58	41.58	132.68	132.68
	0900308	Breaker de 2 x 200 Amperios	C/U	3.00	2,500.00	7,500.00	125.50	376.50	1,375.00	4,125.00	4,000.50	12,001.50
	0900309	Caja de registro de EMT de 4" x 6"	C/U	4.00	126.50	506.00	5.50	22.00	69.58	278.30	201.58	806.30
	0900310	Centro de controles de motores de 150 HP y panel	C/U	3.00	125,681.34	377,044.02	8,725.61	26,176.83	8,568.13	25,704.39	142,975.08	428,925.24
	0900311	Caja de registro 0.60 x 0.60 m, h=0.80 m, ladrillo cuarterón de 2" x 6" x 12"	C/U	4.00	1,875.60	7,502.40	350.53	1,402.12	1,031.58	4,126.32	3,257.71	13,030.84
	0900312	Excavación manual en Terreno de Material Mixto(arcillas, limos y bolones)	M³	35.51	0.00	0.00	137.23	4,873.75	0.00	0.00	137.23	4,873.75
	0900313	Tubería de PVC Diam. =2" (SDR - 26) (no incluye excavación)	ML	98.65	41.81	4,124.63	17.05	1,681.60	21.62	2,132.85	80.48	7,939.08
	0900314	Protección de mortero 1:3 y ladrillo de barro para tubería conduit	ML	98.65	162.41	16,021.75	25.31	2,496.83	89.33	8,811.96	277.05	27,330.54
	0900315	Suministro e instalación de alambre de cobre No. 4 AWG	ML	8.68	32.50	282.10	6.50	56.42	17.88	155.16	56.88	493.68
	0900316	Suministro e instalación de Polo a tierra con varilla COPPERWELD de 5/8 X 8'	C/U	3.00	655.00	1,965.00	45.60	136.80	360.25	1,080.75	1,060.85	3,182.55
	0900317	Estructura eléctrica tipo H: Banco de transformadores trifásico de 3 x 167 Kva; 14.42/24.9 KV-240/480 V (No incluye transformador)	C/U	1.00	54,265.80	54,265.80	12,635.98	12,635.98	29,846.19	29,846.19	96,747.97	96,747.97
	0900318	Transformador de 167 Kva, 14.42/24.9 KV-240/480 V	C/U	3.00	75,250.00	225,750.00	6,500.00	19,500.00	41,387.50	124,162.50	123,137.50	369,412.50
	0900319	Suministro e instalación de tramo flojo trifásico de 24.9 KVA	ML	6.00	255.60	1,533.60	185.31	1,111.86	140.58	843.48	581.49	3,488.94
	0900320	Suministro e instalación de red primaria trifásica de 24.9 KVA	ML	109.34	85.60	9,359.50	55.00	6,013.70	47.08	5,147.73	187.68	20,520.93
	0900321	Suministro e instalación de poste tronconico de concreto pretensado, H = 35' (10.5 m)	C/U	2.00	4,500.00	9,000.00	3,550.50	7,101.00	2,475.00	4,950.00	10,525.50	21,051.00

09004	Otro tipo de obras de captación	C/U	1.00							920,226.87	920,226.87
0900401	Excavación estructural y conformación	M³	342.55	0.00	0.00	181.81	62,280.39	0.00	0.00	181.81	62,280.39
0900402	Alistar, amar y colocar acero de refuerzo No. 3 (3/8") (Grado 40)	KG.	3,615.04	21.53	77,831.81	6.92	25,031.74	11.13	40,246.83	39.59	143,110.38
0900403	Concreto de 3000 PSI (Con Mezcladora y Vibrador)	M³	63.59	2,727.52	173,442.83	278.45	17,706.55	4,636.78	294,852.81	7,642.75	486,002.20
0900404	Formaleta (Encofrado y Desencofrado)	M²	461.87	64.75	29,906.08	134.82	62,267.36	33.48	15,464.44	233.05	107,637.88
0900405	Piqueteo loco en estructuras	M²	242.26	0.00	0.00	35.62	8,629.30	0.00	0.00	35.62	8,629.30
0900406	Impermeabilización de tanque de almacenamiento con Sika - 101	M2	242.26	258.34	62,585.45	72.72	17,618.34	133.59	32,362.94	464.65	112,566.73
