

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA
COMARCA EL ARRAYAN DEL MUNICIPIO DE JUIGALPA, DEPARTAMENTO
DE CHONTALES**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Silvio Ramón Campos López

Br. Carlos Cristhian Ovando García

Tutor

M. Sc. Ing. Luis Silverio López Duarte

Asesor

Ing. Rafael Antonio Taleno Campos

Managua, Noviembre 2020

Juigalpa, 22 de octubre del 2020

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano Facultad Tecnología de la Construcción
Su Despacho

Estimado Dr. Gutiérrez.

Reciba cordiales saludos

Por medio de la presente le remito el trabajo monográfico titulado **“DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMARCA EL ARRAYAN DEL MUNICIPIO DE JUIGALPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES”**, elaborada por los Brs. Silvio Ramón Campos Lopez y Carlos Cristhian Ovando García, para poder optar al título de Ingeniero Civil.

Cabe mencionar, que he revisado el trabajo en calidad de tutor, y considero que cumple con los requerimientos técnico científicos necesarios, por cuanto, he aprobado su presentación ante su persona, a fin que este sea presentado y defendido ante el jurado calificador que se designe.

Sin otro particular al cual hacer referencia, me despido deseándole éxitos en sus funciones.

Atentamente

M.Sc. Ing. Luis Silverio López Duarte
Tutor

CC: Sustentantes
Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.155
Managua, 02 Julio del 2019

Bachilleres
SILVIO RAMON CAMPOS LOPEZ
CARLOS CRISTHIAN OVANDO GARCIA
Su atención

Estimados (as) Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMARCA EL ARRAYAN DEL MUNICIPIO DE JUIGALPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES**. Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el (la) **Ing. Luis Silverio Lopez Duarte**, sea el (la) tutor (a) de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **07 de Enero del 2020**

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

Atentamente,


Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriva
Decano

CC: Protocolo
Tutor – Ing. Luis Silverio Lopez Duarte
Archivo*Consecutivo

Dedicatoria

*Dedico este trabajo monográfico con todo mi corazón a mi madre, **Sra. María Auxiliadora López**, por su incesante apoyo y aprecio que me ha dado durante toda mi vida, por ser el pilar fundamental en mi formación profesional, que hoy por hoy se refleja en la culminación de mis estudios universitarios. Este gran paso en mi formación profesional en mi vida ha sido gracias a ella.*

Br. Silvio Ramón Campos López

*Este trabajo monográfico se lo dedico a Dios y mi madre **Sra. Cristina García**, por el apoyo y deseo de superación inquebrantable que me inculco para poder lograr todos los objetivos propuestos en mi vida. Agradezco mucho todo el trabajo aportado de su parte ya que siempre fue mi mayor inspiración y por la que me siento orgulloso de este logro profesional en mi vida, dado que absolutamente todo ha sido gracias a su esfuerzo.*

Br. Carlos Cristhian Ovando García

Agradecimiento

*Primeramente, a **Dios**, padre y creador, por permitirme hasta el día de hoy, vivir bajo su voluntad.*

A mis padres, Silvio Ramón Campos Martínez y María Auxiliadora López, por su persistente apoyo en la trayectoria de mi formación profesional.

A cada uno de mis profesores universitarios, que de uno u otro modo aportaron un granito de arena en mi formación intelectual.

A mi tutor monográfico, M. Sc. Ing. Luis Silverio Duarte López, por su rigurosa metodología de redacción y por haber contribuido enormemente en la redacción del documento monográfico.

Al Ing. Rafael Antonio Taleno Campos, por su aporte académico y su asesoramiento en la formulación del documento monográfico.

Br. Silvio Ramón Campos López

Primeramente, a Dios todo poderoso y creador, por permitirme la vida hasta el día de hoy, y por regalarme la sabiduría cada día.

A mi madre, Cristina García Gonzales, mi Tía Andrea García Reyna y a mi Hermana Vianka Zudyu Obando García, quienes han sido mis mayores fortalezas y me han dado todo su apoyo incondicional en mi formación como persona, estudiante y formación Profesional.

A cada uno de mis profesores universitarios, que de uno u otro modo aportaron un granito de arena en mi formación intelectual.

A mi tutor monográfico, M. Sc. Ing. Luis Silverio Duarte López, por su rigurosa metodología de redacción y por haber contribuido enormemente en la redacción del documento monográfico.

Al Ing. Rafael Antonio Taleno Campos, por su aporte académico y su asesoramiento en la formulación del documento monográfico.

Br. Carlos Cristhian Ovando García

Resumen

La comunidad El Arrayan en los últimos años ha venido presentando carencia en cuanto a servicios públicos, entre los cuales, la falta de agua potable sobresale como el más necesario, por lo que, un diseño de un sistema de distribución de agua potable, permitió, satisfacer las necesidades demandadas por la población, en cuanto a calidad y continuidad, además de servir como medio para la impulsión del crecimiento socioeconómico de la población.

La realización del diseño del sistema de agua potable basado en las normas de “Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural”, contribuirá a la construcción de un proyecto social, que permita la solución de la problemática de la comunidad, en cuanto a la carencia del suministro de agua, mediante un sistema de tipo fuente, tanque, y red, permitiendo la distribución satisfactoria del vital líquido a cada uno de los domicilios.

El sistema de agua potable para la comunidad El Arrayan, está constituido a partir de una fuente de captación subterránea (pozo perforado), misma que presenta un caudal de 40 gal/min, la que mediante un sistema de bombeo sumergible, permite la impulsión de agua hacia un sistema de tratamiento de filtración gruesa ascendente, seguido de cloración, posteriormente, una segunda bomba impulsará el agua tratada hacia un tanque de almacenamiento de 15,000 lt ubicado a 186 m de distancia, logrando suplir las variaciones de consumo demandadas por la población.

La modelación virtual de la red, permitió determinar que las presiones en todos los nodos del sistema se encuentran valores que varían de entre 6.59 m y 28.32 m, las que están dentro de los parámetros establecidos por la norma nacional de Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural Respecto a las velocidades, se determinó que en los ramales más alejados del tanque, presentan velocidades demasiado bajas, por lo que se implementó válvulas de limpieza en los tramos p1, p16, p13, p11, y p10.

Índice

I. Generalidades	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
II. Marco teórico.....	5
2.1 Análisis de población	5
2.1.1 Censo poblacional.....	5
2.1.2 Crecimiento poblacional	6
2.1.3 Métodos de proyección de población	6
2.2 Estudio topográfico.....	10
2.2.1 Levantamiento topográfico.....	10
2.2.2 Instrumentación topográfica.....	11
2.2.3 Nivelación geométrica.....	11
2.2.4 Cálculo de coordenadas	12
2.3 Acuíferos	12
2.3.1 Clasificación de los acuíferos.....	13
2.4 Usos del agua subterránea	14
2.4.1 Uso industrial	14
2.4.2 Uso doméstico	14
2.5 Estudio de calidad del agua	15
2.5.1 Determinación del pH	15
2.5.2 Temperatura	16
2.5.3 Determinación de la turbidez	16
2.5.4 Determinación del color	17
2.5.5 Determinación de la alcalinidad	17
2.5.6 Demanda de cloro y cloro residual.....	18
2.6 Análisis hidráulico de abastecimiento.....	18

2.6.1	Redes hidráulicas	19
2.6.2	Estación de bombeo	20
2.6.3	Sistema de tratamiento	20
2.6.4	Línea de conducción.....	20
2.7	Criterios de diseño de redes hidráulicas.....	21
2.7.1	Velocidad permisible.....	21
2.7.2	Presión mínima y máxima.....	21
2.7.3	Diámetro mínimo.....	22
III.	Diseño metodológico	23
3.1	Localización del sitio	23
3.2	Condiciones climáticas.....	23
3.3	Descripción de la población	24
3.3.1	Censo poblacional	24
3.4	Proyección de población futura.....	24
3.5	Demanda futura	25
3.5.1	Consumo doméstico (CD).....	25
3.5.2	Consumo comercial (CC).....	25
3.5.3	Consumo industrial (CI)	25
3.5.4	Consumo público (CP).....	25
3.5.5	Consumo promedio diario (CPD)	26
3.5.6	Pérdidas por fuga.....	26
3.5.7	Variaciones de consumo (CMD)	26
3.5.8	Consumo de máxima hora (CMH).....	26
3.6	Levantamiento topográfico.....	27
3.6.1	Equipo topográfico	27
3.6.2	Trazado de línea de conducción.....	27
3.7	Determinación de la calidad del agua	27
3.8	Tratamiento del agua	27
3.9	Almacenamiento	28
3.10	Dimensionamiento hidráulico	28
3.11	Dimensionamiento de instalación fotovoltaica.....	29

3.12	Implementación de programas de cálculo.....	29
3.13	Presupuesto general	29
IV.	Resultados y discusión.....	30
4.1	Caracterización del área de estudio.....	30
4.1.1	Salud	30
4.1.2	Educación.....	30
4.1.3	Servicios básicos.....	31
4.1.4	Transporte	31
4.2	Censo poblacional	31
4.2.1	Análisis de variables.....	32
4.3	Proyección de población futura.....	34
4.4	Demanda futura	35
4.4.1	Consumo doméstico (CD)	35
4.4.2	Consumo comercial (CC)	35
4.4.3	Consumo industrial (CI).....	36
4.4.4	Consumo público (CP)	36
4.4.6	Consumo promedio diario (CPD).....	36
4.4.7	Pérdidas por fugas	37
4.4.8	Variación de consumo (CMD)	37
4.4.9	Consumo de máxima hora (CMH)	37
4.5	Topografía.....	38
4.6	Determinación de la calidad del agua	38
4.7	Tratamiento del agua	38
4.7.1	Diseño de filtro lento grueso ascendente en capas (FGAC).....	39
4.7.2	Sistema de cloración	49
4.8	Calculo del volumen de almacenamiento.....	52
4.9	Dimensionamiento hidráulico	53
4.9.1	Calculo del equipo de bombeo	53
4.9.2	Dimensionamiento de Instalación fotovoltaica.....	61
4.9.3	Calculo del golpe de ariete	66
4.9.4	Análisis técnico económico	67

4.9.5 Análisis hidráulico de la red de distribución.....	68
4.10 Presupuesto.....	69
V. Conclusiones.....	70
VI. Recomendaciones	71
VII. Bibliografía	72

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Localización geográfica, comarca El Arrayan	23
Ilustración 2: Esquema de FGAC	40
<i>Ilustración 3: Modelo de bomba dosificadora LMI Serie B.....</i>	<i>52</i>
Ilustración 4: Bomba sumergible	54
Ilustración 5: Bomba de eje horizontal.....	54
<i>Ilustración 6: Esquema del sistema de conducción</i>	<i>54</i>
Ilustración 7: Determinación del diámetro más económico	67
Ilustración 8: Esquema de cálculo de caudal de un nodo.....	68

Índice de tablas

Tabla 1. Censo de población, comunidad El Arrayan, Año 2005.....	31
Tabla 2. Censo de población, comunidad El Arrayan, año 2019.....	32
Tabla 3: Procedencia y cantidad del agua consumida	32
Tabla 4: Animales que consumen mayor cantidad de agua	33
Tabla 5: Consumo de agua animal en la comunidad El Arrayan	34
Tabla 6: Guía de diseño para filtro grueso ascendente	40
Tabla 7: Lecho filtrante recomendado para FGAC	42
Tabla 8: Espesores de capa para FGAC	48
Tabla 9: Longitudes equivalentes para tuberías de 2"	59
Tabla 10: Consumo energético diarios	62
Tabla 11: Tradición mensual para la comunidad El Arrayan	62
Tabla 12: Análisis de diámetro más económico	67
Tabla 13: Resumen del presupuesto general del proyecto	69

I. Generalidades

1.1 Introducción

Desde los orígenes de las primeras civilizaciones, hasta las culturas modernas, el hombre ha partido de la necesidad de explotar los recursos hídricos para lograr satisfacer sus necesidades, desde el consumo humano y uso doméstico, hasta el agua que es destinada para el uso industrial hoy en día. No obstante, en los últimos años, los seres humanos han sido afectados por la deficiente calidad y cantidad del suministro de agua con que cuentan, siendo cada día más necesario tener este líquido en mayores cantidades y mejores condiciones de potabilidad.

La comunidad El Arrayan, a lo largo de los años ha presentado carencias en cuanto al suministro y calidad del agua para consumo humano, por lo que es necesario realizar un diseño de sistema de agua potable, basado en la implementación de normativas y criterios técnicos que rigen este tipo de obras hidráulicas, es por ello que para el desarrollo del diseño, se implementaron diferentes metodologías tales como la caracterización de la población, estudio topográfico de la zona, y un análisis técnico económico del sistema que permita dar solución a la problemática definida.

La realización del diseño, en función del caudal que presenta la fuente, permitió efectuar los cálculos del consumo demandado por la población en un periodo de diseño de 20 años, así mismo, el dimensionamiento de la estructura que permitirá potabilizar el agua cruda proveniente de la fuente, para lo cual se empleará un filtro grueso ascendente en capa, basado en tecnología FIME (Filtración en múltiples etapas), en conjunto con un sistema de cloración por goteo. sistema que presenta un bajo costos de construcción y mantenimiento.

1.2 Antecedentes

La tecnología FIME, fue desarrollada por el instituto CINARA de la Universidad del Valle, Cali, Colombia en los años 80. La cual constituye una alternativa asequible de tratamiento de agua en sistemas de potabilización de agua para zonas rurales y poblaciones pequeñas. Por su parte, el Programa Agua y Saneamiento (AGUASAN) ha implementado la tecnología FIME en diferentes comunidades de Honduras y Nicaragua, siendo ubicadas las de Nicaragua en comunidades de Matagalpa, Jinotega y la RACCN (AGUASAN, 2014).

En los últimos años, la alcaldía municipal de Juigalpa en conjunto con organizaciones gubernamentales, tal como el Fondo de Inversión Social para Emergencia (FISE), se han dado a la tarea de promover proyectos de carácter socioeconómicos en diferentes comunidades del municipio, entre ellos: Carreteras, escuelas, y sistemas de abastecimientos de agua potable, que mejoran el estándar de vida de la población de las comunidades beneficiadas.

En el año 2018 la alcaldía municipal de Juigalpa, realizó el estudio hidrogeológico y diseño de pozo perforado en la comunidad El Arrayan, del cual posteriormente se efectuó la perforación, para la obtención de muestras de agua que fueron sometidas a análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, con el objeto de determinar si el agua cumplía con los parámetros admisibles para el consumo humano.

1.3 Justificación

El Arrayan es una comunidad del municipio de Juigalpa que ha surgido por la necesidad de la población de buscar un medio de subsistencia en las zonas rurales, la cual tiene como principal limitante el acceso al agua potable, puesto que se ubica en un área con poca presencia de fuentes hídricas superficiales, las que han sufrido deterioro debido al impacto del cambio climático y la constante contaminación por las actividades agropecuarias. Por cuanto, la población dispone de pozos artesanales como única fuente de abastecimiento, las que por falta de tratamiento, pueden provocar una serie de enfermedades (leptospirosis, diarrea, e infecciónes renales), además que genera un retraso en las actividades domésticas del día a día.

La implementación de un diseño de sistema de agua potable en la comunidad El Arrayan, proporcionará a los pobladores el suministro necesario de agua de forma constante, tanto para consumo, como para realizar los quehaceres domésticos, dado que las fuentes de donde los comunales se abastecen actualmente, en épocas de verano no proporcionan el suficiente caudal para suplir las actividades que la población demanda con respecto al agua.

Este diseño contribuirá a la mejora de las condiciones de higiene y salubridad de los habitantes, así como a la cultura del buen uso del agua. Del mismo modo, favorecería el crecimiento económico de la comunidad, al brindar las condiciones para el aumento de pequeños negocios y la ampliación de servicios públicos, lo cual permite que la comunidad alcance un estándar socioeconómico promedio que aporte al desarrollo interno de la misma.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema abastecimiento de agua potable mediante un análisis técnico-económico, que suplirá la escasez de agua en la comunidad El Arrayan del municipio de Juigalpa, departamento de Chontales.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar la demanda de agua en la comunidad El Arrayan a través de un censo que caracterice la población beneficiada.
2. Definir un sistema de tratamiento del agua cruda a partir de los resultados obtenidos en análisis físico-químico y bacteriológico, que logre la obtención de agua apta para consumo humano.
3. Diseñar una red de distribución de agua potable en función de las Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización de agua (NTON 09 003-99), haciendo uso de software EPANET que permita la simulación del comportamiento hidráulico de la red.

II. Marco teórico

Con el pasar de los años, el calentamiento global ha generado sequedad en zonas parcialmente áridas, lo cual repercute en la sequía de los pozos artesanales que abastecen a las zonas comunales. Hoy en día, existen sistemas de perforación de pozos profundos, que son realizados con el fin de encontrar acuíferos a mayores profundidades con los cuales abastecer a comunidades afectadas por la reducción de las fuentes hídricas superficiales disponibles.

2.1 Análisis de población

La indagación en las diferentes condiciones sociales y de acceso a recursos en las que se ve inmersa una determinada población, da como resultado la obtención de información relevante a la hora de formular un proyecto de interés social, puesto que determina las características sociales, culturales, políticas y económicas de la misma.

De acuerdo al Plan y Estrategias de Medio Ambiente S.L (PYEMA, 2008), la importancia de realizar un análisis de población a una comunidad o región radica en conocer las características socioculturales y económicas, así como el entorno en el que reside. En un estudio de población se debe definir una serie de variables que permitan la obtención de información puntual para la elaboración del resultado final de análisis.

2.1.1 Censo poblacional

En la realización de un estudio de población, entre las actividades más importantes e incidentes en el resultado del mismo, es la realización de un censo de la población, en el cual se deberá indicar con exactitud la cantidad, edad, género, de personas existentes en el área a considerar, además de clasificar las características sociales y económicas de cada vivienda censada.

El Instituto Nacional de Estadística de España (INE, 2001), detalla que, el censo poblacional lo compone una serie de actividades que van desde la recopilación, valoración y análisis, hasta la publicación de los datos demográficos obtenidos en la aplicación del censo. Es importante recalcar que el censo de población va

dirigido a todas las personas que residen en una vivienda, estos pueden ser familias o vecindades.

2.1.2 Crecimiento poblacional

Un crecimiento poblacional se define como el aumento de la población en espacios territoriales cerrados y delimitados. Estas variaciones ejercen presión para los ecosistemas, debido a que, al existir una mayor cantidad de personas en un área determinada, aumentará la demanda de servicios ambientales (Adeath & Rivera, 2007).

Estos datos son muy importantes de conocer puesto que ellos determinan las necesidades que tiene una determinada población a medida que su densidad aumenta. Las autoridades pertinentes de una comunidad o ciudad, están en la obligación de ejecutar proyectos para suplir necesidades básicas, además de, generar estrategias y planes que coadyuven con el medio, para la preservación de los recursos naturales.

2.1.3 Métodos de proyección de población

Diversos métodos de proyección de población se han oficializado dentro del campo de la estadística, desde las primeras grandes civilizaciones, hasta la actualidad, el hombre ha tenido la necesidad de conocer la población futura de una determinada ciudad, para diversos fines. Hoy en día, dentro del ámbito de la formulación de proyectos dirigidos a poblaciones, es de suma importancia determinar la población proyectada a una x- cantidad de tiempo, para proponer los materiales/métodos que resistan tales cantidades de años. El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA, 2001), menciona que: “Cada Ingeniero Proyectista está en libertad de seleccionar la tasa de crecimiento y el método de proyección usado, sustentando sus escogencias ante el INIDE” (p.1).

- **Progresiones aritmética y geométrica**

Se define un modelo matemático, que sustenta la teoría del método de progresión aritmético, según Prado, Castiblanco, Guerrero y Andrés (2014), se utiliza la siguiente ecuación:

$$PF = PUC + \frac{Población2 - Población1}{Año2 - Año1} (TF - TUC)$$

En donde:

PF: Población futura

PUC: Población del último censo

Población1: Población de un censo de un año inferior

Población2: Población de un censo de un año superior

Año1: Año de un censo de fecha inferior

Año2: Año de un censo de fecha superior

TF: Año de población a proyectar

TUC: Año del último censo

La aplicación del método de proyección aritmético se limita a zonas parcialmente poco pobladas o áreas rurales en las que se ha logrado apreciar la presencia de un crecimiento poblacional muy estabilizado, y que del mismo modo, posean muy pocas áreas de extensión territorial (INAA, 2008).

El método de proyección geométrica, al igual que el resto de métodos, supone que toda proyección cumple con una ley exponencial. Arriaga (1967), representa la siguiente ecuación:

$$P_{(a+n)} = P_a(1 + r)^n$$

En donde:

P_a : Es la población en el momento a

n: Los años que se proyecta la población

$P_{(a+n)}$: La población en el momento proyectada

r: Tasa de crecimiento anual

Es importante recalcar que este método, en su modelo matemático, presenta la misma nomenclatura del método aritmético. El método de proyección geométrica se recomienda aplicar a ciudades con un índice de desarrollo medio y que poseen un crecimiento poblacional fijo. En Nicaragua, este método es el más usado, no obstante, se recomienda que la tasa de crecimiento poblacional esté entre el rango $2.5 \leq r \leq 4$ (INAA, 2008).

- **Método exponencial**

Se dice que el autor de este método, fue la primera persona en desarrollar un modelo matemático adecuado para proyectar el crecimiento poblacional. La carencia de recursos económicos y el excesivo incremento de la población fueron motivos suficientes para desarrollar este método (Botero, 1981).

Por lo antes expuesto, Botero (1981) presenta la ecuación desarrollada por Malthus, siendo esta:

$$P_n = P_0 * e^{(Ln * P_n - Ln * P_0)}$$

Donde:

P_n : Población en un tiempo n años

P_0 : Población en el tiempo 0

Ln: Logaritmo natural

- **Método gráfico de tendencia**

Como su nombre lo indica, este método consiste en plasmar en un sistema de coordenadas compuesto por años en el eje de las Y-, y población en el de las X-, los datos precisos de los censos de años atrás y prolongar la línea definida a través de los puntos que intercepten la población y el año, en periodos pasados, logrando conocer la población futura para el año buscado (INAA, 2008).

- **Método función logística**

Los estadísticos que postularon este método, observaron que la población crecía en forma acelerada en un principio, hasta un punto en la línea de tiempo en la que empezaba a tener un crecimiento más lento. Esta función fue desarrollada pensando en el aumento de una población dada las condiciones y características en las que está inmersa. A este método se le introdujeron varias alteraciones, siendo evolucionada desde su planteamiento inicial hasta su última propuesta, teniendo en cuenta todas sus características (Granados, 1987).

Según Granados (1987), el método se resume a una función que en el plano presenta una curva en forma de S, esta función constituye un refinamiento del modelo exponencial para el crecimiento de una magnitud. El método en sus inicios presentaba diversas modificaciones y cada una proponía un modelo matemático diferente, aun así, finalmente se presentó una simplificación propuesta para realizar los cálculos, la cual se muestra a continuación:

$$P_t = \frac{P_0 * (R)^{60/T} * (R^{\frac{60}{T}} - 1)^{\frac{t-t_0}{T-1}}}{(R^{\frac{60}{T}} - 1)^{\frac{t-t_0}{T-1}} + (R^{\frac{60}{T-1}} - 1)^{\frac{t-t_0}{T}}}$$

Donde:

$R = P_1 / P_0$

$T = t_1 - t_0$

P_t : Es la población proyectada en el momento t

P_0 y P_1 : Son las poblaciones en cada uno de los censos.

t_0 y t_1 : Son las fechas de los dos censos.

t : Fecha de la proyección

- **Método por porcentaje de saturación**

En la aplicación de este método se deben conocer las tasas de crecimiento para varios periodos de tiempo del lugar en estudio, además de calcular la población de saturación para conocer los porcentajes de saturación de los censos anteriores. El método consiste en dibujar un diagrama en el cual las abscisas corresponden a los lapsos de tiempo en años, y las ordenadas los porcentajes de saturación respectivos para cada periodo de tiempo, se prolonga una línea hasta el año para el cual se busca determinar el porcentaje de saturación. Obteniendo el porcentaje de saturación y multiplicarlo por la población de referencia, se obtiene la población futura (INAA, 2008).

2.2 Estudio topográfico

Con el pasar del tiempo, la topografía fue partícipe en el desarrollo de civilizaciones; esculturas, templos que aún hoy en día continúan intactos. Dentro del ámbito del diseño de obras civiles, la topografía como tal, juega un papel trascendental en la etapa de diseño. Los ingenieros diseñadores dependen de un plano topográfico con la mayor cantidad de información posible, esto con el fin de apropiarse de manera precisa del relieve del terreno.

2.2.1 Levantamiento topográfico

Para un ingeniero diseñador, es de carácter imprescindible, contar con un levantamiento topográfico previo a la elaboración de cualquier diseño ingenieril. El ingeniero está en la facultad de evaluar y proponer diferentes metodologías de solución que se presentan en los proyectos, con base en las condiciones que presenta un terreno, descrito a través de la topografía.

De acuerdo con Jauregui (2008), un levantamiento topográfico es un conjunto de operaciones que tienen por objetivo, conocer el relieve del terreno. El procedimiento de un levantamiento consta del trabajo de campo, en el cual el topógrafo en calidad de técnico en este rubro, debe aplicar todas las técnicas e instrumentos para conocer ángulos, distancias, posiciones y medidas del terreno para su posterior procesamiento. El trabajo de gabinete consiste en el cálculo de los datos obtenidos mediante el trabajo de campo.

2.2.2 Instrumentación topográfica

En el campo de la topografía es de carácter imprescindible la implementación de instrumentos que permitan no solo la determinación de las medidas y ángulos, sino la precisión con que se requieran los datos del levantamiento. Hoy en día, existen diversos equipos que facilitan el trabajo del topógrafo, no obstante, se debe tener en cuenta que estos equipos no trabajan de forma automática, para el uso de estos, se debe contar con una capacitación técnica previa.

Los instrumentos topográficos son objetos que son utilizados para realizar mediciones de campo, estas mediciones pueden ser de distancia o de ángulos. Los instrumentos están sub divididos dentro de dos grandes grupos, siendo estos, instrumentos simples y los instrumentos principales. Dentro de los instrumentos simples constan el conjunto de objetos complementarios y/o de menor precisión para realizar mediciones, entre ellos se encuentran: Las cintas, la plomada metálica, la brújula, planímetros, etc. Los instrumentos principales constan los aparatos que miden ángulos y distancia a través de tecnología digital o mecánica, facilitando el proceso topográfico, gracias a que aminora el tiempo del levantamiento y facilita el procesamiento de datos (Casanova, 2002).

2.2.3 Nivelación geométrica

En un levantamiento, la nivelación se realiza para conocer las elevaciones de un determinado terreno, ya sea en ejes de líneas conducción, o nubes de puntos para superficies; ambos son empleados en el campo de la construcción, dado que, los ingenieros diseñadores parten de ellos para diseñar obras ingenieriles.

La nivelación, también conocida como nivelación por alturas, consiste en calcular la diferencia de altura entre dos puntos, realizando observaciones con un nivel topográfico, estas visuales son denominadas lectura de espalda y lectura de frente, tomándose como referencia la altura del instrumento de medición (Cleves, 2007).

2.2.4 Cálculo de coordenadas

Una de las labores más tediosas en el trabajo topográfico es la del cálculo de las observaciones de campo o comúnmente conocidas como “anotaciones”. La evolución informática ha hecho realidad la definición de la topografía como geometría comprobada ya que a través de aplicaciones de computadora se puede insertar las coordenadas calculadas y generar una visualización tridimensional de las coordenadas. La necesidad de datos superabundantes ha encontrado su mayor alcance en el cálculo informático de los mismos, cambiando de forma sustancial de cálculo y el manejo de la información.

El cálculo de coordenadas consiste en determinar la posición de puntos en un plano cartesiano, el primer punto debe estar ligado a un sistema superior, de no ser así, se asume como coordenadas del punto de origen un valor suficientemente grande con el objetivo de que todo el polígono quede determinado en el primer cuadrante, estos valores puede ser 1000,100 o cualquier otro valor de acuerdo con el tamaño del polígono y la magnitud de las distancias (Cleves, 2007).

2.3 Acuíferos

Es el conjunto de rocas o formaciones geológicas que debido a la permeabilidad que presentan, pueden acumular grandes cantidades de agua en sus poros o grietas. A esta agua retenida se le conoce como agua subterránea y sus niveles en cantidad pueden ser muy variables de acuerdo al tipo de zonificaciones o estaciones climáticas en donde se encuentren, puesto que tienen mucha relación con la infiltración en el suelo, estas manifestaciones de agua subterránea pueden presentarse en cantidad de miles de kilómetros cuadrados de tamaño.

En adición, Custodio & Llamas (1983), señalan que en hidrogeología subterránea se le denomina acuífero a un estrato o formación geológica que permite la circulación del agua por sus poros o grietas, haciendo que el hombre la pueda aprovechar en cantidades económicamente apreciables para sus diferentes usos. Cabe destacar que no todas las formaciones geológicas, o rocas en general, tienen la capacidad de transmitir agua en cantidades específicas, debido a que todas poseen un diferente coeficiente de infiltración.

2.3.1 Clasificación de los acuíferos

El funcionamiento hidrogeológico puede llegar a ser muy diferente de un sistema geológico a otro, cada tipo de sistema o ambiente geológico presenta una serie de particularidades. De forma que, aunque todos los acuíferos presentan la misma naturaleza, se pueden clasificar en distintos tipos atendiendo a su estructura, su textura o su comportamiento.

- **Acuíferos libres no confinados o freáticos**

Custodio & Llamas (1983), argumentan que este tipo de acuíferos es característico porque presentan una superficie libre de agua encerrada en ellos, la cual está en contacto directamente con el aire, y por lo tanto, su presión es igual a la atmosférica. Es importante tener en cuenta que, en estos acuíferos, cuando se perforan pozos que los atraviesen total o parcialmente, la superficie obtenida por los niveles de cada pozo, formará una superficie real o superficie freática.

- **Acuíferos cautivos, confinados o a presión**

Según lo descrito por Martínez Alfaro, Martínez Santos y Castaño Castaño (2006), estos acuíferos se caracterizan por estar aislados de la atmósfera, se mantienen saturados todo el tiempo y en todos sus puntos se encuentran a una mayor presión que la atmosférica. Cabe destacar que, al realizar un sondeo hasta llegar a un acuífero confinado, el agua ascenderá en el interior hasta llegar a un equilibrio entre la presión a la que se encuentra sometido y la presión atmosférica.

- **Acuíferos semicautivos o semiconfinados**

En consecuencia, Custodio & Llamas (1983), explican que estos se pueden considerar como un caso particular de lo que son los acuíferos cautivos, en los que el muro (la parte inferior de ellos) y el techo (parte superior) se caracteriza por no ser completamente impermeable, sino que funciona como un acuitardo, es decir, está conformada por un material que permite la filtración del agua de manera muy lenta, que alimenta el acuífero principal a partir de otra fuente o masa de agua subterránea situada encima o debajo del mismo.

2.4 Usos del agua subterránea

El agua es un recurso natural renovable y esencial, pero raramente es entendido y apreciado. El agua subterránea constituye un recurso del subsuelo que ofrece oportunidades de desarrollo a la sociedad, además de ser una alternativa para consumo humano en las zonas con demanda de agua potable y útil para llevar a cabo proyectos agroindustriales, mineros y de hidrocarburos.

2.4.1 Uso industrial

La industria en Nicaragua estratégicamente se ha asentado cerca de las fuentes de agua limpia (aguas superficiales y aguas subterráneas) y donde además hay disponibilidad de mano de obra barata por la densidad poblacional, y se localizan grandes urbes para facilitar la comercialización de sus productos. Ello ha llevado a que la industria se desarrolle donde se encuentra la mayor demanda de agua municipal.

Galvez (2011), explica que en lo que respecta al uso industrial, es mucho más seguro disponer de una fuente propia que suministre en cantidad, seguridad y eficiencia el agua, dado que, al depender de fuentes sujetas a variaciones en la red, traería riesgos o pérdidas a los diferentes procesos llevados a cabo. De igual forma, para las industrias constituye el único medio de proveer agua de calidad para sus procesos y de una forma mucho más económica.

2.4.2 Uso doméstico

Se caracteriza en la cantidad de agua que utiliza cada persona para uso en su hogar, este tipo de agua, debe cumplir con parámetros de calidad establecidos por organismos internacionales. El agua es de vital importancia para el ser humano, dado que, al ser considerado el solvente universal, ayuda a eliminar las sustancias que resultan de los procesos bioquímicos producidos en el organismo.

De acuerdo con Galvez (2011), las principales ventajas de las captaciones de agua subterránea son, que en comparación con las plantas de filtros para tratamiento de agua, estas requieren de menor inversión, sobre todo cuando los capitales destinados para estos proyectos son escasos, y de igual forma el

tratamiento no requiere de grandes estudios, puesto que en ocasiones basta solamente con la cloración. Además, permite solucionar de forma eficiente los problemas de abastecimiento de forma efectiva, dado que se requiere de muy poco tiempo para la construcción de estas obras.

