Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Tecnología de la Construcción

“ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA COMARCA EL DIAMANTE, DEPARTAMENTO DE GRANADA”.

Trabajo de Taller Monográfico para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Scarleth Lucia Sandoval Ibarra
Carnet: 2008-23596

Br. Emily Gabriela Talavera Pérez
Carnet: 2008-24360

Tutor:

MSc. Ing. Guillermo José Acevedo Ampié

25 de mayo de 2023
Managua, Nicaragua

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN **1**
II. OBJETIVOS **2**
2.1. Objetivo general **2**
2.2. Objetivos específicos **2**
III. MARCO TEÓRICO **3**
3.1. Características socioeconòmicas y ambientales **3**
3.1.1. Estudio socioeconómico 3
3.1.2. Factores socioeconómicos 3
3.1.3. Población 3
3.1.4. Proyección de la población 4
3.1.5. Período de diseño 5
3.1.6. El clima 5
3.1.7. Geología 5
3.1.8. Geomorfología 6
3.1.9. Suelos 6
3.1.10. Medio abiótico y biótico 6
3.2. Estudios topográficos e hidrológicos **6**
3.2.1. Topografía 6
3.2.2. Perfil topográfico 7
3.2.3. Elaboraciòn de planos 7
3.2.4. Hidrología superficial y subterránea 8
3.2.5. Perforación de pozos 8
3.3. Sistema de agua potable **9**
3.3.1. Agua potable 9
3.3.2. Calidad y tratamiento de agua potable 9
3.3.3. Captación 10
3.3.4. Dotación del agua 10
3.3.5. Variaciones de consumo 11
3.3.6. Línea de conducción 11
3.3.7. Red de distribución 11
3.3.8. Almacenamiento 12
3.3.9. Estación y equipo de bombeo 12

3.3.10. Válvulas y elementos en la línea de conducción....13
3.3.11 Golpe de ariete....14
3.3.12. Programas de diseño....15
IV. DISEÑO METODOLÓGICO....16
4.1. Elementos del diseño de investigación....16
4.2. Área de estudio....17
4.2.1. Macro-localización....17
4.2.2. Micro-localización....18
4.3. Métodos para determinar las características socioeconómicas y ambientales 19
4.3.1. Características ambientales....19
4.3.2. Encuesta socio económica poblacional....19
4.3.3. Periodo de diseño....20
4.4. Métodos para la realización del estudio topográfico e hidrológico....21
4.4.1. Levantamiento topográfico....21
4.4.2. Método del estudio hidrológico e hidrogeológico....21
4.4.3 Perforación de pozo....22
4.5. Método para dimensionar el sistema de agua potable....23
4.5.1. Calidad de agua potable Norma CAPRE....23
4.5.2. Tratamiento y desinfección del agua....26
4.5.3. Captación....28
4.5.4 Prueba de bombeo....29
4.5.5. Dotación del agua....29
4.5.6. Variación de consumo....30
4.5.7. Presiones máximas y mínimas....31
4.5.8. Coeficiente de rugosidad....31
4.5.9. Velocidades permisibles en tuberías....32
4.5.10. Cobertura de tubería....32
4.5.11. Pérdidas en el sistema....32
4.5.12. Línea de conducción....32
4.5.13. Red de distribución....33
4.5.14. Tanque de almacenamiento....34
4.5.15. Equipo de bombeo....34
4.5.16. Golpe de ariete....35
4.5.17. Uso de EPANET....36

V. ANÁLISIS Y RESULTADOS 37
5.1. Características socioeconómica y ambientales de la zona 37
5.1.1. Aspectos sociales 37
5.1.2 Aspectos económicos 43
5.1.3 Aspectos políticos 44
5.1.4 Medio abiótico 45
5.1.5 Medio biótico 48
5.2 Estudio topográfico e hidrológico 49
5.2.1 Levantamiento topográfico 49
5.2.2. Elaboración de planos 50
5.2.3. Estudio Hidrológico superficial 51
5.2.4. Estudio Hidrológico subterráneo 53
5.3. Dimensionamiento del sistema de agua potable 56
5.3.1. Análisis de laboratorios calidad del agua 56
5.3.2. Tratamiento y desinfección del agua 56
5.3.3. Captación de la fuente de agua 57
5.3.4. Perforacion del pozo en el sitio del proyecto 58
5.3.5. Construccion y diseño del pozo 59
5.3.6. Pruebas de bombeo 60
5.3.7. Dotación y/o proyección de consumo 60
5.3.9. Variación de consumo 61
5.3.10. Tanque de almacenamiento 61
5.3.11. Línea de conducción 62
5.3.12. Línea red de distribución 63
5.3.13. Análisis hidráulico de la red 65
5.3.14. Perfiles de altura piezométrica y presión residual 65
5.3.15 Análisis del golpe de ariete para 20 años 66
5.3.16. Carga total dinámica 67
5.3.17. Equipo de bombeo 68
VI.CONCLUSIONES 70
VII. RECOMENDACIONES 71
VIII. BIBLIOGRAFIA 72
IX. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 73
X. ANEXOS 74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1 Macro-Localización 17
Figura 2 Microlocalización 18
Figura3 Mapa Hidroquímico 28
Figura 4 Distribución de la Población por Género 37
Figura5 Tipos de Piso por Vivienda 38
Figura6 Tipos de Paredes por Vivienda 38
Figura7 Tipos de Abastecimientos 39
Figura8 Percepción de la Calidad del Agua 39
Figura9 Tipos de Saneamientos 40
Figura10 Tipo de Disposición de Basura 40
Figura11 Percepción Costo de Transporte 41
Figura12 Percepción del Transporte Público 41
Figura13 Centros de Asistencia Médica 42
Figura14 Enfermedades más frecuentes 42
Figura 15 Grado de Escolaridad 43
Figura16 Actividades Económicas 44
Figura 17 Organizaciones donde participan los Miembros de la Comunidad el Diamante 44
Figura 18 Mapa Geológico de Nicaragua 46
Figura 19 Mapa Geológico de Granada y sus alrededores 47
Figura20 Levatamiento Topográfico 50
Figura21 Registro Histórico de Precipitación en la Estación inaa de Granada 52
Figura22 Mapa de Isofreáticas del Acuífero de Granada 54
Figura23 Mapa Hidrogeológico del Acuífero de Granada 55
Figura24 Mapa de Ubicación de Pozos Perforados y sitio Propuesto de Perforación 59
Figura 25 Perfil línea de Coducción Pozo - Tanque 63
Figura 26 Perfil línea Principal Tanque -Red 64
Figura 27 Perfil Línea Secundaria 64
Figura 28 Perfil Línea Terciaria 64
Figura 29 Perfil Altura Piezométrica CMH 2.5 66
Figura 30 Perfil Presion Residual CMH 2.5 66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1 Períodos de Diseños Económicos *20*
Tabla2 Parámetros Bacteriológicos *24*
Tabla3 Parámetros Organolépticos *24*
Tabla4 Parámetros Físico-Químicos *25*
Tabla5 Parámetros para Sustancias no deseadas *25*
Tabla6 Potabilización de agua y sus limitaciones *27*
Tabla7 Dotación del agua de acuerdo a su consumo *29*
Tabla8 Coeficiente de Rugosidad *31*
Tabla9 Distribución de alumnos por nivel educativo y horario *43*
Tabla10 Uso Pontencial del Suelo en el Municipio de Granada *48*
Tabla11 Variable Climatológica *51*
Tabla12 Inventario de Pozos Excavos y Perforados cercanos al Proyecto *58*
Tabla13 Parámetros Hidráulicos del Acuífero *58*
Tabla14 Proyección de la Población y Dotación *60*
Tabla15 Variaciones de Consumo de Galones por día *61*
Tabla16 Volumen del Tanque de Almacenamiento *62*
Tabla17 Resumen del Análisis del Golpe de Ariete para 20 años *67*
Tabla18 Resumen de la Carga Total Dinámica *68*

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1) Proyeccion de la población *4*
Ecuación (2) Tratamiento y Desinfeccion del agua *26*
Ecuación(3) Solución de concentración del agua *26*
Ecuacion(4) Consumo promedio diario *30*
Ecuacion (5) Consumo promedio total *30*
Ecuación(6) Consumo promedio día *31*
Ecuación(7) Consumo máximo hora *31*
Ecuación(8) Fórmula de Breese *33*
Ecuación(9) Fórmula de Hazen William *33*
Ecuación(10) Volumen del tanque de almacenamiento *34*
Ecuación(11) Caudal de Bombeo *35*
Ecuacion (12) Fórmula de la sobrepresion del gope de ariete *35*
Ecuación(13) Fórmula de la celeridad *36*
Ecuación(14) Carga total dinamica *67*
Ecuación(15) Caudal de bombeo *68*

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento indispensable en la vida de todo ser vivo, es por eso que el consumo de agua sanitariamente segura contribuye a la salud de las personas, desde que se extrae de la fuente de abastecimiento hasta que se consume, ya sea en un sistema público o domiciliar. Por ello es importante que se incorporen a las comunidades los sistemas de abastecimiento adecuados, para mejorar los hábitos higiénicos personales, domiciliares y comunales.

El estado es el principal responsable para garantizar el acceso al agua, ya que este derecho está contemplado en el marco jurídico de los derechos humanos, en el que se especifica que hay diferentes competiciones por el recurso hídrico, teniendo como prioridad el consumo humano sobre el uso industrial.

Una de las principales limitantes para el acceso al agua potable es la falta de atención del estado a las zonas rurales, en las minorías étnicas y grupos indígenas quienes tienen más dificultad para tener dignamente el derecho al agua y saneamiento.

El sector rural del país es el más afectado pues el acceso al agua potable no supera el 48%, según datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Esta situación afecta al 77% de los hogares que viven bajo condiciones de extrema pobreza los que no tienen acceso al líquido, sea por carencia de infraestructura adecuada o por servicio de mala calidad.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Realizar el estudio técnico de un sistema de agua potable en la comarca El Diamante, departamento de Granada.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar las características socio-económica y ambientales con el fin de obtener datos poblacionales en la zona de estudio.

- Desarrollar los estudios topográficos e hidrológicos en la implementación del sistema de agua potable identificando la ubicación de las redes de abastecimiento.

- Dimensionar el sistema de agua potable de acuerdo a los parámetros encontrados, obteniendo la propuesta más adecuada para la población.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Características socioeconòmicas y ambientales

3.1.1. Estudio socioeconómico

El estudio socio económico[1], cultural y ambiental es un informe técnico que reúne la información necesaria para caracterizar y conocer las condiciones en que viven las familias de la zona afectadas que sean objeto del estudio, así como el estado ambiental del territorio a ocuparse.

3.1.2. Factores socioeconómicos

Son aquellos que determinan las condiciones económicas de las familias tomando en cuenta una serie de datos que estos representan de toda una población para determinar la cantidad de servicios públicos, en materia de transporte, salud, vivienda, Igualmente, sirve para conocer otros datos importantes como el nivel de vida socioeconómico, el nivel de educación de la población, determinación de las tasas de crecimiento y mortandad.

3.1.3. Población

La proyección de la población[2] es un cálculo que refiere el crecimiento aproximado previsto en el número de habitantes de un lugar para un año futuro dado. Existen diferentes métodos para el cálculo de la proyección futura de la población a partir de modelos de crecimiento y lo recomendable es emplearlos según el modelo al que se ajusta el comportamiento de la población respecto del tiempo. Entre los métodos para proyectar la población se encuentran: www.cenepred.gob.pe/web/wpcontent

- Aritmético
- Geométrico
- Logístico
- Mínimos cuadrados (lineal, exponencial, logarítmico y potencial). (CENEPRED, 2016)

1www.cenepred.gob.pe/web/wpcontent/uploads/Guia_Manuales/Guia%20estudio%20SCA_RPZMARNM.

2 Normas Técnicas, Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001- 99)

3.1.4. Proyección de la población

Tasa de crecimiento geométrico este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija es el mayor uso de nicaragua. Se recomienda usar las siguientes tasas basándose en el crecimiento histórico.

- Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4%.
- Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%.
- Si el promedio de la proyección de población por los dos métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:
- Mayor del 4% la población se proyectará en base de 4%, de crecimiento anual.
- Menor del 2.5% la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5.

No menor del 2.5% ni mayor del 4%, la proyección final se hará basada en el promedio obtenido.

La población[3] a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema, la metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de población.

Según lo estipulado en la NTON 09 001-99 para proyectar la población se utiliza el método geométrico y que se expresa por la fórmula siguiente:

$$\mathrm{Pn} = \mathrm{Po}(1 + r)^n \qquad \textbf{(1)}$$

(Pn) Población futura: Representa el valor máximo de población a atender por el sistema en el tiempo.
(Po) Población base: Es la cantidad de población registrada en el inicio del proyecto

3 Normas Técnicas, Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001- 99)

(r) Tasa de crecimiento: Representa el comportamiento de crecimiento de una determinada población.
(n) Número de años del diseño**:** Es el valor registrado como vida útil del proyecto.

3.1.5. Período de diseño

Es el tiempo que la obra estará trabajando al 100% de su capacidad. El período de diseño, está ligado a los aspectos económicos, por lo que no se deben desatender los aspectos financieros y se debe determinar que períodos de estos componentes del sistema, que deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad. Los elementos del sistema deben construirse por etapas o de forma inmediata o cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema.

3.1.6. El clima

El clima es la estadística del tiempo atmosférico, medida durante un intervalo de 30 años una región cualquiera posee unas características hidrológicas especificas determinadas por su ubicación geográfica, su estructura geomorfológica y por la integración de diversos componentes meteorológicos que, al final describen su clima.

El clima es la integración de las fluctuaciones de los factores atmosféricos con la dinámica de los elementos bióticos y abióticos, físicos y químicos que considerados en un periodo de tiempo prolongado le confieren a un determinado territorio geográfico unas características que definen su carácter ambiental dicho de otra manera el clima representa las condiciones promedias que exhiben las variables atmosféricas de un área definida y las actividades del hombre. (IPPC,2015).

3.1.7. Geología

Es la ciencia natural que estudia la composición y estructura tanto interna como superficial del planeta Tierra y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico.

La geología[4] incluye ramas como la geofísica, la tectónica, la geología estructural, la estratigrafía, la geología histórica, la hidrogeología, la geomorfología, la petrología y la edafología, en este estudio se tomaran en consideración la geología regional y geología local.

3.1.8. Geomorfología

Es la rama de la geología y de la geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que las generan. El término geomorfología[5] proviene del griego: geos (Tierra), o morfeé (forma) y, logos (estudio, conocimiento).

3.1.9. Suelos

Se denomina suelo[6] a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física o química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre él.

Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico.

3.1.10. Medio abiótico y biótico

- **Medio abióticos [7]** : el clima (insolación, lluvia y temperatura), el suelo (composición, estructura y espesor), la geografía (altitud, latitud, orientación e inclinación de la ladera, cercanía de mares y océanos).
- **Medio bióticos**: la vegetación, los animales y microorganismos.

3.2. Estudios topográficos e hidrológicos

3.2.1. Topografía

4 Estudio ambiental y social documento de impacto ambiental 2017, pag40

5 Estudio ambiental y social documento de impacto ambiental 2017, pag42

6 Estudio ambiental y social documento de impacto ambiental 2017, pag52

7 Estudio ambiental y social documento de impacto ambiental 2017, pag55,56

La topografía (de topos, "lugar", y grafos, "descripción") es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales (planimetría y altimetría). Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de geodesia para áreas mayores.

3.2.2. Perfil topográfico

El perfil topográfico es una representación de tipo lineal, que permite establecer las diferencias altitudinales que se presentan a lo largo de un recorrido, de acuerdo con la regularidad que guarde la dirección de su recorrido, se les clasifica como longitudinales y transversales.

- **Perfil longitudinal**: es aquel en el cual se toma la misma dirección durante todo el recorrido, sin cambiar el rumbo.

- **Perfil transversal**: es la intersección del terreno con un plano vertical perpendicular al eje longitudinal y sirve para tomar la forma altimétrica del terreno a lo largo de una franja de nivelación.

3.2.3. Elaboraciòn de planos

El plano es el medio de expresión de las ideas del proyeccionista y representa, por medio de gráficos, lo que expresa parte de un proyecto. En éste deben estar explícitas las ideas y las soluciones planteadas de cada una de las partes de la obra.

Los planos muestran cotas, dimensiones lineales superficiales y volumétricas de todas construcciones y acciones que compartan los trabajos desarrollados por el proyeccionista demuestran las características del terreno, incluyendo datos como el tamaño, el ancho y el largo, las posibles inclinaciones, fallas en el terreno, entre otras variables.

3.2.4. Hidrología superficial y subterránea

- **La Hidrología Superficial**: es la ciencia que estudia las corrientes de agua que riegan la superficie de la tierra y su almacenamiento en depósitos naturales (cuencas, lagos, lagunas, ríos, etc.)

- **La Hidrología Subterránea**: es la presencia del agua en el interior de la corteza terrestre, Es decir es la ciencia en la que se incluyen los estudios del agua subterránea (acuíferos).

- **Cuenca hidrográfica**: es toda el área de terreno que contribuye al flujo de agua en un río o quebrada. También se conoce como el área de captación o área de terreno de donde provienen las aguas de un río, quebrada, lago, laguna, humedal, estuario, embalse, acuífero, manantial o pantano.

Las cuencas[8] endorreicas son aquella que terminan en un lago central y cuenca exorreicas son aquellas cuencas que drenan fuera de la unidad hidrológica.

Se denomina acuífero a una masa de agua existente en el interior de la corteza terrestre debido a la existencia de una formación geológica que es capaz de almacenar y transmitir el agua en cantidades significativas. Los acuíferos pueden ser libres o confinados.

3.2.5. Perforación de pozos

Una perforación es un hueco que se hace en la tierra, atravesando 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 de los estratos.

- **Perforación por percusión**: El método se basa en la caída libre de un peso en sucesión de golpes rítmicos dados contra el fondo del pozo.

8 HSS-2016-8 Planificación de Recursos

- **Perforación por rotación**: Estos equipos se caracterizan porque trabajan girando o rotando la broca, el sentido de la rotación debe ser el mismo usado para la unión o enrosque de las piezas que constituyen la sarta de perforación.

3.3. Sistema de agua potable

Un sistema de agua potable[9] consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde las fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta la vivienda de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema.

3.3.1. Agua potable

Se denomina agua potable o agua para el consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción para beber o preparar alimentos. Se puede producir agua potable a partir de cualquier fuente natural de agua como por ejemplo agua subterránea, lagos y ríos (agua superficial) o agua de mar.

3.3.2. Calidad y tratamiento de agua potable

- **La calidad del agua** establece un conjunto de condiciones, entendidas como los niveles aceptables que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado.

  El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente un agua exenta de organismos patógenos que evite 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.

- **El tratamiento de agua potable** es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o

9 https://delcampo.net.ni/file_bibli/ncal/NTON_09_003-99_ParaElDisenoAbastecimientoPotabiliazacionAgua.pdf

reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales conocidas como aguas negras.

La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final de todos los tiempos.