09005	Obras civiles	GLB	1.00							239,419.41	239,419.41
	<u>Cámara de pozo húmedo</u>										
0900501	Alistar, amar y colocar acero de refuerzo No. 2 (1/4") (Grado 40)	KG.	36.96	20.57	760.27	6.37	235.30	10.64	393.13	37.57	1,388.70
0900502	Alistar, amar y colocar acero de refuerzo No. 3 (3/8") (Grado 40)	KG.	301.49	21.53	6,491.08	6.92	2,087.62	11.13	3,356.54	39.59	11,935.23
0900503	Concreto de 3000 PSI (Con Mezcladora y Vibrador)	M³	6.65	2,727.52	18,137.99	262.71	1,747.03	4,636.78	30,834.58	7,627.01	50,719.60
0900504	Formaleta (Encofrado y Desencofrado)	M²	32.72	64.75	2,118.62	134.82	4,411.17	33.48	1,095.54	233.05	7,625.33
0900505	Construcción de pared de mampostería confinada con bloques de mortero de 6" x 8" x 16"	M²	56.04	285.62	16,006.14	122.65	6,873.31	157.09	8,803.38	565.36	31,682.83
0900506	Piqueteo loco en estructuras	M²	17.77	0.00	0.00	35.62	632.97	0.00	0.00	35.62	632.97
0900507	Repello corriente	M²	121.46	42.81	5,199.70	56.22	6,828.48	23.55	2,859.84	122.58	14,888.02
0900508	Fino Pizarra	M²	121.46	24.02	2,917.47	57.82	7,022.82	13.21	1,604.61	95.05	11,544.89
	<u>Cámara de elevación de sarta - estación de bombeo</u>										
0900509	Alistar, amar y colocar acero de refuerzo No. 2 (1/4") (Grado 40)	KG.	37.49	20.57	771.17	6.37	238.67	10.64	398.77	37.57	1,408.61
0900510	Alistar, amar y colocar acero de refuerzo No. 3 (3/8") (Grado 40)	KG.	344.63	21.53	7,419.88	6.92	2,386.33	11.13	3,836.82	39.59	13,643.04
0900511	Concreto de 3000 PSI (Con Mezcladora y Vibrador)	M³	3.05	2,727.52	8,318.93	262.71	801.27	4,636.78	14,142.18	7,627.01	23,262.37
0900512	Formaleta (Encofrado y Desencofrado)	M²	38.14	64.75	2,469.57	134.82	5,141.87	33.48	1,277.01	233.05	8,888.45
0900513	Construcción de pared de mampostería confinada con bloques de mortero de 6" x 8" x 16"	M²	84.60	285.62	24,163.45	122.65	10,376.19	157.09	13,289.90	565.36	47,829.54
0900514	Piqueteo loco en estructuras	M²	11.13	0.00	0.00	35.62	396.45	0.00	0.00	35.62	396.45
0900515	Repello corriente	M²	62.37	42.81	2,670.06	56.22	3,506.44	23.55	1,468.53	122.58	7,645.03
0900516	Fino Pizarra	M²	62.37	24.02	1,498.13	57.82	3,606.23	13.21	823.97	95.05	5,928.33
09006	Cercas perimetrales y portones	ML	180.48							19.85	3,582.62
0900601	Reponer alambre de púas en cerco (Solo alambre)	ML	180.48	10.11	1,824.65	4.18	754.41	5.56	1,003.56	19.85	3,582.62

10003	Instalaciones Eléctricas	C/U	1.00							220,324.41	220,324.41
1000301	Suministro e instalación de panel monofásico 18 espacios 120/240 v oltios, 125 amperios	C/U	1.00	1,450.00	1,450.00	450.00	450.00	797.50	797.50	2,697.50	2,697.50
1000302	Breaker de 1 x 15 Amperios	C/U	1.00	65.00	65.00	15.50	15.50	35.75	35.75	116.25	116.25
1000303	Breaker de 1 x 20 Amperios	C/U	5.00	75.60	378.00	15.50	77.50	41.58	207.90	132.68	663.40
1000304	Breaker de 2 x 15 Amperios	C/U	1.00	127.50	127.50	15.50	15.50	70.13	70.13	213.13	213.13
