



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA
LA COMUNIDAD GERMÁN POMARES ORDÓÑEZ, MUNICIPIO DE SAN
FERNANDO, DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA**

Para optar a Título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Fernando de Jesús Castro Quintanilla

Br. Cristian Eugenio Herrera Zeledón

Br. Isidro Jesús Tinoco González

Tutor:

Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga

Managua, Agosto de 2022

Agradecimientos

En la etapa final de este proyecto quiero dar gracias de manera singular a Dios por ser el garante de mi vida y por haber puesto en el camino a todas las personas que me apoyaron durante todo este proceso; a mis padres Freddy e Ivania por creer en mí y ser el cimiento de esta carrera, a mis hermanos, familia, amigos y docentes que estuvieron presente durante mi formación, especialmente a mis compañeros de monografía Cristian y Jesús como también al Ing, Juan Leonardo Chow por confiar en nosotros y dirigir nuestro estudio, además del patrocinio que la Alcaldía de San Fernando nos otorgó para realizar el presente documento, finalmente de manera particular extendiendo mi agradecimiento a toda la comunidad y dirección de la Parroquia San Miguel Arcángel por ser los padrinos de mi universidad.

Br. Fernando de Jesús Castro

En primer lugar, agradezco a Dios que me dio la vida y me cubrió en todo este trayecto dándome inteligencia y sabiduría, por permitirme culminar esta carrera, un ciclo tan largo lleno de sacrificios; a mis padres por su gran apoyo incondicional y creer siempre en mí, por su ayuda económica y darlo todo para que pudiese culminar; a nuestro tutor Ing. Juan Leonardo Chow por su paciencia y podernos transmitir su conocimiento profesional, como a la alcaldía de San Fernando por facilitarnos los equipos de trabajo ya que sin ellos este proyecto no se hubiese podido terminar, sin olvidarme de mis compañeros que somos un gran equipo de trabajo que lo dimos todo para que este proyecto se lleve a cabo en un determinado tiempo, de ante mano me despido deseando éxitos.

Br. Cristian Eugenio Herrera

Agradezco especialmente a Dios y a mis Padres (Verónica González e Isidro Tinoco) quienes han sido la base de mi formación y han aportado grandes cosas a mi vida, les agradezco por todo. A mis 2 amigos (Cristian y Fernando) que fueron mi mano derecha en cada dificultad que se nos ha presentado y hemos logrado superar al igual que compartir bonitos momentos durante este largo proceso. A las autoridades de la universidad y docentes que me han impartido clases y especialmente a nuestro tutor y asesor Juan chow. De manera personal orgulloso de mí porque desde un principio supe que sería un reto difícil y he logrado anteponerme a toda clase de adversidades y obstáculos presentados, el llegar a estas instancias me llena de satisfacción.

Br. Isidro Jesús Tinoco González

Resumen

El siguiente trabajo monográfico presenta detalladamente el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Germán Pomares Ordóñez, ubicada en el municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia; el proyecto consiste en un mini acueducto por gravedad que aprovechará el agua del Rio Horca y que podrá satisfacer la demanda de 477 familias y de 1868 habitantes, los que en la actualidad no cuentan con un servicio de abastecimiento de agua segura, por lo que tienen que recorrer distancias de hasta un kilómetro para obtener agua para consumo y uso doméstico.

Para conocer la demografía de la localidad fue necesario trasladarse hasta el lugar de estudio para realizar un censo completo a la comunidad, es decir, se aplicaron 477 encuestas a la totalidad de los jefes de hogar.

Así mismo se realizó un levantamiento topográfico plani altimétrico mediante una estación total marca Sokkia Set 650X, se alcanzaron a levantar 14 km alineados en la ruta de la fuente al tanque y del tanque hacia los diferentes tramos en que se distribuyen las viviendas de toda la comunidad. En adelante, se determinó la cantidad de flujo de la fuente a aprovechar mediante el aforo del método del vertedero rectangular, a través del cual se conoció un caudal de 25.05 l/s, suficiente para abastecer a la población y cumplir con el caudal ecológico; la calidad de agua del Rio Horca se obtuvo al realizar un análisis de laboratorio y para confirmar que el agua es de calidad los resultados fueron comparados con los parámetros establecidos en la norma CAPRE.

El diseño hidráulico del sistema dio como resultado 4.15 km de línea de conducción que transportará un caudal de 6.44 l/s y una red de distribución de 9.84 km con una diferencia de nivel de 87 metros que hará posible la distribución de un caudal de 10.24 l/s, finalmente se diseñó un tanque de almacenamiento de 87.33 m³ con su respectivo hipo clorador.

El costo total del proyecto con precios del nuevo FISE se estima de C\$ 21,289,332.23 equivalentes a \$ 593,182.84 dólares americanos a la tasa de cambio oficial del primero de Agosto del año 2022.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	11
GENERALIDADES	11
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
CAPÍTULO II	4
II MARCO TEÓRICO	5
2.1 Estudio socioeconómico	5
2.2 Estudio topográfico	5
2.3 Calidad de agua y aforo	6
2.3.1 Calidad de agua	7
2.3.2 Aforo	7
2.3.3 Caracterización hidrológica de la cuenca	8
2.4 Diseño del sistema de abastecimiento	13
2.4.1 Periodo de diseño	13
2.4.2 Proyección de población	14
2.4.3 Dotación	14
2.4.4 Caudal	14
2.4.5 Pérdidas en el sistema	15
2.4.6 Fuente de abastecimiento	15

2.4.7	Obra de captación.....	16
2.4.8	Línea de conducción.....	16
2.4.9	Filtración en múltiples etapas.....	18
2.4.10	Desinfección.....	20
2.4.11	Almacenamiento.....	20
2.4.12	Red de distribución.....	21
2.4.13	Conexión domiciliar.....	21
2.5	Presupuesto.....	22
CAPÍTULO III.....		22
III DISEÑO METODOLÓGICO.....		23
•	Tipo de estudio.....	23
•	Macro localización.....	23
•	Micro localización.....	24
3.1	Estudio socioeconómico.....	24
3.2	Estudio topográfico.....	25
3.3	Calidad del agua y aforo.....	26
3.3.1	Calidad de agua.....	26
3.3.2	Aforo.....	26
3.3.3	Caracterización hidrológica de la microcuenca.....	27
3.4	Diseño del sistema de abastecimiento.....	33
3.4.1	Periodo de diseño.....	33
3.4.2	Proyección de la población.....	33
3.3.3	Dotación.....	34
3.3.4	Caudal de diseño.....	34

3.3.5	Obra de captación.....	36
3.3.6	Línea de conducción.....	37
3.3.7	Almacenamiento	40
3.3.8	Filtración en múltiples etapas.....	41
3.3.9	Sistema de drenaje	49
3.3.10	Pérdidas de carga	50
3.3.11	Desinfección.....	54
3.3.12	Análisis hidráulico del sistema de abastecimiento	54
3.5	Presupuesto	56
CAPÍTULO IV.....		56
IV	RESULTADOS	57
4.1	Estudio socioeconómico.....	57
4.1.1	Aspectos demográficos.....	57
4.1.2	Aspectos socioeconómicos.....	59
4.1.3	Datos sobre abastecimiento de agua	67
4.2	Estudio topográfico.....	70
4.3	Calidad de agua y aforo	72
4.3.1	Calidad de agua.....	72
4.3.2	Aforo.....	73
4.3.3	Caracterización hidrológica de la cuenca.....	75
4.4	Diseño del sistema de abastecimiento	85
4.4.1	Periodo de diseño	85
4.4.2	Proyección de la población	85
4.4.3	Dotación	87

4.4.4	Caudal de diseño	87
4.4.5	Obra de captación.....	89
4.4.6	Diseño de la línea de conducción por gravedad.....	89
4.4.7	Calculo del golpe de ariete.....	95
4.4.8	Tanque de almacenamiento.....	100
4.4.9	Filtración en múltiples etapas.....	101
4.4.10	Desinfección	117
4.4.11	Análisis hidráulico del sistema	118
4.4.12	Conexiones domiciliarias	134
4.5	Presupuesto	134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		136
•	Conclusiones	136
•	Recomendaciones	137
BIBLIOGRAFÍA		138
ANEXOS		I

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1:	ESQUEMA PARA ILUSTRAR LA APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE MÚLTIPLES ETAPAS.....	18
ILUSTRACIÓN 2:	POBLACIÓN POR RANGO DE SEXO	58
ILUSTRACIÓN 3:	POBLACIÓN POR RANGO DE EDADES.....	59
ILUSTRACIÓN 4:	OCUPACIÓN DE LOS MIEMBROS DE LA FAMILIA	60
ILUSTRACIÓN 5:	INGRESOS PROMEDIOS MENSUALES	61
ILUSTRACIÓN 6:	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LAS VIVIENDAS	62
ILUSTRACIÓN 7:	ESTADO DE LA OPCIÓN DE SANEAMIENTO.....	65
ILUSTRACIÓN 8:	MANEJO DE LAS AGUAS GRISES.....	66
ILUSTRACIÓN 9:	MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS	67

ILUSTRACIÓN 10: MANEJO DE LOS DESECHOS SOLIDOS	67
ILUSTRACIÓN 11: MEDIOS PARA ACARREAR EL AGUA	69
ILUSTRACIÓN 12: ¿QUIÉN ACARREA EL AGUA?	70
ILUSTRACIÓN 13: BALANCE HÍDRICO	85
ILUSTRACIÓN 14: GRÁFICO DE ALLIEVI Y MICHAUD	99
ILUSTRACIÓN 15: CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE EPANET.....	119
ILUSTRACIÓN 16: SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN.....	119
ILUSTRACIÓN 17: SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN	120
ILUSTRACIÓN 18: PERFIL LONGITUDINAL DE COTA Y ALTURA PIEZOMÉTRICA (LÍNEA DE CONDUCCIÓN).....	121
ILUSTRACIÓN 19: PERFIL LONGITUDINAL DE PRESIÓN LÍNEA DE CONDUCCIÓN)	122
ILUSTRACIÓN 20: SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	122
ILUSTRACIÓN 21: PERFIL LONGITUDINAL DE COTA Y ALTURA PIEZOMÉTRICA (RED COLONIA RAMOS)	124
ILUSTRACIÓN 22: PERFIL LONGITUDINAL DE PRESIÓN (RED COLONIA RAMOS).....	124
ILUSTRACIÓN 23: PERFIL LONGITUDINAL DE COTA Y ALTURA PIEZOMÉTRICA (COYOTERA).....	125
ILUSTRACIÓN 24: PERFIL LONGITUDINAL DE PRESIONES (COYOTERA)	125
ILUSTRACIÓN 25: PERFIL LONGITUDINAL DE COTA Y ALTURA PIEZOMÉTRICA (LAS PLAYITAS)	126
ILUSTRACIÓN 26: PERFIL LONGITUDINAL DE PRESIONES - CAUDAL CERO COLONIA RAMOS	127
ILUSTRACIÓN 27: PERFIL LONGITUDINAL DE PRESIONES - COYOTERA.....	128
ILUSTRACIÓN 28: PERFIL LONGITUDINAL DE PRESIONES	129
<i>ILUSTRACIÓN 29: SIMULACIÓN DEL CLORO A 13 HORAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....</i>	<i>130</i>
ILUSTRACIÓN 30: SIMULACIÓN DEL CLORO A 16 HORAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	131
ILUSTRACIÓN 31: ILUSTRACIÓN 27: SIMULACIÓN DEL CLORO A 24 HORAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	131
ILUSTRACIÓN 32: PERFIL LONGITUDINAL DE CLORO A LAS 13 HORAS (RED COLONIA RAMOS)	132
ILUSTRACIÓN 33: PERFIL LONGITUDINAL DE CLORO A LAS 24 HORAS (RED COLONIA RAMOS)	132
ILUSTRACIÓN 34: PERFIL LONGITUDINAL DE CLORO A LAS 13 HORAS (RED COYOTERA).....	132
ILUSTRACIÓN 35: PERFIL LONGITUDINAL DE CLORO A LAS 24 HORAS (RED COYOTERA).....	133
ILUSTRACIÓN 36: PERFIL LONGITUDINAL DE CLORO A LAS 13 HORAS (RED LAS PLAYITAS)	133
ILUSTRACIÓN 37: PERFIL LONGITUDINAL DE CLORO A LAS 24 HORAS (RED LAS PLAYITAS)	133
ILUSTRACIÓN 38: INFORME DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICOS DE AGUAS NATURALES	VII
ILUSTRACIÓN 39: INFORME DE ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	VIII
ILUSTRACIÓN 40: INFORME DE ENSAYOS DE MICROPOLUENTES.....	IX
ILUSTRACIÓN 41: COMPONENTES DEL FILTRO GRUESO DINÁMICO	X
ILUSTRACIÓN 42: DETALLE DEL FILTRO GRUESO DINÁMICO	XI
ILUSTRACIÓN 43: DETALLES 2 DEL FILTRO GRUESO DINÁMICO	XII
ILUSTRACIÓN 44: FILTRO LENTO EN ARENA.....	XIII

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: RESUMEN DE RANGOS DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES PARA ORIENTAR LA SELECCIÓN DE OPCIONES FIME.....	41
TABLA 2: MODELO PARA LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS, FIME.....	42
TABLA 3: POBLACIÓN POR RANGO DE SEXO.....	57
TABLA 4: POBLACIÓN POR RANGO DE EDADES.....	58
TABLA 5: OCUPACIÓN DE LOS MIEMBROS DE LA FAMILIA.....	60
TABLA 6: INGRESOS PROMEDIOS MENSUALES.....	61
TABLA 7: MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LAS PAREDES.....	62
TABLA 8: NIVEL DE ESCOLARIDAD.....	63
TABLA 9: ESTADO DE LA OPCIÓN DE SANEAMIENTO.....	65
TABLA 10: MANEJO DE AGUAS GRISES.....	66
TABLA 11: MANEJO DE LOS DESECHOS SOLIDOS.....	67
TABLA 12: MEDIOS PARA ACARREAR EL AGUA.....	68
TABLA 13: ¿QUIÉN ACARREA EL AGUA?.....	69
TABLA 14: DESCRIPCIÓN DE PLANOS TOPOGRÁFICOS.....	72
TABLA 15: PERDIDAS SECUNDARIAS EN AFORO A TRAVÉS DEL MÉTODO VOLUMÉTRICO.....	74
TABLA 16: MORFOMETRÍA DE CUENCA RIO HORCA – RED DE DRENAJE 1.....	75
TABLA 17: MORFOMETRÍA DE CUENCA RÍO HORCA – RED DE DRENAJE 2.....	78
TABLA 18: EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MÉTODO DE TORNTHWAIT.....	82
TABLA 19: TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN (1998 - 2019).....	83
TABLA 20: BALANCE HÍDRICO.....	84
TABLA 21: POBLACIÓN DE DISEÑO.....	87
TABLA 22: POBLACIÓN DE DISEÑO.....	90
TABLA 23: PERDIDAS DE CARGA - TRAMO 2 DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN.....	93
TABLA 24: PERDIDAS DE CARGA - TRAMO 3 DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN.....	93
TABLA 25: VÁLVULAS EN LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN.....	94
TABLA 26: GRANULOMETRÍA PARA EL LECHO FILTRANTE – FGD1.....	102
TABLA 27: GRANULOMETRÍA PARA EL LECHO DE SOPORTE – FGD1.....	103
TABLA 28: PERDIDAS DE CARGA PARA EL LECHO FILTRANTE - FGD1.....	106

TABLA 29: PERDIDAS DE CARGA DEL LECHO DE SOPORTE - FGD	107
TABLA 30: DRENES SECUNDARIOS - FGD	111
TABLA 31: GRANULOMETRÍA DEL LECHO FILTRANTE - FLA	112
TABLA 32: GRANULOMETRÍA PARA EL LECHO DE SOPORTE – FLA	112
TABLA 33: PERDIDAS DE CARGA DEL LECHO FILTRANTE - FLA	115
TABLA 34: PERDIDAS DE CARGA EN EL LECHO DE SOPORTE - FLA	115
TABLA 35: DRENES PRINCIPALES DEL FGD	116
TABLA 36: DRENES SECUNDARIOS - FGD	117
TABLA 37: DESINFECCIÓN	118
TABLA 38: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LA TUBERÍA - LÍNEA DE CONDUCCIÓN	121
TABLA 39: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS NODOS – LÍNEA DE CONDUCCIÓN	121
TABLA 40: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (COYOTERA)	125
TABLA 41: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (LAS PLAYITAS)	126
TABLA 42: SIMULACIÓN DE CAUDAL CERO (COLONIA RAMOS)	127
TABLA 43: SIMULACIÓN DE CAUDAL CERO (LA COYOTERA)	128
TABLA 44: SIMULACIÓN DEL CAUDAL CERO (LAS PLAYITAS)	128
TABLA 45: VÁLVULAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN	129
TABLA 46: CONEXIONES DOMICILIARES	134
TABLA 47: PREPUESTO POR ETAPAS DEL PROYECTO	135
TABLA 48: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICA DE LOS NODOS – LÍNEA DE CONDUCCIÓN	XV
TABLA 49: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LAS TUBERÍAS – LÍNEA DE CONDUCCIÓN	XVI
TABLA 50: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS NODOS - RED DE DISTRIBUCIÓN (COLONIA RAMOS)	XVIII
TABLA 51: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LAS TUBERÍAS - RED DE DISTRIBUCIÓN (COLONIA RAMOS)	XXIV
TABLA 52: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS NODOS – RED DE DISTRIBUCIÓN (LA COYOTERA)	XXXI
TABLA 53: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LAS TUBERÍAS – RED DE DISTRIBUCIÓN (LA COYOTERA)	XXXIV
TABLA 54: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS NODOS-RED DE DISTRIBUCIÓN (LAS PLAYITAS)	XXXVIII
TABLA 55: CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LAS TUBERÍAS-RED DE DISTRIBUCIÓN (LAS PLAYITAS)	XL
TABLA 56: SIMULACIÓN DE CAUDAL CERO (COLONIA RAMOS)	XLIII
TABLA 57: SIMULACIÓN DEL CAUDAL CERO (LA COYOTERA)	XLIX
TABLA 58: SIMULACIÓN DEL CAUDAL CERO (LAS PLAYITAS)	LII
TABLA 59: VÁLVULAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN	LV
TABLA 60: PRESUPUESTO GENERAL	LVII

CAPÍTULO I
GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento se realiza con la finalidad de diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Germán Pomares Ordóñez, del municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia. Con una extensión territorial de 269 km², de los cuales únicamente 4 km² son urbanos y el resto están clasificados como rurales, el municipio de San Fernando está ubicado a 20 km de Ocotol, cabecera departamental de Nueva Segovia, y a 248 km de la capital de Nicaragua (Alcaldía de San Fernando, 2017, págs. 5-29).

Respecto a los problemas de acceso a agua potable se conoce que a nivel mundial una de cada tres personas no tiene acceso al agua potable, 144 millones aún recolectan agua para consumo de fuentes superficiales sin tratamiento alguno y 206 millones utilizan servicios limitados, lo que implica que diariamente una gran parte de esa población emplee más de 30 minutos ida y vuelta para poder obtener agua (OMS, UNICEF, 2019, pág. 7).

Nicaragua es parte de las cifras mundiales de desabastecimiento de agua potable, se calcula que aproximadamente el 72 % de la población accede al servicio de abastecimiento de agua con conexiones domiciliarias, y apenas el 60 % de estos sistemas cuentan con un proceso de desinfección para ofrecer a la población agua potable segura (SIASAR FISE, 2020).

Así mismo, en el municipio de San Fernando, tan solo en el casco urbano se ofrece un servicio de agua potable, en las comunidades de la zona rural se presta un servicio de agua deficiente, caracterizado por la falta de procesos de tratamiento para su potabilización y carecer de una buena cobertura (Alcaldía Municipal de San Fernando, 2020, págs. 18-22). En este contexto, la comunidad Germán Pomares Ordóñez integra la problemática y en vista de ello se diseñará un mini acueducto por gravedad, prestando atención a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS por sus siglas), dictados por la Asamblea General de las Naciones Unidas como un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, colaborando de esta manera en la erradicación de la pobreza y garantizando una vida saludable con la gestión sostenible de agua limpia.

1.2 ANTECEDENTES

Nicaragua cuenta con abundantes recursos hídricos; sin embargo, la mayoría de sus zonas rurales no cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable convencional, o que cumpla con los estándares de calidad establecidos en el país. En el Municipio de San Fernando casi todos los sistemas de agua potable han cumplido su vida útil, su tiempo de construcción oscila entre los 25 y 30 años, de ellos el 95% aprovechan las aguas superficiales. El aprovechamiento del agua subterránea es muy limitado debido a que es una zona geológica caracterizada por rocas metamórficas paleozoicas, carentes de acuíferos importantes y las pocas reservas de agua subterránea presentan concentraciones altas de arsénico, cuyos valores exceden el permitido por la Norma Regional CAPRE (Alcaldía de San Fernando, 2017, pág. 19).

Desde el año 1991 en la comunidad Germán Pomares Ordóñez se construyó un sistema de abastecimiento de agua potable y en el año 2014 se intentó dar mantenimiento al mismo, diseñando una reestructuración; sin embargo, por falta de estudios suficientes previo a los ajustes, el sistema nuevamente volvió a colapsar. Al día de hoy la población recibe agua cruda sin tratamiento alguno, con problemas en la cobertura de sus habitantes y en el tiempo de servicio; como solución a esta problemática, los habitantes recorren distancias de hasta 1 km para poder abastecerse de aguas superficiales que tampoco reciben tratamiento, además de comprar el agua para consumo en un pozo familiar privado existente en la comunidad (Alcaldía Municipal de San Fernando, 2020, pág. 18).

En vista de ello se pretende proponer la construcción de un Mini Acueducto por Gravedad (MAG), sistema de abastecimiento que podrá satisfacer las necesidades de nuestra población objetivo, en base a: continuidad, cantidad, cobertura, calidad y costos, todo esto fundamentado en las normas y leyes nacionales e internacionales ya estipuladas.

El proyecto consiste en la captación de agua superficial del Río Horca, la que será conducida por gravedad hasta el tanque de almacenamiento, para luego ser distribuida de esta misma manera a la población.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo. Se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua son económicamente rentables, ya que la disminución de los efectos adversos para la salud y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria son superiores al costo de las intervenciones (OMS, 2006, pág. 1).

En la actualidad, el mini acueducto por gravedad de la comunidad Germán Pomares Ordeñes tiene treinta años de construcción y por consiguiente presenta problemas en su funcionamiento, a través de una gira de campo y mediante el aforo del vertedero rectangular se constató que en la obra de captación el agua que se logra aprovechar es suficiente para poder cumplir con el caudal demandado por la población; sin embargo, en la línea de conducción se generan fugas que desencadenan un déficit del 59.63% en el caudal que llega al tanque de almacenamiento, el sistema presenta también fugas en su red de distribución, se ofrece un servicio de tres horas día de por medio y de baja cobertura (ver anexos páginas IV - VI).

La construcción de un nuevo Mini acueducto por gravedad en la comunidad Germán Pomares Ordóñez, podrá reducir riesgos en la salud y costos innecesarios en su cobertura. La calidad de vida de las personas mejorará de manera relevante, con relación a su higiene personal y la manipulación de sus alimentos, pues en casi el 100% de los casos las aguas superficiales no tratadas (agua que utilizan diariamente los pobladores), están contaminadas por materia fecal y otros desperdicios nocivos para la salud y aunque generalmente no se utilice para consumo, siempre existe la amenaza de contraer enfermedades de tipo infeccioso como EDAS.

Se pretende también que los habitantes dejen de recorrer largos trayectos para poder abastecerse de agua, y puedan utilizar este tiempo para recrearse, estudiar y/o trabajar. El sistema de abastecimiento vendría a satisfacer la demanda de aproximadamente 1868 personas, las cuales podrán acceder a una mejor calidad de vida, higiene, salud y desarrollo socio-económico.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar un Mini Acueducto por Gravedad (MAG), para la comunidad Germán Pomares Ordóñez del municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Realizar un estudio socioeconómico a la población de la localidad, para conocer sus características demográficas y demanda de servicios de agua potable.
- Efectuar un levantamiento topográfico planialtimétrico del área de estudio por medio de Estación Total, para conocer las características del relieve y diseñar todos los componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento.
- Realizar estudio de calidad de agua de la fuente a aprovechar y aforo de la misma, para conocer sus características físico-químicas y bacteriológicas mediante una prueba de laboratorio certificado; y conocer el caudal de agua disponible para satisfacer la demanda de la población a través del aforo del método del vertedero rectangular.
- Diseñar los componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento de agua potable, tales como: obra de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento, y red de distribución.
- Elaborar el presupuesto del sistema de agua potable, detallando todos sus componentes e instalaciones para su construcción.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

II MARCO TEÓRICO

Para la realización de este estudio será necesaria la definición de ciertos aspectos teóricos que a continuación se exponen.

2.1 Estudio socioeconómico

Para definir los objetivos de cualquier proyecto es indispensable la ejecución de un estudio socioeconómico que permita conocer las características de la población que se ve directamente involucrada o beneficiada, la razón responde a que, de esta manera se conoce a buen término y con credibilidad la demografía del lugar, lo que da paso a definir los alcances del proyecto a realizarse.

Para el análisis de la población se debe identificar, caracterizar y cuantificar la misma, delimitándola en una referencia geográfica, estimando su evolución para los próximos años y definiendo, en calidad y cantidad, los bienes o servicios necesarios para atenderla y se puede realizar mediante un censo poblacional, el cual se define como el proceso de recolección de datos referente a una población, de igual manera este análisis se puede realizar mediante encuestas, caracterizadas como estudios observacionales en las cuales se busca recoger datos a través de un cuestionario (Ponce Rodas, 2005, págs. 1-5).

Conocer la caracterización de la población objetivo es el parámetro básico para dimensionar los componentes que integran los sistemas de abastecimiento de agua potable (Diseño de Sistemas de Agua Potable NTON 09 007 - 19, 2020, pág. 7).

2.2 Estudio topográfico

La topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de la realidad física inmóvil circundante, es plasmar en un plano topográfico la realidad vista en campo, en el ámbito rural o natural, de la superficie terrestre (Ministerio de Transporte e infraestructura, 2008, pág. 8).

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno, es decir, llevar a cabo la descripción del mismo en concreto. Mediante el levantamiento se realiza un escrutinio de una superficie, incluyendo tanto las características naturales, como sus variaciones y alteraciones hechas por el ser humano (Gamez Morales, 2015, pág. 10).

Para el estudio topográfico es importante tener en cuenta que será necesaria la realización de planos topográficos, los que más adelante servirán de herramienta para identificar y trazar la red de abastecimiento, además de precisar el tipo de configuración que tendrán los acueductos involucrando la línea de conducción desde la obra de captación a tanque de almacenamiento, así como, la red de distribución desde el tanque hacia las instalaciones domiciliarias (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, págs. 18-33).

- Los planos son la representación gráfica de todos los elementos que plantea un proyecto. Estos muestran cotas, dimensiones lineales, superficiales y volumétricas de todas las construcciones y acciones que compartan los trabajos desarrollados por el proyectista.

Tienen como misión, definir con otros documentos el objetivo del proyecto y las obras que ha de desarrollar el contratista. También son los documentos más utilizados y por ello han de ser completos, suficientes y concisos, es decir, incluir toda la información necesaria para poder ejecutar la obra objeto del proyecto en la forma más concreta y posible y sin dar información inútil o innecesaria (Manual de dibujo para proyectos de Ingeniería Civil, 2007, pág. 27).

2.3 Calidad de agua y aforo

En el diseño de todo sistema de agua potable será necesario conocer la calidad del agua a servir y la disponibilidad del recurso hídrico.

2.3.1 Calidad de agua

La calidad del recurso hídrico para consumo humano depende de ciertos parámetros, que definen tanto el estado fisicoquímico, bacteriológico, como biológico del recurso (Comite coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento, 1994, pág. 42).

El análisis de calidad es ineludible en la realización de sistemas de abastecimiento de agua potable, el artículo 236 del Reglamento de la Ley General de la Salud dicta lo siguiente: Para la utilización de una fuente de agua para consumo humano, previo al inicio de su funcionamiento se deberá cumplir con los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y de metales pesados, para obtener el registro de calidad del agua, avalado por el Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2003).

En Nicaragua la calidad del agua deberá estar de acuerdo a las Normas de Calidad del Agua para el consumo humano, adoptadas por el Ministerio de Salud MINSA, mediante Acuerdo Ministerial No.65-94, que corresponden a las Normas Regionales CAPRE, “Normas de Calidad del Agua para el consumo humano”; en su versión vigente (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 12).

2.3.2 Aforo

Aforo se define como la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es el caudal que pasa por una sección de un curso de agua.

Este se puede desarrollar de diferentes formas y su elección depende del objetivo del monitoreo, condiciones ambientales, la facilidad de acceso o tiempo con que se cuente y, por supuesto, de las características de la fuente superficial que se pretenda medir (Corantioquia, 2011, págs. 3-16).

2.3.3 Caracterización hidrológica de la cuenca

Para la elaboración de proyectos, específicamente hidráulicos, es necesario conocer datos sobre precipitación, caudales, evaporación, temperatura y otros, es particularmente de esto que la hidrología se encarga, del estudio del agua en la naturaleza y de los procesos que en ella se dan (Morán, 2003, pág. 3).

2.3.3.1 Morfometría de cuencas hidrográficas

Una de las herramientas más importantes en el análisis hídrico es la morfometría de cuencas ya que nos permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento del sistema hidrológico de una región. Se define también como el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, características que tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella. Una vez conocidos los parámetros que a continuación se describen serán clasificados de acuerdo a (Instituto Nacional de Ecología, 2004, págs. 9-18)

- Cuenca

Se define cuenca el área del terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido (Morán, 2003, pág. 28).

- Área

Está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio (Gaspari, 2012, pág. 9)

- **Perímetro**

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Éste parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros (Gaspari, 2012, pág. 9).

- **Longitud de la cuenca**

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca (Gaspari, 2012, pág. 3).

- **Ancho de la cuenca**

Se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca (Gaspari, 2012, pág. 3).

- **Coefficiente de forma**

Este factor adimensional que indica cómo se regula la concentración del escurrimiento superficial se expresa como la relación entre el área de la cuenca y la longitud del río hasta su punto más alto, intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma. (Gaspari, 2012, pág. 10).

- **Coefficiente de compacidad**

Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán

inferiores a uno. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua (Gaspari, 2012, pág. 10).

- **Orden de corriente**

El orden de las corrientes es un sistema para clasificar las redes hídricas que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

Se han propuesto una serie de métodos valiosos para dar nomenclatura a las redes fluviales, sobre la base de todos ellos reposa el carácter de división, ya sea por el criterio de niveles o por el orden de descarga.

Robert Horton, ecologista y científico estadounidense, en 1945 propuso que la longitud de cada río de un determinado orden se extiende hasta la confluencia con otro río del mismo o mayor orden. Se considera que las corrientes de un mismo orden poseen similares características hidráulicas, hidrológicas y morfométricas (Cedeño, 2016, pág. 169).

- **Pendiente del cauce principal**

Se deduce a partir del desnivel topográfico sobre el cauce principal y la longitud del mismo (Gaspari, 2012, pág. 14).

- **Tiempo de concentración**

Tiempo que tarda en llegar una gota de agua de lluvia desde el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca a la sección de salida, corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial (Gaspari, 2012, pág. 14).

2.3.3.2 Características hidrológicas

Para conocer el comportamiento del agua en la cuenca será necesario determinar los siguientes parámetros hidrológicos.

- Evaporación

Considerada como un fenómeno puramente físico, la evaporación es el pasaje del agua al estado de vapor; sin embargo hay otra evaporación, la provocada por la actividad de las plantas y que recibe el nombre de transpiración (Morán, 2003, pág. 43).

- Transpiración

Consiste en la vaporización del agua líquida contenida en las plantas y el vapor removido a la atmósfera. La pérdida del agua es a través de las estomas de las plantas (Ordóñez, 2011, pág. 14)

- Evapotranspiración

La evapotranspiración es la cantidad de agua que retorna a la atmósfera, tanto por transpiración de la vegetación como por evaporación del suelo. Su magnitud depende del agua realmente disponible, es decir la que el suelo ha logrado retener para el consumo de la vegetación, así como la que ha sido interceptada por ésta (Ordóñez, 2011, pág. 24) .

- Evapotranspiración potencial

Thornthwaite introdujo el término evapotranspiración potencial (ETP) para expresar "la cantidad de agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo si en todo momento existe en el suelo humedad suficiente para su uso máximo por las plantas" (Ordóñez, 2011, pág. 24).

- **Evapotranspiración real**

El suministro de humedad a la superficie de evaporación es un factor determinante en la evapotranspiración. A medida que el suelo se seca, la tasa de evaporación cae por debajo del nivel que generalmente se mantiene en un suelo bien humedecido. Es esta evapotranspiración que depende de la cantidad de humedad existente en el suelo, la que se denomina evapotranspiración real (Ordóñez, 2011, pág. 33).

- **Infiltración**

La infiltración es el volumen de agua procedente de las precipitaciones que atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo y del subsuelo, en otras palabras, el paso del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra (Morán, 2003, pág. 62).

- **Escorrentía**

Se define como el agua de las precipitaciones que no es evaporada ni infiltrada, así bien el agua de un río, en general, puede así estar formada de dos partes. Una parte de escorrentía (superficial y sub-superficial) que recibe el nombre de escorrentía directa y otra parte de agua subterránea que recibe el nombre de flujo base (Morán, 2003, pág. 62).

- **Balance hídrico**

El balance hídrico permite comprender el ciclo hidrológico en sus diferentes fases, la forma en que el agua que se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración.

Del Balance Hidrológico, podemos conocer el estado de humedad de la cuenca la cual está asociado al aporte de precipitación recibida y descontando las pérdidas

generadas, estamos en la condición de clasificar el tipo de año (húmedo, normal o seco), lo que permitirá planificar el recurso hídrico, en base a las demandas (Ordóñez, 2011, pág. 20).

2.4 Diseño del sistema de abastecimiento

Se define como sistema de abastecimiento de agua potable al conjunto de instalaciones cuya construcción, explotación y mantenimiento se destina a captar, transportar, potabilizar, almacenar y distribuir agua hasta los usuarios finales, con el fin de abastecer a estos de agua potable en cantidad y con la calidad necesarias (Real Academia Española, 2016).

El sistema deberá de ser planeado, diseñado, construido y operado con el propósito de encaminarlo a su buen funcionamiento. De manera que el análisis y diseño hidráulico se efectuara de manera minuciosa, pretendiendo que las consideraciones anteriores sean las más idóneas para el sistema a ejecutar, y van desde el buen diseño de la red de distribución, sus líneas de conducción, caudal, accesorios y obras complementarias, tipos de materiales a ser usados, entre otros puntos que son importantes para que el proyecto llegue a opera con éxito y cumpla con el fin antes descrito.

2.4.1 Periodo de diseño

Para diseñar un sistema de agua potable, debe establecerse la vida útil de cada uno de sus componentes. La vida útil depende de los siguientes factores: vida útil de las obras civiles y equipos, facilidad de ampliaciones del sistema y crecimiento poblacional de la localidad.

Denominamos periodo de diseño al número de años para el cual se diseña una obra de abastecimiento de agua potable, considerando que durante ese periodo el sistema proveerá a los usuarios un servicio eficiente y de calidad (Aguirre Morales, 2015, pág. 23).

2.4.2 Proyección de población

Los sistemas de agua potable deben diseñarse para prestar un servicio eficiente y de calidad durante el número de años establecidos en el periodo de diseño. Por lo que se requiere establecer el número de habitantes que se estima demandaran el servicio en el futuro, este parámetro permitirá calcular los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema. La población futura de una comunidad depende de las características sociales y económicas en el pasado y en la actualidad, lo que permitirá establecer las proyecciones para el futuro (Aguirre Morales, 2015, pág. 25).

En Nicaragua el método más usado para calcular la proyección de población es el método Geométrico, el cual, debe aplicarse a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija. La tasa de crecimiento a aplicar al proyecto debe ser sustentada sobre la base de estudios demográficos precedentes y censo actualizado de la localidad en estudio (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 8).

2.4.3 Dotación

La dotación es el volumen de agua utilizado por persona en un día y se expresa por lo general en litros por habitante y por día (L/hab.d). (López Cualla, 1995, pág. 49). En Nicaragua la determinación del consumo se debe hacer con base en datos establecidos por las NTON 2020, y será utilizado para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones a proyectar (INAA, 1999, pág. 10).

2.4.4 Caudal

La determinación de los caudales de diseño se puede realizar a partir de datos obtenidos en aforos y se relacionan a la demanda de agua que requiera la

población en un periodo de diseño determinado, normalmente se trabaja con tres tipos de caudales a saber: caudal promedio diario, caudal máximo diario y caudal máximo horario (López Cualla, 1995, pág. 53).

2.4.4.1 Caudal promedio diario

Se define como la cantidad de agua que consume una población en un día. Este caudal se puede obtener del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando no se cuenta con registros se puede calcular en función a la población futura y a la dotación (López Cualla, 1995, pág. 54).

2.4.4.2 Caudal máximo diario

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año. En otras palabras, representa el día de mayor consumo en el año (López Cualla, 1995, pág. 54).

2.4.4.3 Caudal máximo horario

Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo, sin tener en cuenta el caudal de incendio (López Cualla, 1995, pág. 54).

2.4.5 Pérdidas en el sistema

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas y/o desperdicio en el sistema (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 12).

2.4.6 Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, y debe cumplir con los requisitos

mínimos de cantidad, calidad y localización (Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense para el Abastecimiento de Agua Potable en la Zona Rural-NTON 09001-99, 1999, pág. 17).

2.4.7 Obra de captación

El término genérico utilizado para las obras de captación, derivación o toma en ríos es "bocatoma". Por medio de esta estructura se puede derivar el caudal de diseño que por lo general corresponde al caudal máximo diario. Las obras de captación deben localizarse en zonas donde el suelo sea estable y resistente a la erosión, procurando que la captación se haga en un sector recto del cauce (López Cualla, 1995, pág. 75).

2.4.8 Línea de conducción

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución (Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense para el Abastecimiento de Agua Potable en la Zona Rural-NTON 09001-99, 1999, pág. 30).

2.4.8.1 Línea de conducción por gravedad

Una línea de conducción por gravedad es la que dispone para transportar el caudal requerido aguas abajo, de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las pérdidas por fricción, originadas en el conducto al producirse el flujo (Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense para el Abastecimiento de Agua Potable en la Zona Rural-NTON 09001-99, 1999, pág. 30).

2.4.8.2 Accesorios y válvulas

Las líneas de conducción por gravedad requerirán de accesorios y válvulas para su debida operación, protección y mantenimiento. Deberán tomarse en cuenta las observaciones siguientes:

- a. Instalar cajas rompe-presión cuando las presiones estáticas sobrepasen la presión máxima establecida en el diseño;
- b. En el caso de tuberías de acero, deben instalarse juntas de dilatación flexible, debidamente soportados y anclados;
- c. Cuando se requiera, se deben localizar válvulas de aire y vacío con los diámetros adecuados en las cimas del perfil de la línea de acuerdo a lo establecido en el cálculo hidráulico;
- d. Cuando se requiera en los puntos más bajos de la línea se deben instalar válvulas de limpieza con diámetros adecuados;
- e. Al inicio y al final de la línea de conducción, deben instalarse válvulas de compuerta para regular o cortar el flujo cuando sea necesario (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 27).

2.4.8.3 Golpe de ariete

Debido a la magnitud e importancia de la conducción, es importante tener en cuenta el efecto de este fenómeno en la tubería. Se denomina "golpe de ariete" el efecto de choque violento o sobrepresión súbita producido sobre las paredes del conducto, o al modificarse de manera instantánea el movimiento del fluido como puede ocurrir en el caso del cierre repentino de una válvula (López Cualla, 1995, pág. 189).

Pueden tomarse varios tipos de medidas, entre las cuales las más indicadas son las que no requieren de equipos especializados, ya que en el caso de acueductos rurales no es fácil la labor de mantenimiento de estos aparatos, por ejemplo: Limitación de las velocidades (0.6 m/s a 3.0 m/s); cierre lento de las válvulas

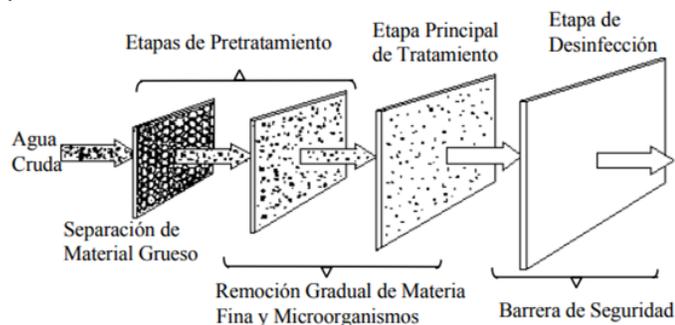
mediante la colocación de un volante de gran diámetro; empleo de válvulas especiales contra el golpe de ariete; aumentar el espesor de la pared del tubo y la construcción de pozos de oscilación o cámaras de aire comprimido (López Cualla, 1995, pág. 193).