3.3.3. Captación

La captación es el proceso de obtención del agua de la fuente natural las más comunes son las aguas subterráneas (pozos) y las aguas superficiales (ríos y lagos regulado a menudo por embalses y presas, pero en ocasiones se utiliza el agua de mar previamente desalada).

Para definir cuál será la fuente de captación a emplear, es indispensable conocer el tipo de disponibilidad de agua en la tierra basándose en el ciclo hidrológico, las cuales existen.

- Aguas superficiales
- Aguas subterráneas
- Aguas atmosféricas
- Agua de mar

3.3.4. Dotación del agua

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas, se expresa en litros por persona por día.

La dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un número de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad; sin embargo, se necesita conocer de ante mano estos factores para calcular las diferentes partes de un proyecto.

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 de agua

3.3.5. Variaciones de consumo

Estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario, y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc.

Hay meses en que el consumo de agua es mayor en los países tropicales como en Nicaragua, sobre todo en los meses de verano. Por otro lado, dentro de un mismo mes, existen días en que la demanda de agua presenta valores mayores que el consumo promedio diario total.

3.3.6. Línea de conducción

Se entiende por línea de conducción al tramo de tubería que transporta agua desde la captación hasta el tanque de almacenamiento. Esta debe seguir en lo posible el perfil del terreno y debe ubicarse de manera que pueda inspeccionarse fácilmente para el mantenimiento.

La línea de conducción va directamente de la estación de bombeo al tanque de almacenamiento y luego este conecta a la red de distribución.

3.3.7. Red de distribución

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliares o puestos públicos la distribución puede ser de red abierta, o red cerrada o una combinación de ambos.

- **Redes abiertas o ramificadas:** Este tipo de red de distribución se caracteriza por contar con una tubería principal de distribución (la de mayor diámetro) desde la cual parten ramales que terminarán en puntos ciegos, es decir sin interconexiones con otras tuberías en la misma red de distribución de agua potable.
- **Redes cerradas o tipo malla**: En este tipo de red, se logra la conformación de mallas o circuitos a través de la interconexión entre los ramales de la red de distribución de agua potable.

En esencia, la escogencia por una red del tipo cerrado se limita a la conveniencia en cuanto a la operación de la red de distribución, pues generalmente la configuración más económica queda definida por la red del tipo abierto.

3.3.8. Almacenamiento

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, tienen como objetivos; suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua.

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 servicios aceptables en los puntos de distribución; en Nicaragua se utilizan dos tipos de tanques de almacenamiento, tanque sobre suelo y tanque elevados.

3.3.9. Estación y equipo de bombeo

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos tuberías y accesorios que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución, generalmente se emplean para pozos perforados, los que son de tubería de eje vertical y sumergibles, para su selección deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Fuente de abastecimiento de agua: superficial o subterránea.
- Lugar a donde se impulsará el agua: reservorio de almacenamiento o la red de distribución.
- Consumo de agua potable de la población y sus variaciones.
- Población beneficiada por el proyecto: actual y futura.
- Características geológicas y tipo de suelo del área de instalación de la estación de bombeo.

3.3.10. Válvulas y elementos en la línea de conducción

- **Válvula** en un sistema de agua potable se puede definir como un elemento mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante piezas móviles que abren o cierran, de forma parcial o total, el paso del fluido. En una línea de conducción está formado por diferentes partes detalladas a continuación.
- **Medidor o caudalímetro**: un instrumento para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico y suele colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido.
- **Válvula de aire**: Las ventosas o válvulas de aire tienen tres funciones claramente diferentes:
- **Admisión o entrada de aire**: La introducción de grandes cantidades de aire cuando la presión dentro de la tubería es inferior a la presión atmosférica es el caso de vaciado de tuberías, expulsión o salida de aire.
- **Expulsión o salida de aire**: La eliminación de grandes cantidades de aire cuando la presión dentro de la tubería es superior a la presión atmosférica es el caso de llenado de tuberías.
- **Purga:** La eliminación de pequeñas cantidades de aire que se acumulan en los puntos altos. Se produce durante el funcionamiento normal del sistema.
- **Manómetro**: Un manómetro de presión es un indicador analógico utilizado para medir la presión de un gas o líquido, como agua, aceite o aire.

- **Junta de expansión**: Las juntas de expansión son accesorios flexibles que se montan en las tuberías para absorber los movimientos causados por la vibración
- **Válvula de alivio rápido**: válvula de control de operación hidráulica, accionada por diafragma, que alivia las presiones en el sistema, cuando éstas se elevan por encima de un máximo predefinido.
- **Válvula de no retorno o check**: son muy utilizadas en tuberías conectadas a sistemas de bombeo para evitar golpes de ariete, principalmente en la línea de descarga de la bomba.

3.3.11 Golpe de ariete

El **golpe de ariete** ó **pulso de Zhukowski** (llamado así por el ingeniero ruso Nikolái Zhukovski) es, junto a la cavitación, el principal causante de averías en tuberías e instalaciones hidráulicas.

El golpe de ariete[10] se origina debido a que el fluido es ligeramente elástico (aunque en diversas situaciones se puede considerar como un fluido no compresible).

En consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento.

Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido.

10 Edmundo Varas B. y Hamil Uribe C. Ing. Agrónomo, Ing. Civil Agrícola INIA Quilamapu

3.3.12. Programas de diseño

- **Map Source**

El software MAPSOURCE es creado por el fabricante de GPS Garmin para poder pasar del GPS a la PC o viceversa Waypoints, Tracks (que ellos llaman caminos) o rutas.

- **AutoCAD**

AutoCAD está orientado a la producción de planos empleando para ellos los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo como color, grosor de las líneas y texturas tramadas.

- **Epanet**

EPANET es un simulador dinámico en período extendido para redes hidráulicas a presión del comportamiento hidráulico en redes de tuberías a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Elementos del diseño de investigación

El tipo de diseño de investigación a utilizar será de no experimental, porque no se hace manipulación de variables, más bien se aplica un conocimiento a un caso específico, en este caso la metodología de formulación y evaluación en la construcción del sistema de agua potable para la comunidad El Diamante.

La investigación es de tipo descriptiva porque este estudio busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, se medirá, evaluará o recolectará datos sobre la situación actual de la comunidad y sus principales problemáticas para ser estudiadas en un documento a nivel de factibilidad.

El universo de estudio que se identifica consistirá en las 43 viviendas que conforman la comunidad El Diamante, las condiciones socioeconómicas y los servicios que la población de la comunidad tiene.

Las fuentes de información del estudio son de dos tipos: primarias y secundarias.
Las fuentes primarias serán las familias de la comarca El Diamante.
Las fuentes secundarias serán datos de la Alcaldía de Granada, Ministerio de Salud, Sistema Nacional de Inversión Pública y otras instituciones.

4.2. Área de estudio

4.2.1. Macro-localización

La Comarca EL DIAMANTE pertenece al municipio de Granada y está ubicado a 45km de Managua, Capital de la República de Nicaragua; GRANADA está ubicada entre las coordenadas 11° 55’ de latitud norte y 86° 57’ de longitud oeste. Los límites del Municipio son Al norte: con el Municipio de Tipitapa (Dpto. de Managua) Al sur: con el municipio de Nandaime. Al este: con el municipio de San Lorenzo (Dpto. de Boaco) y el Lago de Nicaragua. Al oeste: con los Municipios de Tisma, Masaya, Laguna de Apoyo y el Municipio de Catarina

Figura1
Macro-Localización



Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Micro-localización

La comarca EL DIAMANTE está ubicado a 8 km de la Marina Mar Dulce teniendo acceso por medio de un camino de tierra; de la Marina Mar Dulce al mirador turístico de granada hay 4 km por medio de una carretera pavimentada para un total de 12 km, es decir de Managua hasta Granada existen 45 km y de Granada al área del proyecto hay 12 km siendo así tenemos un total de 57 km recorridos. *(Ver Figura № 2).*

El Municipio de Granada está conformado por 17 Comarcas y la Isla Zapatera: Malacatoya, El Pochote, San Antonio Tepeyac, Cauloa, El Hormigón, La Escoba,Los Malacos, La Fuente, El Guanacaste, La Laguna, Posintepe, Los Ranchones, El Capulín, Asese, Las Prusias, El Fortín, Mombacho. El área urbana del municipio está constituida por 110 barrios.

Figura 2
Microlocalización



Fuente: Elaboración propia

4.3. Métodos para determinar las características socioeconómicas y ambientales

4.3.1. Características ambientales

En el presente trabajo se delimitará el área de estudio se Indicará el punto de extracción respecto a la unidad hidrográfica delimitada del área de influencia de estudio. Se tomará en cuenta el mapa de la ubicación del sitio de extracción detallado a escala local. Las coordenadas deben ser proyectadas en el sistema UTM WGS-84 Zona 16N. Así mismo, se incluirá la ubicación política administrativa del área de estudio.

Por otro lado, se indicó el sitio de aprovechamiento que se encuentra dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y/o territorios de vulnerabilidad determinados por el ministerio del ambiente y los recursos naturales (MARENA).

Se tomó en cuenta los principales parámetros morfométricos de la unidad hidrográfica (parámetros de forma, relieve y sistema hidrográfico). Así como la geología, que incluye la geología local y regional como base de la investigación el ambiente estructural (fallas, fracturas, lineamientos y estructuras principales) el uso y el tipo de suelos presentes en el área de estudio, para la información meteorológica será necesario asegurar que los datos generados sean lo más confiables posibles. Toda esta información se obtuvo de manera conjunta con el instituto de estudios territoriales (INETER).

Para el uso de consumo humano se tomarán en cuenta los cálculos con base a las dotaciones establecidas en la NTON 09 001 99 (Norma técnica para el diseño de sistema de abastecimiento agua potable).

4.3.2. Encuesta socio económica poblacional

La elaboración de la encuesta constituye uno de los aspectos fundamentales para recopilar información y elaborar el estudio, la encuesta se realizó a base de un formulario en el cual dichos datos fueron procesados con el programa Excel para el procesamiento de la información y generar los datos gráficamente obteniendo una mejor interpretación de los resultados.

Se realizó una serie de preguntas básicas para obtener datos poblacionales casa por casa con el fin de obtener parámetros de crecimientos, sector caminos, sector transporte, sector salud, sector educación, características de las viviendas, agua y saneamiento, actividades económicas eso incluye agricultura ganadería, pesca, turismo, comercio, apicultura, construcción. (*Ver anexo-XIII Formato censo socioeconómico)*

La información de datos poblacionales se puede obtener de las siguientes fuentes de información tales como: censos nacionales de 1950, 1963 y 1995, INIDE y el MINSA y por encuestas elaboradas sino existe censo reciente.

Los resultados de las entrevistas y observaciones serán procesadas con el uso de técnicas de resumen, que permiten priorizar la información básica de interés para la redacción de este documento.

4.3.3. Periodo de diseño

En este estudio se determinará que períodos de estos componentes del sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad qué elementos del sistema deben construirse por etapas o de forma inmediata y cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema. (ver tabla N°1 de periodo de diseños económicos)

Tabla1
Períodos de Diseños Económicos

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: NTON 09 001-99

4.4. Métodos para la realización del estudio topográfico e hidrológico

4.4.1. Levantamiento topográfico.

Se realizó un levantamiento topográfico en toda la zona de estudio para obtener información del relieve del terreno y con herramienta de GPS se proyectaron sus linderos, con el fin de desarrollar las consideraciones técnicas para el análisis del diseño y determinar las posibles ubicaciones de las redes de conducción y distribución del sistema y ubicación del tanque.

El levantamiento topográfico que se utilizó en este estudio fue el levantamiento topográfico con nivel, el cual se posicionó la estación total con un punto de referencia topográfico con coordenadas y elevación conocida en este caso se utilizó un pozo inactivo como punto BM o punto de amarre ubicación del pozo Nº2 de la comarca El Diamante con latitud 585722 y longitud 1309468, se obtuvieron los datos y por último se procesaron los datos con el programa EPANET y AUTOCAD, para la generación de planos del estudio. (*Ver anexo-II).*

Una vez obtenido todos los datos levantados de campo, se procesó y se analizó por medio de programas computarizados tales como: Excel para el procesamiento de la información obtenida a través de la encuesta y AutoCAD para la producción de planos topográficos en formatos especiales.

Se establecieron los valores exactos de acuerdo a los parámetros encontrados, obteniendo la propuesta más adecuada de sistema de agua potable para la población.

Los datos del levantamiento topográfico se descargarán de estación total y procesarlos en el Programa AutoCAD.

4.4.2. Método del estudio hidrológico e hidrogeológico

En el estudio hidrológico contamos con la información brindada por INETER, se analizaron los datos y se implementaron en este estudio, tomando en cuenta la estación

meteorológica más cercana al área de estudio. La estación climatológica de INAA - Granada operada y administrada por INETER.

Esta estación tiene un registro que va desde 1971 hasta 2022, presentando la característica de tener registros climatológicos dispersos en el tiempo, los cuales no han sido registrados de forma continua; también carece de valores mensuales de evaporación y de otras variables.

Sobre la base de medidas de niveles piezométricas[11] hechas en junio 2011, se elaboró un mapa de isofreáticas. De este mapa se puede deducir que la dirección de flujo del agua subterránea es generalmente del oeste al este, es decir hacia el Lago de Nicaragua. En la mayor parte de la zona estudiada, se trata de un acuífero libre.

4.4.3 Perforación de pozo

En el presente estudio se pretende construir un pozo y se sugiere emplear un equipo rotativo con herramientas apropiadas para perforar en rocas suaves a duras; a través del método de perforación rotativa es un proceso prácticamente continuo, porque los recortes son removidos a medida que los fluidos de perforación circulan a través de la barrena y hacia la superficie.

Si durante la etapa de perforación se alcanza una formación sumamente consolidada, esta será considerada como tal cuando el avance de perforación sea inferior a dos (2) pies por turno de ocho (8) horas.

Los elementos a tomar en cuenta para la perforación de pozo son los siguientes:

- Muestreo de las formaciones
- Registros Eléctricos
- Revestimiento Ciego
- Tamices o rejillas
- Empaque de grava y material estabilizador
- Prueba de verticalidad y alineamiento

11 Véase Informe sobre estudio de Monitoreo y modelación del acuífero en la zona sur de la ciudad de Granada ENACAL-KFW,2011

- Desarrollo
- Pruebas de bombeo
- Muestreo de agua subterránea
    - Durante la perforación
    - Durante las pruebas de bombeo
- Acabado del pozo
    - Sello sanitario
    - Tubo de engrave
    - Facilidades para medir niveles
    - Base de concreto
    - Sello del revestimiento
    - Registros e informes

4.5. Método para dimensionar el sistema de agua potable

En el presente estudio de investigación de un sistema de agua potable[12] en la comarca El Diamante, departamento de Granada, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes, tomando en cuenta los criterios existentes en las normas rural (NTON 09 001 99) establecidos por el ente regulador de los sistemas de agua y saneamiento de nuestro país.

4.5.1. Calidad de agua potable Norma CAPRE

A continuación, se muestran las concentraciones máximas permisibles de los parámetros establecidos por el INAA para evaluar la calidad del agua, dichos parámetros han sido adoptadas de las “Norma Regional de Calidad del Agua Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana[13]– CAPRE.

12 Normas Técnicas, Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001- 99)

13 Norma regional de calidad del agua CAPRE

Tabla2
Parámetros Bacteriológicos

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máx. Admisible	Observación
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
	Coliforme total	Negativo	≤ 4	En muestras no Consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Negativo	≤ 4	En muestras puntualesno debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales
	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	

Fuente: Normas CAPRE

El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la E. coli. El análisis de coliforme total no es un indicador determínate de la calidad sanitaria de acueductos rurales.

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua siendo el cloro el más usado universalmente, por sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar las contaminaciones, también porque es una más económica y con mejor control y seguridad para obtener la desinfección del agua.

El cloro se encuentra puro en forma líquida o compuesta como hipoclorito de calcio el cual se obtiene como polvo blanco o en pastillas y el hipoclorito de sodio de configuración líquida.

Tabla3
Parámetros Organolépticos

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máx. Admisible
1. Color verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
2. Turbiedad	UNT	1	5
3. Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C
			3 A 25 °C
4. Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C
			3 A 25 °C

Fuente: Normas CAPRE

- Las aguas deben de ser estabilizadas de manera que no produzca efectos corrosivos e incrustante en tubería.

- Cloro residual libre.
- 5m/l en casa especiales para proteger a la población de brotes epidémicos.

Tabla4
Parámetros Físico-Químicos

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máx. Admisible
Temperatura	° C	18 a 30	
1. Concentración de iones hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5	
2. Cloro residual	mg/L	0.5 a 1.0	
3. Cloruros	mg/L	25	250
4. Conductividad	µS/cm	400	
5. Dureza	mg/L $CaCo_3$	400	
6. Sulfatos	mg/L	25	250
7. Aluminio	mg/L		0.2
8. Calcio	mg/L $CaCo_3$	100	
9. Cobre	mg/L	1	2.0
10. Magnesio	mg/L $CaCo_3$	30	50
11. Sodio	mg/L	25	200
12. Potasio	mg/L		10
13. Sólidos disueltos totales	mg/L		1000
14. Zinc	mg/L		3.0

Fuente: Normas CAPRE

Los pozos de extracción de agua se deben tomar muestras simples como mínimo cada dos años, con objeto de efectuar análisis físico, químico o bacteriológico del agua mátales pesados, entre otros según corresponda con el uso a q ha destinado.

Tabla5
Parámetros para Sustancias no deseadas

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máx. Admisible
1. Nitratos – NO_3-¹	mg/l	25	50
2. Nitratos – NO_2^{-1}	mg/l		-1
3. Amonio	mg/l	0.05	0.5
4. Hierro	mg/l		0.3
5. Manganeso	mg/l	0.1	0.5
6. Fluoruro	mg/l		0.7 - 1.5
7. Sulfuro Hidrógeno	mg/l		0.05

Fuente: Normas CAPRE

4.5.2. Tratamiento y desinfección del agua

Toda agua que se utilice para consumo humano debe someterse a desinfección[14]. Incluso la de origen subterráneo. En caso de acueductos rurales se utiliza para la desinfección el cloro en forma de hipoclorito, debido a su facilidad de manejo y aplicación.

El cloro usado nacionalmente para desinfección del agua puede ser como solución de hipoclorito de calcio una de las fuentes de obtención de cloro de mayor beneficio en el mercado, sus múltiples aplicaciones tanto a nivel industrial como comercial versus sus beneficios de estabilidad química, costos, rendimiento y fácil aplicación Lo convierten en el desinfectante por excelencia para potabilizar grandes volúmenes de agua. Usando la formula siguiente:

$$A = \frac{B.Q}{C.10} \quad \textbf{(2)}$$

Dónde:

A= Cantidad de solución diluida a agregar (ml/min).
B= Dotación de cloro igual a 1.5 mg/l.
Q= Consumo Máximo Día para cada año comprendido entre el periodo de diseño (l/min).
C= concentración de solución (1 %).