1000305	Breaker de 2 x 20 Amperios	C/U	3.00	155.00	465.00	25.50	76.50	85.25	255.75	265.75	797.25
1000306	Breaker de 2 x 60 Amperios	C/U	1.00	185.50	185.50	45.60	45.60	102.03	102.03	333.13	333.13
1000307	Suministro e instalación de apagador sencillo polarizado modelo 1221-2-20ai lev itón o similar.	C/U	3.00	75.00	225.00	25.00	75.00	41.25	123.75	141.25	423.75
1000308	Suministro e instalación de apagador doble polarizado u.g. 125 v modelo 1222-2-i 20a lev itón o similar.	C/U	3.00	125.00	375.00	25.00	75.00	68.75	206.25	218.75	656.25
1000309	Suministro e instalación de lámpara fluorescente compactada.	C/U	2.00		0.00	35.50	71.00	0.00	0.00	35.50	71.00
1000310	Suministro e instalación de lámpara o bombillo globo de 18 watts modelo led-150 1x18, 120 v sylv ania o similar.	C/U	1.00	187.50	187.50	35.50	35.50	103.13	103.13	326.13	326.13
1000311	Suministro e instalación de lámpara de 2 x 32 watts = 59 watts modelo 200-eo-48-2,fo32, 120 v sylv ania o similar	C/U	24.00	755.92	18,142.08	45.00	1,080.00	415.76	9,978.14	1,216.68	29,200.22
1000312	Suministro e instalación de luminaria cat.2250-2-175 hps-240 v - 205 watts - sylv ania (Incluye poste de pino)	C/U	6.00	7,850.00	47,100.00	2,850.00	17,100.00	4,317.50	25,905.00	15,017.50	90,105.00
1000313	Suministro e instalación de arrancador directo para bomba de 1hp ad-1hp.	C/U	2.00	1,455.87	2,911.74	250.00	500.00	800.73	1,601.46	2,506.60	5,013.20
1000314	Suministro e instalación tomacorriente doble polarizado u.g. 125 v mod. cr-15-i,nema 5-15r marca lev itón c/placa metálica.	C/U	4.00	75.50	302.00	25.00	100.00	41.53	166.10	142.03	568.10
1000315	Suministro e instalación de tomacorriente doble 125v , nema 5-20r,gfci mod. cr-20-i, marca lev itón c/placa intemperie.	C/U	4.00	155.90	623.60	25.00	100.00	85.75	342.98	266.65	1,066.58
1000316	Suministro e instalación de tomacorriente sencillo 250v , nema 6-20r con placa metálica, mod.5821-i lev itón o similar.	C/U	2.00	65.82	131.64	25.00	50.00	36.20	72.40	127.02	254.04
1000317	Suministro e instalación de tomacorriente sencillo 125v , nema 5-20r mod. cr-20-i,nema 5-20r marca lev itón c/placa metálica.	C/U	1.00	225.60	225.60	25.00	25.00	124.08	124.08	374.68	374.68
1000318	Canalización Soterrada con tubo Conduit de PVC Diám= 1 1/2" (incluye ladrillo cuarterón de barro y mortero)	ML	145.80	125.60	18,312.48	35.80	5,219.64	69.08	10,071.86	230.48	33,603.98
1000319	Canalización con tubo conduit de PVC Diám = 3/4" (Incl. Bidas)	ML	16.50	35.50	585.75	7.55	124.58	19.53	322.16	62.58	1,032.49
1000320	Canalización con tubo conduit de PVC Diám = 1/2" (Incl. Bidas)	ML	325.80	31.20	10,164.96	7.10	2,313.18	17.16	5,590.73	55.46	18,068.87
1000321	Caja de registro de EMT de 4" x 4"	C/U	25.00	55.00	1,375.00	10.50	262.50	30.25	756.25	95.75	2,393.75
1000322	Caja de registro de EMT de 2" x 4"	C/U	17.00	35.00	595.00	5.80	98.60	19.25	327.25	60.05	1,020.85