2.4.9 Filtración en múltiples etapas

Existen diferentes tecnologías para el tratamiento de agua y a continuación se describe la Filtración en Múltiples Etapas (FiME) que consiste en la combinación de procesos de filtración gruesa en grava y filtros lentos de arena y que se presenta como una respuesta a la necesidad de alternativas de tratamiento de agua de fuentes superficiales, que sean menos complejas de sostener para el nivel local con las bondades asociadas a sus bajos requerimientos de infraestructura física y de mano de obra con mínimo nivel de escolaridad.

A como su nombre lo indica la filtración en múltiples etapas implica tener más de una etapa de tratamiento. Juntas, estas etapas remueven progresivamente los contaminantes para producir agua de buena calidad. Idealmente, se debe tener agua de bajo nivel de contaminación fecal antes de la etapa final de tratamiento, la cual se convierte entonces en una barrera de seguridad (Montero, 1999, págs. 31-32).

Ilustración 1: Esquema para ilustrar la aplicación de los conceptos de múltiples etapas



Fuente: (Montero, 1999, pág. 31)

La FiME puede estar conformada por dos o tres procesos de filtración, dependiendo del grado de contaminación de las fuentes de agua. Integrada por tres procesos, con filtración en grava: Filtros Gruesos Dinámicos (FGDi), Filtros Gruesos Ascendentes en Capas (FGAC) y Filtros Lentos de Arena (FLA).

En general, la experiencia ha establecido la conveniencia de separar primero el material más pesado o de mayor tamaño y gradualmente ir avanzando en la remoción del más pequeño, que incluye microorganismos, para finalizar en la desinfección, que es normalmente la última etapa o barrera en el tratamiento de agua que contribuye a eliminar o reducir a límites aceptables (Montero, 1999, págs. 31-32).

2.4.9.1 Filtros gruesos dinámicos (FGDi)

Los filtros dinámicos son tanques que contienen una capa delgada de grava fina (6 a 13mm) en la superficie, sobre un lecho de grava más grueso (13-25mm) y un sistema de drenaje en el fondo y es utilizada para reducir los extremos de los picos de turbiedad y proteger de esta manera la planta de tratamiento ante altas cargas de sólidos transportadas por la fuente (Montero, 1999, pág. 113).

2.4.9.2 Filtros gruesos ascendentes en capas (FGAC)

Consisten en un compartimiento principal donde se ubica un lecho filtrante de grava. El tamaño de los granos de grava disminuye con la dirección del flujo. Cuenta con un sistema de tuberías, ubicado en el fondo de la estructura que permite distribuir el flujo de agua en forma uniforme dentro del filtro (Montero, 1999, pág. 123).

2.4.9.3 Filtración Lenta en Arena (FLA)

Consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que constituye el soporte de la arena la cual, a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. El flujo es

descendente, con una velocidad de filtración muy baja que puede ser controlada preferiblemente al ingreso del tanque (Montero, 1999, pág. 136).

2.4.10 Desinfección

El agua para el consumo humano debe estar exenta de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas, minerales y materiales orgánicos excesivos. Para que los consumidores puedan aceptarla debe estar libre de color, turbiedad y olor, y contener el oxígeno suficiente para que tenga un sabor agradable. El suministro del agua de buena calidad, que permita atender las necesidades de los consumidores, contribuirá a disminuir la incidencia de las infecciones de la piel, y puede también disminuir las enfermedades diarreicas y la mayoría de las infecciones parasitarias (Aguirre Morales, 2015, pág. 75).

El sistema de abastecimiento de agua, debe considerar un sistema de desinfección apropiado, que garantice la calidad bacteriológica del agua para consumo humano (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 35).

2.4.11 Almacenamiento

En el proyecto de cualquier sistema de abastecimiento de agua potable, deben de diseñarse los tanques que sean necesarios para el almacenamiento, de tal manera que se satisfagan las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema y mantener las reservas que garanticen hacer frente a los daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento.

Los tanques deben estar ubicados lo más cercano posible a la red de distribución, teniendo en cuenta la topografía del lugar y que garantice las presiones uniformes en todas y cada una de las casas tributarias a cada nodo, componente de dicha red. Se deberá de considerar para su diseño, su capacidad mínima, el tipo de tanque y tipo de material a utilizar en su fabricación (Diseño de Sistemas de Agua Potable NTON 09 007 - 19, 2020, págs. 32-35).

2.4.12 Red de distribución

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos, se debe de tener en cuenta que el o los sistemas de distribución tienen como funciones principales: suministrar el agua potable suficiente a los diferentes consumidores de forma sanitariamente segura y proveer suficiente agua para combatir incendios en cualquier punto del sistema.

Para su diseño deberán considerarse los aspectos siguientes:

- a) En las calles, la tubería debe ubicarse en la banda sur y en las avenidas en la banda este, en ambos casos a un metro de la cuneta existente o proyectada.
- b) El diseño se hará para las condiciones más desfavorables en la red, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para el período de diseño.
- c) El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.
- d) La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento (Diseño de Sistemas de Agua Potable NTON 09 007 - 19, 2020, págs. 6-28).

2.4.13 Conexión domiciliar

Una conexión domiciliar es el tramo de tubería que va desde la red al medidor. El diámetro mínimo de cada conexión será de ½ pulgada (12,5 mm). En toda conexión domiciliar debe instalarse un medidor de flujo de agua, válvula, caja protectora y una llave de chorro en caso de considerar conexión de patio (Diseño de Sistemas de Agua Potable NTON 09 007 - 19, 2020, págs. 5-32).

2.5 Presupuesto

En esta unidad se detallará el presupuesto de la obra, especificando de manera cualitativa y cuantitativa los materiales a utilizar en la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable.

En general presupuestar una obra, es establecer de que está compuesta y cuantas unidades de cada componente se requieren para llevar la ejecución de la misma, para ello será necesario llevar a cabo análisis estratégicos que permitan visualizar, según la coordinación de la obra, el tipo de materiales a utilizar, ubicación, clima, mano de obra, y el desarrollo general de la misma.

El presupuesto es una herramienta de control que permite correlacionar la ejecución presupuestal con el avance físico, permitiendo detectar y corregir posibles fallas y prevenir causales de variación por ajuste en alcances o cambios en actividades. No debe concebirse como un documento estático, cuya función concluye una vez elaborado. El presupuesto de construcción se debe estructurar como un instrumento dinámico, que además de confiable y preciso sea fácilmente controlable para permitir su actualización sistemática y evitar que se convierta en una herramienta obsoleta y de poca utilidad práctica (Dirección y evaluación de proyectos - Brasil, 2017, pág. 18).

CAPÍTULO III
DISEÑO METODOLÓGICO

III DISEÑO METODOLÓGICO

- **Tipo de estudio**

Basándose en los objetivos planteados, el presente estudio es de tipo descriptivo, con una investigación y análisis de datos de tipo cualitativo y cuantitativo, esto debido a que en el proceso se estudiarán y formularán bases de datos que involucran etapas exploratorias, con el fin de recabar información visual y características descriptivas del lugar, que más adelante serán procesadas de manera cuantificable para poder llevar a término todo el diseño.

- **Macro localización**

El proyecto se encuentra macro localizado en Nicaragua, departamento de Nueva Segovia, sus límites geográficos son:

Norte: República de Honduras, Sur: Departamento de Madriz, este: Departamento de Jinotega y oeste: República de Honduras.

Mapa 1: Macro localización



Fuente: Elaboración propia

- **Micro localización**

Exactamente se encuentra ubicado en la Comunidad Germán Pomares Ordóñez, sus coordenadas geográficas son: longitud 13°46´04.4” y latitud 86°12´52.2”, pertenece al municipio de San Fernando, que limita con:

Norte: República de Honduras, sur: Ciudad Antigua, este: Jalapa y Jícaro y oeste: Mozonte.

Mapa 2: Micro localización



Fuente: Elaboración propia

3.1 Estudio socioeconómico

Para llevar a cabo este objetivo, se tendrá como principal generador de información las entrevistas que se realizarán a la población de la comunidad Germán Pomares Ordóñez. La encuesta a realizarse es un formato elaborado por el nuevo FISE, se implementará de forma personal, dirigida a una persona responsable por vivienda. (Ver encuesta en anexos, página I)

Una vez obtenida la información será analizada de forma cuantitativa mediante el software Excel, lo que permitirá conocer de manera confiable los resultados del procesamiento.

3.2 Estudio topográfico

En cumplimiento de este objetivo se reunirá información por medio de visitas in situ, el levantamiento topográfico se realizara con el equipo de la Estación Total Sokkia Set 650X.

Los levantamientos topográficos deberán cumplir con los requisitos de precisión, cierre y metodología que se indican a continuación:

- El levantamiento altimétrico deberá referenciarse obligadamente a un BM Geodésico. Se harán estacionamientos no mayores de 20 m y se tomarán todos los accidentes que se presenten entre estos estacionamientos, tales como cauces, depresiones, cunetas, alcantarillas y otras tuberías existentes, entre otros.
- Se deberá conformar al menos una poligonal cerrada de manera que se logre comprobar el cierre.
- La precisión lineal no deberá ser menor de 1/3000. En el caso de poligonales cerradas el error angular Ea deberá ser igual o menor de $n^{1/2}$ siendo n el número de ángulos del polígono y Ea expresado en segundos sexagesimales.
- En lugares convenientemente ubicados que garanticen su conservación, se colocarán mojones que permitan el replanteo del polígono, éstos deberán colocarse antes del inicio de las mediciones y no se permitirá su colocación posterior al levantamiento. Los mojones consistirán en un cilindro de concreto simple de 0.10 m de diámetro y 0.80 m de largo con una varilla de acero de $\frac{3}{4}$ " en el centro, sobre saliendo de la superficie del suelo 0.05 m.
- El error de cierre en nivelación En deberá ser igual o menor que $30(L)^{1/2}$ siendo L la longitud nivelada en km. y En expresado en mm.

- Las curvas de nivel tendrán un intervalo de 0.50 m a 1.00 m y en terreno accidentado el intervalo será mayor.

- A los predios para estaciones de bombeo, planta de tratamiento, entre otros, se les deberá efectuar, además de los levantamientos topográficos requeridos, una descripción detallada de los mismos.

Recolectados estos datos topográficos, se pondrá en marcha un análisis de toda la información a través de Civil 3D, realizando el trabajo en gabinete, que consiste en la interpretación y procesamiento de la información capturada en terreno, lo cual da como resultado un plano y un informe topográfico junto con la memoria de cálculo y un archivo DXF que más adelante se utilizará para la exportación de datos a EPANET.

3.3 Calidad del agua y aforo

Se tiene previsto, aprovechar una fuente superficial para el sistema de abastecimiento, el agua del Río Horca, a la que se pretende hacer una serie de estudios para determinar su calidad y cantidad actual.

3.3.1 Calidad de agua

Para la realización de este estudio será necesario recolectar muestras de agua cruda y ser enviadas a un laboratorio donde se le deben realizar los análisis establecidos en la etapa 1 y 2 descritas en el artículo 8 de la Norma Regional CAPRE, y obtenidos los resultados se realizara la interpretación de los mismos comparándolos con los rangos y valores máximos permisibles recomendados en la misma, esto con el fin de recomendar el tratamiento más adecuado para el agua de la fuente prevista a aprovechar.

3.3.2 Aforo

Para llevar a cabo el aforo en la fuente y conocer el volumen de agua que pasa en un tiempo determinado por el Río Horca, se aplicará el método del vertedero

rectangular sin contracciones, consiste esencialmente en interponer un tabique ante la corriente de manera que se dé una caída de agua que pase a través de una sección predeterminada. (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático - ICC, 2017, pág. 5).

Para calcular el caudal se utilizará la ecuación 1.

$Q = 1.84 \times L \times H^{3/2}$	Ecuación 1
------------------------------------	------------

Donde

Q: Caudal.

L: Ancho de la cresta (m).

H: Carga del vertedero (m).

3.3.3 Caracterización hidrológica de la microcuenca

A continuación se describen los pasos a realizar para caracterizar la cuenca Rio Horca.

3.3.3.1 Obtención de datos morfométricos

Para iniciar el estudio se delimitará la microcuenca mediante el modelo de elevación digital (DEM) de la NASA, denominado Satélite de observación terrestre avanzada (ALOS, por sus siglas en inglés) y su radar PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar, en español, radar de apertura sintética de banda L) y a continuación se procesará el ráster en el software QGIS, mediante el cual se conocerá la morfometría de la cuenca Rio Horca, características como el área, perímetro, longitudes, alturas, entre otros.

Se calcularán los siguientes parámetros para conocer la clasificación de la cuenca en estudio.

- **Coeficiente de forma**

Para calcular el coeficiente de forma se utilizará la ecuación 2.

$k_f = \frac{A}{L^2}$	Ecuación 2
-----------------------	------------

Donde

K_f: Coeficiente de forma.

A: Área de la cuenca (km²).

L: Longitud máxima de la cuenca (km²).

- **Coeficiente de compacidad**

El coeficiente de compacidad será determinado a través de la ecuación 3.

$k_c = 0.28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$	Ecuación 3
--	------------

Donde

K_c: Coeficiente de compacidad.

P: Perímetro (km).

A: Área de la cuenca (km²).

- **Orden de corriente**

Para clasificar el orden de corriente de la cuenca del río Horca se optó por el método de Horton, el cual se fundamenta en los siguientes criterios: se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se

unen, resulta una corriente de orden dos. De manera general, cuando dos corrientes de orden i se unen, resulta una corriente de orden $i+1$. Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden (Cedeño, 2016, pág. 169).

- Pendiente del cauce principal

La pendiente se logra conocer a través de la ecuación número 4.

$S = \frac{H}{L}$	Ecuación 4
-------------------	------------

Donde

S: Pendiente del cauce principal.

H: Desnivel altitudinal (m).

L: Longitud del cauce (m).

- Tiempo de concentración

Para conocer el tiempo de concentración se adoptó el método de Kirpich, utilizable en cuencas de tamaño medio y pendiente considerable, se calcula mediante la ecuación 5.

$T_c = 0.06626 \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0.385}$	Ecuación 5
--	------------

Donde

T_c : Tiempo de concentración, horas.

L: Longitud del drenaje principal (km).

S: Pendiente del cauce principal (m).

3.3.3.2 Parámetros hidrológicos

- Precipitación y temperatura

Los datos mensuales de precipitación y temperatura se descargarán del servidor GIOVANNI de NASA (<https://giovanni.gsfc>). La serie tiempo de datos de precipitación con resolución espacial de 0.25 grados se obtendrán del satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) y la serie tiempo de datos de temperatura con resolución espacial de 1 grado se adquirirán del satélite National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

- Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial se calculará mediante el método de Thornthwaite donde la evapotranspiración está en función de la temperatura, latitud de la zona de estudio y el mes (horas de sol teóricas).

- Se calcula el índice de calor "i", a partir de la temperatura media mensual (t).

$i = \frac{t^{1.514}}{5}$	Ecuación 6
---------------------------	------------

Donde

i: Índice de calor mensual.

t: Temperatura media mensual.

- Se calcula el índice de calor anual "I" sumando los 12 valores de "i".

$I = \sum i$	Ecuación 7
--------------	------------

Donde

I: Índice de calor anual.

i: Índice de calor mensual.

- Se calcula la evapotranspiración potencial mensual sin corrección mediante la ecuación 8.

$ETP_{sincorr} = 16 \left(\frac{(10)(t)}{I} \right)^a$	Ecuación 8
---	------------

Donde

$ETP_{sincorr}$: Evapotranspiración potencial mensual sin ajustes en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricos).

t: Temperatura media mensual (°C).

I: Índice de calor anual.

a: Factor en función del índice de calor anual (ecuación 9).

$a = (675.10^{-9})(I^3) - (771.10^{-7})(I^2) + (1792.10^{-5})(I) + 0.49239$	Ecuación 9
---	------------

- Corrección para el número de días en el mes y el número de horas de sol, para obtener la evapotranspiración potencial.

$ETP = ETP_{sincorr} \left(\frac{N}{12} \right) \left(\frac{d}{30} \right)$	Ecuación 10
---	-------------

Donde

ETP: Evapotranspiración potencial.

$ETP_{\text{sin corr}}$: Evapotranspiración potencial mensual sin ajustes en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricos).

N: Número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud.

d: Número de días del mes.

- **Balance hídrico**

Se realizará el balance hídrico mediante el software INNERSOFT ISBH, para el cual se hará lo siguiente:

- Se deberán completar las filas de Precipitación (P) y Evapotranspiración potencial (ETP) de la tabla de datos correspondiente a valores mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial respectivamente.
- Se deberá especificar la capacidad de campo (CDC) del suelo aplicando la ecuación 11 y también se deberá especificar si al inicio del año hidrológico el suelo está saturado, en este caso se tomará en cuenta la densidad aparente y humedad, según (Chow, 2006, págs. 9-10)
- Para establecer las reservas de agua del suelo en el primer mes del año hidrológico, se elegirá el porcentaje de saturación respecto a la CDC.
- Se deberá especificar qué mes del calendario se considera como mes de inicio del año hidrológico.
- Una vez realizado lo anterior se calculará el balance hídrico y obtendrán los siguientes resultados: P: Precipitaciones ETP: Evapotranspiración potencial R: Reserva AR: Variación de reserva ETR: Evapotranspiración real E: Excedente o escorrentía D: Déficit hídrico anual. En la última columna se especificarán los totales de todas las filas, aunque solo tienen significado físico o utilidad el total para P, ETP, D y E.

3.4 Diseño del sistema de abastecimiento

Para realizar un diseño exitoso del Mini Acueducto por Gravedad, es necesario puntualizar en el cálculo de ciertos parámetros que son indispensables en la toma de decisiones y que están regidos por las Normas Obligatorias Nicaragüenses NTON 09 007 – 19.

3.4.1 Periodo de diseño

Los diferentes componentes del sistema se diseñarán para un periodo de 20 años, los cuales se describen en la tabla número 6, página 13, de la NTON 09 007 – 19.

3.4.2 Proyección de la población

3.4.2.1 Tasa de crecimiento

Para conocer la tasa de crecimiento del lugar de estudio se tomará en cuenta la información proveniente de la Alcaldía, generalmente censos o estudios bases realizados 5 años atrás, para luego compararla con la obtenida en la actualidad, en caso particular los valores están en el rango de 2.5% a 4% y se calcula mediante la ecuación 11.

$r = \left[\left(\frac{P}{P_0} \right)^{1/n} - 1 \right]$	Ecuación 11
---	-------------

Donde

r: Tasa de crecimiento.

P: Población del año (hab.).

P₀: Población inicial (hab.).

n: Intervalo de tiempo (años).

3.4.2.2 Población de diseño

Para calcular la población de diseño se adoptará el método Geométrico, y se calcula mediante la ecuación 12 (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 8).

$P_n = P_o (1+r)^n$	Ecuación 12
---------------------	-------------

Donde

P_n : Población de diseño (hab.).

P_o : Población inicial (hab.).

r : Tasa de crecimiento (notación decimal).

n : Intervalo de tiempo (años).

3.3.3 Dotación

La dotación para la población rural concentrada será de 100 lppd (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, págs. 9-11).

3.3.4 Caudal de diseño

3.3.4.1 Consumo doméstico

El consumo doméstico será calculado a través de la ecuación 13.

$CD = \frac{P_F \times DOTACION}{86,400}$	Ecuación 13
---	-------------

Donde

CD : Consumo doméstico (l/s).

P_F : Población futura (hab.).

3.3.4.2 Factores de la demanda

Para diseños de sistemas rurales, el diseñador deberá considerar las demandas puntuales de instituciones que pudieran existir o estuvieran proyectadas en el área de influencia del proyecto, a fin de dotar las capacidades requeridas al sistema.

En este caso en particular el consumo público o institucional no se tomará en cuenta el consumo comercial e industrial dado que no están presentes en esta zona; sin embargo, sí se aplicará el factor institucional para el consumo de escuelas y centros de salud el cual equivale al 7% del consumo doméstico (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, págs. 10-12).

Se calcula mediante la ecuación 14.

$CPI = CD \times \frac{7}{100}$	Ecuación 14
---------------------------------	-------------

Donde:

CPI: Consumo público o institucional.

CD: Consumo doméstico.

El Consumo Promedio Diario será calculado mediante la ecuación 15.

$CPD = CD + CPI + CC + CInd$	Ecuación 15
------------------------------	-------------

Donde:

CPD: Consumo promedio diario.

CD: Consumo doméstico.

CPI: Consumo público o institucional.

CC: Consumo comercial (no se toma en cuenta).

CInd.: Consumo industrial (no se toma en cuenta).

En este caso en particular no se tomará en cuenta el consumo comercial e industrial dado que no están presentes en esta zona.

Dentro del proceso de diseño deben de tomarse en cuenta las pérdidas en el sistema, esta cantidad de agua se expresa como un porcentaje del consumo del día promedio. Para ciudades y localidades con más de 500 viviendas, el porcentaje se fijará en un 20% y se calcula mediante la ecuación 16.

$P = CPD \times \frac{20}{100}$	Ecuación 16
---------------------------------	-------------

- El consumo de máximo día (CMD), será igual a 1.5 del consumo promedio diario, se calcula mediante la ecuación 17.

$CMD = 1.5 \times CPD + P$	Ecuación 17
----------------------------	-------------

- Para las áreas rurales el consumo de máxima hora (CMH) será igual a 2.5 del Consumo Promedio Diario, justificando técnicamente la utilización de factores superiores (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 12).

Se calcula mediante la ecuación 18.

$CMH = 2.5 \times CPD + P$	Ecuación 18
----------------------------	-------------

3.3.5 Obra de captación

Para el diseño de la obra de toma, se considerará lo siguiente:

- La bocatoma se localizará en un tramo de la corriente que esté a salvo tanto de erosión como de cualquier descarga de aguas residuales, para aislarla lo más posible de las fuentes de contaminación.

- Si se hace necesaria la construcción de una gran presa de derivación habrá que tener en cuenta en el diseño, todo lo referente a información geológica, geotécnica, hidrológica y el cálculo estructural.
- Se podrán diseñar estructuras de tomas por flotación cuando los niveles del río sean muy variables (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 17).

3.3.6 Línea de conducción

Para el diseño de la línea de conducción (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, págs. 24-26):

- Se calculará con el caudal de máximo día.
- En los puntos topográficamente elevados se debe mantener una presión mínima de 5 m.
- La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, incorporando en la línea válvulas reguladoras de presión o cajas rompe presión donde sea necesario.
- Para calcular la velocidad de diseño será necesario tomar en cuenta el tipo de material de las tuberías y otros aspectos importantes, estas especificaciones están detalladas en las NTON 09 007 – 19, pág. 24 – 26.

3.3.6.1 Pérdidas de carga en la línea de conducción

El cálculo hidráulico de la línea consistirá en utilizar la energía disponible para vencer las pérdidas por fricción únicamente, ya que en este tipo de obras las pérdidas secundarias no se toman en cuenta por ser muy pequeñas.

Se empleará la fórmula de Hazen-Williams, en la que se despeja la gradiente hidráulica y se calcula mediante la ecuación 19.

$H = \left[\frac{10.679 Q^{(1.85)}}{C^{(1.85)} D^{4.87}} \right] \times L$	Ecuación 19
---	-------------

Donde:

H = Pérdida de carga (m).

Q = Caudal metros cúbicos (s).

C = Coeficiente de rugosidad.

D = Diámetro interno de la tubería (m).

L = Longitud de la tubería (m).

3.3.6.2 Cálculo del golpe de ariete

Para llevar a cabo este cálculo se utilizará la ecuación de Allievi, conocida como celeridad y se calcula mediante la ecuación 20.

$C = \frac{9,900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}}$	Ecuación 20
---	-------------

Dónde

C: Celeridad de la onda de presión (m/s).

D: Diámetro interno del tubo (mm).

e: Espesor de la tubería.

K: Coeficiente que tiene en cuenta el módulo de elasticidad del material del tubo (para tubos de PVC, $k= 35.5$) (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, 2012, pág. 4).

A continuación se calcula el tiempo crítico, el cual representa el tiempo que tarda la onda en recorrer un ciclo entero, es decir, una ida y vuelta completa por la tubería, siendo independiente este valor de la forma en que se produzca el cierre, para calcularlo se utilizara la ecuación 21.

$t_c = \frac{2L}{c}$	Ecuación 21
----------------------	-------------

Donde

t_c : Tiempo crítico (seg).

L: Longitud de la tubería (m).

c: Celeridad (m/s).

Se calculará también el tiempo de maniobra o tiempo de cierre de la válvula con la fórmula de Mendiluce mediante la ecuación 22.

$T_c = C + \frac{K * L * v}{g * H_m}$	Ecuación 22
---------------------------------------	-------------

Donde

T_c : Tiempo de cierre o tiempo de maniobra (seg).

L: Longitud de la tubería (m).

v: Velocidad de circulación del agua (m/s).

g: Gravedad.

H_m : Altura manométrica.

C y K: Coeficientes de ajuste empíricos que dependen de la longitud y pendiente de la impulsión respectivamente. La comparación del tiempo de maniobra (T_c) o tiempo de cierre de la válvula de corte con este tiempo crítico nos va a permitir diferenciar un cierre lento de un cierre rápido.

Si $T_c \geq t_c$ consideraremos el cierre lento, y el caso contrario ($T_c < t_c$) será cierre rápido.

Para cierres lentos aplicaremos la fórmula de Michaud, se calcula mediante la ecuación 23.

$\Delta h = \frac{2 * L * v}{g * T_c}$	Ecuación 23
--	-------------

Donde

Δh : Cierre lento (m).

L: Longitud de la tubería (m).

v: Velocidad de circulación del agua (m/s).

g: Gravedad.

T_c : Tiempo de maniobra o tiempo de cierre.

Para cierres rápidos aplicaremos la ecuación de Allievi, se calcula mediante la ecuación 24.

$\Delta p = \frac{c * v}{g}$	Ecuación 24
------------------------------	-------------

Donde

Δp : Cierre rápido (m).

c: Celeridad de la onda de presión (m).

v: Velocidad de circulación del agua (m/s).

g: Gravedad (m/s).

3.3.7 Almacenamiento

El diseño se realizara a partir de las condiciones económicas, topográficas y de consumo de la población, las especificaciones se describen en las NTON 09 007–19, pág. 32 – 34.

La capacidad mínima de los tanques de almacenamiento debe estar compuesta por:

Volumen compensador. Debe compensar las variaciones horarias del consumo. En este caso se debe almacenar para:

- a. El 25% del consumo promedio diario más pérdidas (CPD).
- b. Reserva para eventualidades y/o emergencias. Este volumen debe ser igual al 15% del consumo promedio diario (CPD). (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 33)

3.3.8 Filtración en múltiples etapas

Para tratar el agua cruda de la fuente se propone una filtración en múltiples etapas (FiME). La tabla 1 presenta de manera resumida la clasificación propuesta para la calidad del agua de fuentes superficiales, considerando tres parámetros básicos discutidos. Estos rangos están asociados con las características del agua cruda en tres tipos de fuentes superficiales: riesgo bajo: con fuentes de ladera bien protegidas; riesgo intermedio: en fuentes con alta intervención humana y con moderados niveles de sólidos, turbiedad, color y riesgo alto: con características como los ríos de valle que reciben vertimientos de aguas residuales y aguas de escorrentía superficial de zonas agroindustriales. (Montero, 1999, pág. 109).

Tabla 1: Resumen de rangos de calidad de agua en fuentes superficiales para orientar la selección de opciones FiME.

Rango	Nivel promedio
Bajo	Turbiedad < 10 UNT
	Coliformes Fecales < 500 UFC/100 ml
	Color Real < 20 UPC
Intermedio	Turbiedad 10-20 UNT
	Coliformes Fecales 500 - 10000 UFC/100 ml
	Color Real 20 - 30 UPC
Alto	Turbiedad 20-70 UNT
	Conformes Fecales 10000 - 20000 UFC/100 ml
	Color Real 30 - 40 UPC

Fuente: Elaboración propia

3.3.8.1 Selección del FiME

Con base en las consideraciones anteriores se ha establecido la siguiente guía para la selección de alternativas de tratamiento de FiME, la cual se basa en los rangos seleccionados de los parámetros de calidad de agua.

Tabla 2: Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FiME.

Turbiedad (UNT)	< 10	10 – 20	20 - 50	50 - 70 ⁽²⁾	
	< 20	20 – 30	30 - 40	30 - 40 ⁽²⁾	
Color real (UC)	< 20	20 – 30	30 - 40	30 - 40 ⁽²⁾	
Coliformes fecales (UFC/100ml)	< 500	Sin FGA	FGAC _{0.6}	FGAC _{0.45}	FGAS _{30.3}
	500 – 1000	FGAC _{0.6}	FGAC _{0.6}	FGAC _{0.45}	FGAS _{30.3}
	10,000 – 20,000	FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAS _{30.3}

Fuente: Elaboración propia

Clasificación de fuentes según el rango de calidad.



Todas las opciones de pretratamiento inclusive aquella sin FGA, incluye dentro de sus componentes de tratamiento, FGD_i con velocidad de filtración 2.0 m/h y FLA con velocidad 0.15 m/h. (El subíndice del pretratamiento indica la velocidad de filtración recomendada en m/h).

- Para valores superiores a 70 UNT; 20000 UFC/100 ml o 40 UC, se recomienda realizar estudio en planta piloto.

En adelante, se realizará el dimensionamiento de los componentes de tratamiento, para este caso con un nivel de contaminación de la fuente clasificado como “bajo” y siguiendo los parámetros de diseño descritos en el libro Filtración en múltiples etapas (Montero, 1999, págs. 113-147).

3.3.8.2 Filtración gruesa dinámica (FGDi)

A continuación se presentan las consideraciones y cálculos para el dimensionamiento del filtro grueso dinámico.

- **Numero de filtros (N).**

(N): Normalmente se consideran como mínimo 2 unidades para casos de mantenimiento o falla de uno de los filtros.

- **Área total del filtro**

El área total del filtro se puede obtener del caudal de agua en m³/h y de la tasa de filtración, se calcula con la ecuación 25.

$A_t = \frac{Q_t}{T_f}$	Ecuación 25
-------------------------	-------------

Donde

At: Área total del filtro (m²).

Qt: Caudal total (m³/h).

Tf: Tasa de filtración (m³ / m² /h).

- **Área de cada unidad.**

Se calcula mediante la ecuación número 26.

$A_u = \frac{A_t}{N}$	Ecuación 26
-----------------------	-------------

Donde

Au: Área del filtro de cada unidad (m²).

A_t : Área total del filtro (m^2).

N: Número de unidades.

- **Caudal del filtro**

El caudal del filtro se podrá calcular a través de la ecuación 27.

$Q_f = \frac{Q_t}{N}$	Ecuación 27
-----------------------	-------------

Donde

Q_f : Caudal del filtro (m^3/h).

Q_t = Caudal total (m^3/h).

N: Número de unidades.

- **Caja de filtro**

El ancho de la caja del filtro se calcula a través de la ecuación número 28.

$b = \sqrt{\frac{A_t}{3}}$	Ecuación 28
----------------------------	-------------

Donde

b: Ancho del filtro (m).

A_t : Área total (m^2).

A continuación se calcula la longitud de la caja del filtro que será igual a tres veces el ancho de la caja del filtro, se calcula mediante la ecuación número 29.

$L = 3 \times b$	Ecuación 29
------------------	-------------

Donde

L: Longitud de la caja del filtro.

b: Ancho del filtro (m).

El valor de la caja de recuperación de arena debe ser 1/5 (20%) de la longitud del filtro), se calcula con la siguiente ecuación.

$V_c = \frac{1}{5} \times L$	Ecuación 30
------------------------------	-------------

Donde

V_c : Valor de la caja de recuperación.

L: Longitud de la caja del filtro (m).

- Pared de la caja de filtro

Se calculará mediante la ecuación 31.

$H_f = H_{ls} + H_{lf} + H_{bl}$	Ecuación 31
----------------------------------	-------------

Donde

H_f : Altura de la pared de caja (m).

H_{ls} : Altura del lecho de soporte (0.3m).

H_{lf} = Altura del lecho de arena (0.5 – 0.7m).

H_{bl} : Altura borde libre (0.2m).

- Vertederos triangular o en “V”

Se calculará mediante la ecuación 32.

$$h = \left(\frac{Q}{1.434} \right)^{1/2.5}$$

Ecuación 32

Donde

h = Carga de agua en el vertedero (m).

Q_t = Caudal (m^3/s).

A continuación se calcula el ancho del vertedero que será igual a dos veces la carga de agua en el vertedero.

$$b' = 2 \times h$$

Ecuación 33

Donde

b' : Ancho del vertedero.

h : Carga de agua en el vertedero (m).

Q_t : Caudal (m^3/s).

3.3.8.3 Filtración lenta en arena

A continuación se presentan las consideraciones y cálculos para el dimensionamiento del filtro lento en arena.

- Número de filtros (N)

(N): Normalmente se consideran como mínimo 2 unidades para casos de mantenimiento o falla de uno de los filtros.

- **Área superficial del filtro**

El área superficial del filtro se puede obtener a partir del caudal de agua en m³/h, del número de filtros y de la velocidad de filtración, se calcula con la ecuación 34.

$A_s = \frac{Q_d}{N \times V_f}$	Ecuación 34
----------------------------------	-------------

Donde

A_s: Área superficial del filtro (m²).

Q_d: Caudal de diseño (m³/h).

V_f: Velocidad de filtración (m/h).

- **Coefficiente mínimo de costos**

Se calcula a través de la ecuación 35.

$K = \frac{2 \times N}{N + 1}$	Ecuación 35
--------------------------------	-------------

Donde

K: Coeficiente mínimo de costos.

N: Numero de filtros.

- **Longitud de unidad**

Sera calculada mediante la ecuación 36.

$L = (A_s \times K)^{1/2}$	Ecuación 36
----------------------------	-------------

Donde

L: Longitud de unidad (m).

A_s : Área superficial del filtro (m^2).

K: Coeficiente mínimo de costos.

- **Ancho de unidad**

Se obtiene calculando la ecuación 37.

$b = \left(\frac{A_s}{K}\right)^{1/2}$	Ecuación 37
--	-------------

Donde

b: Ancho de unidad (m).

A_s : Área superficial del filtro (m^2).

K: Coeficiente mínimo de costos.

- **Velocidad de filtración real**

Se obtiene calculando la ecuación 38.

$V_r = \frac{Q_d}{2 \times L \times b}$	Ecuación 38
---	-------------

Donde

V_r : Velocidad de filtración real (m/s).

Q_d : Caudal de diseño (m^3/h).

L: Longitud de unidad (m).

b: ancho de unidad (m).

3.3.9 Sistema de drenaje

Los drenes se diseñarán con el criterio de que la velocidad límite en cualquier punto de estos no sobrepase de 0.30 m/s. La relación de velocidades entre el dren principal (V_p) y los drenes secundarios (V_s) debe ser de: $V_p/V_s < 0.15$, para obtener una colección uniforme del agua filtrada.

Se deberá calcular el diámetro de la tubería.

$D_p = \sqrt{\frac{4 Q_d}{\pi V_p}}$	Ecuación 39
--------------------------------------	-------------

Donde

D_p : Diámetro del dren principal (m).

Q_d : Caudal de diseño (m^3/h).

V_p : Velocidad de drenaje (m/s).

A continuación se calculará la velocidad real para el dren principal.

$V_{rp} = \left(\sqrt{\frac{Q_d}{\pi D_p}} \right)^{2/4}$	Ecuación 40
--	-------------

Donde

V_{rp} : Velocidad real (m/s).

Q_d : Caudal de diseño (m^3/h).

D_p : Diámetro de la tubería (m).

La velocidad de los drenes secundarios se calculará mediante la ecuación 41.

$V_s = V_{rp} \times 0.6$	Ecuación 41
---------------------------	-------------

Donde

V_s : Velocidad de los drenes secundarios (m/s).

V_{rp} : Velocidad real (m/s).

3.3.10 Pérdidas de carga

Se calculara la pérdida de carga a través del lecho filtrante, para ello, se necesita calcular el número de Reynolds y el coeficiente de arrastre, según la temperatura del agua.

$Nre = \frac{\rho \times V \times L}{\mu}$	Ecuación 42
--	-------------

Donde

Nre: Número de Reynolds.

ρ : Densidad del fluido (densidad del agua, 997 kg/m³).

V: Velocidad del fluido (m).

L: Longitud característica.

μ : Viscosidad dinámica del fluido (viscosidad dinámica del agua 0.00089 N.s/m²).

El coeficiente de arrastre se calcula desarrollando la siguiente ecuación 43.

$C_D = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0.34$	Ecuación 43
--	-------------

Donde

C_D : Coeficiente de arrastre.

N_{re} : Número de Reynolds.

Se calculará la ecuación para conocer las pérdidas de carga.

$$h = 1.067 \times C_D \times \frac{1}{e^4} \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{g}$$

Ecuación 44

Donde

h : Perdidas de carga (m)

C_D : Coeficiente de arrastre.

e : Porosidad del lecho (0.30).

L : Profundidad del lecho (m).

d : Diametro medio del grano (mm).

v : Velocidad de filtración (m/s)

Las pérdidas de carga en la compuerta de entrada serán calculadas a través de la ecuación 45.

$$h_{lf} = \frac{K \times V^2}{2g}$$

Ecuación 45

Donde

h_{lf} : Perdidas de carga en la compuerta de entrada (m).

K : Factor de K (para compuertas completamente abiertas 0.2).

V : Velocidad de flujo (m/s).

En este caso para la velocidad de flujo.

$V = \frac{V_f \times A_f^2}{A_c}$	Ecuación 46
------------------------------------	-------------

Donde

V: Velocidad de flujo (m/s).

V_f: Velocidad de filtración (m/s).

A_f: Área de filtración (m²).

A_c: Área de la compuerta (m²).

Para calcular las pérdidas de carga en la compuerta de salida se utilizara la siguiente ecuación 47.

$h = \left(\frac{Q}{1.84 \times Lv} \right)^{1/1.5}$	Ecuación 47
---	-------------

Donde

h: Pérdidas de carga en la compuerta de salida (m).

Q: Caudal (m³/s).

L_v: Longitud de cresta del vertedero (m).

Para calcular las pérdidas de carga en el dren principal será necesario calcular el área del mismo.

$A_d = \frac{(\pi)(D_p)^2}{4}$	Ecuación 48
--------------------------------	-------------

Donde

A_d : Área del dren (m^2).

D_p : Diámetro del dren principal (m).

De igual manera se calculará el perímetro.

$P_d = \pi \times D_p$	Ecuación 49
------------------------	-------------

Donde

P_p : Área del dren principal (m^2).

D_p : Diámetro del dren principal (m).

El diámetro hidráulico se podrá conocer a través de la siguiente ecuación.

$d_h = 4 \left(\frac{A_d}{P_d} \right)$	Ecuación 50
--	-------------

Donde

d_h : Diámetro hidráulico.

A_d : Área del dren (m^2).

P_p : Área del dren principal (m^2).

Las pérdidas de carga se calculan con la siguiente ecuación.

$h_d = \frac{0.331 \times L_p / d_h \times (V_{rp})^2}{2g}$	Ecuación 51
---	-------------

Donde

h_d : Perdida de carga (m).

L_p : Longitud del dren (m).

d_h : Diámetro hidráulico.

V_{rp} : Velocidad real (m/s).

3.3.11 Desinfección

En la desinfección del agua se utilizara el hipoclorito de sodio. (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 35) La cantidad de cloro a utilizar se calculara mediante la ecuación 52, a través de la cual se conocerá la capacidad que debe de tener el hipoclorito de carga constante que se utilizara para aplicar el hipoclorito de sodio.

$C_a = \left(\frac{Q \times C}{1000} \right)$	Ecuación 52
--	-------------

Donde

C_a : Capacidad de diseño de la estación de cloración (Kg. Cloro/día).

Q : Caudal de agua, máximo horario (m³ /día).

C : Dosis de cloro a aplicar (mg/l).

También se determinara la cantidad de cloro correspondiente al caudal del consumo máximo horario, utilizando la dosis de 1 kg/día para caudales con un máximo de 8.20 L/s (INAA, 1999, pág. 97).

3.3.12 Análisis hidráulico del sistema de abastecimiento

El análisis hidráulico se realizara a través del software Epanet, se llevara a cabo la simulación hidráulica de todos los componentes del sistema incluyendo obra de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento y redes de

distribución. En este punto el software se configurará para que los resultados de los caudales se den en litros sobre segundos (Ls) y el resto de parámetros en el sistema internacional.

3.3.12.1 Simulación hidráulica de la línea de conducción

En la simulación de la línea de conducción se utilizará el diámetro de la tubería que cumpla con el caudal transportando y debe de estar entre el rango de velocidades de 0.60 y 1.5 m/s, la longitud dependerá de los resultados del estudio topográfico y las características del terreno. Si fuera necesario se simularán válvulas rotura de carga y limitadora de caudal. También se incluirá en la simulación un reservorio de tanque de almacenamiento el que se diseñara según las dimensiones del tanque previamente seleccionado, teniendo en cuenta un nivel inicial de 0.5 m/s y un nivel máximo entre 2.5 y 3 m/s.