Una vez calculado la cantidad de solución diluida (ml/min) para una concentración del 1 % se procede a calcular los volúmenes comprendidos para día, mes o año, para luego calcular a una concentración del 12 % ya que es la concentración que ofrecen los mercados nicaragüenses, el cual se realiza con la siguiente relación:

$$V_1C_1, = V_2C_2 \quad \textbf{(3)}$$

Dónde:

V_1= Volumen de la solución al 1%
V_2 = Volumen de la solución al 12 %
C_1 =Concentración de la solución al 1 %
C_2=Concentración de la solución al 12 %

[14] Tratamiento y desafección de agua para consumo humano por medio de cloro, guía técnica (OPS/OMS)

Tabla6

Potabilización de agua y sus limitaciones

	Tecnología	Aplicación	Manejo	Costo	Limitantes
Filtración convencional	Filtros de arena	Sedimentos suspendidos, remoción media de bacterias y materia orgánica	Sencillo	Costo bajo de inversión en infraestructura y de manejo, costo elevado de terreno.	Remoción de 80-90% de bacterias y 60% de materia orgánica, requiere gran superficie
	Filtros de tierras Diatomáceas	Remoción de turbiedad y bacterias	Sencillo	Costo bajo de inversión, costo medio de mantenimiento	Útiles en caso de poca turbiedad y bajos conteos bacterianos, no retiene materia orgánica.
	Filtros de carbón activados	Remoción de materia orgánica y bacterias	Sencillo	Costo bajo de inversión y medio de mantenimiento	Generación de residuos continua renovación del filtro, no remueve bacterias ni nitrato
Desinfección	Cloro	Desinfección	Sencillo con medidas adicionales de seguridad	Costo bajo de inversión y medio de mantenimiento	Generación de subproductos
	Cloramina	Desinfección	Sencillo con medidas adicionales de seguridad	Costo medio de inversión y mantenimiento	Poder desinfectante limitado
	Ozono	Desinfección	Manejo complejo	Costo elevado de operación	Escaso por residual
	Luz ultravioleta	Desinfección	Operación y mantenimiento sencillo	Costo medio de inversión y operación	No previene recrecimiento, no genera poder residual
Filtros de membrana	Microfiltración	Remoción de sólidos disueltos algunas especies bacterianas	Operación sencilla	Costo moderado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana.
	Ultrafiltración	Remueve virus bacterias y materia orgánica	Manejo sencillo posible automatización	Costo elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana.
	Nanofiltración	Remueve virus bacterias y materia orgánica	Manejo sencillo posible automatización	Costo muy elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana.
	Osmosis inversa	Remueve virus bacterias, parásitos y materia orgánica e inorgánica		Costo muy elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana, requiere el manejo de salmuera

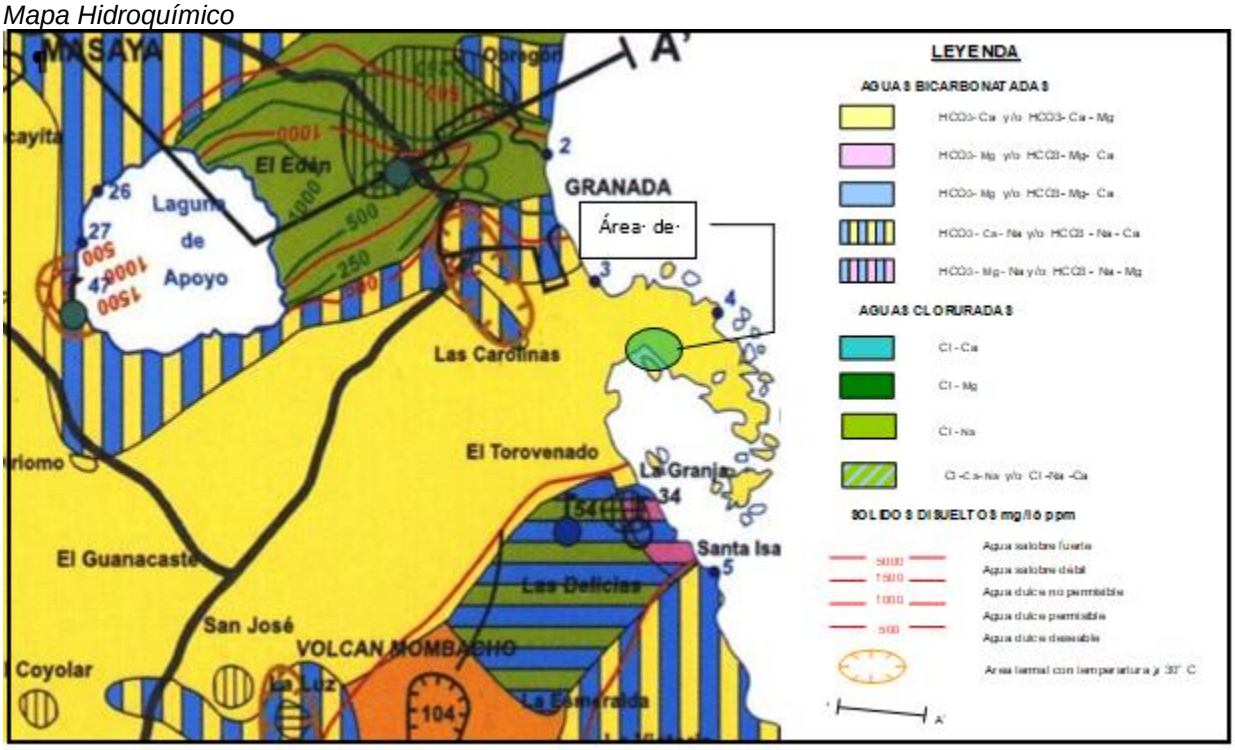
Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. María Teresa Leal.

4.5.3. Captación

En Nicaragua la calidad de aguas subterráneas predominan HCO_3-Ca, HCO_3-c-Mg y Cl-Na (Bicarbonatadas Cálcicas, Bicarbonatadas Cálcicas-Magnésicas y Cloruros-sódicas). En el sector de El Diamante, península de Aseses y alrededores, desde el punto de vista Físico-Químico con características predominantes HCO_3-Ca (Bicarbonatadas Cálcicas), encontrándose en el rango de Sólidos Disueltos (SD) de 500 mg/lt, clasificándose como agua dulce deseable, por tanto el agua presenta resultados excelentes y se estima que el agua es de buena calidad y apta para el consumo humano. (Ver figura. N° 3 Mapa Hidroquímico)

La selección de la fuente juega un papel importante para garantizar un servicio continuo y eficiente el cual tiene que suplir el día más crítico (Dia de máximo Consumo), aquí se define el caudal deseado, se diseña la línea de conducción de acuerdo a las características del terreno, se diseña una línea de conducción por bombeo, para la selección de diámetro de este tipo de línea se realizó un análisis técnico económico.

Figura3
Mapa Hidroquímico



Fuente: INETER-COSUDE, 1998

4.5.4 Prueba de bombeo

El objetivo de las pruebas de bombeo es determinar las características hidráulicas de los acuíferos como son: permeabilidad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento. Este tipo de pruebas estudian al acuífero mismo y al pozo, mas no a la bomba son llamadas tambien pruebas de acuifero. Cuando se planifican y llevan a cabo correctamente estas pueden proporcionar información básica para la solución de problemas locales y a un regionales sobre el fujo del agua subterránea.

De igual manera proporciona los datos necesarios para determinar la capacidad específica, la relación caudal-abatimiento, observar los niveles de recuperación del pozo despues de bombeo con el objetivo de seleccionar el equipo de bombeo adecuado.

4.5.5. Dotación del agua

Estableciendo la norma NTON 09 001-99 las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, deberán usarse los valores y porcentajes de consumo medio diario (domestico, comercial, publico e industrial) para el diseño del sistema de agua potable. (*Ver Tabla №7*).

Para sistemas el abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliares de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd. Y una población base de 2.5%.

Tabla7
Dotación del agua de acuerdo a su consumo

Consumo	**Dotación**	
	g/hab/día	**lts/hab/día**
Comercial	25	94.625
Público e Institucional	De acuerdo a desarrollo de población	
Industrial		
Consumo	**Porcentaje %**	
Comercial	7	
Público e institucional	7	
Industrial	2	

Fuente: NTON 09 001-99

4.5.6. Variación de consumo

El consumo no es constante durante todo el año, inclusive se presentan variaciones durante el día, esto hace necesario que se calculen gastos máximos diarios y máximos horarios, para el cálculo de estos es necesario utilizar coeficientes de variación diaria y horaria respectivamente.

- **Consumo promedio diario (CPD)**

El consumo promedio diario se obtiene mediante la población futura (Pn) multiplicado por dotación que se expresa de la siguiente manera:

$$\mathrm{CPD} = \mathrm{Pn} * \mathrm{Dotacion} \quad \textbf{(4)}$$

De aquí se deriva el consumo promedio diario total (CPDT) siendo esta la cantidad de pérdidas de agua que se contabiliza como fugas y/o desperdicios en el sistema, dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio. En el caso de Nicaragua, el porcentaje se fijará en un 20%.

$$\mathrm{CPDT} = (\mathrm{Pn} * \mathrm{Dotacion}) * 1.20 \quad \textbf{(5)}$$

Cuando se amerite, en función de los acueductos urbanos y/o rurales, en el cálculo del CPD se debe incluir los requerimientos de las instituciones públicas, establecimientos comerciales e industriales y en algunos casos para el consumo agrícola doméstico.

En las zonas rurales, en el inicio de la formulación del proyecto, se debe cuantificar los usos adicionales proyectados para el consumo y estos deberán respetarse en su vida útil para una operación segura del abastecimiento de agua.

- **Consumo máximo día (CMD)**

Representa el día de mayor consumo en el año, la demanda de agua varía con la estación y las horas del día. Las fluctuaciones son mayores en las comunidades pequeñas en comparación con las grandes, y en las zonas áridas que, en las húmedas, la expresión del consumo máximo día, se expresa de la siguiente manera:

$$\mathrm{CMD} = 1.5 * \mathrm{CP} \quad \textbf{(6)}$$

- **Consumo máximo hora (CMH)**

Es la hora de máximo consumo del día, algunas veces referida a la demanda de máxima hora (CMH), determina la capacidad del sistema de distribución y los reservorios de servicios.

$$\mathrm{CMH} = 2.5 * \mathrm{CPD} \quad \textbf{(7)}$$

4.5.7. Presiones máximas y mínimas

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

- Presión Mínima en la red: 5.0 metros
- Presión Máxima en la red: 50.0 metros

4.5.8. Coeficiente de rugosidad

Coeficiente de rugosidad (C) de Hazen -Williams para los diferentes tipos de materiales en los conductos.

Tabla8
Coeficiente de Rugosidad

Material del Conducto	Coeficiente de Rugosidad (C)
Tubo de hierro Galvanizado (Ho .Go)	100
Tubo de concreto	130
Tubo de asbesto cemento	140
Tubo de Hierro fundido (Ho. Fo)	130
Tubo plástico (PVC)	150

Fuente: NTON 09 001-99

4.5.9. Velocidades permisibles en tuberías

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar el principal problema que es el golpe de ariete y otros como erosión interna o sedimentación en las tuberías.

Los valores permisibles son los siguientes:

- Velocidad mínima = 0.4 m/s
- Velocidad máxima = 2.0 m/s

4.5.10. Cobertura de tubería

Para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo.

4.5.11. Pérdidas 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%.

4.5.12. Línea de conducción

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de un equipo de bombeo, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las perdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo.

Se diseña bajo la condición del consumo de máximo día, a finales del período de diseño, el cual resulta en aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario más las perdidas (CPDT).

Para determinar el diámetro puede aplicarse la formula siguiente, Breese (K= 1.15) o expresión de uso en los Estados Unidos de Norte América:

$$D = K\sqrt{\text{Qbombeo}}\ (\text{Breese}) \qquad \textbf{(8)}$$

$$\text{D} = 0.9\ (\text{Q})^{0.45}\ (\text{EE. UU})$$

Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción serán determinadas mediante el uso de la fórmula de Hazen–William:

$$\text{HF} = 10.646 * (\frac{\text{Q}}{\text{C}})\text{^}1.85 * \text{L/D}^{4.87} \qquad \textbf{(9)}$$

Donde:

Q: Caudal de CMD en [m^3/s] o [Gpm]

D: Diámetro en [m] o [pulg]

L: Longitud en [m]

H: Perdidas de carga [m/m]

C: Coeficiente de 150

4.5.13. Red de distribución

Se deberá diseñar para la condición de consumo máximo hora al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario, más las pérdidas. (CPDT).

El análisis hidráulico de la red de distribución se realiza mediante la fórmula de Hazen-Williams, obteniendo los cálculos a través del programa EPANET, utilizando un coeficiente de flujo (C) de 150 para las tuberías de PVC.

Se verificará que las velocidades permisibles estén comprendidas entre 0.4 - 2.0 metros/segundos para comunidades rurales y las presiones residuales deben comprenderse entre los 5 metros columna de agua y 50 metros columna de agua para comunidades rurales en cualquier punto de la red según lo normado por el ENACAL.

4.5.14. Tanque de almacenamiento

Considerando la topografía del terreno, se proyecta instalar un tanque sobre suelo con el objetivo de suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades a lo largo del período de diseño.
De acuerdo a la Norma NTON 09 001-99 la capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones siguientes:

- **Volumen compensador**

El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.

- **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 igual al 20% del Consumo Promedio Diario, de tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del Consumo Promedio Diario.

$$\text{Vol. Tanq. Almac.} = (15\%\text{vol. fluct} * \text{CPDT}) + (20\%\text{vol. res.} * \text{CPDT}) \quad \textbf{(10)}$$

4.5.15. Equipo de bombeo

Los distintos métodos de control de medición de una estación de bombeo que inyecta directo a red, son necesarios para poder determinar cómo funciona el método de regulación con el que se esté trabajando. Debido a las variaciones de caudal y presión de la red, suponiendo que la demanda no es constante y que se tienen fluctuaciones de presión y por ende caudal, resulta necesario poder medir uno de los parámetros o ambos

Se incluirá un 20% adicional al caudal de bombeo teórico, como factor de seguridad al momento de seleccionar la bomba, lo que es igual a un caudal de bombeo en la siguiente fórmula.

$$Caudal\ de\ bombeo: Qb\ =\ Q.CMD\ x\ 24\ /\ N \quad \textbf{(11)}$$

4.5.16. Golpe de ariete

Debido a la ubicación de la fuente de abastecimiento y el punto más elevado de las comunidades donde es necesario la ubicación del tanque para cumplir con las presiones mínimas establecidas se verificarán los efectos de sobrepresión transitorias producidas por “El golpe de ariete” provocada por:

- Interrupciones de energía eléctrica en las estaciones.
- Maniobras de cierre o apertura de válvulas de seccionamiento en la tubería de descarga que se realizan antes del paro o después del arranque de una bomba respectivamente.
- Por el arranque o paro de una bomba sin válvulas en la tubería de descarga, las fallas mecánicas en la misma bomba. (Mancebo del Castillo, 1987)

La línea de conducción se analiza para los efectos de sobrepresión que ocasiona el cierre de una válvula al final de la conducción, la presión total o presión máxima en la tubería será la suma de la carga estática sumada a la sobrepresión por ariete hidráulico para seleccionar la cédula de la tubería que debe corresponder a esa situación hidráulica. Para calcular la sobrepresión por golpe de ariete en la tubería se utilizará la siguiente formula:

$$G.A = \frac{C \times V}{g} \quad \textbf{(12)}$$

Dónde:

G.A: Sobrepresión (m.c.a)

C: Celeridad (m/s)

V: Velocidad (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

Se trabaja con la ecuación de Allievi para calcular la velocidad de propagación de la onda de sobrepresión, conocida como Celeridad:

$$C = \frac{9900}{\left[48.3 + \frac{K * D}{e}\right]^{0.5}} \quad \textbf{(13)}$$

Dónde:

C = Celeridad de la onda de presión (m/s)

D = Diámetro interno del tubo en (m)

e = Espesor de la tubería (m)

K = Coeficiente que tiene en cuenta el módulo de elasticidad del material del tubo.

4.5.17. Uso de EPANET

La red de distribución se analizó y diseñó hidráulicamente a través del programa computarizado EPANET V2.0. Atendiendo a la información topográfica que se levantó para este estudio.

Los datos requeridos por EPANET son: tuberías (longitud, diámetro y coeficiente de fricción), nodos (demanda, elevación), altura del tanque y dimensiones.

El programa EPANET produce los caudales, velocidades, pérdidas y presiones a cada nodo, se puede diseñar seleccionando la fórmula a utilizar ya que ofrece diferentes fórmulas de cálculo de pérdidas como son: Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning. En este estudio se utiliza la fórmula de Hazen-Williams.

Se ejecutó el comportamiento hidráulico en el cual se obtuvieron resultados de consumo de líneas y nodos de la red tales como: longitud, diámetro, rugosidad, caudal, velocidades, perdida unitaria, Cota y/o elevación topográfica, presión piezométrica, presión residual, demanda base y se analizara la red de distribución para simular el comportamiento dinámico del sistema en las condiciones críticas de funcionamiento, para garantizar un eficiente suministro de agua.

V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1. Características socioeconómica y ambientales de la zona

5.1.1. Aspectos sociales

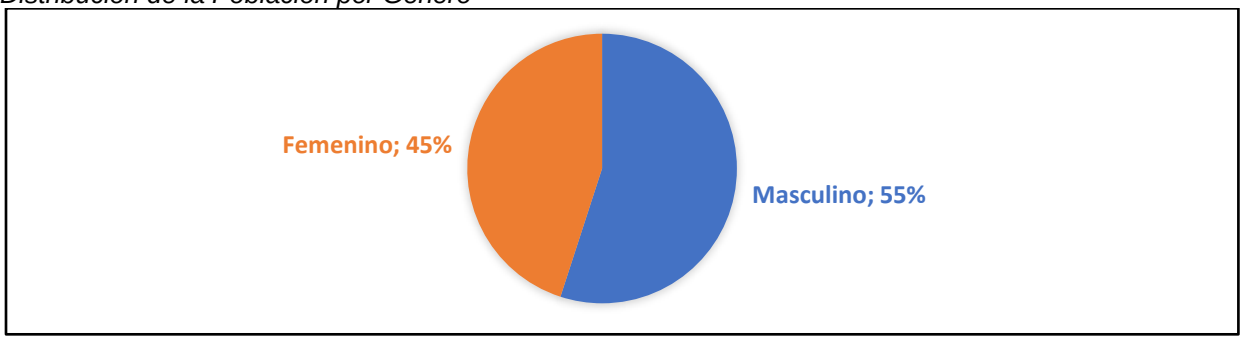
- **Población y vivienda**

De acuerdo a la encuesta poblacional que se realizó en Julio del año 2021 para este proyecto en la comarca El Diamante se determinó que habitan un total de 184 personas de las cuales 100 son del género masculino y 84 son del género femenino, distribuidas en 43 viviendas, con un índice ocupacional de aproximadamente 4 habitantes por viviendas.

Se consideraron los siguientes aspectos para obtener una base de datos y recopilar la información de la población por género, materiales de las viviendas, tipos de abastecimientos de agua, percepción de la calidad de agua, tipos de saneamientos, disposición de desechos, percepción costo trasporte público, salud, centro de asistencia médicas, actividades económicas.