2.5 Estudio de calidad del agua

La calidad del agua, se entiende como la capacidad que posee para responder a los diferentes usos que se podrían obtener de ella, incide de manera directa en la salud tanto de los ecosistemas que habitan en la misma, como en el bienestar del ser humano. De la calidad de este recurso, depende tanto la diversidad como la calidad de los alimentos, la salud humana y las actividades económicas.

2.5.1 Determinación del pH

El pH es una de las pruebas más comunes e importantes que se realizan para determinar la calidad del agua. El pH en el agua indica los niveles de alcalinidad o acidez que presenta, se mide en una escala cuantitativa de 0 a 14, las cuales cada número indica el estado de acidez o alcalinidad que presenta el líquido. En la escala el número 7 representa la neutralidad del agua, y los valores inferiores a este se interpretará que el agua presenta ciertos niveles de acidez, y los números por encima de 7 se consideran alcalinas o bases.

Marin Galvin (2003), define que, en el agua de uso doméstico los valores excesivos de pH pueden provocar irritaciones en las mucosas y órganos internos, de igual forma valores mínimos de pH favorecen el proceso corrosivo en la red de distribución y la aparición de condiciones fisicoquímicas adecuadas para la formación de H₂S. Finalmente, otro efecto relacionado con el pH en las aguas de consumo, es que los valores excesivos también suelen relacionarse con aguas coloreadas o con presencia de diferentes olores y sabores, siendo estas no agradables para las personas que la consumen.

2.5.2 Temperatura

Es un parámetro físico que permite medir las sensaciones de calor y frío. Desde el punto de vista microscópico, la temperatura se considera como la representación de la energía cinética interna media de las moléculas que integran el cuerpo estudiado, en este caso el agua. Esta energía cinética se manifiesta en forma de agitación térmica, que resulta de la colisión entre las moléculas que la forman. La temperatura afecta a la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua, a menor temperatura transporta más oxígeno.

Al respecto, Rojas (2009) explica que determinar con exactitud la temperatura del agua es de gran importancia, dado que favorece diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que el grado de saturación del oxígeno disuelto, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio están relaciones con la temperatura.

2.5.3 Determinación de la turbidez

La turbidez o turbiedad es el grado donde el agua pierde su transparencia, es decir, la capacidad del agua para dejar que la luz la atraviese. Esto se debe a la cantidad de materia sólida en suspensión o coloides que generalmente suelen presentarse en las fuentes superficiales. La medida de la turbidez se puede considerar como un parámetro de gran relevancia a la hora de determinar la calidad del agua.

De acuerdo con Marin Galvin (2003), en el agua de uso domiciliario se suelen correlacionar valores altos de turbidez con la aparición de bacterias y virus. De igual forma, los compuestos orgánicos que se encargan de producir la turbidez, se caracterizan por poseer un notable efecto absorbente sobre los plaguicidas y pesticidas que en general pueden presentarse en el agua, los cuales dificultan su eliminación, además que se pueden formar quelatos con metales, lo que incrementa su resistencia a la reducción.

2.5.4 Determinación del color

El color que presenta el agua es importante tanto en aguas potables, como en las de uso industrial. El color del agua se puede clasificar en dos tipos, color verdadero, que es el que presenta la muestra inicialmente y que depende solamente del agua y de las sustancias que se encuentren disueltas en ella, y el color aparente que es el que además de tomar en cuenta los componentes anteriores presentes en el agua, también se incluirán las partículas en suspensión.

Según lo descrito por Spellman & Drinan (2000), los efectos del color del agua van más allá de implicaciones psicológicas percibidas por el ojo humano a la hora de tomar el agua. El agua coloreada afecta de manera directa el lavado de ropa, la industria papelera, las fábricas textiles y alimenticias. El color del agua tiene un efecto amplio en lo que respecta su comercialización, tanto en su uso doméstico como industrial.

2.5.5 Determinación de la alcalinidad

Se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos, y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas, dado que la alcalinidad de aguas superficiales, está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas. No sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales.

De acuerdo con Rojas (2009), en aguas naturales se conoce que la alcalinidad se debe a la presencia de tres compuestos, tales como: Bicarbonatos, carbonatos e hidroxilos, cabe destacar que en algunas aguas también es posible encontrar otra clase de compuestos como boratos, silicatos y fosfatos, los cuales contribuyen a la alcalinidad. Sin embargo, en la práctica la contribución de estos elementos es insignificante y puede despreciarse.

2.5.6 Demanda de cloro y cloro residual

La demanda de cloro se define como la cantidad de cloro que necesita una muestra de agua para su desinfección, y el cloro residual, puede definirse de manera directa como la cantidad de cloro que queda presente en el agua luego del tratamiento, con el fin de asegurar la desinfección en un periodo determinado. Se debe tener en cuenta que las diferentes sustancias presentes en el agua, tales como la materia orgánica y los diferentes contaminantes, influyen en gran manera en la demanda de cloro, y complican el uso del mismo para la correcta desinfección.

PIENSA (2014), también explica, que la desinfección en el agua es un proceso de gran importancia, dado que es uno de los últimos procesos por los que pasa, y es el que se encarga de optimizar su calidad para un agradable consumo de la población. Este proceso de desinfección se hace mediante cloro, y se aplica en forma de cloro libre o hipoclorito, el cual, al aplicarse actúa como oxidante potente y se disipa rápidamente por reacciones colaterales que puedan darse en el agua. Es importante tener en cuenta que, si no se aplican las cantidades correctas de oxidante, superiores a la demanda de cloro, ésta será insuficiente para la correcta desinfección.

2.6 Análisis hidráulico de abastecimiento

Un sistema de abastecimiento de agua está compuesto por diferentes sub sistemas: De tratamiento, de bombeo y distribución; todos estos al trabajar en conjunto, realizan el proceso de hacer llegar el agua potable desde la fuente de captación, hasta el grifo de las viviendas de las ciudades y comarcas. Es importante recalcar que el periodo de vida de un sistema de abastecimiento, no solo depende de la calidad de los materiales de construcción, sino también del buen funcionamiento.

2.6.1 Redes hidráulicas

Un sistema de red corresponde a la estructura de un sistema de distribución de agua, existen tres tipos de redes, la implementación de cada una de ellas, depende en gran medida de la topografía del terreno, y de la necesidad de aumentar presiones en el sistema.

- **Red ramificada**

Consiste en un sistema de tubería principal o maestra de la cual se derivan tuberías secundarias, de las que a su vez se derivan otras de tercer o cuarto orden. Este tipo de red se caracteriza por recibir el agua por un solo sentido, y a medida que se le alejan los ramales de la tubería principal, los diámetros tienden a reducirse.

De acuerdo con Arocha (1977), este tipo de red es utilizada cuando la topografía dificulta o no permite las interconexiones entre ramales, también puede originarse por medio del desarrollo lineal de una carretera, donde el diseño más adecuado, pueda ser una arteria central con una serie de ramificaciones, para dar servicio a algunas calles que han crecido convergiendo en ella.

- **Red malla o reticulada**

La red de tipo malla o reticulada es un diseño similar al de las redes ramificadas, con la diferencia de que todos los ramales se unifican formando mallas o retículos, y que, a diferencia de la red ramificada, el sentido de circulación del agua es totalizado en el sistema, lo que implica que el agua llegue por varias direcciones a un mismo nodo.

Las redes tipo malla son más convenientes de utilizar, dado que siempre se busca lograr la interconexión de las tuberías, con la finalidad de crear un circuito cerrado que permite un flujo constante (Arocha, 1977).

2.6.2 Estación de bombeo

Son un conjunto de estructuras, equipos, accesorios y tuberías, que se encargan de captar de manera directa o indirecta el agua, desde una determinada fuente e impulsarla a un tanque que funcionará como almacenamiento, o bien, directamente a la red de distribución.

Arocha (1977), afirma que en muchos de los sistemas de abastecimiento de agua, puede requerirse de estaciones de bombeo o de rebombeo, lo cual implica conocer ciertos datos específicos para la selección de los equipos necesarios para bombeo, accesorios complementarios, edificaciones y fundaciones.

2.6.3 Sistema de tratamiento

Son un conjunto de equipos y sistemas de operaciones unitarias de tipo físico, químico y biológico, que se utilizan en las plantas de tratamiento con la finalidad de eliminar todas las impurezas, patógenos y elementos nocivos que presenta el agua, ya sean destinadas como aguas potables, residuales o para uso industrial.

Según lo descrito por Rodríguez (2008), las plantas de tratamiento de agua potable, con sus diferentes equipos y procesos, se encargan de mejorar la calidad del agua. De manera general, la mayor parte de los tratamientos efectuados sobre el agua con el fin de optimizarla para el consumo, se realizan dentro de la planta, excepto algunos como la captación, desarenado, pre decantación y rechloración, que se efectúa en la red de distribución.

2.6.4 Línea de conducción

Es el conjunto de tuberías y accesorios que componen la red, las cuales se encargan de transportar el agua desde la captación hasta el reservorio. Generalmente se diseña con respecto a la topografía del terreno, excepto donde haya terreno rocoso que eleve los costos de diseño, así como cauces o ríos.

La línea puede realizarse por gravedad o por bombeo. Si se emplea una línea de conducción por gravedad generalmente se utilizan tuberías, canales abiertos o cubiertos, y si es por bombeo, la conducción será mediante tuberías (López Alegría, 2001).

2.7 Criterios de diseño de redes hidráulicas

Los parámetros de diseño, son un conjunto de recomendaciones y disposiciones generales, establecidos por entidades gubernamentales encargadas de velar y regular la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario en el país. Todo proyecto de abastecimiento de agua potable y disposición sanitaria de aguas tratadas para ciudades del país, deberá estar diseñado por ingenieros sanitarios, ingenieros civiles o agrícolas colegiados y con certificado de habilidad profesional.

En general las instituciones, organismos, empresas y profesionales del sector público y privado, son los responsables de cumplir los parámetros de diseño para un correcto funcionamiento y mantenimiento de los sistemas, tanto de abastecimiento potable, como de aguas residuales.

2.7.1 Velocidad permisible

En las tuberías de un sistema de agua potable, según INAA (2008), las velocidades permisibles para el “Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural” y “Saneamiento Básico Rural”, estas no deberán ser menores que 0.4 m/s, ni mayores que 2 m/s, es decir, que la velocidad del fluido no puede ser menor que 0.4 metros por cada unidad de segundo, así mismo, con respecto al rango mayor, la velocidad del fluido no podrá ser mayor de 2 metros por unidad de segundo.

2.7.2 Presión mínima y máxima

Si bien es cierto que las tuberías de un sistema están diseñadas para soportar altas presiones, INAA (2008), en su publicación: “Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural” y “Saneamiento Básico Rural”, recomienda que la presión mínima en cualquier punto del sistema no podrá ser menor a 5 metros, ni mayor de 50 metros.

2.7.3 Diámetro mínimo

En las redes que están dentro de la denominación de primarias, o en su debido efecto, el circuito que se divide en dos ramales, el diámetro mínimo permisible no será menor de 2 pulgadas. En zonas rurales se acepta hasta 50 mm (2 pulgadas). No obstante, podrá usarse el diámetro mínimo de una pulgada y media 1 ½" (37.5 mm) en longitudes no superiores a los 100.00 mts.

Los sistemas de agua potable, son diseñados para proveer del vital líquido a una comunidad o ciudad que carezca de este importante recurso. Un pueblo, ciudad o área focalizada de viviendas, poseen vías de transporte por el cual podría circular vehículos de diversos tonelajes.

El cual podrá dañar una tubería por efecto del peso del tránsito en caso de que la tubería misma este a una corta distancia por debajo de la estructura vial. Por lo tanto, INAA (2008), recomienda que la cobertura mínima para calles deberá ser de 1.20 metros, y en calles peatonales será de 0.7 metros.

III. Diseño metodológico

3.1 Localización del sitio

El estudio se realizó en la comunidad El Arrayan, que está ubicado a 30.2 kilómetros al oeste de la ciudad de Juigalpa, departamento de Chontales, entre las coordenadas geográficas: 660837.10 m E 1329662.07 m N, Zona 16P. Limita al norte con la comarca El Bálsamo; al este, con las mesetas de Hato Grande; al oeste, con la comarca El Paraíso; y al sur, con la comunidad Puerto Díaz.

Ilustración 1: Localización geográfica, comarca El Arrayan



(Fuente: Google Earth)

3.2 Condiciones climáticas

El clima que predomina en la zona en estudio es sabana tropical, localmente el clima es cálido y seco, con una temperatura promedio de 27.5° C, y una precipitación media, que oscila entre los 1000 y 1200 mm, siendo los meses más fríos de noviembre a enero.

3.3 Descripción de la población

Los aspectos generales de la población fueron determinados mediante visitas in situ, y estudios de población hechos anteriormente, como el VIII Censo de Población y IV de Vivienda del Año 2005, además del IV Censo Nacional Agropecuario 2011. Lo que facilitó el estudio, y proporcionó información referente a los servicios básicos, y la actividad socioeconómica que predomina en la zona.

3.3.1 Censo poblacional

Con la finalidad de recopilar información necesaria para la realización del diseño del sistema de abastecimiento de agua en la comunidad, se implementó un censo poblacional en la comunidad El Arrayan. Se diseñó un formato de censo que permitió la obtención de información de la cantidad de habitantes por vivienda, y preguntas específicas relacionadas a los diferentes usos cotidianos que se le da al agua.

3.4 Proyección de población futura

La determinación de la población futura se realizó mediante la implementación del método geométrico. Conociendo la cantidad de habitantes según el censo poblacional del 2005, y la población actual de la comunidad, se aplicó la ecuación 1 para obtener el índice de crecimiento poblacional.

Ecuación 1:

$$r = \left[\frac{P_n}{P_0} \right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

La población futura se determinó usando la ecuación siguiente:

Ecuación 2:

$$P_{(a+n)} = P_a(1 + r)^n$$

En donde:

P_a : Es la población en el momento a

n : Los años que se proyecta la población

$P_{(a+n)}$: La población en el momento proyectada

r: Tasa de crecimiento anual

3.5 Demanda futura

Para determinar la cantidad de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de la comunidad en estudio, se tomó en consideración los criterios establecidos en las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización de Agua (NTON 09 003-99).

3.5.1 Consumo doméstico (CD)

El consumo doméstico se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 3:

$$CD = \text{dotación} * \text{habitantes} = (\text{lpd})$$

Siendo esto, el producto de la dotación del año en estudio por la población total del mismo año.

3.5.2 Consumo comercial (CC)

Se determina a través de la ecuación siguiente:

Ecuación 4:

$$CC = 7\% \text{ Dotación} = (\text{lpd})$$

3.5.3 Consumo industrial (CI)

Calculándose por medio de la ecuación siguiente:

Ecuación 5:

$$CI = 2\% \text{ Dotación} = (\text{lpd})$$

3.5.4 Consumo público (CP)

Se determina a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 6:

$$CP = 7\% \text{ Dotación} = (\text{lpd})$$

3.5.5 Consumo promedio diario (CPD)

El cálculo de consumo promedio diario se constituye por la suma del consumo diario, más el consumo comercial, más el consumo industrial, más el consumo público. Se refleja a través de la ecuación siguiente:

Ecuación 7:

$$CPD = CD + Población (CC + CI + CP) = (lpd)$$

3.5.6 Pérdidas por fuga

Constituye un 20% del consumo promedio diario, y se calcula a través de la ecuación siguiente:

Ecuación 8:

$$Q_{Fuga} = 20\% CPD = (lpd)$$

3.5.7 Variaciones de consumo (CMD)

El consumo de máximo día (CMD), se estima utilizando el factor de variación diaria de 1.5 con respecto al consumo promedio diario (CPD), según lo establecido por INAA.

Ecuación 9:

$$CMD = 1.5 * CPD + Q_{Fuga} = (lpd)$$

3.5.8 Consumo de máxima hora (CMH)

El consumo de máxima hora (CMH), se estima utilizando el factor de variación horaria de 2.5 con respecto al consumo promedio diario (CPD), según lo establecido por INAA.

Ecuación 10:

$$CMH = 2.5 * CPD + Q_{Fuga} = (lpd)$$

3.6 Levantamiento topográfico

Se efectuó un levantamiento topográfico de los puntos con mayor elevación de la comunidad, donde se definió las posibles ubicaciones del tanque, los puntos estratégicos por donde podrá pasar la línea de conducción, y una nube de puntos de los ramales de distribución. El levantamiento se hizo empleando un equipo topográfico digital, orientado con coordenadas geodésicas ya conocidas.

3.6.1 Equipo topográfico

Para la realización del levantamiento topográfico en la comunidad, se usó un GPS Garmin 64S, el que sirvió para conocer un punto geodésicamente referenciado, posteriormente se introdujo la información del punto obtenido a una estación total Sokia TKS-202, la cual se usó para levantar las coordenadas de los puntos de la línea de conducción, de la red, así como los posibles puntos de ubicación del tanque de almacenamiento.

3.6.2 Trazado de línea de conducción

El levantamiento de la línea de conducción se realizó con estacionamiento del equipo a cada 20.00 m, desde el punto del pozo perforado hasta los ramales de la comunidad. Cada vez que se plantó el equipo topográfico en puntos estratégicos, se buscó lograr visar la mayor cantidad de puntos, obteniéndose agilidad en el proceso.

3.7 Determinación de la calidad del agua

La determinación de la calidad del agua se hizo con base en los análisis físico-químicos y bacteriológicos ya existentes, proporcionado por la Alcaldía Municipal de Juigalpa y realizado por el Laboratorio Ambiental PRONIC. Tomando como referencia los parámetros de la norma regional CAPRE 1994, se determinó su cumplimiento de los requerimientos para ser usada para el consumo humano.

3.8 Tratamiento del agua

Con los datos obtenidos, mediante la determinación de calidad del agua de la fuente, se definió un sistema de tratamiento adecuado para la potabilización de la misma, esto se hizo mediante los requerimientos establecidos en el volumen:

Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida, Manual I (CEPIS), que rigen los tratamientos de potabilización según los diferentes parámetros de calidad del agua.

3.9 Almacenamiento

Se diseñó un tanque de almacenamiento que cumple con las condiciones para suplir las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema, además de mantener las reservas suficientes para hacerle frente, tanto en los casos de interrupción en el suministro de energía que cortarían el flujo de agua, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o la bomba.

Para determinar los volúmenes se tomó en consideración el volumen compensador y el volumen de emergencia, los que se determinan como: el 15% del CPD y el 20% del CPD, respectivamente.

3.10 Dimensionamiento hidráulico

Dentro del análisis técnico y económico del dimensionamiento hidráulico, se tomaron en consideración los diámetros comerciales, el diámetro más económico que cumpla con los estándares óptimos de calidad para un periodo no mayor a 20 años. Para determinar el diámetro más económico de la línea de conducción se aplicó la Ecuación 6.

Ecuación 6:

$$D = 1.5 * Q^{0.5}$$

Donde:

D = Diámetro

Q = Caudal (lps)

3.11 Dimensionamiento de instalación fotovoltaica

El suministro de energía eléctrica para el funcionamiento de las bombas propuestas en el diseño, se hará mediante una instalación fotovoltaica, que debido a la locación de la comunidad, presenta las condiciones adecuadas para obtener la energía solar necesaria para suplir la demanda de energía generada por las bombas, la cual será suficiente para operar las horas de bombeo requeridas por la comunidad.

3.12 Implementación de programas de cálculo

En el uso de recursos digitales para la realización de un diseño de sistema de agua, se procesaron los datos topográficos mediante Excel, se exportaron a AutoCAD, en donde se realizó el trazado de la red en base a los puntos levantados. El archivo de AutoCAD se convirtió a un formato admisible del programa EPANET, en el que se asignaron las diferentes propiedades pertinentes a cada tubería, nodos y los accesorios necesarios, para su posterior simulación.

3.13 Presupuesto general

En la elaboración del presupuesto fue necesario conocer primero la cantidad de tubería, cantidades de accesorios y sus especificaciones. A continuación, se consultó en los catálogos de AMANCO y ferreterías que son proveedoras de los materiales que se requieren en el proyecto. Se elaboró una tabla de alcances que presenta la cantidad de materiales y el costo unitario.

IV. Resultados y discusión

4.1 Caracterización del área de estudio

La comunidad El Arrayan se caracteriza por ser una zona agropecuaria, la mayor parte de los habitantes trabaja en la siembra de granos básicos y la ganadería dedicada a la producción de carne y leche, constituyendo estas actividades los principales medios de la población para obtener sus ingresos. En lo que respecta a la compra de alimentos y artículos para el hogar, cierta parte de estos son adquiridos en pequeños negocios ubicados en la misma comunidad, no obstante, otros como: Ropa y calzado, los adquieren viajando en bus hasta la ciudad de Juigalpa o bien, en la comunidad de Puerto Díaz.

4.1.1 Salud

La prestación del servicio de salud en términos de cobertura, atención, calidad y efectividad, presenta algunas dificultades, las principales deficiencias radican en el tipo de servicios que se presta. Actualmente, el centro de salud El Arrayan cuenta con un médico general dos días de la semana y una enfermera de forma permanente, sin embargo, la carencia de equipos especializados de todo tipo, incluidos los de laboratorio, y la ausencia de médicos generales y/o especializados de manera permanente en el centro de salud, impiden la prestación de un servicio de calidad.

4.1.2 Educación

La comunidad El Arrayan en lo que concierne a la educación, actualmente cuenta con una escuela ubicada a 2.9 kilómetros del poblado, en la cual se imparten clase tanto de primaria, como de secundaria. La matrícula actual de educación primaria consta de 74 estudiantes y la población estudiantil de secundaria es de 103 estudiantes, para un total de 177 dicentes de ambas modalidades. En lo que respecta a las jornadas de estudio, la educación primaria se imparte de lunes a viernes durante el periodo matutino, y clases de secundaria, solamente se realizan por encuentro, los días sábados.

4.1.3 Servicios básicos

La comunidad, al estar distante de la ciudad de Juigalpa, en donde se localiza el gobierno municipal, actualmente no cuenta con un plan de limpieza destinado a la salubridad de la comunidad, en consecuencia, los pobladores se ven obligados a quemar la basura que desechan.

Respecto al servicio de electricidad, la comunidad El Arrayan, no cuenta con servicio de energía eléctrica, por lo que algunas familias se proveen de energía mediante el aprovechamiento de la energía solar, utilizando sistemas fotovoltaicos para su iluminación y entretenimiento. El servicio de agua potable en la comunidad es inexistente, no obstante, la alcaldía municipal de Juigalpa realizó la perforación de un pozo comunitario, lo que permite a los habitantes proveerse del vital líquido para consumo y sus labores diarias.

4.1.4 Transporte

Para el servicio de transporte en la comunidad se cuenta con una ruta que tiene un recorrido de ida y vuelta desde la ciudad de Juigalpa los días de lunes, viernes y sábado. Dicha ruta la realiza un bus con capacidad para 40 pasajeros, el cual parte de la terminal de buses del mercado municipal de Juigalpa, a las 7:15 de la mañana, llega a su destino en la comunidad El Arrayan, y posteriormente retorna desde la comunidad a las 2:30 de la tarde, hasta la terminal de buses.

4.2 Censo poblacional

Los datos de población de la comunidad EL Arrayan, según los datos obtenidos del VIII Censo Nacional de Población y Vivienda (INIDE, 2005), mismos que se reflejan a continuación:

Tabla 1. Censo de población, comunidad El Arrayan, Año 2005

Censo año 2005			
Año	Habitantes	Viviendas	Hab / Viv
2005	292	56	5.2

(Fuente: Instituto Nacional de Información y Desarrollo INIDE)

Para el cálculo de la tasa de crecimiento de la población en estudio, se desarrolló un nuevo censo poblacional, el cual permitió conocer los datos actuales respecto a la cantidad de habitantes y número de viviendas de la comunidad El Arrayan, resultados que se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Censo de población, comunidad El Arrayan, año 2019

Censo año 2019			
Año	Habitantes	Viviendas	Hab / Viv
2019	395	68	5.8

(Fuente: Elaboración propia)

4.2.1 Análisis de variables

Con el censo poblacional realizado en la comunidad El Arrayan, se logró obtener información del uso diario del agua, detallándose la cuantificación del agua utilizada diariamente por los pobladores y el tipo de uso que se realiza de la misma.

El objetivo del presente análisis radica en obtener un dato específico en cuanto al gasto de agua que producen las familias, tomando en consideración las diversas actividades domésticas, predominantes en la comunidad. En el estudio, se tomó como referencia “El balde”, como unidad de medida conocida por los habitantes de la comunidad, el cual es equivalente a 18.75 litros.

Tabla 3: Procedencia y cantidad del agua consumida

Descripción.		¿Cuánta agua consume al día?			
		6 baldes	10 baldes	Más de 10 baldes	Total
¿De dónde proviene el agua que consume?	Pozo comunal	1	5	9	15
	Pozo artesanal	4	14	35	53
Total		5	19	44	68

(Fuente: Elaboración propia)

En la Tabla 3, se observa la cantidad de agua consumida por las 68 viviendas de la comunidad El Arrayan, a las que se les aplicó la encuesta, así mismo, refleja la procedencia del vital líquido. Del total de viviendas se obtuvo que el 22.1% de las mismas se abastecen mediante pozos comunales y el 77.9% se abastecen a través de pozos artesanales. En cuanto a la distribución de la cantidad de agua consumida el 7.35% presento un gasto promedio de 6 baldes al día, el 27.94% presento un consumo de 10 baldes diarios y el 64.71% de las viviendas presentaron un consumo mayor a 10 baldes por día.

Así mismo, 55 viviendas afirmaron que abastecían a sus animales de la misma fuente de donde ellos se proveían de agua para consumo propio, constituyendo un 80.88%; 13 viviendas (19.12%) afirmaron que no suministraban agua a sus animales de la misma fuente que ellos usaban para consumo humano.

Tabla 4: Animales que consumen mayor cantidad de agua

Animal	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Bovino	18	26.47%	26.47%
Equino	4	5.88%	32.35%
Porcino	36	52.94%	85.29%
Ave	10	14.71%	100.00%
Total	68	100.00%	

(Fuente: Elaboración propia)

En la Tabla 4, refleja la opinión de los habitantes respecto al animal que le consume mayor cantidad de agua por día. Del total de viviendas, el 26.47% afirmaron que los animales bovinos son los que les consumía más agua, 5.88% que son los equinos, el 52.94% que los porcinos, y finalmente 14.71% afirmaron que las aves.

- **Gasto actual del agua destinada para animales**

La investigación en cuanto a la caracterización de la población, permitió definir que en la comunidad El Arrayan, un 100% de las viviendas tienen crianza de animales, de las cuales, el 81% de los domicilios, sus animales se abastecen de la misma fuente que utilizan para consumo propio, por ende, se determinó un

gasto de agua significativo proveniente del consumo de los animales que actualmente hay en la comarca.

Tabla 5: Consumo de agua animal en la comunidad El Arrayan

Especie	Cantidad (animal)	Dotación (lppd)	Consumo (lpd)	Consumo (lps)
Bovino	95	50	4,750	0.0549
Equino	30	50	1,500	0.0173
Porcino	113	19	2,147	0.0248
Aves	406	(24 lppd por cada 100 aves)	97.44	0.0011
		Total=	8471.2	0.0983

(Fuente: Elaboración propia)

4.3 Proyección de población futura

Se determinó la tasa de crecimiento poblacional para la comunidad El Arrayan en función de la cantidad de habitantes obtenidos en el censo de población, haciendo uso de la Ecuación 1.

Datos:

Resolución:

r: ¿?

$$r = \left[\frac{395}{292} \right]^{\frac{1}{14}} - 1$$

P_n: 395 hab.

$$r = 2.2\%$$

P_o: 292 hab.

n: 14 años.

Respecto a la población conocida, según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), la comunidad El Arrayan, presentaba en el año 2005 una población de 292 habitantes. Los resultados del censo realizado en el presente estudio, permitió determinar que la población actual es de 395 habitantes. Con ambos datos de población, la tasa de crecimiento poblacional resultante, es de 2.2%. Cabe destacar que al obtenerse una tasa de crecimiento de 2.2% real, esta es menor a la tasa de 2.5% establecida INAA (2008), por ende, la proyección seleccionada será basada en una tasa de crecimiento del 2.5%.

Para el cálculo de la población futura se utilizó la Ecuación 2, presentándose su resolución a continuación.

Datos:

$P_{(a+n)}$: ¿?

P_a : 395 hab.

r: 2.5%

n: 20 años

Resolución:

$$P_{(2019+20)} = 395(1 + 0.025)^{20}$$

$$P_{(2039)} = 648 \text{ hab.}$$

4.4 Demanda futura

4.4.1 Consumo doméstico (CD)

Se consideró que la dotación será de 60 LPPD, de acuerdo a lo descrito por la norma “Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural”.

El consumo doméstico constituye la multiplicación de la dotación por la cantidad de habitantes, dicho cálculo se presenta a continuación:

Datos:

CD: Consumo domestico

Dotación: 60 lppd

Población: 648 hab.

Resolución:

$$CD = 648 \text{ hab} * 60 \text{ lppd}$$

$$CD = 38,880 \text{ lpd}$$

4.4.2 Consumo comercial (CC)

Para el presente estudio, no se consideró un consumo comercial, debido a que según los resultados obtenidos en el censo de población actual, no se encontraron establecimientos comerciales en la comunidad, por consiguiente, no se puede establecer de manera confiable, la existencia de los mismos en un futuro, además que, en la norma “Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural”, no se considera este tipo de consumo.

4.4.3 Consumo industrial (CI)

En el área de estudio, se encontró un establecimiento comercial, el cual se dedica al procesamiento semi-artesanal de productos lácteos. Por consiguiente, el cálculo de este consumo se efectúa considerándose como el 2% de la dotación, dicho cálculo se refleja por medio de la resolución de la Ecuación 5, presentada a continuación:

Datos:

CI: ¿?

Dotación: 60 lppd

Resolución:

CI = 2% (60 lppd)

CI = 1.2 lppd

4.4.4 Consumo público (CP)

El cálculo de este consumo se efectúa extrayendo el 7% de la dotación, dicho cálculo se refleja por medio de la resolución de la Ecuación 6, presentada a continuación:

Datos:

CP: ¿?

Dotación: 60 lppd

Resolución:

CP = 7% (60 lppd)

CP = 4.2 lppd

4.4.6 Consumo promedio diario (CPD)

El cálculo del consumo promedio diario, se obtiene mediante la resolución de la ecuación 7, dicho cálculo expresado a continuación:

Datos:

CPD: ¿?

Ecuación:

$$CPD = (CD + Población (CC + CI + CP)) = (lpd)$$

Consumo doméstico (CD): 38,880 lpd

Consumo comercial (CC): 0 lppd

Consumo industrial (CI): 1.2 lppd

Consumo promedio (CP): 4.2 lppd

Resolución:

$$CPD = (38,880 \text{ lpd} + 648 \text{ hab} (0 \text{ lppd} + 1.2 \text{ lppd} + 4.2 \text{ lppd})) = 42,379.2 \text{ lpd}$$

4.4.7 Pérdidas por fugas

Las pérdidas por fugas constituyen el 20% del consumo promedio diario, se calculó haciendo uso de la Ecuación 8. Su resolución se presenta a continuación:

Datos:

Resolución:

$Q_{fuga} : \text{¿?}$

$$Q_{Fuga} = 20\% (42,379.2 \text{ lpd})$$

CPD: 50,776.56 lpd

$$Q_{Fuga} = 8,475.84 \text{ lpd}$$

4.4.8 Variación de consumo (CMD)

La variación de consumo depende del consumo promedio diario y el caudal por fuga, el cálculo se expresa a continuación:

Datos:

Resolución:

CMD: ¿?

$$CMD = 1.5 * (42,379.2 \text{ lpd}) + 8,475.84 \text{ lpd}$$

CPD: 42,379.2 lpd

$$CMD = 72,044.64 \text{ lpd}$$

$Q_{fuga} : 8,475.84 \text{ lpd}$

4.4.9 Consumo de máxima hora (CMH)

El consumo máxima hora es la mayor cantidad de agua que se demanda en una hora para satisfacer la necesidad de la población, dicho consumo se refleja en el siguiente cálculo:

Datos:

Resolución:

CMH: ¿?

$$CMH = 2.5 * (42,379.2 \text{ lpd}) + 8,475.84 \text{ lpd}$$

CPD: 42,379.2 lpd

$$CMH = 114,423.84 \text{ lpd}$$

$Q_{fuga} : 8,475.84 \text{ lpd}$

$$CMH = 114,424 \text{ lpd} \left(\frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right)$$

$$CMH = 1.32 \text{ lps}$$

4.5 Topografía

La zona en estudio se caracteriza por poseer una topografía regular, la cual presenta una diferencia de elevación entre el punto más bajo y el punto más alto de 20 m. La línea de la tubería principal tiene una longitud de 2.11 km, de la que se distribuye a cinco ramales, que coinciden con los caminos o veredas de acceso de la población, siendo estas vías los sitios de mayor concentración de las viviendas. Al ser una zona parcialmente llana, mediante el levantamiento no se logró encontrar un punto específico en donde se defina la localización del tanque de almacenamiento, por lo que la ubicación del mismo, estará a disposición del modelado de la red.