Se obtendrán también como resultados: tablas de velocidades y de presiones, del perfil del terreno natural y de la línea piezométrica y presiones.

3.3.12.2 Simulación hidráulica de la red de distribución

El diseño de la red de distribución se hará para las siguientes condiciones de operación.

1. Consumo de máxima hora para el final del período de diseño: La demanda máxima horaria en todos los tramos y circuitos de la red de distribución, debe estar en dependencia de lo siguiente:

- El caudal requerido llegará por medio de la línea de conducción que aportará la demanda máxima día y el tanque de almacenamiento completará la demanda máxima hora.

2. Demanda cero: En esta condición se analizaran las máximas presiones hidrostáticas en la red.

Para la simulación hidráulica de la red será necesario el análisis completo del plano topográfico, con sus calles, perfiles y las características topográficas de la localidad, esta información será trasladada al software Epatat, con el cual se pretende procesar estos datos de manera que más adelante puedan ser exportados al software Epanet, en este momento se configurará para usar el sistema de pérdida de carga de Hazen-Williams y así poder aplicar las normas de velocidades de flujo y presiones hidrostáticas, en este caso se utilizarán velocidades en un rango de 0.4 a 2 m/s. Así mismo se adoptarán presiones que se encuentren en un rango de 5 a 50 metros de carga.

Se obtendrán también como resultados: tablas de velocidades de flujo por cada tramo de tubería y las tablas de presiones por cada nodo, del perfil del terreno natural, perfil piezómetro y perfil de presiones.

En el diseño se aplicarán los datos específicos siguientes: dotaciones por persona, período de diseño y población futura.

Además de factores específicos como: coeficientes de rugosidad, velocidades permisibles, presiones mínimas y máximas, diámetro mínimo, cobertura sobre tubería y resistencia de las tuberías (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 29).

3.5 Presupuesto

Para llevar a término este objetivo será necesario realizar un listado detallado de materiales que se utilizarán en cada una de las etapas de la obra, de manera que se exponga el tipo y la cantidad en unidad de medida del material a ser usado. Para que su análisis sea exitoso será necesario apoyarse del software Excel, a través del cual todos estos datos se podrán procesar de manera más ordenada y precisa.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS

IV RESULTADOS

4.1 Estudio socioeconómico

El estudio socioeconómico de la comunidad Germán Pomares Ordóñez se realizó a través de un trabajo en conjunto con los integrantes del estudio monográfico, la Alcaldía Municipal de San Fernando y el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE).

Se aplicaron 477 formularios a la totalidad de los jefes de hogar, obteniéndose de este modo un censo completo de la población cuyos resultados se presentan a continuación.

4.1.1 Aspectos demográficos

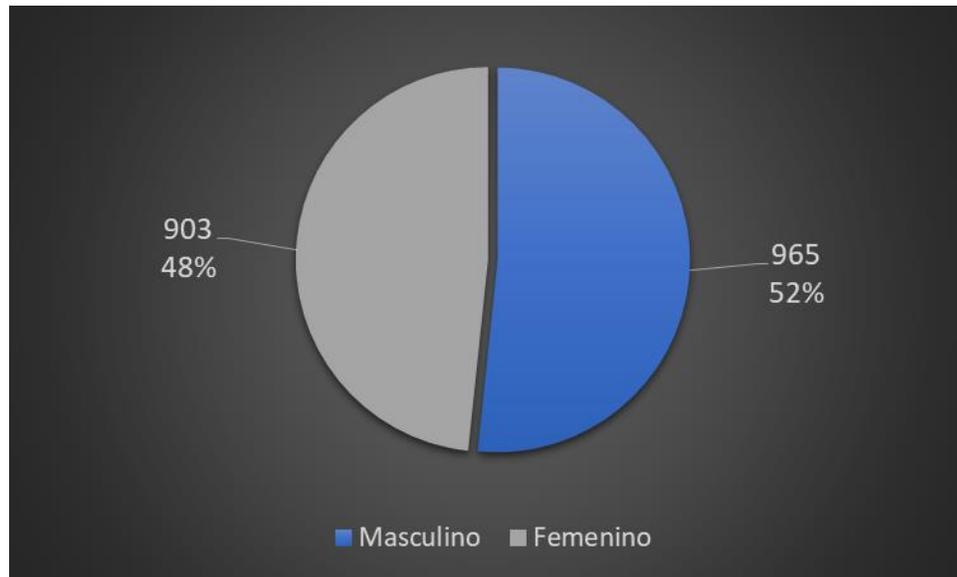
En la comunidad habitan 477 familias, con una población total de 1868 habitantes, de los cuales 903 son mujeres y 965 son hombres.

Tabla 3: Población por rango de sexo

Sexo	Cantidad de habitantes	Porcentaje (%)
Hombres	965	51.66
Mujeres	903	48.34
Total:	1868	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2: Población por rango de sexo



Fuente: Elaboración propia

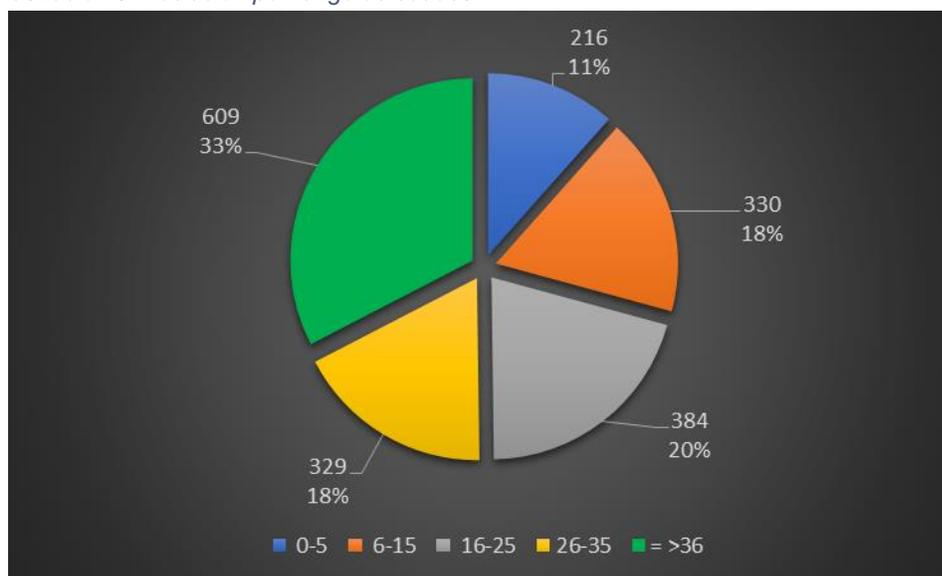
Los rangos de edades de la población se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 4: Población por rango de edades

Edades	Cantidad	Porcentaje (%)
0 – 5	216	11.56 %
6 – 15	330	17.67 %
16 – 25	384	20.56 %
26 – 35	329	17.61 %
36 a más	609	32.60%
Totales	1868	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3: Población por rango de edades



Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Aspectos socioeconómicos

Las labores que realizan las familias para impulsar la economía de la localidad se describen a continuación.

4.1.2.1 Economía de las familias

En la comunidad el número de habitantes con trabajo remunerado es de 737 personas, de ellos 614, que corresponde al 83.31% son hombres y 123 que corresponde al 16.69% son mujeres. En el ambiente comercial están:

- 9 pulperías
- 3 bares
- 7 comercios generales
- 2 farmacias.

• **Ocupación**

Para los hombres, la principal fuente de empleo son las labores agrícolas, las mujeres y adolescentes laboran durante la temporada de corte de café, crianza de gallina, cerdos y pequeños negocios familiares, contribuyendo así a la economía de sus hogares.

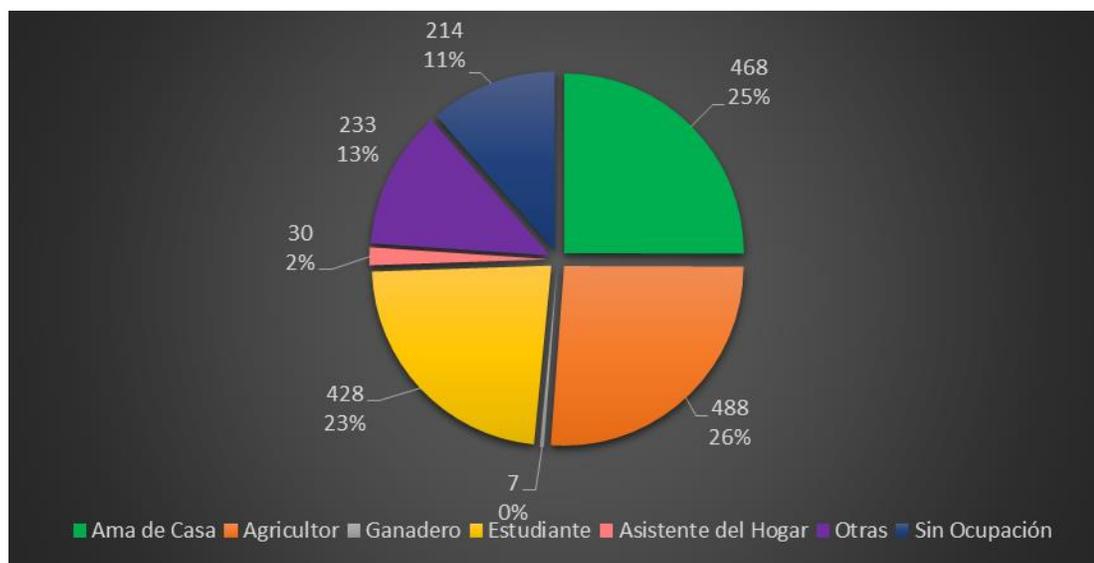
La ocupación de los diferentes miembros de la familia y las actividades que impulsan la economía de la comunidad se describen a continuación:

Tabla 5: Ocupación de los miembros de la familia

Ocupación	Número	Porcentaje (%)
Ama de casa	468	25.05 %
Agricultor	488	26.12 %
Ganadero	7	0.37 %
Estudiante	428	22.91 %
Asistente de Hogar	30	1.61 %
Otras	233	12.47 %
Sin ocupación	214	11.47 %
Total:	1868	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4: Ocupación de los miembros de la familia



Fuente: Elaboración propia

- **Ingresos**

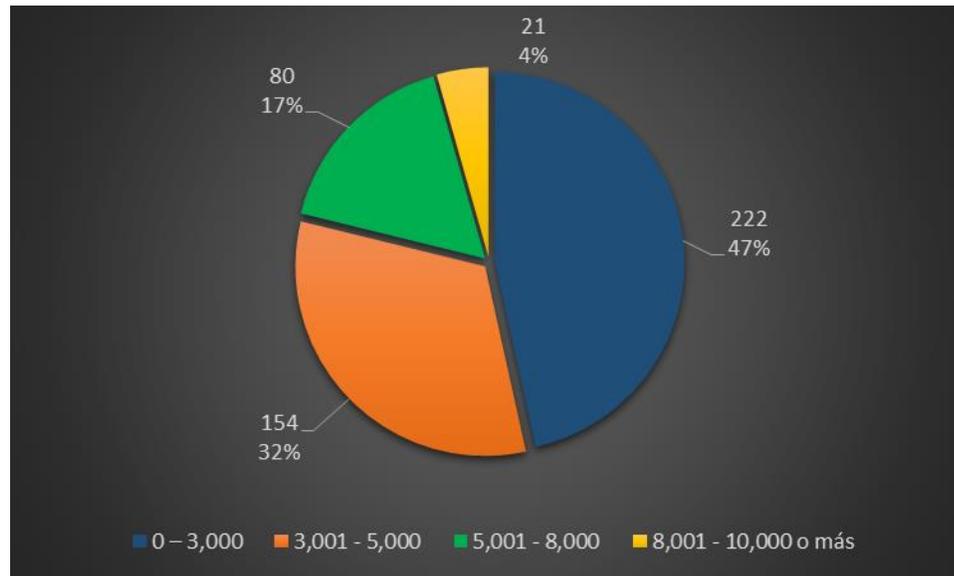
Los ingresos promedios mensuales de las familias se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6: Ingresos Promedios mensuales

Rango	Familias	Porcentaje (%)
0 – 3,000	222	46.52
3,001 - 5,000	154	32.28
5,001 - 8,000	80	16.70
8,001 - 10,000 o más	21	4.50
Total:	477	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5: Ingresos promedios mensuales



Fuente: Elaboración propia

- **Vivienda**

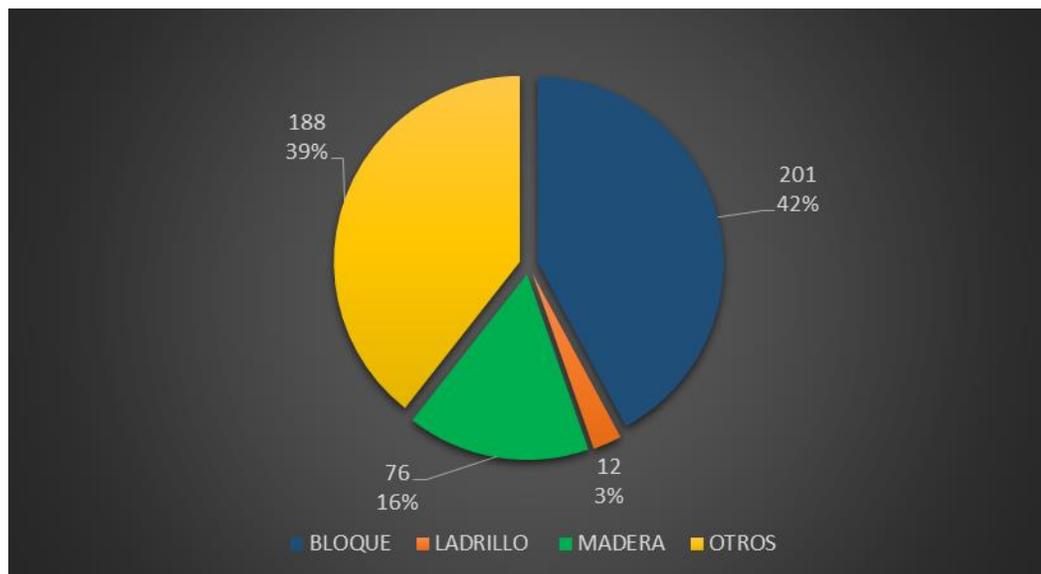
En la visita de campo realizada a la comunidad para el diagnóstico comunitario, se observó el material de construcción de las viviendas de las familias, a continuación, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7: Material de construcción de las paredes

Paredes	Cantidad de Viviendas	Porcentaje (%)
Bloque	201	42.14 %
Ladrillo	12	2.52 %
Madera	76	15.93 %
Otros / Adobe	188	39.41 %
Total	477	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6: Material de construcción de las viviendas



Fuente: Elaboración propia

En relación al techo de las viviendas el 81.82% están construidas con zinc, el 16.32% con tejas y el 1.86% de otros materiales, por otro lado el piso se caracteriza por estar construido en un 49.58% de tierra, 49.16% de otros materiales como la cerámica y el concreto y 1.26% de ladrillo.

En cuanto a la tenencia de la vivienda, los resultados obtenidos de las encuestas, señalan que un 89.31% de las familias tienen vivienda propia. El restante 10.69% corresponde a familias que viven en propiedades prestadas y/o alquiladas a otros familiares.

4.1.2.2 Educación

Durante el proceso de levantamiento de información se constató que en la comunidad Germán Pomares Ordóñez hay dos escuelas (primaria y secundaria).

En la comunidad el nivel de escolaridad de los miembros de la familia se describe en la siguiente tabla:

Tabla 8: Nivel de Escolaridad

Nivel	Niños	Hombres	Mujeres	Adultos mayores	Total	Porcentaje (%)
Primaria	302	66	92	98	558	29.87
Secundaria	-	298	316	69	683	36.56
Universidad	-	32	46	8	86	4.60
Técnico	-	8	12	4	24	1.28
Alfabetizado	-	46	74	97	217	11.63
Ninguno	196	34	29	41	300	16.06
Total:	498	484	569	317	1868	100%

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3 Salud

El informe brindado por el responsable de salud presenta con pocos detalles las enfermedades más frecuentes en las niñas y niños, estas son: diarrea, tos y enfermedades dermatológicas; en los adultos: tos, resfriados y diarreas.

Según la población algunas de las enfermedades más comunes son provocadas por el agua cruda que consumen a diario y destacaron que se presentan con mayor frecuencia en los menores de edad.

La comunidad cuenta con un puesto de salud donde se les brinda atención pública a todos sus habitantes y se ofrece atención médica especializada a 25 minutos en el hospital ubicado en el municipio de San Fernando.

4.1.2.4 Servicios

El 94% de la población accede al servicio de energía eléctrica y el costo promedio por el servicio oscila entre los C\$132 córdobas por vivienda.

Actualmente en la comunidad no se cuenta con el servicio de aguas negras, ni con el servicio público del tren de aseo y tampoco dispone de un botadero de basura que brinde el tratamiento adecuado para la misma.

Los habitantes tienen acceso a dos operadoras de telefonía móvil, pero no se presta el servicio de internet alámbrico.

4.1.2.5 Saneamiento e higiene

Los resultados sobre el acceso a los servicios de saneamiento en la comunidad demuestran que el 97% de la población accede al uso de una instalación de saneamiento y tan solo el 3% carece del acceso al mismo; sin embargo, el estudio dio a conocer que el 13% (60 familias) de la población comparte su sistema de saneamiento con otras familias y/o vecinos.

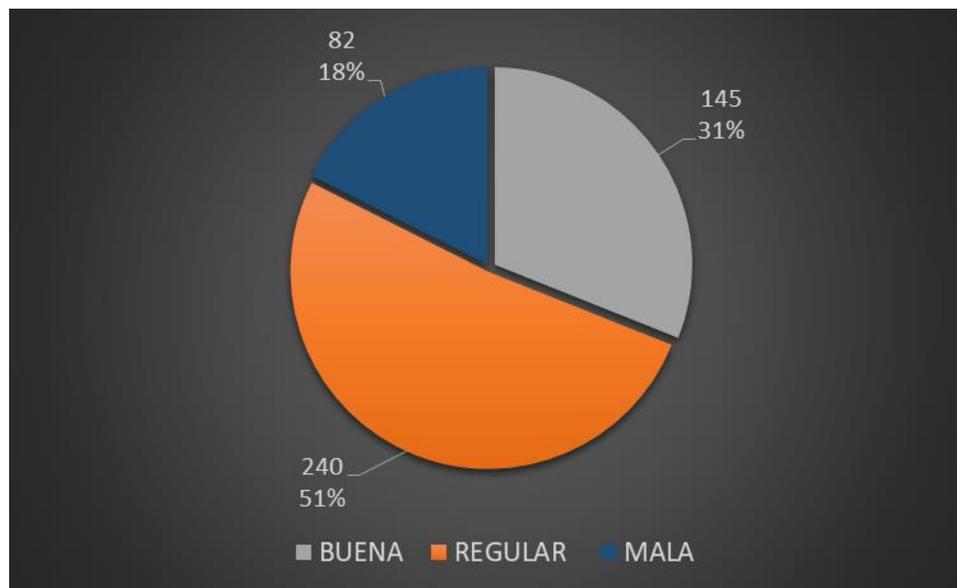
El 98% de las familias hacen uso de letrinas y el restante utiliza inodoros, el estado de estas opciones de saneamiento resulta ser un poco preocupante puesto que en su mayoría no se encuentran en las condiciones óptimas, y son usados por niños y adultos, esta información se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 9: Estado de la opción de saneamiento

Estado	Cantidad de viviendas	Porcentaje (%)
Bueno	145	31.05 %
Regular	240	51.39 %
Mal Estado	82	17.56 %
Total	467	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7: Estado de la opción de saneamiento



Fuente: Elaboración propia

- **Manejo de las aguas grises**

La comunidad no cuenta con un sistema de recolección de aguas grises, lo que implica que la población les dé el manejo que para ellos resulte más adecuado.

Del total de la población 42 familias respondieron que dan un manejo mixto (la riegan, la dejan correr y/o la infiltran), también es importante destacar de manera general que los habitantes de la zona tienen el buen hábito de eliminar charcas y limpiar las zanjas con basura para evitar la proliferación de los criaderos de

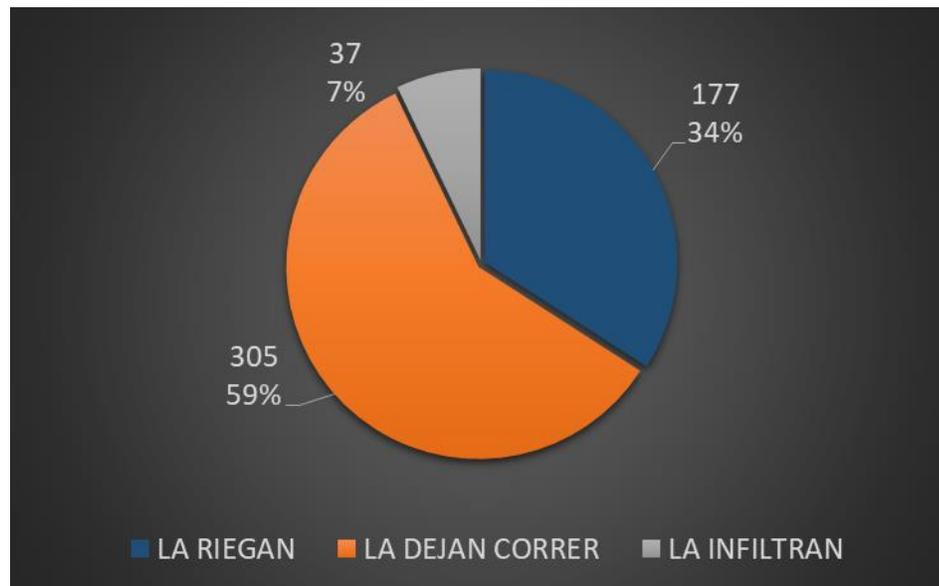
zancudos, además de brindar un ambiente más agradable e higiénico a la localidad.

Tabla 10: Manejo de aguas grises

Rango	Porcentaje (%)
La riegan	34.10 %
La dejan correr	58.77 %
La infiltran	7.13 %
Total:	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8: Manejo de las aguas grises



Fuente: Elaboración propia

- **Manejo de los desechos sólidos**

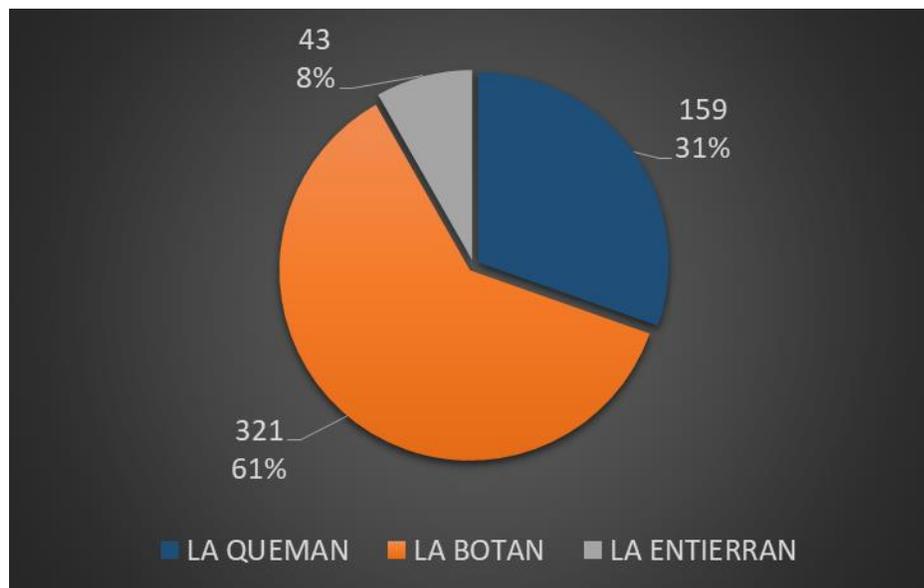
Los habitantes de la comunidad tienen al menos tres opciones para eliminar sus desechos sólidos (quemar, botar y/o enterrar), aunque no son las más seguras, 47 familias afirman que clasifican su basura y muchas veces tratan de darle un manejo mixto para evitar la contaminación excesiva del aire y el entorno.

Tabla 11: Manejo de los desechos sólidos

Rango	Porcentaje (%)
La queman	30.40 %
La botan	61.38 %
La entierran	8.22 %
Total	100 %

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10: Manejo de los desechos sólidos



Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Datos sobre abastecimiento de agua

Los resultados obtenidos confirman que la comunidad Germán Pomares Ordóñez tiene un grave problema de abastecimiento de agua, el servicio público con el cual la población se ha abastecido por 30 (treinta) años, al día de hoy se encuentra obsoleto, actualmente la población no tiene acceso a agua potable segura, el agua que los habitantes consumen la obtienen de una fuente superficial que se logra aprovechar gracias a que una familia de la comunidad transporta el agua a través

de mangueras de una pulgada desde una quebrada hasta su casa de habitación particular, según la población el costo que pagan por este servicio privado es de C\$ 1 (un córdoba) por cada balde que contiene 20 litros de agua.

El 100% de la población reveló que utilizan las aguas del río Horca para cubrir algunas de las necesidades del hogar, como por ejemplo, para bañarse o lavar su ropa, así como también manifestaron que en invierno logran abastecerse del vital líquido a través de cosecha de agua.

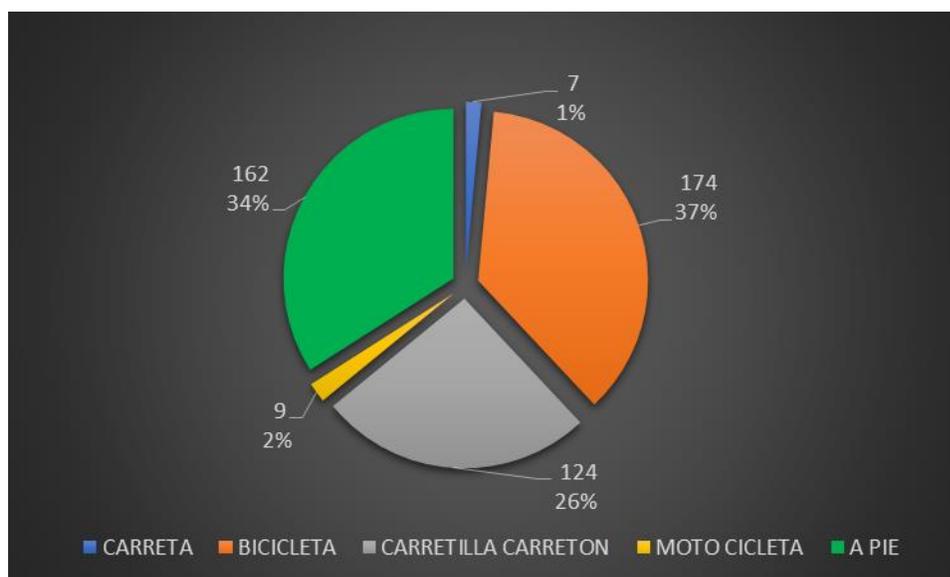
El 91.19% de la población dio a conocer que acarrear agua para consumo y uso doméstico tres veces a la semana y el 8.81% hasta cuatro veces por semana, para que los habitantes puedan realizar esta tarea deben de recorrer entre 0.5 y 1 km de distancia y emplean como tiempo promedio treinta minutos por cada viaje. Los medios que utilizan para acarrear el agua hasta sus hogares se describen en la siguiente tabla.

Tabla 12: Medios para acarrear el agua

Medio	Cantidad de viviendas	Porcentaje (%)
Carreta	7	1.46%
Bicicleta	174	36.48%
Carretilla o carretón	124	26%
Motocicleta	9	1.89%
A pie	163	34.17%
Total:	477	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11: Medios para acarrear el agua



Fuente: Elaboración propia

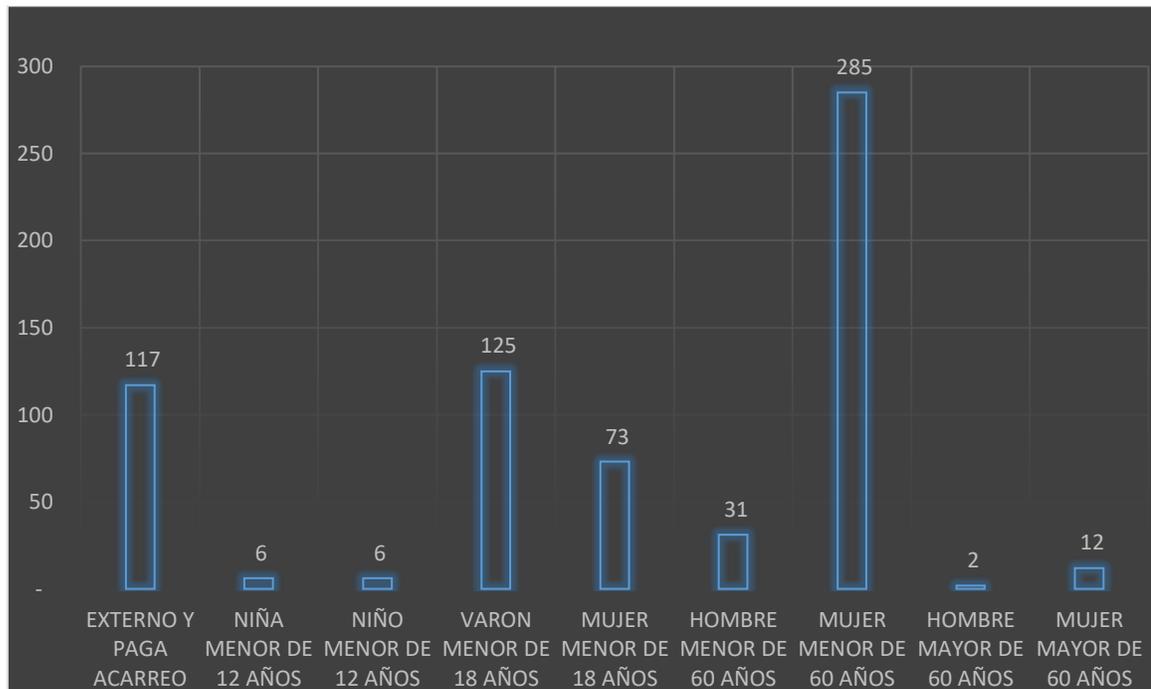
En general la población dio a conocer que almacenan el agua en barriles, baldes, pilas y galones y los miembros que se dedican a acarrear el agua se detallan a continuación.

Tabla 13: ¿Quién acarrea el agua?

Rango	Porcentaje (%)
Externo, paga acarreo	17.81%
Niña menor de 12 años	0.91%
Niño menor de 12 años	0.91%
Varón menor de 18 años	19.03%
Mujer menor de 18 años	11.11%
Hombre menor de 60 años	4.72%
Mujer menor de 60 años	43.38%
Hombre mayor de 60 años	0.30%
Mujer mayor de 60 años	1.83%
Total:	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12: ¿Quién acarrea el agua?



Fuente: Elaboración propia

4.2 Estudio topográfico

Para el cumplimiento de este objetivo se inició con un reconocimiento del terreno en campo con el objetivo de identificar las mejores alternativas para realizar el estudio, a continuación se orientó la estación total marca Sokkia Set 650X en las coordenadas: $X = 584305.991$ $Y = 1521689.410$ $Z = 626.682$ y se procedió al levantamiento realizando estaciones cada 20 metros y tomando la lectura de las coordenadas y elevación de todos los puntos de interés (Ver anexos página V).

Se alcanzó a hacer un levantamiento de 14 km alineados en la ruta de la fuente al tanque y del tanque hacia los diferentes tramos en que se distribuyen las viviendas de toda la comunidad.

Una vez concluido el levantamiento se efectuó el trabajo en gabinete, donde se realizó la descarga de datos en formato CSV, para ser procesados mediante CIVIL 3D y obtener los planos topográficos.

Para un mejor análisis topográfico, se dividió la red de distribución en tres tramos de estudio de acuerdo a las características demográficas de la zona, los detalles se presentan en la tabla número 14.

- **Línea de conducción**

La longitud de la línea de conducción (fuente - tanque) es de 4.15 km, con una diferencia de nivel de 86 metros y una pendiente regular de 2.31 %, en la ruta se observa un relieve montañoso irregular, con una elevación máxima de 763 m y una mínima de 677 metros (siendo la cota más alta de la fuente y la del tanque de 667 m).

- **Red de distribución – Colonia Ramos**

La longitud de este tramo es de 5.34 km, presenta una elevación máxima de 664 m y una elevación mínima de 77.23 m, este tramo de red está separado por una depresión causada por el paso del río Horca que atraviesa la misma, siendo este además el accidente geográfico principal de la zona, esta última representada con una diferencia de nivel de 86.77 m.

- **Red de distribución – Coyotera**

La longitud de este tramo es de 2 km, presenta una elevación máxima de 612 m y una elevación mínima de 596 m, esta última cota corresponde al inicio de este tramo y presenta una diferencia de nivel de 16 m.

- **Red de distribución – Las Playitas**

La longitud de este tramo es de 2.50 km, presenta una elevación máxima de 621 m y una elevación mínima de 582 m, tiene una diferencia de nivel de 39 m y un relieve irregular con una pendiente de 1.56 %; con respecto a la diferencia de altura entre el tanque de almacenamiento y la cota mínima del tramo es de 95 m.

Tabla 14: Descripción de planos topográficos

Plano	Descripción del plano	Número de plano
Planta general	Describe todos los elementos levantados en el estudio topográfico e incluye las curvas de nivel.	Plano N.º 1
Línea de conducción	Plano planta perfil que describe las curvas de nivel y el perfil longitudinal del terreno	Plano N.º 2, 3, 4 , 5, 6.
Red de distribución – Colonia Ramos	Plano planta perfil que describe las curvas de nivel y el perfil longitudinal del terreno	Plano N.º 7, 8, 9, 10, 11, 12.
Red de distribución – Coyotera	Plano planta perfil que describe las curvas de nivel y el perfil longitudinal del terreno	Plano N.º 13, 14.
Red de distribución – Playitas	Plano planta perfil que describe las curvas de nivel y el perfil longitudinal del terreno	Plano N.º 15, 16, 17.

Fuente: Elaboración propia

4.3 Calidad de agua y aforo

El río Horca es la fuente que se aprovechará para el acueducto y se le ha realizado un aforo y un estudio de calidad de agua, los detalles de los estudios se describen en seguida.

4.3.1 Calidad de agua

Para el presente estudio se realizaron toma de muestras de agua de la fuente ubicada en las coordenadas $x = 86.260532$; $y = 13.771384$ y $z: 734$ m, la toma de

muestras se realizó el día 22 de marzo del año 2022 a las 9:55 pm y fueron recibidas en el laboratorio PIENSA de la Universidad Nacional de Ingeniería el día 23 de marzo del mismo año, se entregaron 3 litros de agua y fueron transportadas en un contenedor refrigerado con el objetivo de conservar las características del agua cruda.

Se solicitaron realizar al laboratorio, análisis físico-químico, bacteriológico y arsénico, mismos resultados que fueron extendidos el día 3 de marzo del año 2022 y se presentan en anexos ilustraciones 38, 39 y 40, paginas VII - XI.

En los resultados se observa que todos los valores fueron comparados con la norma CAPRE y los mismos se encuentran en los rangos permitidos según esta misma norma, se concluye que el agua es apta para el consumo humano y deberá ser tratada únicamente con cloro con una dosis de 1 kg/día por 8.2 l/s (INAA, 1999 b, págs. 86 - 88).

4.3.2 Aforo

Para conocer el caudal de la fuente se utilizó el método del vertedero rectangular y fue llevado a cabo en las coordenadas $X = 579531.400$ $Y = 1522700.690$ $Z = 763.000$ m, donde estaba ubicada la obra de captación del anterior sistema de abastecimiento (ver anexos página IV), una vez levantados los datos fueron desarrollados a través de la ecuación 1.

$$Q = 1.84 \times L \times H^{3/2}$$

$$Q = 1.84 \times 0.27 \times 0.115^{3/2}$$

$$Q = 0.01937 \text{ m}^3 \sim 19.37 \text{ l/s}$$

$$Q = 19.37 \text{ l/s}$$

Debido a que en la obra de captación había fugas, fue necesario calcularlas, esta vez mediante el método volumétrico, con el cual se conoció un caudal de 5.68 l/s y de esta manera se concluye que en la fuente fluye un caudal de 25.05 l/s, las pérdidas se describen a continuación.

Tabla 15: Pérdidas secundarias en aforo a través del método volumétrico

Tubo de descarga 1			
Tiempo de llenado (seg)	Tiempo promedio (seg)	Volumen de la cubeta (lts)	
23.37	23.28	23.11	
23.40			
23.09			
Tubo de descarga 2			
Tiempo de llenado (seg)	Tiempo promedio (seg)	Volumen de la cubeta (lts)	
16.57	16.45	23.11	
16.42			
16.36			
Tubo de descarga 3			
Tiempo de llenado (seg)	Tiempo promedio (seg)	Volumen de la cubeta (lts)	
11.99	12.12	23.11	
12			
12.38			
Desarenador			
Tiempo de llenado (seg)	Tiempo promedio (seg)	Volumen de la cubeta (lts)	
16.62	16.59	23.11	
16.59			
16.56			
Pérdidas			
Tubo de descarga 1	Tubo de descarga 2	Tubo de descarga 3	Desarenador
$Q_1 = \frac{V}{t}$	$Q_2 = \frac{V}{t}$	$Q_3 = \frac{V}{t}$	$Q_D = \frac{V}{t}$
$Q_1 = \frac{23.11}{23.28} = 0.99l/s$	$Q_2 = \frac{23.11}{16.45} = 1.40l/s$	$Q_3 = \frac{23.11}{12.12} = 1.90l/s$	$Q_D = \frac{23.11}{15.59} = 1.39l/s$
Total en pérdidas: 5.68 l/s			

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Caracterización hidrológica de la cuenca

En el presente estudio se describen las características físicas de la cuenca Rio Horca, la cual se compone de dos redes de drenaje importantes en área y perímetro, a continuación se evalúan de forma individual.

Tabla 16: Morfometría de cuenca Rio Horca – Red de drenaje 1

Identificador	Valor	U/M	Clasificación
Perímetro	22.31	km	-
Área	13.05	km ²	Muy pequeña
Ancho máximo de la cuenca	3.68	km	-
Longitud máxima de la cuenca	6.95	km	-
Longitud del cauce principal	8.42	km	Corto
Altura máxima	1721	m	Baja
Altura mínima	774	m	Baja
Desnivel altitudinal	947	m	Bajo
Pendiente del cauce principal	11.20	%	Moderada
Coefficiente de forma (Kf)	0.18	-	Ligeramente achatada
Coefficiente de compacidad (Kc)	1.73	-	De oval oblonga a rectangular oblonga
Orden de corriente	3	-	Medio
Tiempo de concentración (Tc)	8.09	min	Rápido

Fuente: Elaboración propia

- **Perímetro**

Se conoció un perímetro de 22.31 km para la red de drenaje 1 de la cuenca Rio Horca.

- **Área**

El procesamiento dio como resultado un área de 13.05 km² y se clasifica como muy pequeña.

- **Desnivel altitudinal**

Esta unidad higrológica presenta un desnivel altitudinal de 947 m que por su rango de cotas (1721 m – 774 m) se clasifica con un desnivel altitudinal bajo.