1000323	Alambre eléctrico de Cobre THHN No. 14 AWG	ML	220.00	10.50	2,310.00	2.25	495.00	5.78	1,270.50	18.53	4,075.50
1000324	Alambre eléctrico de Cobre THHN Cableado No. 12 AWG	ML	660.00	12.00	7,920.00	2.25	1,485.00	6.60	4,356.00	20.85	13,761.00
1000325	Alambre eléctrico de Cobre THHN No. 8 AWG	ML	6.00	14.50	87.00	2.75	16.50	7.98	47.85	25.23	151.35
1000326	Alambre eléctrico de Cobre THHN No. 4 AWG	ML	220.00	32.50	7,150.00	5.75	1,265.00	17.88	3,932.50	56.13	12,347.50
1000327	Varilla de cobre Diám = 3/8", L = 5' para polo a tierra con tubo de PVC Diám = 3/4" y Alambre de cobre No. 8	C/U	1.00	525.50	525.50	175.00	175.00	289.03	289.03	989.53	989.53

110		CONEXIONES										490,978.00
	11001	Conexiones Intradomiciliares	C/U	200.00							484.72	96,943.00
	1100101	Conexión Domiciliar con sileta de PVC de 1" x 1/2" para agua potable (No Incluye medidor) (Incluye excavación)	C/U	200.00	225.30	45,060.00	135.50	27,100.00	123.92	24,783.00	484.72	96,943.00
	11002	Medidores de agua potable	C/U	200.00							1,970.18	394,035.00
	1100201	Medidor domiciliar Diám = 1/2" de agua potable (Con caja de concreto y tapa y aro de Ho. Fo.		200.00	1,248.50	249,700.00	35.00	7,000.00	686.68	137,335.00	1,970.18	394,035.00
120		OBRAS DE REPARACIÓN										323,819.41
	12001	Otras obras de reparación	M ²	6,108.21							53.01	323,819.41
	1200101	Acarreo con camión y olquete de Arena de río a 20 Km (Incluye carga con equipo)	M³	90.99	0.00	0.00	408.42	37,162.46	0.00	0.00	408.42	37,162.46
	1200102	Extendido y nivelación de cama de arena para adoquinado de 5 cm.	M³	1,399.82	0.00	0.00	1.72	2,404.62	0.00	0.00	1.72	2,404.62
	1200103	Reinstalación de adoquinado resistencia = 5,000 PSI, Ancho = 0.22 m, Largo = 0.24 m, Alto = 0.10 m (Incluye calichado y 20 % adoquines nuevos)	M ²	1,399.82	41.82	58,542.25	31.18	43,639.58	21.63	30,272.20	94.62	132,454.03
	1200104	Compactación y vibración de adoquinado	M ²	1,399.82	1.52	2,127.73	29.10	40,735.09	0.00	0.00	30.62	42,862.81
	1200105	Concreto de 4000 PSI en Fundaciones (Con Mezcladora)	M³	12.00	3,259.08	39,108.92	278.45	3,341.38	5,540.43	66,485.17	9,077.96	108,935.48
130		LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA										96,673.85
	13001	Pedestal de Concreto de 2,500 PSI Ref. para placa conmemorativa	C/U	1.00	1,558.40	1,558.40	612.80	612.80	268.62	268.62	2,439.81	2,439.81
	13002	Placa conmemorativa de Aluminio de 0.65m x 0.42 m	C/U	1.00	2,350.00	2,350.00	140.00	140.00	405.06	405.06	2,895.06	2,895.06
	13003	Limpieza y Entrega Final	M2	6,956.51	0.00	0.00	13.13	91,338.98	0.00	0.00	13.13	91,338.98
COSTOS DIRECTOS											11652,410.80	
COSTOS INDIRECTOS (8%)											932,192.86	
IMPREVISTO (3%)											349,572.32	
SUB - TOTAL											12934,175.98	
UTILIDAD (8%)											1034,734.08	
SUB - TOTAL SIN IMPUESTO											13968,910.06	
IVA 15%											2095,336.51	
IM 1 %											139,689.10	
TOTAL CON IMPUESTOS											16203,935.67	

VIII PLANOS