4.6 Determinación de la calidad del agua

Según el resultado del análisis fisicoquímico y bacteriológico realizado por el laboratorio ambiental PRONIC, a las muestras de agua del pozo perforado en El Arrayan, mismo que se ubica en el sector denominado “El Paraíso”, refleja que, de los veintidós parámetros evaluados, cinco no cumplen con lo establecido por la norma CAPRE, siendo estos: Color verdadero con 25 mg/L PtoCo, excediéndose en 10 unidades más de lo admisible por la norma; turbidez: 18.3 UNT, sobrepasándose 13.3 UNT de lo admisible por la norma, y en hierro total con 0.469 mg/L, excediéndose en un 56% de lo permisible por la norma en estudio. Referente a los parámetros bacteriológicos, se encontró presencia de coliformes totales, con 1320 UFC /100mL, y coliformes fecales, con 510 UFC /100mL, ambos parámetros fuera de lo admisible por la norma CAPRE, las cuales deben tener un valor de cero (Ver Anexo II).

4.7 Tratamiento del agua

La presencia de coliformes fecales (C.F) y coliformes totales (C.T) encontrados mediante el estudio de calidad de agua, son parámetros que inciden directamente en determinar si el agua es apta para consumo humano. Existen distintos procesos por medio de los cuales, es posible la remoción de coliformes, color, turbidez, y hierro total, no obstante, es de vital importancia definir el tipo de tratamiento del

agua, tomando en consideración los factores ambientales en los que se ve inmersa la fuente.

La filtración en grava, de acuerdo a lo establecido por Galvis, Latorre y Teun (1991), es eficiente en la remoción de turbidez en un 80%, para cargas promedio de 30 UNT, un 50% de eficiencia en la remoción de hierro, así mismo 90% respecto a la eficiencia en remoción de coliformes. Algunos autores consideran que el límite aceptable de coliformes fecales, es de 500 coli/ 100 ml, previo a los filtros lentos, a fin de tener una desinfección con cloro en el efluente.

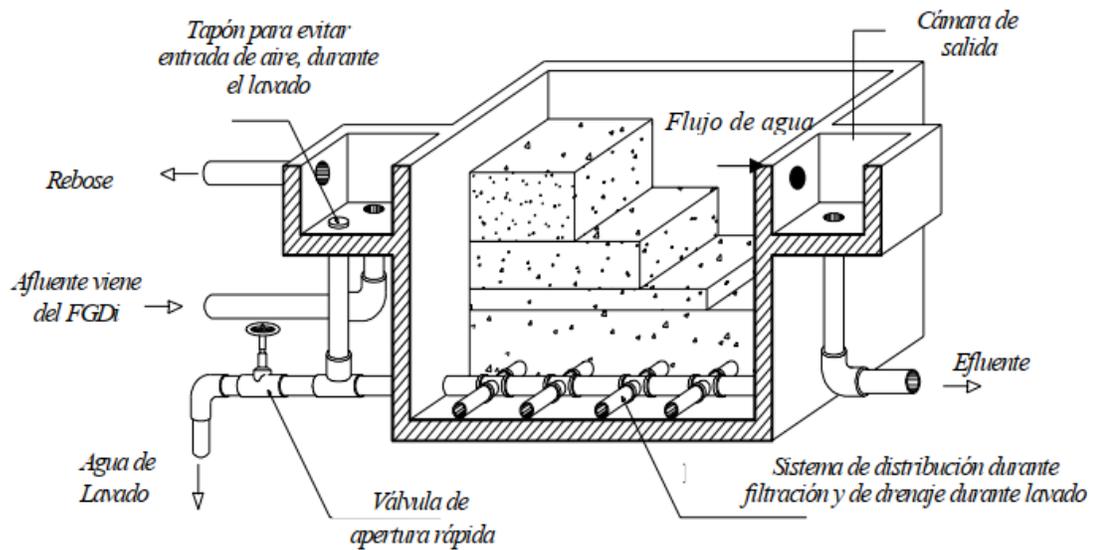
Ordóñez y Pesantez (2017), citan a Galvis, Visscher, Fernández y Beron (1995), mencionando que un filtro ascendente en capas, tiene una eficiencia estimada de 10 a 46% respecto a la remoción de color verdadero. Ver tabla de proceso de potabilización del agua de la fuente pozo perforado El Arrayan (ANEXO 3.1).

Por lo antes expuesto, se ha definido un sistema de filtración basado en la tecnología FIME, considerando únicamente el proceso de filtro grueso ascendente en capas (FGAC) dado que la calidad del agua empleada no presenta altos índices de contaminación. Además, de ser un sistema recomendado para caudales bajos y presentar un bajo costo de construcción y funcionamiento.

4.7.1 Diseño de filtro lento grueso ascendente en capas (FGAC)

Este sistema de filtración lo constituye principalmente una recámara que contiene cinco capas de grava de diferente granulometría, las que cumplen la función de medio filtrante para el agua, este proceso se realiza mediante la filtración de flujo ascendente, es decir, que el agua debe distribuirse en la parte inferior del sistema, y asciende a través de las capas de grava, permitiendo la reducción de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos presentes en el agua cruda.

Ilustración 2: Esquema de FGAC



(Fuente: Galvis Castaño G., 1995)

Tabla 6: Guía de diseño para filtro grueso ascendente

Criterio	Valores recomendados
Periodo de diseño (Año)	8-12
Periodo de operación (h/d)	24
Velocidad de filtración (m/h)(*)	0.3-0.6
Número de unidades en serie	
FGAC	1
FGAS	2-3
Lecho filtrante	
Longitud total (m)	
FGAC	0.60-0.90
FGAS	1.15-2.35
Tamaño (mm)	Según tabla
Lecho de soporte total	
Longitud (m)	0.30-1.25
Tamaño (mm)(**)	Según tabla
Altura sobrenadante de agua (m)	0.10-0.20
Carga estática de agua para lavado en contraflujo (m)	2.5-3.0
Área de filtración por unidad (m ²)	15-25

(Fuente: Galvis Castaño G., 1995)

Respecto al diseño del FGAC, se presentan los diferentes procedimientos de cálculo para su dimensionamiento, tanto la determinación de los diámetros y las longitudes de las unidades recolectoras, como los medios de filtración y la determinación de las pérdidas, estos cálculos se realizaron en base a los criterios descritos en la Tabla 6, permitiendo un diseño óptimo del sistema.

- **Cálculo del área del módulo**

El área del módulo constituye la superficie de la estructura que contiene las capas filtrantes de grava, el cálculo se presenta a continuación:

Datos de diseño

Caudal de diseño (Qd)= 72,044.645 l/d = 3 m³/h

Número de unidades (N)= 1

Velocidad de filtración (V_f)= 0.3 m/h

Área superficial (A_s):

$$A_s = \frac{Qd}{N * V_f} = b * L$$

$$A_s = \frac{3 \frac{m^3}{h}}{1 * 0.3} = 10 m^2$$

Coefficiente de costo (K)

$$K = (2 * N)/(N + 1)$$

$$K = (2 * 1)/(1 + 1) = 1$$

Longitud (L) y ancho de la unidad (b)

$$L = \sqrt{A_s * K}$$

$$L = \sqrt{10 m^2 * 1} = 3.16 m$$

$$b = \sqrt{A_s/K}$$

$$b = \sqrt{10 m^2/1} = 3.16 m$$

Posterior a la resolución de las ecuaciones anteriores se logró determinar el largo de la unidad dando como resultado 3.16 m de longitud, resultado que permite calcular la longitud de la base, siendo esta de 3.16 m respectivamente.

- **Espesores de capa**

El lecho filtrante está constituido por cinco capas: capa superior, tres capas intermedias, y la capa inferior-fondo. A continuación, se presenta una tabla que recomienda los espesores y la granulometría de acuerdo a cada capa.

Tabla 7: Lecho filtrante recomendado para FGAC

Lecho Filtrante (mm)	Altura (m)					
	FGAC	FGAS 2		FGAS 3		
		1	2	1	2	3
19 - 25	0.30*	0.30*		0.30*	0.20*	
13 - 19	0.20 - 0.30	0.30 - 0.45	0.20*	0.15	0.15*	0.15*
6 - 13	0.15 - 0.20	0.30 - 0.45	0.15*	0.45 - 0.75	0.15*	0.15*
3 - 6	0.15 - 0.20		0.30 - 0.45		0.40 - 0.70	0.15*
1.6 - 3	0.10 - 0.20		0.25 - 0.40			0.45 - 0.75
Total (m): • Soporte • Lecho Filt.	0.30 0.60 - 0.90	0.30 0.60 - 0.90	0.35 0.55 - 0.85	0.30 0.60 - 0.90	0.50 0.40 - 0.70	0.45 0.45 - 0.75

(Fuente: Galvis et al., (1991))

- **Cálculo de los diámetros de recolector principal y lateral**

El recolector principal y los laterales, consisten en tubos interconectados por los que fluye el agua a través de perforaciones, y estas permiten que el agua llegue a las capas de grava de forma ascendente.

Cálculo de número de laterales (N_l)

Los laterales consisten en tubos de diámetro inferior al diámetro del recolector principal, los que están ubicados de forma perpendicular al principal, conectados mediante cruces, permitiendo la distribución del agua desde el recolector principal hacia los laterales, mismos que expulsan el agua hacia el medio filtrante. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Espaciamiento entre laterales (E_l)=0.75 m

Base de la unidad (b)= 3.16 m

Resolución

$$NI = \frac{b}{E_l} = \frac{3.16\text{m}}{0.75\text{m}} = 5$$

Cálculo del caudal por lateral (q_l)

El caudal del lateral se determina para conocer cuanta cantidad agua fluye en el lateral, el cual se utiliza para el cálculo de las pérdidas de carga por entrada al orificio lateral. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Número de laterales (N_l) = 5

Número de unidades (N)= 1

Caudal del principal (Q_{dp})= 3 m³/h

Resolución:

$$q_l = \frac{\left(\frac{Q_{dp}}{N}\right)}{N_l} = \frac{\left(\frac{3 \text{ m}^3/\text{h}}{1}\right)}{5} = 0.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cálculo de número de orificios por laterales (N_{ol})

Los orificios consisten en perforaciones que se le deberán realizar a los tubos laterales, para que el agua fluya a través de ellos, directamente a las capas filtrantes de grava.

Datos:

Diámetro del orificio (D_o)= 0.0095m = 3/8"

Área superficial del módulo o unidad (A_{sm})= 10 m²

Radio del orificio (R_o)= 0.0015

Número de laterales (N_l) = 5

Resolución:

$$N_{ol} = \frac{A_{sm} \cdot R_o}{A_o} = \frac{10\text{m}^2 \cdot 0.0015\text{m}}{\frac{\pi \cdot (0.0095\text{m})^2}{4}} = 212$$

$$N_{OxI} = \frac{N_{O1}}{N_1} = \frac{212}{5} = 42.4 \approx 43$$

Cálculo de longitud y diámetro de lateral y principal (D_l, D_p)

La resolución matemática de este cálculo, respecto a la determinación de los diámetros, deberá ser redondeado al inmediato superior comercial. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Ancho de la unidad (a)= 3.16 m

Base de la unidad (b) = 3.16 m

Longitud del lateral (L_l)= ¿?

Longitud de principal (L_p)= ¿?

Diámetro del lateral (D_l)= ¿?

Diámetro del principal (D_p)= ¿?

Número de orificios (n)=43

Resolución:

$$L_l = a - 0.05m = 3.16m - 0.05m = 3.11 m$$

$$L_p = b - 0.25m = 3.16m - 0.25m = 2.91 m$$

$$D_l = (\sqrt{2n} * d_o) * \frac{1''}{2.54 \text{ cm}} = \sqrt{2 * 43} * 0.95 \text{ cm}$$

$$D_l = 3.46 \approx 4''$$

$$D_p = 2 * D_l = 2 * 4'' = 8''$$

- **Cálculo de pérdida de carga por salida del orificio lateral**

El cambio de diámetro en una tubería produce una pérdida de carga, respecto a el caudal que fluye a través de los orificios perforados, ocurre el mismo principio. El cálculo de la perdida de carga por salida del orificio lateral se calcula a continuación:

Datos:

Área del orificio (A_o)=7.08x10⁻⁵ m

Número de orificios por lateral N_{xol}= 43

Caudal del lateral (q_l)= 0.6 m³/h

Resolución:

$$H_{f0} = \frac{1.5V_o^2}{2g}$$

$$V_o = \frac{(q_l/N_{oxl})}{A_{ol}} = \frac{((0.60 \text{ m}^3/3600)/43)}{7.08 \times 10^{-5} \text{ m}} = 0.05 \text{ m/s}$$

$$H_{f0} = \frac{1.5(0.05 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} = 1.91 \times 10^{-4} \text{ m}$$

- **Cálculo de pérdida de carga en el lateral**

La pérdida de carga en el lateral es debido al rozamiento longitudinal entre el agua y el material por donde circula el fluido. El cálculo de la pérdida se presenta a continuación:

Datos:

Resolución:

Pérdida de carga en el lateral $(H_{fl})=¿?$

$$H_{fl} = \frac{S_l * L_l}{3}$$

Área del lateral $(A_{dl})= 0.0081 \text{ m}^2$

$$S_l = \left(\frac{q_l * n}{A_{dl} * R_{hl}^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{\left(\frac{0.6 \text{ m}^3}{\text{h}} / 3600 \right) * 0.009}{0.0081 \text{ m}^2 * 0.0254 \text{ m}^{2/3}} \right)^2$$

Radio hidráulico del lateral

$$S_l = 4.59 \times 10^{-6} \text{ m/m}$$

$(R_{hl})= 0.0254 \text{ m}$

$$H_{fl} = \frac{(4.59 \times 10^{-6} * 3.11 \text{ m})}{3} = 4.75 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Longitud del lateral $(L_l)= 3.11 \text{ m}$

Coefficiente de rugosidad de

Manning para tuberías en servicio $(n) = 0.009$

Cálculo de pérdidas por descarga del lateral en el principal (h_{flp})

La turbulencia generada por la entrada del agua del lateral a la tubería principal genera una pérdida de carga en el flujo, debido a la gravedad y la velocidad que este presenta. El cálculo de la pérdida se muestra a continuación:

Datos:

Resolución:

$H_{flp}=¿?$

Velocidad del lateral $(V_l)=¿?$

$$H_{flp} = \frac{1.5 * V_l^2}{2g}$$

Ac. de la gravedad $(g)= 9.81 \text{ m/s}^2$

$$V_l = \frac{Q_l}{A_{dl}}$$

$$V_l = \frac{\frac{0.6 \text{ m}^3}{\text{s}} / 3600}{0.0081 \text{ m}^2} = 0.020 \text{ m/s}$$

$$Hf_p = \frac{1.5 * (0.020\text{m/s})^2}{2\left(\frac{9.81\text{m}^2}{\text{s}}\right)} = 3.05 \times 10^{-5} \text{m}$$

- **Cálculo de pérdidas de carga en el principal (h_{fp})**

En lo que respecta al principal, también genera una pérdida de carga por rozamiento o por fricción, debido al tipo de material que lo contiene y por la longitud que presenta. El cálculo se desarrolla a continuación:

Datos:

Resolución:

H_{fp}=¿?

$$Hf_p = \frac{S_p * L_p}{3}$$

Área del principal (A_{dp})= 0.032 m²

$$S_p = \left(\frac{q_{p*n}}{A_{dp} * R_{hp}^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{(\frac{3\text{m}^3}{\text{h}}/3600) * 0.009}{0.032\text{m}^2 * 0.0508\text{m}^{2/3}} \right)^2$$

Radio hidráulico del lateral R_{hp}= 0.0508 m

$$S_p = 2.91 \times 10^{-6} \text{m/m}$$

Longitud del principal (L_p) = 2.91 m

$$Hf_p = \frac{(2.91 \times 10^{-6} * 2.91 \text{ m})}{3} = 2.83 \times 10^{-6}$$

Coefficiente de rugosidad de

Manning para tuberías en servicio (n) =0.009

Gradiente hidráulico: S_p

- **Cálculo de pérdidas de carga por accesorios internos de la unidad (H_{fa})**

La pérdida de carga por accesorio se debe al cambio de diámetro y dirección por donde fluye el agua, lo que también genera turbulencia debido a la velocidad que éste presente. El cálculo de las pérdidas se presenta a continuación:

Tipo de accesorios por modulo

cantidad	Descripción	Valor (K)
5	TEE PVC	1.8

Datos:

Cantidad = 5

Coefficiente de rugosidad (K) = 1.8

Pérdidas por accesorios (Kp) = ¿?

Hfa = ¿?

Velocidad del principal (Vp) = ¿?

Caudal del principal (qp) = 3 m³/h

Área del principal (A_{dp}) = 0.032m²

Resolución:

$$K_p = \text{Cant} * K = 5 * 1.8 = 9$$

$$Hf_a = \frac{K_p * V_p^2}{2g}$$

$$V_p = \frac{q_p}{A_p} = \frac{\frac{3 \text{ m}^3}{3600}}{0.032 \text{ m}^2} = 0.026 \text{ m/s}$$

$$Hf_a = \frac{9 * (0.026 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m}^2/\text{s}^2)} = 3.10 \times 10^{-4} \text{ m}$$

- **Cálculo de pérdidas de carga en la recámara de salida (Hfs)**

Lo constituye la cantidad de energía que se pierde cuando el fluido se traslada desde el medio filtrante hasta la recámara de salida. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Vel. del principal (Vp) = 0.031m/s

Ac. de la gravedad (g) = 9.81m/s²

Resolución:

$$Hf_s = \frac{1.5 * V_p^2}{2g} = \frac{1.5 * (0.026 \text{ m/s})^2}{0.032 \text{ m}^2} =$$

$$Hf_s = 5.16 \times 10^{-5} \text{ m}$$

- **Cálculo de pérdidas en el lecho filtrante**

Consiste en la pérdida de carga generada debida al rozamiento que se produce entre el fluido y los elementos granulométricos del medio filtrante. El cálculo de la pérdida de cada capa se presenta a continuación:

Datos:

Pérdidas de carga en la capa 1 (Hf_{f1}) = ¿?

Pérdidas de carga en la capa 2 (Hf_{f2}) = ¿?

Pérdidas de carga en la capa 3 (Hf_{f3}) = ¿?

Pérdidas de carga en la capa 4 (Hf_{f4}) = ¿?

Pérdidas de carga en la capa 5 (H_{f5}) = ¿?

Pérdidas de carga total debido a las capas (H_{ft}) = ¿?

Resolución

Tabla 1: Espesores de capa para FGAC

Espesores de capa de FGAC:				
Posición de la unidad	Espesor Capa		Tamaño Grava	
	H_o (m)	Nomencl.	D_o (mm)	Nomencl.
Superior	0.2	H_1	3.0	d_1
Intermedio	0.2	H_2	6.0	d_2
Intermedio	0.2	H_3	13.0	d_3
Intermedio	0.3	H_4	19.0	d_4
Inferior- Fondo	0.3	H_5	25.0	d_5

(Fuente: Propia)

Velocidad de filtración (V_f)= 0.3m/h

$$H_{f_i} = \frac{0.0608 V_f * H_o}{D_o^2}$$

$$H_{f_1} = \frac{0.0608 \left(\frac{0.3m}{h} * \frac{1}{36} \right) * (0.2m * 100)}{\left(\frac{3mm}{10} \right)^2} = 0.11 \text{ cm}$$

$$H_{f_2} = \frac{0.0608 \left(\frac{0.3m}{h} * \frac{1}{36} \right) * (0.2m * 100)}{\left(\frac{6mm}{10} \right)^2} = 0.0281 \text{ cm}$$

$$H_{f_3} = \frac{0.0608 \left(\frac{0.3m}{h} * \frac{1}{36} \right) * (0.2m * 100)}{\left(\frac{13mm}{10} \right)^2} = 0.0060 \text{ cm}$$

$$H_{f_4} = \frac{0.0608 \left(\frac{0.3m}{h} * \frac{1}{36} \right) * (0.3m * 100)}{\left(\frac{19mm}{10} \right)^2} = 0.0042 \text{ cm}$$

$$Hf_5 = \frac{0.0608 \left(\frac{0.3m}{h} * \frac{1}{36} \right) * (0.3m * 100)}{\left(\frac{25mm}{10} \right)^2} = 0.0024 \text{ cm}$$

Por lo tanto, las pérdidas de las capas serán constituidas mediante la suma de las pérdidas generas en cada una de las capas. Calculo presentado a continuación:

$$Hf_f = Hf_0 + Hf_1 + Hf_2 + Hf_3 + Hf_4 + Hf_5$$

$$Hf_f = 0.15 \text{ cm}$$

- **Cálculo de pérdida total**

Las pérdidas totales constituyen la suma de pérdidas de cada uno de los elementos que comprende el sistema. El cálculo que se presenta a continuación:

$$Hf_T = Hf_0 + Hf_1 + Hf_{lp} + Hf_p + Hf_a + Hf_s + Hf_f$$

$$Hf_T = 0.0020 \text{ m}$$

4.7.2 Sistema de cloración

La cloración es el último tratamiento que se le aplica al agua, dado que, su principal función consiste en erradicar parámetros bacteriológicos aun presentes en el agua posterior a la filtración.

- **Cálculo de las horas de bombeo por día**

Datos:

Resolución:

CMD: 0.83 l/s

El tiempo que tarda el tanque en llenarse será:

CMH: 1.32 l/s

$$T_1 = \frac{V_{\text{Tanque}}}{\text{CMD}} = \frac{14.83 \text{ m}^3}{(0.83 \text{ l/s}) * 3.6} = 4.96 \text{ h}$$

Vol. del tanque (V_{Tanque})= 14.83 m³

El tiempo que tarda en vaciarse el tanque será:

$$T_1 = \frac{V_{\text{Tanque}}}{\text{CMH}} = \frac{14.83 \text{ m}^3}{(1.32 \text{ l/s}) * 3.6} = 3.12 \text{ h}$$

El tiempo total para llenar el tanque cuando el sistema esté en funcionamiento será el tiempo que tarda el tanque en llenarse más el tiempo que tardará el vaciarse respecto al CMH, por lo tanto:

$$T_{\text{Total}} = T_1 + T_2 = 4.96 \text{ h} + 3.12 \text{ h}$$

$$T_{\text{Total}} = 8.08 \text{ h}$$

La cantidad de horas de bombeo según el cálculo anterior da como resolución un total de 8.08 horas, sin embargo, este no es un tiempo que cumpla con los recomendados por la norma "Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural", por lo tanto, se usará el tiempo máximo dictado por la misma, siendo este de: 16 horas de bombeo.

Cálculo del peso de cloro

Constituye a la cantidad requerida de hipoclorito de calcio para el funcionamiento del sistema durante un periodo de 30 días.

Datos:

Caudal (Q)= 72,044.64 lpd

Horas de bombeo (HB)= 16 h

Concentración aplicada (C₂)= 1.5 mg/l

Concentración de solución madre (C₁)= 70%

Tiempo (T)=30 días

Resolución:

$$P = \frac{(72,044.64 \text{ lpd}/24 * 60 * 60)(16 \text{ h})(30\text{días})(3600)(1.5\text{mg/l})}{10 * 70} =$$

$$P = 3087.62 \text{ g} = 3.08 \text{ Kg}$$

- **Cálculo de la cantidad mínima de agua para la disolución**

Este procedimiento consiste en determinar el volumen máximo de agua para poder diluir el hipoclorito, logrando de este modo, seleccionar el tamaño del tanque para este proceso. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

%Cl= 70%

Peso del hipoclorito (P)= 2114.72 g

Concentración máxima de solución madre...

(C_{Max})= 5000 ppm

Se deberá utilizar un recipiente de 450 litros para la solución del hipoclorito de calcio.

Resolución:

$$V_{\text{Min}} = \frac{\%Cl \cdot 10 \cdot P}{C_{\text{Max}}}$$

$$V_{\text{Min}} = \frac{70 \cdot 10 \cdot 3087.62 \text{ g}}{5000 \text{ ppm}} = 432.26 \text{ l}$$

- **Cálculo del caudal de dosificación**

El cálculo consiste en determinar la cantidad de gotas de hipoclorito que deben ser inyectadas por minuto en la tubería de conducción. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Caudal de goteo (Q_g)=¿?

Caudal (Q)= 72044.64 lpd

C_{Max}= 5000ppm

Resolución:

$$Q_g = \frac{6 \cdot Q \cdot C_2}{C_1}$$

$$Q_g = \frac{6 \cdot 72,044.64 \frac{\text{lps}}{24 \cdot 60 \cdot 60} \cdot 1.5 \text{ mg}}{0.5\%} =$$

$$Q_g = 14.94 \text{ ml/min}$$

$$\text{Cantidad de } \frac{\text{gotas}}{\text{min}} = Q_g \cdot 20 = 14.94 \cdot 20$$

$$= 298 \text{ got/min}$$

La dosificación del cloro se hará mediante la implementación de una bomba eléctrica dosificadora, conectada a la cámara de salida del FGAC. A continuación, se presenta un modelo propuesto de precio económico.

Ilustración 3: Modelo de bomba dosificadora LMI Serie B



(Fuente: Fluidos sistemas S.A, 2016)

4.8 Calculo del volumen de almacenamiento

Este cálculo permite determinar el volumen de agua que deberá ser almacenado posterior al sistema de conducción, a fin de suplir la cantidad de agua necesaria para compensar las máximas demandas que se presentan durante la vida útil del sistema.

Volumen compensador

El volumen compensador se considera como un volumen extra para compensar las variaciones horarias de consumo de la población. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Resolución:

CPD: 42,379.21 lpd

$$V_c = 20\%C_{pd} = \frac{0.20 \cdot 42,379.21 \text{ L/d}}{1000} = 8.47 \text{ m}^3$$

Volumen compensador (V_c): ¿?

Volumen de emergencia.

Este volumen se determina como adicional para suplir a la población debido a emergencias o eventualidades inesperadas que puedan ocurrir en el sistema, o debido a procesos de mantenimiento de los equipos de bombeo y/o estructura de filtración. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Resolución:

CPD: 42,379.21 lpd

$$V_e = 15\%C_{pd} = \frac{0.15 \cdot 42,379.21 \text{ L/d}}{1000} = 6.35 \text{ m}^3$$

Volumen de emergencia (V_e): ¿?

$$V_t = V_c + V_e = 8.47 + 6.35 = 14.83 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen del tanque consiste en la sumatoria del volumen compensador (V_c), más el volumen de emergencia (V_e). Realizado el procedimiento, se tiene que el volumen total del tanque (V_t), será de 14.83 m^3 .

Dimensionamiento del tanque

El dimensionamiento del tanque consiste en determinar el diámetro a partir del volumen, mediante un criterio de diseño el cual define que la altura del tanque deberá ser igual al diámetro del mismo. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Resolución:

Volumen del tanque (V_t): 14.83 m^3

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_t}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4(14.83 \text{ m}^3)}{\pi}}$$

$$D = 2.66 \text{ m} \approx 2.70 \text{ m}$$

4.9 Dimensionamiento hidráulico

La fuente de suministro de agua requerida para el abastecimiento de los habitantes de la comunidad, será mediante la captación de aguas subterráneas, a través de un pozo perforado, permitiendo el diseño de mini acueducto por bombeo eléctrico, de orden: Pozo, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución, con una configuración del sistema clasificada como: Fuente – tanque – red.

4.9.1 Calculo del equipo de bombeo

Para la operación del sistema en general, serán empleadas dos bombas, una de ellas será de tipo sumergible, que permita la impulsión del flujo desde el pozo hasta el sistema de tratamiento y una bomba de eje horizontal para trasladar el

flujo desde la cámara de salida del FGAC, hasta el tanque de almacenamiento ubicado a una distancia de 186.04 m de longitud.

Ilustración 4: Bomba sumergible

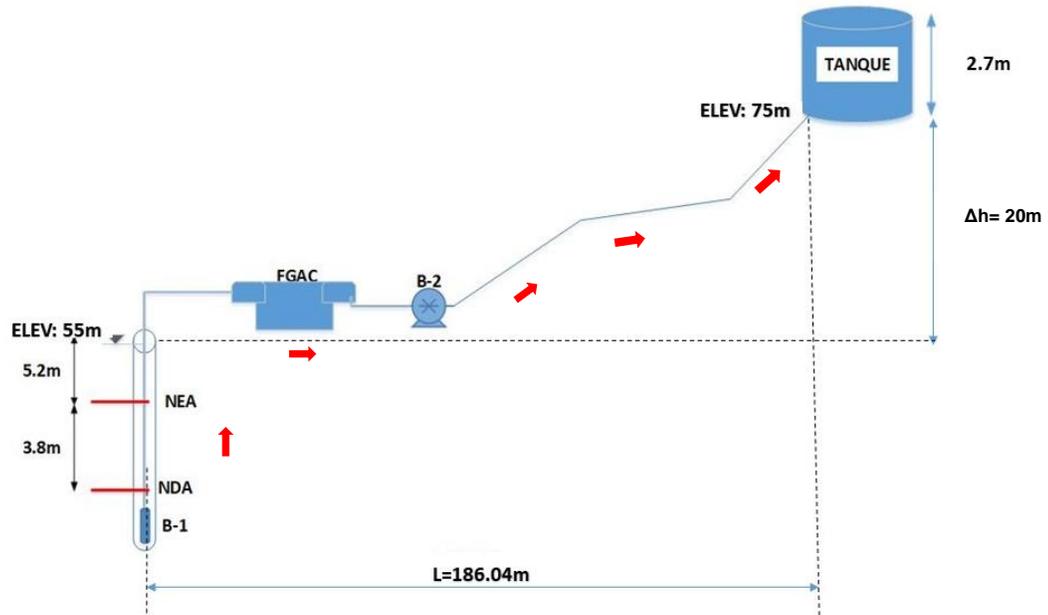


Ilustración 5: Bomba de eje horizontal



(Fuente: Catalogo de bombas Aqualiju) (Fuente: Catalogo de bombas Pedrollo)

Ilustración 6: Esquema del sistema de conducción



(Fuente: Elaboración propia)

- **Determinación del diámetro de la tubería de la bomba B-1**

Consiste en calcular las dimensiones que tendrá la tubería desde la captación hasta el FGA. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Resolución:

Diámetro (D) = ¿?

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.00083 \text{ m}^3/\text{s}}{0.4 \text{ m/s}} * 100 \text{ cm}^2 = 20.75 \text{ cm}^2$$

Velocidad (V) = 0.4 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(20.75 \text{ cm}^2)}{\pi}} = 5.14 \text{ cm} = 2.00 \text{ ''}$$

Caudal (Q) = 0.00083 m³/s = 0.83 l/s.

El valor de diámetro requerido es de 5.14 cm, el cual es mayor al diámetro comercial de 2 pulgadas (50 mm), por tanto, se debe elegir el diámetro comercial inmediato superior, es decir 2.5 pulgadas (75 mm).

- **Cálculo de pérdidas por longitud para para B-1**

La pérdida de carga para la bomba B-1, se da por la fricción del agua con el material de que lo contiene a lo largo de la línea de tubería comprendida entre la bomba y el FGAC. El cálculo de las pérdidas se presenta a continuación:

Datos:

Pérdidas Longitudinales (ΔH_i) = ¿?

Caudal Q = 0.00083 m³/s

Longitud tubería (L) = 12.4m (hasta el FGAC)

Rugosidad del material (C) = 150

Diámetro de la tubería (D) = 0.0625m

Resolución:

$$H_f = \frac{10.67}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} L$$

$$H_f = \frac{10.67}{(0.0625 \text{ m})^{4.87}} \left(\frac{0.00083 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{150}\right)^{1.852} (12.4 \text{ m})$$

$$H_f = 1.77 \times 10^{-2}$$

- **Cálculo de pérdidas por accesorio para la bomba B-1**

Longitudes equivalentes de accesorios de bomba 1

Longitudes equivalentes (m)	
Adaptador macho	2.5
Válvula check	0.4
Codo 90	1.5
Válvula de cierre	0.3
Total	4.7

(Fuente: Elaboración propia)

Resolución:

$$H_f = \frac{10.67}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} L$$

$$H_f = \frac{10.67}{(0.0625\text{m})^{4.87}} \left(\frac{0.00083 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{150} \right)^{1.852} \quad (4.7 \text{ m})$$

$$H_f = 0.0067 \text{ m}$$

Las pérdidas totales para la bomba consisten en la sumatoria de las pérdidas a lo largo de la tubería más las pérdidas localizadas, por lo que el resultado final en pérdidas es de 0.0244 m.

- **Cálculo de la carga total dinámica para la bomba B-1 (CTD₁)**

La carga total dinámica consiste en la altura que tiene que superar la bomba para impulsar el agua desde el pozo al FGAC. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

$$\text{CTD} = ?$$

Diferencia de cota entre la bomba

y el FGAC (Δz) = 1.4m

Nivel estático del agua (NEA) = 5.2 m

Resolución:

$$H_B = h_i + \Delta H_{f_i}$$

$$H_i = \text{NEA} + \text{ND} + \Delta z$$

$$H_B = 1.4 \text{ m} + 3.8 \text{ m} + 5.2 \text{ m} + 0.0244 \text{ m}$$

$$H_B = 10.45 \text{ m}$$

Nivel dinámico (ND) = 3.8 m

Elev TN del pozo = 55.00 m

Perdida por longitud (H_{fT}) = 0.0244 m.