En la comarca El Diamante, está localizada a 8 kilómetros del centro de la ciudad de Granada, cuenta con una población de 184 personas (según encuesta datos propios), compuesta de 55% población masculina y 45% femenino. (V*er figura № 4)*

Figura 4
Distribución de la Población por Género

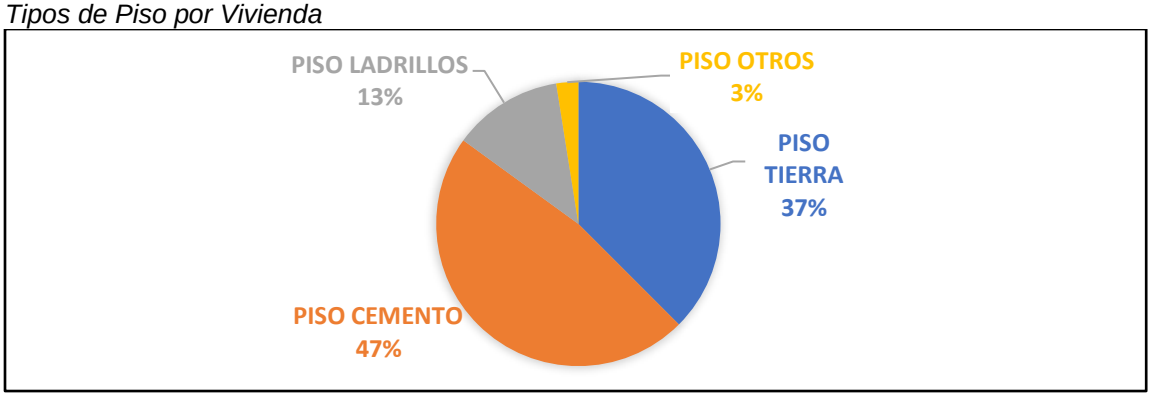


Fuente: *Elaboración propia*

De las 40 viviendas comprendidas en el área del proyecto, el 47% tienen piso de cemento (embaldosado), 37% piso de tierra, 13% piso de ladrillo y 3% de otro tipo de material

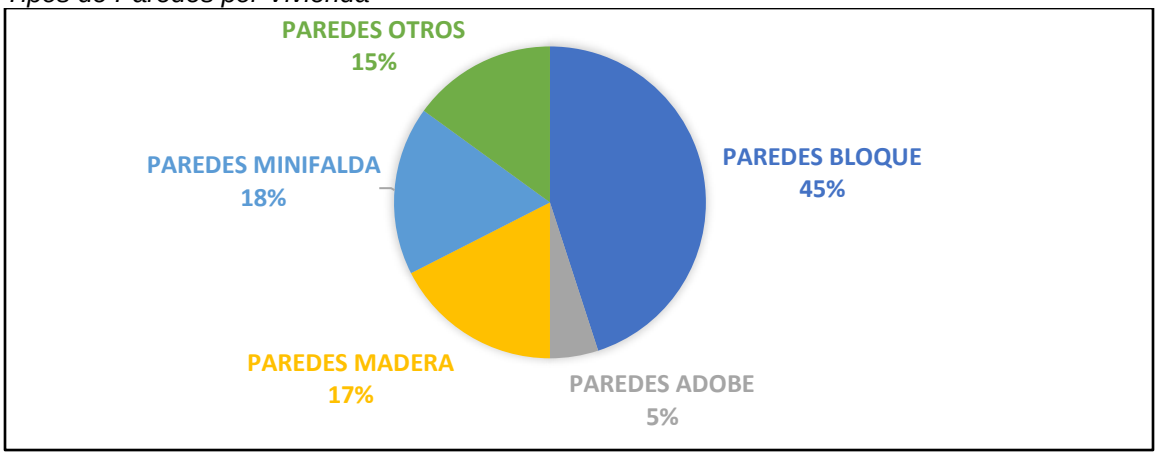
para piso (cerámica). Las paredes de las casas están hechas en un 45% de bloques, 18% mini falda (tabla + bloque), 17% de madera, 15% otros materiales (zinc, plástico) y un 5% de adobe. Los techos en su mayoría son de láminas de zinc. (*Ver figura № 5-6*).

Figura5
Tipos de Piso por Vivienda



Fuente: Elaboración propia

Figura6
Tipos de Paredes por Vivienda



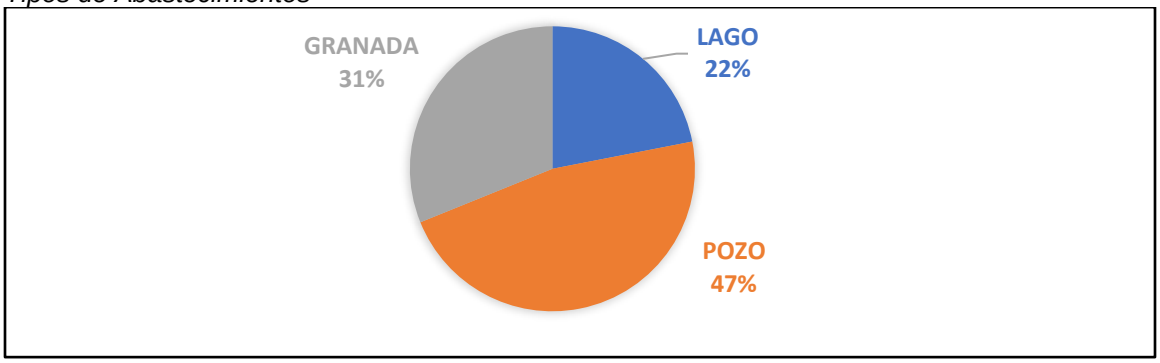
Fuente: Elaboración propia

- **Agua y saneamiento**

Actualmente en la comarca El Diamante, el 47% de la población se abastecen por medio de pozos excavados a mano, el 31% compra el agua en la ciudad de Granada o transportándola de una comunidad a otra y un 22% se abastecen del lago. (*Ver figura № 7*).

Figura7

Tipos de Abastecimientos



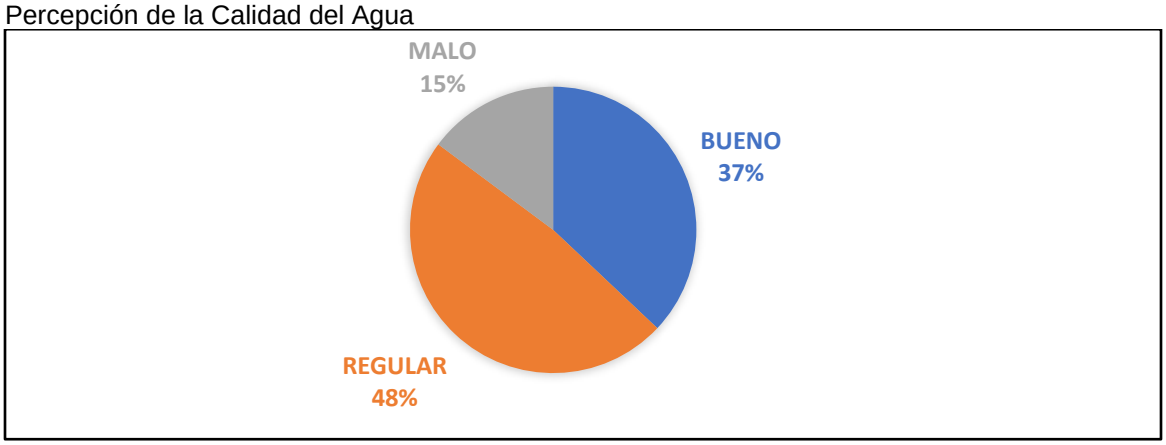
Fuente: Elaboración propia

En la distribución o uso del agua la población dice utilizar agua proviene del Lago de Nicaragua y de pozos excavados para lavar, regar, bañarse; y el agua proveniente desde Granada la consumen para beber y cocinar.

Con respecto a la calidad del agua de pozo según percepción de los pobladores; un 48% dicen sentirla regular, un 37% expresa bueno y un 15% confirma que el agua es de mala calidad, sin embargo, en ninguna información recopilada en encuesta se brinda testimonio o información de análisis de calidad de agua suministrados por laboratorio competente en el país; por lo tanto; estos datos son en base a características relacionadas con el sabor, olor y color. (*Ver figura № 8*).

Figura8

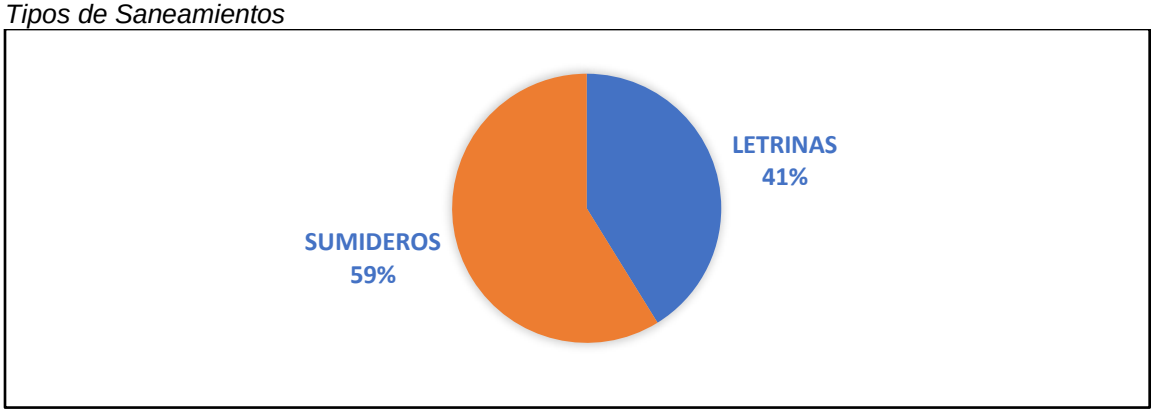
Percepción de la Calidad del Agua



Fuente: Elaboración propia

El 100% de las viviendas cuenta con algún tipo de saneamiento, según encuesta el 41% de las viviendas cuenta con letrinas y un 59% sumideros encontrándose estos en un buen estado. (*Ver figura № 9*).

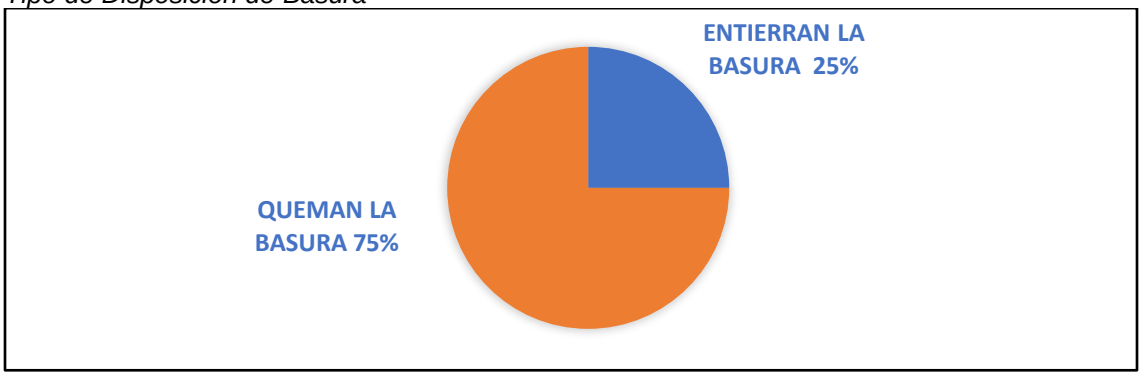
Figura9
Tipos de Saneamientos



Fuente: Elaboración propia

Con la disposición de la basura en la comunidad no existe servicio de recolección, por tanto; esta es atendida por cada familia en cada una de las viviendas, utilizando parte de su propiedad para quemar o enterrar la basura convirtiéndose estos en basureros ilegales y ocasionando así enfermedades perjudiciales para la salud. (*Ver figura № 10*).

Figura10
Tipo de Disposición de Basura



Fuente: Elaboración propia

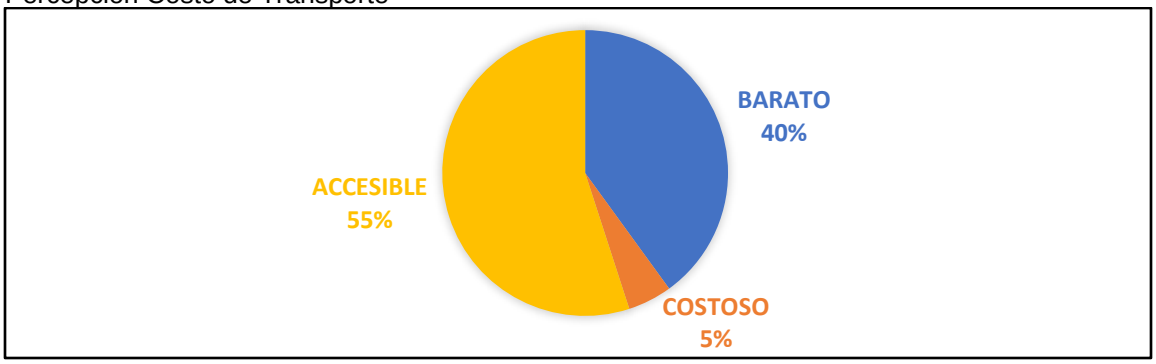
- **Servicios públicos**

El acceso por el transporte público a la comarca está limitado a dos horarios para llegar y salir, la llegada a las 9 de la mañana y la salida a las 2 de la tarde. No cuentan con servicio de ambulancia y para emergencias se debe recurrir al servicio de taxi, los cuales

cobran cantidades exorbitantes para la economía de los habitantes de la comarca y es por tal motivo que el 70% de la población aduce que el transporte público que entra a La Comarca funciona regular.

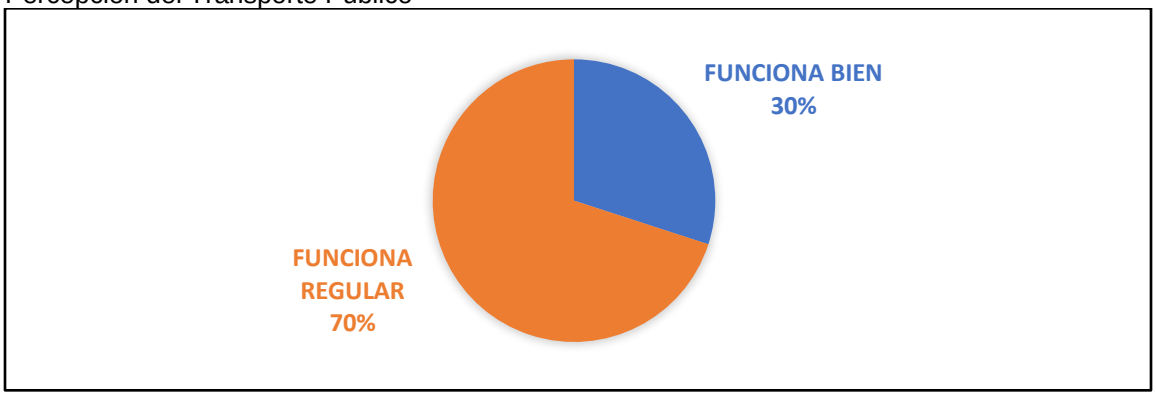
Con respeto al costo del transporte un 55% opina que es accesible, ellos expresan que a como se encuentra el precio de la gasolina ven justo el valor que pagan para entrar a La Comarca ya que el transportista se arriesga a que el bus se le dañe por el mal estado en que se encuentra el camino de acceso, y deben incurrir en gastos para cambios de llantas y mantenimiento del transporte. (*Ver figura № 11-12*).

Figura11
Percepción Costo de Transporte



Fuente: Elaboración propia

Figura12
Percepción del Transporte Público



Fuente: Elaboración propia

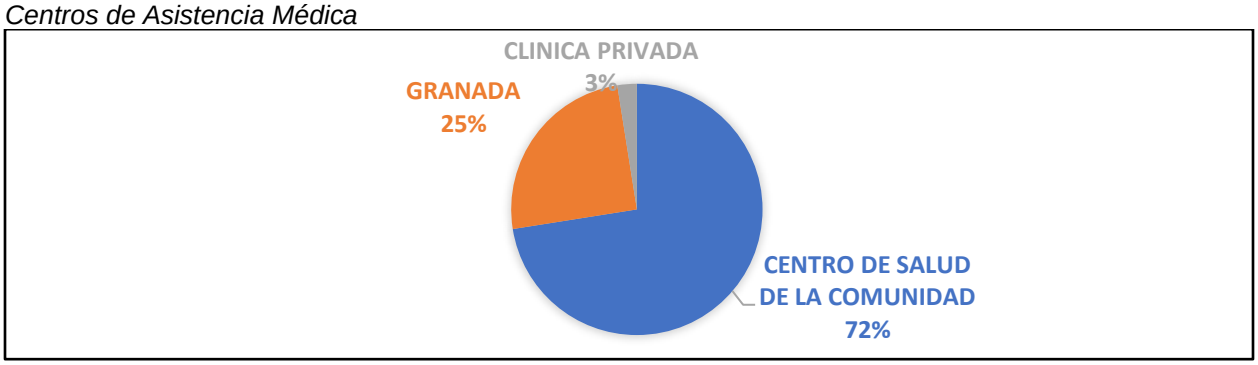
- **Salud**

En el área de la atención médica, la comunidad cuenta con un centro de salud, entre los servicios que se brindan están controles prenatales, planificación familiar, atención

general e infantil. La atención médica se ve afectada por el deficiente sistema de transporte público. Esto se refleja en la asistencia de los médicos, los cuales tienen problemas para llegar a prestar el servicio a la comunidad. En la mayoría de los casos, se ven obligados a llegar tarde y terminan la jornada muy temprano o no llegan a laborar.

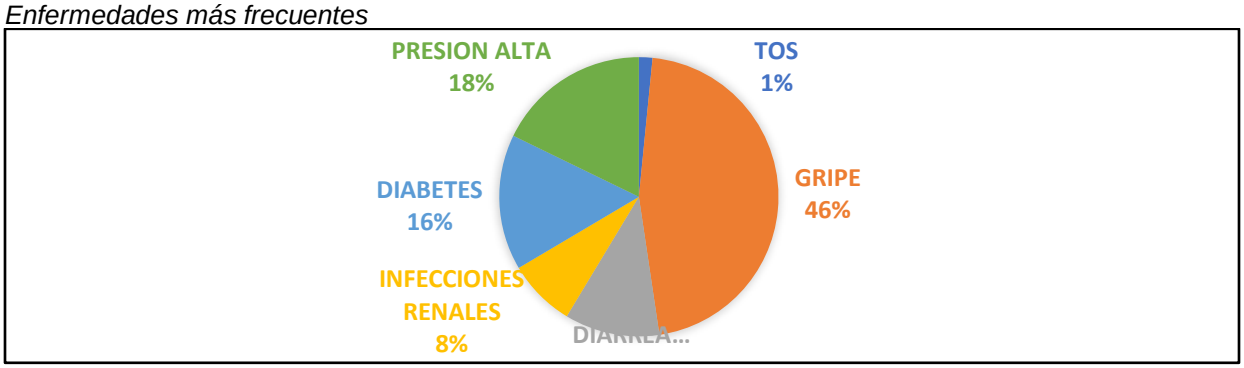
Aún con todas estas dificultades, el 72% de la población asisten al centro de salud y el 25% recurre al hospital “Amistad Japón-Nicaragua” en la ciudad de Granada y solamente un 3% asiste a una clínica Privada. (*Ver figura № 13-14*).