- **Pendiente de cause principal**

Se ha conocido una pendiente de 11.2 %, la cual se considera como moderada, a continuación, se presenta el resultado aplicando la siguiente ecuación.

$$S = \frac{H}{L}$$

$$S = \frac{1721 \text{ m} - 774 \text{ m}}{8421}$$

$$S = 0.112 \approx 11.2 \%$$

- **Coefficiente de forma**

Se ha calculado el coeficiente de forma conociéndose un valor de 0.18; dado que el resultado es menor a la unidad se considera que no tiene tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa y por lo tanto no se generan grandes crecidas.

$$k_f = \frac{A}{L^2}$$

$$k_f = \frac{13.05}{(8.421)^2}$$

$$k_f = 0.18$$

- Coeficiente de compacidad

Se calcula mediante la siguiente ecuación y de acuerdo al resultado 1.73, la cuenca es de clase III con forma de oval oblonga a rectangular oblonga, es decir, la cuenca es menos circular y por lo tanto presenta bajas tendencias de concentración de agua.

$$k_c = 0.28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

$$k_c = 0.28 \left(\frac{22.31}{\sqrt{13.05}} \right)$$

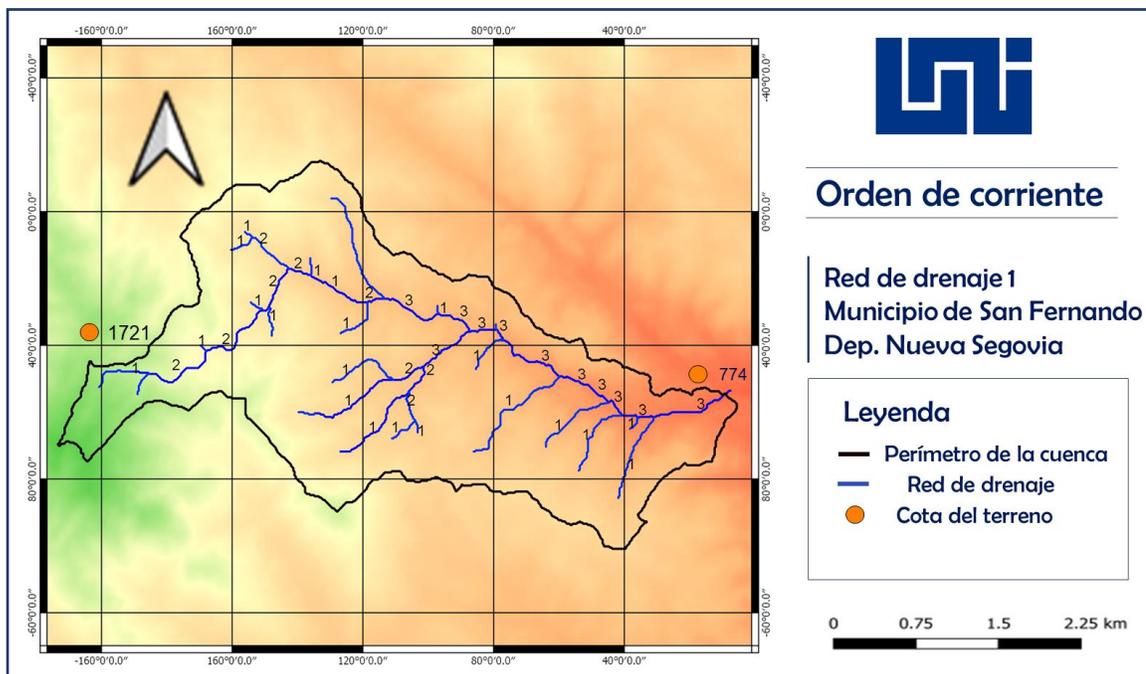
$$k_c = 1.73$$

- Orden de corriente

Se ha clasificado la cuenca del río Horca en orden 3, lo cual significa un buen drenaje o flujo de la escorrentía.

La forma de la microcuenca, así como el sistema de drenaje y las cotas mínimas y máximas se pueden apreciar en el mapa 3, que se presenta a continuación.

Mapa 3: Orden de corriente de la red de drenaje 1 de la cuenca Río Horca mediante el método de Horton



Fuente: Elaboración propia

- Tiempo de concentración

Se obtuvo un tiempo de concentración de 8.09 minutos, se clasifica como rápido eh indica una menor concentración de volumen de agua y a su vez mayor escurrimiento, a continuación, se presentan el resultado aplicando la siguiente ecuación.

$$T_c = 0.06626 \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0.385}$$

$$T_c = 0.06626 \left(\frac{(8.42 \text{ km})^2}{11.2} \right)^{0.385}$$

$$T_c = 0.134 \text{ horas} \approx 8.09 \text{ minutos}$$

- En la tabla 17 se presentan las características físicas de la red de drenaje 2 de la cuenca Río Horca, posteriormente en el mapa 4 se describe el orden de corriente de la misma.

Tabla 17: Morfometría de cuenca Río Horca – Red de drenaje 2

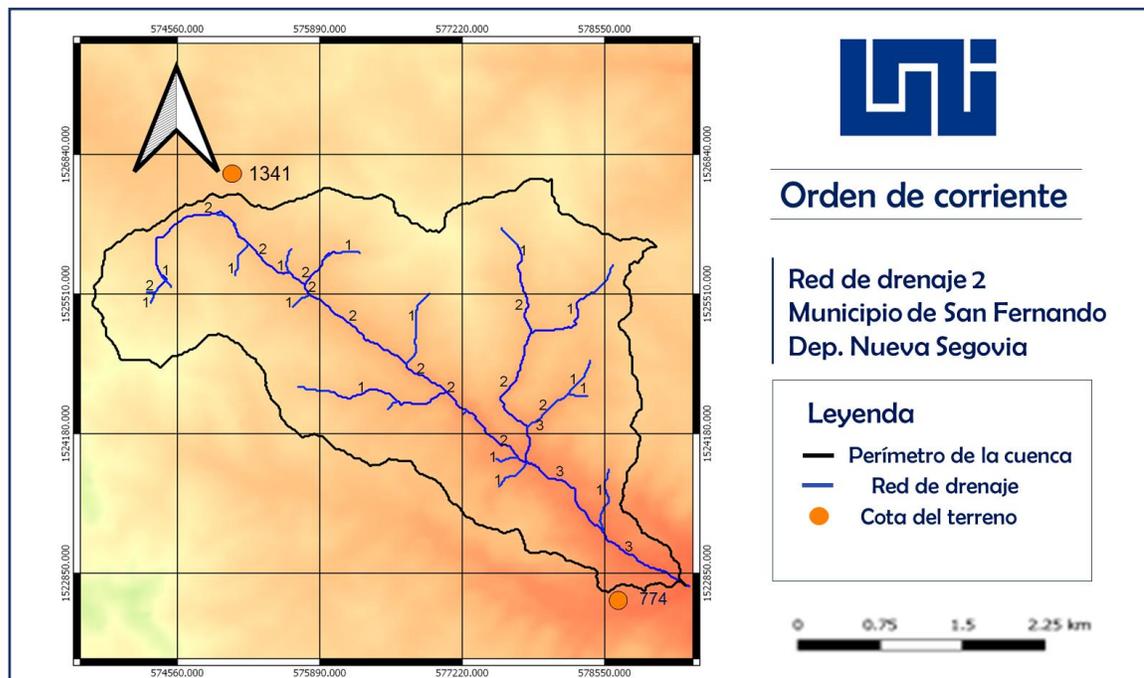
Identificador	Valor	U/M	Clasificación
Perímetro	19.35	km	-
Área	11.78	km ²	Muy pequeña
Ancho máximo de la cuenca	3.406	km	-
Longitud máxima de la cuenca	6.233	km	-
Longitud del cauce principal	8.916	km	Corto
Altura máxima	1341	m	Baja
Altura mínima	774	m	Baja
Desnivel altitudinal	567	m	Bajo
Pendiente del cauce principal	6.35	%	Moderada
Coeficiente de forma (Kf)	0.14	-	Ligeramente achatada

Coeficiente de compacidad (Kc)	1.58	-	De oval oblonga a rectangular oblonga
Orden de corriente	3	-	Medio
Tiempo de concentración (Tc)	10.52	min	Rápido

Fuente: Elaboración propia

- Los parámetros morfométricos se han calculado mediante la metodología utilizada anteriormente para la red de drenaje número 1.

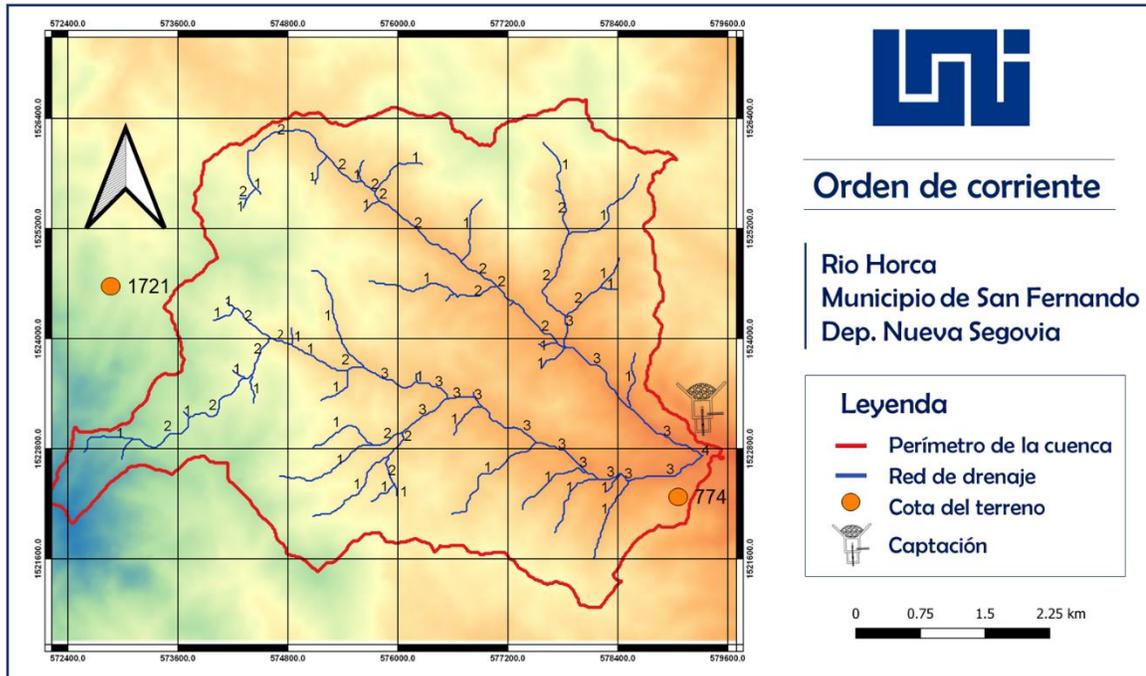
Mapa 4: Orden de corriente de la cuenca Rio Horca mediante el método de Horton



Fuente: Elaboración propia

- En el mapa 5, se detalla de manera general la cuenca Rio Horca, se presenta una orden de corriente cuatro por la unión de las dos redes de drenaje que se estudiaron anteriormente, en este punto es donde se ha ubicado la obra de captación del sistema de abastecimiento.

Mapa 5: Orden de corriente de la cuenca Rio Horca mediante el método de Horton

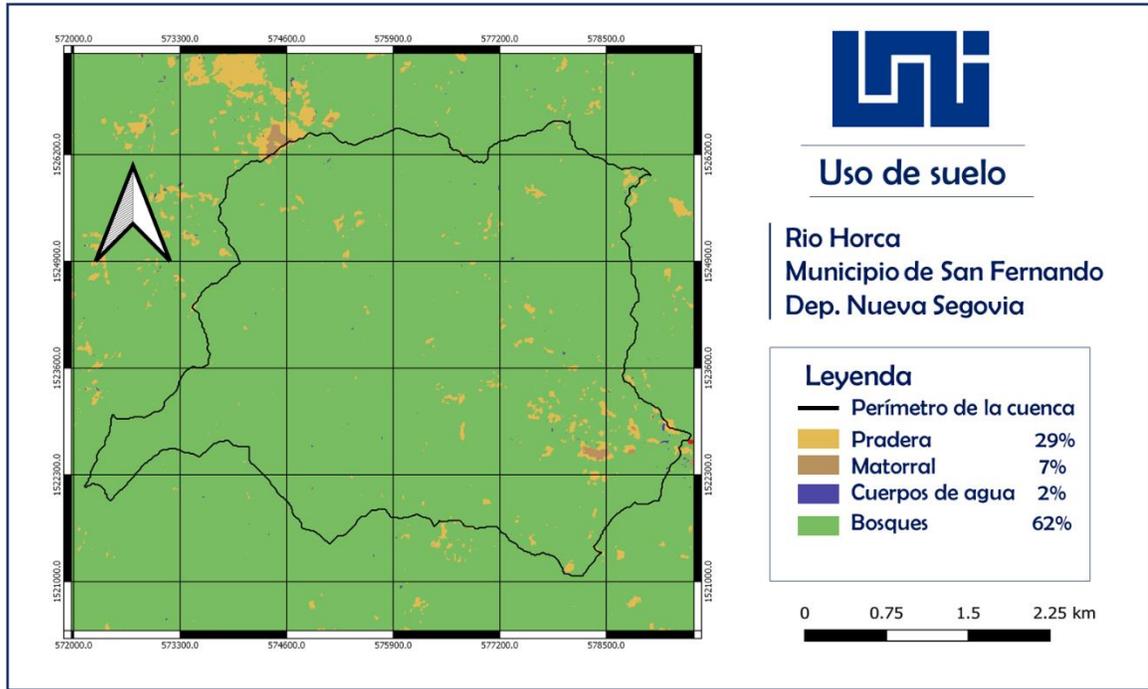


Fuente: Elaboración propia

- **Uso de suelos**

En el mapa 6 se observa que el 62% del suelo en estudio corresponde a bosques, el resto de la superficie está dominada por praderas, matorrales y cuerpos de agua, por tanto se recomienda cuidar los bosques existentes en la zona y reforestar aquellas áreas que así lo ameriten.

Mapa 6: Uso de suelos de la cuenca Rio Horca



Fuente: Elaboración propia

- Evapotranspiración potencial

A continuación, en la tabla 18 se muestra la evapotranspiración potencial calculada con el método de Thornwite aplicando las ecuaciones 6, 7, 8, 9 y 10 descritas en el diseño metodológico páginas 30 – 35.

Se puede observar un déficit en la evapotranspiración en el periodo de noviembre a febrero, notándose un aumento a partir del mes de marzo, cuando ocurre la infiltración al acuífero

Tabla 18: Evapotranspiración potencial método de Thornthwait

Meses	T °C Temperatura media	Índice de calor mensual (i)	ETP _{sin corr}	Número máximo de horas de sol (N)	Número máximo de horas de sol	Días (d)	Nº de días del mes (días/30)	ETP (mm)
		$i = \frac{t^{1.514}}{5}$	$I = \sum i$		$\left(\frac{N}{12}\right)$		$\left(\frac{d}{30}\right)$	$ETP = ETP_{sincorr} \left(\frac{N}{12}\right) \left(\frac{d}{30}\right)$
Enero	19.95	8.13	66.61	12.72	1.06	31	1.03	72.95
Febrero	20.8	8.66	73.94	12.48	1.04	28	0.93	71.77
Marzo	21.85	9.33	83.63	12.14	1.01	31	1.03	87.43
Abril	22.85	9.98	93.54	11.80	0.98	30	1.00	91.98
Mayo	23.55	10.45	100.88	11.52	0.96	31	1.03	100.07
Junio	23	10.08	95.09	11.38	0.95	30	1.00	90.18
Julio	22.45	9.72	89.50	11.48	0.96	31	1.03	88.48
Agosto	22.4	9.68	89.00	11.72	0.98	31	1.03	89.82
Septiembre	22.55	9.78	90.50	12.00	1.00	30	1.00	90.50
Octubre	22.3	9.62	88.01	12.38	1.03	31	1.03	93.82
Noviembre	21.1	8.85	76.64	12.68	1.06	30	1.00	80.98
Diciembre	20.65	8.56	72.61	12.82	1.07	31	1.03	80.15
ETP Anual								1038.14
Índice de calor anual - I=Σ i								112.82
Factor en función del índice de calor anual $a = (675.10^{-9})(I^3) - (771.10^{-7})(I^2) + (1792.10^{-5})(I) + 0.49239$								2.50

Fuente: Elaboración propia

- **Balance Hídrico**

El balance hídrico de la microcuenca se realizó utilizando una serie de tiempo de 1998 a 2019, en la tabla 19 se presentan los datos del promedio de temperatura y precipitación de 21 años de observación de los programas de estudios atmosféricos NOAA y TRMM de la NASA; posteriormente se presentan los resultados del procesamiento de datos en InnerSoft ISBH en la tabla 20, ilustración 13, a través de los cuales se puede observar un balance hídrico positivo a finales del mes de abril que se mantiene hasta mediados del mes de noviembre, pero presentando una reducción en el periodo de canícula entre los meses de Junio y Agosto.

Tabla 19: Temperatura y precipitación (1998 - 2019)

Meses	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Enero	19.95	21.78
Febrero	20.80	14.59
Marzo	21.85	22.41
Abril	22.85	42.93
Mayo	23.55	144.88
Junio	23.00	184.17
Julio	22.45	126.13
Agosto	22.40	137.95
Septiembre	22.55	190.79
Octubre	22.30	226.3
Noviembre	21.10	48.73
Diciembre	20.65	29.56

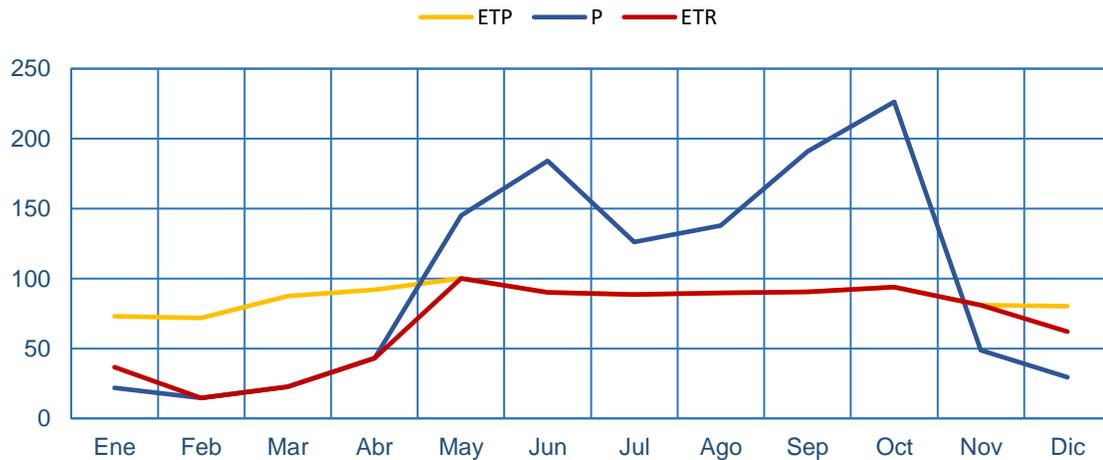
Fuente: Programas de estudios atmosféricos NOAA y TRMM de la NASA

Tabla 20: Balance hídrico

Ident.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
P	21.78	14.59	22.41	42.93	144.88	184.17	126.13	137.95	190.79	226.3	48.73	29.56	1190.22
ETP	72.95	71.77	87.43	91.98	100.07	90.18	88.48	89.82	90.50	93.82	80.98	80.15	1038.13
P-ETP	-51.17	-57.18	-65.02	-49.05	44.81	93.99	37.65	48.13	100.29	132.48	-32.25	-50.59	152.09
R	0	0	0	0	44.81	64.8	64.8	64.8	64.8	64.8	32.55	0	401.36
AR	-15	0	0	0	44.81	19.99	0	0	0	0	-32.25	-32.55	-15.00
ETR	36.78	14.59	22.41	42.93	100.07	90.18	88.48	89.82	90.50	93.82	80.98	62.11	812.67
E	0	0	0	0	0	74.00	37.65	48.13	100.29	132.48	0	0	392.55
D	-36.17	-57.18	-65.02	-49.05	0	0	0	0	0	0	0	-18.04	-225
Identificadores: P: Precipitación, ETP: Evapotranspiración potencial, P-ETP: Precipitación – Evapotranspiración potencial, R: Reserva, AR: Variación de la reserva, ETR: Evapotranspiración real, E: Excedente o escorrentía, D: Déficit hídrico anual.													

Fuente: InnerSoft

Ilustración 13: Balance hídrico



Fuente: InnerSoft

4.4 Diseño del sistema de abastecimiento

A continuación, se presentan resultados de los cálculos y normas y aplicadas para el diseño del sistema de agua potable (MAG).

4.4.1 Periodo de diseño

El periodo de diseño adoptado fue de 20 años, siguiendo lo descrito en la tabla número 6, página 13, de la NTON 09 007 – 19.

4.4.2 Proyección de la población

La proyección de la población se realizó con el método geométrico y se adoptó una tasa de crecimiento del 2.5%, a continuación, se detallan los resultados:

4.4.2.1 Tasa de crecimiento

Para conocer la tasa de crecimiento se tomó en cuenta información proveniente del censo poblacional realizado en el año 2005 en San Fernando y sus comunidades, (INIDE, 2008, pág. 8); a través del cual se registró una población de 1,331 habitantes en comparación a 1,868 habitantes que hay en la actualidad.

La tasa de crecimiento se calculó a través de la ecuación 11.

$$r = \left[\left(\frac{P}{P_0} \right)^{1/n} - 1 \right]$$

$$r = \left[\left(\frac{1868}{1331} \right)^{1/16} - 1 \right] \times 100$$

$$r = 2.1\%$$

Los resultados de la ecuación muestran una tasa de crecimiento de 2.1%; sin embargo, según la NTON 09 007 – 19, pág. 8, se conoce que la tasa de crecimiento a aplicar en ningún caso será menor que 2.5%, por lo tanto, se adopta la tasa mínima del 2.5%.

4.4.2.2 Población de diseño

La población proyectada a 20 años fue de 3,061 hab. y se logró conocer mediante el método Geométrico utilizando la ecuación 3, tomando en cuenta lo dictado en la página 8 de la NTON 09 007 – 19, los detalles del cálculo se presentan en la tabla número 21.

$$P_n = P_0 (1+r)^n$$

$$P_n = 1868 (1+0.025)^{20}$$

$$P_n = 3,061 \text{ hab.}$$

Tabla 21: Población de Diseño

Periodo de diseño (años)	Año	Población proyectada
1	2023	1915
2	2024	1963
3	2025	2012
4	2026	2062
5	2027	2113
6	2028	2166
7	2029	2220
8	2030	2276
9	2031	2333
10	2032	2391
11	2033	2451
12	2034	2512
13	2035	2575
14	2036	2639
15	2037	2705
16	2038	2773
17	2039	2842
18	2040	2913
19	2041	2986
20	2042	3061

Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Dotación

La dotación para la población rural concentrada según la NTON 09 007 – 19, página 9, será de 100 lppd.

4.4.4 Caudal de diseño

A continuación, se presentan los cálculos para determinar el caudal de diseño basado en una dotación de 100 lppd.

4.4.4.1 Consumo doméstico

El consumo doméstico encontrado fue de 3.54 l/s, y se calculó mediante la ecuación 13.

$$CD = \frac{P_F \times DOTACION}{86,400}$$

$$CD = \frac{3061 \times 100}{86400}$$

$$CD = 3.54 \text{ l/s}$$

4.4.4.2 Factores de la demanda

Se calculó el consumo público institucional por la presencia de dos escuelas y un centro de salud en la comunidad, se conoció que el consumo institucional es de 0.25 l/s, se calculó a través de la ecuación 14 y en esta ocasión no se calculó el consumo comercial ni industrial debido a que en el plan de desarrollo municipal no se prevé a 20 años la presencia de comercios o industrias en la comunidad.

$$CPI = CD \times \frac{7}{100}$$

$$CPI = 3.54 \times \frac{7}{100}$$

$$CPI = 0.25 \text{ l/s}$$

El consumo promedio diario fue de 3.79 l/s, se calculó mediante la ecuación 15.

$$CPD = CD + CPI$$

$$CPD = 3.54 + 0.25$$

$$CPD = 3.79 \text{ l/s}$$

Las pérdidas en el sistema se calcularon a través de la ecuación 16, encontrándose un valor de 0.76 l/s.

$$P = CPD \times \frac{20}{100}$$

$$P = 3.79 \times \frac{20}{100}$$

$$P = 0.76 \text{ l/s}$$

El consumo de máximo día (CMD) fue de 6.44 l/s, y se calculó con la ecuación 17:

$$CMD = 1.5 \times CPD + P$$

$$CMD = 1.5 \times 3.79 + 0.79$$

$$CMD = 6.44 \text{ l/s}$$

El consumo de máxima hora (CMH) fue de 10.24 l/s, se conoció calculando la ecuación 18.

$$CMH = 2.5 \times CPD + P$$

$$CMH = 2.5 \times 3.79 + 0.76$$

$$CMH = 10.24 \text{ l/s}$$

4.4.5 Obra de captación

La obra de captación se ubicará en las coordenadas UTM zona 16 norte X = 579531.400 Y = 1522700.690 Z = 763, como se presenta en el perfil longitudinal lámina 18/37 y será construida de concreto armado, como se muestra en el plano de diseño lamia 30/37.

4.4.6 Diseño de la línea de conducción por gravedad

La línea de conducción tiene una longitud de 4.15 km con una carga hidrostática de 86 metros; se diseñaron tramos de tubería SDR 26 de diferentes diámetros, fue necesario ubicar 1 pila rompe presión y 1 válvula limitadora de caudal, además

se colocaron válvulas de aire y limpieza para su debida operación, protección y mantenimiento. A continuación, se presentan los tramos de la línea de acuerdo a su diámetro, se detallan en la tabla número 22.

Tabla 22: Población de diseño

Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Cota inicial – final
Tramo 1 - SDR 26 – 6"	360.39	763 – 753
Tramo 2 - SDR 26 – 4"	810.80	753 – 736
Tramo 3 - SDR 26 – 3"	2,981.49	736 – 677

Fuente: Elaboración propia

4.4.6.1 Pérdida de carga de la línea de conducción

Los siguientes resultados se han desarrollado de manera individual para cada tramo de la línea de conducción y fueron calculados con el caudal máximo diario de 6.44 l/s.

- **Tramo 1 – Diámetro 6" 0+0000 - 0+0360**

Se conoció que para este tramo la carga hidrostática es de 10 metros, como se presenta a continuación.

$$H = cota\ 1 - cota\ 2$$

$$H = 763 - 753$$

$$H = 10\ m$$

Para calcular el diámetro de tubería a usarse fue necesario despejar la fórmula de Hazen-Williams, además de usar una altura hidrostática de 5 m tomando en cuenta lo dictado en la norma NTON 09 007 – 19 página 24.

$$D = \left[\frac{10.679 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times H} \times L \right]^{1/4.87}$$

$$D = \left[\frac{10.679 \times 0.0064^{1.85}}{150^{1.85} \times 5} \times 360.390 \right]^{1/4.87}$$

$$D = 0.085 \text{ mm}$$

En este caso se adopta un diámetro PVC - SDR 26 norma ASTM 2241 con diámetro interno de 155.3 mm con el fin de obtener las velocidades y presiones permisibles en toda la línea de conducción.

También se ha calculado la velocidad de flujo y se obtuvo como resultado 0.3402 m.

$$V = \frac{Q}{\pi \frac{(D)^2}{4}}$$

$$V = \frac{0.00640.}{3.1416 \frac{(0.1553)^2}{4}}$$

$$V = 0.3402 \text{ m}$$

El tiempo que tarda el agua en recorrer el tramo es de 1059.333 s, se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$t = \frac{L}{V}$$

$$t = \frac{360.390}{0.340}$$

$$t = 1059.333 \text{ s}$$

La pérdida de carga se ha calculado a través de la ecuación de Hazen-Williams, dando como resultado 0.279 m, los detalles del cálculo se presentan a continuación.

$$h_f = \left[\frac{10.679 Q^{(1.85)}}{C^{(1.85)} D^{4.87}} \right] \times L$$

$$h_f = \left[\frac{10.679 \times 0.0064^{1.85}}{150^{1.85} \times 0.1553^{4.87}} \right] \times 360.390$$

$$h_f = 0.279m$$

La presión en este tramo fue de 9.721 m, el cálculo se desarrolla a continuación.

$$P_1 = H - h_f$$

$$P_1 = 10 - 0.279$$

$$P_1 = 9.721 m$$

La altura piezométrica al final del tramo fue de 762.721 m, y se conoció calculando la ecuación siguiente.

$$\text{Altura piezométrica} = Z_1 + P_1$$

$$\text{Altura piezométrica} = 753 + 9.721$$

$$\text{Altura piezométrica} = 762.721 m$$

- **Tramo 2 – Diámetro 4” 0+0360 - 1+0170**

Se han calculado las pérdidas de carga para el tramo 2 de la línea de conducción, para ello se ha empleado la misma metodología empleada en el tramo 1, los resultados se presentan en la tabla 23.

Tabla 23: Pérdidas de carga - Tramo 2 de la línea de conducción

Ítem	Valor	U/M
Carga hidrostática (H)	26.72	M
Diámetro teórico (D)	101.41	Mm
Diámetro comercial	105.5	Mm
Velocidad de flujo (V)	0.7372	m/s
Tiempo (t)	1099.83	S
Perdida de carga (hf)	4.00312	M
Presión	22.59	M
Altura piezométrica	758.59	M

Fuente: Elaboración propia

- **Tramo 3 – Diámetro 3” 1+0170 - 4+0150**

Se han calculado las pérdidas de carga para el tramo 3 de la línea de conducción, para ello se ha utilizado la misma metodología empleada en el tramo 1 y 2.

Tabla 24: Pérdidas de carga - Tramo 3 de la línea de conducción

Ítem	Valor	U/M
Carga hidrostática (H)	91	m
Diámetro teórico (D)	131.25	mm
Diámetro comercial	82	mm
Velocidad de flujo (V)	1.22	m/s
Tiempo (t)	1099.83	s
Perdida de carga (hf)	48.80	m
Presión	17.10	m
Altura piezométrica	684.10	m

Fuente: Elaboración propia

4.4.6.2 Válvulas en la línea de conducción

En el diseño de la línea de conducción se utilizaron válvulas de limpieza y válvulas de admisión y expulsión de aire construidas bajo la norma ASTM C231 – 14 y AISI 410, las cuales se ubicaron en las cimas y valles de la línea de conducción para reducir sobrepresiones o implosiones en la línea mencionada. Además se ubicaron válvulas de compuerta construidas bajo la norma ASTM A536 y ASTM 304 que soportan una presión máxima de 250 psi y una caja rompe presión con el objetivo de mantener las presiones hidrostáticas en un rango mayor a 5 m y menor de 70 m (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 24). Finalmente, en el último tramo de la línea de conducción (en la llegada al tanque) se ubicó una válvula reguladora de caudal, esta misma asegurará que llegue al tanque un flujo de agua de 6.44 l/s (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC, 2020, pág. 30). En la tabla 25 se presenta un listado de las válvulas que se instalarán en los diferentes tramos de la línea de conducción.

Tabla 25: Válvulas en la línea de conducción

TRAMO 1		
Tipo de válvula	Estación	Cota
Válvula de limpieza	0+105	761.133
Válvula de aire	0+265	752.123
TRAMO 2		
Válvula de limpieza	0+390	752.213
Válvula de aire	0+485	752.977
Válvula de limpieza	0+785	747.761
Válvula de aire	1+080	737.555

TRAMO 3		
Válvula de limpieza	1+260	728.197
Válvula de aire	1+535	724.163
Válvula de limpieza	1+720	721
Válvula de aire	1+820	722.573
Válvula de limpieza	2+085	721.645
Válvula de aire	2+280	714.998
Válvula de aire	2+555	705.366
Válvula de compuerta	2+570	704
Pila rompe presión	2+615	715
Válvula de limpieza	2+795	690.019
Válvula de aire	3+025	687.079
Válvula de limpieza	3+200	684.119
Válvula de aire	3+500	678.655
Válvula de limpieza	3+845	672.217
Válvula reductora de caudal	4+065	667
Válvula de compuerta	4+110	666

Fuente: Elaboración propia

4.4.7 Cálculo del golpe de ariete

En un sistema por gravedad el golpe de ariete está relacionado al tiempo de cierre de la válvula, maniobra que es controlada manualmente por un operador, debido a esta condición es posible reducir la sobrepresión aumentando el tiempo de cierre haciendo que este sea mayor que el tiempo de oscilación completa de la onda de presión que recorre la tubería. En este caso se ha calculado para dos tramos, el primero que va desde la obra de captación hasta la pila rompe presión y el segundo desde la pila hasta el tanque de almacenamiento, el cálculo para el primer tramo se desarrolla a continuación.

La celeridad se conoció mediante la ecuación 20 de Allievi.

$$C = \frac{9,900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}}$$

$$C = \frac{9,900}{\sqrt{48.3 + 35.59 \frac{155.3}{6.5}}}$$

$$C = 330.26 \text{ m/s}$$

- Para calcular K y e

Para conocer el coeficiente del módulo de elasticidad del material de la tubería es necesario calcular la siguiente ecuación (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, 2012, pág. 4).

$$K = \frac{10^{10}}{\varepsilon}$$

$$K = \frac{10^{10}}{2.81 \times 10^8}$$

$$K = 35.59$$

Para determinar el espesor de la tubería se calculara la siguiente ecuación.

$$e = \frac{\text{diam. externo} - \text{diam. interno}}{2}$$

$$e = \frac{168.3 - 155.3}{2}$$

$$e = 6.5 \text{ mm}$$

La celeridad está en función del material y el diámetro de la tubería, para confirmar que el resultado anterior es correcto, el fabricante AMANCO ha facilitado valores de la celeridad en función del SDR (AMANCO, 2006, pág. 31), en esta ocasión para SDR 26 el valor dado es de 330 m/s, igual al calculado en la ecuación desarrollada anteriormente.

Conocer el tiempo de la oscilación de la onda es importante para que la maniobra de cierre se haga en un tiempo mayor al tiempo de oscilación de la misma y de esta manera reducir la sobrepresión en la tubería causada por el golpe de ariete.

A continuación, se calcula el tiempo crítico mediante la ecuación 21.

$$t_c = \frac{2L}{c}$$

$$t_c = \frac{2 * 2265.93}{330}$$

$$t_c = 13.72 \text{ s.}$$

El tiempo de cierre de la válvula se calcula a través de la ecuación 22 de Mendiluce.

$$T_c = C + \frac{K * L * v}{g * H_m}$$

$$T_c = 1 + \frac{1 * 2265.93 * 0.84}{9.81 * 23.40}$$

$$T_c = 9.29 \text{ s}$$

Para conocer los valores de C y K (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, 2012, pág. 7).

$$\frac{Hm}{L} \geq 0.40 \rightarrow C = 0$$

$$\frac{Hm}{L} < 0.20 \rightarrow C = 1$$

$$\frac{Hm}{L} \approx 0.30 \rightarrow C$$

$$\frac{Hm}{L} = 0.60$$

$$L < 500 \rightarrow K = 2$$

$$L \approx 500 \rightarrow K = 1.75$$

$$500 < L < 1500 \rightarrow K = 1.5$$

$$L > 1500 \rightarrow K = 1$$

Debido a que $T_c = 9.31 \text{ s} < t_c = 13.72 \text{ s}$, se considera un cierre rápido, se calcula con la ecuación 24 de Allievi.

$$\Delta p = \frac{c * v}{g}$$

$$\Delta p = \frac{330 * 0.84}{9.81}$$

$$\Delta p = 28.25 \text{ m}$$

La longitud del tramo de tubería regido por la ecuación de Michaud se conoce como longitud crítica (L_c), y su valor se obtiene, igualando las fórmulas de Michaud y Allievi.

$$L_c = \frac{C \times T}{2}$$

$$L_c = \frac{330 \times 9.31}{2}$$

$$L_c = 1536.15 \text{ m}$$

Excepto en el caso de ser la pendiente hidráulica mayor del 50%, en que se recomienda considerar la sobrepresión de Allievi en toda la conducción, el valor así calculado lo soportará el tramo de tubería de longitud L_m , siendo:

$$L_m = L - L_c.$$

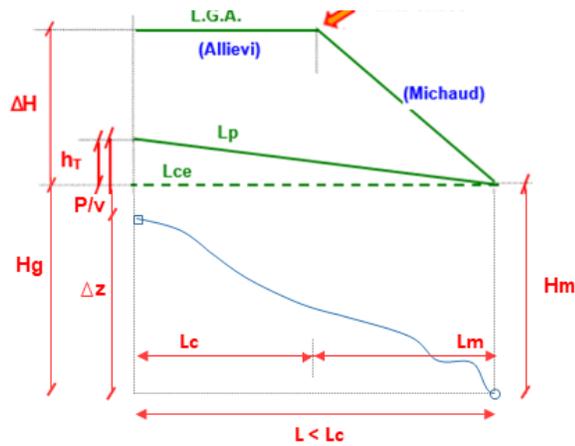
$$L_m = 2265.93 - 1536.15$$

$$L_m = 729.78 \text{ m}$$

Ahora basándonos en el concepto de longitud crítica, se tiene que:

$L < L_c$	Impulsión corta	Cierre lento	Michaud	$\Delta h = \frac{2 * L * v}{g * T_c}$
$L > L_c$	Impulsión larga	Cierre rápido	Allievi	$\Delta p = \frac{c * v}{g}$

Ilustración 14: Gráfico de Allievi y Michaud



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto también de esta forma se considera un cierre rápido calculado con la ecuación de Michaud, la cual se conoció anteriormente con un valor de 28.25 m, ahora bien, la presión total será igual a la carga hidrostática más la sobrepresión.

$$\text{Presión}_T = \text{carga hidrostática} + \Delta p$$

$$\text{Presión}_T = 48 + 28.25$$

$$\text{Presión}_T = 76.25 \text{ m} \approx 91.62 \text{ psi}$$

- Segundo tramo

Anteriormente se conoció que el valor de la celeridad en función del SDR es 330 m/s (AMANCO, 2006, pág. 31), a continuación se calcula el tiempo crítico.

$$t_c = \frac{2L}{c}$$

$$t_c = \frac{2 \times 1886.75}{330}$$

$$t_c = 11.43 \text{ s}$$

Por lo tanto se recomienda que la maniobra tenga una duración de por lo menos 40 s para reducir la sobrepresión al máximo, teniendo en cuenta este valor, será necesario también calcular un cierre lento mediante la ecuación de Michaud.

$$\Delta h = \frac{2 * L * v}{g * T_c}$$

$$\Delta h = \frac{2 * 1753.22 * 0.65}{9.81 * 40}$$

$$\Delta h = 5.82 \text{ m.}$$

De modo que la presión total del golpe de ariete para el segundo tramo será igual a:

$$\text{Presión}_T = \text{carga hidrostática} + \Delta h$$

$$\text{Presión}_T = 48 + 5.82 = 53.82 \text{ mca}$$

$$\text{Presión}_T = 76.43 \text{ psi}$$

4.4.8 Tanque de almacenamiento

El tanque será ubicado en las coordenadas X = 583239.2500 Y = 1521512.4400 Z = 677 y se construirá de concreto reforzado de acuerdo al plano típico de diseño lámina 34/37.

Se confirmó que la cota del terreno en que será localizado el tanque (677 msnm), es la más óptima por su fácil acceso y cercanía a la población, además de que alcanza la altura hidrostática necesaria para cumplir con las presiones y

velocidades en la red de distribución, esto de acuerdo a los parámetros establecidos en la norma NTON 09 007 – 19, pág. 28 – 33.

4.4.8.1 Volumen del tanque

El tanque se dimensionó a partir de los criterios establecidos en la norma NTON 09 007 – 19, pág. 32 – 35, se considera un volumen compensador y un volumen de reserva, estos valores fueron conocidos calculando las siguientes ecuaciones.

$$\text{Vol. compensador} = CPD \times 16 \text{ hrs.} \times 3600s \times 25\%$$

$$\text{Vol. compensador} = 3.79 \times 16 \text{ hrs.} \times 3600s \times 25\%$$

$$\text{Vol. compensador} = 54,576 \text{ l/s} \sim 54.58 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. de reserva} = CPD \times 16 \text{ hrs.} \times 3600s \times 15\%$$

$$\text{Vol. de reserva} = 3.79 \times 16 \text{ hrs.} \times 3600s \times 15\%$$

$$\text{Vol. de reserva} = 32,745.06 \sim 32.74 \text{ m}^3$$

Tal a como se observa se conoció un volumen compensador de 54.58 m³ y un volumen de reserva de 32.75 m³, es decir que el tanque será construido para almacenar un volumen total de agua de 87.33 m³.

4.4.9 Filtración en múltiples etapas

Se ha clasificado la fuente de abastecimiento Rio Horca con un riesgo bajo de contaminación, es decir, con fuentes de ladera bien protegidas, para ello se han considerado tres parámetros básicos, turbiedad: < 10 UNT, color verdadero: < 20 UPC y coliformes fecales: < 500 UFC/100 ml; (ver anexos, ilustraciones 41, 42 y 43).

Con base a las consideraciones anteriores se ha seleccionado la alternativa de tratamiento FIME, determinándose un modelo sin filtración gruesa ascendente que incluye dentro de sus componentes de tratamiento, filtración gruesa dinámica con velocidad de filtración de 2 m/h y filtración lenta en arena con velocidad de 0.20 m/h, a continuación se presenta el dimensionamiento para cada uno de los componentes.

4.4.9.1 Filtración gruesa dinámica

Se ha diseñado el filtro grueso dinámico y consta de los siguientes elementos (ver anexos ilustraciones 41, 42 y 43, paginas X - XIII).

- Cámara de filtración

Se ha diseñado la cámara de filtración con la capacidad suficiente para contener el sistema de drenaje, lecho filtrante y la altura de agua sobre el lecho (carga hidráulica). El borde libre será de 0.2 metros.

- Lecho filtrante y de soporte

Se diseñó el lecho filtrante con la siguiente granulometría y espesor de capas.

Tabla 26: Granulometría para el lecho filtrante – FGD_i

Posición en la unidad	Espesor de la capa (m)	Tamaño de la grava (mm)
Superior	0.20	3.0 - 6.0
Intermedio	0.20	6.0 – 13.0
Interior, fondo	0.20	13.0 - 25.0

Fuente: (Montero, 1999, pág. 115)

El lecho de soporte tendrá las siguientes características, las cuales se describen en la tabla 27.

Tabla 27: Granulometría para el lecho de soporte – FGD_i

Capa	Tipo	Diámetro de la partícula (mm)	Espesor de la capa (mm)
Superior	Arena gruesa	1 – 2	50
Segunda	Grava fina	2 – 5	50
Tercera	Grava	5 – 10	50
Inferior	Grava gruesa	10 – 25	150

Fuente: (Montero, 1999, pág. 115)

- **Dimensionamiento del filtro grueso dinámico**

- **Número de filtros**

Se han considerado 2 unidades de filtración gruesa dinámica.