- **Cálculo de potencia de la bomba B-1**

La potencia de la bomba es la energía necesaria que se necesita para elevar el volumen de agua requerido con una CTD conocida. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Altura de la bomba $H_B = 10.45$ m

Eficiencia de la bomba (η) = 75%

Peso específico del agua (γ) = 1000 Kg/m³

Caudal (Q) = 0.00083 m³/s

Resolución:

$$P_n = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_B}{76\eta} = \frac{(1000 \text{ kg/m}^3)(0.00083 \text{ m}^3/\text{s})(10.45 \text{ m})}{76(0.75)}$$

$$P_n = 0.15 \approx 0.5 \text{ HP}$$

- **Cálculo del consumo anual de energía para la B-1**

El consumo de energía de la bomba consiste en el gasto anual en kW/h producidos por la operación de la bomba en un año. El respectivo cálculo se presenta a continuación.

Datos:

Resolución:

Consumo de energía (E) = ¿?

$$E = P_n \cdot 0.7457 \cdot \text{hrs}/1\text{año}$$

1 H.P= 0.7457 Kw-hora

$$E = (0.5 \text{ HP} \cdot 0.7457 \text{kw} - \text{hora} \cdot 8760 \text{ hrs/año})$$

Potencia de la bomba (P_n) = 0.5 HP

$$E = 3266.166 \text{ Kw} - \text{hora/año}$$

- **Determinación del diámetro de la tubería de la bomba B-2**

El diámetro de la tubería de la bomba B-2, consiste en calcular las dimensiones que tendrá la tubería desde la bomba hasta el tanque de almacenamiento. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Resolución:

$$\text{Diámetro de la tubería (D)} = \text{¿?} \quad A = \frac{Q}{V} = \frac{0.00083 \text{ m}^3/\text{s}}{0.4 \text{ m/s}} * 100 \text{ cm}^2 = 20.7 \text{ cm}^2$$

$$\text{Velocidad min. (V)} = 0.4 \text{ m/s} \quad D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(20.7 \text{ cm}^2)}{\pi}} = 5.14 \text{ cm} = 2.0''$$

$$\text{Caudal (Q)} = 0.83 \text{ l/s} = 0.00083 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Cálculo de pérdidas por longitud para para bomba B-2**

La pérdida de carga para la bomba B-2, se da por la fricción del agua con el material de que lo contiene a lo largo de la línea de tubería comprendida entre la bomba y el reservorio. El cálculo de las pérdidas se presenta a continuación:

Datos

$$\text{Pérdidas de por longitud (H}_f) = \text{¿?}$$

$$\text{Caudal (Q)} = 0.00083 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Longitud inclinada (L}_{\text{inclin}}) = 187.11 \text{ m (hasta el T.A)}$$

$$\text{Rugosidad del material (C)} = 150$$

$$\text{Diámetro de la tubería (D)} = 0.0508 \text{ m}$$

Resolución

$$Hf_{Long} = \frac{10.67}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} L$$

$$Hf_{Long} = \frac{10.67}{(0.05 \text{ m})^{4.87}} \left(\frac{0.00083 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{150} \right)^{1.852} (187.11 \text{ m}) = 0.80 \text{ m}$$

- **Cálculo de pérdidas por accesorio para para bomba B-2**

Tabla 9: Longitudes equivalentes para tuberías de 2"

Longitud equivalente (m)	
Válvula check	4
Manómetro	0.4
Codo 90	1.6
Valvula de aire	0.8
Codo 45(x 4 unidades)	2
Válvula de compuerta (x2)	0.6
Medidor maestro	1.8
Tee	3.3
Válvula de limpieza	1.5
Total	16

(Fuente: Elaboración propia)

Datos:

L. equiv.: 16 m

Caudal (Q) = 0.00099 m³/s

Rugosidad del material (C) = 150

Diámetro (D) = 0.0508 m

Resolución:

$$Hf_{acc} = \frac{10.67}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} L$$

$$Hf_{acc} = \frac{10.67}{(0.05m)^{4.87}} \left(\frac{0.00083 \frac{m^3}{s}}{150}\right)^{1.852} (16 m) = 0.07 m$$

$$Hf_T = Hf_{acc} + Hf_{Long} =$$

$$Hf_T = 0.07 m + 0.80 m = 0.87 m$$

- **Cálculo de la carga total dinámica para la bomba B-2 (CTD₂)**

La carga total dinámica consiste en la altura que tiene que superar la bomba para impulsar el agua desde el FGAC hasta el tanque de almacenamiento. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

CTD = ¿?

Elev. Bomba 2 = 55m

Elev. del tanque (hasta el nivel de rebose del tanque) = 77.7m

Pérdidas longitudes (H_{fT}) = 0.87 m

Solución:

$$H_B = \Delta z + H_{fT}$$

$$H_B = (77.7\text{m} - 55\text{ m}) + 0.87\text{ m} = 23.57\text{ m}$$

- **Cálculo de potencia de la bomba B-2**

La potencia de la Bomba es la energía necesaria que se necesita para elevar un volumen de agua requerido con una CTD conocida. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Altura de la bomba H_b = 23.57 m

Eficiencia de la bomba (η) = 75 %

Peso específico del agua (γ) = 1000 Kg/m³

Caudal (Q) = 0.00083 m³/s

Resolución:

$$P_n = \frac{\gamma * Q * H_B}{76\eta} = \frac{(1000\text{ kg/m}^3)(0.00083\text{ m}^3/\text{s})(23.57\text{ m})}{76(0.75)}$$

$$P_n = 0.34 \approx 0.5\text{ HP}$$

- **Cálculo del consumo anual de energía para B-2**

El consumo de energía de la bomba, consiste en el gasto anual en kW/h producidos por la operación de la bomba en un año. El respectivo cálculo se presenta a continuación.

Datos:

Consumo de energía (E) = ¿?

1 H.P= 0.7457 Kw-hora

Potencia de la bomba (P_n) = 0.5 HP

Resolución:

$$E = P_n * 0.7457 * \text{hrs}/1\text{año}$$

$$E = (0.5\text{HP} * 0.7457\text{kw} - \text{hora} * 8760 \text{hrs/año})$$

$$E = 3,266.166 \text{ Kw} - \text{ hora/año}$$

La impulsión del agua desde el pozo hasta el FGAC se hará mediante una bomba sumergible marca Aquialiju AJ, Serie Inox-AJ3, así mismo, respecto al tipo de bomba propuesta para la impulsión hasta el tanque de almacenamiento, será una bomba de eje horizontal marca: Pedrollo, modelo: CP-600.

4.9.2 Dimensionamiento de **Instalación fotovoltaica**

- **Cálculo de consumos medios diarios de energía.**

El consumo de energía diario, consiste en la suma del gasto de cada uno de los dispositivos a los que se les aportara energía para su respectivo funcionamiento. El consumo de energía total demandado por el sistema se presenta a continuación.

Tabla 10: Consumo energético diarios

Unidad	Carga	Potencia unitaria (Watt)	Horas de funcionamiento al día	Total energía requerida (wh)	Total energía necesaria (wh) * Margen Seguridad 20%
2	bomba AC	372.5	16	11920	14304
1	Inyector de Cloro	18	16	288	345.6
4	Bujías	12	10	480	576
Total de consumo diario				12688	15225.6

Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo de la radiación solar disponible (Horas de sol pico “HSP”)**

La radiación solar disponible u horas de sol pico, consiste en la cantidad diaria media mensual de horas máximas de sol que se produce a lo largo del año, siendo esta variable dependiendo de la zona de la zona del país en la que se requiera hacer el estudio. Los datos obtenidos para la comunidad El Arrayan se muestran a continuación.

Tabla 11: Tradición mensual para la comunidad El Arrayan

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Dias/Mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Kwh/m2	7,68	7,15	5,40	6,42	7,07	6,35	6,64	7,81	7,81	6,73	7,02	7,13

Fuente: Power Data Access Viewer.

Las horas de sol pico ante mostradas se utilizarán para calcular el número de módulos o unidades de paneles solares a utilizar, el valor utilizado para realizar el cálculo es respectivamente el dato más bajo o en consecuencia el mes más desfavorable de lo largo del año, el cual sería marzo, siendo un valor total de 6.40 kwh/m2.

- **Cálculo de cantidad de placas o paneles solares.**

El cálculo de la cantidad de paneles consiste en determinar la cantidad de paneles solares que se necesitaran para abastecer de manera constante el sistema de bombeo, el cual consiste en proponer una placa o panel con una capacidad en watts en base a la cantidad de energía total de diseño. El cálculo de la cantidad de paneles se expresa a continuación.

El procedimiento de cálculo se realizara proponiendo un panel BiHiKu CS3W-390PB-AG,el cual presenta un potencia máxima nominal de 468 watts, con un voltaje máximo nominal de 38.8 volts y una carga de 10.19 A respectivamente.

Datos:

Consumo total diario= 15,110 Watts

Horas sol pico (Hsp)= 5.40

Potencia nominal del panel (Pmax)= 468 wp

Rendimiento de trabajo nominal del módulo: 80%

Numero de módulos: ¿?

Resolución:

$$\text{Número de modulos} = \frac{\text{Cosumo total diario}}{(\text{hsp} \times \% \text{rendimiento} \times P_{\text{max}})}$$

$$\text{Número de modulos} = \frac{(15,110 \text{ watts})}{(5.40 \times 0.80 \times 468 \text{ wp})} = 7.50 \sim 8 \text{ modulos}$$

El total de módulos fotovoltaicos equivale respectivamente a un total de 8 unidades de 468 watts, teniendo así una capacidad nominal de energía producida de 3.74 kwp.

- **Cálculo de la capacidad del inversor**

El cálculo de la capacidad del inversor consiste en la energía necesaria que requiere el sistema en corriente alterna, ya que el sistema fotovoltaico produce corriente continua y por lo cual necesita transformar la energía producida para que el sistema funcione adecuadamente. El cálculo de la capacidad se presenta a continuación.

Datos:

Consumo total en 1 hora (carga)= 811 Watts

Factor de potencia de la carga (Fp)= 80 %

Eficiencia del inversor (Effinv) = 95 %

Factor de Seguridad (Fs) = 25 %

Potencia del inversor (Sp)= ¿?

Resolución:

$$Scarga = 1.25 \left(\frac{Pcarga}{Fp \times Eff} \right)$$

$$Scarga = 1.25 \left(\frac{811 \text{ watts/h}}{0.80 \times 0.80} \right) = 1,583 \text{ watts}$$

La potencia total calculada para el inversor es equivalente a 1,583 watts, por lo cual se propone usar el modelo inmediato superior de 2000 watts, que podrá suplir la demanda exigida por el sistema.

- **Cálculo de cantidad de la cantidad de baterías.**

El cálculo de la cantidad de baterías consiste en determinar el total de elementos de almacenamiento de energía para que el sistema funcione correctamente, en ciertos días donde no se pueda captar energía solar directa, debido a condiciones climatológicas, o a causas de periodos de mantenimiento de los módulos fotovoltaicos.

Para el cálculo respectivo del banco de baterías, se debe de tomar en consideración la profundidad de descarga de las baterías, el cual está en un rango de 0.5 a 0.70 en baterías de ciclos profundos. El cálculo de la cantidad de baterías se presenta a continuación.

Datos:

Consumo total diario (W_{ac}) = 15,110 Watts

Eficiencia del inversor (E_i) = 80 %

Tensión de la batería (V)= 24 V

Capacidad de la batería ($C_{bateria}$) = 230 Ah

Profundidad de descarga de la bateria (DoD)= 60 %

Capacidad del banco de baterías (W_{bb}) = ¿?

Capacidad del banco de baterías (C_{bb}) = ¿?

Numero de baterías (N_b) = ¿?

Resolución:

$$W_{banco_baterias} = \frac{(W_{AC})}{E_i}$$

$$W_{banco_baterias} = \frac{15,110 \text{ watts}}{0.80} = 18,887.50 \text{ watts} \sim 18,880 \text{ wattss}$$

$$C_{banco_baterias} = \frac{(W_{banco_baterias})}{E_i * DoD * V}$$

$$C_{banco_baterias} = \frac{(18,880 \text{ watts})}{(0.80 * 0.60 * 24 \text{ V})} = 1,639.54 \sim 1640 \text{ Ah}$$

$$N_b = \frac{C_{banco_baterias}}{C_{baterias}}$$

$$N_b = \frac{1,640 \text{ Ah}}{230 \text{ Ah}} = 7.13 \sim 8 \text{ baterias}$$

El número total de baterías determinado para el sistema fotovoltaico, equivale respectivamente a 8 unidades conectadas en serie, con una capacidad de 230 Ah por cada batería y con la que puede amanecer la energía suficiente para los días

de poca luz solar o debido a mantenimientos rutinarios de los modelos fotovoltaicos.

4.9.3 Calculo del golpe de ariete

Datos:

Resolución:

Módulo de elasticidad...

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.00083\text{m}^3}{\frac{\pi(0.0508\text{m})^2}{4}} = 0.42 \text{ m/s}$$

del PVC = 28100 kg*s²/cm²

$$H_i = \frac{145V}{\sqrt{1 + \frac{K_a D}{E t e}}}$$

Rigidez del PVC (K_a) = 20670 kg/cm²

$$H_i = \frac{145(42 \text{ cm/s})}{\sqrt{1 + \frac{(20670 \text{ Kg/cm}^2)(5.08\text{cm})}{(28100 \text{ Kg*s}^2/\text{cm}^2)(0.29\text{cm})}}$$

Espesor de la tubería (e) = 2.9 mm

$$H_i = 1715.32 \text{ cm} \approx 17.15 \text{ m}$$

Diámetro de la tubería (D) = 0.0508 m

$$H_i = 17.15 \text{ m}$$

Se considera que la sobrepresión ejercida por el golpe de ariete será despreciable, ya que la carga producida es mínima en relación a la máxima soportada por la tubería.

$$17.15 \text{ mca} = 1.75 \text{ Kg/cm}^2 < 105 \text{ kg/cm}^2$$

- **Cálculo de la carga total de trabajo de la tubería**

La carga total de la tubería consiste en la máxima presión que deberá soportar la al momento de que el sistema se encuentre en funcionamiento. El cálculo se presenta a continuación:

Datos:

Resolución:

Diferencia de cota entre la bomba y $H_{st} = \Delta z + H_{ft} + H_s(0) = 0.87 + 23$

y la parte superior del tanque (Δz) = 23 m $H_{st} = 23.87 \text{ mca}$

Pérdidas de carga totales (H_{fT}) = 0.87 mca

Altura de succión de la bomba (H_{st}) = ¿?

4.9.4 Análisis técnico económico

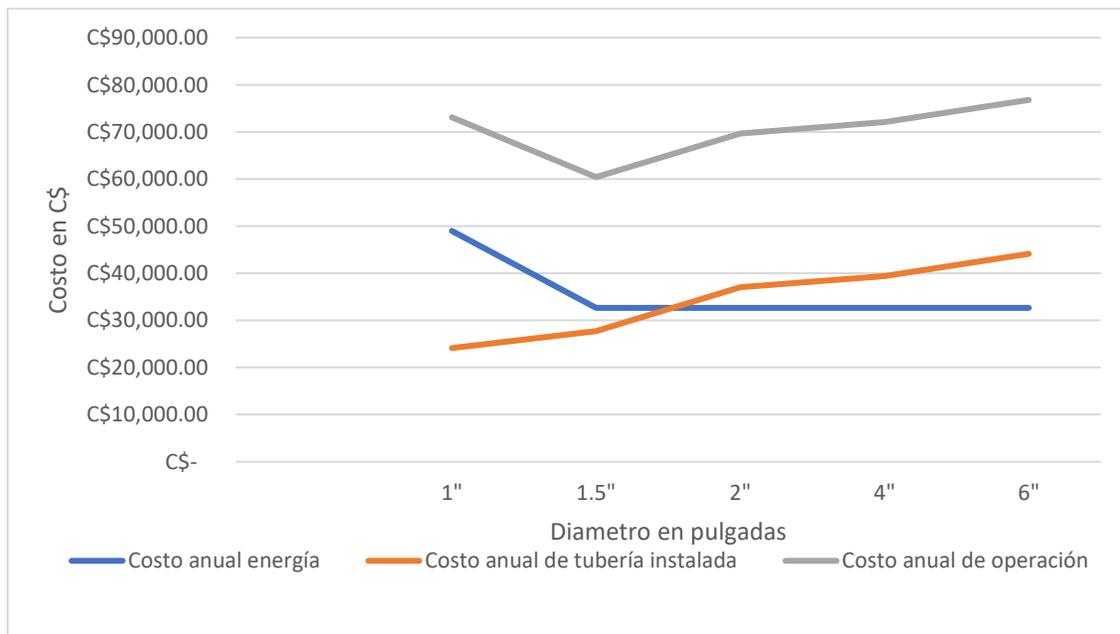
El cálculo técnico consiste en la selección de cinco diferentes diámetros, sometidos a condiciones de bombeo diferente, permitiendo definir el diámetro más adecuado, en concepto de costo y mantenimiento para la línea de conducción del sistema.

Tabla 12: Análisis de diámetro más económico

Diámetro (pulgada)	1"	1.5"	2"	4"	6"
Costo anual energía	48,992.49 C\$	32,661.66 C\$	32,661.66 C\$	32,661.66 C\$	32,661.66 C\$
Costo anual de tubería instalada	24,132.16 C\$	27,753.26 C\$	37,013.97 C\$	39,419.03 C\$	44,130.83 C\$
Costo anual de operación	73,124.65 C\$	60,414.92 C\$	69,675.63 C\$	72,080.69 C\$	76,792.49 C\$

(Fuente: Elaboración propia)

Ilustración 7: Determinación del diámetro más económico



(Fuente: Elaboración propia)

De acuerdo al análisis realizado con el software EPANET, para el caso del consumo de máximo hora, las presiones en los nodos se encuentran entre 6.59 m y 28.32 m, así mismo, en las velocidades, se obtuvieron valores que varían entre 0.01 m/s y 1.43 m/s, valores de velocidad admisibles en las partes más cercanas al tanque, acorde a lo establecido por la norma. Respecto al segundo análisis generado con caudales de salida en cero, se obtuvo que las presiones no exceden los 50 mca que rige la norma como presión máxima admisible. Ver anexo 5.1,5.2,5.3 y 5.4)

4.10 Presupuesto

Se realizó un metrado de las cantidades de material y mano de obra necesaria para la ejecución del proyecto, así mismo, se tomó como referencia catálogos de empresas nacionales proveedoras de materiales para obras hidráulicas, lo que permitió estimar un total del costo del proyecto, ajustado a las condiciones socioeconómicas de la comunidad, el cual tiene un costo de la inversión de C\$ 1,327,666.43 (Ver Anexo 6.1).

Tabla 13: Resumen del presupuesto general del proyecto

	DESCRIPCIÓN	TOTAL
01	Línea de conducción	C\$ 63,433.45
02	Línea de distribución	C\$ 637,100.00
03	Tanque de almacenamiento	C\$ 60,291.00
04	Estructura de techo del FGAC	C\$ 51,906.50
05	Estructura de filtración de agua.	C\$ 56,154.80
06	Plataforma para tanque de solución madre	C\$ 46,560.00
07	Estructura de techo para bomba 2	C\$ 2,888.40
08	Caseta de Control	C\$ 47,558.40
09	Instalación de sistema fotovoltaico	C\$ 188,600.00
SUB-TOTAL		C\$1,154,492.55
IVA (15%)		C\$ 173,173.88
TOTAL		C\$1,327,666.43

(Fuente: Elaboración propia)

V. Conclusiones

De acuerdo a las pruebas de laboratorio que se aplicaron a las muestras de agua de la fuente, se determinó que el agua tenía presencia de color con 25Mg/l, turbidez con 18.3 UNT, hierro total con 0.426mg/l, y coliformes totales con 1320 UFC, los cuales exceden los parámetros establecidos por la norma CAPRE, por cuanto, la potabilización de la fuente, fue mediante un sistema de filtro grueso ascendente en capas basado en tecnología FIME, seguido de cloración por goteo, a través de una bomba dosificadora.

El proceso de tratamiento del agua, fue mediante un FGAC basado en tecnología FIME, de la cual se implementó únicamente la etapa de filtro grueso ascendente en capas, dado que, al ser una fuente subterránea, la presencia de color, turbidez, y hierro total, no presentan valores sumamente excedidos en relación a los parámetros establecidos por las normas CAPRE, y según la bibliografía consultada, la implementación del FGAC, seguido de cloración, resulta suficiente para reducir los valores fisicoquímicos y bacteriológicos encontrados, logrando agua en condiciones aptas para consumo humano.

El análisis hidráulico realizado al sistema, permitió conocer las presiones de cada uno de los 17 nodos que conforman la red, con resultados comprendidos entre 6.59 mca y 28.32 mca, los que, de acuerdo a la norma NTON-09 003-99, resultan valores admisibles, para un diseño de sistema de distribución de agua potable. Respecto a las velocidades, encuentran comprendidas en: entre 0.01m/s y 1.43 m/s, esto debido a la topografía llana del terreno y los nodos en su mayoría dispersos, por lo cual, se implementó el uso de válvulas de limpieza en las tuberías con presencia de velocidades bajas, a fin de evitar la posible acumulación de residuos en las tuberías y garantizar de esta manera la calidad del fluido.

VI. Recomendaciones

- Se deberán realizar charlas de concientización a la población para el uso adecuado del agua tratada, además de no permitir que el agua proveniente del sistema sea destinada para consumo animal, a fin de que el sistema funcione en condiciones óptimas, únicamente para consumo humano.
- Se deberá suministrar el hipoclorito de calcio, periódicamente cada 30 días máximo, y almacenándolo en un lugar seco, así mismo, se deberá limpiar el tanque de polietileno de la solución madre de hipoclorito de calcio, por lo menos una vez por mes, o cuando se observe presencia de residuos sólidos en el fondo.
- Impulsar acciones de conservación de la fuente mediante campañas de reforestación en el área de captación (microcuenca), así como, la eliminación de los focos de contaminación en un radio no menor de 30m de la fuente de captación, a fin de garantizar el abastecimiento de la población durante el periodo de diseño.
- Realizar labores de limpieza y desinfección en el tanque de almacenamiento y de la bomba cada seis meses y chequeo de todos los accesorios de bombeo, a fin de prevenir posibles colapsos en el sistema.

VII. Bibliografía

- Alfaro Martinez, P., Santos Martinez, P., & Castaño Castaño, S. (2006). *Fundamentos de Hidrología*. Madrid, España: Ediciones Mundi - Prensa Libros, S.A.
- AQUALIJU. (2018). *Bombas sumergibles para pozos*. Obtenido de https://oliju.pt/portal/pimages/downloads/catalogo/AQUALIJU_es.pdf
- Arocha R, S. (1977). *Abastecimientos de agua, Teoría y Diseño*. Caracas: Ediciones Vega S.R.L.
- Arriaga, E. E. (1967). Métodos de proyección de poblaciones. *Revista de economía estadística*, 1-15.
- Azuz , I. A., & Rivera Arriaga, E. (2007). *Scielo*. Obtenido de Estimación del crecimiento poblacional para los estados costeros de México: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252007000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Botero, D. O. (1981). *Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de Modelos Matemáticos Elementales en Proyecciones de Población: <http://www.bdigital.unal.edu.co/15205/1/9803-17385-1-PB.pdf>
- Cleves, G. G. (2007). *Civil Geeks*. Obtenido de Topografía para Ingenieros: <https://civilgeeks.com/2011/12/07/topografia-para-ingenieros-civiles/>
- Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y Republica Dominicana. (1994). *Biblioteca Virtual ENACAL*. Obtenido de Norma Regional CAPRE: http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec%5CLibros%5Cpdf%5CCAPRE_Normas_Regional.pdf
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (1983). *Hidrología Subterránea*. Barcelona: Omega S.A.
- Fluidos sistemas,S.A. (2016). *N*. Obtenido de NOVATEC: <https://novatecfs.com/wp-content/uploads/2018/10/Catalogo-LMI.pdf>
- Galvez, J. J. (2011). *Cartilla Técnica aguas subterráneas-acuíferos*. Lima-Peru.
- Galvin, R. M. (2003). *Fisicoquímica y Microbiología de los Medios Acuáticos (Tratamiento y control de calidad de aguas)*. Madrid: Díaz de Santos S.A.

- Galvis Castaño G., V. J. (1995). *Repositorio Institucional Universidad de Cuenca*. Obtenido de Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28488/1/tesis.pdf>
- Galvis Castaño, G., Latorre Montero, J., & Teu Visscher, J. &. (Septiembre de 1999). *International water and sanitation center (IRC)* . Obtenido de Filtración en multiples etapas: <https://www.ircwash.org/sites/default/files/255.9-99FI-17025.pdf>
- Gavilán, C. G. (s.f.). *Editora Norte*. Obtenido de Manual de producción ganadera: Manual de producción ganadera
- Granados, M. d. (1987). *Respositorio Difital del CEPAL*. Obtenido de Tecnicas de Proyección de Población de Áreas Menores: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/32594/D-13118.00_es.pdf?sequence=1
- INIDE & MAGFOR. (2011). *IV Censo Nacional Agropecuario*. Obtenido de <https://www.mag.gob.ni/documents/Publicaciones/CENAGRO/Chontales.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística de España. (2001). *Instituto Nacional de Estadística de España*. Obtenido de Censo de Población y Viviendas 2001: <http://www.ine.es/censo2001/6.pdf>
- Instituto Nacional De Informacion de Desarrollo & Mininisterio Agropecuario Forestal. (2001). *III Censo Nacional Agropecuario*. Obtenido de <http://www.inide.gob.ni/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CENAGRO01&MAIN=WebServerMain.inl>
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). (Marzo de 2008). *VIII CENSO NACIONAL DE POBLACION Y IV DE VIVIENDA 2005: NICARAGUA*. Obtenido de JUIGALPA en Cifras: <http://www.inide.gob.ni/censos2005/CifrasMun/Chontales/juigalpa.pdf>
- Instituto Nicaragüense de Acuerductos y Alcantarillados. (2008). *Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural*. Obtenido de <http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/leyes/5.NORMAS%20RURALES.pdf>
- Instituto Nicaragüense de Acuerductos y Alcantarillados. (2008). *Normas para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Potabilización de las Aguas. (NTON 09003 - 99)*. Obtenido de

<http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/seccion-1/7.Abastec.yPot.Agua.pdf/view>

- Jauregui, L. (2008). *Red ULA*. Obtenido de Web del Profesor: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones/Topograf%eda/TEMA_1.pdf
- LMI, a. A. (2019). *NOVATEC FLUID SYSTEM S.A*. Obtenido de Soluciones Productos y Servicios: <https://novatecfs.com/wp-content/uploads/2018/10/Catalogo-LMI.pdf>
- López Alegría, P. (2001). *Abastecimiento de agua potable y disposiciones y eliminación de excretas*. México: Tresgerras 27.
- Martínez Alfaro, P., Martínez Santos, P., & Castaño Castaño, S. (2006). *Fundamentos de Hidrología*. Madrid.
- Matera, L. C. (2002). *Topografía Plana*. Mérida: Taller de Publicaciones de Ingeniería, ULA / Mérida 2002.
- Pedrollo. (2019). *Bombas pedrollo*. Obtenido de <https://www.pedrollo.com/es/productos>
- PIENSA. (2014). *Guía de Laboratorio Físico-Químico de Aguas Naturales*. Managua.
- PLAN Y ESTRATEGIAS DE MEDIO AMBIENTE S.L (PYEMA). (2008). *Aspectos Demográficos*. Obtenido de Godella: <http://www.godella.es/sites/default/files/Aspectos%20demograficos.pdf>
- Rodríguez, D. C. (2008). *Potabilización de agua, Abastecimiento y Saneamiento Urbano*. Madrid, España.
- Rojas, J. A. (2009). *Calidad del Agua*. Estados Unidos.
- Spellman, F. R., & Dirnan, J. (2000). *Manual de Agua Potable*. Zaragoza: ACROBIA, S.A.
- Terán, J. M. (2013). *Universidad Veracruzana*. Obtenido de Manual para Diseño de Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario: <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
- Vargas, I. L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida Manual I: Teoría Tomo I*. Perú.

Anexo I.

Proyección de población, Dotación de agua para consumo animal, y Demanda futura

Anexo 1.1 Proyección de población

Año	Cantidad de habitantes [P(a)]	Tasa de crecimiento poblacional (r)	Cantidad de años a proyectar (n)	Población en año proyectado [P(a+n)]
2019	395	2.5%	-	-
2024	395	2.5%	5	447 hab
2029	447	2.5%	5	506 hab
2034	506	2.5%	5	572 hab
2039	572	2.5%	5	648 hab

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 1.2 Dotación de agua para consumo animal

Especie -tipo de animal	Litros x día
PERSONAS	
Ingestión, higiene, etc.	400
Bovino	
Ternera de cría	20-25
Vaquillona 300 kg	25-35
Vaca seca 450 kg	30-40
Vaca con cría	55-70
Toros 700 kg	44-55
Novillo 400 kg	30-60
Ovino	
Hembra madura	3.8
Hembras lactantes	5.7
Cordero	1.9
Equino	
Equino	50
Porcino	
Verraco	10-15
Cerdas en gestación	10-17
Cerdas en lactancia	20-30
Lechones destetados	2-4
Lechones en crecimiento	6-8
Gallinas	
Cada 100	24

(Fuente: Manual de producción ganadera)

Anexo 1.3 Proyección de consumo

AÑO	POBLACIÓN	DOMESTICA	DOTACIONES (lpd)			CPD	HF	CMD	CMH
			PÚBLICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL				
2,019	395	23,700	1,659	-	474.00	25,833	5,167	43,916	69,749
2,020	405	24,300	1,701	-	486.00	26,487	5,297	45,028	71,515
2,021	415	24,900	1,743	-	498.00	27,141	5,428	46,140	73,281
2,022	425	25,500	1,785	-	510.00	27,795	5,559	47,252	75,047
2,023	436	26,160	1,831	-	523.20	28,514	5,703	48,474	76,989
2,024	447	26,820	1,877	-	536.40	29,234	5,847	49,697	78,931
2,025	458	27,480	1,924	-	549.60	29,953	5,991	50,920	80,874
2,026	469	28,140	1,970	-	562.80	30,673	6,135	52,143	82,816
2,027	481	28,860	2,020	-	577.20	31,457	6,291	53,478	84,935
2,028	493	29,580	2,071	-	591.60	32,242	6,448	54,812	87,054
2,029	505	30,300	2,121	-	606.00	33,027	6,605	56,146	89,173
2,030	518	31,080	2,176	-	621.60	33,877	6,775	57,591	91,468
2,031	531	31,860	2,230	-	637.20	34,727	6,945	59,037	93,764
2,032	544	32,640	2,285	-	652.80	35,578	7,116	60,482	96,060
2,033	558	33,480	2,344	-	669.60	36,493	7,299	62,038	98,532
2,034	572	34,320	2,402	-	686.40	37,409	7,482	63,595	101,004
2,035	586	35,160	2,461	-	703.20	38,324	7,665	65,151	103,476
2,036	601	36,060	2,524	-	721.20	39,305	7,861	66,819	106,125
2,037	616	36,960	2,587	-	739.20	40,286	8,057	68,487	108,773
2,038	631	37,860	2,650	-	757.20	41,267	8,253	70,155	111,422
2,039	648	38,880	2,722	-	777.60	42,379	8,476	72,045	114,424

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo II.