Figura13
Centros de Asistencia Médica



Fuente: Elaboración propia

Figura14
Enfermedades más frecuentes



Fuente: Elaboración propia

- **Energía Eléctrica**

La comarca EL DIAMANTE cuenta con servicio domiciliar de energía eléctrica, servicios de telefonía celular y canales de televisión nacional.

- **Educación**

En el sector educación existe en la comarca la escuela pública “Pedro Joaquín Chamorro” esta cuenta con 6 aulas para capacidad de 300 alumnos a nivel de educación preescolar, primaria y secundaria, dos turnos matutino y vespertino. Este centro brinda formación escolar a jóvenes aledaños y propios de la comarca. (*Ver tabla № 9*).

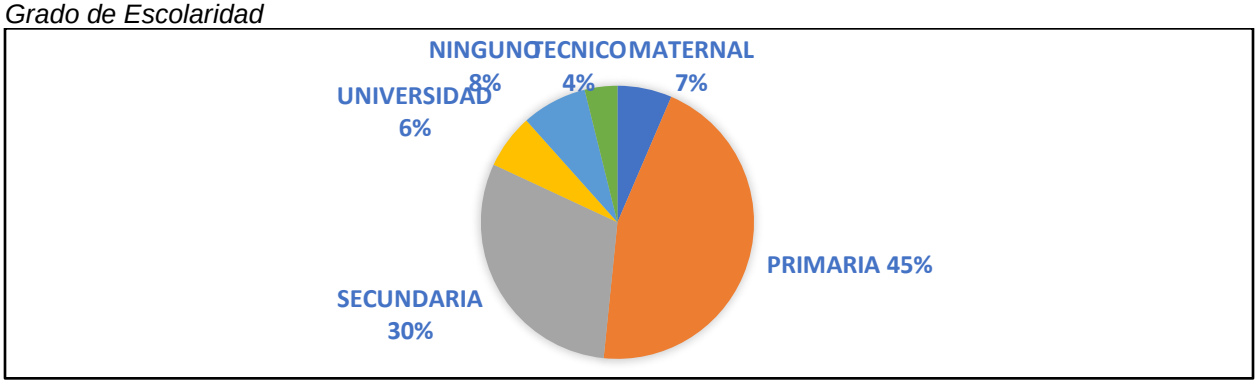
Tabla9
Distribución de alumnos por nivel educativo y horario

Cantidad de alumnos	Nivel de educación	Turnos
50	Preescolar	Matutino
160	Primaria	Matutino
90	Secundaria	Vespertino

Fuente: Elaboración propia

El 45% de la población cursa la primaria, el 30% cursa la secundaria, el 6% está en la educación superior, el 4% cursan educación técnica y un 8% no están en ninguna de las modalidades del sistema educativo de Nicaragua. El 7% restante son niños en edad maternal (menores de 4 años). (*Ver figura № 15*)

Figura 15
Grado de Escolaridad

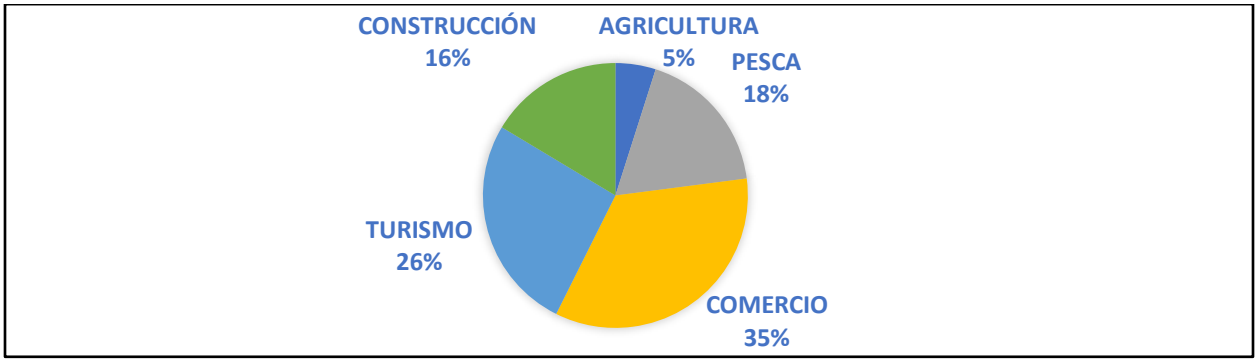


Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Aspectos económicos

La actividad económica se divide de la siguiente manera; 35% comercio, 26% turismo, 18% pesca, 16% construcción, 5% agricultura (*Ver figura № 16*).

Figura16
Actividades Económicas



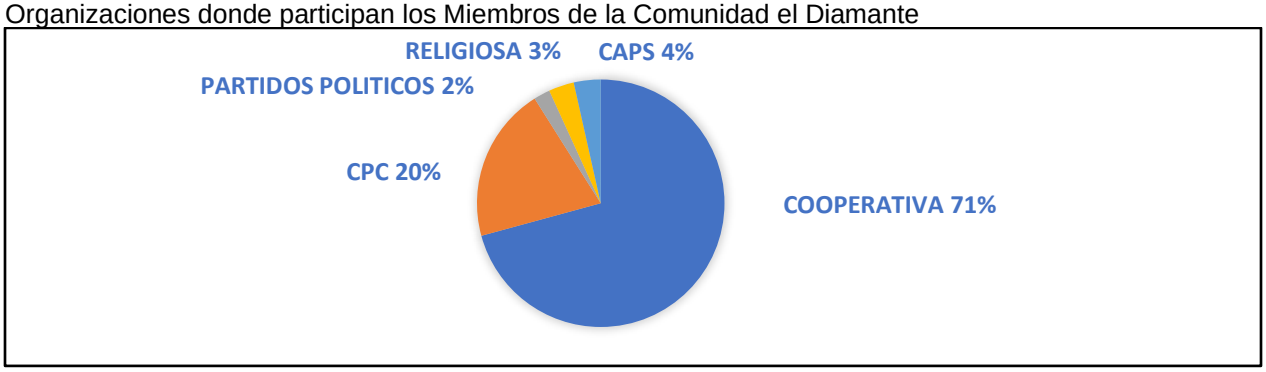
Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Aspectos políticos

Los pobladores de la comunidad de El Diamante, están organizados en diversas Instituciones del tipo no gubernamental, principalmente por el abandono de las Instituciones del Estado de Nicaragua, los cuales no toman en cuenta a dicha comunidad en los planes de desarrollo de infraestructura vial y de saneamiento. Las únicas Instituciones de Gobierno que tienen presencia son el MINSA con un centro de salud y el MINED con una escuela.

Las principales organizaciones en las que se aglutina la población son del tipo religioso, cooperativas, ONG dedicados a la capacitación en temas de salud, género, empoderamiento, etc. (*Ver figura № 17*).

Figura 17
Organizaciones donde participan los Miembros de la Comunidad el Diamante



Fuente: Elaboración propia

Los principales problemas ambientales de la zona son la deforestación, falta de recursos humanos especializados y financieros para ejecutar acciones, falta de educación, falta

de aplicación de leyes ambientales, contaminación de playas y recursos lacustres por desechos líquidos y sólidos (descargas de aguas negras de lagunas de oxidación de la ciudad de Granada hacia el lago), industrias, urbanizaciones y lotificaciones.

5.1.4 Medio abiótico

- **Geología regional**

Las rocas más próximas o que circundan el área del proyecto son rocas del grupo volcánica de Apoyo, volcánico del Mombacho y formación las sierras, el cuaternario se presenta en todo lo que es la región afloran en forma residual y coluvial, compuesto por bolones, arena, grava, limo y abundante arcilla.

- **Geología local**

La comunidad El Diamante es parte de una península y archipiélago que sobresalen hacia el Lago Cocibolca, al sur de la ciudad de Granada, al pie del volcán Mombacho.

Se localiza en el lado este de la cadena volcánica relacionada con la zona de subducción, la cual va de noroeste a sureste a lo largo del pacífico de Nicaragua, paralela a la zanja que marca el límite entre las placas convergentes de Cocos y Caribe.

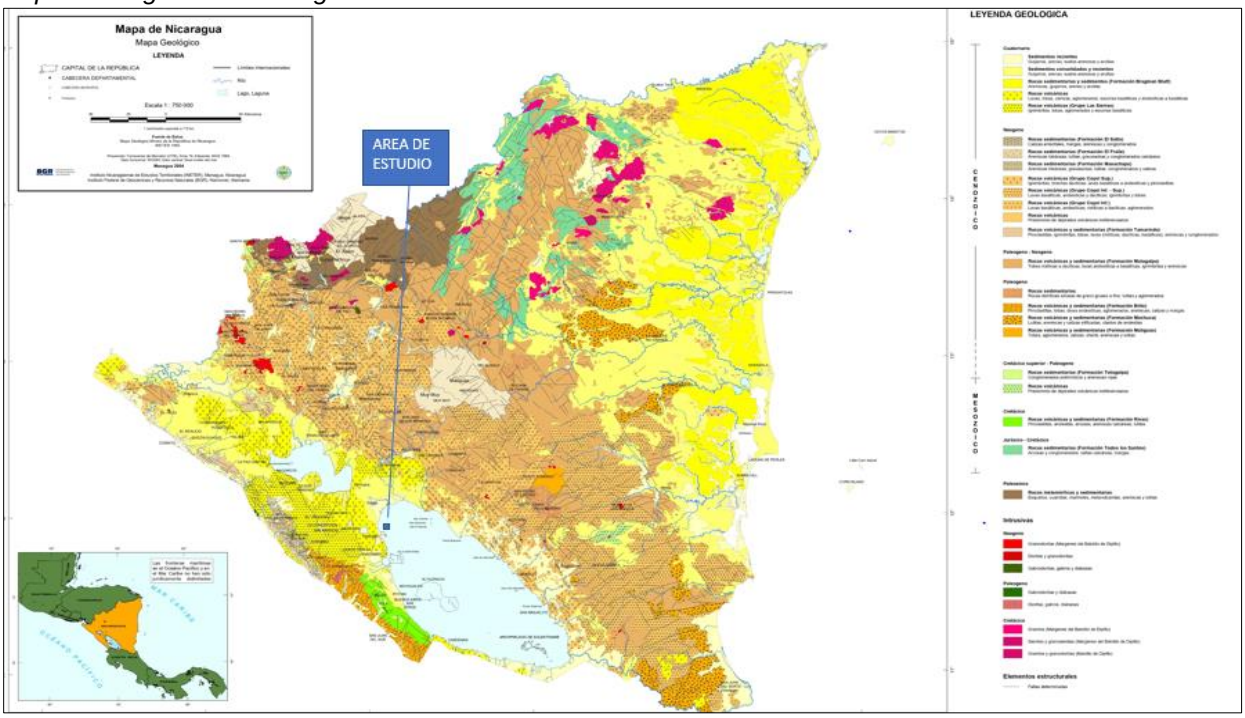
Esta es una zona tectónicamente activa y tiene una de las tasas más altas de convergencia de placas en el mundo, con un aproximado de 9 cm./año, produciendo altos niveles de actividad sísmica y volcánica. Al igual que otras zonas de subducción, Nicaragua tiene varios tipos diferentes de volcanes incluyendo estratovolcanes, volcanes compuestos, calderas y conos cineríticos con variadas composiciones.

El volcán Mombacho es un estratovolcán de 1,344 metros andesítico y basáltico que se considera en estado latente, aunque tiene actividad de fumarolas cerca de su cima. El sitio en cuestión se encuentra en el borde de la depresión central de Nicaragua, una fosa llenada por aluviones que se localiza al Noreste de la cadena volcánica. La proximidad de la península y el archipiélago al volcán Mombacho, como se muestra en la imagen satelital de abajo, es una buena pista acerca de su origen.

Las principales unidades geológicas reconocidas desde la más antigua a la más reciente son las siguientes:

- Lavas de apoyo
- Grupo de la sierra
- Cuaternario volcánico de apoyo
- Cuaternario volcánico del Mombacho
- Sedimento cuaternario aluviones

Figura 18
Mapa Geológico de Nicaragua



Fuente: INETER, departamento de geología aplicada 2023

- **Geomorfología**

El municipio de Granada se extiende hacia el norte por una larga franja, paralela a la costa lacustre de tierras bajas y anegadas formando pantanos o ciénagas y lagunetas.

En el Municipio se levanta el importante macizo Mombacho, con una altura de 1,344 mts² la máxima del departamento el terreno del Municipio está formado por la superposición de materiales volcánicos, como resultado de la explosión de apoyo y las más antiguas erupciones del Mombacho.

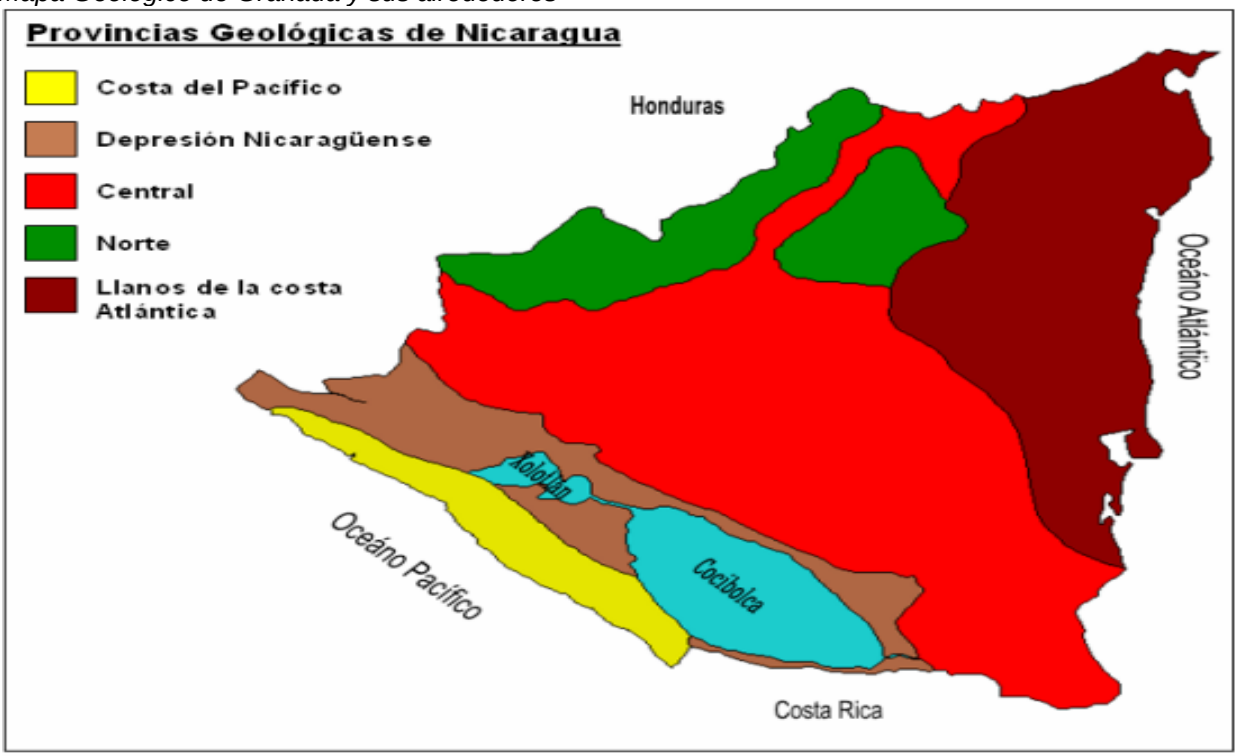
- **Geomorfología local**

De los antecedentes geomorfológicos antes expuestos, el área de la comarca El Diamante y sus alrededores más inmediatos pertenecen a la provincia geomorfológica conocida como provincia geológica de graben o depresión nicaragüense, esta se extiende en dirección norte-oeste, desde el golfo de Fonseca hasta la frontera con Costa Rica, encajada en las dos estructuras más elevadas el anticlinal de Rivas por el oeste y las tierras altas del interior por el este.

Estas son de origen predominantemente cuaternario, donde las elevaciones oscilan entre los 31 y 50 msnm, relativamente el terreno es bastante plano. (*Ver figura № 19*)

Figura 19

Mapa Geológico de Granada y sus alrededores



Fuente: Provincias geológicas nicaragüenses (Hodgson, V.G. 1998)

- **SUELO**

El uso agrícola suma más de 17,343 mz, y se representa el 20% del total del municipio mientras el uso pecuario es del 63% con 52,855 mz, en síntesis, existe un total del 71,198 mz, aptas para actividades agropecuarias. (*Ver tabla N°10*).

Tabla10
Uso Pontencial del Suelo en el Municipio de Granada

Uso potencial del Municipio de Granada	uso en Mz	%
Amplio	15,526	18.47
Amplio perenne	1,817	2.16
Limitado	34,356	40.87
Muy Limitado	18,499	22
Forestal	12,553	14.93
Restringido	1,321	1.57
Total	**84,072**	**100**

Fuente: INETER departamento de suelo 2020.

5.1.5 Medio biótico

En el municipio la fauna y la flora es muy variada, dependiendo de los ecosistemas. Granada Posee hermosos y variados paisajes, algunos de los cuales son considerados áreas protegidas entre estas tenemos:

Laguna de Tisma: Área conformada por 10,995 ha. propicia para la conservación de sitios de descanso para aves migratorias que llegan desde EE.UU. como palomas de alas blancas, palomas llanera y especies como flamingos y pelicanos.

Laguna de Apoyo: Cuenta con 3,500 ha. presenta excelentes sitios escénicos y constituye una potencial área de miradores.

Volcán Mombacho: Tiene un área de 2,487 ha. y un gran potencial para la recreación e investigación de la flora y la fauna existente en el lugar.

Isla Zapatera: Con un área de 5,227 ha. es de gran atracción para el turismo de aventura y cultural por considerarse cuna de sitios arqueológicos.

Rio Maneras: De gran riqueza pesquera, corre sobre el límite municipal sur drenando sus aguas en el Gran Lago.

- **Flora**

La flora del municipio de gran riqueza y variedad por las diversas condiciones de paisaje que lo conforman, caracterizando una zona norte de condición muy plana y la zona sur

topografía abrupta. Al norte del municipio la vegetación compuesta por bosques secos y matorralosos, hacia el sur el paisaje cambia a bosque tropical semi-húmedo en las laderas y pie del volcán Mombacho y bosques húmedos y nebliselva en la cúspide del mismo, donde crecen exóticas orquídeas, helechos, musgos y bromelias. El volcán Mombacho contiene también espesos bosques donde se puede encontrar el árbol departamental la Ceiba.

En el área del proyecto se puede apreciar un bosque tropical semi-húmedo donde se observan arboles de primera y segunda generación, afectados por las rozas y quemas para agricultura artesanal y como bosque de galería en la orilla del lago.