- **Área total del filtro**

El área total del filtro es de 11.59 m² y se conoció calculando la ecuación 25.

$$A_t = \frac{Q_t}{T_f}$$

$$A_t = \frac{23.18}{2}$$

$$A_t = 11.59 \text{ m}^2$$

- **Área de cada unidad.**

Se calculó mediante la ecuación número 26, a través de la cual se conoció un valor de 5.79 m² para cada unidad de filtración.

$$A_u = \frac{A_t}{N}$$

$$A_u = \frac{11.59}{2}$$

$$A_u = 5.79 \text{ m}^2$$

- **Caudal del filtro.**

Se calculó el caudal para cada filtro a través de la ecuación 27, conociéndose un valor de 11.59 m³/h.

$$Q_f = \frac{Q_t}{N}$$

$$Q_f = \frac{23.18}{2}$$

$$Q_f = 11.59 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Caja de filtro**

La caja del filtro tendrá un ancho de 1.97 m, calculada a través de la ecuación número 28.

$$b = \left(\frac{A}{3}\right)^{0.5}$$

$$b = \left(\frac{11.59}{3}\right)^{0.5}$$

$$b = 1.97 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

La longitud de la caja del filtro será igual a tres veces el ancho de la caja del filtro, calculada a través de la ecuación número 29.

$$L = 3 \times b$$

$$L = 3 \times 2$$

$$L = 6 \text{ m}$$

El valor de la caja de recuperación del filtro se calcula mediante la ecuación 30.

$$\text{Valor de la caja de rec.} = \frac{1}{5} \times L$$

$$\text{Valor de la caja de rec.} = \frac{1}{5} \times 6$$

$$\text{Valor de la caja de rec.} = 1.20 \text{ m}$$

- **Pared de la caja de filtro.**

Se ha calculado mediante la ecuación 31 y se conoció un valor de 1.1 m.

$$H_f = H_{ls} + H_{lf} + H_{bl}$$

$$H_f = 0.3 + 0.6 + 0.2$$

$$H_f = 1.1 \text{ m}$$

- **Vertederos triangular o en "V"**

Se calculará mediante la ecuación 32.

$$h = \left(\frac{Q}{1.434} \right)^{1/2.5}$$

$$h = \left(\frac{0.00322}{1.434} \right)^{1/2.5}$$

$$h = 0.087 \text{ m} \approx 8.72 \text{ cm}$$

$$h = 9 \text{ cm}$$

A continuación se calcula el ancho del vertedero a través de la ecuación 33.

$$b' = 2 \times h$$

$$b' = 2 \times 9 \text{ cm}$$

$$b' = 18 \text{ cm}$$

- **Pérdidas de carga en el filtro grueso dinámico**

Se han calculado pérdidas de carga con una velocidad de 2 m/h para el lecho filtrante, se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 28: Pérdidas de carga para el lecho filtrante - FGD_i

Capa	Tamaño de la grava (mm)	Nre	C _D	Pérdidas (m)
Superior	3.0	1.84	13.39	0.012
Intermedio	6.0	3.73	8.31	0.0034
Interior, fondo	13.0	8.09	4.36	0.0008

Fuente: Elaboración propia

Para determinar las pérdidas de carga en el lecho filtrante del sistema se ha calculado la ecuación del número de Reynolds, conociendo un valor de 1.86 para la capa superior (temperatura del agua 25 °C).

$$Nre = \frac{\rho \times V \times L}{\mu}$$

$$Nre = \frac{997 \times 0.00055 \times 0.003}{0.00089}$$

$$Nre = 1.84$$

El coeficiente de arrastre se calcula desarrollando la siguiente ecuación, para el cual se ha conocido un valor de 2602.30.

$$C_D = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0.34$$

$$C_D = \frac{24}{1.84} + \frac{3}{\sqrt{1.84}} + 0.34$$

$$C_D = 13.79$$

Se han encontrado pérdidas de carga de 0.719 m para el lecho filtrante, se calcularon mediante la ecuación descrita a continuación.

$$h = 1.067 \times CD \times \frac{1}{e^4} \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{g}$$

$$h = 1.067 \times 15.49 \times \frac{1}{(0.30)^4} \times \frac{0.60}{0.003} \times \frac{(0.00055)^2}{9.81}$$

$$h = 0.012 \text{ m}$$

Para calcular las pérdidas de carga de las demás capas (intermedio e interior o fondo) se ha utilizado la misma metodología descrita anteriormente.

- Lecho de soporte

Las pérdidas de carga en el lecho de soporte se han calculado mediante la misma metodología anterior, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 29: Perdidas de carga del lecho de soporte - FGD_i

Capa	Tamaño de la grava (mm)	Nre	C _D	Pérdidas (m)
Superior	1	0.62	42.70	0.1061
Segunda	2	1.24	22.31	0.027
Tercera	5	3.11	9.75	0.0048
Inferior	10	6.22	5.39	0.0013

Fuente: Elaboración propia

- Compuerta de entrada

Las pérdidas de carga en la compuerta de entrada serán calculadas a través de la siguiente ecuación.

$$hlf = \frac{K \times V^2}{2g}$$

$$hlf = \frac{(0.2) (0.6438)^2}{(2) (9.81)}$$

$$hlf = 0.0042 \text{ m}$$

- En este caso para la velocidad de flujo.

$$V = \frac{Vf \times Af^2}{Ac}$$

$$V = \frac{(0.2) \times (11.59)^2}{0.01}$$

$$V = 23.18 \text{ m/h} \approx 0.6438 \text{ m/s}$$

$$V = 0.6438 \text{ m/s}$$

- **Compuerta de salida**

Se encontraron pérdidas de carga en la compuerta de salida de 0.0674 m, fueron calculadas a través de la siguiente ecuación.

$$h = \left(\frac{Q}{1.84 \times Lv} \right)^{1/1.5}$$

$$h = \left(\frac{0.00644}{1.84 \times 0.2} \right)^{1/1.5}$$

$$h = 0.0674 \text{ m}$$

• **Sistema de drenaje**

Se calculó el diámetro de la tubería para el sistema de drenaje del FGD_i, conociéndose un valor de 0.17 m, se describe a continuación.

$$D_p = \sqrt{\frac{4 Q_d}{\pi V_p}}$$

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \times 0.0064}{\pi \times 0.3}}$$

$$D_p = 0.165 \text{ m} \approx 165 \text{ mm}$$

Se adopta un diámetro comercial SDR 41 de 160.1 mm o 6" de diámetro.

Se conoció un valor de 0.32 m/s para la velocidad real del dren principal.

$$V_{rp} = \left(\sqrt{\frac{Q_d}{\pi D_p}} \right)^{2/4}$$

$$V_{rp} = \left(\sqrt{\frac{0.00644}{\pi \times 0.1601}} \right)^{2/4}$$

$$V_{rp} = 0.32 \text{ m/s}$$

Para calcular las pérdidas de carga en el dren principal fue necesario calcular el área del mismo, conociendo un valor de 0.020 m².

$$A_d = \frac{(\pi)(D_p)^2}{4}$$

$$A_d = \frac{(3.1416)(0.1601)^2}{4}$$

$$A_d = 0.020 \text{ m}^2$$

Se ha conocido también un perímetro de 0.502 m, el cálculo se describe a continuación.

$$P_d = \pi \times D_p$$

$$P_d = 3.1416 \times 160.1$$

$$P_d = 0.502 \text{ m}$$

El diámetro hidráulico para los drenes principales es de 0.1593 m.

$$d_h = 4 \left(\frac{A_d}{P_d} \right)$$

$$d_h = 4 \left(\frac{0.020}{0.502} \right)$$

$$d_h = 0.1593 \text{ m}$$

Las pérdidas de carga para el dren principal son de 0.107 m, se conocieron calculando la siguiente ecuación.

$$h_d = \frac{0.331 \times L_p / d_h \times (V_{rp})^2}{2g}$$

$$h_d = \frac{0.331 \times 7 / 0.1601 \times (0.32)^2}{2(9.81)}$$

$$h_d = 0.075 \text{ m}$$

Se han diseñado siete unidades de drenes secundarios, uno para cada metro de la longitud del dren principal, para ello se ha utilizado la misma metodología anterior, los resultados se describen a continuación en la tabla número 30.

Tabla 30: Drenes secundarios - FGD

Item	Valor	U/M
Nº de ramales	7	ud
Caudal	0.00092	m ³ /s
Longitud	3.5	m
Diámetro teórico	46.86	mm
Diámetro comercial	57.4	mm
Velocidad real	0.35	m/s
Pérdida de carga	0.130	m
Total en pérdidas de los drenes, principal y secundarios.	0.206	m

Fuente: Elaboración propia

4.4.9.2 Filtro lento en arena

Se ha diseñado el filtro lento en arena y consta de los siguientes elementos (ver anexos ilustraciones 45 y 46, páginas XIV - XV).

- Caja de filtración y su estructura de entrada

La caja del filtro posee un área superficial de 77.28 m² (calculada mediante la ecuación 30 y descrita a continuación en el dimensionamiento del filtro), la misma está condicionada por el número de filtros especificados para operar en paralelo, en este caso se han considerado 2 unidades de filtración lenta en arena.

La estructura consta de un vertedor de excesos, canales o conductos para distribución, dispositivos para medición y control de flujo, cámara de entrada y ventana de acceso al filtro propiamente dicho.

- Lecho filtrante

El medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio.

En la siguiente tabla, se muestran los criterios de diseño del lecho filtrante.

Tabla 31: Granulometría del lecho filtrante - FLA

Criterios	Valor	U/M
Altura inicial de la arena	1	M
Altura mínima de la arena	0.50	M
Diámetro efectivo	0.15 – 0.35	Mm
Coefficiente de uniformidad aceptable	<3	-
Coefficiente de uniformidad deseable	1.8 – 2.0	-
Altura del lecho de soporte (incluye drenaje)	0.3	M

Fuente: (Montero, 1999, pág. 136)

El lecho de soporte tendrá las siguientes características.

Tabla 32: Granulometría para el lecho de soporte – FLA

Capa	Diámetro de la partícula (mm)	Espesor de la capa (m)
Inferior	25.4 – 50.8	0.10
Tercera	12.7 – 25.4	0.10
Segunda	6.35 – 12.7	0.5
Superior	3.18 – 6.35	0.5

Fuente: (INAA, 1999, pág. 68)

- Capa de agua sobrenadante

Se diseñó una altura de agua sobrenadante de 1 m y un borde libre de 0.2 m.

- **Dispositivos para regulación, control y rebose**

El filtro lento constara de los siguientes dispositivos para su correcto funcionamiento (ver anexos ilustración 45).

- a. Válvula para controlar entrada de agua pre-tratada y regular velocidad de filtración.
- b. Dispositivo para drenar capa de agua sobrenadante, "cuello de ganso".
- c. Conexión para llenar lecho filtrante con agua limpia.
- d. Válvula para drenar lecho filtrante.
- e. Válvula para desechar agua tratada.
- f. Válvula para suministrar agua tratada al depósito de agua limpia.
- g. Vertedero de entrada.
- h. Indicador calibrado de flujo.
- i. Vertedero de salida.
- j. Vertedero de excesos.

• **Dimensionamiento del filtro lento en arena**

- **Área superficial del filtro**

Se conoció un valor de 57.96 m² para el área superficial del filtro y se ha calculado mediante la ecuación 34.

$$A_s = \frac{Q_d}{N \times V_f}$$

$$A_s = \frac{23.18}{2 \times 0.2}$$

$$A_s = 57.96 \text{ m}^2$$

- **Coefficiente mínimo de costos**

Se calculó a través de la ecuación 35, conociéndose un valor de 1.33.

$$K = \frac{2 \times N}{N + 1}$$

$$K = \frac{2 \times 2}{2 + 1}$$

$$K = 1.33$$

- Longitud de unidad

Se calculó mediante la ecuación 36, a través de la cual se conoció un valor de 9 m.

$$L = (A_s \times K)^{1/2}$$

$$L = (57.96 \times 1.33)^{1/2}$$

$$L = 8.78 \approx 9 \text{ m}$$

$$L = 9 \text{ m}$$

- Ancho de unidad

Se obtiene calculando la ecuación 37 y se conoció un valor de 7 m de ancho para cada unidad.

$$b = \left(\frac{A_s}{K}\right)^{1/2}$$

$$b = \left(\frac{57.96}{1.33}\right)^{1/2}$$

$$b = 6.60 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$$

- Velocidad de filtración real

Se calculó la ecuación 38 para obtener la velocidad de filtración, conociendo un valor de 0.18 m/h.

$$V_r = \frac{Q_d}{2 \times L \times b}$$

$$V_r = \frac{23.18}{2 \times 9 \times 7}$$

$$V_r = 0.18 \text{ m/h}$$

- **Pérdidas de carga en el filtro lento en arena**
- **Lecho filtrante**

Para determinar las pérdidas de carga en el lecho filtrante del sistema se ha utilizado la misma metodología de cálculo del FGD_i, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 33: Pérdidas de carga del lecho filtrante - FLA

Tamaño de la arena(mm)	N _{re}	C _D	Pérdidas (m)
0.15	0.0093	2602.30	0.719

Fuente: Elaboración propia

- **Lecho de soporte**

Las pérdidas de carga en el lecho de soporte se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 34: Pérdidas de carga en el lecho de soporte - FLA

Capa	Diámetro de la partícula (mm)	N _{re}	C _D	Pérdidas (m)
Inferior	25.4	1.58	17.90	0.000029
Tercera	12.7	0.79	34.07	0.000111
Segunda	6.35	0.39	65.84	0.000429
Superior	3.18	0.19	128.35	0.001672

Fuente: Elaboración propia

- **Compuerta de entrada y salida**

Las pérdidas de carga en la compuerta de entrada y salida son de 0.00105 m y 0.0674 m, respectivamente

• **Sistema de drenaje**

Para calcular el diseño del sistema de drenaje del filtro lento en arena, se ha utilizado la misma metodología utilizada en el cálculo del sistema de drenaje del FGD_i.

Se detallan los resultados a continuación para el dren principal.

Tabla 35: Drenes principales del FGD_i

Item	Valor	U/M
Diámetro teórico	0.17	m
Diámetro comercial	160.1	mm (SDR 41)
Velocidad real	0.32	m/s
Área	0.020	M ²
Perímetro	0.502	m
Diámetro hidráulico	0.1593	M
Pérdida de carga	0.107	M

Fuente: Elaboración propia

Se han diseñado siete unidades de drenes secundarios, uno para cada metro de la longitud del dren principal, los resultados se describen a continuación.

Tabla 36: Drenes secundarios - FGD_i

Item	Valor	U/M
Nº de ramales	10	ud
Caudal	0.00064 4	m ³ /s
Longitud	3.5	m
Diámetro teórico	39.21	mm
Diámetro comercial	45.9	mm
Velocidad real	0.389	m/s
Pérdida de carga	0.194	m
Total en pérdidas de los drenes, principal y secundarios.	0.303	m

Fuente: Elaboración propia

4.4.10 Desinfección

A como anteriormente se abordó, el análisis de calidad de agua mostro resultados que están dentro de los valores establecidos por la norma CAPRE, por lo tanto para que el agua sea apta para el consumo humano únicamente será necesario una desinfección con hipoclorito de sodio, la dosis se calcula mediante la ecuación 16 y a continuación se presentan los detalles del cálculo en la tabla 37.

$$C_a = \left(\frac{Q \times C}{1000} \right)$$

$$C_a = \left(\frac{556.416 \times 2.13}{1000} \right)$$

$$C_a = 0.79 \text{ Kg}_{\text{cloro}}/\text{día}$$

Tabla 37: Desinfección

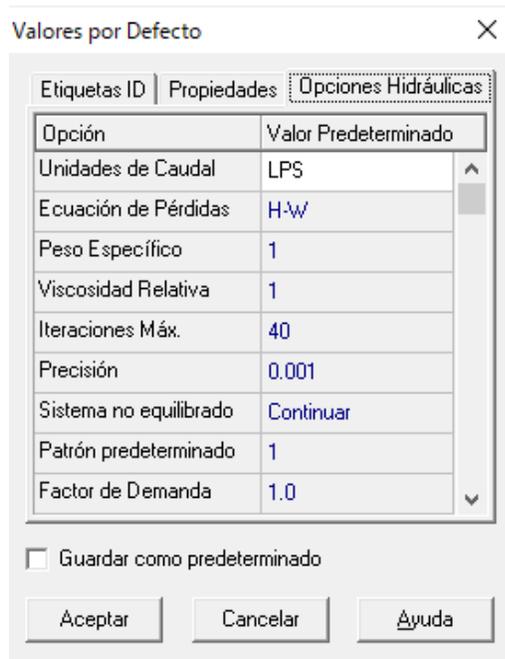
Requerimiento según la norma y aplicación		
ITEMS	Cantidades	UDM
Hipo cloración para capacidades menores de:	1	kg/día
Caudales como máximo	8.2	l/s
Concentración hipoclorito comercial	130	gr/L
Caudal del proyecto	6.44	l/s
Aplicación	0.79	kg/día
Volumen necesario de hipoclorito comercial concentrado 130 gr/L	6.08	L/día
Cálculo de la capacidad		
Operación del sistema	16	h por día
Volumen por día	370,944	L
Q	370.944	m ³ /día
C (Dosis de cloro a aplicar)	2.13	mg/L
Ca (Capacidad)	0.79	Kg Cloro/día
Forma de aplicación		
Dilución en:	52.69	L
Concentración de la solución de hipoclorito	1.5%	Según la norma 1% al 3%
Aplicación de la solución de cloro	3.29	L/h
	1097.78	gotas/min

Fuente: Elaboración propia

4.4.11 Análisis hidráulico del sistema

La simulación hidráulica de todos los componentes del sistema (línea de conducción y red de distribución) se realizó con EPANET, el cual se configuró para pérdidas de cargas calculadas con Hazen-Williams, caudales en litros por segundo, altura y presión en metros a como se muestra en la ilustración 15.

Ilustración 15: Configuración del software Epanet



Fuente: Elaboración propia

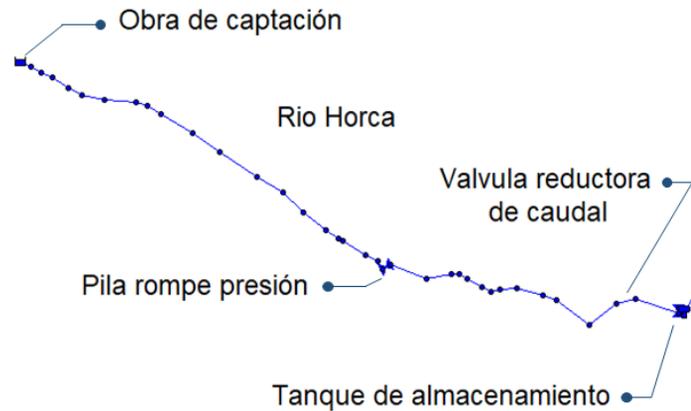
Ilustración 16: Simulación hidráulica de la línea de conducción y red de distribución



Fuente: Elaboración propia

4.4.11.1 Simulación de la línea de conducción

Ilustración 17: Simulación hidráulica de la línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

Se simuló la línea de conducción que tiene una longitud de 4152.68 m y ha sido diseñada con tubería PVC SDR 26 ASTM 2241, dividida en 3 tramos de acuerdo a sus diámetros de 3, 4 y 6 pulgadas.

Los resultados de la simulación fueron los siguientes:

Desde la fuente al tanque la línea de conducción tiene una carga estática de 86 m, a lo largo de su longitud fue necesario instalar una pila rompe presión y una válvula limitadora de caudal, en general los resultados hidráulicos se presentan en las tablas número 18 -1 9 y puede observarse que en cada tramo se cumplen las presiones que establece la norma. La altura piezométrica y distribución de presiones a lo largo de la línea de conducción se presenta en las tablas 38 – 39 e ilustraciones 18 - 19 y en anexos tablas 48 y 49.

Tabla 38: Características hidráulicas de la tubería - Línea de conducción

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal lps	Velocidad m/s	Pérd. Unit m/km
Tramo 1-SDR26-6"	360.39	155.30	6.44	0.34	0.76
Tramo 2-SDR26-4"	810.80	105.50	6.44	0.74	4.99
Tramo 3-SDR26-3"	2981.49	82.00	6.44	1.22	15.66

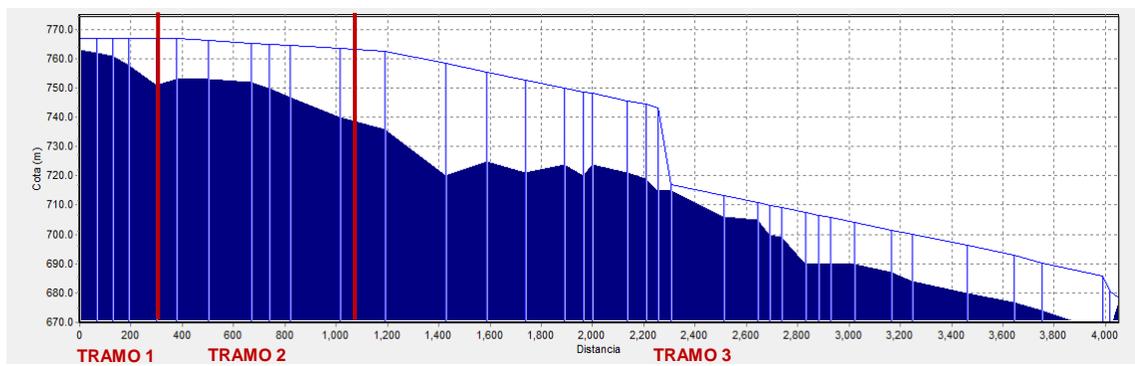
Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Características hidráulicas de los nodos – Línea de conducción

Rango	Cota m		Altura m		Presión	
	Máximo	Mínima	Máximo	Mínimo	Máxima	Mínima
Tramo 1-SDR26-6"	763	753	763	762.3	0	9.73
Tramo 1-SDR26-4"	753	736	762.73	678	22.68	9.11
Tramo 1-SDR26-3"(A)	736	667	758.68	680.27	34.62	1

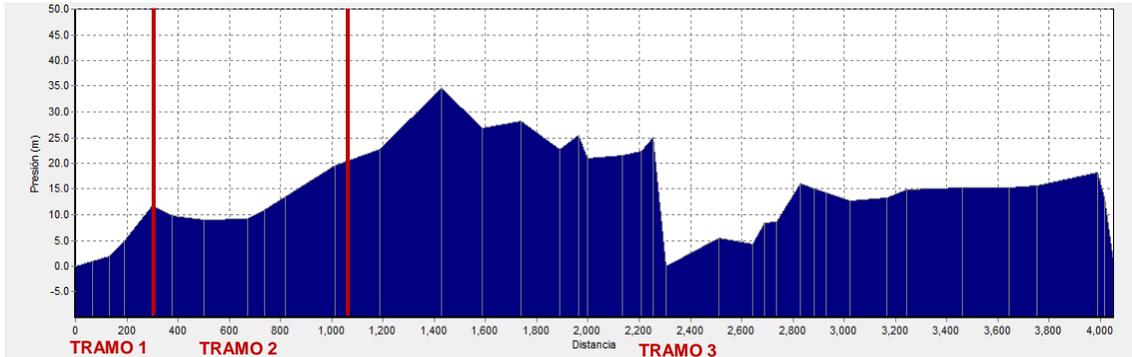
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 18: Perfil longitudinal de cota y altura piezométrica (Línea de conducción)



Fuente: Elaboración propia

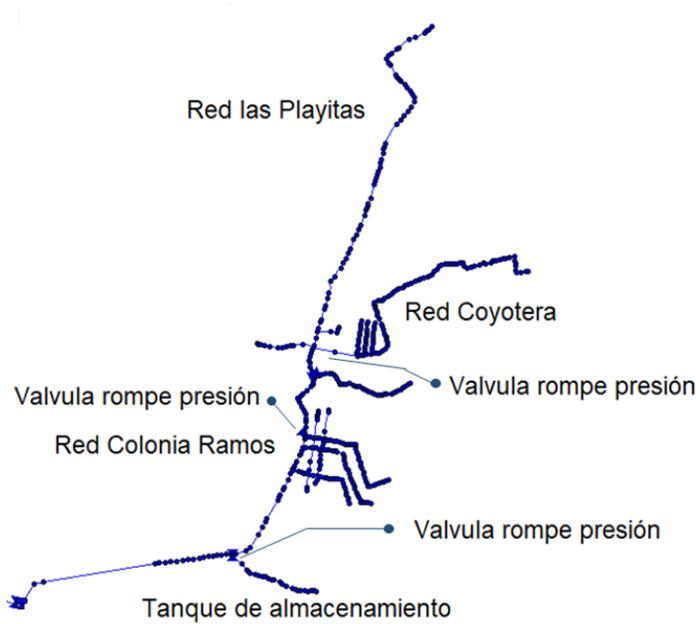
Ilustración 19: Perfil longitudinal de presión (Línea de conducción)



Fuente: Elaboración propia

4.4.11.2 Simulación de la red de distribución

Ilustración 20: Simulación hidráulica de la red de distribución



Fuente: Elaboración propia

Se ha simulado la red de distribución en tres sectores que se han determinado según la distribución espacial de los usuarios. En total la red de distribución tiene una longitud de 9.84 km y se diseñó con diámetros de tubería PVC SDR 26 de 4, 3, 2 y 1 ½ pulgadas, a través de los cuales circula y se distribuye un caudal máximo horario equivalente a 10.24 lps.

En la tabla número 40 se presenta la distribución del caudal máximo horario según la demanda de cada uno de los tres tramos de la red, la asignación de caudales a cada sector se basó en el número de viviendas que recibirán el servicio, optándose por este método debido a que las longitudes no se relacionan con la cantidad de viviendas que en ellas hay; pudiendo por ejemplo haber una gran longitud con pocas viviendas o por el contrario una longitud pequeña con muchas viviendas.

Tabla 40: Asignación de caudales de la red de distribución

Tramo	Longitud (m)	Cantidad de viviendas	Caudal (l/s)
Red Colonia Ramos	5,415.55	329	7.06
Red Coyotera	2,125.247	119	2.55
Red Las Playitas	2,300.533	29	0.62
Total:	9,841.33	477	10.24

Fuente: Elaboración propia

Desde el tanque al final de la red de distribución hay una carga estática de 87 m y fue necesario instalar tres válvulas rompe presión, además de válvulas de limpieza y válvulas de admisión y expulsión de aire, las características hidráulicas de la red de distribución se presentan en anexos tablaS 50 - 55, se describen en tres tramos y de acuerdo al diámetro de tubería.

- **Red Colonia Ramos**

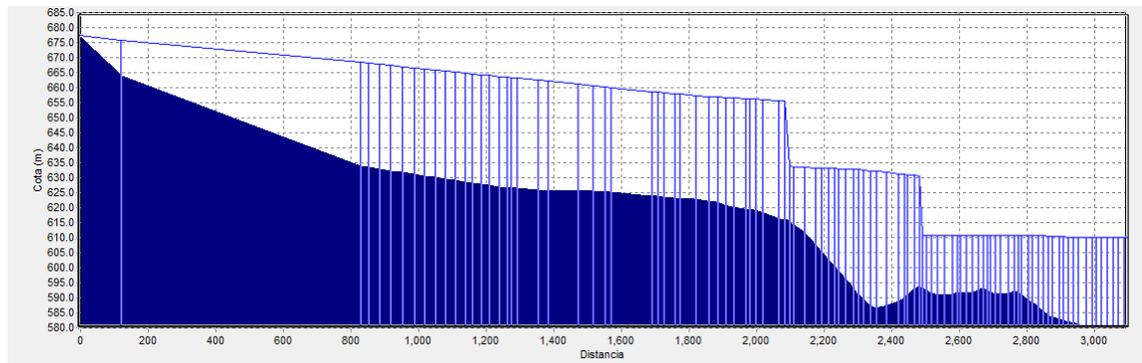
El presente tramo se ha diseñado con tubería PVC SDR 26 ASTM 2241 diámetro de 4, 3, 2 ½, 2, 1 ½ y 1 pulgadas, tiene una longitud de 5.415 km, en general los detalles se presentan a continuación:

Tabla 41: Características hidráulicas de la red de distribución (Colonia Ramos)

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Presión		Altura piezométrica		Velocidad
			Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	
105.5	1958	10.19	37.05	8.83	677	657.23	1.17
82	264.112	3.45	42.47	35.33	656.47	632.77	0.93
67.4	231.283	3.45	45.54	35.13	657.21	630.77	0.97
55.7	1495.084	1.64	41.56	35.78	656.38	653.33	0.74
44.6	1401.428	1	32.7	17.01	656.03	543.37	0.64
30.4	65.643	0.28	27.62	24.2	610.53	610.1	0.39

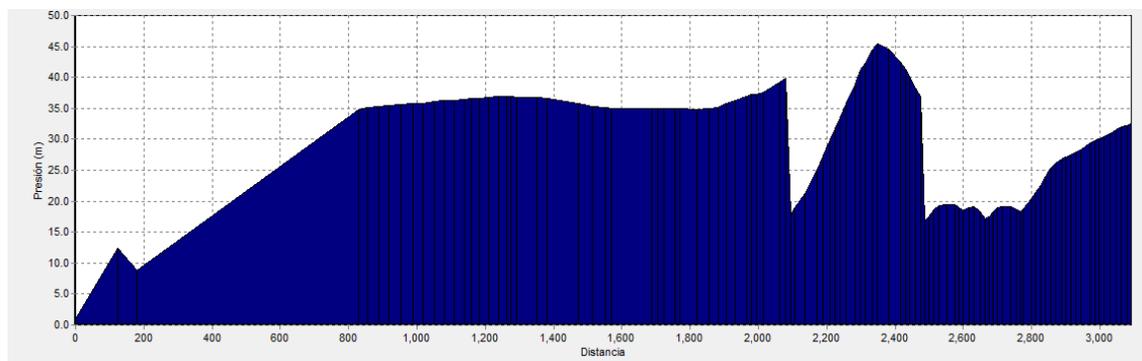
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21: Perfil longitudinal de cota y altura piezométrica (Red Colonia Ramos)



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 22: Perfil longitudinal de presión (Red Colonia Ramos)



Fuente: Elaboración propia

- **Red Coyotera**

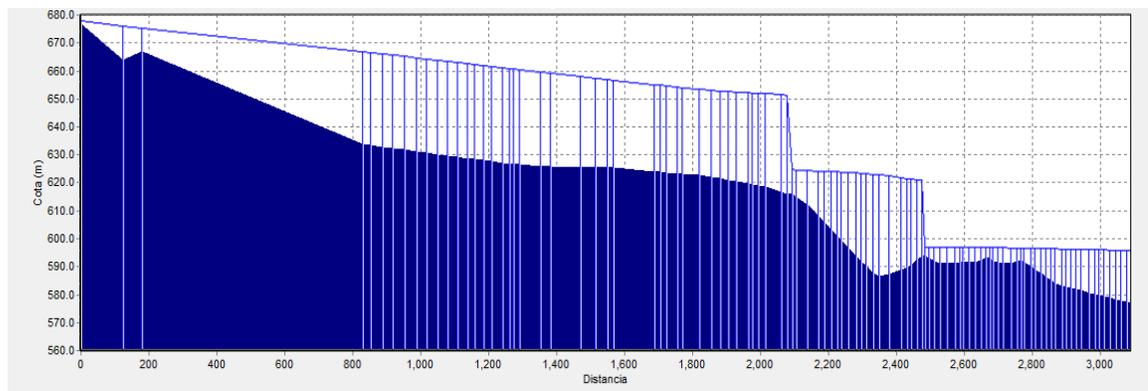
El segundo tramo de la red de distribución se diseñó con tubería PVC SDR 26 ASTM 2241 diámetro de 2 ½ y 1 ½ pulgadas, tiene una longitud de 2.125 km y sus características hidráulicas se presentan a continuación:

Tabla 40: Características hidráulicas de la red de distribución (Coyotera)

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Presión		Altura piezométrica		Velocidad
			Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	
67.4	154.55	3.17	37.01	16.93	630.77	628.94	0.89
44.6	1970.69	1.56	22.99	8.83	627.74	615.43	1

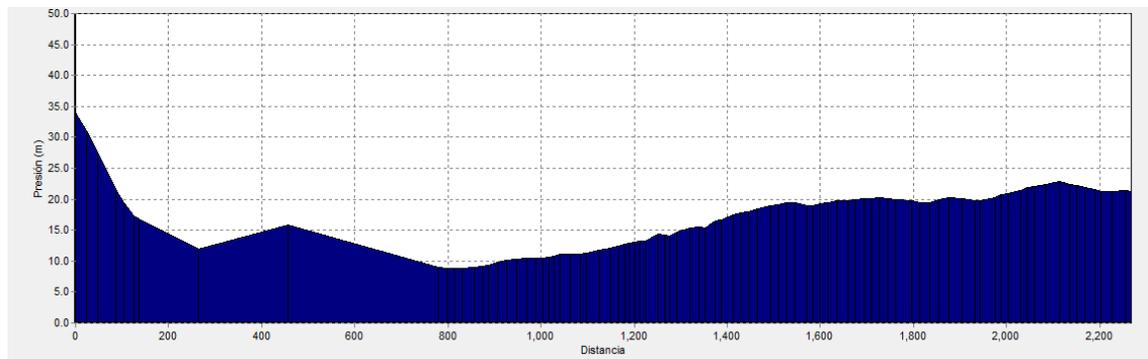
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23: Perfil longitudinal de cota y altura piezométrica (Coyotera)



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 24: Perfil longitudinal de presiones (Coyotera)



Fuente: Elaboración propia

- **Red Las Playitas**

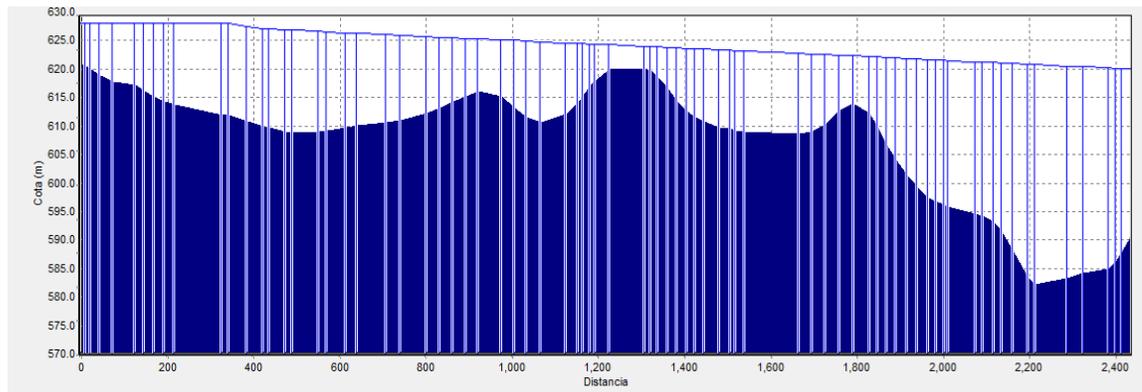
El segundo tramo de la red de distribución se diseñó con tubería PVC SDR 26 ASTM 2241 diámetro de 1 ½ pulgadas, tiene una longitud de 2.125 km, los detalles del diseño hidráulico se presentan a continuación.

Tabla 41: Características hidráulicas de la red de distribución (Las Playitas)

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Presión		Altura piezométrica		Velocidad
			Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	
44.6	2300.533	0.98	40.6	5.67	628.89	622.09	0.63

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 25: Perfil longitudinal de cota y altura piezométrica (Las Playitas)



Fuente: Elaboración propia

4.4.11.3 Simulación del caudal cero

Con el propósito de conocer las máximas presiones hidrostáticas en la red de distribución se realizó una simulación con caudal cero, creando de este modo un escenario con consumo mínimo, es decir, que en la red no hayan pérdidas de carga por fricción lo que provocó el aumento de las presiones en la misma.

En general se encontraron presiones mínimas de 11 m y máximas de 69.29 m, es decir, todas dentro del rango mínimo de 5 m y máximo de 70 m establecidas por la norma (INAA, 1999, pág. 43), siendo además menores que la capacidad máxima de resistencia a presiones de las tuberías PVC SDR 26, según

(AMANCO, 2006, pág. 26) soporta presiones máximas de hasta 112 m (ver anexos tablas 56 – 58).

Los resultados de la simulación se presentan a continuación para cada tramo de la red de distribución.

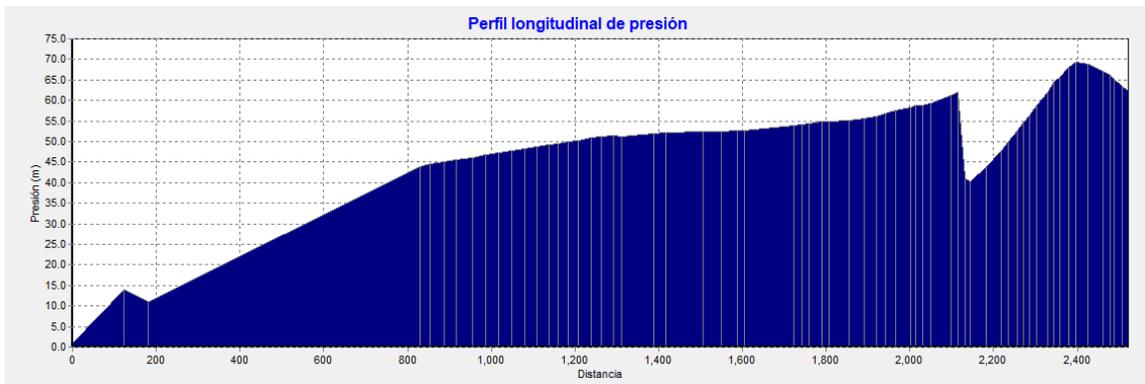
- Red Colonia Ramos

Tabla 42: Simulación de Caudal cero (Colonia Ramos)

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Presión	
		Máx.	Mín.
105.5	1958	59.27	11
82	264.112	65.7	40.8
67.4	231.283	69.29	56.29
55.7	1495.084	65.97	59.91
44.6	1401.428	58.76	31.32
30.4	65.643	53.12	49.07

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 26: Perfil longitudinal de presiones - Caudal cero Colonia Ramos



Fuente: Elaboración propia

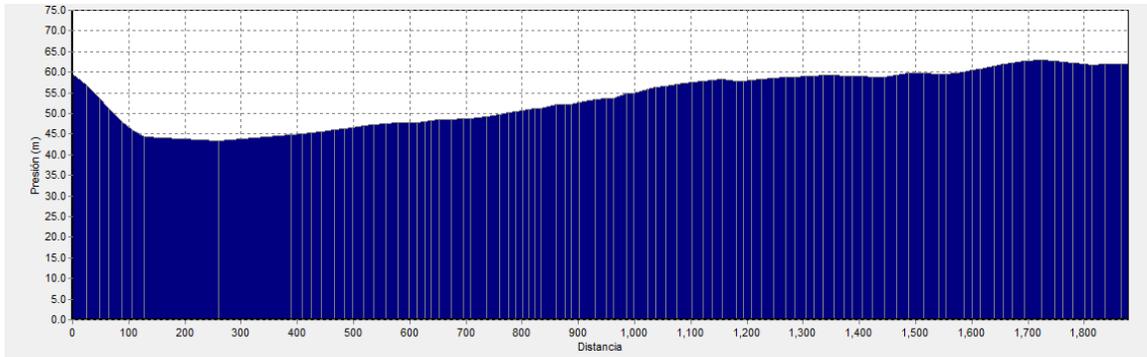
- **Red Coyotera**

Tabla 43: Simulación de Caudal cero (La coyotera)

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Presión	
		Máx.	Mín.
67.4	154.55	59.56	44
44.6	1970.697	63.11	43.41

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 27: Perfil longitudinal de presiones - Coyotera



Fuente: Elaboración propia

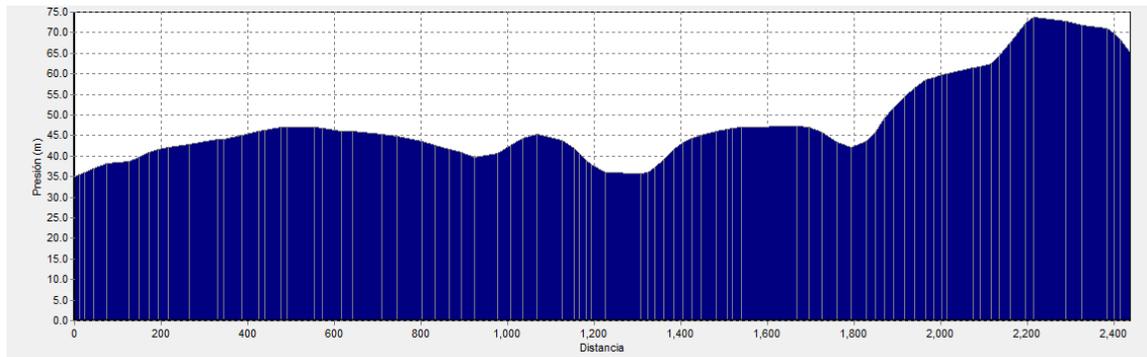
- **Red Las Playitas**

Tabla 44: Simulación del caudal cero (Las Playitas)

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Presión	
		Máx.	Mín.
44.6	2300.533	68.83	35.8

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28: Perfil longitudinal de presiones



Fuente: Elaboración propia

4.4.11.4 Válvulas en la red de distribución

En el diseño hidráulico de la red de distribución se han instalado 20 válvulas de compuerta con el objetivo de realizar el control de flujo en la operación de la misma o bien para mantenimiento rutinario o por desperfectos que pueda presentar, también se instalaron 9 válvulas de limpieza con capacidad de resistencia a las presiones de 250 psi y para minimizar el golpe de ariete por efecto neumático se instalaron 17 válvulas de ventosa las que permitirán la expulsión de aire al momento de llenado de la red y la admisión del aire en su vaciado; así mismo fue necesario ubicar 3 válvulas reguladoras de presión, las que aseguran presiones mínimas de 5 m y máximas de 50 m (planos de diseño lámina 22 a 29).