**Resultados del análisis bacteriológico y
fisicoquímico**



LABORATORIO AMBIENTAL PRONIC

Servicios Analíticos Ambientales

Resultado de Análisis No. 10053		Orden Servicio # 1098	Código Muestra No. LAP-1218-EI-003		
Cliente: ALCALDIA JUIGALPA		Solicitado: Ing. Hector Eliel Miranda	Fecha y Hora Recolección 17/12/2018, 07:00 p.m	Fecha Ingreso Laboratorio 18/12/2018	
Departamento/Municipio Chontales -Juigalpa		Dirección: Comunidad El Arrayan	Fecha Emisión Resultado 28/12/2018		
Lugar Muestreo Pozo Perforado El Arrayan		Recolectado por: Julio Amador	Coordenadas	Matriz Muestra: AGUA SUBTERRANEA	
ANALISIS DETERMINADO	METODO SMWW 22ed	RESULTADOS	UNIDADES	VALOR RECOMENDADO ²	VALOR MAXIMO ADMISIBLE ²
Concentración Iones Hidrógeno	4500-H.B	6.42	Valor pH	6.5 a 8.5	
Temperatura	2550B	25.00	°C	18 a 30	
Conductividad Eléctrica	2510B	182.00	µS/cm	400	
Color Verdadero	2120C	25.0	mg/L PtoCo	1	15
Turbidez	2130B	18.3	NTU	1	5
Arsénico	404A ⁴	n.d	µg/L		10
Dureza Total	2340C	44.00	mg/L CaCO ₃	400	
Calcio	3500B	12.02	mg/L CaCO ₃	100	
Magnesio	3500B	3.40	mg/L CaCO ₃	30	50
Manganeso	3500-Mn B	<0.1	mg/L	0.1	0.5
Hierro Total	3500Fe.E	0.469	mg/L		0.3
Potasio	3500C	1.65	mg/L		10
Sodio	3500B	16.00	mg/L	25	200
Alcalinidad Total	2320B	56.00	mg/L CaCO ₃	N.E	N.E
Bicarbonatos	2320B	56.00	mg/L CaCO ₃	N.E	N.E
Cloruros	4500B	21.99	mg/L	25	250
Fluoruro	3500D	0.64	mg/L		0.7 - 1.5
Nitratos	4500E	2.50	mg/L	25	50
Nitritos	4500B	0.019	mg/L		0.1
Sulfatos	4500E	4.00	mg/L	25	250

1- Muestra recolectada por el cliente.
2- Criterio de evaluación: Normativa para la calidad del Agua Potable, Normas CAPRE 1994, Valor recomendado y Máximo admisible
3- Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater 22th ed.
4- Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater 14th ed.
5- BALANCE IONICO MUESTRA 1030.E ± 1.29 %
METODO: Corresponde al código Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
N.D : No Detectado
N.E: No Especificado en la Normas CAPRE
**Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio, únicamente es válido en su impresión original.

Gerente Desarrollo Analítico

Yasser Rodríguez
Analista Laboratorio



LABORATORIO AMBIENTAL PRONIC

Servicios Analíticos Ambientales

Resultado de Análisis No. 10053	Orden Servicio # 1098	Código Muestra No.	LAP-1218-EI-003	
Cliente: ALCALDIA DE JUIGALPA	Solicitado: Ing. Hector Eliel Miranda	Fecha y Hora Recolección	Fecha Ingreso Laboratorio	
		17/12/2018, 6:05 p.m	18/12/2018	
Departamento/Municipio Chontales/Juigalpa	Dirección: Com. El Arrayan	Fecha Emisión Resultado		
		28/12/2018		
Lugar Muestreo Pozo Perforado El Arrayan	Recolectado por: Julio Amador	Matriz Muestra:	Coordenadas:	
		Agua Subterránea		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES	VALOR RECOMENDADO ² NORMAS CAPRE
COLIFORMES TOTALES	9222B	1320.00	UFC/100mL	Negativo
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	9221D	510.00	UFC/100mL	Negativo
1- Muestra recolectada por el cliente. 2- Criterio de evaluación: Normativa para la calidad del Agua Potable, Normas CAPRE 1994, Valor recomendado y Máximo admisible 3- Standard Methods for the Examination Water and WasteWater 22th ed. Método 9222.B, D Comentarios: Se reporta colonias coliformes totales, por tanto, no es apta para consumo humano, se recomienda realizar limpieza y desinfección al pozo de la muestra analizada, posterior evaluar la calidad bacteriológica. METODO: Corresponde al código Standard Methods for the Examination of Water and Watewater **Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio, unicamente es válido en su impresión original.				
 M.sc. Jocelino Jaén S. Gerente Desarrollo Analítico			 Yasser Rodríguez Analista Laboratorio	

Anexo III.

Proceso de potabilización del agua de la fuente pozo perforado El Arrayan, Tabla de nomenclatura para cálculo de FGAC

Anexo 3.1 Proceso de potabilización del agua de la fuente pozo perforado El Arrayan

Item	PROCESO DE TRATAMIENTO	CRITERIO	Parámetros a tratar				
			C.F	C.T	Hiero total	Color verdadero	Turbidez
1.00	CALIDAD AGUA CRUDA.		510 UFC/100 ml	1320 UFC/100 ml	0.469 mg/l	25 mg/l PtoCo	18.3 UNT
2.00	CALIDAD DEL AGUA DESPUES DEL PREFILTRO GRUESO DE GRAVA.	Eficiencia de 80% de remoción de turbidez, eficiencia en la remoción de coliformes en un 90%, y eficiencia en la remoción de color en un 46% Remocion de hierro, con una eficiencia de 50%	51 UFC/100 ml	132 UFC/100 ml	0.234	11.5 mg/l PtoCo	3.66 UNT
4.00	CALIDAD DEL AGUA DESPUES DEL PROCESO DE CLORACIÓN.	Eliminación satisfactoria de coliformes, cuando el la calidad del agua antes de la cloración sea por valores menores a 500 coli/100ml.	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 mg/l	11.5 mg/l PtoC	3.66 UNT

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 3.2 Tabla de nomenclatura para cálculo de diámetro de recolector principal y lateral del FGAC

Nomenclatura a utilizar	
Simbología	Significado
$q_l =$	Caudal de lateral (m ³ /h)
$A_o =$	Área del orificio (m ²)
$A_l =$	Área del lecho (m ²)
$D_o =$	Diámetro del orificio (m ²)
$A_{dl} =$	Área del lateral (m ²)
$A_{dp} =$	Área del principal (m ²)
$A_{sm} =$	Área superficial por modulo (m ²)
$N_{ol} =$	Número de orificio total lateral
$N_{oxl} =$	Número de orificio por lateral
$L_l =$	Longitud del lateral (m)
$L_p =$	Longitud del principal (m)
$E_{lo} =$	Espaciamiento entre orificio (m)
$D_l =$	Diámetro del lateral (m)
$D_p =$	Diámetro del principal (m)
$V_l =$	Velocidad del lateral (m/s)
$V_p =$	Velocidad del principal (m/s)
$E_l =$	Espaciamiento entre laterales (0.5m ≤ E _l ≤ 1m)
$N_l =$	Número de laterales
$0.0015 \leq R_o \leq 0.005$ y $6\text{mm} \leq D_o \leq 19\text{mm}$	
$0.3 \leq V_l \leq 0.5$	
$D_p = 0.5 D_l$	

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 3.3 Tabla de nomenclatura para cálculo pérdidas durante el filtrado del FGAC

Nomenclatura a utilizar	
Simbología	Significado
$S_l =$	Gradiente hidráulico en el lateral (m/m)
$R_{h_l} =$	Radio hidráulico del lateral (m)
$R_{h_p} =$	Radio Hidráulico del lateral (m)
$V_o =$	Velocidad en el orificio (m/s)
$A_{o_l} =$	Área del orificio del lateral (m)
$H_{f_l} =$	Pérdida de carga en el lateral (m)
$H_{f_o} =$	Pérdida de carga por entrada al orificio del lateral (m)
$H_{f_{lp}} =$	Pérdida de carga por descarga del lateral en el principal
$H_{f_p} =$	Pérdida de carga en el principal (m)
$H_{f_s} =$	Pérdida de carga de salida (m)
$H_{f_a} =$	Pérdida de carga por el accesorios (m)
$H_{f_i} =$	Pérdida de carga en el medio filtrante (m)
$H_{f_T} =$	Pérdida de carga total (m)

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 3.4 Tabla de nomenclatura para cálculo del sistema de cloración

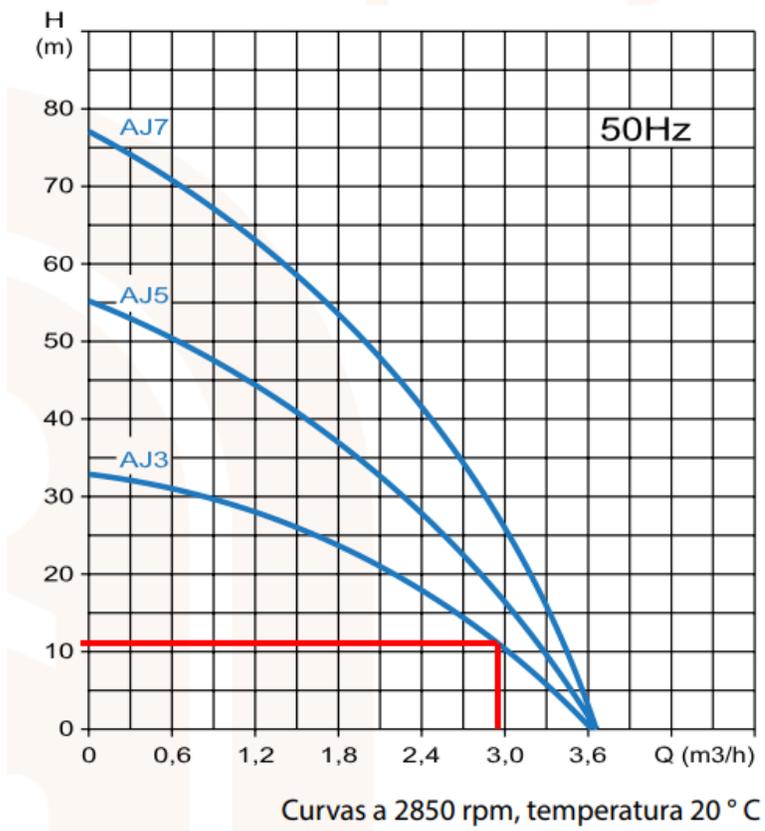
Nomenclatura a utilizar	
Simbología	Significado
$Q =$	Caudal
$HB =$	Horas de bombeo en un día
$T =$	Número de días de inyección de cloro hasta la siguiente recarga
$C_2 =$	concentración aplicada
$C_{max} =$	Concentración máxima de la solución madre
$Q_g =$	Caudal de dosificación o inyección de solución clorada
$C_1 =$	Concentración de solución madre en porcentaje

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo IV.

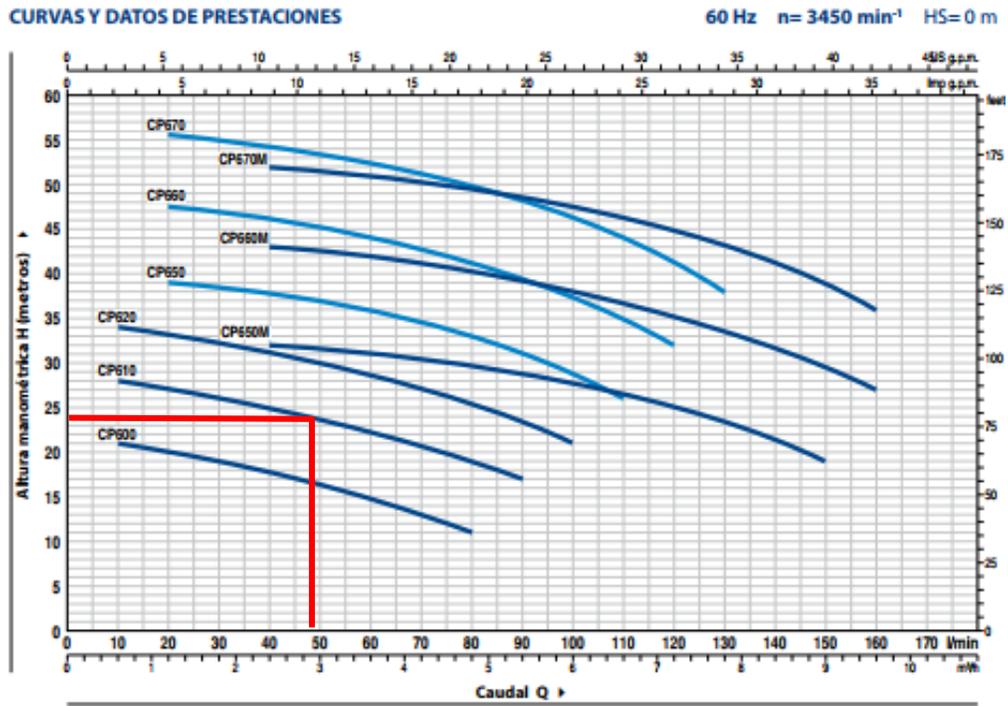
Curva característica de las bombas

Anexo 4.1 Curva característica de bomba Aqualiju AJ5



(Fuente: Catalogo de bombas Aqualiju)

Anexo 4.2 Curva característica de bomba Pedrollo CP600



(Fuente: Catalogo de bombas Pedrollo)

Anexo V.
Resultados obtenidos por Epanet

Anexo 5.1 Tabla de red- Nodos demanda CMH

ID Nodo	Cota	Demanda	Presión
	m	LPS	m
Conexión n1	55.3	0.04	26.57
Conexión n2	69.00	0.09	12.88
Conexión n3	52.50	0.10	28.32
Conexión n4	56.2	0.13	23.79
Conexión n5	52.6	0.21	19.08
Conexión n6	57.00	0.19	9.64
Conexión n7	56.00	0.16	7.6
Conexión n8	44.5	0.11	18.4
Conexión n9	48.3	0.06	14.44
Conexión n10	49.7	0.01	12.96
Conexión n11	49.6	0.05	13.29
Conexión n12	44.7	0.04	18.18
Conexión n13	57.00	0.02	6.59
Conexión n14	55.63	0.03	7.96
Conexión n15	46.54	0.02	20.08
Conexión n16	57.32	0.03	9.31
Conexión n17	55.69	0.01	15.98
Embalse E1	55.6	-1.66	0
Depósito D2	75.00	0.36	10
Depósito D1	55.00	0.02	1.1

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 5.2 Tabla de red- Nudos demanda cero

ID Nudo	Cota	Demanda	Presión
	m	LPS	m
Conexión n1	55.3	0	29.7
Conexión n2	69	0	16
Conexión n3	52.5	0	32.5
Conexión n4	56.2	0	28.8
Conexión n5	52.6	0	32.4
Conexión n6	57	0	28
Conexión n7	56	0	29
Conexión n8	44.5	0	40.5
Conexión n9	48.3	0	36.7
Conexión n10	49.7	0	35.3
Conexión n11	49.6	0	35.4
Conexión n12	44.7	0	40.3
Conexión n13	57	0	28
Conexión n14	55.63	0	29.37
Conexión n15	46.54	0	38.46
Conexión n16	57.32	0	27.68
Conexión n17	55.69	0	29.31
Embalse E1	55.6	-1.97	0
Depósito D2	75	0.36	10
Depósito D1	55	0.02	1.1

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 5.3 Tabla de red- Líneas de tubería (CMH)

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Velocidad	Estado
	m	mm		m/s	
Tubería p1	176.1	50	150	0	Abierto
Tubería p2	226.6	75	150	0	Abierto
Tubería p3	205.8	75	150	0	Abierto
Tubería p4	354.9	50	150	0	Abierto
Tubería p5	337.1	50	150	0	Abierto
Tubería p6	389.5	50	150	0	Abierto
Tubería p7	201.2	50	150	0	Abierto
Tubería p8	197.8	50	150	0	Abierto
Tubería p9	49.37	38	150	0	Abierto
Tubería p10	69.99	50	150	0	Abierto
Tubería p11	42.99	38	150	0	Abierto
Tubería p12	108.4	50	150	0	Abierto
Tubería p13	68.4	38	150	0	Abierto
Tubería p14	58.45	38	150	0	Abierto
Tubería p16	217	50	150	0	Abierto
Tubería P15	88.34	50	150	0	Abierto
Tubería p17	76.5	50	150	0	Abierto
Bomba B-1					Abierto
Bomba B-2					Abierto

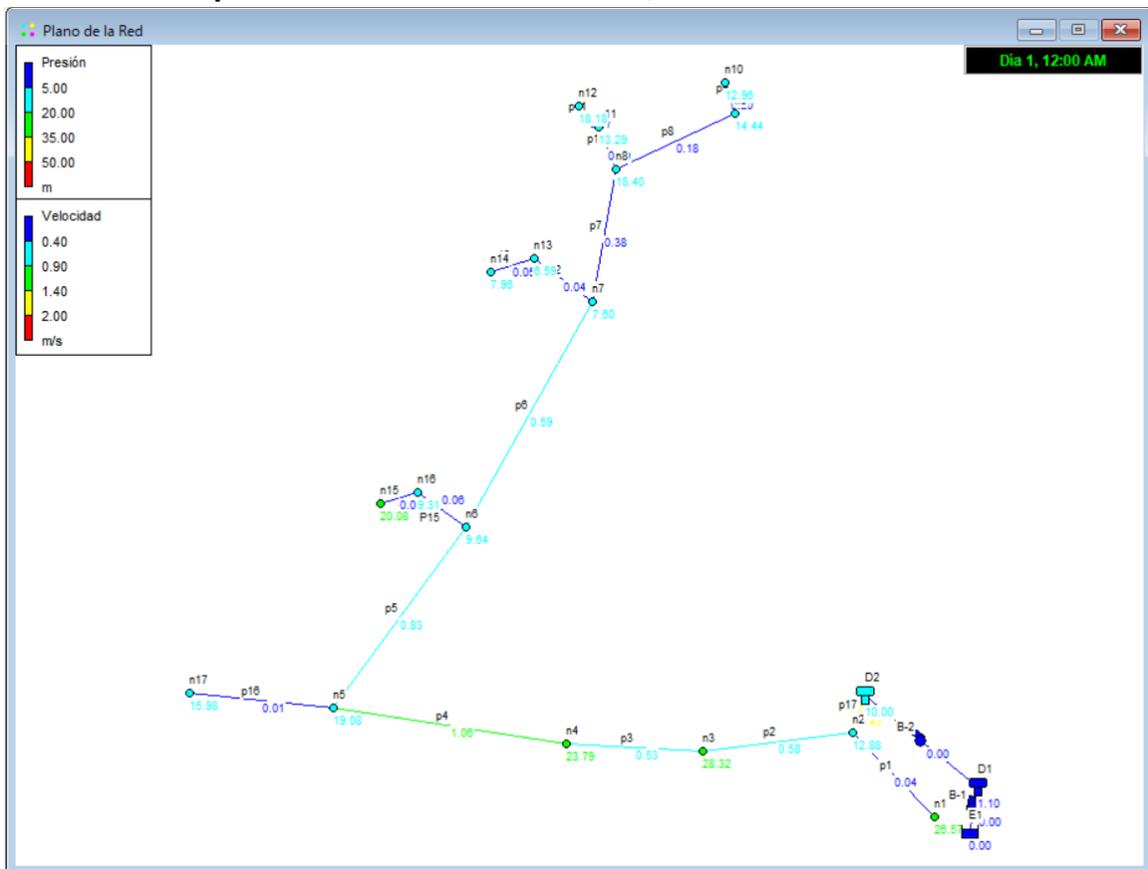
(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 5.4 Tabla de red- Líneas de tubería (Demanda cero)

ID Nodo	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Velocidad	Estado
	m	mm		m/s	
Tubería p1	176.1	50	150	0.04	Abierto
Tubería p2	226.6	75	150	0.58	Abierto
Tubería p3	205.8	75	150	0.53	Abierto
Tubería p4	354.9	50	150	1.06	Abierto
Tubería p5	337.1	50	150	0.83	Abierto
Tubería p6	389.5	50	150	0.59	Abierto
Tubería p7	201.2	50	150	0.38	Abierto
Tubería p8	197.8	50	150	0.18	Abierto
Tubería p9	49.37	38	150	0.2	Abierto
Tubería p10	69.99	50	150	0.09	Abierto
Tubería p11	42.99	38	150	0.07	Abierto
Tubería p12	108.4	50	150	0.04	Abierto
Tubería p13	68.4	38	150	0.05	Abierto
Tubería p14	58.45	38	150	0.04	Abierto
Tubería p16	217	50	150	0.01	Abierto
Tubería P15	88.34	50	150	0.06	Abierto
Tubería p17	76.5	50	150	1.43	Abierto
Bomba B-1					Abierto
Bomba B-2					Abierto

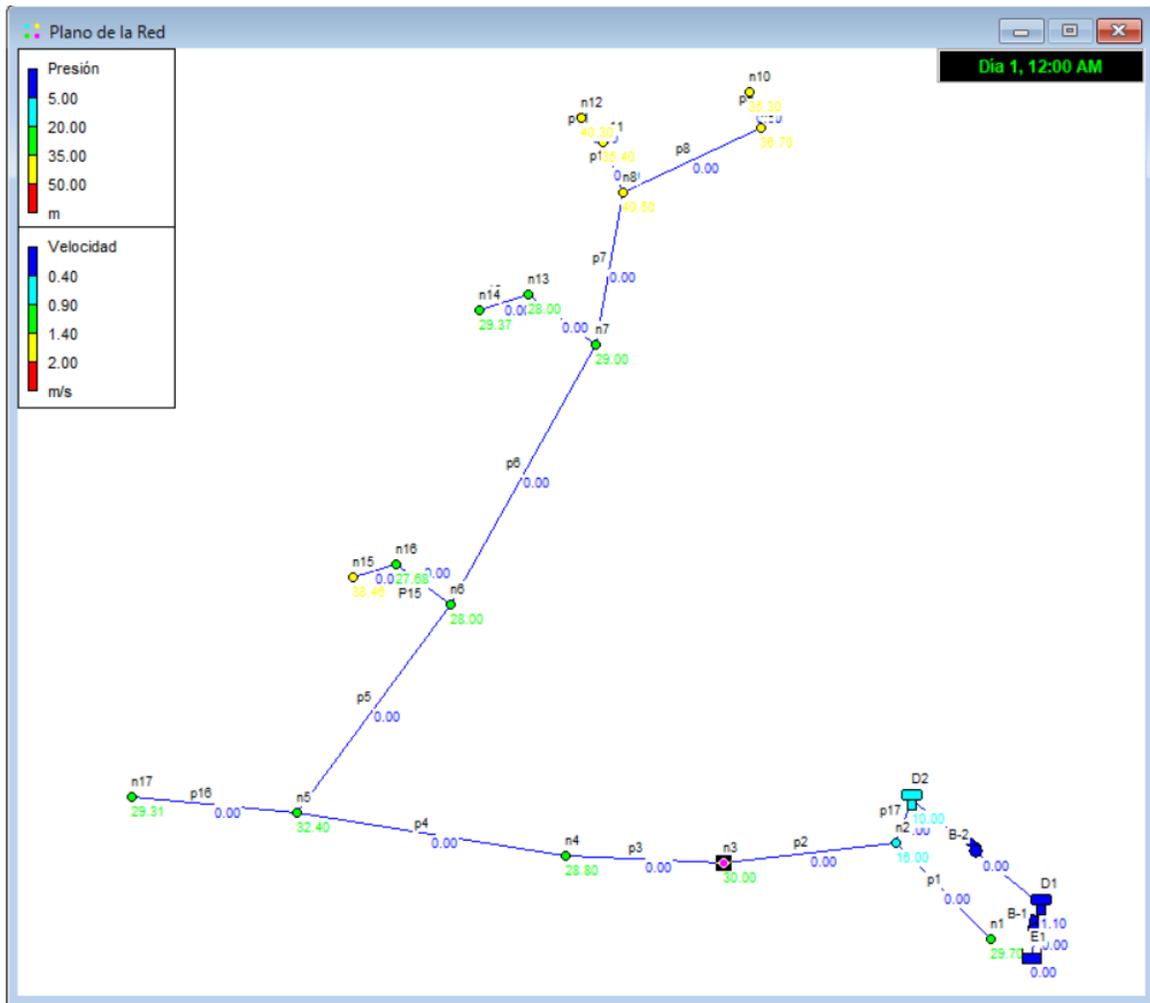
(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 5.5 Esquema de red de distribución, CMH



(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 5.6 Esquema de red de distribución, demanda cero



(Fuente: Elaboración propia)

Anexo VI.
Alcances de obra

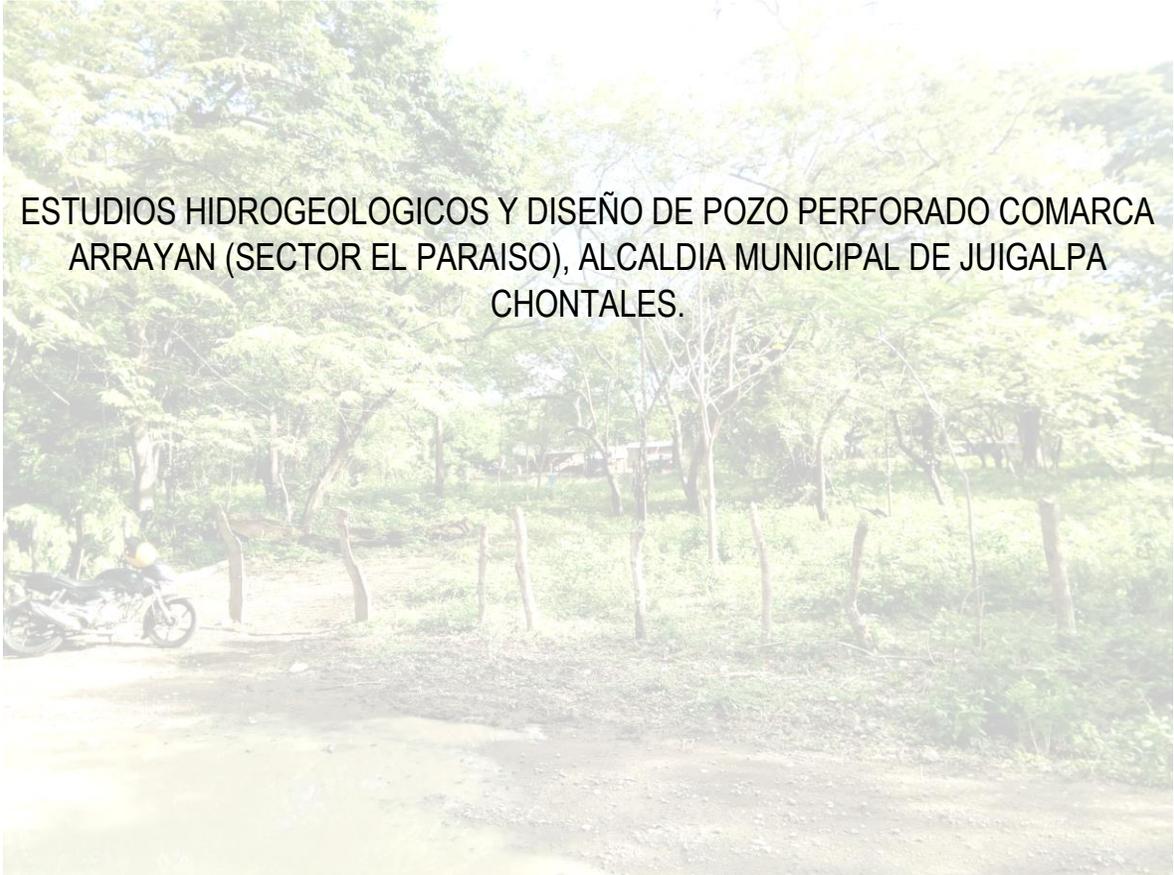
Presupuesto de Proyecto "SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMARCA EL ARRAYAN DEL MUNICIPIO DE JUIGALPA CHONTALES."

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M	CANTIDAD	C.U	TOTAL
01	Linea de conduccion				C\$ 63,433.45
1.1	Excavacion de material de material no clasificado	M3	60	C\$ 180.00	C\$ 10,800.00
1.2	Suministro e instalacion de tuberia PVC 2 " SDR 26	ML	186.04	C\$ 180.00	C\$ 33,487.20
1.3	Suministro e instalacio de equipo de bombeo sumergible marca aqualiju serie inox-Aj3	Und	2	C\$ 2,500.00	C\$ 5,000.00
1.4	Suministro e instalacio de equipo de bombeo sumergible marca Pedrollo modelo CP-600	Und	2	C\$ 2,500.00	C\$ 5,000.00
1.5	Suministro e instalacion de equipo de bombeo de dosificador de cloro modelo A0BL	Und	1	C\$ 3,206.25	C\$ 3,206.25
1.6	Suministro e instalacion de cisterna de 300 L	Und	1	C\$ 2,500.00	C\$ 2,500.00
1.7	Suministro de codos PVC 2"	Und	12	C\$ 10.00	C\$ 120.00
1.8	Suministro de valvula de compuerta 2"	Und	1	C\$ 1,227.00	C\$ 1,227.00
1.9	suministro de valvula check 2"	Und	1	C\$ 443.00	C\$ 443.00
1.1	Suministro e instalacion de medidor maestro 2"	Und	1	C\$ 850.00	C\$ 850.00
1.11	Suministro de adaptador macho 2"	Und	1	C\$ 500.00	C\$ 500.00
1.12	Suministro de acople entrada de 2"	Und	1	C\$ 300.00	C\$ 300.00
02	Linea de distribucion				C\$ 637,100.00
2.1	Excavacion de material no clasificado	m3	644	C\$ 180.00	C\$ 115,920.00
2.2	Suministro e instalacion de tuberia PVC 2" SDR 41	ML	2043.64	C\$ 250.00	C\$ 510,910.00
2.3	Suministro de codos 45° PVC de 2"	Und	17	C\$ 12.00	C\$ 204.00
2.4	Suministro de camisas pvc 2"	Und	50	C\$ 5.00	C\$ 250.00
2.5	Sumnistro e Intsalacion de valvulas de compuerta	Und	8	C\$ 1,227.00	C\$ 9,816.00
2.6	Sumnistro e instalacion de Tee PVC 2"	Und	9	C\$ 80.00	C\$ 720.00
	Suministro e instalacionde de Reductor de 2" a 1"	Und	5	C\$ 80.00	C\$ 400.00
	Suministro e instalacion de Valvula de globo de 1" PVC	Und	5	C\$ 450.00	C\$ 2,250.00
	Suministro e instalacion deValvula de airea de 2"	Und	4	C\$ 1,500.00	C\$ 6,000.00
03	Tanque de almacenamiento				C\$ 60,291.00
3.1	Suministro de tanque de almacenamiento de 15 000 lts	Und	1	C\$ 55,200.00	C\$ 55,200.00
3.2	Suministro de cono de rebose	Und	1	C\$ 150.00	C\$ 150.00
3.3	Suministro de valvula de compuerta 2"	Und	4	C\$ 1,227.00	C\$ 4,908.00
3.4	Suministro de codos pvc 2"	Und	3	C\$ 5.00	C\$ 15.00
3.5	Suministro de Tee 2"	Und	3	C\$ 6.00	C\$ 18.00
04	Estructura de techo del FGAC				C\$ 51,906.50
4.1	Concreto para pedestales que soportaran la estructura de techo	m3	0.48	C\$ 5,800.00	C\$ 2,784.00
4.2	Alistar y colocar Acero # 3 para pedestales	lbs	36	C\$ 45.00	C\$ 1,620.00
4.3	Armar y colocar acero # 2 para pedestales	lbs	37	C\$ 35.00	C\$ 1,295.00
4.4	Hacer y colocar columnas perfil metalico 4" x4"	ml	16	C\$ 150.00	C\$ 2,400.00
4.5	Suministro e instalacion de cubierta de techo con la mina de zinc calibre 26.	m2	79.65	C\$ 550.00	C\$ 43,807.50
05	Estructura de filtracion de agua.				C\$ 56,154.80
5.1	Mamposteria ladrillo cuarteron	m2	26.2	C\$ 580.00	C\$ 15,196.00
5.2	Mamposteria de ladrillo en recamaras de entrada y salida del filtro	m2	3.56	C\$ 580.00	C\$ 2,064.80
5.3	Repello fino ambas caras	m2	66	C\$ 110.00	C\$ 7,260.00
5.4	Losa de concreto de 3000 PSI para base del FGAC	m3	1.73	C\$ 4,800.00	C\$ 8,304.00
5.5	Cocreto para comlumnas del FGAC 0.25x0.25	m3	0.68	C\$ 5,500.00	C\$ 3,740.00
5.6	Acero #3 alistado y colocado para columnas	lbs	79	C\$ 45.00	C\$ 3,555.00
5.7	Acero #2 armado y colocado	lbs	74	C\$ 35.00	C\$ 2,590.00
5.8	Acero # 3 alistado y colocado para vigas	lbs	179	C\$ 45.00	C\$ 8,055.00
5.9	Acero #2 armado y colocado	lbs	154	C\$ 35.00	C\$ 5,390.00
06	Plataforma para tanque de solucion madre				C\$ 46,560.00
6.1	Concreto de 300 PSI (incluye formaleta)	m3	8	C\$ 5,000.00	C\$ 40,000.00
6.2	Acero # 3 alistado y colocado	lbs	131	C\$ 45.00	C\$ 5,895.00
6.3	Acero #2 armado y colocado	lbs	19	C\$ 35.00	C\$ 665.00
07	Estructura de techo para bomba 2				C\$ 2,888.40
7.1	Suministro e instalacion de cubierta de techo con la mina de zinc calibre 26,incluye bases,fundaciones y platafoema para ubicar la bomba	m2	4.98	C\$ 580.00	C\$ 2,888.40
08	Caseta de Control				C\$ 47,558.40
8.1	Concreto de 3000PSI (incluye formaleta)	m3	3	C\$ 5,000.00	C\$ 15,000.00
8.2	Acero de refuerzo numero 2	lbs	170	C\$ 28.00	C\$ 4,760.00
8.3	Acero de refuerzo numero 3	lbs	210	C\$ 35.00	C\$ 7,350.00
8.4	Maposteria de ladrillo cuarteron	m2	36.06	C\$ 140.00	C\$ 5,048.40
8.5	Puerta de 6 tableros (2.1 x 0.9)	Und	1	C\$ 4,500.00	C\$ 4,500.00
8.6	Ventana corrediza (0.90x0.62)	Und	2	C\$ 2,300.00	C\$ 4,600.00
8.7	Cascote de concreto de 2500PSI	m3	1.5	C\$ 4,200.00	C\$ 6,300.00
09	Instalación de sistema fotovoltaico				C\$ 188,600.00

Presupuesto de Proyecto "SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMARCA EL ARRAYAN DEL MUNICIPIO DE JUIGALPA CHONTALES."