- **Fauna**

En el municipio se cuenta con una fauna variable e interesante como: tigrillos, halcones, loros, patos y una amplia muestra de aves acuáticas. En el volcán Mombacho se pueden encontrar los monos congos y la única salamandra de la región del pacifico.

La fauna acuática es muy abundante. En el lago se pesca gaspar, chulines, gavinas, varias especies de guapotes, mojarras, róbalo, machacas, sardinas, también se encuentran el lagarto negro y los cuajipales.

5.2 Estudio topográfico e hidrológico

5.2.1 Levantamiento topográfico

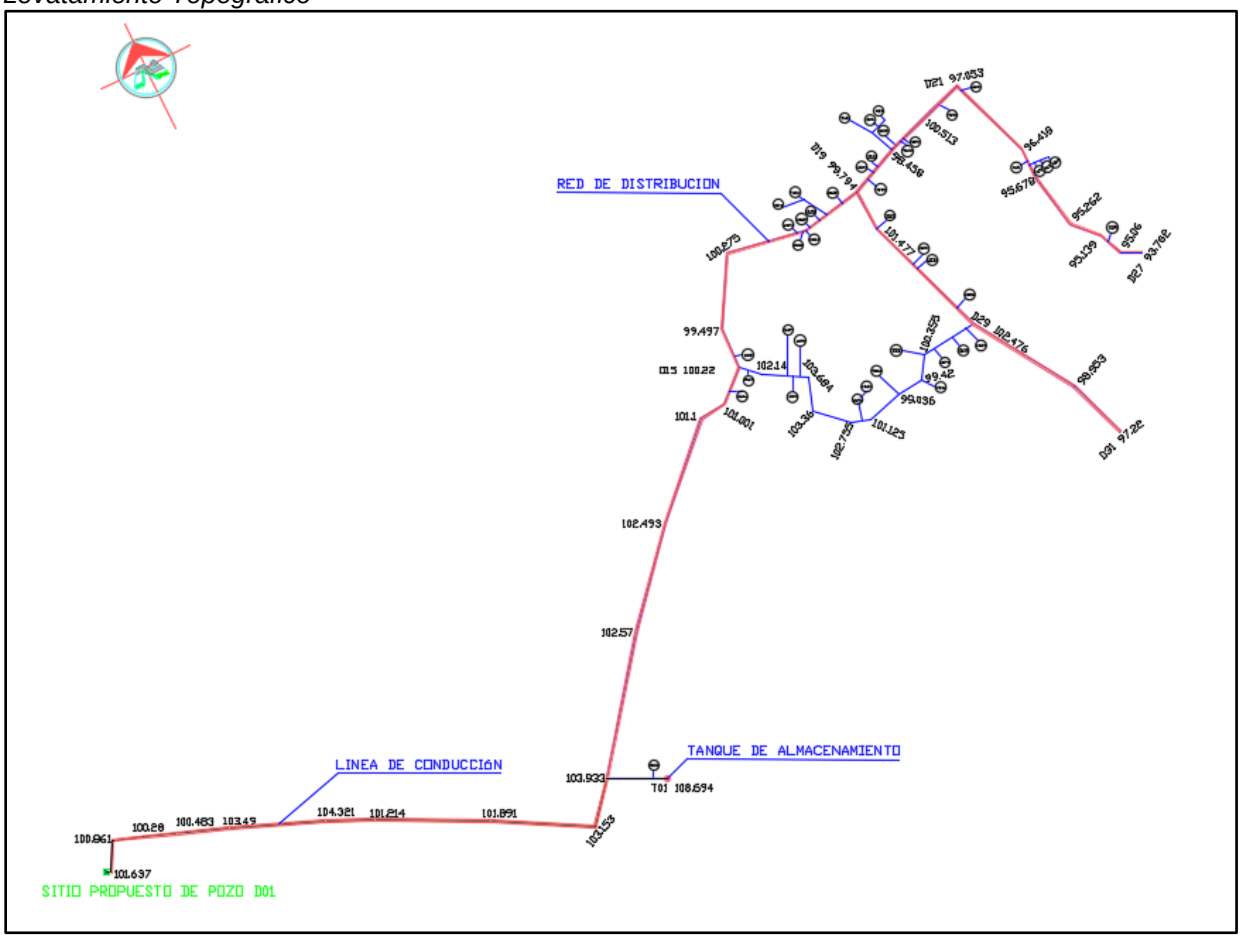
El terreno donde se localiza EL DIAMANTE es bastante plano y se encuentra entre 31-50 metros de altura sobre el nivel del mar, asentado sobre rocas cuaternarias volcánicas del grupo lávico, consistente en rocas volcánicos recientes depositadas en aguas someras, es un área evidentemente agrícola, en dirección al volcán Mombacho las elevaciones son mayores el cuerpo de agua superficial más cercano es el Lago de Nicaragua el cual bordea el costado sur del área de estudio, se encuentra en la parte este de la descarga de las aguas subterráneas que bajan del Mombacho.

El terreno, donde se suministró de agua a la población, presenta pendientes que oscilan de 1-5 %, que se extiende hacia la costa del lago. La topografía favorece la adaptación de la infraestructura a construirse, lo que representa una ventaja para el proyecto.

En el *anexo I* se presenta la hoja de campo y plano del levantamiento topográfico por medio de GPS y en la *figura Nº 20* el levantamiento topográfico en AutoCAD.

Figura20

Levatamiento Topográfico



Fuente: elaboración propia

5.2.2. Elaboración de planos

Con la elaboración de planos topográficos en el área de estudio, fue posible visualizar las ubicaciones de las obras civiles, conexiones domiciliares, caminos o accesos de entrada y salida del área y el levantamiento para las líneas de conducción y red de distribución.

En el *anexo-II* se presenta en planta el esquema general del sistema de agua potable, desde la estación de bombeo, la línea de conducción, ubicación del tanque de abastecimiento, la red de distribución para los usuarios que son beneficiados en el

proyecto, utilizando la herramienta Google Earth para una mejor comprensión de su ubicación espacial.

5.2.3. Estudio Hidrológico superficial

En la información solicitada y suministrada por el INETER de estudios precedentes realizados en la zona, se encuentran registradas variables de evaporación, velocidad de viento, precipitación; humedad, temperatura; etc. (*Ver tabla N°11*).

Tabla11
Variable Climatológica

Media (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación	4.67	1.08	2.25	15	161.25	245.75	167.33	210.66	297	264.75	75.25	17.25	1459.25
Temperatura media	27.5	28	29	30.1	29.8	28.4	27.9	28.1	27.7	27.9	28	27.7	28.2
Evaporación del tanque	235.08	258.92	314.83	315.5	274.83	180.83	186.58	188.83	162.75	170.83	175.17	202.6	2666.75
Humedad relativa	68.85	66	63	60.8	67.7	76.5	77.6	77.4	81.2	77.5	73.6	71.3	71.3
Brillo solar	263.9	239.8	288.4	286.4	232	163.5	194	225.4	198.1	198.2	153.9	242.9	1643.1
Nubosidad	1.7	1.5	0.9	1	2.3	2.2	2.6	2.4	2.5	2	1.6	1.3	1.7
Veloc. Viento	4.2	4.4	4.4	4.3	3.1	2.5	3	2.7	1.9	1.8	2.6	3.6	3.21

Fuente: INETER departamento de hidrología 2020

- **Temperatura**

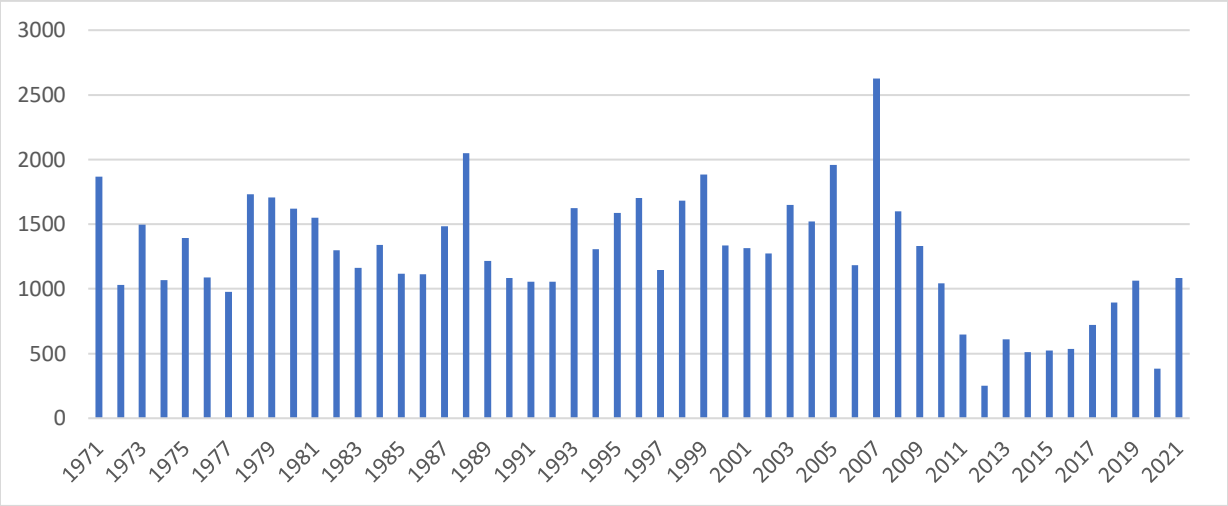
La temperatura es casi uniforme durante todo el año. Las temperaturas mensuales mínimas absolutas varían entre 19°C (enero) y 22.4°C (junio) siendo 21.0°C el valor promedio. Las temperaturas máximas varían entre 30.3°C (octubre) y 34.0°C (abril) siendo 31.2°C el promedio. Las temperaturas mensuales medias van desde 27.5°C (octubre a enero) hasta 30.1°C (abril), siendo 28.2 °C el valor medio anual.

- **Precipitación**

Según los datos de la estación meteorológica de INETER, los niveles promedio mensuales máximos se registran en los meses de septiembre y octubre con valores que oscilan de los 250 a los 300 mm por mes.

El promedio de la precipitación anual en la ciudad de Granada y sus alrededores es de 1459.25 mm /año. Presenta variaciones entre 924 mm (1963) y 2,048 mm (1988) (*Ver figura № 21*).

Figura21
Registro Histórico de Precipitación en la Estación inaa de Granada



Fuente: INETER departamento de hidrología 2023

La distribución de las precipitaciones en el año da origen a dos estaciones distintas. La estación lluviosa (húmeda o invierno), bien definida, con una duración de seis meses aproximadamente, que generalmente comienza a mediados de mayo y termina a mediados de noviembre. En esta época cae el 97.5% de la precipitación total anual.

La estación seca (verano), también bien marcada y prácticamente sin precipitación, que se inicia a mediados de noviembre y finaliza a mediados de mayo. En esta época se presentan lluvias esporádicas de poca intensidad y corta duración.

- **Evaporación**

Los datos de evaporación registrados varían entre 162.75 mm en septiembre y 215.50 mm en abril. El promedio anual alcanza los 2,666.75 mm.

En general, la evaporación alcanza sus valores máximos en los meses de febrero, marzo y abril, y los mínimos en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

- **Vientos**

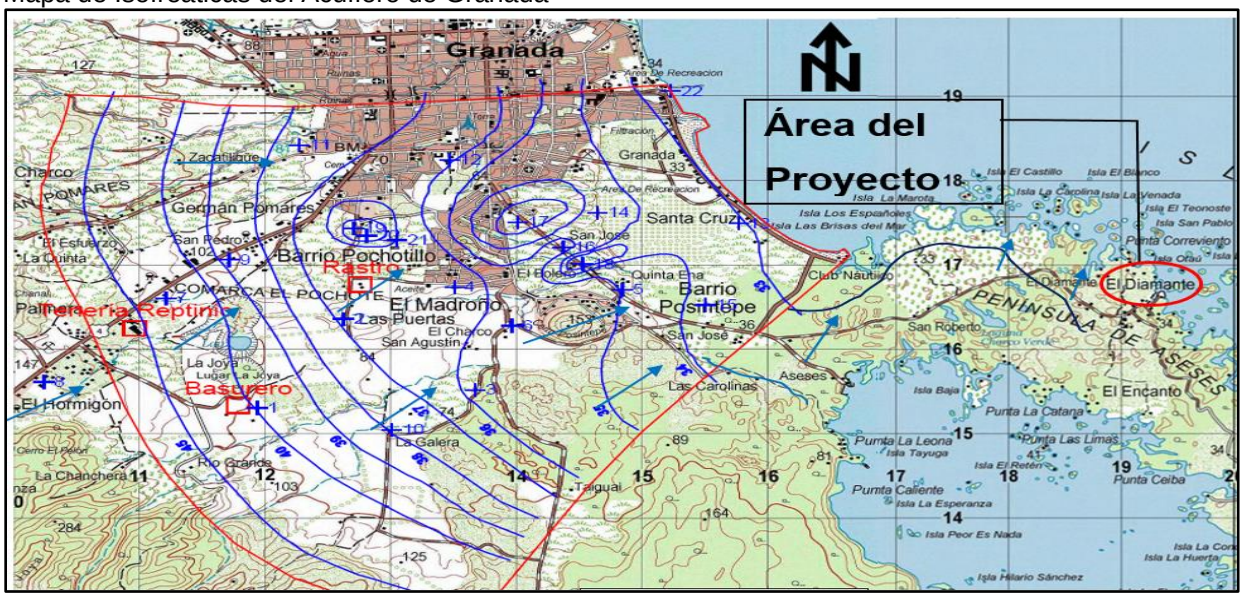
En la zona estudiada los vientos predominantes son los alisios que soplan predominantemente en dirección este-oeste. Ellos muestran condiciones de calma durante las horas de la noche, alcanzando velocidades variables durante las horas del día. Los valores medios mensuales de la velocidad del viento oscilan entre 1.8 m/s y 4.4 m/s, siendo 3.21 m/s la velocidad media mensual.

5.2.4. Estudio Hidrológico subterráneo

De acuerdo al mapa Isofreático solicitado a INETER, se determinó que la dirección de flujo del agua subterránea es generalmente del oeste al este, es decir hacia el lago de Nicaragua y que, en la mayor parte de la zona estudiada, existe un importante potencial de agua subterránea aprovechable para el abastecimiento de agua potable. (*Ver Figura №22*).

La información hidrogeológica obtenida muestra que la superficie del área del acuífero en estudio es de aproximadamente 26 km². De esta superficie pertenecen unos 23 km² a la llanura volcánica y 3 km³ a la llanura aluvial. Por lo tanto, el volumen total de la recarga directa en el área estudiada es de aproximadamente 374.5 mm/año (equivalentes a 9, 737,000 m³/año).

Figura22
Mapa de Isofreáticas del Acuífero de Granada



Fuente: INETER-. Hoja topográfica Granada 3051 IV 2006, ESC 1:5000

En la depresión nicaragüense el agua subterránea proviene principalmente de las infiltraciones de las lluvias que caen sobre ella. En las inmediaciones de las orillas de los ríos o lagos, donde los aluviones constituyen parte de las paredes y fondo de ellos o donde las rocas masivas fracturadas, están en contacto con el agua del río o Lago, se produce recarga desde el río o lago hacia el acuífero. La situación antes descrita es mejor cuando el río es permanente.

En la zona del área de estudio el agua subterránea se encuentra almacenada en los espacios de intersticios o intergranulares del depósito cuaternario y terciario y en las grietas, fracturas y fallas, aún abiertas que afectan a los conglomerados, tobas, flujos de lodo y lavas fracturadas o agrietadas.

En el área estudiada, la profundidad del agua subterránea, referida a nivel del terreno, es variable, en principio, las mayores profundidades se presentan en las zonas altas y las menores en las bajas.

En las cercanías del lago de Nicaragua el nivel de agua subterránea en relación al nivel del terreno se encuentra cerca de la superficie del terreno. En cambio, en las vecindades

de los bordes de La caldera de Apoyo y faldas del volcán Mombacho alcanza profundidades de hasta 120 m.

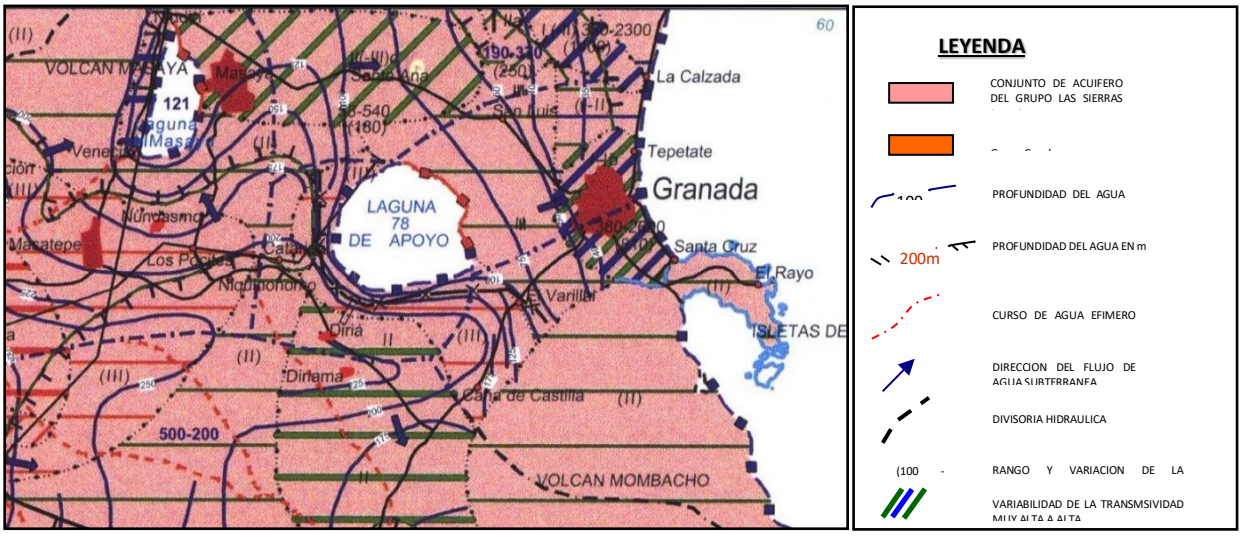
La dirección principal del flujo es de oeste a este hacia el lago de Nicaragua, en el área de interés la dirección del agua subterránea es de suroeste a noreste. El agua subterránea sale de llanura volcánica y fluye hacia el lago de Nicaragua bajo un gradiente natural de 0.003.

Los pozos localizados a orillas del lago de Nicaragua muestran fluctuaciones cíclicas anuales de 1.2 a 2.0 m. El ascenso del nivel del agua inicia a finales de mayo o a mediados de junio, para alcanzar su nivel máximo a fines de noviembre.

Los pozos con niveles de saturación a 20 m de profundidad, presentan fluctuaciones entre 0.7 y 1.2 m, ellos empiezan a ascender en el mes de Julio y alcanzan el punto máximo en la primera quincena de febrero.