En la tabla 45 se presenta un resumen de las válvulas que se instalaron en la red de distribución y en la tabla de anexos 59 los detalles de cada una de ellas.

Tabla 45: Válvulas en la red de distribución

Red de distribución	Tipo de válvula			
	Compuerta	Aire	Limpieza	Reguladora de caudal
Colonia Ramos	10	10	3	2
Coyotera	4	3	3	1
Las Playitas	6	4	3	-

Fuente: Elaboración propia

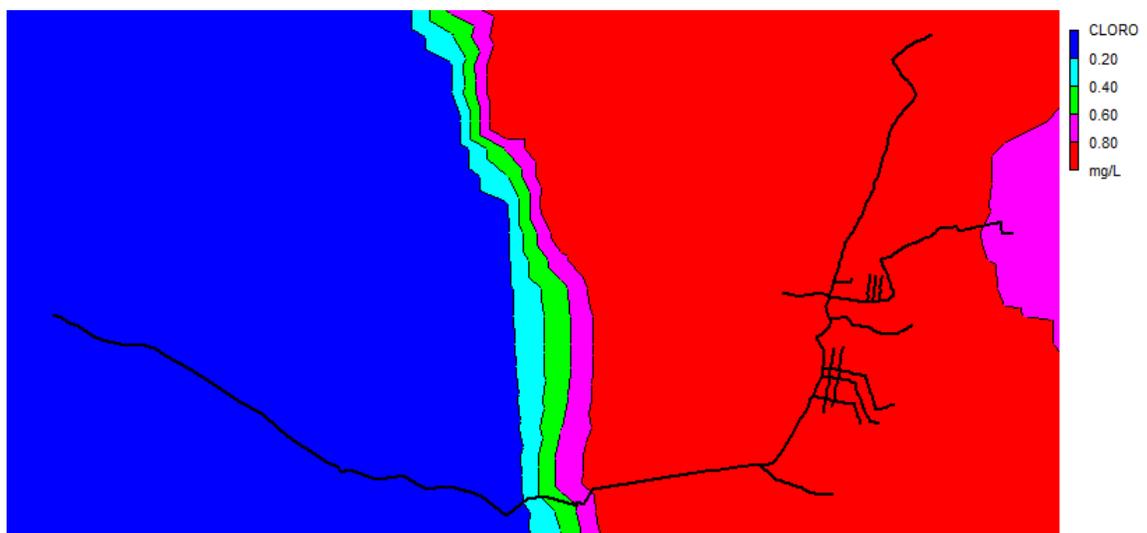
4.4.11.5 Simulación del cloro

El cloro residual es la sustancia química que queda después que el cloro ha hecho gran parte del proceso desinfectante, es decir que el agua al ser transportada a través de la red de distribución sigue su proceso de desinfección, para conocer estas concentraciones de cloro residual dentro de la red se ha simulado en Epanet la aplicación de cloro.

El primer día de funcionamiento del sistema, pasadas trece horas el cloro residual se ha esparcido a lo largo de toda la red de distribución, la simulación ofrece resultados con concentraciones de 1.47 mg/l al inicio de la red y 0.73 mg/l al final de la misma, a 16 horas se conocen concentraciones de 1.02 mg/l y 0.62 mg/l respectivamente, finalmente luego de 24 horas en marcha las concentraciones son de 0.52 mg/l y 0.32 mg/l respectivamente; todos los valores descritos anteriormente están dentro los valores permitidos por la norma (INAA, 1999, pág. 99)

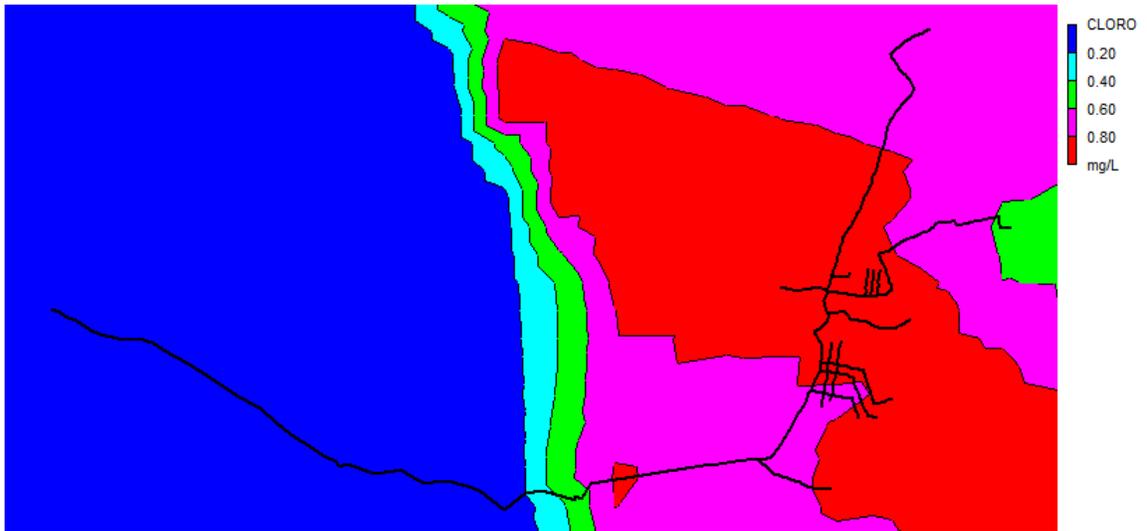
En las siguientes ilustraciones se muestran las concentraciones del cloro residual a 13, 16 y 24 horas de funcionamiento del sistema.

Ilustración 29: Simulación del cloro a 13 horas de funcionamiento de la red de distribución



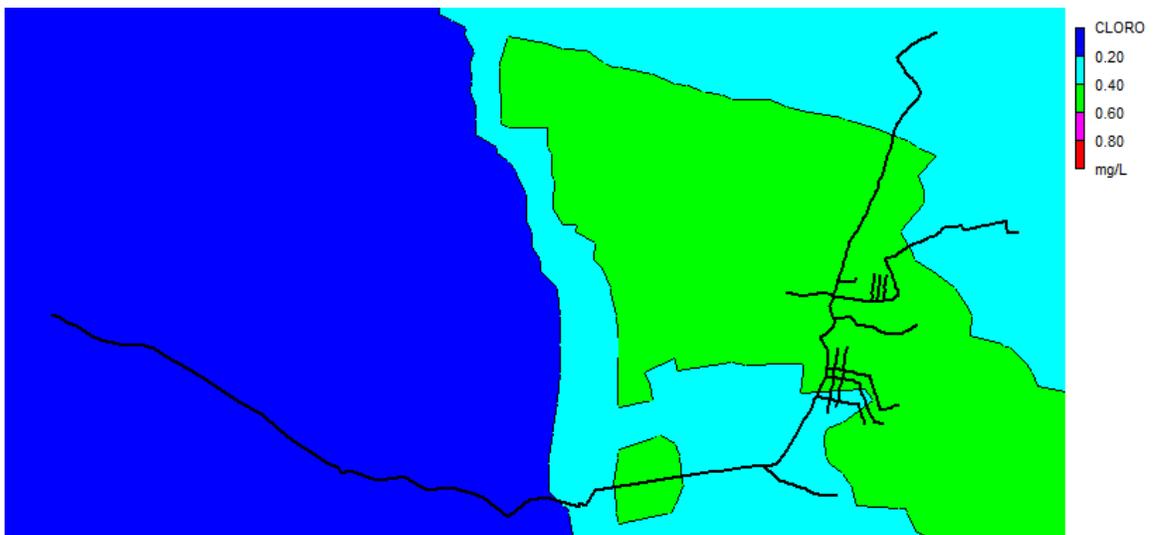
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 30: Simulación del cloro a 16 horas de funcionamiento de la red de distribución



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 31: Ilustración 27: Simulación del cloro a 24 horas de funcionamiento de la red de distribución

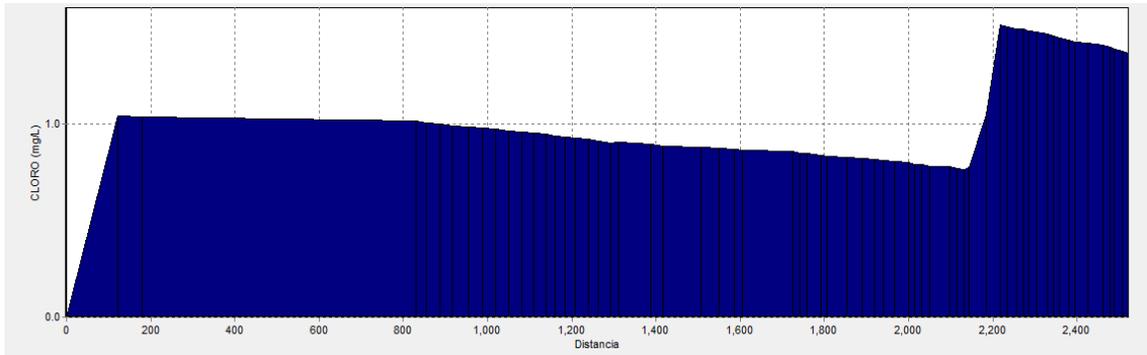


Fuente: Elaboración propia

A continuación se ilustra la simulación del cloro residual a las 13 y 24 horas de funcionamiento del sistema para cada tramo de tubería:

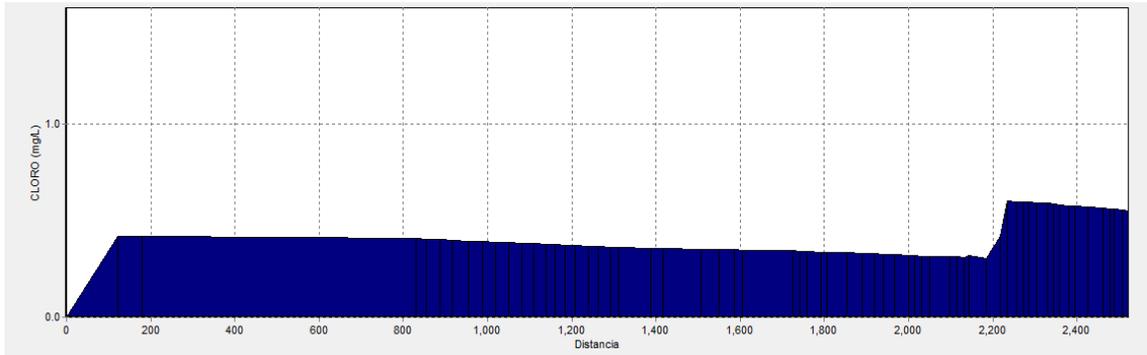
- Red Colonia Ramos

Ilustración 32: Perfil longitudinal de cloro a las 13 horas (Red Colonia Ramos)



Fuente: Elaboración propia

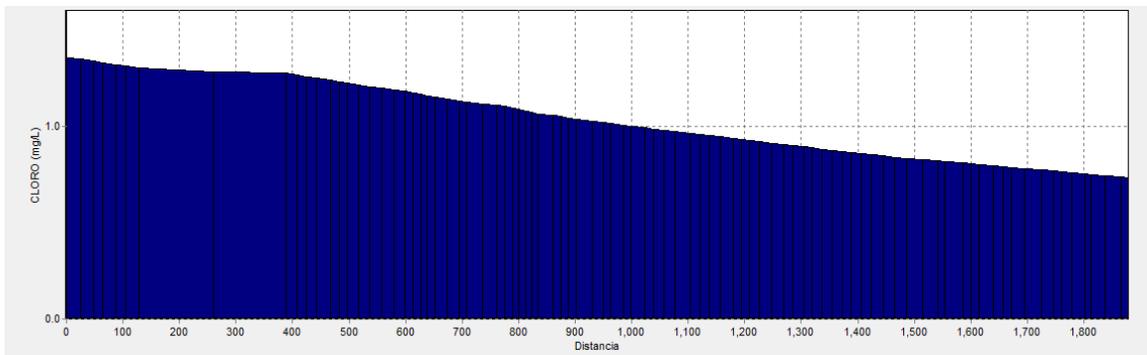
Ilustración 33: Perfil longitudinal de cloro a las 24 horas (Red Colonia Ramos)



Fuente: Elaboración propia

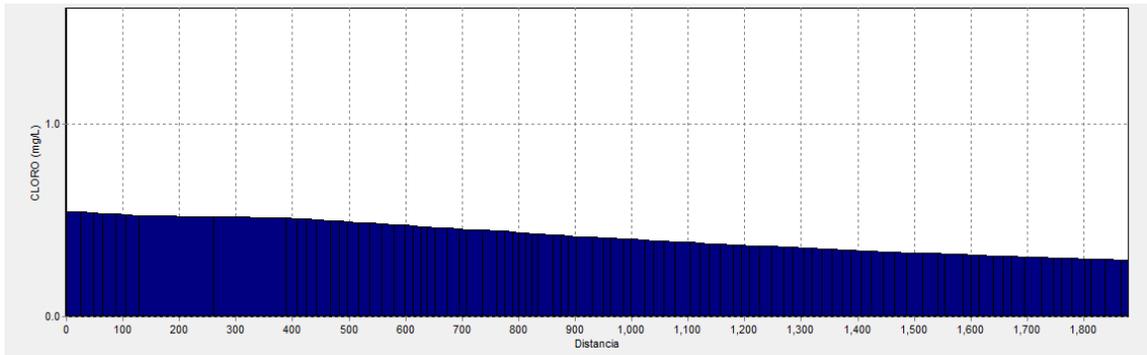
- Red Coyotera

Ilustración 34: Perfil longitudinal de cloro a las 13 horas (Red Coyotera)



Fuente: Elaboración propia

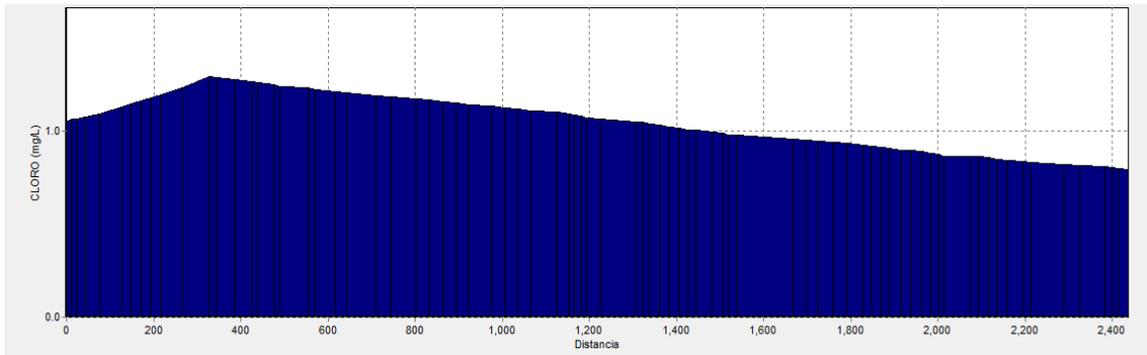
Ilustración 35: Perfil longitudinal de cloro a las 24 horas (Red Coyotera)



Fuente: Elaboración propia

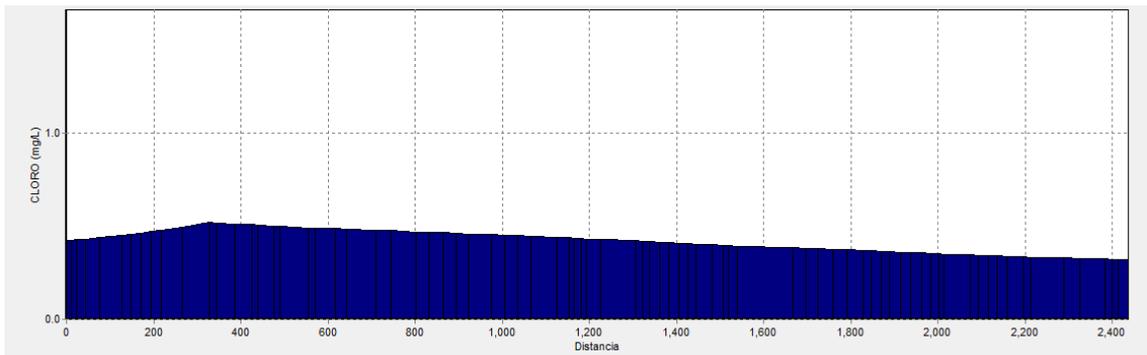
- Red Las Playitas

Ilustración 36: Perfil longitudinal de cloro a las 13 horas (Red Las Playitas)



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 37: Perfil longitudinal de cloro a las 24 horas (Red Las Playitas)



Fuente: Elaboración propia

4.4.12 Conexiones domiciliarias

El diámetro de tubería para cada conexión domiciliar será de ½ pulgada (15.8 mm). En su diseño todas las conexiones tienen incluido un medidor con su correspondiente regulador de flujos.

En total son 477 conexiones domiciliarias, equivalente a una por vivienda, con lo que se le dará cobertura a toda la comunidad Germán Pomares Ordóñez, en la tabla 46 se muestra la cantidad de conexiones domiciliarias para cada tramo de red de distribución.

Tabla 46: Conexiones domiciliarias

Red	Longitud (m)	Conexiones domiciliarias
Colonia Ramos	987	329
La coyotera	357	119
Las playitas	87	29
Total	1431	477

Fuente: Elaboración propia

4.5 Presupuesto

Se ha calculado el costo aproximado para todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable, el cual se ha realizado según los costos unitarios del catálogo del NUEVO FISE. (FONDO DE INVERSION SOCIAL DE EMERGENCIA - FISE, 2020, págs. 152-159)

El costo total del proyecto asciende a un monto de moneda nacional de C\$ 21, 289,332.23 (Veintiún millones, doscientos ochenta y nueve mil trescientos treinta y dos córdobas con veintitrés centavos).

En la tabla número 47 se muestra el presupuesto por etapas, y en la tabla anexos se detalla el presupuesto a nivel de actividades y en anexos tabla 60, página LIX el desglose del mismo.

Tabla 47: Prepuesto por etapas del proyecto

Etapa	Descripción	Total (C\$)
310	Preliminares	509, 814.000
320	Línea de conducción	6,491,536.590
330	Red de distribución	10, 871,185.430
335	Tanque de almacenamiento	258,296.160
340	Fuente y obra de toma	152,350.000
350	Conexiones	224,280.630
370	Limpieza final y entrega	5,000.000
	IVA	2,776,869.420
	Costo total del proyecto	21,289,332.230

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

• Conclusiones

Al finalizar el presente trabajo monográfico se concluye:

- Se conoció que la población de la comunidad Germán pomares Ordóñez en su totalidad carece del servicio de agua potable segura y que un 100% se abastece de diversas fuentes superficiales cuyas aguas se utilizan sin ningún tratamiento para su potabilización.
- El relieve encontrado tiene características montañosas con una elevación máxima de 763 msnm, una mínima de 577.23 msnm y una diferencia de nivel de 185.23 m.
- Al aforar la fuente se encontró que el caudal es de 25.05 l/s, caudal suficiente para satisfacer la demanda de agua de la población.
- El análisis de calidad de agua realizado por el laboratorio PIENSA DE LA UNI ofreció resultados con parámetros que cumplen con los rangos establecidos en la norma CAPRE.
- Para el diseño hidráulico del sistema fue necesario ubicar en la línea de conducción una pila rompe presión y una válvula limitadora de caudal, además de colocar en la red de distribución 3 válvulas reguladoras de presión, en general para el buen funcionamiento y operación del sistema se ubicaron válvulas de aire, limpieza y compuerta.
- El presupuesto total para la ejecución del proyecto es de C\$ 21,289,332.23, basado en el catálogo de precios del nuevo FISE.

- **Recomendaciones**

- Ejecutar la realización del proyecto a la brevedad posible debido a la severa falta de agua potable segura que afecta a 1868 habitantes, entre ellos el 29.23% son menores de edad.
- Realizar obras de protección para los tramos de tuberías más expuestos a posibles derrumbes de taludes y por el tránsito de ganado.
- Monitorear el caudal de la fuente año con año y asegurar el cuidado de la misma evitando el despale a sus alrededores y reforestando.
- Evitar la contaminación de la fuente creando un cerco perimetral que impida la llegada de animales y personas no autorizadas.
- Crear un comité CAPS (comité de agua potable y abastecimiento), que garantice una buena administración, operación y funcionamiento del sistema.
- Establecer a través del CAPS una tarifa por el servicio de agua potable, la cual permita generar un fondo de inversión comunal para el mantenimiento del sistema.
- Designar y/o contratar un fontanero permanente que de un mantenimiento de calidad y mantenga en óptimas condiciones de operación el sistema de abastecimiento y todos sus componentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Morales, F. (2015). *Abastecimiento de Agua para comunidades rurales*. Ecuador: Ediciones Utmach .
- Alcaldía de San Fernando. (2017). *Caracterizacion Municipal*. Municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia: Alcaldía de San Fernando.
- Alcaldía Municipal de San Fernando. (2020). *Datos generales, medio ambiente, población, agua y saneamiento del municipio de San Fernando Nueva Segovia*. San Fernando, Nueva Segovia.: Alcaldía de San Fernando.
- AMANCO. (2006). *Manual técnico tubosistema*. Guatemala: AMANCO.
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (09 de Enero de 2003). Reglamento de la Ley General de Salud. *Decreto Ejecutivo N°. 001-2003 Reglamento de la Ley General de Salud*. Managua, Nicaragua.
- Cedeño, A. C. (2016). *Hidráulica e hidrología para ingeniería*. Rusia, Moscú.
- Chow, J. L. (2006). *Metodo fácil de diseño de riego por goteo*. Estelí, Nicaragua: El Esteliano.
- Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, MIFIC. (2020). *Diseño de Sistemas de Agua Potable NTON 09 007 - 19*. Managua, Nicaragua.
- Comite coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento. (1994). *Norma Regional CAPRE*. San José, Costa Rica.
- Corantioquia. (2011). *Medicion del Caudal - Programa Integral Red de Agua*. Medellin, Colombia .
- Direccion y evaluacion de proyectos - Brasil. (2017). *Direccion y Evaluacion de proyectos, presupuestos de obras*. Rio de Janeiro.
- Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. (2012). *Catedra de Ingeniería Rural*. España.

- FONDO DE INVERSION SOCIAL DE EMERGENCIA - FISE. (2020). *Modulo de costos y presupuestos de proyectos, catalogo de costos primarios*. Managua.
- Gamez Morales, I. R. (2015). *Topografía General*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Gaspari, F. J. (2012). *Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires Argentina*. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Plata.
- INAA. (1999). *Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense para el Abastecimiento de Agua Potable en la Zona Rural-NTON 09001-99*. Managua, Nicaragua.
- INAA. (1999). *Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003-99)*. Managua, Nicaragua.
- INIDE. (2008). *San Fernando en Cifras*. Managua.
- Instituto Nacional de Ecología. (2004). *Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancitaro*. Ciudad de México: Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático - ICC. (2017). *Manual de medición de caudales*. Guatemala: ICC.
- López Cualla, R. A. (1995). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ministerio de Transporte e infraestructura. (2008). *Manual para la revisión de Estudios Topográficos*. Managua, Nicaragua: Corea y Asociados S.A.
- Montero, G. G.-J. (1999). *Filtración en múltiples etapas*. Santiago de Cali: Artes gráficas de Univalle.
- Morán, W. C. (2003). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*. Lima, Perú.
- OMS. (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Ginebra, Suiza: Ediciones de la OMS.

- OMS, UNICEF. (2019). *Progresos en Materia de Agua Potable, Saneamiento e Higiene, 2000 - 2017*. New York / Ginebra: Richard Steele.
- Ordóñez, J. J. (2011). *Balance hídrico superficial*. Lima. Perú: SENAMHI.
- Ponce Rodas, A. M. (2005). *Técnicas de procesamiento de datos en censos y encuestas*. Guatemala.
- Real Academia Española. (2016). *Diccionario Panhispánico del Español Jurídico*. España: Espasa.
- SIASAR FISE. (2020). *SIASAR FISE*. Obtenido de Siasar Nicaragua: <https://siasar.fise.gob.ni/dashApp/#/sistemas>
- Universidad Industrial de Santander. (2007). *Manual de dibujo para proyectos de Ingeniería Civil*. Bucaramagna.

ANEXOS

ANEXOS

Formato de encuesta (Fuente: Nuevo FISE)

Encuesta N° _____

1. Aspectos demográficos

Propietario de la vivienda _____

¿Cuántas personas habitan en la vivienda?

¿Cuánto niños viven en su hogar y cuál es la edad de cada uno?

Cantidad	Edad (separe edad por medio de comas)

¿Cuántas mujeres viven en su hogar y cuál es la edad de cada uno?

Cantidad	Edad (separe edad por medio de comas)

¿Cuántos hombres viven en su hogar y cuál es la edad de cada uno?

Cantidad	Edad (separe edad por medio de comas)

2. Datos sobre abastecimiento de agua

¿Cuenta con servicio de agua potable en su vivienda?

Si

No

¿Cuál es la procedencia del agua?

Toma domiciliar Cisterna Puesto público

Pozo Rio Otros

¿ De donde obtiene el agua para el consumo humano del Hogar?

¿Cuál cree usted que es la calidad de agua?

Limpia Intermedia Sucia

¿En que almacenan el agua?

Barril Baldes Tanque Pilas Otros

¿En caso de acarrear agua a su hogar qué distancia recorre en metros desde la fuente?

0-50 50-100 100-200 200-300

300-400 400-500 500- a más

¿Cuántos viajes realizan al día para llevar el agua a su hogar?

0 1 2 3 4 a más

¿Cuánto tiempo le toma acarrear el agua en horas?

0 1 2 3 a más

¿Con que frecuencia se abastece de agua?

Diariamente Dos veces al día o más

Semanalmente

¿Quién busca y acarrea el agua en su hogar?

Mujeres Niños Hombres Ancianos

Todos

¿Por causa del agua se ha adquirido enfermedades en su familia?

Si

No

3. Datos socioeconómicos

¿Los Jefes de familia de su hogar cuentan con un trabajo permanente?

Sí No

¿Ingresos promedio mensuales en su hogar, en córdobas?

0-3,000

3,001-5,000

5,001-8,000

8,001-10,000 o más

¿Nivel de escolaridad de las personas que habitan este hogar?

Nivel de escolaridad	Niños	Hombres	Mujeres	Adultos mayores
Primaria				
Secundaria				
Universidad				
Técnico				
Alfabetizado				

Desarenador del antiguo sistema de abastecimiento en la comunidad Germán P. O.



Detalle del desarenador, caudal que llega actualmente.



Detalle del desarenador, sin mantenimiento constante.



Tanque de almacenamiento del antiguo sistema de abastecimiento.



Tanque de almacenamiento del antiguo sistema de abastecimiento.



Equipo de trabajo acompañado de autoridad de la alcaldía de San Fernando.



Realización de levantamiento topográfico.



Realización de levantamiento topográfico, acompañado de un integrante de CAPS.



Realización de levantamiento topográfico en el lugar de estudio.



Autoridad del FISE tomando muestras de un pozo en la comunidad Germán Pomares O.



Autoridad del FISE realizando pruebas de calidad del agua del pozo.



Autoridad del FISE realizando aforo en un pozo en la comunidad Germán Pomares O.



Mujeres de la comunidad recolectando agua para consumo



Una de las maneras de acarrear el agua para muchas mujeres de la comunidad



Ilustración Mujeres y niños acarreando agua para consumo



Ilustración 38: Informe de ensayo físico químicos de aguas naturales



Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Universidad Nacional de Ingeniería
 Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICOS DE AGUAS NATURALES

FQAN-2202-0030.01

LA-PT-09.RTM1

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Fernando Castro Quintanilla		Barrio Llano de la Tejera, Iglesia Sangre de Cristo 300 m al sur		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Fernando Castro Quintanilla		Tesista	fernandocastro1997@gmail.com	8634-2461
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	22/02/2022; 9:55 p.m.		Ingreso de muestra	23/02/2022
Fuente	Rio Horca		Inicio de análisis	24/02/2022
Tipo de muestra/preservación/Estado envase	Agua Superficial/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	03/03/2022
Ubicación de la fuente	Comunidad Germán Pomares - San Fernando		Emisión del informe de resultados	03/03/2022
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	5064
Recolectada por	Fernando Castro		Código de muestra	LA-2204-0137
Supervisor en campo	Ing. Leonardo Chow		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE ¹
2110	Apariencia	Adim	Turbia con materia en suspensión	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.78	6.5 - 8.5**
2550-B	Temperatura	°C	24.40	18 a 30**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	153.00	400**
2130-B	Turbiedad	UNT	4.49	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.00	15
4500-B	Nitratos	mg/L	7.11	50
4500-B	Nitritos	mg/L	<0.003	0.1
4500-D	Cloruros	mg/L	10.50	250
3500-B	Hierro Total	mg/L	0.070	0.3
4500-D	Sulfatos	mg/L	<1.00	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO ₃	41.04	400**
3500-B	Calcio	mg/L	10.50	100**
3500-B	Magnesio	mg/L	3.61	50
8149	Manganeso	mg/L	0.029	0.5
2540-C	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	96.00	1,000
8155	Amonio	mg/L	<0.01	0.05
8131	Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	<0.01	0.05
4500-G	Cloro Residual	mg/L	0.04	0.5-1.00
3500-X	Sodio	mg/L	13.80	200
3500-C	Potasio	mg/L	3.05	10
4500-C	Flúor	mg/L	0.236	0.7

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Adim= Adimensional
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater: 23 RD 2017, MH= Metodología Hach
 EPA = Environmental Protection Agency, ¹Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, **Valor recomendado

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confiabilidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI

.....Fin del Informe.....

Pag. 1/1

220202

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, Web: www.piensa.uni.edu.ni

Fuente: Laboratorios ambientales PIENSA - UNI



Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Universidad Nacional de Ingeniería
 Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

MB-2202-0030.01
 LA-PT-09.RT04

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELEFONO	
Fernando Castro Quintanilla		Barrio Llano de la Tejera, Iglesia Sangre de Cristo 300m al sur		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Fernando Castro Quintanilla		Tesista	fernandocastro1997@gmail.com	8634-2461	
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA		
Fecha y Hora de recolección	22/02/2022 ;09:55 pm		Fecha de	Ingreso de muestra	23/02/2022
Fuente	Rio Horca			Inicio de análisis	23/02/2022
Tipo de muestra/preservación/Estado envase	Agua Superficial/Térmica/Aceptable			Finalización de análisis	25/02/2022
Ubicación de la fuente	Comunidad Germán Pomares-San Fernando			Emisión del informe de resultados	07/03/2022
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	5064	
Recolectada por	Fernando Castro		Código de muestra	LA-2202-0137	
Supervisor en campo	Ing. Leonardo Chow		Muestra No.	Uno (01)	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS		Norma CAPRE ¹
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	1.3*10 ³		Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	3.4*10 ²		Negativo

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: <= menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NR= No Reporta

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency, ¹Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE.

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

Ing. María Leticia Gómez
 Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI

220203

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, Web: www.piensa.uni.edu.ni



Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Universidad Nacional de Ingeniería
 Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYOS DE MICROPOLUENTES

MP-2202-0020.01
 LA-PT-09.RT03

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELEFONO
Fernando Castro Quintanilla		Barrio Llano de la Tejera, Iglesia Sangre de Cristo 300 m al sur		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Fernando Castro Quintanilla		Tesista	fernandocastro1997@gmail.com	8634-2461
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	22/02/2022; 9:55 pm		Ingreso de muestra	23/02/2022
Fuente	Rio Horca		Inicio de análisis	28/02/2022
Tipo de muestra/preservación/ Estado envase	Agua Superficial/ Térmica/ Aceptable		Finalización de análisis	28/02/2022
Ubicación de la fuente	Comunidad Germán Pomares- San Fernando		Emisión del informe de resultados	03/03/2022
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	5064
Recolectada por	Fernando Castro		Código de muestra	LA-2202-0137
Supervisor en campo	Ing. Leonardo Chow		Muestra No.	Uno (01)
METODO	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE¹
G.H	Arsénico	mg/L	<0.002	0.01

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. Abreviaturas y símbolos: S menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR= No Reporta
Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency, Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano. Norma Regional CAPRE, G.H= Generador de hidruros, utilizando Arsenator

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

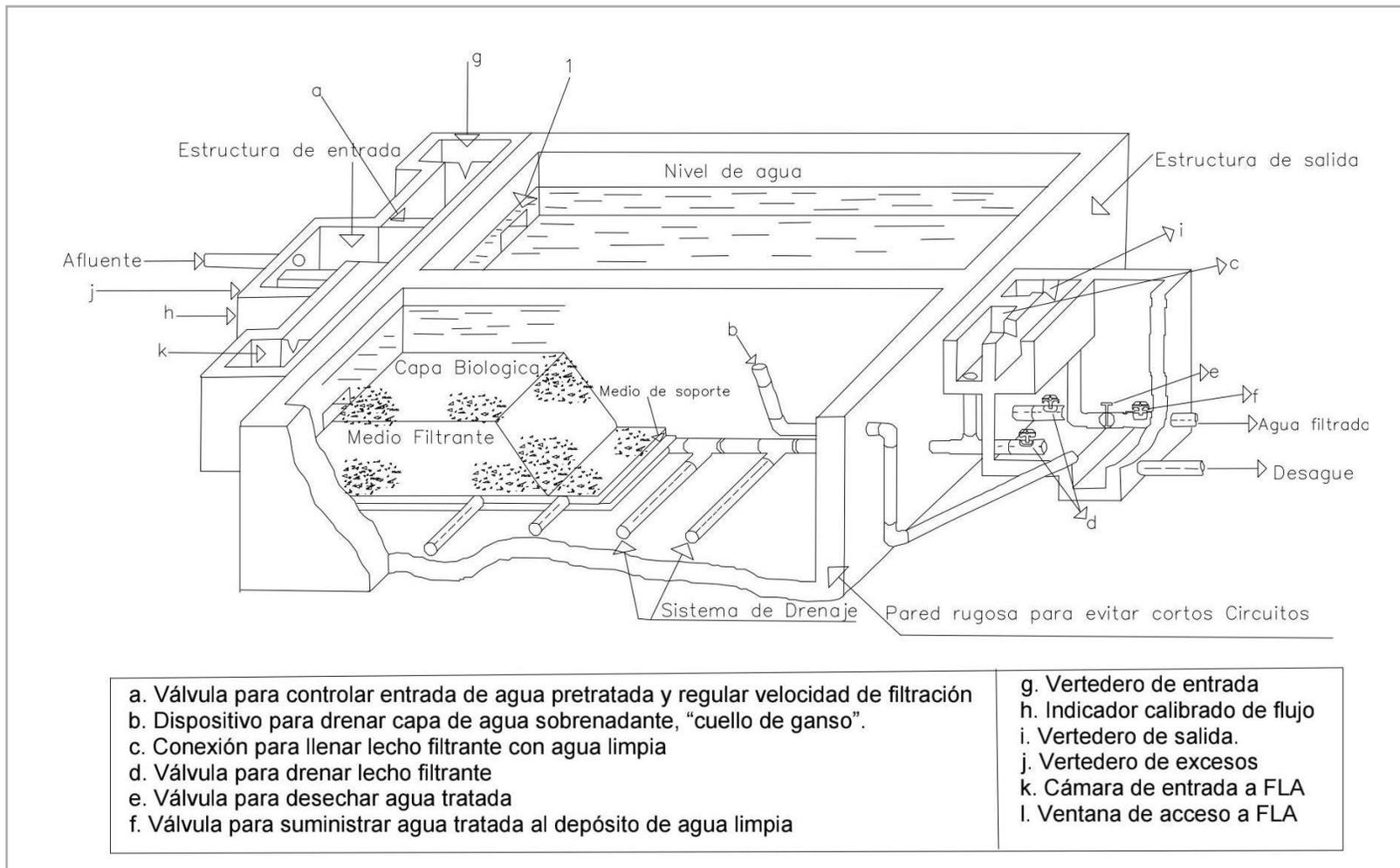
Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI

220204

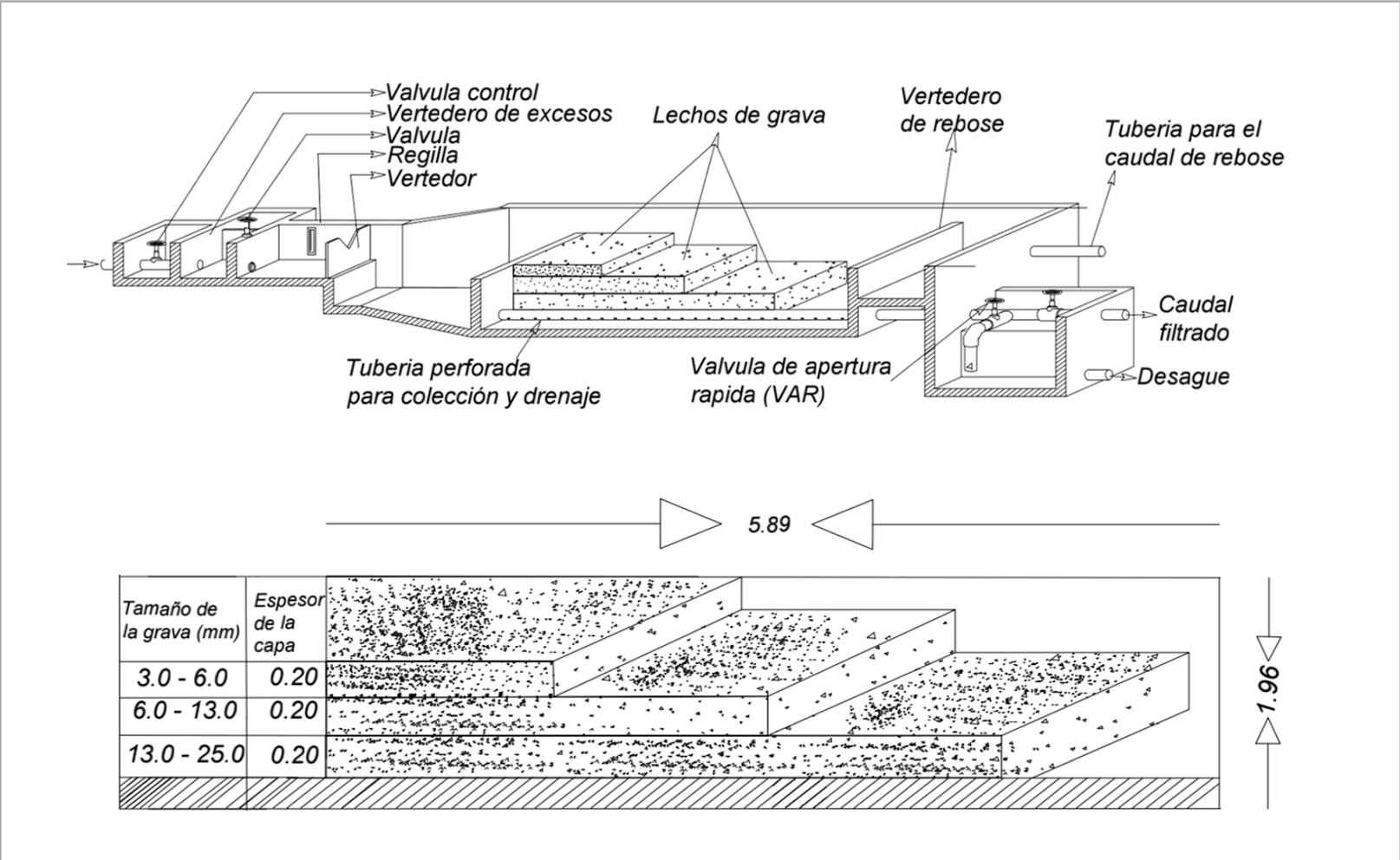
Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, Web: www.piensa.uni.edu.ni