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M	CANTIDAD	C.U	TOTAL
9.1	Modulos fotovoltaicos BiHiKu CS3W-390PB-AG 500 watss	Und	8	C\$ 7,500.00	C\$ 60,000.00
9.2	Baterias Crown 12 CRV 230 ah	Und	8	C\$ 12,700.00	C\$ 101,600.00
9.3	Inversor LFPSW 2000 Onda Pura	Und	1	C\$ 15,000.00	C\$ 15,000.00
9.4	Sumnistro de equipos y utiles de instalacion fotovoltaico	Glb	1	C\$ 12,000.00	C\$ 12,000.00
SUB-TOTAL					C\$ 1,154,492.55
IVA (15%)					C\$ 173,173.88
TOTAL					C\$ 1,327,666.43

Anexo VII.
Estudio hidrogeológico



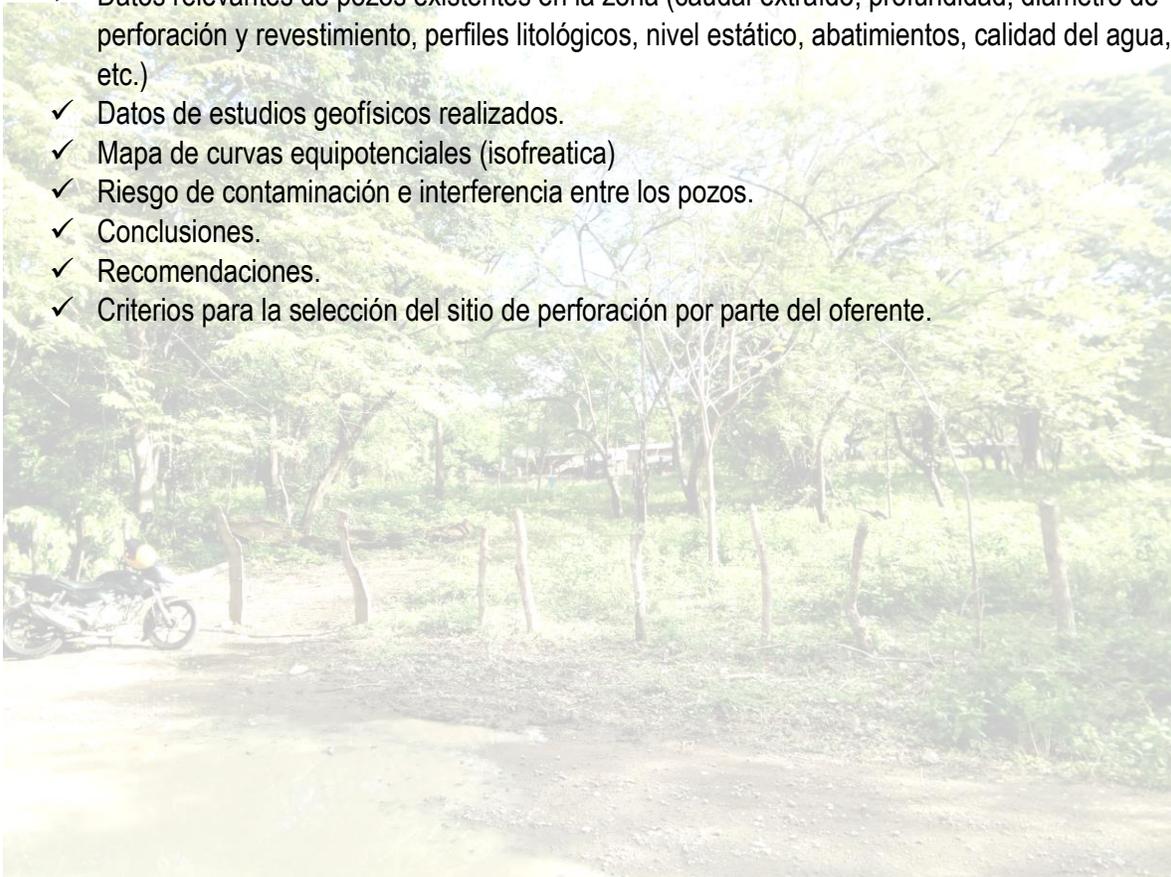
ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS Y DISEÑO DE POZO PERFORADO COMARCA
ARRAYAN (SECTOR EL PARAISO), ALCALDIA MUNICIPAL DE JUIGALPA
CHONTALES.

MACROLOCALIZACION Y MICROLOCALIZACION



CONTENIDO DEL ESTUDIO EN ORDEN SOLICITADO EN TERMINOS DE REFERENCIA (ESPECIFICACIONES TECNICAS Y ALCANCES DE OBRAS)

- ✓ Antecedentes del proyecto.
- ✓ Calculo de la demanda actual y futura a 20 años.
- ✓ Información geológica de la zona.
- ✓ Información hidrológica de la zona.
- ✓ Aspectos geográficos, fisiográficos y geomorficos de la zona.
- ✓ Tipos de acuíferos existentes.
- ✓ Datos relevantes de pozos existentes en la zona (caudal extraído, profundidad, diámetro de perforación y revestimiento, perfiles litológicos, nivel estático, abatimientos, calidad del agua, etc.)
- ✓ Datos de estudios geofísicos realizados.
- ✓ Mapa de curvas equipotenciales (isofreatica)
- ✓ Riesgo de contaminación e interferencia entre los pozos.
- ✓ Conclusiones.
- ✓ Recomendaciones.
- ✓ Criterios para la selección del sitio de perforación por parte del oferente.



I-ANTECEDENTES DEL PROYECTO.

En base a la inspección física realizada por el equipo especializado en el área de influencia delimitada correspondiente al sector **EL PARAISO** (área de extensión territorial de 2 hectáreas aproximadamente donde alberga 8 viviendas), se realizó en base a inspección física porque no ha existido un estudio hidrogeológico debidamente registrado para tomarse como marco de referencia en los antecedentes.

La situación de los recursos hídricos existentes en la zona han venido experimentando constante transformaciones, obteniéndose como resultado deterioración de los mismos, debido a los impactos climáticos consecuencia de un calentamiento global generalizado; lo cual ha afectado a la comunidad **SECTOR EL PARAISO de la comarca El Arrayan**, con constante sequias reduciendo el caudal de los acuíferos superficiales de donde históricamente la población a obtenido el recurso hídrico de uso domésticos y agropecuario, además de la constante contaminación por las actividades agrícolas: (Ganadería y producción de arroz principalmente); la comunidad **EL PARAÍSO** está compuesta por familias de colonos ubicados en la rivera de la quebrada EL ARRAYAN, esta área de dos hectáreas aproximadamente fue desmembrada por el Señor Anibal Cruz a favor de este grupo de familias que históricamente han laborado en diferentes actividades agrícolas del señor cruz.

En el área de estudio no existe ningún acuífero explotado, por lo cual la comunidad ha extraído el agua de consumo humano en general de la quebrada el ARRAYAN, únicamente durante la época lluviosa, ya que por encontrarse en el trópico seco este acuífero corta su curso desapareciendo completamente, por lo cual los comunitarios hacen pozos artesanales provisionales en el área de la quebrada para obtener algunos litros de agua, otra parte viaja a otros sectores de la comarca El Arrayan para obtener el líquido y lavar la ropa y demás quehaceres rutinarios.

Durante los últimos veinte años ha sido una emergencia la situación del agua para consumo humano en este sector, sin embargo, por ser colonos la comunidad no poseía terreno propio para realizar gestiones, lo cual actualmente al desmembrarles el Sr. Anibal Cruz, ellos cuentan con el área suficiente para la perforación y construcción de un pozo con las condiciones humanas básicas.

II-CALCULO DE LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA.

2.1 Calculo de la demanda actual.

Se toma como referencia la norma N-ton, tablas de enacal de consumo de agua y Avalado por ANA (autoridad nacional del agua), el cálculo se hizo en base a los datos arrojados por censo in situ de nuestras encuestas.

NORMA DE CONSUMO (Lts): 60 lts/persona.

POBLACION: 48 Personas adultos y niños

VIVIENDAS:8

FAMILIAS: 11

CONSUMO ACTUAL: POBLACIONXNORMAS DE CONSUMO

VOLUMEN DE CONSUMO (LTS):48 PERSONAS X60 LTS/PERSONA.

VOLUMEN (LTS):2880 LITROS

VOLUMEN (GAL): **2880LITROS/3.785LTRS/GAL=760.89 GAL.**

VOLUMEN (M3): **2880LTS/1000LTS/M3=2.88M3**

La demanda actual de agua potabilizada de consumo humano para el sector EL PARAISO de la comarca EL ARRAYAN es de 2880 Litros, equivalente a 2.88 metros cúbicos

2.2 Calculo de la demanda futura.

Para realizar el cálculo de la demanda de agua de consumo humano futura para el sector de EL PARAISO es necesario conocer el crecimiento poblacional para el sector rural, para lo cual tomaremos como referencia las NORMAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA (NTON 09 003-99); cuya norma en el acápite 1.3.2 refiriéndose específicamente a las tasas de crecimiento geométrico poblacional plantea que este no debe ser menor al 2.5% y ni mayor al 4%, se tomara como criterio del proyectista la media general lo cual es 3.25%.

2.2.1 Tasa de crecimiento poblacional tomada será del 3.25%

Proyectaremos la demanda futura a 20 años.

Lo cual se utiliza la siguiente formula.

$$Pf_{(20Años)} = Po (1+r)^{pf}$$

Pf=población futura a los 20 años.

Po=población inicial actual Mayo-2018 (48 Personas).

r= tasa de crecimiento poblacional 3.25%

$$PF_{20} = 48 (1+3.25\%)^{20}$$

PF=91 personas

2.2.2 cálculo de la demanda futura (20 años) a 2038

NORMA DE CONSUMO (Lts): 60 lts/persona.

POBLACION: 91 Personas adultos y niños

VIVIENDAS:xxx

FAMILIAS: xx

CONSUMO ACTUAL: POBLACIONXNORMAS DE CONSUMO

VOLUMEN DE CONSUMO (LTS):91 PERSONAS X60 LTS/PERSONA.

VOLUMEN (LTS):5460 LITROS

VOLUMEN (GAL): **5460LITROS/3.785LTRS/GAL=1442.54 GAL.**

VOLUMEN (M3): **5460LTS/1000LTS/M3=5.46M3**

La demanda futura a 20 años (año 2038) de agua potabilizada de consumo humano para el sector EL PARAISO de la comarca EL ARRAYAN sera de 5460 Litros, equivalente a 5.46 metros cúbicos

III-INFORMACION GEOLOGICA DE LA ZONA

La comarca **ARRAYAN** pertenece a la sub-cuenca Mayales y microcuenca del Rio Mayales, cuya geología está compuesta por formaciones volcánicas variadas, ya que se encuentra al pie de la cordillera de Hato Grande y la cordillera Amerrisque, caracterizando principalmente por presentar una estratigrafía variable entre materiales arcillosos en la capa vegetal, seguidos por tobas de diferentes códigos de representación y colores producto de movimientos volcánicos ocasionados con el paso de miles de años comenzando en la era del paleozoico y culminando en la intensa actividad tectónica del cuaternario, de igual manera se puede encontrar basalto que en su mayoría se encuentra fracturado por donde circulan los acuíferos subterráneos.

La sub-cuenca Mayales y el área del proyecto está comprendida dentro de la provincia volcánica terciaria (provincia geológica central) conocidas como tierras altas del interior. (Ref. MC BIRNEY & WILLIAMS. 1996).

Comprendiendo las regiones geológicas de la provincia volcánica del coyol y la provincia volcánica de Matagalpa; los sectores centrales como es el caso de ARRAYAN y la parte sur de la provincia central están cubiertos principalmente por depósitos volcánicos terciarios (toba, basalto, andesita e ignimbritas).

Estructuralmente Nicaragua está limitada en sus costas por importantes unidades tectónicas en el Pacífico, por la plataforma continental, la fosa mesoamericana, la placa de los Cocos y la placa del Caribe, mientras que en la costa Atlántica por la costa del Caribe y el Banco de Nicaragua.

En el área de la cordillera de Hato Grande donde corresponde la comarca de ARRAYAN, las rocas duras de las formaciones volcánicas forman mesetas escalonadas, colinas, mesetas y cuerpos de rocas aislados e intrusivos.

Las fallas tectónicas de la zona subcuenca Mayales se cruzan entre sí, como se puede observar en el mapa No.1 de geología suministrado por INETER en el año 2010 una de las fallas tectónicas atraviesa la cordillera de Hato Grande. *ver mapa anexo en rojo.

También los sectores aledaños al lago de Nicaragua, en muchos casos están compuestos por arenas inestables producto de las formaciones volcánicas de la época cuaternaria.

MAPA No.1 GEOLOGIA DE LA ZONA SUB-CUENCA MAYALES



Ing.-Arq. Marvin Wilfredo Rodríguez Zeas
Estudios hidrológicos y diseño de pozo perforado.

3.1 INTERPRETACION GEOLOGICA DE LA LITOGIA DEL PUNTO DE PERFORACION MAS IDEAL EN EL ESTUDIO.

Aplicándose la ley de DARCY y ley de OHM para la interpretación de los datos obtenidos por el equipo utilizado (PQWT-TC-300M), se obtuvieron los valores de resistencia siguiente para el metro 43, LINEA-42, PUNTO-45, FRECUENCIA DE LA UNO A LA 40 SEPARADAS UNICAMENTE POR COMA:(:0.250,0.535,0.471,0.188,0.044,0.478,0.292,0.056,0.034,0.132,0.034,0.039,0.018,0.079,0.061,0.045,0.054,0.038,0.041,0.233,0.214,0.185,0.072,0.062,0.093,0.075,0.076,0.044,0.075,0.250,0.075,0.088,0.250,0.261,0.065,0.068,0.280,0.034,0.047,0.204,).

Los valores del párrafo anterior corresponden al metro 43 de la línea 42, el cual es punto específico seleccionado para la perforación, los valores corresponden a un alcance de 300 metros, dividido en cuarenta frecuencias de lo cual cada una de ellas comprenden el valor de resistencia de 7.5 metros; estos valores deberán estar en múltiplos de 100 por lo cual para su cálculo esta analizado de esta manera.

Para determinar de manera general la litología que corresponde a determinado punto se toma como referencia los valores de resistencia ya definidos como constante para un tipo de suelo en estado natural sin alteraciones.

De 0-3m (arcillas), 3-7.5m (limos), 7.5-30 (limo-arenoso) inestable, 30-37.5m (arcilla), 37.5-52.5 (arena en granulometrías mayores), 52.5-60 (arcilla).

De los 60 metros hasta los 300 metros de alcance del equipo los valores de resistencia obtenidos reflejan que la litología está compuesta totalmente por suelos limos arenosos con bastante presencia de arcillas plásticas, por lo cual este tipo de litología deberá tratarse de manera especial a la hora de realizar el agujero de perforación, lo cual se planteará recomendaciones referentes a este punto.

IV-INFORMACION HIDROLOGICA DE LA ZONA.

En la comarca EL ARRAYAN en un radio no mayor a 1 kms del punto de influencia con coordenadas geodésicas (X:661119 y Y:1329604) se pudieron determinar cuerpos de aguas superficiales específicamente la quebrada de EL Arrayan principal acuífero que abastece las necesidades básicas de consumo en la comunidad, durante su curso pertenece a la propiedad de Don Aníbal Cruz en el radio de 1 kilómetro; las características hidrográficas del acuífero El Arrayan el cual es una microcuenca de la sub-cuenca mayales cuya desembocadura es en el lago de Nicaragua, por encontrarse en el trópico seco durante la época seca baja su caudal cortándose durante su recorrido forman posas de agua en las depresiones topográficas, lo cual encarece significativamente el agua de uso cotidiano.

Durante la época lluviosa la quebrada EL ARRAYAN recupera su caudal y nacen nuevos manantiales superficiales, que en su mayoría se encuentran contaminados por el uso agrícola, específicamente por la ganadería y el cultivo intensivo de arroz predominante en la zona de estudio

También se determinó pozos perforado, pero en otros sectores de la comarca El Arrayan, los cuales no están accesible para la comunidad de El Paraíso, dichos pozos registran caudales

suficientemente productivos para satisfacer las necesidades de sus sectores, sin embargo, la distancia obstaculiza que pueda abastecer el en estudio.

V-ASPECTOS GEOGRAFICOS, FISIOGRAFICOS Y GEOMORFICOS DE LA ZONA.

El Arrayan sector El Paraíso se ubica a 29 km al nor-oeste del casco urbano del municipio de Juigalpa chontales sobre la carretera que conduce Juigalpa-Puerto Díaz 24kms y luego 5kms hacia El Arrayan, cubre una extensión territorial de 2 hectáreas y específicamente el sector consta con una población de 48 personas, las viviendas son concentradas en 8 casas ubicadas en un radio no mayor a 0.10km donde habitan 11 familias, el área de influencia se encuentra a 50msnm ubicadas en las coordenadas (X X:661119 y Y:1329604)

El 60 % de la población son personas menores de 18 años divididos en niños y jóvenes, la actividad económica principal son jornaleros, quienes laboran para el señor Aníbal cruz y en menor grado en cultivos propios de la tierra (alquilan las áreas de siembras), los jóvenes en edad escolar asisten a la escuela de la comarca El Arrayan ubicada a 2.5kms del sector El Paraíso, en esta escuela se imparte primaria en modalidades diurnas, encuentro y educación de adultos, además de impartirse secundaria a distancia.

La topografía en general de la comunidad es ligeramente accidentada ubicados a 100vmetros de la carretera principal que atraviesa la comarca el arrayan, el acceso de los cien metros únicamente es caminando, para poder acceder un vehículo en época lluviosa debe mejorarse con piedra triturada, se encuentran en la rivera de la quebrada el arrayan.

El clima pertenece al trópico seco con sabana tropical, modificado con características mayoritariamente cálidas y durante la época lluviosas húmedas.

VI-TIPOS DE ACUIFEROS EXISTENTES.

Las aguas superficiales más próxima son la quebrada de EL ARRAYAN, pozos perforados pertenecientes a otros sectores de la comarca.

El lago cocibolca se ubica a 4.0 kms aproximadamente del área de estudio en línea recta.

En el punto recomendado para realizar agujero de perforación a través del sondeo eléctrico vertical se verificó la presencia de cuerpos de agua subterráneo a una profundidad de **35 pies** con un caudal promedio de producción de 5 gal/min.

En el mismo sondeo vertical se pudo verificar otro acuífero sub-terreno a los 170 pies con una producción promedio de **35 gal/min**.

Sin embargo, todo el perfil es permeable con presencia de humedades lo cual se calculó un caudal promedio de **40 galones por minuto**

Lo cual de hacer una perforación exitosa podría abastecerse la demanda actual satisfactoriamente y también la demanda futura proyectada a 20 años en el punto II de este estudio.

VII-DATOS RELEVANTES DE POZOS EXISTENTES EN LA ZONA (CAUDAL EXTRAIDO, PROFUNDIDAD, DIAMETRO DE PERFORACION Y REVESTIMIENTO, PERFILES LITOLOGICOS, NIVEL ESTATICO, ABATIMIENTOS, CALIDAD DEL GUA, ETC)

Durante el año pasado 2017 se realizó una perforación exitosa en la comunidad el arrayan (específicamente puesto de salud), contactamos al perforador (Jimmy calderón: cel:89001736) este pozo fue financiado con fondos de la municipalidad de Juigalpa; De la libreta de anotaciones y registro el perforador nos suministro la información siguiente

PROFUNDIDAD: 160 PIES

DIAMETRO DE PERFORACION: 6 Pulgadas.

DIAMETRO DE REVESTIMIENTO: 4 Pulgadas.

CAUDAL:30GPM

NEA:5M

NFA:30PIES,50PIES,160PIES

ABATIMIENTOS:5MTS AL 100%

RECUPERACION:10SEGUNDOS.

CALIDAD DE AGUA: muy buena referente a estudios físico químico, pero inicialmente presente heces fecales.

También se pudo verificar por testimonio verbal de los sectores del arrayan, que estos pozos no se secan durante la época seca, se realizó prueba de bombeo en el pozo de la capilla evangélica (privado) preliminarmente obteniéndose un caudal de 12 GPM

VIII- MAPA DE CURVAS EQUIPOTENCIALES (ISOFREATICAS)

SONDEO ELECTRICO

Tres hojas

1-MAPA DE CURVAS ISOFREATICAS DE LA LINEA 42 correspondiente a línea transversal de 75 metros sector de la comunidad El Paraíso.

2-Mapa de contorno.

3-valores de resistencia obtenidos durante el SEV.

IX-DATOS DE ESTUDIOS GEOFISICOS REALIZADOS

Se determino la presencia de acuíferos con una producción de 40 galones por minuto y se recomienda perforar 180-200 pies, debido a la litología el cual es bastante inestable con presencia de arenas, limo-arenosos y arcillas; se recomienda hacer una perforación con lodo para estabilizar paredes del agujero por el método rotativo con arcilla coloidal (bentonita).

DATOS RECOMENDADOS PARA LA Perforación.

Método: rotativo con lodo o Arcilla coloidal (bentonita)

Profundidad de agujero:200pies

Diámetro de agujero: 9 pulgadas para ampliar área de engrave.

Diámetro de revestimiento:4 pulgadas.

Horas de limpieza y desarrollo: mínimo 6horas

El punto especifico de perforación deberá ser el METRO 43



X-RIESGOS DE CONTAMINACION E INTERFERENCIA ENTRE LOS POZOS.

- Presencia de animales domésticos y bovinos en el área donde se perforará el agujero del pozo.
- Uso constante de insecticidas en los campos de arroz.
- Presencia de bovinos.

XI-CONCLUSIONES.

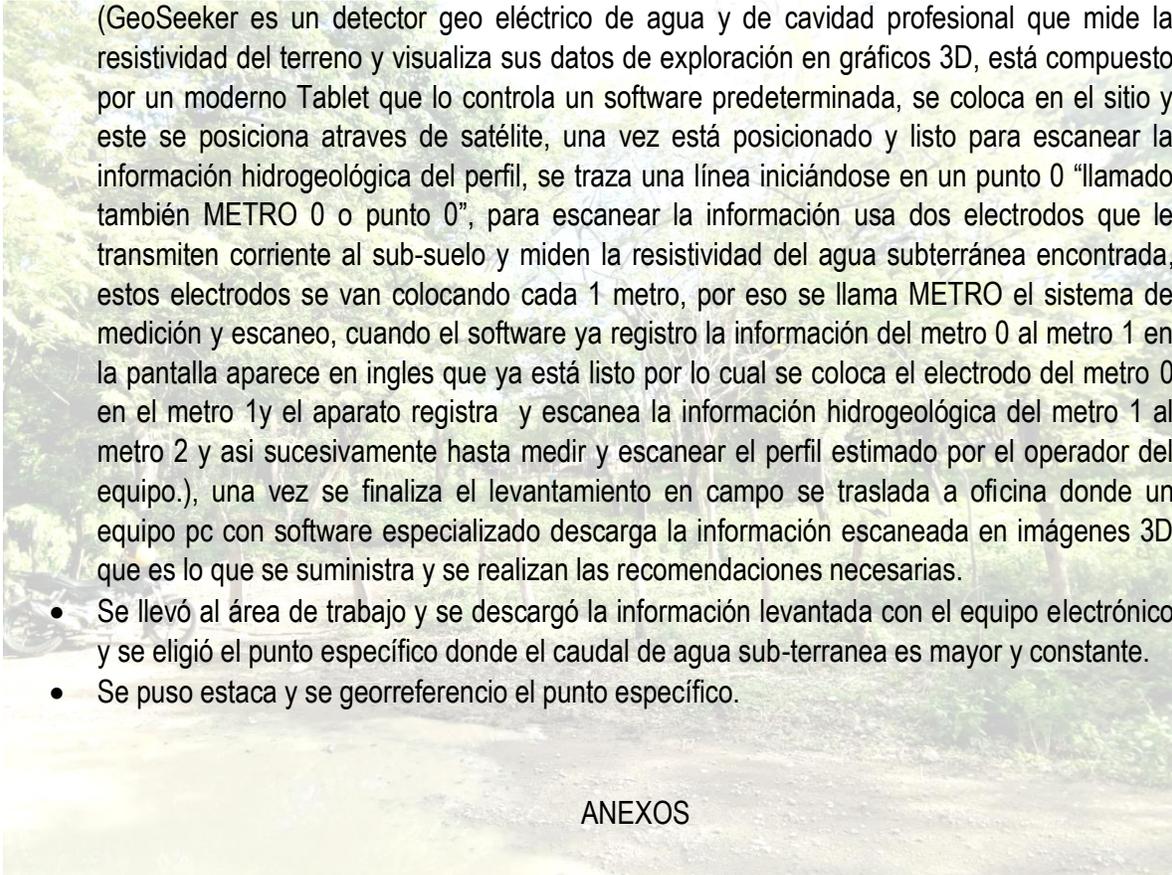
La comarca de ARRAYAN sector EL PARAISO del área rural del municipio de Juigalpa carece de agua potabilizada apta para el consumo humano, después de realizar sondeo eléctrico vertical se determinó la presencia de acuíferos subterráneos con el caudal suficiente para abastecer la demanda actual y la proyección futura a 20 años de diseño, por lo cual la construcción de un pozo perforado sería la alternativa óptima, inmediata e urgente para dar respuesta positiva a la vulnerabilidad que se encuentra el sector EL PARAISO, sin embargo este deberá hacerse por un método no muy convencional en la zona que es perforación con lodo, debido a la inestabilidad de las áreas con presencia de arenas.

XII-RECOMENDACIONES.

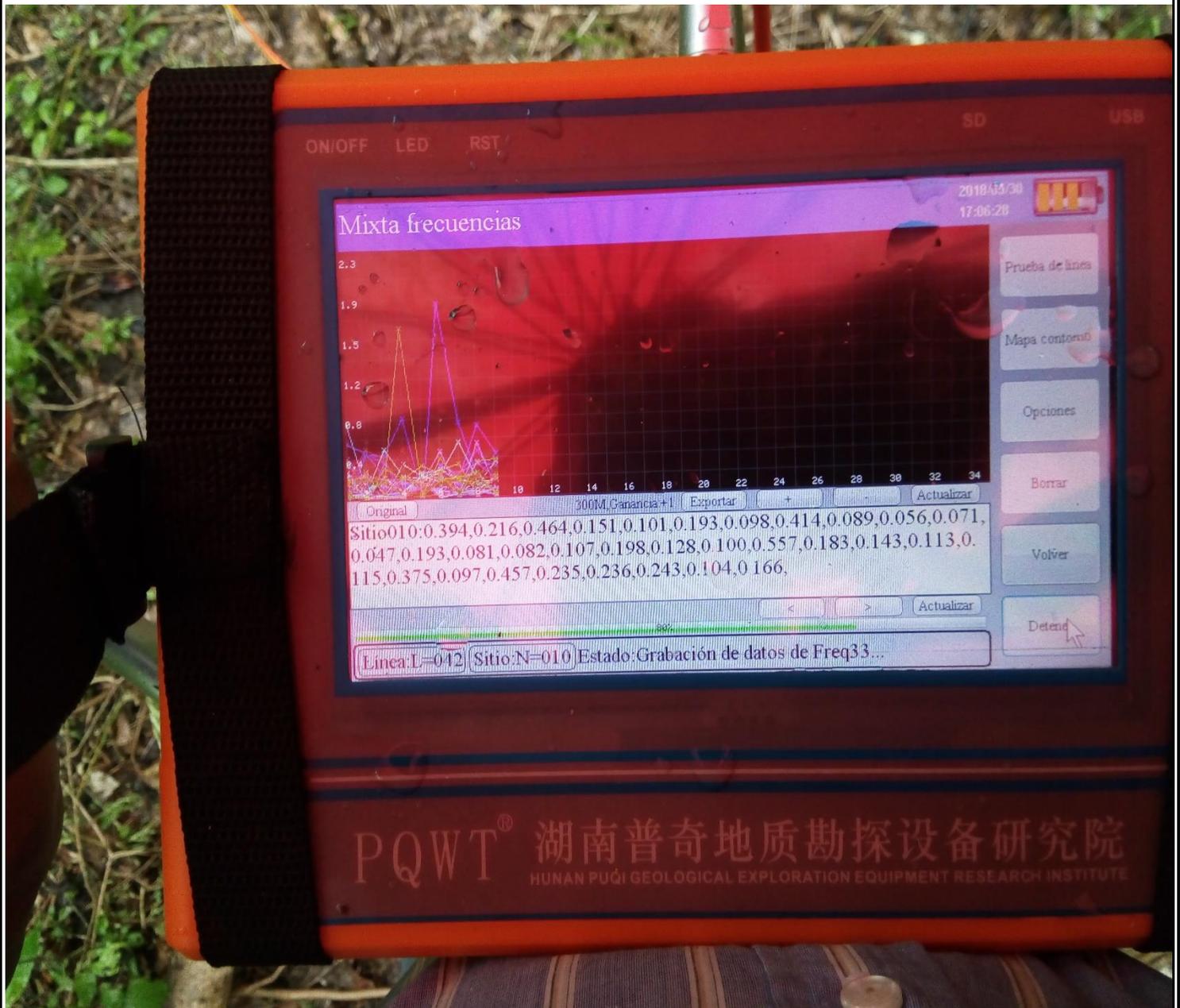
- Durante la perforación del agujero llevar un libro de registro y constante supervisión por un inspector geólogo o geólogo empírico que pueda determinar la presencia de fracturas secas y así evitar pérdida de caudal, ya que el sector se encuentra en una zona por formación volcánica.
- DATOS RECOMENDADOS PARA LA PERFORACION.
- Método: rotativo con lodo o Arcilla coloidal (bentonita)
- Profundidad de agujero:200pies
- Diámetro de agujero: 9 pulgadas para ampliar área de engrave.
- Diámetro de revestimiento:4 pulgadas.
- Horas de limpieza y desarrollo: mínimo 6horas
- Delimitar el área de pozo atraves de cercos para evitar la presencia de animales domésticos y ganado, reduciendo los riesgos de contaminación.
- Realizar analices bacteriológico, fisico-químico, E+coliforme para determinar el grado de contaminación antes de empezar a consumir el agua y así el laboratorista haga las respectivas recomendaciones para mitigar el riesgo de infecciones y dar una solución para potabilizar el agua atraves de métodos simples como (hipoclorito de sodio a cielo abierto).

XIII-CRITERIOS DE SELECCION DEL SITIO DE PERFORACION.

- En primera visita e inspección del sitio en conjunto con la comunidad Y supervisión de la área técnica y UMAS de la municipalidad de Juigalpa se determinó y delimito el área de estudio tomándose como referencia la presencia de vertiente subterráneas superficiales (este se realizó por el método empírico de alambre conductor)el área libre de construcción y retirándose del área de viviendas
- Posterior se determinó la presencia de corrientes eléctricas atraves del método simple de conductividad y de resistencia con alambre conductor.
- Luego se trajo el equipo electrónico **WATER SEEK (GEOSEEKER) y el equipo PQWT-TC-300M** y se realizó un trazo transversal de 75 metros, levantadose las líneas a cada 1 metro: (GeoSeeker es un detector geo eléctrico de agua y de cavidad profesional que mide la resistividad del terreno y visualiza sus datos de exploración en gráficos 3D, está compuesto por un moderno Tablet que lo controla un software predeterminada, se coloca en el sitio y este se posiciona atraves de satélite, una vez está posicionado y listo para escanear la información hidrogeológica del perfil, se traza una línea iniciándose en un punto 0 "llamado también METRO 0 o punto 0", para escanear la información usa dos electrodos que le transmiten corriente al sub-suelo y miden la resistividad del agua subterránea encontrada, estos electrodos se van colocando cada 1 metro, por eso se llama METRO el sistema de medición y escaneo, cuando el software ya registro la información del metro 0 al metro 1 en la pantalla aparece en ingles que ya está listo por lo cual se coloca el electrodo del metro 0 en el metro 1y el aparato registra y escanea la información hidrogeológica del metro 1 al metro 2 y asi sucesivamente hasta medir y escanear el perfil estimado por el operador del equipo.), una vez se finaliza el levantamiento en campo se traslada a oficina donde un equipo pc con software especializado descarga la información escaneada en imágenes 3D que es lo que se suministra y se realizan las recomendaciones necesarias.
- Se llevó al área de trabajo y se descargó la información levantada con el equipo electrónico y se eligió el punto específico donde el caudal de agua sub-terranea es mayor y constante.
- Se puso estaca y se georreferencio el punto específico.