Los pozos con profundidades del nivel de saturación entre 20 m y 60 m registran ascensos con una ligera fluctuación cíclica o se mantienen. Los niveles en pozos con profundidades del nivel de saturación de 60 m o más se mantienen constantes. (*Ver figura N°23*)

Figura23
Mapa Hidrogeológico del Acuífero de Granada



Fuente: INTER -COSUDE, 1998.

5.3. Dimensionamiento del sistema de agua potable

5.3.1. Análisis de laboratorios calidad del agua

De acuerdo a los resultados de Análisis Físico - Químico y concentración de metales pesados, registro de Laboratorio No 719, Análisis Industrial No 16,965; se ajustan a los rangos establecidos por las Normas CAPRE y OMS; los elementos analizados se encuentran dentro de las Normas Internacionales para aguas químicamente potables. La conductividad eléctrica se midió 897 uS/cm , el contenido de Sólidos Totales Disueltos (STD) resultó con un valor de 537 mg/lt, por lo que el agua se clasifica como dulce-permisible; El agua es apta para consumo humano desde estos punto de vista.

Los resultados de análisis bacteorologico-sanitario, registro de Laboratorio No 719, Análisis Industrial No 16,924; no se ajustan a los rangos establecidos por las Normas CAPRE y OMS; dichos valores deben ser negativos, se obtuvieron resultados con presencia de coliformes por lo tanto esta muestra es NO APTA para consumo humano, el laboratorio recomienda 3 muestres consecutivos para determinar si es una contaminacion permanente.

5.3.2. Tratamiento y desinfección del agua

El tratamiento químico se realizará con el objetivo de desinfectar el agua para la eliminación de bacteria. Para acueductos rurales los caudales son bajos y por tanto la cantidad de cloro a usarse es también poca.

Basándose en los resultados de laboratorio y en búsqueda de solución a la potabilización del agua, esta deberá ser tratada con Hipoclorito de calcio.

En el mercado nacional no se encuentra solución de cloro al 1 % de concentración, que es la que se necesita para la purificación del agua, por tal razón una vez calculado el volumen de solución al 1 % de concentración, se procede a calcular la cantidad de hipoclorito de calcio al 12 % de concentración para obtener la cantidad por año y así poder adquirirlo en el mercado nacional. En el *anexo IV* se muestran los resultados de la dosificación de cloro tanto para la concentración del 1 % y 12 %, correspondiente para

cada año del proyecto. Para la desinfección del agua se propone un hipoclorador por goteo constante, ya que es el más utilizado en las zonas rurales de nuestro país, por ser el más barato y más fácil de operar.

En el *anexo IV,* se presentan los resultados del análisis de Laboratorio certificados y los calculos para la determinación de la dosis de Hipoclorito de calcio a aplicar como medida correctiva.

5.3.3. Captación de la fuente de agua

Para la fuente de captación del proyecto en el Diamante solamente se logro inventariar dos pozos excavados, el primer pozo excavado ubicado en rivera del lago, identificado como pozo excavado Darío Babanzini (propietario), cabe mencionar que dicho pozo (tipo noria) fue construido en una terraza reconstruida a orillas de terrenos colindantes con el lago de Nicaragua y un segundo pozo identificado en propiedad del Sr. José Ryan; distanciado aproximadamente 400 mts al Noreste del sitio propuesto B de futura construcción de pozo. *(Ver figura N°24)*

En las tabla 12 y 13 se presenta información básica de los pozos que se logró obtener en el campo y/o recopilada de estudios antecedentes, donde se presentan sus coordenadas de ubicación, elevacion con respecto al nivel del mar, caudal en produccion y profundiades de perforacion asi como tambien identifican valores de NEA, NDA, descenso, capacidad especifica, transmisibiliad, espesor de saturado,coeficiente de almacenamiento y capacidad especifica.

Tabla12
Inventario de Pozos Excavos y Perforados cercanos al Proyecto

Nombre del Pozo	Coordenadas GWS84		Elevación	Caudal	NEA	Nivel Dinámico	Descenso	Capacidad Específica
	Este	Norte	msnm	Lps	m	m	m	Lps/m
Pozo Excavado (Darío Baranzini) Las Playitas	1315844	617986	33	-	2.0***	-	-	-
Pozo Excavado (José Ryan) El Diamante	1316200	618700	40		5.3***	-	-	-
Q.ENA III (Sector Posintepe)	1317000	614500	49	70.00*	17.1	24.24	7.14	9.8
Pozo Posintepe	1316646	614800	60	25*	18	-	-	-
Pozo El Charco	1316200	613850	65	FS**	-	-	-	-

Fuente: Beller/Luxconsult,2005

Tabla13
Parámetros Hidráulicos del Acuífero

Pozo	T	ES	K	S	Cap. Esp.
	m^2/seg	m	m/seg	-	m^3/h/m
Quinta Ena III	**$20*10^{-3}$**	**74.43**	**$2.68*10^{-4}$**	**$2*10^{-1}$**	**44.71**
Quinta Ena IV	**$6.2*10^{-3}$**	**60.08**	**$1.03*10^{-4}$**	**-**	**18.96**
El Charco	**$7.2*10^{-3}$**	**28.54**	**$1.03*10^{-4}$**	**-**	**2.3**

Fuente: Espinoza M.1999

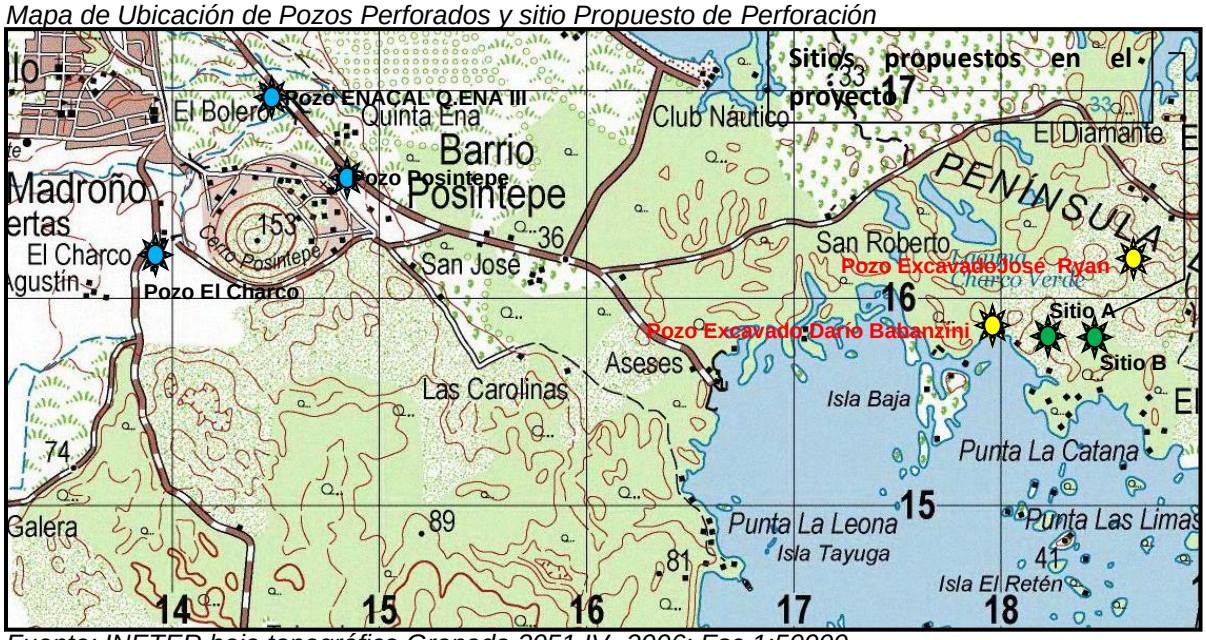
5.3.4. Perforacion del pozo en el sitio del proyecto

Para la perforacion del pozo se seleccionó el metodo rotativo debido a las condiciones que presenta el subsuelo en donde se encuentran materiales arcilla con poma en un rango de 0-4.6mts (0-15ft) y de 6-12mts (15-40ft) conglomerado volcanico.

El sitio seleccionado presenta perspectivas hidrogeológicas favorables para el aprovechamiento del agua subterránea, ubicándose en la zona identificada para el abastecimiento de agua a grupos de familias y se encuentra ubicado en la Zona II- Sitio B, E -618422 y N-131584. *(Ver figura N°24).*

Figura24

Mapa de Ubicación de Pozos Perforados y sitio Propuesto de Perforación



Fuente: INETER hoja topográfica Granada 3051 IV- 2006; Esc.1:50000

5.3.5. Construccion y diseño del pozo

Se construirá conforme al dimensionamiento preliminar que se presenta a continuación con las siguientes siguientes características. (Ver anexo-XII)

Diámetro de perforación: 10 Pulg.

Profundidad Nominal: 250´ (76 m)

Tubería ciega de 8“ pvc ced 17: 150 ‘ (46 m)

Tubería ranurada 8” pvc ced 17: 100‘ (30m)

5.3.6. Pruebas de bombeo

La prueba de bombeo[15] se realizó a caudal constante en el mes de marzo con un tiempo aproximado de 8hrs, en un pozo excavado a mano con una profundidad de 40 pies.
Se obtuvieron siguientes datos caudal 90 Gpm, nivel estático de agua (NEA) 18 Pies, con un abatimiento en pozo de 5 centímetros y un rebajamiento constante despues de 30 minutos.

En cuanto al caudal que genera el pozo en prueba de bombeo se puede deducir que cumple con la necesidad requerida para satisfacer la demanda de la poblacion ya que lo mas que la poblacion necesita hasta el final del proyecto son 23l/m (5.97gpm), es decir que la fuente esta apta para sastifacer en la actualida y el periodo proyectado de 20 años y mas.

5.3.7. Dotación y/o proyección de consumo

Para el cálculo de proyección de población se utilizó como población base el número de habitantes determinado por encuesta realizada en Julio 2021 que cuantifico una población de 184 habitantes asentados en 43 viviendas, con un índice ocupacional de 4 hab/casa.

En cálculos posteriores la proyección futura para el periodo final de diseño en el año 20 es de 302 habitantes, un aumento de 118 habitantes en comparación al año de inicio del proyecto, equivalente a 33 casas adicionales. (*Ver Tabla № 14*).

Tabla14
Proyección de la Población y Dotación

n	año	población base (Po)	(1+r) ^n	Pn	Dotación (gal)
1	2021	184	1.025	189	15.85
5	2026	184	1.131	208	15.85
10	2031	184	1.280	236	15.85
15	2036	184	1.448	266	15.85
20	2041	184	1.639	**302**	**15.85**

Fuente: Elaboración propia

[15] https://delcampo.net.ni/file_bibli/ncal/NTON_09_003-99_ParaElDisenoAbastecimientoPotabiliazacionAgua.pdf/ PAG 29

Se dotará a la población de la comarca “EL DIAMANTE”, de 15.85 galones por persona por día (Gppd) equivalente a 60 litros por persona diario (Lppd), con base a lo indicado en la norma rural NTON 09 001-99 para conexiones domiciliares; el consumo promedio diario (CPD) y el consumo promedio diario total (CPDT).

5.3.9. Variación de consumo

Se determinó que al final del periodo de diseño, la demanda de consumo máximo día es de 8,603 galones por día (32.56 m^3/día) y la demanda consumo máxima hora es de 14,338 galones por día (54.27 m^3/día). *(Ver tabla № 15*). Con el valor de CMD se diseña la línea de conducción para la determinación de la capacidad del equipo de bombeo, carga total dinámica y con el valor de CMH se diseña la red de distribución para el análisis hidráulico de la red.

Tabla15
Variaciones de Consumo de Galones por día

Año	CPD	CPDT (1.2 * CPD)	CMD (1.5 * CPDT)	CMH (2.5 * CPDT)
2021	2,917	3,500	5,250	8,750
2026	3,300	3,960	5,940	9,900
2031	3,734	4,480	6,721	11,201
2036	4,224	5,069	7,604	12,673
2041	4,779	5,735	8,603	14,338

Fuente: Elaboración propia.

5.3.10. Tanque de almacenamiento

Considerando la topografía del terreno, se dimensionó un tanque sobre suelo con el objetivo de suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades a lo largo del período de diseño (*Ver Anexo VI).*

Se determinó que para el final del periodo de diseño en el año 20 el tanque de almacenamiento proyectado tendrá una capacidad de 7,597 litros (Ver Tabla №16.).

Tabla16

Volumen del Tanque de Almacenamiento

Año	CPDT	Tanque de almacenamiento 35%		ALMACENAMIENTO PROYECTADO		
		COMPENSADOR 15%	RESERVA 20%	Galones	Litros	M^3
2021	3500	525	700	1,225	4,636	5
2026	3960	594	792	1,386	5,246	6
2031	4480	672	896	1,568	5,935	6
2036	5069	760	1014	1,774	6,715	7
2041	5735	860	1147	2,007	7,597	8

Fuente: Elaboración propia.

5.3.11. Línea de conducción

El diseño de la línea de conducción es mediante un sistema por bombeo, es decir, transporta el flujo desde el sitio propuesto como fuente de abastecimiento (pozo) al tanque de almacenamiento cuya longitud es de 530.20 metros para posteriormente abastecer a cada familia mediante la red de distribución.

La línea de conducción se analizó para las siguientes condiciones de operación:

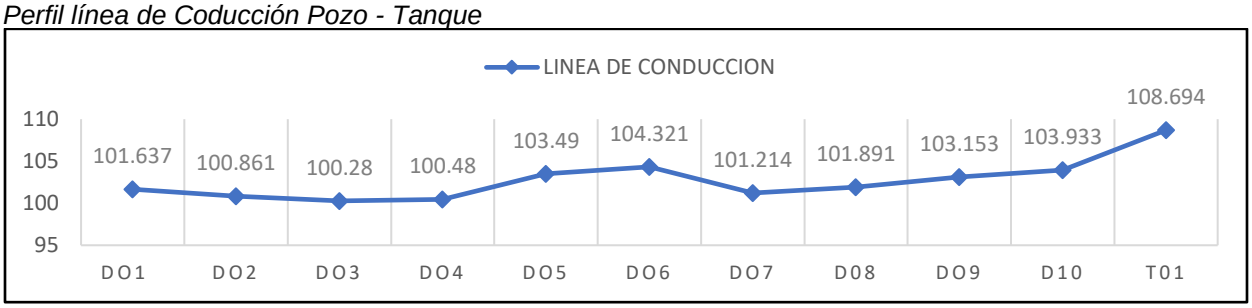
Consumo máximo día para el año 20 del período de diseño. (CMD=1.5*CPD más las pérdidas), para la determinación de carga total dinámica y la capacidad de la estación de bombeo.

La línea de conducción inicia en el sitio propuesto para la construcción del pozo, punto D01, cota 101.637 metros y culmina en el tanque de almacenamiento, punto T01, cota 108.694 metros, con una longitud total de 530.20 metros lineales.

Según perfil longitudinal en la *figura № 25* se observa que el terreno es regular con una diferencia de altura entre los puntos D01 y T01 de 8.87 metros, lo cual traducido porcentualmente equivale a una pendiente de 1.67%. En el trayecto, se observan ciertos puntos irregulares, como el punto D05, cota 103.49 metros y el D06, cota 104.321 metros, con pendientes de ± 7% respectivamente, los cuales están por encima del promedio de

puntos referenciados, sin embargo, no ameritan ningún análisis especial, ya que no representan algún tipo de dificultad técnica ni constructiva.

Figura 25
Perfil línea de Coducción Pozo - Tanque



Fuente: Elaboración propia

5.3.12. Línea red de distribución

El diseño de la red de distribución es mediante un sistema por gravedad, tubería PVC, diámetro de 2” SDR 26, la red se analizó para las siguientes condiciones de operación.

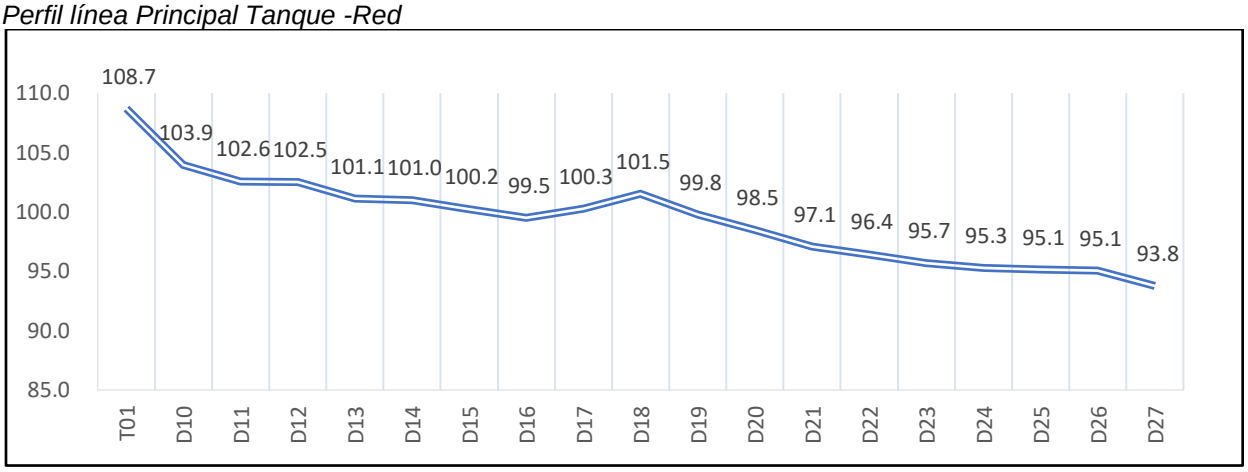
a) Consumo máximo hora para el año 20 del período de diseño. (CMH=2.5*CPD más las pérdidas), con la aportación del tanque como si fuese directamente la fuente de abastecimiento.
b) Simulación del sistema sin consumo es decir demanda cero.

La red de distribución consiste en una línea tanque-red con una longitud total de 1,564 metros lineales, un primer tramo inicia en el tanque de almacenamiento T01 cota 108.694 metros y culmina en el punto D27 cota 93.8 metros con 1,012 metros de longitud. (*Ver figura № 26*), el segundo tramo será del punto D19 al D31 con 280.8 metros de longitud (*Ver figura № 27*), el tercer tramo será del punto D29 al D15 con 271 metros de longitud (*Ver figura № 28*).

La pendiente entre los puntos T01 y D21 está orientada hacia el noreste, del punto D21 al D27 tiene una orientación hacia el sureste. Entre los puntos D19 y D31 tiene una orientación sureste y entre los puntos D29 y D15 está orientado hacia el suroeste. La topografía es regular, y se inclina hacia la orilla del gran lago de Nicaragua.