Ilustración 41: Componentes del filtro grueso dinámico



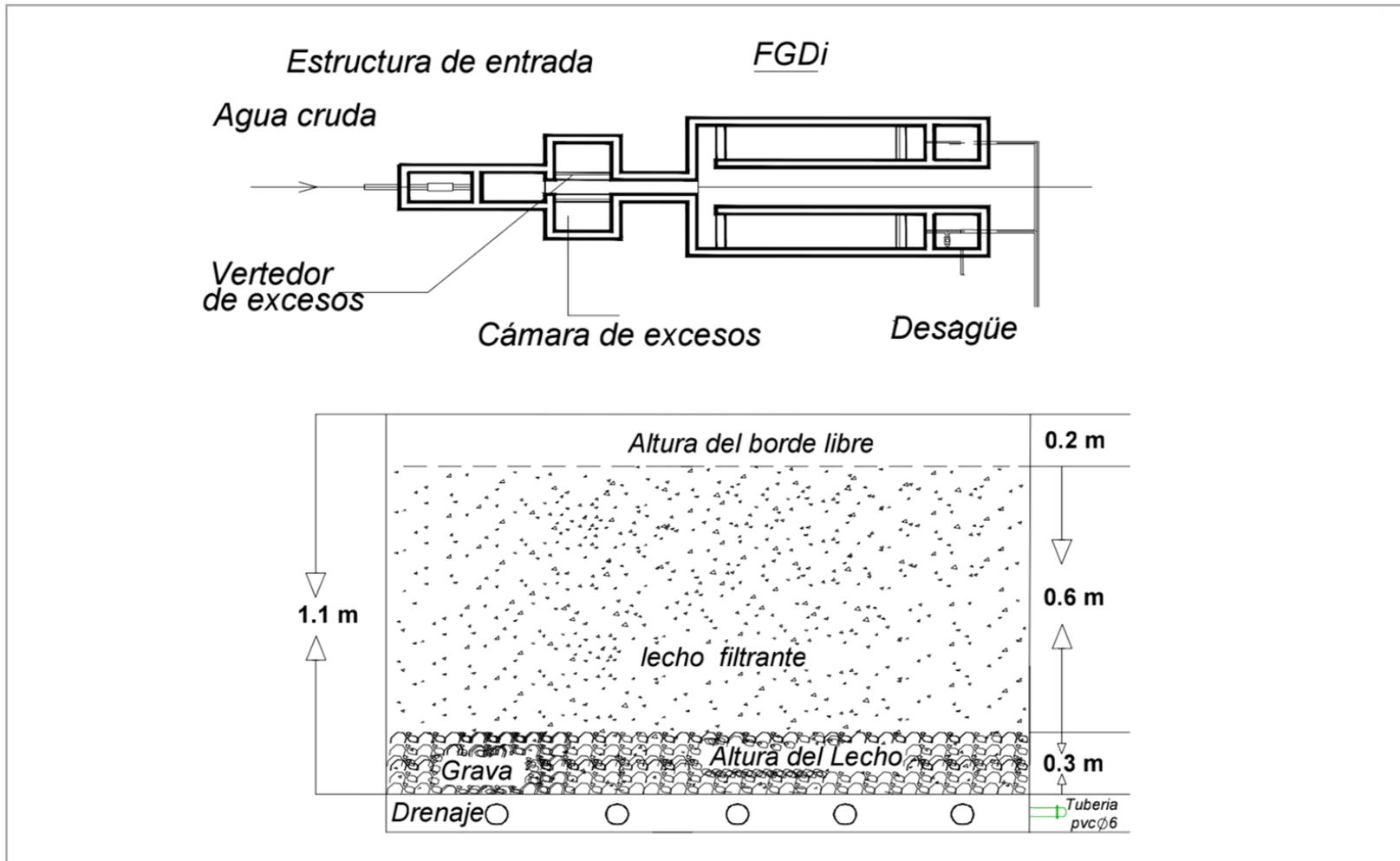
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 42: Detalle del filtro grueso dinámico



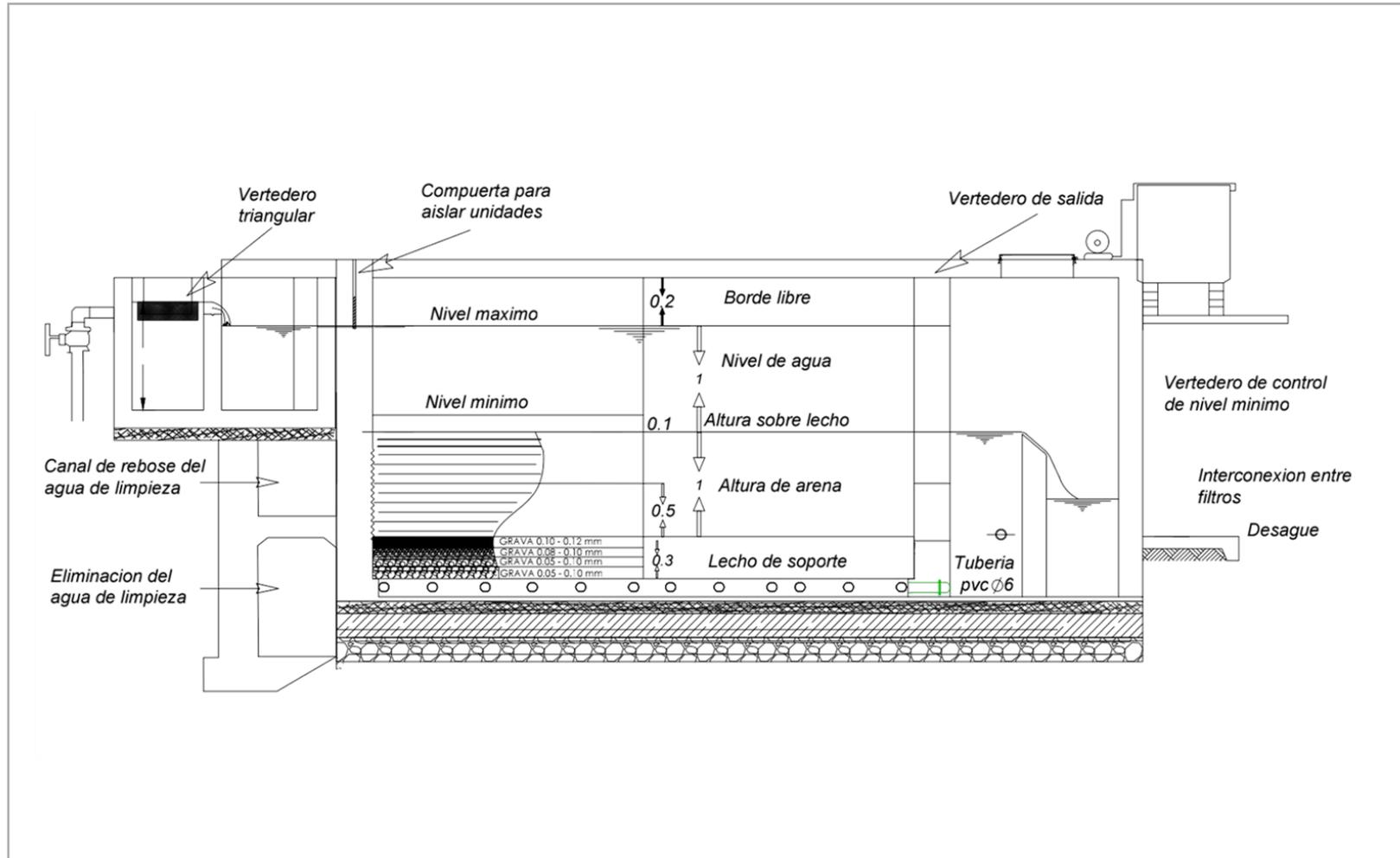
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 43: Detalles 2 del filtro grueso dinámico



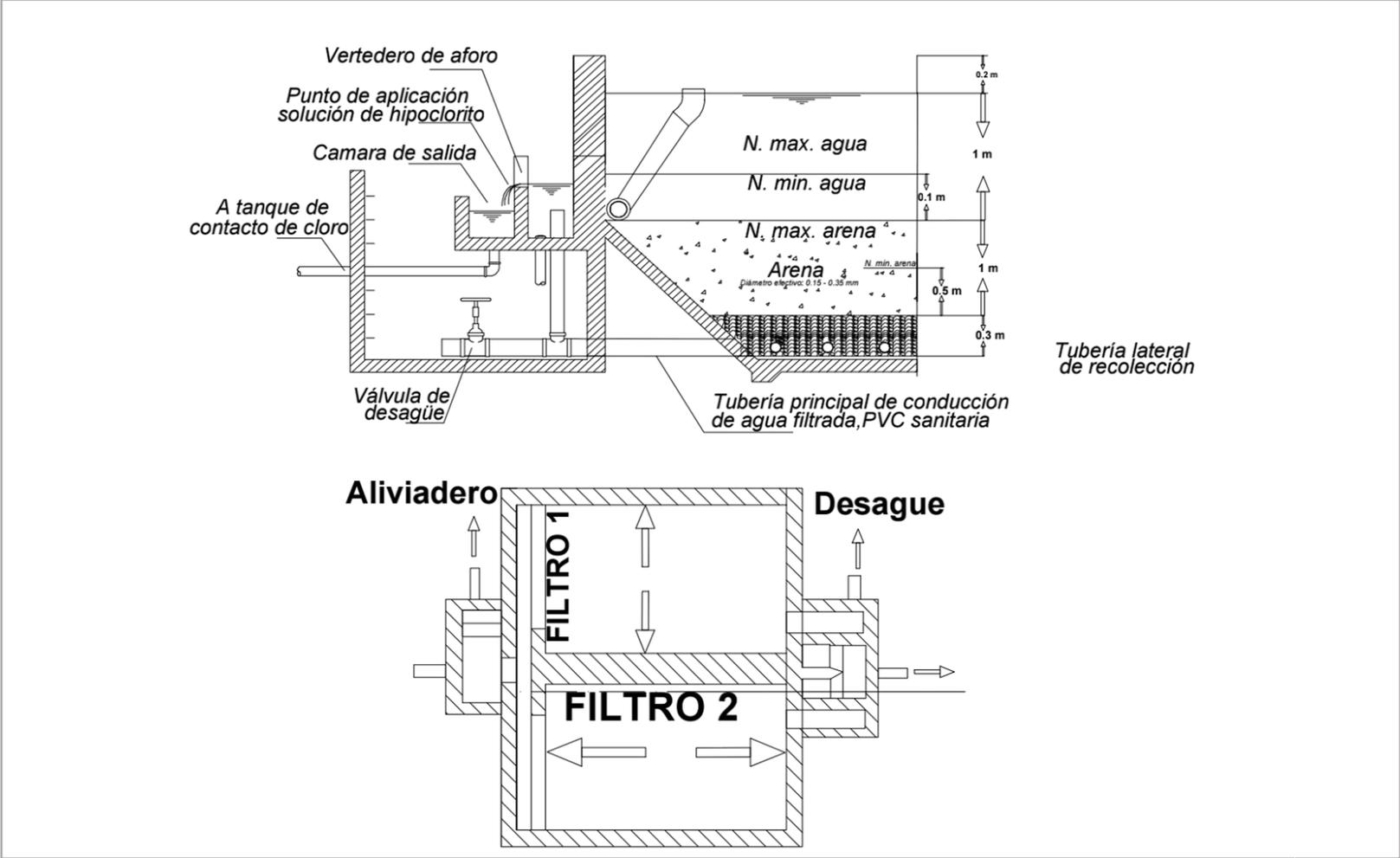
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 44: Filtro lento en arena



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 45: Detalle del filtro lento en arena



Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Características Hidráulica de los nodos – Línea de conducción

ID Nudo	Cota m	Altura (m)	Presión (m)
Embalse 1	763.00	763.00	0.00
Conexión Nn576	762.00	762.96	0.96
Conexión Nn575	761.00	762.91	1.91
Conexión Nn574	758.00	762.87	4.87
Conexión Nn573	751.00	762.79	11.79
Conexión Nn562	753.00	762.73	9.73
Conexión Nn561	753.00	762.11	9.11
Conexión Nn560	752.00	761.27	9.27
Conexión Nn559	750.00	760.93	10.93
Conexión Nn558	747.00	760.52	13.52
Conexión Nn557	740.00	759.55	19.55
Conexión Nn556	736.00	758.68	22.68
Conexión Nn555	720.00	754.62	34.62
Conexión Nn554	725.00	751.91	26.91
Conexión Nn553	721.00	749.31	28.31
Conexión Nn552	724.00	746.73	22.73
Conexión Nn551	720.00	745.45	25.45
Conexión Nn550	724.00	744.90	20.90
Conexión Nn549	721.00	742.56	21.56
Conexión Nn548	719.00	741.29	22.29
Conexión Nn VRP	715.00	740.06	25.06
Conexión Nn547	715.00	715.00	0.00
Conexión Nn546	706.00	711.49	5.49
Conexión Nn545	705.00	709.24	4.24
Conexión Nn544	700.00	708.47	8.47
Conexión Nn543	699.00	707.65	8.65
Conexión Nn542	690.00	706.05	16.05
Conexión Nn541	690.00	705.17	15.17
Conexión Nn540	690.00	704.38	14.38
Conexión Nn539	690.00	702.80	12.80
Conexión Nn563	687.00	700.35	13.35
Conexión Nn564	684.00	698.99	14.99
Conexión Nn565	680.00	695.31	15.31
Conexión Nn566	677.00	692.22	15.22
Conexión Nn567	674.00	689.59	15.59

Conexión Nn2	667.00	685.17	18.17
Conexión Nn568	667.00	680.27	13.27
Depósito 3	677.00	678.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Características hidráulicas de las tuberías – Línea de conducción

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal lps	Velocidad m/s	Pérd. Unit m/km
Tubería Lp759	49.06	155.30	6.44	0.34	0.76
Tubería Lp758	64.19	155.30	6.44	0.34	0.76
Tubería Lp757	61.64	155.30	6.44	0.34	0.76
Tubería Lp756	106.64	155.30	6.44	0.34	0.76
Tubería Lp755	78.86	155.30	6.44	0.34	0.76
Tubería Lp743	124.30	105.50	6.44	0.74	4.99
Tubería Lp742	168.00	105.50	6.44	0.74	4.99
Tubería Lp741	67.75	105.50	6.44	0.74	4.99
Tubería Lp740	82.69	105.50	6.44	0.74	4.99
Tubería Lp739	194.40	105.50	6.44	0.74	4.99
Tubería Lp738	173.66	105.50	6.44	0.74	4.99
Tubería Lp737	238.80	82.00	6.44	1.22	17.02
Tubería Lp736	159.20	82.00	6.44	1.22	17.02
Tubería Lp735	153.10	82.00	6.44	1.22	17.02
Tubería Lp734	151.60	82.00	6.44	1.22	17.02
Tubería Lp733	74.89	82.00	6.44	1.22	17.02
Tubería Lp732	32.70	82.00	6.44	1.22	17.02
Tubería Lp731	137.50	82.00	6.44	1.22	17.02

Tubería Lp730	74.48	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp729	72.47	82.00	6.44	1.22	17.02
Válvula 4	0.00	82.00	6.44	1.22	25.06
Tubería Lp728	206.40	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp727	131.80	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp726	45.34	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp725	48.39	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp724	93.71	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp723	51.89	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp722	46.74	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp721	92.62	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp744	143.80	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp745	79.96	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp746	216.50	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp747	181.90	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp748	154.04	82.00	6.44	1.22	17.01
Tubería Lp749	260.13	82.00	6.44	1.22	17.01
Válvula 1	0.00	82.00	6.44	1.22	4.90
Tubería Lp8	133.53	82.00	6.44	1.22	17.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50: Características hidráulicas de los nodos - Red de distribución (Colonia Ramos)

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Depósito 3	677	0	678	1
Conexión Cn569	664	0	676.48	12.48
Conexión Cn570	667	0	675.83	8.83
Conexión Cn9	634.073	0	668.94	34.87
Conexión Cn10	633.51	0	668.66	35.15
Conexión Cn11	632.848	0	668.28	35.43
Conexión Cn12	632.34	0	667.93	35.59
Conexión Cn13	631.837	0	667.49	35.65
Conexión Cn14	631.281	0	667.11	35.82
Conexión Cn15	630.802	0	666.75	35.94
Conexión Cn16	630.206	0	666.38	36.18
Conexión Cn17	629.709	0	666.01	36.3
Conexión Cn18	629.217	0	665.68	36.47
Conexión Cn19	628.737	0	665.35	36.61
Conexión Cn20	628.396	0	665.09	36.69
Conexión Cn21	628.037	0	664.81	36.77
Conexión Cn22	627.635	0	664.53	36.89
Conexión Cn23	627.112	0	664.16	37.05
Conexión Cn24	626.773	0	663.9	37.13
Conexión Cn25	626.642	0	663.56	36.91
Conexión Cn166	626.682	0	663.73	37.04
Conexión Cn26	626.025	0	662.88	36.86
Conexión Cn27	625.754	0	662.56	36.81
Conexión Cn28	625.621	0	661.56	35.93
Conexión Cn29	625.59	0	661.08	35.49
Conexión Cn30	625.42	0	660.67	35.25
Conexión Cn31	625.341	0	660.47	35.13
Conexión Cn32	624.097	0	659.14	35.04
Conexión Cn33	623.923	0	658.95	35.02
Conexión Cn34	623.647	0	658.74	35.09
Conexión Cn35	623.216	0	658.39	35.17
Conexión Cn36	623.159	0	658.22	35.06
Conexión Cn37	622.858	0	657.77	34.91
Conexión Cn38	622.264	0	657.44	35.17
Conexión Cn39	621.899	0	657.23	35.33
Conexión Cn40	621.081	0	657.06	35.98
Conexión Cn41	620.439	0	656.92	36.48

Conexión Cn42	619.663	0	656.73	37.07
Conexión Cn43	619.29	0	656.66	37.37
Conexión Cn44	619.182	0	656.57	37.39
Conexión Cn45	618.728	0	656.47	37.74
Conexión Cn46	616.753	0	656.05	39.3
Conexión Cn47	615.92	0	655.89	39.97
Conexión Cn48	614.776	0	633.8	19.02
Conexión CN5	615.92	0	633.89	17.97
Conexión Cn49	612.2	0	633.64	21.44
Conexión Cn50	608.327	0	633.45	25.13
Conexión Cn51	605.971	0	633.36	27.38
Conexión Cn52	603.267	0	633.24	29.98
Conexión Cn53	601.327	0	633.18	31.85
Conexión Cn54	599.541	0	633.11	33.57
Conexión Cn55	597.141	0	633.07	35.93
Conexión Cn56	593.983	0	632.93	38.94
Conexión Cn57	591.589	0	632.85	41.26
Conexión Cn58	590.3	0	632.77	42.47
Conexión Cn59	587.968	0	632.48	44.51
Conexión Cn60	586.714	0	632.26	45.54
Conexión Cn61	587.248	0	631.93	44.68
Conexión Cn62	588.816	0	631.43	42.61
Conexión Cn63	589.713	0	631.21	41.5
Conexión Cn64	590.757	0	631.05	40.3
Conexión Cn65	592.604	0	630.9	38.3
Conexión Cn66	593.767	0	630.77	37.01
Conexión T1n167	624.064	0	643.68	19.61
Conexión T1n4	626.682	0	643.73	17.04
Conexión T1n168	622.622	0	643.64	21.02
Conexión T1n169	622.337	0	643.63	21.3
Conexión T1n170	622.142	0	643.62	21.48
Conexión T1n171	621.293	0	643.6	22.31
Conexión T1n172	620.749	0	643.59	22.84
Conexión T1n173	620.147	0	643.57	23.42
Conexión T1n174	619.74	0	643.56	23.82
Conexión T1n175	619.358	0	643.54	24.18
Conexión T1n176	618.871	0	643.53	24.66
Conexión T1n177	618.647	0	643.52	24.87
Conexión T1n178	618.008	0	643.49	25.48

Conexión T1n179	617.927	0	643.48	25.55
Conexión T1n180	617.479	0	643.47	25.99
Conexión T1n181	616.681	0	643.45	26.77
Conexión T1n182	616.487	0	643.44	26.95
Conexión T1n183	616.403	0	643.43	27.03
Conexión T1n184	615.653	0	643.42	27.77
Conexión T1n185	614.827	0	643.4	28.58
Conexión T1n186	614.124	0	643.39	29.27
Conexión T1n187	612.865	0	643.38	30.52
Conexión T1n188	611.685	0	643.38	31.69
Conexión T1n189	612.732	0.29	643.37	30.63
Conexión CRn320	614.681	1	654.37	39.69
Conexión CRn321	615.832	0	654.44	38.61
Conexión CRn322	615.958	0	654.49	38.53
Conexión CRn323	616.637	0	654.59	37.95
Conexión CRn324	617.063	0	654.67	37.61
Conexión CRn261	617.68	0	655.55	37.87
Conexión CRn226	618.243	0	655.92	37.67
Conexión CRn334	619.071	0	656.03	36.96
Conexión CRn337	620.322	0	656.1	35.78
Conexión CRn205	620.761	0	656.14	35.38
Conexión CRn340	619.752	0	656.05	36.3
Conexión CRn341	619.715	0.3	656.03	36.32
Conexión CRn300	614.232	1	653.86	39.62
Conexión CRn301	616.345	0	653.97	37.63
Conexión CRn307	616.853	0	654.81	37.95
Conexión CRn265	616.477	0	655.24	38.77
Conexión CRn310	616.726	0	655.26	38.54
Conexión CRn311	617.1	0	655.3	38.2
Conexión CRn312	617.644	0	655.38	37.73
Conexión CRn229	617.789	0	655.44	37.65
Conexión CRn313	618.059	0	655.49	37.43
Conexión CRn314	618.238	0	655.53	37.29
Conexión CRn315	618.504	0	655.55	37.05
Conexión CRn316	618.876	0	655.57	36.7
Conexión CRn317	619.261	0	655.61	36.35
Conexión CRn207	619.849	0	655.66	35.81
Conexión CRn318	619.592	0	655.62	36.03
Conexión CRn319	619.504	0.3	655.6	36.1

Conexión Cn47	615.92	0	655.89	39.97
Conexión CRn259	618.092	0	655.79	37.69
Conexión CRn260	617.888	0	655.7	37.81
Conexión CRn261	617.68	0	655.55	37.87
Conexión CRn262	617.353	0	655.46	38.11
Conexión CRn263	617.084	0	655.38	38.3
Conexión CRn264	616.806	0	655.32	38.52
Conexión CRn265	616.477	0	655.24	38.77
Conexión CRn266	616.246	0	655.19	38.95
Conexión CRn267	616.23	0	655.15	38.92
Conexión CRn268	616.077	0	655.09	39.01
Conexión CRn269	616.046	0	655.05	39.01
Conexión CRn270	615.945	0	654.94	38.99
Conexión CRn271	615.847	0	654.87	39.02
Conexión CRn272	615.711	0	654.79	39.08
Conexión CRn273	615.475	0	654.75	39.27
Conexión CRn274	615.483	0	654.7	39.22
Conexión CRn275	615.329	0	654.67	39.34
Conexión CRn276	615.09	0	654.6	39.51
Conexión CRn277	615.059	0	654.51	39.45
Conexión CRn278	614.912	0	654.48	39.56
Conexión CRn279	614.808	0	654.44	39.63
Conexión CRn280	614.632	0	654.4	39.77
Conexión CRn281	614.421	0	654.35	39.93
Conexión CRn282	614.33	0	654.28	39.95
Conexión CRn283	614.045	0	654.21	40.17
Conexión CRn284	613.858	0	654.16	40.3
Conexión CRn285	613.767	0	654.1	40.33
Conexión CRn286	613.483	0	653.97	40.49
Conexión CRn287	613.503	0	653.91	40.41
Conexión CRn288	613.215	0	653.86	40.65
Conexión CRn289	612.947	0	653.75	40.8
Conexión CRn290	612.768	0	653.67	40.9
Conexión CRn291	612.669	0	653.62	40.95
Conexión CRn292	612.425	0	653.58	41.15
Conexión CRn293	612.285	0	653.52	41.23
Conexión CRn294	612.09	0	653.47	41.38
Conexión CRn295	612.031	0	653.41	41.37
Conexión CRn296	611.903	0	653.33	41.42

Conexión CRn297	611.761	0	653.26	41.5
Conexión CRn298	611.664	0	653.19	41.53
Conexión CRn299	611.549	1.3	653.11	41.56
Conexión Cn45	618.728	0	656.47	37.74
Conexión CRn224	618.609	0	656.38	37.77
Conexión CRn225	618.201	0	656.07	37.87
Conexión CRn226	618.243	0	655.92	37.67
Conexión CRn227	618.309	0	655.75	37.44
Conexión CRn228	618.119	0	655.57	37.45
Conexión CRn229	617.789	0	655.44	37.65
Conexión CRn230	617.495	0	655.32	37.83
Conexión CRn231	617.162	0	655.27	38.11
Conexión CRn232	616.855	0	655.17	38.32
Conexión CRn233	616.636	0	655.13	38.49
Conexión CRn234	616.58	0	655.07	38.49
Conexión CRn235	616.509	0	654.95	38.44
Conexión CRn236	616.63	0	654.87	38.24
Conexión CRn237	616.783	0	654.8	38.02
Conexión CRn238	616.745	0	654.71	37.96
Conexión CRn239	616.69	0	654.63	37.94
Conexión CRn240	616.648	0	654.56	37.91
Conexión CRn241	616.508	0	654.51	38
Conexión CRn242	616.104	0	654.42	38.32
Conexión CRn243	615.719	0	654.3	38.58
Conexión CRn244	615.396	0	654.17	38.77
Conexión CRn245	615.106	0	654.08	38.98
Conexión CRn246	615.009	0	654	39
Conexión CRn247	614.671	0	653.92	39.25
Conexión CRn248	614.585	0	653.85	39.27
Conexión CRn249	614.414	0	653.83	39.41
Conexión CRn250	612.04	0	653.77	41.73
Conexión CRn251	611.59	0	653.69	42.1
Conexión CRn252	612.566	0	653.63	41.07
Conexión CRn253	613.324	0	653.57	40.25
Conexión CRn254	613.348	0	653.51	40.16
Conexión CRn255	612.948	0	653.47	40.52
Conexión CRn256	612.891	0	653.43	40.54
Conexión CRn257	612.659	0	653.38	40.72
Conexión CRn258	612.574	1.3	653.33	40.76

Conexión Cn39	621.899	0	657.23	35.33
Conexión CRn200	622.079	0	657.21	35.13
Conexión CRn201	621.714	0	656.97	35.26
Conexión CRn202	621.353	0	656.7	35.35
Conexión CRn203	621.157	0	656.53	35.38
Conexión CRn204	620.973	0	656.35	35.37
Conexión CRn205	620.761	0	656.14	35.38
Conexión CRn206	620.458	0	655.95	35.49
Conexión CRn207	619.849	0	655.66	35.81
Conexión CRn208	619.181	0	655.55	36.37
Conexión CRn209	618.233	0	655.49	37.25
Conexión CRn210	617.836	0	655.41	37.57
Conexión CRn211	617.586	0	655.36	37.77
Conexión CRn212	616.979	0	655.31	38.33
Conexión CRn213	616.721	0	655.26	38.54
Conexión CRn214	616.395	0	655.16	38.76
Conexión CRn215	616.137	0	655.02	38.89
Conexión CRn216	615.911	0	654.97	39.06
Conexión CRn217	615.624	0	654.91	39.28
Conexión CRn218	615.461	0	654.84	39.38
Conexión CRn219	615.09	0	654.71	39.62
Conexión CRn220	614.662	0	654.65	39.99
Conexión CRn221	613.156	0	654.59	41.43
Conexión CRn222	613.939	0	654.55	40.61
Conexión CRn223	614.716	1.3	654.5	39.78
Conexión T2n7	593.767	0	610.77	17.01
Conexión T2n342	593.148	0	610.77	17.62
Conexión T2n343	591.944	0	610.76	18.81
Conexión T2n344	591.34	0	610.75	19.41
Conexión T2n345	591.154	0	610.74	19.58
Conexión T2n346	591.133	0	610.72	19.59
Conexión T2n347	591.553	0	610.72	19.16
Conexión T2n348	592.052	0	610.71	18.66
Conexión T2n349	591.657	0	610.71	19.05
Conexión T2n350	591.508	0	610.7	19.19
Conexión T2n351	592.281	0	610.69	18.41
Conexión T2n352	593.359	0	610.68	17.32
Conexión T2n353	593.044	0	610.67	17.63
Conexión T2n354	592.173	0	610.66	18.49

Conexión T2n355	591.579	0	610.65	19.07
Conexión T2n356	591.397	0	610.64	19.24
Conexión T2n357	591.301	0	610.63	19.33
Conexión T2n358	591.908	0	610.61	18.7
Conexión T2n359	592.221	0	610.6	18.38
Conexión T2n360	591.704	0	610.59	18.88
Conexión T2n361	590	0	610.57	20.57
Conexión T2n362	589.062	0	610.56	21.5
Conexión T2n363	587.947	0	610.55	22.6
Conexión T2n364	586.333	0	610.53	24.2
Conexión T2n365	585.009	0	610.43	25.43
Conexión T2n366	584.132	0	610.35	26.22
Conexión T2n367	583.279	0	610.29	27.01
Conexión T2n368	582.879	0	610.21	27.33
Conexión T2n369	582.471	0	610.11	27.64
Conexión T2n370	582.032	0	610.1	28.06
Conexión T2n371	581.632	0	610.08	28.45
Conexión T2n372	580.55	0	610.06	29.51
Conexión T2n373	580.102	0	610.04	29.94
Conexión T2n374	579.828	0	610.03	30.2
Conexión T2n375	579.55	0	610.01	30.46
Conexión T2n376	578.946	0	610	31.05
Conexión T2n377	578.33	0	609.98	31.65
Conexión T2n378	577.844	0	609.96	32.12
Conexión T2n379	577.57	0	609.95	32.38
Conexión T2n380	577.238	0.28	609.93	32.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Características hidráulicas de las tuberías - Red de distribución (Colonia Ramos)

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal lps	Velocidad m/s	Pérd. Unit m/km
Tubería Cp750	129.9	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp751	56.57	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp752	590	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp10	24.67	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp11	32.57	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp12	30.09	105.5	10.24	1.17	11.66

Tubería Cp13	37.18	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp14	33.11	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp15	30.88	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp16	30.96	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp17	31.89	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp18	28.24	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp19	28.66	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp20	22.45	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp21	24.02	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp22	24.12	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp23	31.47	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp24	22.03	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería Cp25	15.11	105.5	10.24	1.17	11.66
Tubería CP2	15.11	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp26	60.4	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp27	28.91	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp28	90.05	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp29	42.75	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp30	36.94	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp31	17.53	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp32	119.4	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp33	17.16	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp34	18.44	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp35	31.84	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp36	15.14	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp38	40.18	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp40	29.53	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp41	18.94	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería Cp42	31.21	105.5	6.73	0.77	5.41
Tubería Cp43	26.03	105.5	6.73	0.77	5.41
Tubería Cp44	34.35	105.5	6.73	0.77	5.41
Tubería Cp45	12.59	105.5	6.73	0.77	5.41
Tubería CP5	62.67	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP46	17.38	105.5	6.73	0.77	5.42
Tubería Cp47	19.18	105.5	6.73	0.77	5.42
Tubería Cp49	39.58	82	4.93	0.93	10.39
Tubería Cp50	16	82	4.93	0.93	10.39
Válvula Cpv35	0	82	3.45	0.65	22
Tubería Cp51	16.72	82	3.45	0.65	5.35

Tubería Cp52	30.09	82	3.45	0.65	5.36
Tubería Cp53	34.53	82	3.45	0.65	5.36
Tubería Cp54	18.03	82	3.45	0.65	5.36
Tubería Cp55	20.82	82	3.45	0.65	5.35
Tubería Cp57	11.88	82	3.45	0.65	5.36
Tubería Cp58	13.64	82	3.45	0.65	5.36
Tubería Cp60	7.202	82	3.45	0.65	5.36
Tubería Cp61	26.42	82	3.45	0.65	5.35
Tubería Cp62	13.74	82	3.45	0.65	5.36
Tubería Cp63	15.46	82	3.45	0.65	5.36
Tubería Cp64	21.02	67.4	3.45	0.97	13.92
Tubería Cp65	15.91	67.4	3.45	0.97	13.92
Tubería Cp67	23.7	67.4	3.45	0.97	13.92
Tubería Cp68	35.84	67.4	3.45	0.97	13.92
Tubería Cp69	15.32	67.4	3.45	0.97	13.92
Tubería Cp70	11.69	67.4	3.45	0.97	13.92
Tubería Cp72	10.93	67.4	3.45	0.97	13.92
Tubería Cp74	9.013	67.4	3.45	0.97	13.92
Tubería T1p183	64.35	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p184	45.05	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p185	15.17	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p186	12.53	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p187	25.96	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p188	19.62	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p189	24.99	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p190	17.75	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p191	19.61	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p192	21.55	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p193	12.43	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p194	34.41	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p195	15.61	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p197	13.37	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p199	31.37	44.6	0.24	0.15	0.74
Tubería T1p201	9.435	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p202	11.87	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p204	14.65	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p205	21.7	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p206	18.3	44.6	0.24	0.15	0.75
Tubería T1p208	7.419	44.6	0.24	0.15	0.74

Tubería T1p210	10.49	44.6	0.24	0.15	0.74
Tubería T1p211	13.27	44.6	0.24	0.15	0.75
Válvula T1v16	0	44.6	0.24	0.15	20
Tubería CRp381	11.04	44.60	1.00	0.64	10.50
Tubería CRp33	79.42	44.60	1.00	0.64	10.49
Tubería CRp34	41.66	44.60	1.00	0.64	10.50
Tubería CRp395	5.60	55.70	0.99	0.41	3.47
Tubería CRp396	11.74	55.70	0.99	0.41	3.48
Tubería CRp397	20.82	55.70	0.99	0.41	3.47
Tubería CRp398	18.53	55.70	0.99	0.41	3.48
Tubería CRp399	32.44	55.70	0.65	0.27	1.61
Tubería CRp400	20.88	55.70	0.65	0.27	1.60
Tubería CRp401	15.37	55.70	0.65	0.27	1.61
Tubería CRp402	14.89	55.70	0.65	0.27	1.61
Tubería CRp403	22.31	55.70	0.65	0.27	1.60
Tubería CRp404	31.90	55.70	0.65	0.27	1.61
Tubería CRp406	16.21	44.60	0.30	0.19	1.13
Tubería CRp405	35.11	44.60	0.30	0.19	1.13
Tubería CRp409	6.79	44.60	1.00	0.64	10.50
Tubería CRp411	4.47	44.60	1.00	0.64	10.50
Tubería CRp413	9.07	44.60	1.00	0.64	10.49
Tubería CRp415	8.31	44.60	1.00	0.64	10.49
Tubería CRp28	83.24	44.60	1.00	0.64	10.50
Tubería CRp29	49.83	44.60	0.83	0.53	7.41
Tubería CRp30	68.89	55.70	0.67	0.27	1.67
Tubería CRp31	42.36	55.70	0.67	0.27	1.67
Tubería CRp435	20.90	55.70	0.67	0.27	1.67
Tubería CRp32	76.62	44.60	0.30	0.19	1.13
Tubería CRp439	15.55	44.60	0.30	0.19	1.12
Tubería CRp314	13.79	55.70	1.48	0.61	7.38
Tubería CRp315	12.20	55.70	1.48	0.61	7.38
Tubería CRp316	20.29	55.70	1.48	0.61	7.38
Tubería CRp318	15.03	55.70	1.31	0.54	5.88
Tubería CRp319	13.17	55.70	1.31	0.54	5.88
Tubería CRp321	9.70	55.70	1.31	0.54	5.88
Tubería CRp323	13.79	55.70	1.31	0.54	5.88
Tubería CRp325	8.76	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp327	6.85	55.70	1.30	0.53	5.77
Tubería CRp329	10.80	55.70	1.30	0.53	5.78

Tubería CRp331	6.55	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp332	19.54	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp334	11.92	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp335	13.13	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp337	8.20	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp339	7.39	55.70	1.30	0.53	5.77
Tubería CRp341	5.38	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp343	11.98	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp344	15.84	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp346	6.22	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp348	6.36	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp350	6.18	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp352	9.65	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp353	11.30	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp355	12.57	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp357	8.81	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp358	11.08	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp360	20.95	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp361	11.42	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp363	7.93	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp364	19.89	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp365	13.82	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp367	7.75	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp369	7.63	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp371	10.50	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp373	8.80	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp375	10.75	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp376	13.51	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp377	11.85	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp379	14.74	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp263	8.21	55.70	1.80	0.74	10.56
Tubería CRp264	29.19	55.70	1.80	0.74	10.56
Tubería CRp265	14.62	55.70	1.80	0.74	10.56
Tubería CRp266	18.90	55.70	1.64	0.67	8.85
Tubería CRp267	20.24	55.70	1.64	0.67	8.85
Tubería CRp268	14.64	55.70	1.64	0.67	8.85
Tubería CRp269	20.36	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp271	8.50	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp273	17.23	55.70	1.30	0.53	5.78

Tubería CRp275	8.00	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp276	10.53	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp278	20.42	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp279	13.04	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp280	12.44	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp281	16.53	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp282	13.22	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp283	11.49	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp285	8.88	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp286	15.65	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp287	21.51	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp288	22.17	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp289	14.41	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp290	13.92	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp291	13.92	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp292	12.11	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp294	4.75	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp297	10.28	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp298	14.12	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp300	8.79	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp303	10.60	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp304	10.98	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp306	6.46	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp308	7.03	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp310	9.83	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp312	7.14	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp225	11.02	105.50	3.22	0.37	1.38
Tubería CRp227	19.55	67.40	3.22	0.90	12.22
Tubería CRp228	22.46	67.40	3.22	0.90	12.23
Tubería CRp229	13.38	67.40	3.22	0.90	12.22
Tubería CRp230	15.42	67.40	3.22	0.90	12.22
Tubería CRp231	17.16	67.40	3.22	0.90	12.22
Tubería CRp233	11.84	55.70	2.25	0.92	15.98
Tubería CRp235	17.94	55.70	2.25	0.92	15.98
Tubería CRp236	18.88	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp238	11.04	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp239	13.61	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp241	8.52	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp243	8.94	55.70	1.30	0.53	5.78

Tubería CRp245	7.54	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp246	18.57	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp247	23.32	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp249	9.68	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp251	10.22	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp252	11.97	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp253	21.78	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp254	11.12	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp256	9.96	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp258	7.12	55.70	1.30	0.53	5.78
Tubería CRp260	8.48	55.70	1.30	0.53	5.78
Válvula T2v36	0.00	44.60	0.28	0.18	20.00
Tubería T2p441	7.36	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p443	9.34	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p445	7.58	44.60	0.28	0.18	1.00
Tubería T2p447	12.86	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p449	15.31	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p451	5.93	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p453	6.09	44.60	0.28	0.18	1.00
Tubería T2p457	5.52	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p459	7.68	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p461	10.70	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p464	5.95	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p465	10.99	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p466	10.66	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p467	13.21	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p469	5.63	44.60	0.28	0.18	1.00
Tubería T2p471	14.73	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p472	17.65	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p473	11.00	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p474	10.20	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p476	13.36	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p477	12.32	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p478	15.74	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p479	14.72	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p480	15.20	30.40	0.28	0.39	6.43
Tubería T2p481	12.98	30.40	0.28	0.39	6.42
Tubería T2p483	9.79	30.40	0.28	0.39	6.43
Tubería T2p484	12.22	30.40	0.28	0.39	6.43

Tubería T2p485	15.45	30.40	0.28	0.39	6.43
Tubería T2p486	14.55	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p487	14.60	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p488	24.55	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p489	16.18	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p490	12.73	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p491	13.29	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p492	17.54	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p493	17.39	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p494	16.23	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p495	16.03	44.60	0.28	0.18	0.99
Tubería T2p496	12.93	44.60	0.28	0.18	0.99
Válvula T2v36	0.00	44.60	0.28	0.18	20.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Características hidráulicas de los nodos – Red de distribución (La Coyotera)

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión Cn67	596.439	0	630.55	34.11
Conexión Cn68	599.098	0	630.25	31.16
Conexión Cn69	602.227	0	629.98	27.75
Conexión Cn70	604.798	0	629.78	24.99
Conexión Cn71	607.884	0	629.59	21.71
Conexión Cn72	609.822	0	629.37	19.55
Conexión Cn73	611.666	0	629.11	17.44
Conexión CTn415	610.63	0.00	619.58	8.95
Conexión CTn416	610.37	0.00	619.36	8.99
Conexión CTn417	610.02	0.00	619.09	9.07
Conexión CTn418	609.77	0.00	619.03	9.27
Conexión CTn419	609.52	0.00	618.99	9.47
Conexión CTn420	608.98	0.00	618.96	9.98
Conexión CTn421	608.75	0.00	618.93	10.18
Conexión CTn422	608.50	0.00	618.90	10.39
Conexión CTn423	608.30	0.00	618.85	10.55
Conexión CTn424	608.29	0.00	618.81	10.51
Conexión CTn425	608.22	0.00	618.76	10.54
Conexión CTn426	607.96	0.00	618.72	10.76
Conexión CTn427	607.76	0.00	618.68	10.93
Conexión CTn428	607.43	0.00	618.67	11.24