ANEXOS



Pantalla del equipo durante el registro de la información



levantamiento IN SITU de la información con equipo PQWT-TC-300M, ELECTRODOS AB y receptores MN más cinta métrica de 50 metros para control de los datos.

Ing.-Arq. Marvin Wilfredo Rodriguez Zeas
Estudios hidrológicos y diseño de pozo perforado.



Identificación de metro 0 del levantamiento y registro de la información en campo

Ing.-Arq. Marvin Wilfredo Rodríguez Zeas
Estudios hidrológicos y diseño de pozo perforado.



Acceso principal al área delimitada del sector **El Paraíso** sobre la carretera principal que atraviesa la comarca **El Arrayan**

Anexo VIII.

Planos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía:

DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTESIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD EL ARRAYAN DEL MUNICIPIO DE JUIGALPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES.

TUTOR

MSc.Ing. Luis Silverio López Duarte

ACESOR

Ing. Rafael Antonio Taleno Campos

ELABORADO POR:

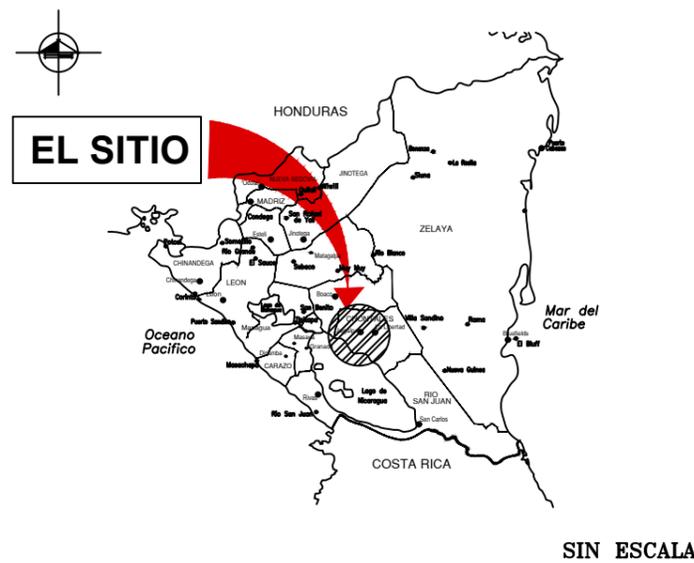
Br. Silvio Ramón Campos López

Br. Carlos Cristhian Ovando García

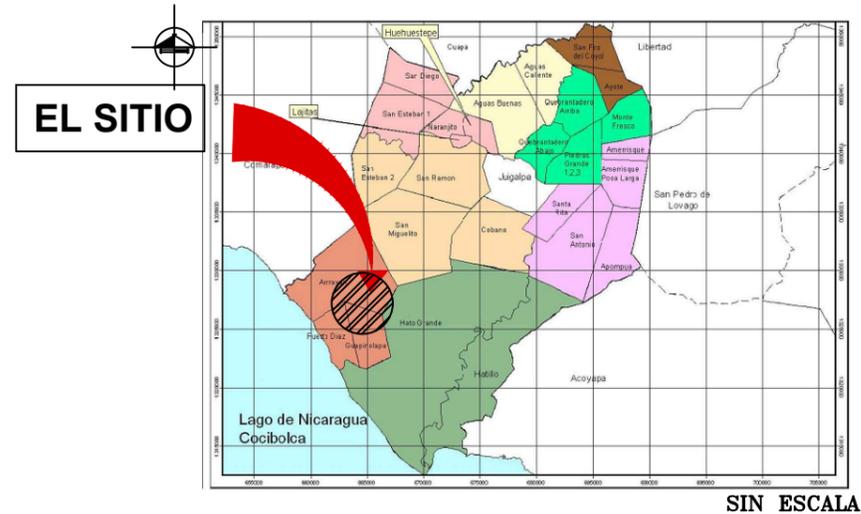
INDICE DE LÁMINAS

- L-01 Presentación
- L-02 Perfil y Detalle del pozo
- L-03 Vista Isométrica FGAC
- L-04 Elevaciones FGAC
- L-05 Detalle del tanque de almacenamiento
- L-06 Esquema de la red
- L-07 Plano de curvas a nivel
- L-08 Perfil de la línea de conducción
- L-09 Modelado de la demanda máxima hora
- L-10 Modelado de demanda cero

MACRO LOCALIZACION



MICRO LOCALIZACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA



Líder en Ciencia y Tecnología

MONOGRAFIA:

Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable en la comarca El Arrayan del municipio de Juigalpa, departamento de Chontales.

CONTENIDO:

Índice de planos, Microlocalización, Macrolocalización.

Juigalpa-Chontales, Comarca: El Arrayan

DIBUJÓ:

Br. Silvio Ramón Campos López

LEVANTÓ:

Br. Carlos Cristhian Ovando García

CALCULÓ:

Br. Silvio Ramón Campos López

REVISÓ:

Ing. Rafael Antonio Taleno Campos

APROBÓ:

M. Sc. Ing. Luis Silverio Duarte López

UBICACIÓN:

Juigalpa-Chontales

Comarca: El Arrayan

ESCALA:

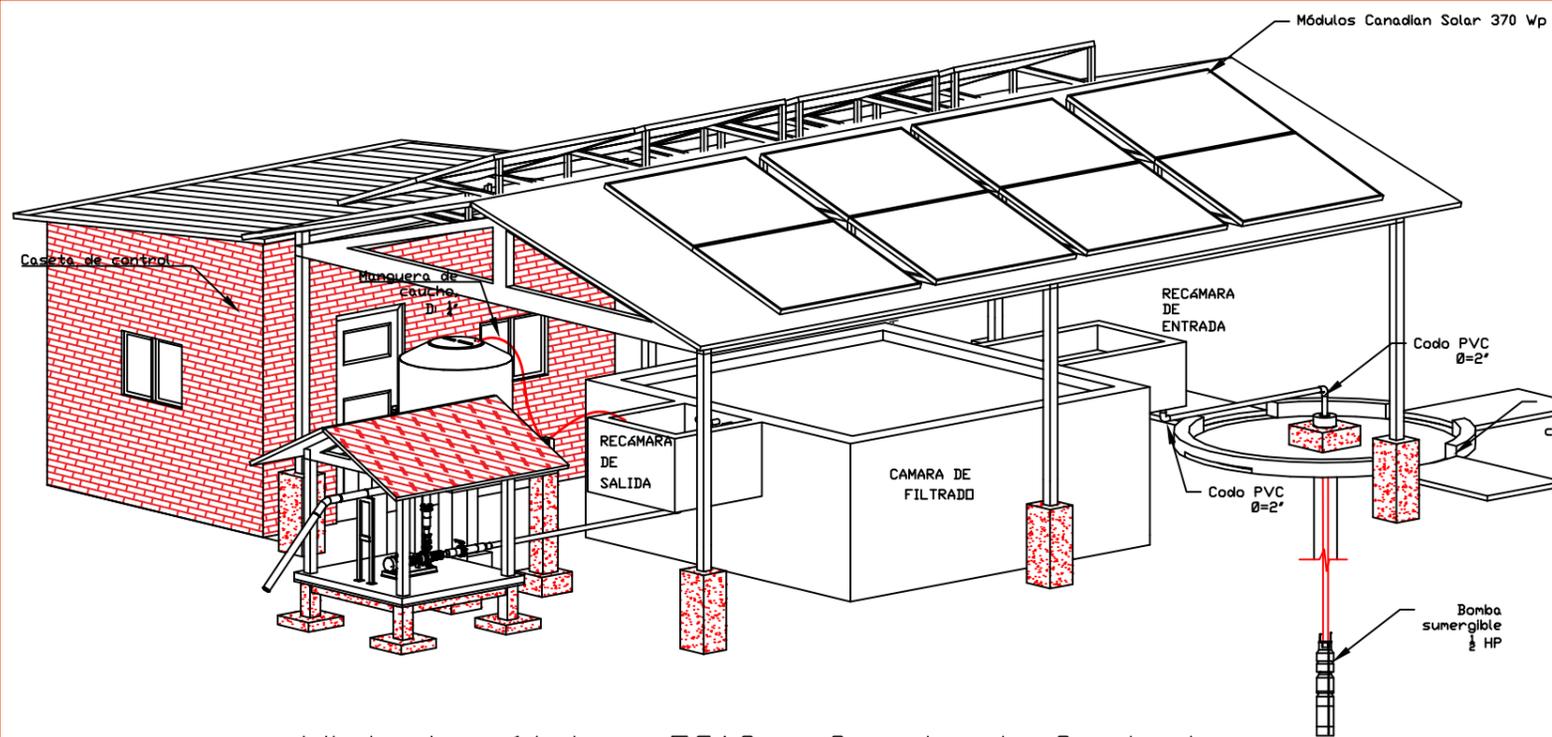
Indicada

FECHA:

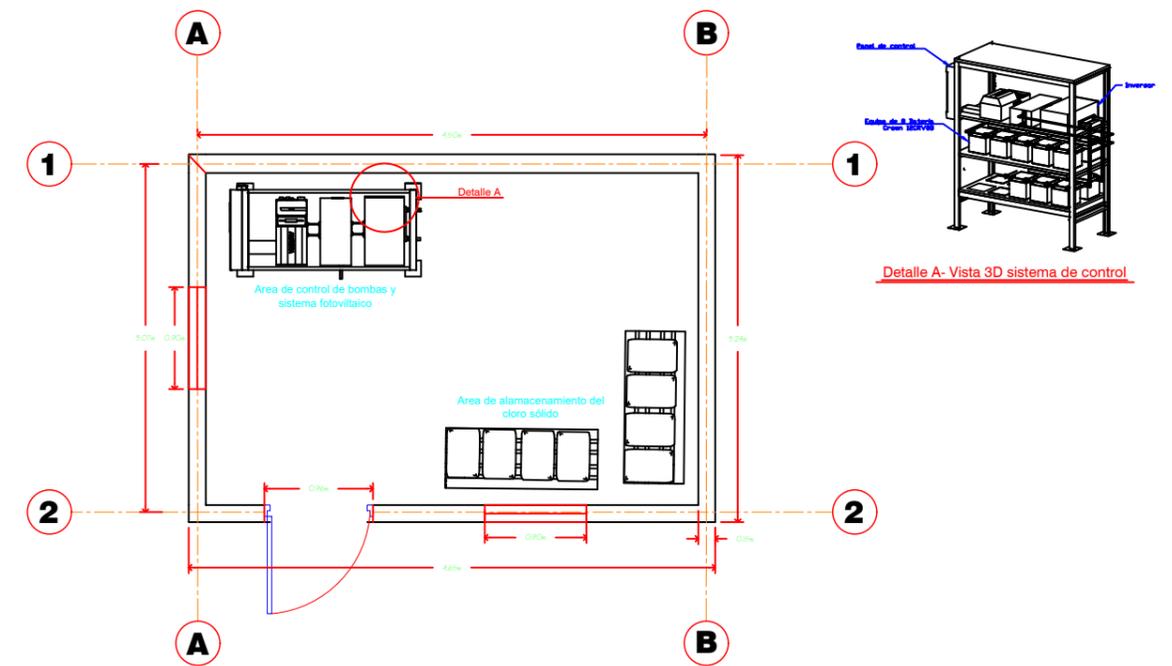
Octubre-2020

-LÁMINA-

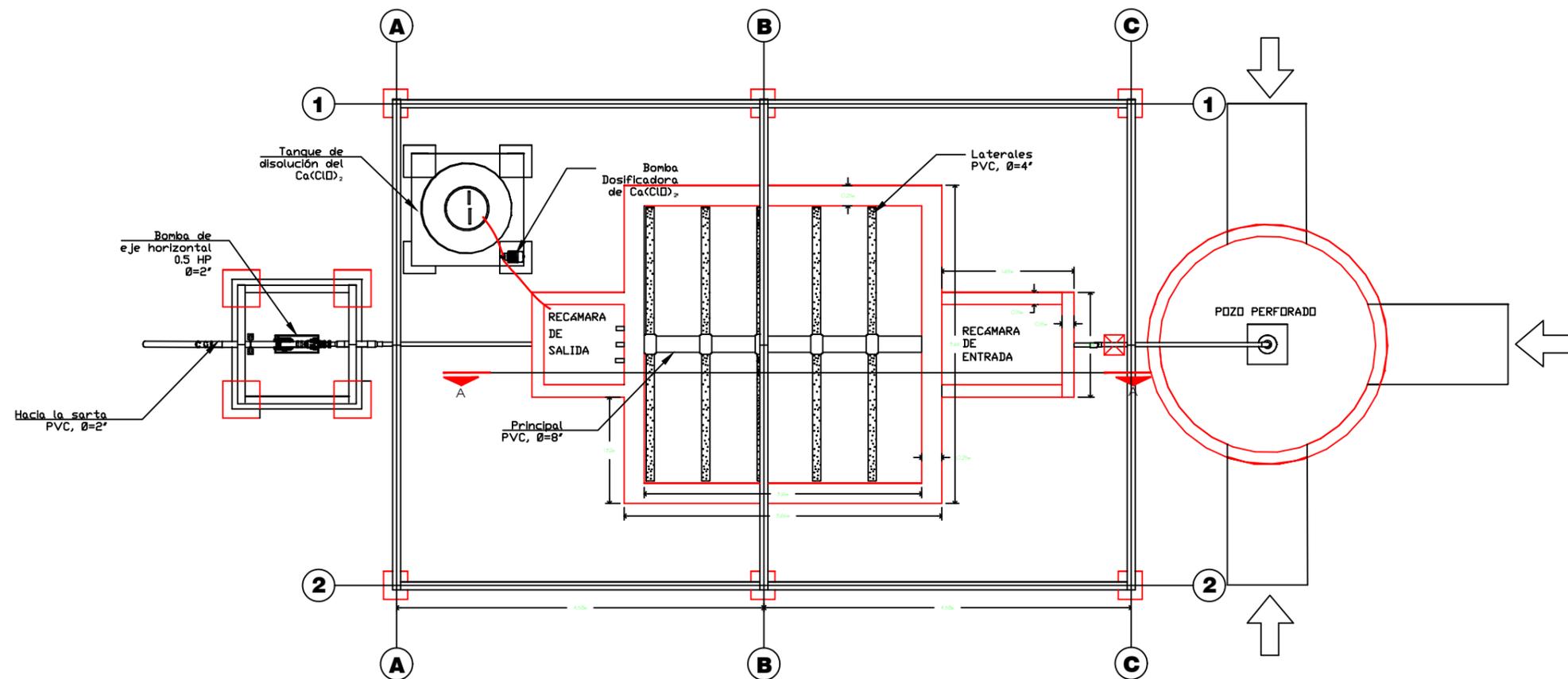
01 / 10
DE



Vista isométrica- FGAC y Caseta de Control



Vista isométrica- FGAC y Caseta de Control



Planta Arquitectónica- FGAC

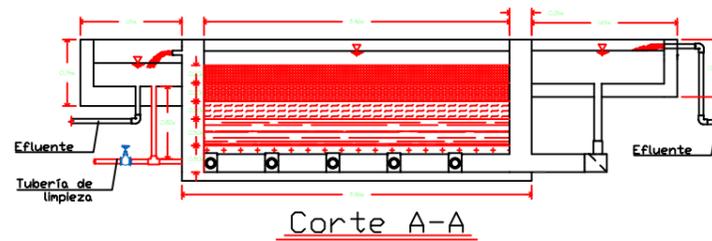
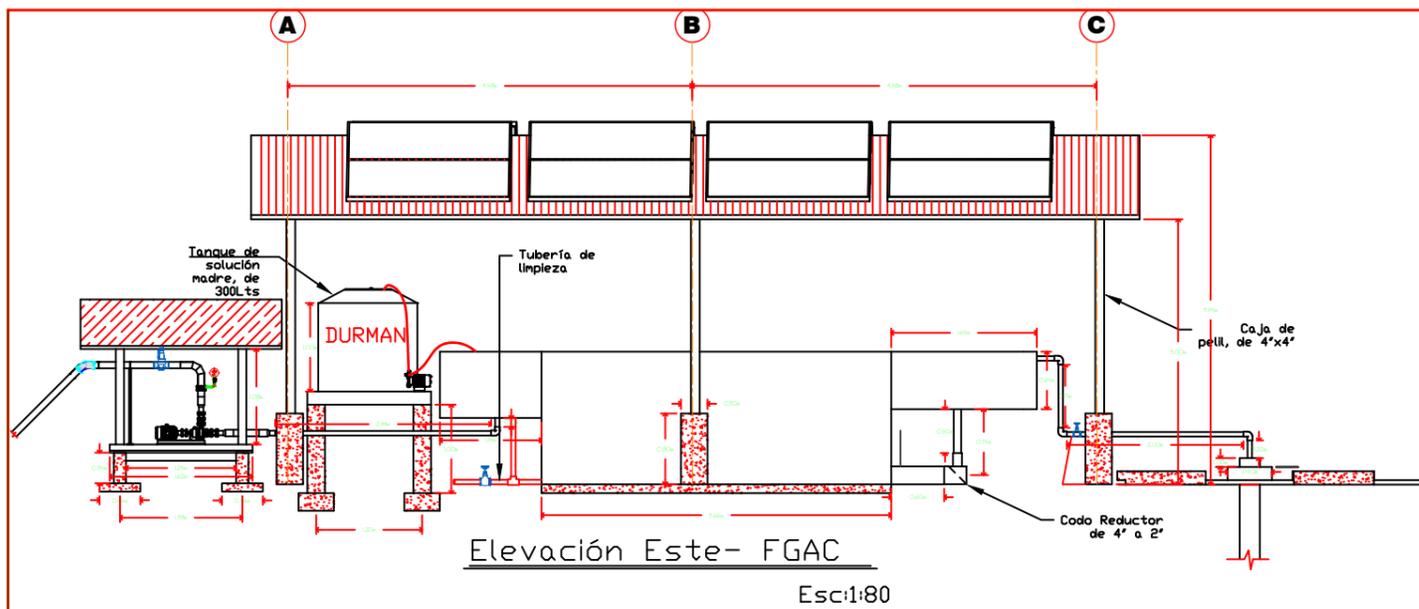
ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS

CONCRETO ARMADO
 $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
 $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ (*)
 $Wt = 3.9 \text{ Kg/cm}^2$

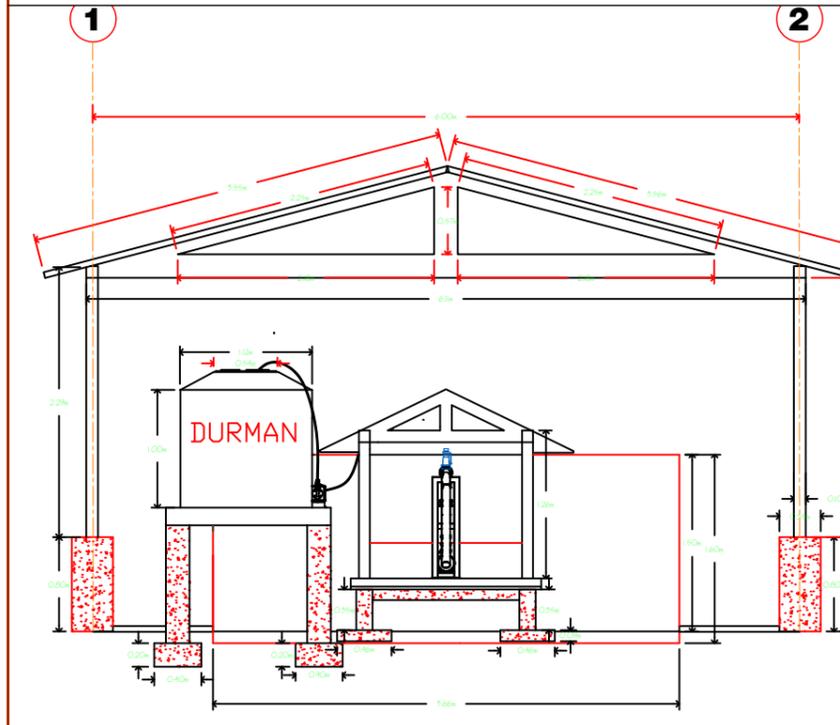
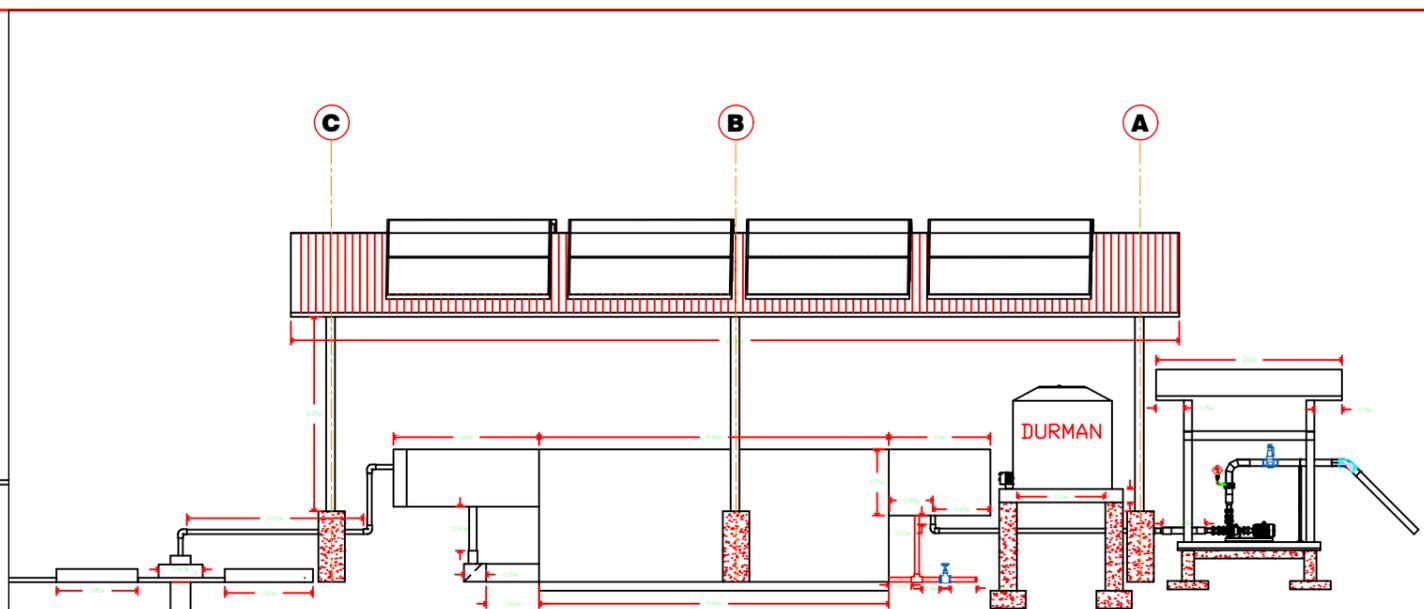
ALBAÑILERIA
 $f'_m = 45 \text{ kg/cm}^2$
 La mampostería de las paredes deberá ser construida con unidades de albañilería cuarterón de peso 2.3 kg
 Mortero : 1:1:5 (cemento-cal-arena)
 JUNTAS ENTRE HILADAS DE 1 cm.
 LA ALBAÑILERIA IRA UNIDA A LA ESTRUCTURA CON 2 ALAMBRES # 8 CADA 3 HILADAS LOS CUALES ENTRAN 0.50 m. EN EL MURO Y ANCLAN EN LOS ELEMENTOS DE CONCRETO UN MINIMO DE 0.25 m.

RECUBRIMIENTOS

ZAPATAS	8 cm.
MUROS (CARA EN CONTACTO CON TERRENO)	5 cm.
MUROS (CARA LIBRE)	4 cm.
COLUMNAS Y PLACAS (espesor mayor o igual a 25cm.)	4 cm.
COLUMNAS Y PLACAS (espesor menor o igual a 20cm.)	3 cm.
VIGAS PERALTADAS	4 cm.
VIGAS CHATAS, LOSAS MACIZAS Y ALIGERADAS	2 cm.

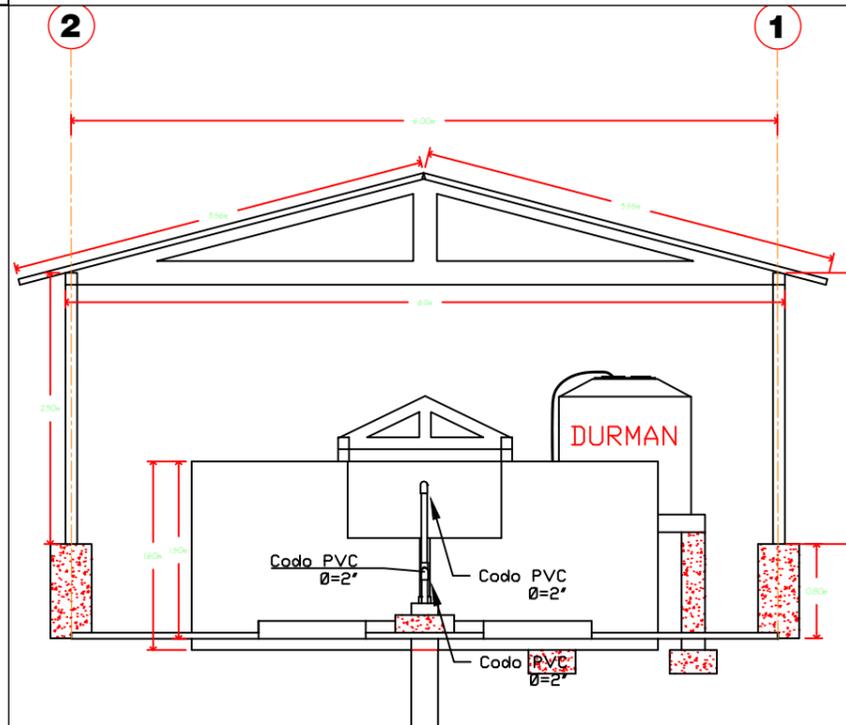


Espereros de capa de FGAC:				
Posición de la Unidad	Esesor Capa	Nomencl.	Do (mm)	Nomencl.
Superior	0.2	H ₁	3	d ₁
Intermedia	0.2	H ₂	6	d ₂
Intermedia	0.2	H ₃	13	d ₃
Intermedia	0.3	H ₄	19	d ₄
Inferior Fondo	0.3	H ₅	25	d ₅



ACTIVIDADES PERIODICAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ACTIVIDAD	ACCIONES CLAVES
Lavado semanal del filtro	Desprender material adherido en el fondo y en paredes de la cámara. Utilizando cepillo con cerdas metálicas o material sintético.
Limpeza cámara de entrada	Medir pérdida de carga. Cerrar entrada de agua a la unidad. Cerrar salida de agua filtrada. Abrir y cerrar 10 veces seguidas la válvula de apertura rápida, dejar abierta la válvula y drenar el filtro hasta que el agua de lavado sea ópticamente similar al afluyente. Cerrar válvula. Abrir entrada de agua y llenar filtro.
Limpeza hidráulica del filtro	Desprender material adherido al fondo y paredes de la cámara.
Limpeza cámara de salida	Abrir salida de agua hacia el filtro lento, cuando el efluente de la unidad recién lavada haya aclarado.
Poner en funcionamiento	Medir pérdida de salida y comparar el valor méado antes del lavado; si es mayor, volver a lavar filtro.
Revisar eficiencia del lavado del filtro	Desprender material adherido al fondo y paredes de cámaras, con cepillo de cerdas metálicas o sintéticas.
Lavado mensual del filtro	Cerrar salida de agua filtrada. Abrir tapones laterales o adaptadores de limpieza. Remover la superficie de la grava, hasta que el agua de lavado aclare.
Limpeza cámaras de entrada y salida	Cerrar tapones laterales. Cerrar entrada de agua.
Limpeza superficial de la grava	Realizar dos drenajes del filtro siguiendo las recomendaciones del lavado semanal. Antes de iniciar el segundo lavado, llene el filtro.
Limpeza hidráulica del filtro (Lavado del fondo)	Lavar entrada de agua. Lavar salida de agua.

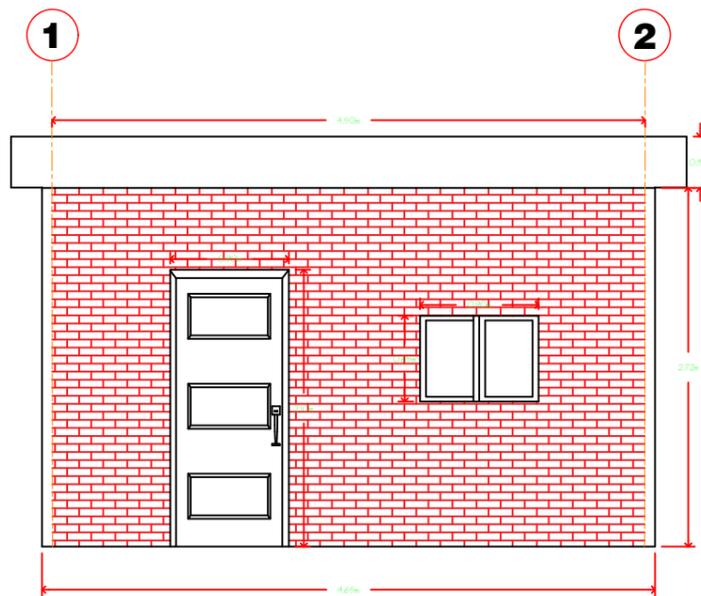


ACTIVIDADES EVENTUALES EN LOS FGA

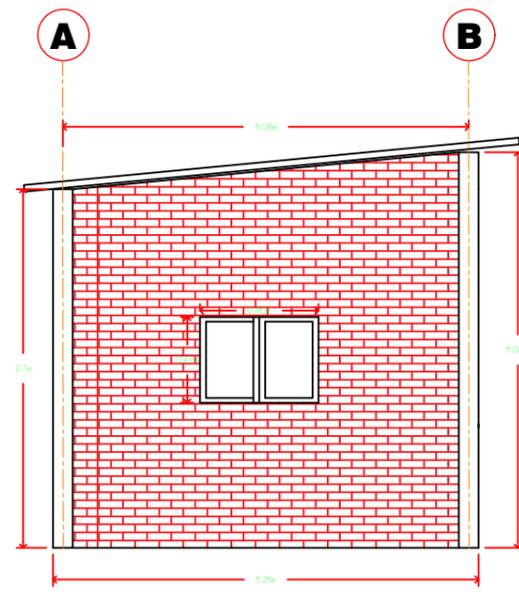
ACTIVIDAD	ACCIONES CLAVES
Retiro y lavado de la grava	Cerrar salida de agua hacia los filtros lentos. Cerrar entrada de agua al filtro grueso. Drenar unidad a través de VAR. Retirar capas de grava, procurar que éstas no se mezclen entre sí y evitar la pérdida de material. Medir el espesor de las capas que se retiran. Lavar capas de grava en forma separada. Tamizar fracciones de grava que estén mezcladas. Lavar tuberías, fondo y paredes del filtro. Instalar capas de grava en el mismo orden y con igual espesor al que tenían antes de ser retiradas para el lavado. Llenar filtro en forma ascendente. Realizar varios drenajes, siguiendo las recomendaciones del lavado semanal. Abrir salida de agua hacia filtros lentos.

RECOMENDACIONES DE OPERACION DEL FGAC

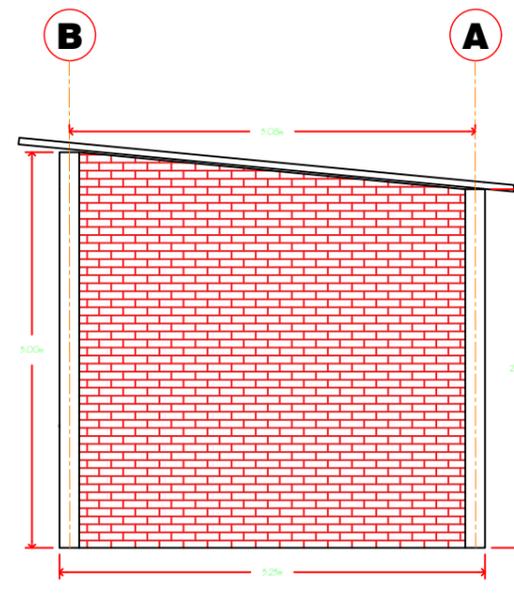
- Chequear el nivel del agua de la regilla de aforo de cada unidad. Ajustar válvulas de entrada, según se requiera, hasta alcanzar el caudal de operación del filtro.
- Medir la turbiedad del agua en la entrada del filtro grueso ascendente, utilizando el equipo de campo.
- Cerrar la válvula cuando la turbiedad del agua afluyente sea mayor que el valor previsto para la operación.
- Retirar material desprendido del lecho filtrante con una tasa.
- Anotar en el libro de registro diario, los valores de turbiedad del agua afluyente y efluente del filtro, y cambios en el caudal durante el día, se se efectúan.
- Medir el nivel de agua en la cámara de entrada del filtro.
- Lavar el filtro cuando la pérdida de carga sea mayor que el valor esperado al finalizar la carrera de filtración.