Figura 26

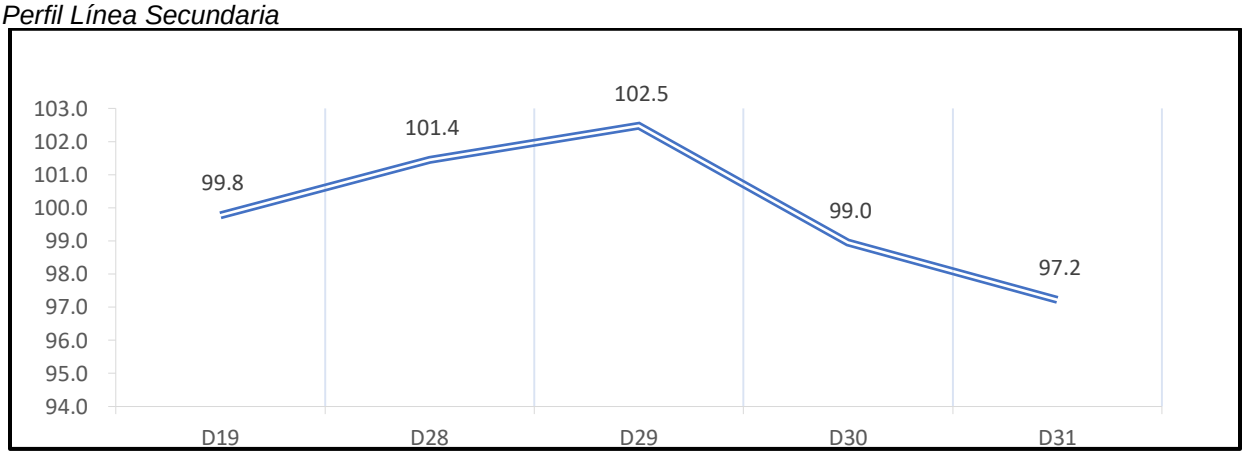
Perfil línea Principal Tanque -Red



Fuente: Elaboración propia

Figura 27

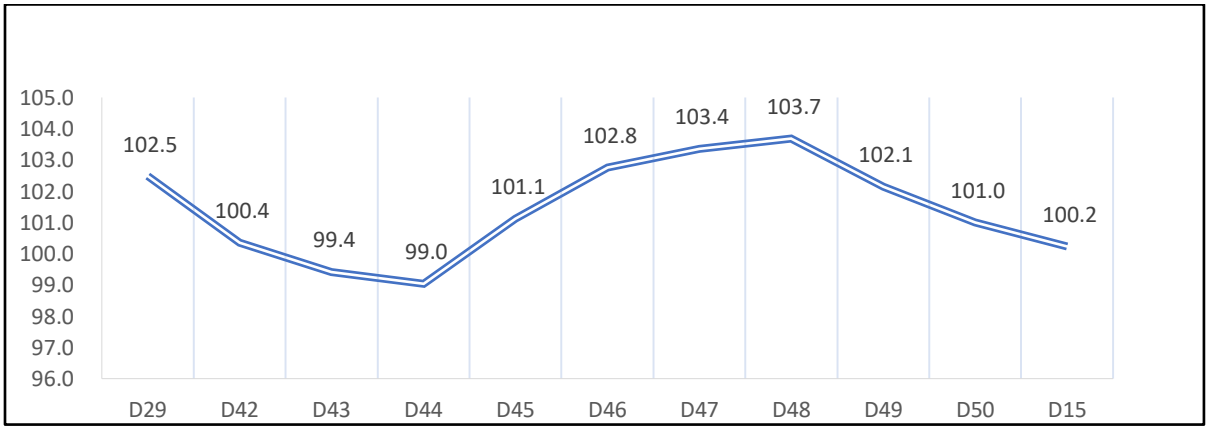
Perfil Línea Secundaria



Fuente: Elaboración propia

Figura 28

Perfil Línea Terciaria



Fuente: Elaboración propia

5.3.13. Análisis hidráulico de la red

Para el análisis de la red se utilizó el método de Hazen-Williams por medio del programa EPANET V2.0. atendiendo a la información topográfica que se levantó para este estudio, los datos requeridos por EPANET son: tuberías (longitud, diámetro, coeficiente de rugosidad, caudal, velocidad), nodos (demanda, elevación, altura, presión), altura del tanque.

Se inició el análisis de la red para las condiciones antes descritas logrando una simulación exitosa y se obtuvieron resultados de consumo de líneas y nodos de la red tales como: caudal, velocidades, cota (elevación topográfica), altura, y presión, en donde podremos chequear las velocidades permisibles y presiones mínimas y máximas estén dentro del rango según NTON 99 001-99 (*Ver anexo VII)*.

La demanda consumo máxima Hora es de 14,338 galones por día (0.7544 l/s). Para el análisis hidráulico con el software EPANET, se introduce el caudal equivalente al consumo máximo horario por cada vivienda proyectado para el año 20 del diseño.

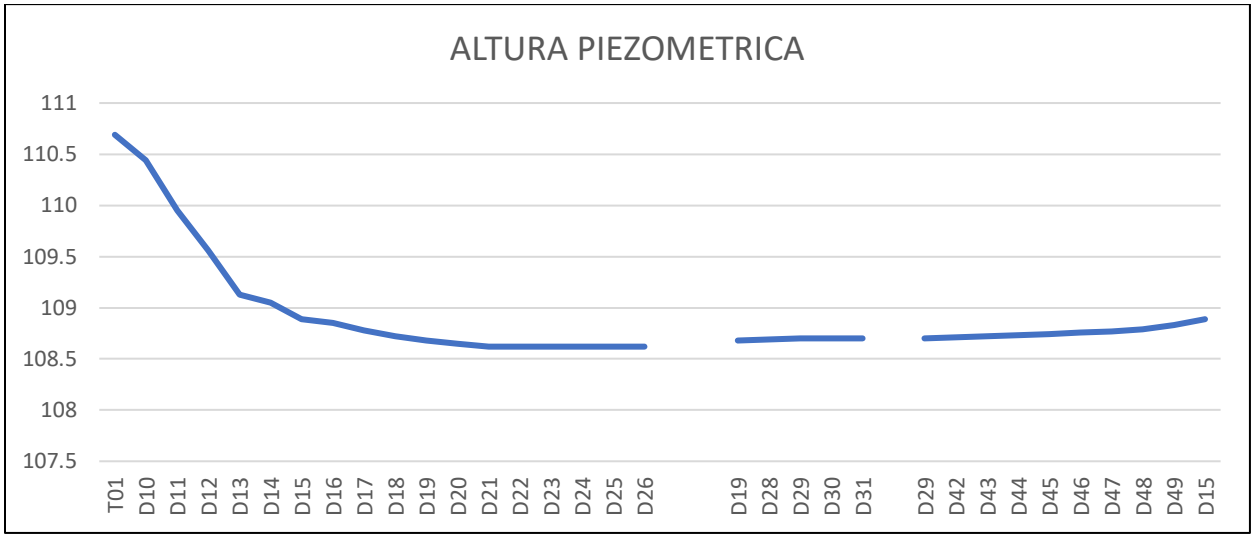
5.3.14. Perfiles de altura piezométrica y presión residual

Los perfiles de altura piezométrica y presiones residuales se elaboraron con ayuda del programa EPANET V2.0, permitiendo conocer en forma gráfica los resultados hidráulicos por diseño del sistema y en cada punto de demanda.

Como puede observarse en las figuras 29 y 30, los puntos analizados cumplen con lo establecido en la norma NTON 99 001-99 donde la presión residual deberá ser como mínimo 5 metros y máximo 50 metros para acueductos rurales.

Figura 29

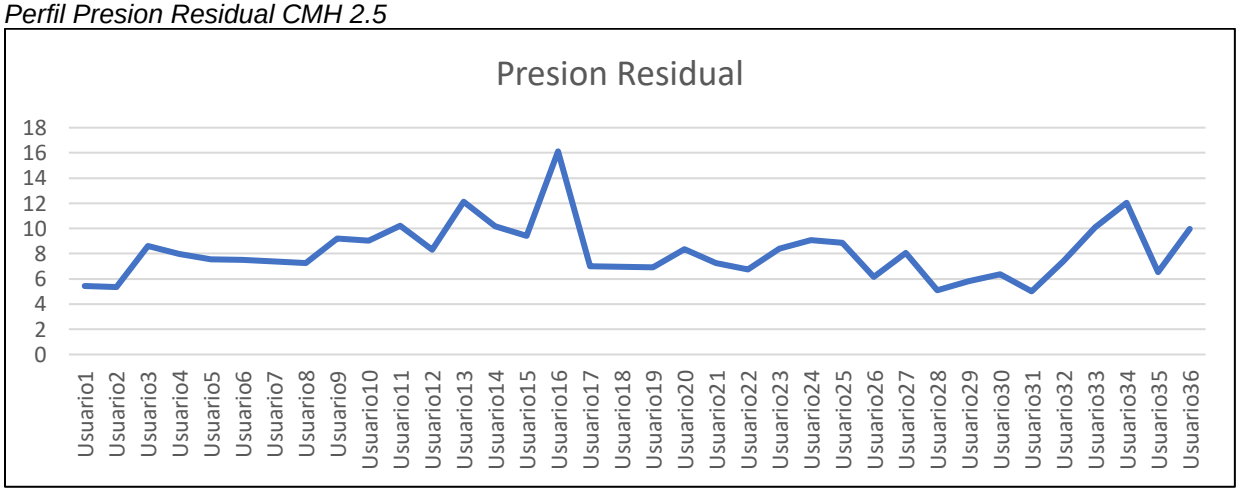
Perfil Altura Piezométrica CMH 2.5



Fuente: Elaboración propia

Figura 30

Perfil Presion Residual CMH 2.5



Fuente: Elaboración propia

5.3.15 Análisis del golpe de ariete para 20 años

Este análisis se realiza para calcular la presión máxima producida por el golpe de ariete y que es soportada por las paredes de la tubería, esto con el objetivo de verificar si el tipo de cedula de la tubería es capaz de resistir esta condición sin presentar fallas.

Por la configuración del sistema y de la elevación de rebose del tanque de almacenamiento, la elevación del pozo, la presión máxima calculada en este caso es de 52.054 PSI lo cual indica que la presión máxima es menor que la presión permisible por

la tubería (160 PSI) por lo tanto la tubería SDR-26 resiste en estas condiciones de presión se utilizara una tubería PVC de 1.5 pulgada cedula SDR-26 *(Ver tabla 17 y anexo- 8)*

Tabla17
Resumen del Análisis del Golpe de Ariete para 20 años

DESCRIPCIÓN	***RESULTADOS***
Caudal de bombeo Q	22gpm
Tubería φ	1.5"
Diámetro interior (D)	55.71mm
Espesor del tubo e	2.31mm
k coeficiente para tuvo pvc	18
Celeridad	450 mts/seg
Velocidad del agua en condiones normales	0.557 mts/seg
Cálculo de sopreposición	25.601 mts
Carga Estática 11.06 mts	11.06 mts
Presión máxima	52.054 psi

Fuente: Elaboración propia

5.3.16. Carga total dinámica

Se determinó que para el año 20 del periodo de diseño la carga total dinámica será de 87.71 ft (26.74 m.c.a), *en el anexo- 9,* se presenta el grafico de la CTD donde se facilita la interpretación de funcionamiento del equipo de bombeo seleccionado.

$$\text{CTD} = \text{Diferencia elev. rebose del tanque al NMB} + \sum \text{HF totales} \quad \textbf{(14)}$$

$$\text{CTD}_{20} = 64.07\ \text{ft} + 23.64\ \text{ft} = 87.71\ \text{ft} \approx 26.74\ \text{m. c. a}$$

En el Tabla № 18 se presenta el resumen de los cálculos de la carga total dinámica donde se incorporan las variables involucradas destacándose la propias de las condiciones del acuífero (NEA), las generadas por el bombeo continuo (rebajamiento máximo), las pérdidas generadas en la sarta, columna de la bomba y las condiciones de elevaciones del terreno y rebose del tanque en el sitio seleccionado.

Tabla18
Resumen de la Carga Total Dinámica

DESCRIPCION	PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS	
	Gpm	**mts³/día**
Caudal de Bombeo	5.97	32.54
	Ft.	**m.**
Nivel Mínimo de Bombeo (NMB)	8.48	2.58
Nivel Estático del Agua (NEA)	16.4	5
Rebajamiento Máximo (S)	6.4	1.95
Variación Estacional (VE)	5	1.52
ELEVACION REBOSE DEL TANQUE	369.64	112.66
ELEVACION DEL POZO	333.369	101.61
Diferencia Elev. rebose del tanque al pozo	36.27	11.05
Dif. Elev. Rebose del tanque al nivel min. de bombeo	**64.07**	**19.53**
Perdidas locales de acc. en sarta	0.379	0.36
Perdida longitudinal sarta	0.02	0.021
Perdida en tubería de conducción	6.61	2.015
Perdida por acc. en tubería de entrada al tanque	0.218	0.21
Perdida en la columna de la bomba	16.42	5.
Sumatoria de perdidas	**23.64**	**7.62**
CARGA TOTAL DINAMICA	**87.71**	**27.14**

Fuente: Elaboración propia

5.3.17. Equipo de bombeo

La capacidad de la unidad de bombeo se determinó con base a los caudales requeridos por el consumo de máximo día (CMD) según cálculos para el año 20 el caudal es de 5.97 galones por minuto (22.60 l/min). en este caso las horas de trabajo asignadas al equipo será de 8 horas diarias.

Se determina el caudal de bombeo teórico para seleccionar la bomba, dando como resultado lo siguiente, sumando un 20% por factor de seguridad. (*Ver anexo IX)*

$$\text{Caudal de bombeo: Qb} = \text{Q. CMD x 24 / N} \quad \textbf{(15)}$$

$$Caudal\ de\ bombeo: Qb = 22.60\frac{l}{min} * \frac{24}{8} = 68 * 1.2 = 81.6\frac{l}{min}$$

Donde:

N = Número de horas de bombeo

Q.CMD = Caudal consumo máximo día

Características del equipo de bombeo recomendado para un periodo de diseño de 20 años:

- Bomba y Motor Sumergible
- Caudal de bombeo: 81.6 l/min ≈ 21.55 Gpm
- Carga Total Dinámica: 87.71 Ft
- Potencia demandada por la bomba: 0.73 HP
- Potencia requerida por el motor: 1.08 HP
- Según curva de rendimiento F.E :1 HP
- Condiciones de operación: 33 Gpm @ 100 Ft
- Tipo de energía: monofásica 230V
- Cable sumergible: Calibre 14 AWG

VI.CONCLUSIONES

El diseño propuesto cumple con los requerimientos técnicos en la norma técnica obligatoria nacional NTON 0900199 en los parámetros de presiones máximas y mínimas, volumen de almacenamiento, tasa de crecimiento poblacional, dotación, y las variaciones de consumo.

En la zona existe una población de 43 familias, donde habitan 184 habitantes; considerando una tasa de crecimiento del 2.5%, se esperan 302 habitantes al final del periodo de diseño de 20 años. Al considerar una dotación de 60 litros por persona por día Lppd, un 20 % de perdidas en el sistema de agua potable y un régimen de bombeo de 8 horas, el consumo máximo día será del orden de 5.97 gpm.

Con la información recopilada con el levantamiento topográfico, se garantiza que el lugar elegido para ubicar el tanque de almacenamiento brinde la presión necesaria en la red de distribución para un correcto y eficiente funcionamiento del abastecimiento de agua a cada una de las viviendas beneficiadas.

La línea de conducción será de 1.5” PVC SDR 26 con una longitud total de 530.2m. y un caudal de 8,603 Galones por Día. (0.452lts/seg).. Para la red de distribución se determinó que el diámetro de la tubería es 2” PVC SDR 26 con una longitud total de 1,564m., la cual conducirá un caudal total de 14,338 Galones por Día (0.754lts/seg).

El sistema de abastecimiento propuesto está compuesto por los siguientes elementos: fuente de abastecimiento (pozo), estación de bombeo, tanque de almacenamiento, red distribución y conexiones domiciliares.

La capacidad especifica de los pozos perforados en el área varia de 2.3 a 44.71 m3/h/m, siendo 23.5 m3/h/m (30 GPM/pie), el valor promedio

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda la perforación de un pozo ubicado en las coordenadas geodésicas E 618422 y N 1315841 con una profundidad aproximada de 40 pies.

La tubería del sistema de abastecimiento, debería ser seleccionado con base a los criterios de las normas técnicas que regula la industria (norma de producto). Esto para reducir el costo de inversión al adecuar la tubería a la presión de trabajo del sistema.

El equipo de bombeo recomendado deberá cumplir con las siguientes características: Equipo sumergible, CTD 87.71 Ft (26.74m.c.a), caudal de bombeo es de 33 Gpm.

Con base a los resultados del análisis de calidad de agua realizado a una fuente cercana (pozo perforado) se recomiendan tratamiento con hipoclorito de calcio.

Se recomienda comprar un tanque de 10,000 lts, existente en el mercado marca Rotoplas ya que la proyección de almacenamiento del tanque para el diseño de 20 años nos dio aproximadamente 7597.93 lts

Organizar a la comunidad siguiendo los parámetros de la guía rural de cooperativas reguladas por el INAA para lograr el financiamiento de organismos gubernamentales y ONG.

Capacitar al comité de agua potable de la comunidad con base a la cartilla programa de agua potable y saneamiento rural.

Realizar un estudio de sondeo de suelos para cimentación del tanque de almacenamiento.

VIII. BIBLIOGRAFIA

INAA. (08 de Agosto de 2000). Normas Tecnicas para el diseño de abstecimiento y potabilizacion del agua (NTON 09003-99). Normas Tecnicas para el diseño de abstecimiento y potabilizacion del agua (NTON 09003-99). Nicaragua, Nicaragua.

INAA. (06 de Noviembre de 2001). Guia para la organizacion y administracion deacueductos rurales. Guia para la organizacion y administracion de acueductos rurales. Nicaragua, Nicaragua.

INAA. (31 de Octubre de 2011). Normas para el Diseño de abastecimiento deagua potable y Saneamiento rural. Normas para el Diseño de abastecimiento de agua potable y Saneamiento rural. Nicaragua, Nicaragua.

Andrew Longley PhD, MSc, MA, FGS. J. (2011). Estudio hidrogeologico e investigacion de fuentessubterraneas para la Playita, peninsula de Asese, municipio de Granada,departamento de Granada. Nicaragua, Granada.

María Teresa Leal Ascencio. (2015).Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones.

Organizción panamerica de la salud Lima 2004. Guía de diseño para líneas de conducción e Impulsión de sistemas de abastecimiento de Agua rural.

Organizción panamerica de la salud 2004. Notas tecnicas sobre agua,sananeamiento e higiene en emergencia.

Bomonsa frankling electric 2023. Guia tecnica de selección de bomba sumergible.

IX. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Fecha de inicio del taller para la culminación de estudios: 9 de enero del 2023**Fecha de finalización del taller para la culminación de estudios**: 29 de mayo del 2023

Actividades 2022-2023	ene-22					feb-23				mar-23				abr-23				may-23				
	Semanas																					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5
Curso de inducción para los tutores seleccionados																						
Elaboración de: Tema a investigar y objetivos.																						
Aprobación del tema por el decano																						
Marco conceptual																						
Diseño metodológico																						
Desarrollo del diseño metodológico																						
Aplicación de instrumentos, prueba de laboratorios																						
Procesamiento y análisis de la información																						
Conclusiones, recomendaciones y anexos																						
Fase 3) Defensa de trabajo monográfico, mayo del 2023.																						
Predefensa del trabajo monográfico																						
Revisión de recomendaciones																						
Defensa del trabajo monográfico																						
Preparación de acto de graduación																						
Realización de acto de graduación y entrega de título																						

X. ANEXOS