Conexión CTn429	607.36	0.00	618.63	11.26
Conexión CTn430	607.28	0.00	618.59	11.31
Conexión CTn431	607.20	0.00	618.55	11.35
Conexión CTn432	606.67	0.00	618.50	11.83
Conexión CTn433	606.18	0.00	618.45	12.27
Conexión CTn434	605.87	0.00	618.40	12.53
Conexión CTn435	605.49	0.00	618.36	12.87
Conexión CTn436	605.22	0.00	618.32	13.10
Conexión CTn437	605.03	0.00	618.29	13.26
Conexión CTn438	604.83	0.00	618.26	13.43
Conexión CTn439	604.89	0.00	618.22	13.33
Conexión CTn440	603.72	0.00	618.16	14.44
Conexión CTn441	603.75	0.00	618.12	14.37
Conexión CTn442	603.86	0.00	618.08	14.22
Conexión CTn443	603.26	0.00	618.06	14.80
Conexión CTn444	602.48	0.00	618.00	15.52
Conexión CTn445	602.36	0.00	617.94	15.58
Conexión CTn446	602.42	0.00	617.90	15.47
Conexión CTn447	601.22	0.00	617.83	16.61
Conexión CTn448	601.00	0.00	617.79	16.79
Conexión CTn449	600.07	0.00	617.73	17.66
Conexión CTn450	599.75	0.00	617.68	17.93
Conexión CTn451	599.47	0.00	617.65	18.18
Conexión CTn452	599.01	0.00	617.59	18.58
Conexión CTn453	598.40	0.00	617.54	19.14
Conexión CTn454	598.17	0.00	617.48	19.31
Conexión CTn455	597.94	0.00	617.43	19.49
Conexión CTn456	597.76	0.00	617.40	19.64
Conexión CTn457	598.27	0.00	617.35	19.09
Conexión CTn458	598.18	0.00	617.34	19.16
Conexión CTn459	597.85	0.00	617.29	19.44
Conexión CTn460	597.64	0.00	617.26	19.63
Conexión CTn461	597.35	0.00	617.23	19.88
Conexión CTn462	597.24	0.00	617.17	19.93
Conexión CTn463	597.16	0.00	617.16	20.00
Conexión CTn464	596.93	0.00	617.13	20.19
Conexión CTn465	596.88	0.00	617.08	20.20
Conexión CTn466	596.71	0.00	617.03	20.32
Conexión CTn467	596.76	0.00	616.97	20.21

Conexión CTn468	596.86	0.00	616.91	20.05
Conexión CTn469	596.92	0.00	616.86	19.94
Conexión CTn470	596.97	0.00	616.81	19.84
Conexión CTn471	597.19	0.00	616.75	19.57
Conexión CTn472	597.17	0.00	616.72	19.55
Conexión CTn473	596.60	0.00	616.66	20.06
Conexión CTn474	596.26	0.00	616.59	20.33
Conexión CTn475	596.31	0.00	616.50	20.20
Conexión CTn476	596.49	0.00	616.42	19.93
Conexión CTn477	596.42	0.00	616.38	19.96
Conexión CTn478	595.85	0.00	616.28	20.43
Conexión CTn479	595.39	0.00	616.24	20.84
Conexión CTn480	595.13	0.00	616.19	21.06
Conexión CTn481	594.54	0.00	616.11	21.57
Conexión CTn482	594.00	0.00	616.06	22.06
Conexión CTn483	593.81	0.00	616.01	22.21
Conexión CTn484	593.37	0.00	615.94	22.57
Conexión CTn485	592.89	0.00	615.88	22.99
Conexión CTn486	593.26	0.00	615.81	22.55
Conexión CTn487	593.47	0.00	615.77	22.30
Conexión CTn488	593.72	0.00	615.71	21.99
Conexión CTn489	594.00	0.00	615.64	21.64
Conexión CTn490	594.23	0.00	615.60	21.38
Conexión CTn491	594.11	0.00	615.56	21.45
Conexión CTn492	593.95	0.00	615.47	21.52
Conexión CTn493	594.00	0.52	615.43	21.43
Conexión Cn74	612.00	0.00	628.94	16.93
Conexión CTn2	612.59	0.00	624.60	12.01
Conexión CTn413	611.14	0.00	620.27	9.13
Conexión CTn414	610.95	0.00	619.93	8.98
Conexión CTn415	610.63	0.00	619.58	8.95
Conexión CTn506	610.71	0.00	619.54	8.83
Conexión CTn507	610.44	0.00	619.53	9.09
Conexión CTn508	610.05	0.00	619.49	9.43
Conexión CTn509	609.76	0.00	619.44	9.68
Conexión CTn510	609.56	0.00	619.42	9.86
Conexión CTn511	609.59	0.00	619.39	9.80
Conexión CTn512	609.35	0.00	619.36	10.01
Conexión CTn513	608.99	0.00	619.32	10.33

Conexión CTn514	608.70	0.00	619.29	10.58
Conexión CTn515	608.37	0.00	619.25	10.88
Conexión CTn516	607.96	0.00	619.21	11.25
Conexión CTn517	607.15	0.00	619.15	12.00
Conexión CTn518	606.98	0.52	619.12	12.14
Conexión CTn494	610.92	0.00	620.24	9.32
Conexión CTn495	610.84	0.00	620.21	9.36
Conexión CTn496	610.60	0.00	620.19	9.59
Conexión CTn497	610.52	0.00	620.13	9.61
Conexión CTn498	610.32	0.00	620.08	9.76
Conexión CTn499	609.88	0.00	620.05	10.16
Conexión CTn500	609.09	0.00	620.01	10.92
Conexión CTn501	608.76	0.00	619.99	11.23
Conexión CTn502	608.07	0.00	619.95	11.88
Conexión CTn503	607.55	0.00	619.92	12.37
Conexión CTn504	607.14	0.00	619.88	12.74
Conexión CTn505	606.79	0.52	619.85	13.06
Conexión CTn519	607.41	0.52	618.70	11.29
Conexión CTn520	607.61	0.00	618.73	11.11
Conexión CTn521	607.93	0.00	618.76	10.83
Conexión CTn522	608.13	0.00	618.78	10.65
Conexión CTn523	608.33	0.00	618.83	10.50
Conexión CTn524	608.54	0.00	618.88	10.34
Conexión CTn525	608.85	0.00	618.93	10.08
Conexión CTn526	609.21	0.00	618.95	9.74
Conexión CTn527	609.75	0.00	618.99	9.24
Conexión CTn528	609.71	0.00	619.05	9.34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Características hidráulicas de las Tuberías – Red de distribución (La Coyotera)

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal lps	Velocidad m/s	Pérd. Unit m/km
Tubería Cp74	9.013	67.4	3.45	0.97	13.92
Tubería Cp76	18.84	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp77	24.99	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp78	22.99	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp79	16.36	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp81	16.41	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp82	18.24	67.4	3.17	0.89	11.9

Tubería Cp83	22.34	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp84	14.38	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería CTp542	13.96	44.60	1.56	1.00	23.91
Tubería CTp543	14.96	44.60	1.56	1.00	23.92
Tubería CTp544	19.33	44.60	1.04	0.67	11.29
Tubería CTp545	23.69	44.60	1.04	0.67	11.29
Tubería CTp546	17.91	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp547	13.75	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp549	10.28	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp551	9.29	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp553	10.27	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp555	14.91	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp557	14.61	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp558	14.84	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp559	14.10	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp560	10.91	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp562	4.95	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp564	11.88	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp566	12.51	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp567	12.24	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp569	17.80	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp571	14.64	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp572	15.27	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp573	12.98	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp574	12.29	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp575	11.21	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp576	10.42	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp577	11.52	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp579	18.25	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp580	14.68	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp581	11.48	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp583	7.53	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp585	18.78	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp586	20.12	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTL587	12.68	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp588	22.13	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp589	12.90	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp591	18.83	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp592	15.45	44.60	0.52	0.33	3.13

Tubería CTp594	9.50	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp595	19.23	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp598	16.88	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp599	18.61	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp600	16.08	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp602	7.82	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp604	15.70	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp606	5.18	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp607	15.02	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp609	8.58	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp611	12.48	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp613	16.19	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp615	5.55	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp617	10.29	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp618	14.43	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp619	17.00	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp620	18.37	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp621	17.95	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp622	15.66	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp623	17.54	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp624	18.10	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp626	9.72	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp627	20.49	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp628	21.89	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp629	27.51	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp630	27.46	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp631	12.46	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp632	31.71	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp633	13.81	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp634	14.83	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp635	24.77	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp636	16.83	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp637	15.14	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp638	22.35	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp640	20.29	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp641	21.89	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp642	14.49	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp643	17.96	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp644	21.66	44.60	0.52	0.33	3.13

Tubería CTp645	12.39	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp647	14.16	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp648	29.26	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp649	12.16	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp651	9.13	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp652	10.55	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp654	5.48	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp655	18.85	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp656	15.02	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp658	11.83	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp660	13.06	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp662	4.37	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp664	13.91	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp666	10.15	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp667	11.48	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp669	9.40	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp671	11.02	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp673	3.48	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp675	13.70	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp676	14.78	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp678	5.75	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp679	10.25	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp680	10.81	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp681	11.63	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp682	11.11	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp683	10.13	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp684	13.57	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp686	19.90	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp687	10.19	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp690	10.14	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp692	9.33	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp694	8.13	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp695	14.11	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp696	15.71	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp697	17.37	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp699	7.49	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp701	11.74	44.60	0.52	0.33	3.13
Tubería CTp702	18.54	44.60	0.52	0.33	3.12
Tubería CTp704	13.32	44.60	0.52	0.33	3.13

Tubería CTp3	106.38	44.60	2.08	1.33	40.74
Tubería CTp1	106.38	44.60	2.08	1.33	40.74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Características Hidráulicas de los nodos-Red de distribución (Las playitas)

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión T3n381	620.95	0.11	628.88	7.93
Conexión T3n382	620.453	0	628.88	8.43
Conexión T3n383	619.887	0	628.88	9
Conexión T3n384	618.948	0	628.89	9.94
Conexión T3n386	617.767	0	628.89	11.12
Conexión T3n390	617.152	0	628.9	11.75
Conexión T3n391	616.211	0	628.9	12.69
Conexión T3n392	615.094	0	628.91	13.81
Conexión T3n393	614.283	0	628.91	14.63
Conexión T3n394	613.725	0	628.91	15.19
Conexión T3n396	612.993	0	628.92	15.93
Conexión Cn74	612.002	0	628.94	16.93
Conexión Cn75	611.996	0	628.82	16.83
Conexión Cn77	610.809	0	628.41	17.6
Conexión Cn79	609.938	0	628.02	18.08
Conexión Cn80	609.687	0	627.98	18.29
Conexión Cn82	609.023	0	627.87	18.84
Conexión Cn83	608.826	0	627.82	19
Conexión Cn86	608.974	0	627.63	18.66
Conexión Cn87	609.172	0	627.58	18.41
Conexión Cn89	609.834	0	627.44	17.61
Conexión Cn90	610.032	0	627.37	17.34
Conexión Cn94	610.673	0	627.16	16.49
Conexión Cn95	611.05	0	627.08	16.03
Conexión Cn97	612.392	0	626.9	14.51
Conexión Cn98	613.281	0	626.81	13.53
Conexión Cn99	614.248	0	626.71	12.47
Conexión Cn100	615.144	0	626.63	11.48
Conexión Cn101	616.219	0	626.54	10.32
Conexión Cn103	615.293	0	626.43	11.13
Conexión Cn104	613.257	0	626.33	13.08
Conexión Cn105	611.612	0	626.25	14.64
Conexión Cn106	610.738	0	626.15	15.41

Conexión Cn108	612.081	0	625.97	13.89
Conexión Cn109	614.205	0	625.89	11.68
Conexión Cn110	615.376	0	625.85	10.48
Conexión Cn111	617.08	0	625.8	8.72
Conexión Cn112	618.049	0	625.77	7.72
Conexión Cn113	620.03	0	625.7	5.67
Conexión Cn117	620.203	0	625.46	5.25
Conexión Cn118	619.85	0	625.41	5.56
Conexión Cn119	618.761	0	625.36	6.6
Conexión Cn120	616.67	0	625.3	8.63
Conexión Cn121	614.434	0	625.23	10.8
Conexión Cn122	612.714	0	625.16	12.45
Conexión Cn123	611.595	0	625.1	13.5
Conexión Cn124	610.886	0	625.04	14.15
Conexión Cn126	609.809	0	624.93	15.12
Conexión Cn127	609.533	0	624.86	15.32
Conexión Cn128	609.201	0	624.82	15.62
Conexión Cn129	608.939	0	624.78	15.84
Conexión Cn133	608.598	0	624.42	15.82
Conexión Cn134	609.023	0	624.33	15.31
Conexión Cn135	610.289	0	624.24	13.95
Conexión Cn136	612.603	0	624.14	11.54
Conexión Cn137	613.903	0	624.04	10.14
Conexión Cn138	612.4	0	623.93	11.53
Conexión Cn139	610.06	0	623.87	13.81
Conexión Cn140	606.851	0	623.81	16.96
Conexión Cn141	604.265	0	623.75	19.48
Conexión Cn142	601.563	0	623.67	22.11
Conexión Cn143	599.464	0	623.6	24.13
Conexión Cn144	597.483	0	623.52	26.04
Conexión Cn145	596.811	0	623.46	26.65
Conexión Cn146	596.229	0	623.41	27.18
Conexión Cn147	595.898	0	623.37	27.48
Conexión Cn149	594.594	0	623.19	28.59
Conexión Cn150	594.296	0	623.14	28.84
Conexión Cn151	593.432	0	623.06	29.63
Conexión Cn152	591.615	0	623	31.39
Conexión Cn153	588.391	0	622.93	34.54
Conexión Cn154	583.661	0	622.82	39.16

Conexión Cn155	582.168	0	622.77	40.6
Conexión Cn158	583.236	0	622.54	39.3
Conexión Cn159	584.197	0	622.43	38.23
Conexión Cn162	585.003	0	622.25	37.25
Conexión Cn163	586.133	0	622.2	36.07
Conexión Cn164	587.68	0	622.16	34.48
Conexión Cn165	590.822	0.51	622.09	31.27
Conexión Cn166	626.682	0	663.73	37.04

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Características hidráulicas de las tuberías-Red de distribución (Las Playitas)

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal lps	Velocidad m/s	Pérd. Unit m/km
Tubería T3p499	3.59	44.60	0.11	0.07	0.17
Tubería T3p500	10.61	44.60	0.11	0.07	0.18
Tubería T3p502	11.43	44.60	0.11	0.07	0.18
Tubería T3p511	21.80	44.60	0.11	0.07	0.18
Tubería T3p512	23.16	44.60	0.11	0.07	0.18
Tubería T3p513	22.56	44.60	0.11	0.07	0.17
Tubería T3p514	22.40	44.60	0.11	0.07	0.18
Tubería T3p24	72.27	44.60	0.11	0.07	0.18
Tubería T3p25	49.51	44.60	0.11	0.07	0.18
Tubería T3p26	45.98	44.60	0.11	0.07	0.18
Tubería T3p27	22.75	44.60	0.11	0.07	0.17
Tubería Cp74	9.013	67.4	3.45	0.97	13.92
Tubería Cp76	18.84	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp77	24.99	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp78	22.99	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp79	16.36	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp81	16.41	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp82	18.24	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp83	22.34	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp84	14.38	67.4	3.17	0.89	11.9
Tubería Cp85	11.24	44.6	0.98	0.63	10.11
Tubería cp90	14.19	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp93	14.64	44.6	0.51	0.33	3.01
Tubería Cp97	17.63	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp100	24.92	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp106	27.07	44.6	0.51	0.33	3.02

Tubería Cp109	29.48	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp110	32.03	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp111	29.54	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp112	28.78	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp117	30.45	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp118	28.79	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp119	31.72	44.6	0.51	0.33	3.01
Tubería Cp122	28.01	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp123	12.09	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp124	15.94	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp125	10.83	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp127	23.05	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp132	15.41	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp133	16.19	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp134	22.16	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp135	21.47	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp136	22.85	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp137	20.82	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp138	19.85	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp141	25.29	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp142	12.88	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp144	12.68	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp150	29.52	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp151	29.2	44.6	0.51	0.33	3.01
Tubería Cp152	34.57	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp153	32.51	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp154	36.48	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp155	19.12	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp156	21.98	44.6	0.51	0.33	3.01
Tubería Cp157	20.58	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp158	25.34	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp159	23.46	44.6	0.51	0.33	3.01
Tubería Cp160	25.54	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp161	19.14	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp162	18.69	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp163	10.87	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp166	17.15	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp167	24.4	44.6	0.51	0.33	3.01
Tubería Cp168	19.79	44.6	0.51	0.33	3.02

Tubería Cp169	24.89	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp170	36.29	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp171	16.84	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp175	36.68	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp179	16.74	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp180	13.64	44.6	0.51	0.33	3.01
Tubería Cp181	24.2	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería Cp750	129.9	105.5	10.19	1.17	11.66
Tubería Cp751	56.57	105.5	10.19	1.17	11.66
Tubería Cp752	590	105.5	10.19	1.17	11.66
Tubería CP2	15.11	105.5	9.95	1.14	11.16
Tubería CP4	37.15	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP5	62.67	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP7	45.22	44.6	0.51	0.33	3.01
Tubería CP9	68.98	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP96	59.37	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP113	37.16	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP107	59.05	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP128	81.31	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP139	35.58	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP145	118.65	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP176	57.62	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP172	75.75	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP165	61.79	44.6	0.51	0.33	3.02
Tubería CP87	38.12	44.6	0.98	0.63	10.11
Tubería CP86	41.1	44.6	0.98	0.63	10.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Simulación de caudal cero (Colonia Ramos)

ID Nudo	Altura m	Presión m
Conexión Cn9	678	43.93
Conexión Cn10	678	44.49
Conexión Cn11	678	45.15
Conexión Cn12	678	45.66
Conexión Cn13	678	46.16
Conexión Cn14	678	46.72
Conexión Cn15	678	47.2
Conexión Cn16	678	47.79
Conexión Cn17	678	48.29
Conexión Cn18	678	48.78
Conexión Cn19	678	49.26
Conexión Cn20	678	49.6
Conexión Cn21	678	49.96
Conexión Cn22	678	50.36
Conexión Cn23	678	50.89
Conexión Cn24	678	51.23
Conexión Cn25	678	51.36
Conexión Cn26	678	51.97
Conexión Cn27	678	52.25
Conexión Cn28	678	52.38
Conexión Cn29	678	52.41
Conexión Cn30	678	52.58
Conexión Cn31	678	52.66
Conexión Cn32	678	53.9
Conexión Cn33	678	54.08
Conexión Cn34	678	54.35
Conexión Cn35	678	54.78
Conexión Cn36	678	54.84
Conexión Cn37	678	55.14
Conexión Cn38	678	55.74
Conexión Cn39	678	56.1
Conexión Cn40	678	56.92
Conexión Cn41	678	57.56
Conexión Cn42	678	58.34
Conexión Cn43	678	58.71
Conexión Cn44	678	58.82

Conexión Cn45	678	59.27
Conexión Cn46	678	61.25
Conexión Cn47	678	62.08
Conexión Cn48	656	41.22
Conexión Cn49	656	43.8
Conexión Cn50	656	47.67
Conexión Cn51	656	50.03
Conexión Cn52	656	52.73
Conexión Cn53	656	54.67
Conexión Cn54	656	56.46
Conexión Cn55	656	58.86
Conexión Cn56	656	62.02
Conexión Cn57	656	64.41
Conexión Cn58	656	65.7
Conexión Cn59	656	68.03
Conexión Cn60	656	69.29
Conexión Cn61	656	68.75
Conexión Cn62	656	67.18
Conexión Cn63	656	66.29
Conexión Cn64	656	65.24
Conexión Cn65	656	63.4
Conexión T1n167	658	33.94
Conexión T1n168	658	35.38
Conexión T1n169	658	35.66
Conexión T1n170	658	35.86
Conexión T1n171	658	36.71
Conexión T1n172	658	37.25
Conexión T1n173	658	37.85
Conexión T1n174	658	38.26
Conexión T1n175	658	38.64
Conexión T1n176	658	39.13
Conexión T1n177	658	39.35
Conexión T1n178	658	39.99
Conexión T1n179	658	40.07
Conexión T1n180	658	40.52
Conexión T1n181	658	41.32
Conexión T1n182	658	41.51
Conexión T1n183	658	41.6
Conexión T1n184	658	42.35

Conexión T1n185	658	43.17
Conexión T1n186	658	43.88
Conexión T1n187	658	45.14
Conexión T1n188	658	46.32
Conexión T1n189	658	45.27
Conexión T1n4	658	31.32
Conexión CRn200	678	55.92
Conexión CRn201	678	56.29
Conexión CRn202	678	56.65
Conexión CRn203	678	56.84
Conexión CRn204	678	57.03
Conexión CRn205	678	57.24
Conexión CRn206	678	57.54
Conexión CRn207	678	58.15
Conexión CRn208	678	58.82
Conexión CRn209	678	59.77
Conexión CRn210	678	60.16
Conexión CRn211	678	60.41
Conexión CRn212	678	61.02
Conexión CRn213	678	61.28
Conexión CRn214	678	61.6
Conexión CRn215	678	61.86
Conexión CRn216	678	62.09
Conexión CRn217	678	62.38
Conexión CRn218	678	62.54
Conexión CRn219	678	62.91
Conexión CRn220	678	63.34
Conexión CRn221	678	64.84
Conexión CRn222	678	64.06
Conexión CRn223	678	63.28
Conexión CRn224	678	59.39
Conexión CRn225	678	59.8
Conexión CRn226	678	59.76
Conexión CRn227	678	59.69
Conexión CRn228	678	59.88
Conexión CRn229	678	60.21
Conexión CRn230	678	60.5
Conexión CRn231	678	60.84
Conexión CRn232	678	61.14

Conexión CRn233	678	61.36
Conexión CRn234	678	61.42
Conexión CRn235	678	61.49
Conexión CRn236	678	61.37
Conexión CRn237	678	61.22
Conexión CRn238	678	61.25
Conexión CRn239	678	61.31
Conexión CRn240	678	61.35
Conexión CRn241	678	61.49
Conexión CRn242	678	61.9
Conexión CRn243	678	62.28
Conexión CRn244	678	62.6
Conexión CRn245	678	62.89
Conexión CRn246	678	62.99
Conexión CRn247	678	63.33
Conexión CRn248	678	63.41
Conexión CRn249	678	63.59
Conexión CRn250	678	65.96
Conexión CRn251	678	66.41
Conexión CRn252	678	65.43
Conexión CRn253	678	64.68
Conexión CRn254	678	64.65
Conexión CRn255	678	65.05
Conexión CRn256	678	65.11
Conexión CRn257	678	65.34
Conexión CRn258	678	65.43
Conexión CRn259	678	59.91
Conexión CRn260	678	60.11
Conexión CRn261	678	60.32
Conexión CRn262	678	60.65
Conexión CRn263	678	60.92
Conexión CRn264	678	61.19
Conexión CRn265	678	61.52
Conexión CRn266	678	61.75
Conexión CRn267	678	61.77
Conexión CRn268	678	61.92
Conexión CRn269	678	61.95
Conexión CRn270	678	62.05
Conexión CRn271	678	62.15

Conexión CRn272	678	62.29
Conexión CRn273	678	62.52
Conexión CRn274	678	62.52
Conexión CRn275	678	62.67
Conexión CRn276	678	62.91
Conexión CRn277	678	62.94
Conexión CRn278	678	63.09
Conexión CRn279	678	63.19
Conexión CRn280	678	63.37
Conexión CRn281	678	63.58
Conexión CRn282	678	63.67
Conexión CRn283	678	63.95
Conexión CRn284	678	64.14
Conexión CRn285	678	64.23
Conexión CRn286	678	64.52
Conexión CRn287	678	64.5
Conexión CRn288	678	64.78
Conexión CRn289	678	65.05
Conexión CRn290	678	65.23
Conexión CRn291	678	65.33
Conexión CRn292	678	65.57
Conexión CRn293	678	65.71
Conexión CRn294	678	65.91
Conexión CRn295	678	65.97
Conexión CRn296	678	66.1
Conexión CRn297	678	66.24
Conexión CRn298	678	66.34
Conexión CRn299	678	66.45
Conexión CRn300	678	63.77
Conexión CRn301	678	61.65
Conexión CRn307	678	61.15
Conexión CRn310	678	61.27
Conexión CRn311	678	60.9
Conexión CRn312	678	60.36
Conexión CRn313	678	59.94
Conexión CRn314	678	59.76
Conexión CRn315	678	59.5
Conexión CRn316	678	59.12
Conexión CRn317	678	58.74

Conexión CRn318	678	58.41
Conexión CRn319	678	58.5
Conexión CRn320	678	63.32
Conexión CRn321	678	62.17
Conexión CRn322	678	62.04
Conexión CRn323	678	61.36
Conexión CRn324	678	60.94
Conexión CRn334	678	58.93
Conexión CRn337	678	57.68
Conexión CRn340	678	58.25
Conexión CRn341	678	58.28
Conexión T2n342	636	42.85
Conexión T2n343	636	44.06
Conexión T2n344	636	44.66
Conexión T2n345	636	44.85
Conexión T2n346	636	44.87
Conexión T2n347	636	44.45
Conexión T2n348	636	43.95
Conexión T2n349	636	44.34
Conexión T2n350	636	44.49
Conexión T2n351	636	43.72
Conexión T2n352	636	42.64
Conexión T2n353	636	42.96
Conexión T2n354	636	43.83
Conexión T2n355	636	44.42
Conexión T2n356	636	44.6
Conexión T2n357	636	44.7
Conexión T2n358	636	44.09
Conexión T2n359	636	43.78
Conexión T2n360	636	44.3
Conexión T2n361	636	46
Conexión T2n362	636	46.94
Conexión T2n363	636	48.05
Conexión T2n364	636	49.67
Conexión T2n365	636	50.99
Conexión T2n366	636	51.87
Conexión T2n367	636	52.72
Conexión T2n368	636	53.12
Conexión T2n369	636	53.53

Conexión T2n370	636	53.97
Conexión T2n371	636	54.37
Conexión T2n372	636	55.45
Conexión T2n373	636	55.9
Conexión T2n374	636	56.17
Conexión T2n375	636	56.45
Conexión T2n376	636	57.05
Conexión T2n377	636	57.67
Conexión T2n378	636	58.16
Conexión T2n379	636	58.43
Conexión T2n380	636	58.76
Conexión T2n7	636	42.23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57: Simulación del caudal cero (La coyotera)

ID Nudo	Altura m	Presión m
Conexión CTn413	656	44.86
Conexión CTn414	656	45.05
Conexión CTn415	656	45.37
Conexión CTn416	656	45.63
Conexión CTn417	656	45.98
Conexión CTn418	656	46.23
Conexión CTn419	656	46.48
Conexión CTn420	656	47.02
Conexión CTn421	656	47.25
Conexión CTn422	656	47.49
Conexión CTn423	656	47.7
Conexión CTn424	656	47.7
Conexión CTn425	656	47.78
Conexión CTn426	656	48.04
Conexión CTn427	656	48.24
Conexión CTn428	656	48.57
Conexión CTn429	656	48.64
Conexión CTn430	656	48.72
Conexión CTn431	656	48.8
Conexión CTn432	656	49.33
Conexión CTn433	656	49.82
Conexión CTn434	656	50.13
Conexión CTn435	656	50.51

Conexión CTn436	656	50.78
Conexión CTn437	656	50.97
Conexión CTn438	656	51.17
Conexión CTn439	656	51.11
Conexión CTn440	656	52.28
Conexión CTn441	656	52.25
Conexión CTn442	656	52.14
Conexión CTn443	656	52.74
Conexión CTn444	656	53.52
Conexión CTn445	656	53.64
Conexión CTn446	656	53.58
Conexión CTn447	656	54.78
Conexión CTn448	656	55
Conexión CTn449	656	55.93
Conexión CTn450	656	56.25
Conexión CTn451	656	56.53
Conexión CTn452	656	56.99
Conexión CTn453	656	57.6
Conexión CTn454	656	57.83
Conexión CTn455	656	58.06
Conexión CTn456	656	58.24
Conexión CTn457	656	57.73
Conexión CTn458	656	57.82
Conexión CTn459	656	58.15
Conexión CTn460	656	58.36
Conexión CTn461	656	58.65
Conexión CTn462	656	58.76
Conexión CTn463	656	58.84
Conexión CTn464	656	59.07
Conexión CTn465	656	59.12
Conexión CTn466	656	59.29
Conexión CTn467	656	59.24
Conexión CTn468	656	59.14
Conexión CTn469	656	59.08
Conexión CTn470	656	59.03
Conexión CTn471	656	58.81
Conexión CTn472	656	58.83
Conexión CTn473	656	59.4
Conexión CTn474	656	59.74

Conexión CTn475	656	59.69
Conexión CTn476	656	59.51
Conexión CTn477	656	59.58
Conexión CTn478	656	60.15
Conexión CTn479	656	60.61
Conexión CTn480	656	60.87
Conexión CTn481	656	61.46
Conexión CTn482	656	62
Conexión CTn483	656	62.19
Conexión CTn484	656	62.63
Conexión CTn485	656	63.11
Conexión CTn486	656	62.74
Conexión CTn487	656	62.53
Conexión CTn488	656	62.28
Conexión CTn489	656	62
Conexión CTn490	656	61.77
Conexión CTn491	656	61.89
Conexión CTn492	656	62.05
Conexión CTn493	656	62
Conexión CTn494	656	45.08
Conexión CTn495	656	45.16
Conexión CTn496	656	45.4
Conexión CTn497	656	45.48
Conexión CTn498	656	45.68
Conexión CTn499	656	46.12
Conexión CTn500	656	46.91
Conexión CTn501	656	47.24
Conexión CTn502	656	47.93
Conexión CTn503	656	48.45
Conexión CTn504	656	48.86
Conexión CTn505	656	49.21
Conexión CTn506	656	45.29
Conexión CTn507	656	45.56
Conexión CTn508	656	45.95
Conexión CTn509	656	46.24
Conexión CTn510	656	46.44
Conexión CTn511	656	46.41
Conexión CTn512	656	46.65
Conexión CTn513	656	47.01

Conexión CTn514	656	47.3
Conexión CTn515	656	47.63
Conexión CTn516	656	48.04
Conexión CTn517	656	48.85
Conexión CTn518	656	49.02
Conexión CTn519	656	48.59
Conexión CTn520	656	48.39
Conexión CTn521	656	48.07
Conexión CTn522	656	47.87
Conexión CTn523	656	47.67
Conexión CTn524	656	47.46
Conexión CTn525	656	47.15
Conexión CTn526	656	46.79
Conexión CTn527	656	46.25
Conexión CTn528	656	46.29
Conexión CTn2	656	43.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: Simulación del caudal cero (Las playitas)

ID Nudo	Altura m	Presión m
Conexión T3n381	656	35.05
Conexión T3n382	656	35.55
Conexión T3n383	656	36.11
Conexión T3n384	656	37.05
Conexión T3n386	656	38.23
Conexión T3n390	656	38.85
Conexión T3n391	656	39.79
Conexión T3n392	656	40.91
Conexión T3n393	656	41.72
Conexión T3n394	656	42.27
Conexión T3n396	656	43.01
Conexión Cn66	656	62.23
Conexión Cn67	656	59.56
Conexión Cn68	656	56.9
Conexión Cn69	656	53.77
Conexión Cn70	656	51.2
Conexión Cn71	656	48.12
Conexión Cn72	656	46.18
Conexión Cn73	656	44.33

Conexión Cn74	656	44
Conexión Cn75	656	44
Conexión Cn77	656	45.19
Conexión Cn79	656	46.06
Conexión Cn80	656	46.31
Conexión Cn82	656	46.98
Conexión Cn83	656	47.17
Conexión Cn86	656	47.03
Conexión Cn87	656	46.83
Conexión Cn89	656	46.17
Conexión Cn90	656	45.97
Conexión Cn94	656	45.33
Conexión Cn95	656	44.95
Conexión Cn97	656	43.61
Conexión Cn98	656	42.72
Conexión Cn99	656	41.75
Conexión Cn100	656	40.86
Conexión Cn101	656	39.78
Conexión Cn103	656	40.71
Conexión Cn104	656	42.74
Conexión Cn105	656	44.39
Conexión Cn106	656	45.26
Conexión Cn108	656	43.92
Conexión Cn109	656	41.79
Conexión Cn110	656	40.62
Conexión Cn111	656	38.92
Conexión Cn112	656	37.95
Conexión Cn113	656	35.97
Conexión Cn117	656	35.8
Conexión Cn118	656	36.15
Conexión Cn119	656	37.24
Conexión Cn120	656	39.33
Conexión Cn121	656	41.57
Conexión Cn122	656	43.29
Conexión Cn123	656	44.4
Conexión Cn124	656	45.11
Conexión Cn126	656	46.19
Conexión Cn127	656	46.47
Conexión Cn128	656	46.8

Conexión Cn129	656	47.06
Conexión Cn133	656	47.4
Conexión Cn134	656	46.98
Conexión Cn135	656	45.71
Conexión Cn136	656	43.4
Conexión Cn137	656	42.1
Conexión Cn138	656	43.6
Conexión Cn139	656	45.94
Conexión Cn140	656	49.15
Conexión Cn141	656	51.73
Conexión Cn142	656	54.44
Conexión Cn143	656	56.54
Conexión Cn144	656	58.52
Conexión Cn145	656	59.19
Conexión Cn146	656	59.77
Conexión Cn147	656	60.1
Conexión Cn149	656	61.41
Conexión Cn150	656	61.7
Conexión Cn151	656	62.57
Conexión Cn152	656	64.38
Conexión Cn153	656	67.61
Conexión Cn154	656	67.34
Conexión Cn155	656	68.83
Conexión Cn158	656	67.76
Conexión Cn159	656	71.8
Conexión Cn162	656	66
Conexión Cn163	656	63.87
Conexión Cn164	656	63.32
Conexión Cn165	656	65.18
Conexión Cn166	678	51.32
Conexión Cn569	678	14
Conexión Cn570	678	11
Conexión CN5	656	40.08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: Válvulas en la red de distribución

Red Colonia Ramos		
Alineamiento 1		
Tipo de válvula	Estación	Cota
Válvula de aire	0+110	668.637
Válvula de aire	0+355	654.051
Válvula de aire	1+052	628.302
Válvula reguladora de presión	1+110	626
Válvula de compuerta	1+140	625.500
Válvula de limpieza	1+420	617
Válvula de compuerta	1+511	616.300
Alineamiento 2		
Válvula de aire	0+040	625
Válvula de aire	0+050	625
Válvula de compuerta	0+080	626
Válvula de limpieza	0+680	621
Válvula de aire	1+000	615
Válvula compuerta	1+103	614
Alineamiento 3		
Válvula de compuerta	0+005	620
Válvula de aire	0+100	619
Válvula de compuerta	0+175	617.800
Válvula de limpieza	0+500	614
Válvula de compuerta	0+679	612.700
Alineamiento 4		
Válvula reguladora de presión	0+020	615.910
Válvula compuerta	0+045	612.200
Válvula de aire	0+195	592
Válvula compuerta	0+390	593.600
Válvula de aire	0+460	591
Válvula de aire	0+600	591
Válvula compuerta	0+787	582
Red Coyotera		
Alineamiento 5		
Válvula reguladora de presión	0+020	593.760

Válvula de aire	0+105	604
Válvula compuerta	0+170	612.100
Válvula de limpieza	0+260	612
Válvula de limpieza	0+410	611.240
Válvula de compuerta	0+638	606.000
Alineamiento 6		
Válvula de limpieza	0+084	609
Válvula compuerta	0+304	606.000
Válvula de aire	0+384	604.000
Válvula de aire	0+584	600.000
Válvula compuerta	0+844	597.000
Red Las Playitas		
Alineamiento 7		
Válvula de compuerta	0+000	620.000
Válvula de aire	0+090	617.000
Válvula compuerta	0+275	612.000
Válvula de compuerta	0+430	609.000
Válvula de limpieza	0+640	610.000
Alineamiento 8		
Válvula de aire	0+150	616.000
Válvula compuerta	0+220	612.000
Válvula de limpieza	0+425	620.000
Válvula de aire	0+900	609.000
Válvula compuerta	1+010	612.000
Válvula de aire	1+245	595.000
Válvula de limpieza	1+545	584.000
Válvula compuerta	1+659	591.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Presupuesto general

DESGLOSE DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO						
ETAP A	SUB ETAPA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	U/M	CANTIDA D	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
310		PRELIMINARES				509,814.00
	31001	LIMPIEZA INICIAL	M2	13,994.00	6.00	83,964.00
	31002	TRAZO Y NIVELACION	ML	13,994.00	25.00	349,850.00
	31005	ROTULO	c/u	8.00	9,500.00	76,000.00
320		LINEA DE CONDUCCION				6,491,536.59
	32001	EXCAVACION PARA TUBERIA	M3	2,076.34	155.00	321,832.70
	32003	INSTALACION DE TUBERIA	ML	4,152.68	25.00	103,817.00
	32004	RELLENO Y COMPACTACION	M3	2,076.34	110.00	228,397.40
	32006	PRUEBA HIDROSTATICA	gbl	1.00	5,356.00	5,356.00
	32007	TUBERIA PVC DE 6" DE DIAMETRO SDR 26	ML	360.39	717.72	258,658.46
	32008	TUBERIA PVC DE 4" DE DIAMETRO SDR 26	ML	810.80	341.85	277,171.98
	32009	TUBERIA PVC DE 3" DE DIAMETRO SDR 26	ML	2,981.49	230.02	685,802.33
	32024	VÁLVULAS Y ACCESORIOS 6" DE DIAMETRO	c/u	3.00	85,424.24	256,272.72
	32025	VÁLVULAS Y ACCESORIOS 4" DE DIAMETRO	c/u	6.00	108,818.00	652,908.00
	32026	VÁLVULAS Y ACCESORIOS 3" DE DIAMETRO	c/u	14.00	264,380.00	3,701,320.00
330		RED DE DISTRIBUCION				10,871,185.43
	33001	EXCAVACION PARA TUBERIA	M3	4,920.67	155.00	762,703.08
	33003	INSTALACION DE TUBERIA	ML	9,841.33	25.00	246,033.25
	32004	RELLENO Y COMPACTACION	M3	4,920.67	80.00	393,653.20

	33004	PRUEBA HIDROSTATICA	gbl	3.00	5,356.00	16,068.00
	33007	TUBERIA DE 4" DE DIAMETRO	ML	1,938.00	341.85	662,514.02
	33009	TUBERIA DE 3" DE DIAMETRO	ML	263.59	230.02	60,632.24
	33010	TUBERIA DE 2.5" DE DIAMETRO	ML	385.99	145.70	56,238.49
	33011	TUBERIA DE 2" DE DIAMETRO	ML	1,424.12	112.55	160,284.90
	33012	TUBERIA DE 1.5" DE DIAMETRO	ML	5,763.98	81.73	471,073.54
	33013	TUBERIA DE 1" DE DIAMETRO	ML	65.64	68.52	4,497.92
	33025	VÁLVULAS Y ACCESORIOS 4" DE DIAMETRO	c/u	10.00	177,601.50	1,776,015.00
	33026	VÁLVULAS Y ACCESORIOS 3" DE DIAMETRO	c/u	5.00	100,333.00	501,665.00
	33027	VÁLVULAS Y ACCESORIOS 2.5" DE DIAMETRO	c/u	2.00	27,048.87	54,097.74
	33028	VÁLVULAS Y ACCESORIOS 2" DE DIAMETRO	c/u	5.00	33,789.25	168,946.25
	33029	VÁLVULAS Y ACCESORIOS 1.5" DE DIAMETRO	c/u	27.00	204,312.40	5,516,434.80
	33026	NIVELACION Y CONFORMACION	M2	2,904.00	7.00	20,328.00
335		TANQUE DE ALMACENAMIENTO				258,296.16
	33501	MOVIMIENTO DE TIERRA PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M3	85.38	632.00	53,960.16
	33502	TANQUE DE ALMACENAMIENTO de 87 m ³	ml	853.80	220.00	187,836.00
	33507	OTRO TIPO DE OBRAS(LOZA PARA TANQUE CONCRETO CICLOPEO Y CERVA PERIMETRAL)	GLB	1.00	16,500.00	16,500.00
340		FUENTE Y OBRAS DE TOMA				152,350.00
	34001	OBRAS DE CAPTACION	c/u	1.00	88,750.00	88,750.00

	34006	OTRO TIPO DE OBRAS	GBL	1.00	10,000.00	10,000.00
	34008	CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES	ML	36.00	500.00	18,000.00
	34009	DESARENADORES	GBL	1.00	5,000.00	5,000.00
	34010	SEDIMENTADORES	GBL	2.00	2,800.00	5,600.00
	34012	PROTECCION DE FUENTE	GLB	1.00	25,000.00	25,000.00
350		CONEXIONES				224,280.63
	35001	CONEXIONES INTRADOMICILIARES	C/U	477.00	225.00	107,325.00
	35006	TUBERIA DE 1/2" DE DIAMETRO	ML	1,431.00	81.73	116,955.63
370		LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA				5,000.00
	37001	LIMPIEZA FINAL	GLB	1.00	5,000.00	5,000.00
		SUT TOTAL			18,512,462.81	
		IVA 15%			2,776,869.42	
		COSTO TOTAL DEL PROYECTO			21,289,332.23	

Fuente: Elaboración propia