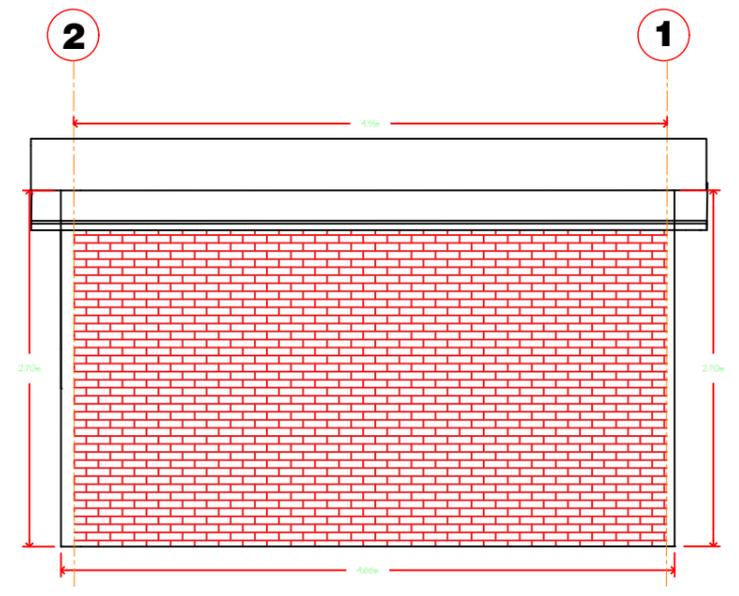
Elevacion Arq- Norte: Caseta de control



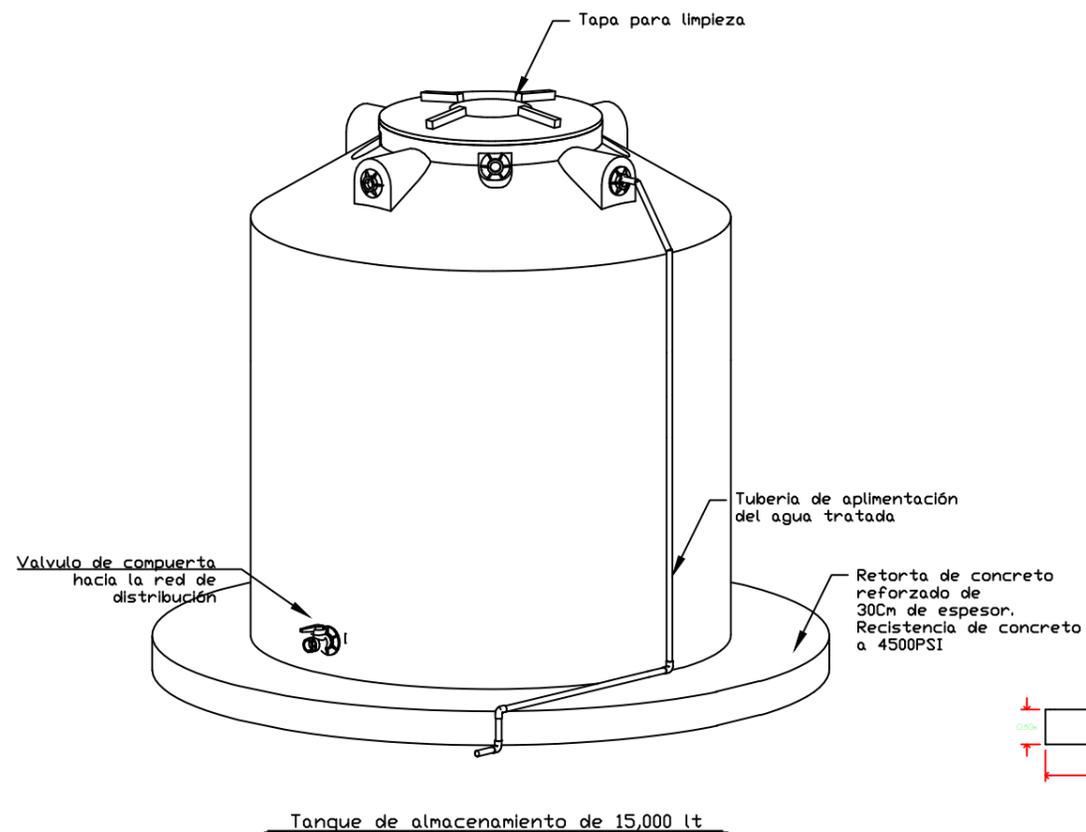
Elevacion Arq- Este: Caseta de control



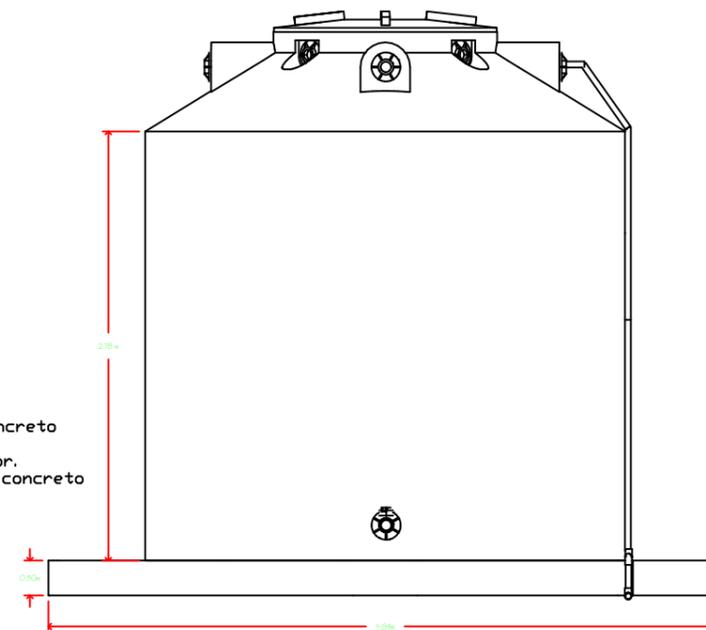
Elevacion Arq- Oeste: Caseta de control



Elevacion Arq- Sur: Caseta de control



Reforzamiento Estándar: densidad hasta 1.20 kg/m ³	
Datos técnicos	
Marca	Rotoplas
Línea	Tanque Vertical
Capacidad	15,000 litros
Diámetro	2.70 mts.
Altura	3.10 mts.
Reforzamiento	Estándar

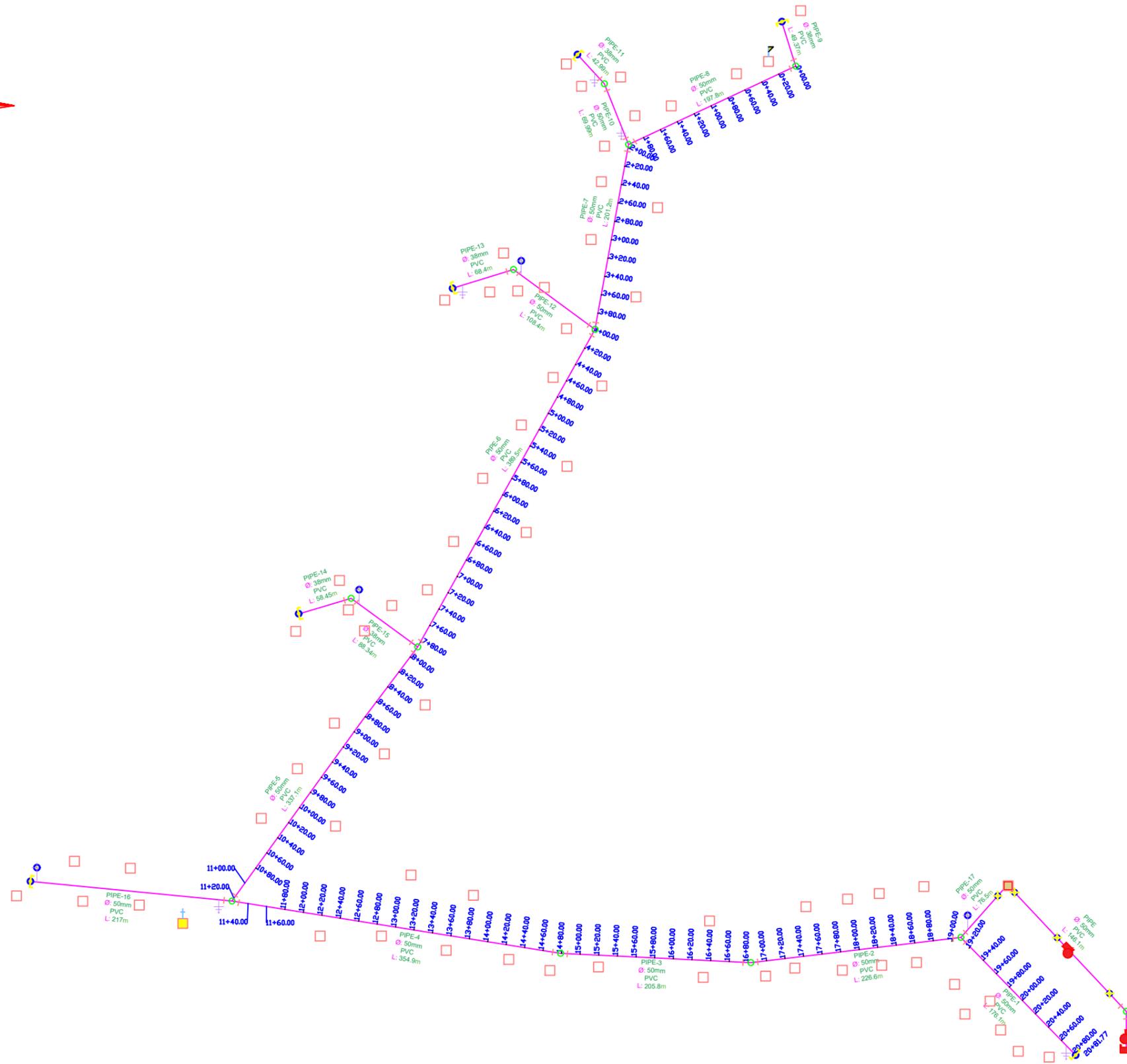


RECOMENDACIONES DE PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

- Asegurarse de que **la tapa cierra herméticamente** y de que ningún insecto o animal pueda entrar. También asegurarse de que no haya ningún resquicio por donde pueda ingresar el agua de lluvia.
- **Revisar los flotadores** (boyas de nivel), las **válvulas** (llaves de paso) y las **juntas de tuberías**, y comprobar que todo funciona correctamente.
- Observar si hay **fisuras o pérdidas** de agua en el tanque, válvulas y tuberías.

Consideraciones para limpiezas rutinarias

1. **Cierra la llave de ingreso de agua** al tanque (**entrada**). Luego **cierra la válvula del colector** (cañería de distribución interna - **salida**). Abre la **tapa superior**. **Abre la válvula de limpieza (vaciado)** hasta quedar un fondo con agua de 15 cm aproximadamente (un palmo de agua). **NO AGITAR** ese resto ni la suciedad que contiene.
2. **Limpia las paredes, la tapa y el fondo con la ayuda de un cepillo o escoba de plástico**. **NUNCA** usar un cepillo de metal ni ningún elemento como detergente, jabón, polvo limpiador, etc...
3. **Vacía el depósito completamente y enjuaga varias veces**. Elimina los residuos por la válvula de desagüe (tubería de limpieza), **NO** por la cañería de distribución.
4. **Llena el tanque hasta la mitad con agua**. **Agrega por cada 1000 litros, 2 litros de lejía** (lavandina) concentrada (ojo, ¡sin perfume!) o 1 litro de **hipoclorito de sodio**, a medida que se llena el resto del tanque.
5. **Una vez lleno todo el tanque, dejar actuar como mínimo durante 3 horas**. Elimina el agua por la válvula del colector (cañería de distribución interna) y vuelve nuevamente a llenar y vaciar el depósito hasta eliminar el exceso de cloro, de manera que se efectúe el lavado y desinfección del mismo. En este paso puedes aprovechar para **desinfectar también las tuberías de la vivienda**, haciendo pasar esta agua con exceso de cloro por todos los puntos de consumo de la casa.



SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
	Casa, escuela, Iglesia
	Codo a 45°
	Codo a 90°
	Tee
	Válvula de compuerta
	Tapón Hembra
	Tanque de almacenamiento y distribución
	Válvula de Aire (VA)
	Válvula de Limpieza (VA)
	Bomba de impulsión

ESQUEMA DE RED DE AGUA POTABLE- COMUNIDAD EL ARRAYAN



MONOGRAFIA:
 Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable en la comarca El Arrayan del municipio de Juigalpa, departamento de Chontales.

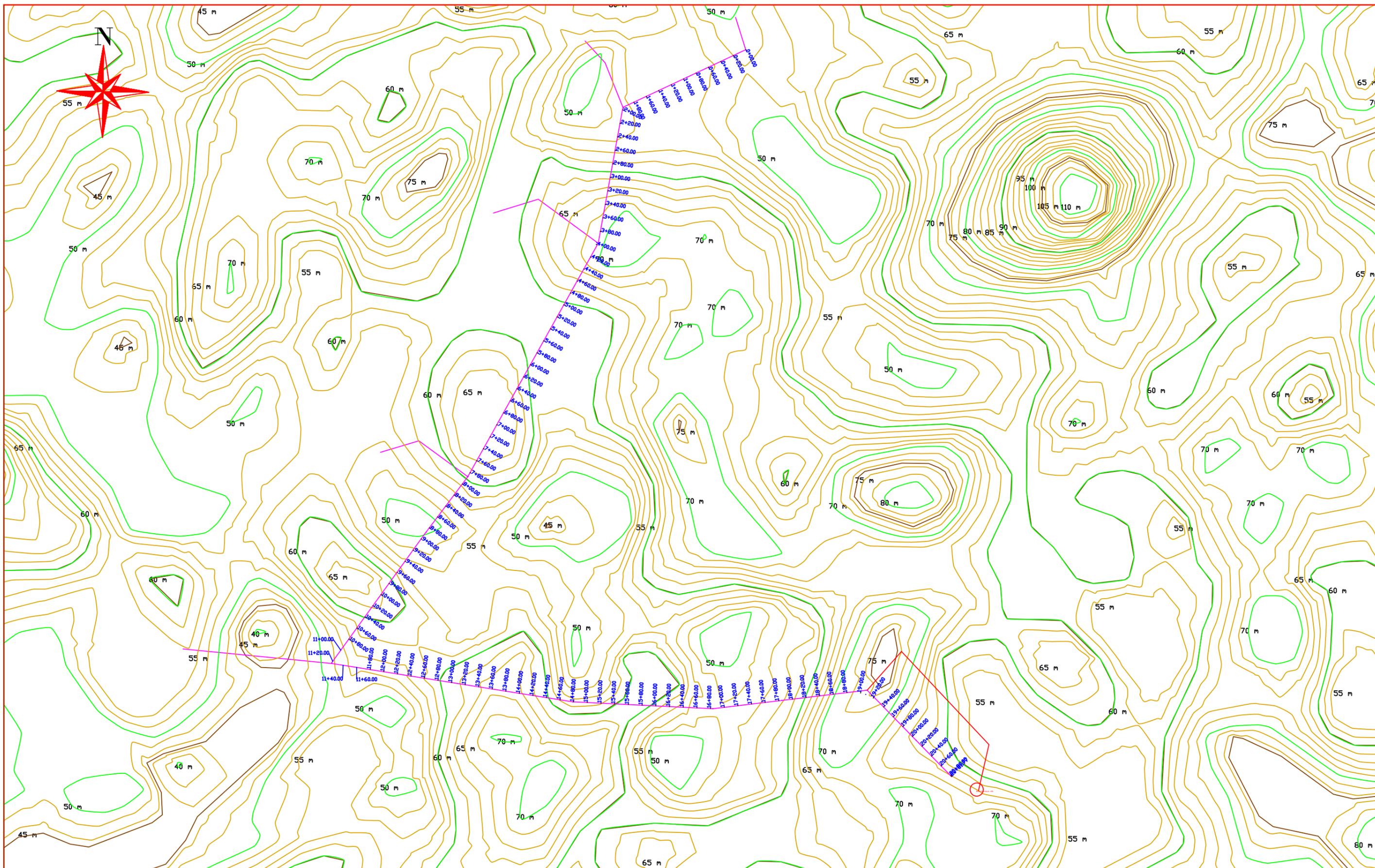
CONTENIDO:
 -Esquema de la red

UBICACIÓN:
 Juigalpa-Chontales
 Comarca: El Arrayan

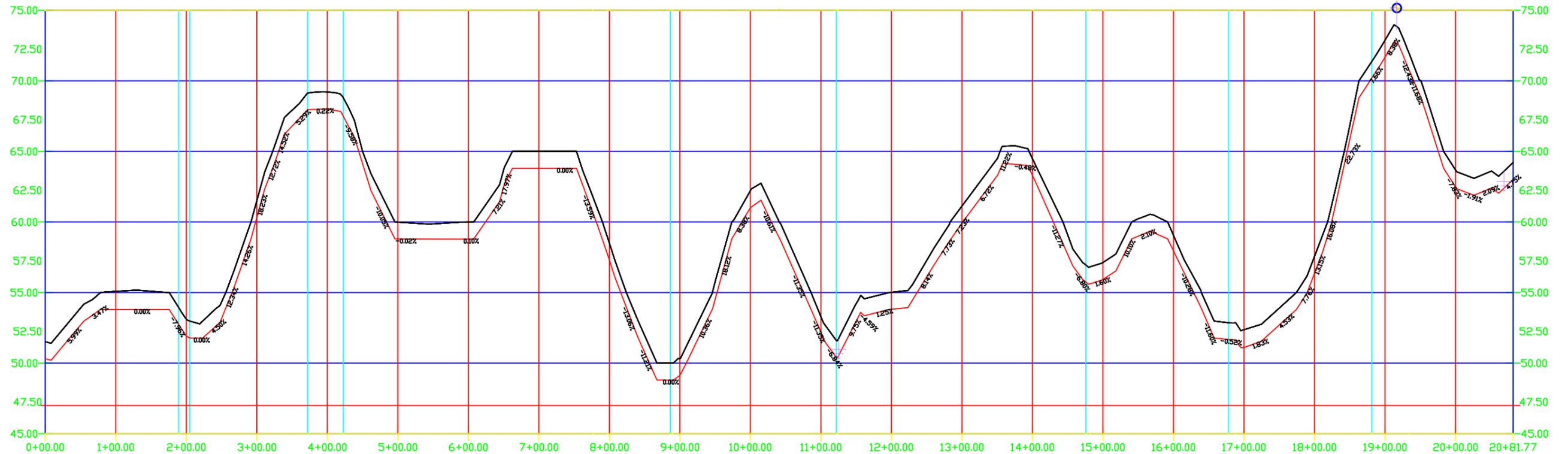
INTEGRANTES:
 Br. Silvio Ramón Campos López
 Br. Carlos Cristhian Ovando García
TUTOR:
 M. Sc. Ing. Luis Silverio Duarte López

ESCALA:
 1:5000
FECHA:
 Octubre-2020

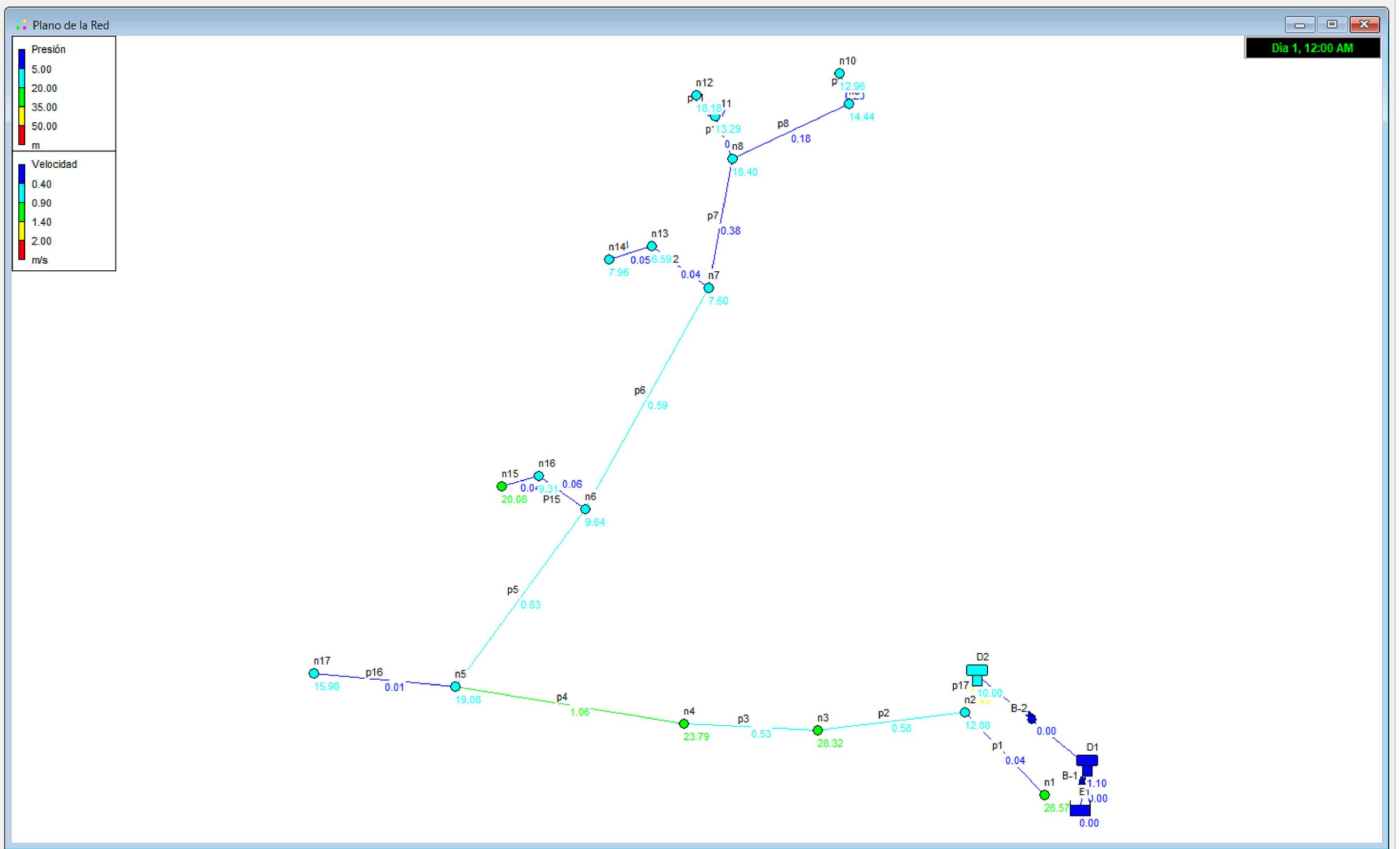
-LÁMINA-
 06 DE 10

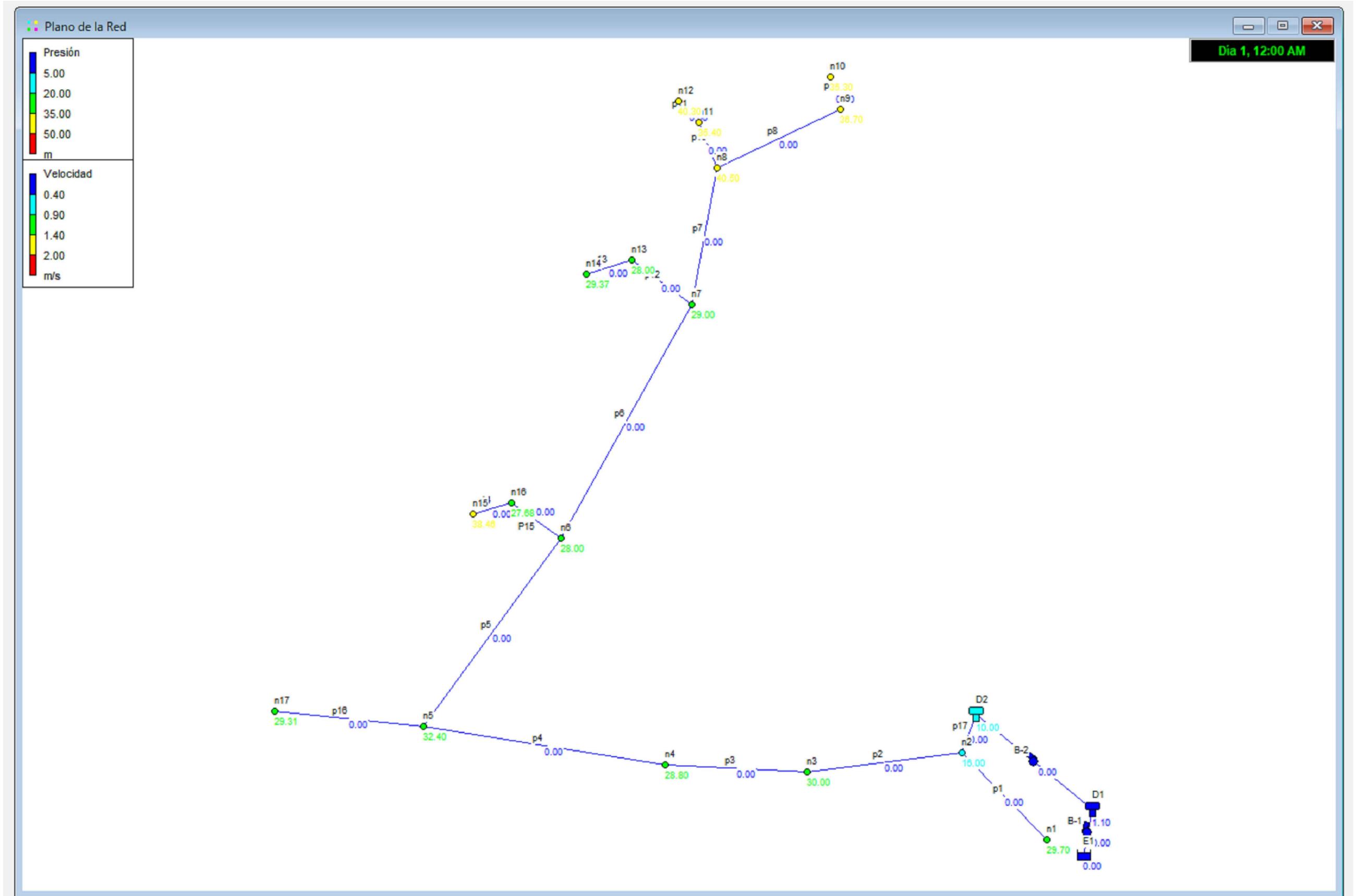


SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
	Casa, escuela, Iglesia
	Codo a 45°
	Codo a 90°
	Tee
	Válvula de compuerta
	Tapón Hembra
	Tanque de almacenamiento y distribución
	Válvula de Aire (VA)
	Válvula de Limpieza (VA)
	Bomba de impulsión



PERFIL DE LINEA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL







**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONTRUCCIÓN
SECRETARIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE
TECNOLOGÍA DE LA CONTRUCCIÓN** hace constar que:

CAMPOS LOPEZ SILVIO RAMON

Carne: **2014-0106J** Turno **Diurno** Plan de
Estudios 2015 de conformidad con el Reglamento
Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de
la Carrera de **INGENIERIA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**,
a solicitud del interesado en la ciudad de Managua,
a los cinco días del mes de Octubre del año dos mil
veinte.

Atentamente,

Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONTRUCCIÓN
SECRETARIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE
TECNOLOGÍA DE LA CONTRUCCIÓN** hace constar que:

OVANDO GARCIA CARLOS CRISTHIAN

Carne: **2014-0135J** Turno **Diurno** Plan de
Estudios 2015 de conformidad con el Reglamento
Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de
la Carrera de **INGENIERIA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**,
a solicitud del interesado en la ciudad de Managua,
a los cinco días del mes de Octubre del año dos mil
veinte.

Atentamente,

Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI REGION CENTRAL JUIGALPA
SECRETARIA ACADEMICA**

**HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2020**

No. Recibo **12925**

No. Inscripción **391**

NOMBRES Y APELLIDOS: Silvio Ramón Campos López

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

CARNET: 2014-0106j

TURNO:

PLAN DE ESTUDIO: 2015

SEMESTRE: SEGUNDO SEMESTRE **FECHA:** 20/10/2020
2020

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

KYMARTINEZ

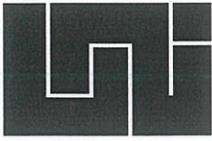
GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 20-oct.-2020



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI REGION CENTRAL JUIGALPA
SECRETARIA ACADEMICA**

**HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2020**

No. Recibo **12924**

No. Inscripción **392**

NOMBRES Y APELLIDOS: Carlos Cristhian Ovando García

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

CARNET: 2014-0135j

TURNO:

PLAN DE ESTUDIO: 2015

SEMESTRE: SEGUNDO SEMESTRE **FECHA:** 20/10/2020
2020

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

KYMARTINEZ

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 20-oct.-2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SOLVENCIA ECONÓMICA

Fecha: 23/11/19

Nombre del estudiante: Silvio Ramon Campos Lopez

Numero de carnet: 2014-01061

Carrera: Ing - civil

Taller Monográfico: Servicios monograficos UNI - Juigalpa - 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SOLVENCIA ECONÓMICA

Fecha: 23/11/19

Nombre del estudiante: Carlos Cristhian Ovando Garcia

Numero de carnet: 2014-01351

Carrera: Ing - civil

Taller Monográfico: Servicios monograficos UNI - Juigalpa - 2019





Líder en Ciencia y Tecnología

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
PROGRAMA INSTITUCIONAL
UNI-REGIÓN CENTRAL JUIGALPA
GHONTALES, NICARAGUA

CONSTANCIA

El Suscrito director del Programa UNI REGION CENTRAL JUIGALPA hace constar que el (la) Bachiller(a) SILVIO RAMÓN CAMPOS LÓPEZ con número de carné: 2014-0106J esta solvente de los aranceles de:

- Pago de mensualidad correspondiente a sus años de estudio en este Programa.
- Matricula de Tema Monográfico.

Quedando por tanto solvente con el Programa Institucional UNI – RCJ.

A solicitud de parte interesada se extiende la presente, para los fines que estime conveniente a los dieciséis días del mes de Noviembre del año dos mil diecinueve.

M. en I. Mijaíl Datali Chamorro Ríos

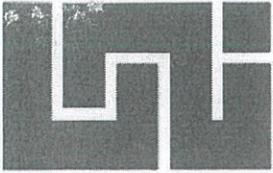
Director Programa Institucional

UNI Región Central



Cc/. Archivo

APDO. 5595 COLEGIO SAN FRANCISCO DE ASÍS 1C. AL SUR
email: unijuigalpa@rcj.uni.edu.ni Dirección: 8338 4217 ☎ 8705 5149 📞 8465 3207



Líder en Ciencia y Tecnología

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
PROGRAMA INSTITUCIONAL
UNI-REGIÓN CENTRAL JUIGALPA
CHONTALES, NICARAGUA

CONSTANCIA

El Suscrito director del programa UNI REGION CENTRAL JUIGALPA hace constar que el (la) Bachiller(a) **CARLOS CRISTHIAN OVANDO GARCÍA** con número de carné: **2014-0135J** esta solvente de los aranceles correspondientes:

- Pago de mensualidad correspondiente a sus años de estudio en este programa.
- Pago de servicios Monográficos.

Quedando por tanto solvente con el programa Institucional UNI – RCJ.

A solicitud de parte interesada se extiende la presente, para los fines que estime conveniente a los once días del mes de Enero del año dos mil veinte.


M. en I. Mijail Datali Chamorro Ríos
Director Programa Institucional
UNI Región Central



Cc/. Archivo



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

4★
2019

Aquí nos ilumina,
un Sol que no declina
El Sol que alumbra
las nuevas victorias
RUBÉN DARÍO

Juigalpa, 10 de enero del 2019

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba.
Universidad Nacional de Ingeniería
Decano Facultad Tecnología de la Construcción

Su despacho.

Por medio de la presente nos permita informarle a usted, que nuestra Institución: **Alcaldía Municipal de Juigalpa**, manifestamos que los señores: **Br. Silvio Ramon Campos López** (121-160796-0002Q), **Br. Carlos Cristhian Ovando García** (121-171296-1001L), alumnos activos de la carrera de Ingeniería Civil en UNI-RURC Estarán Desarrollando el proyecto social: **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMARCA EL ARRAYAN DEL MUNICIPIO DE JUIGALPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES**, como metodología para optar al título de Ingeniero Civil.

Agradeciendo su tiempo invertido y deseándole éxito en sus labores, nos despedimos atentamente.

Vamos Adelante
CON FE Y ESPERANZA!



Lic. Erwing de Castilla Urbina
Alcalde Municipal de Juigalpa

CRISTIANA, SOCIALISTA Y SOLIDARIA

ALCADA MUNICIPAL DE JUGALPA
CONTINGUO AL BANCO DE FINANZAS
TELÉFONOS: 2512-0641, 2512-4248, 2512-1006

